

TS. TRẦN QUANG KHÁNH

# BẢO VỆ RÔLE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG ĐIỆN



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

TS. TRẦN QUANG KHÁNH

**BẢO VỆ RÔLE**

**VÀ**

**TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG ĐIỆN**

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## Lời nói đầu

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế đất nước, yêu cầu về chất lượng và độ tin cậy cung cấp điện ngày càng nghiêm ngặt, điều đó đòi hỏi hệ thống bảo vệ role phải luôn được cải tiến và hoàn thiện. Những thành tựu to lớn của khoa học kỹ thuật trong các lĩnh vực khác nhau như vật liệu điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật vi xử lý, công nghệ thông tin v.v... cho phép chế tạo các loại thiết bị bảo vệ role hiện đại với nhiều tính năng siêu việt, đảm bảo cho hệ thống bảo vệ role tác động nhanh, nhạy, tin cậy và chọn lọc. Mặc dù có những tính năng ưu việt và hiện đại với những đặc điểm khác biệt, nhưng các loại sơ đồ bảo vệ role thế hệ mới về cơ bản vẫn hoạt động theo nguyên lý của các bảo vệ cổ điển. Việc thay thế các loại role điện từ bằng role kỹ thuật số đang được thực hiện dần dần từng bước trong thực tế. Sự đan xen giữa các thiết bị bảo vệ cũ và mới làm phức tạp hóa quá trình tính toán thiết kế hệ thống bảo vệ role. Sự kết nối giữa những kiến thức cơ sở với việc áp dụng các phương tiện tiên tiến cần phải được đặc biệt lưu ý. Chính vì lẽ đó nội dung môn học bảo vệ role và tự động hóa hệ thống điện cũng cần có sự điều chỉnh phù hợp. Cuốn giáo trình "**Bảo vệ role và tự động hóa trong hệ thống điện**" này được biên soạn có xét đến những đặc điểm trên.

Toàn bộ nội dung của giáo trình được xắp xếp theo hình thức các modul : Modul 1 gồm các chương 1 ÷ 4, trình bày những vấn đề cơ bản về bảo vệ role và tự động điều khiển ; Modul 2 gồm các chương 5 ÷ 9 trình bày các nguyên lý bảo vệ role cơ bản, phương pháp tính toán và phạm vi ứng dụng của các dạng bảo vệ role như bảo vệ quá dòng, bảo vệ có hướng, bảo vệ so lệch, bảo vệ khoảng cách, bảo vệ cao tần... Modul 3 gồm các chương 10 ÷ 12 trình bày những ứng dụng cụ thể các nguyên lý vào việc bảo vệ các phần tử chính của hệ thống điện như bảo vệ máy phát và động cơ điện, bảo vệ máy biến áp, bảo vệ đường dây và thanh cát ; Modul 4 gồm các chương 13 ÷ 16 trình bày những nội dung cơ bản về các quá trình và sơ đồ tự động điều khiển trong hệ thống điện như tự động điều chỉnh tần số, tự động điều chỉnh điện áp, tự động khử từ trường, tự động hoà đồng bộ máy phát, tự động đóng lại và tự động đóng dự phòng... Để đảm bảo tính độc lập của các modul nhưng vẫn giữ được sự logic của chương trình, một vài nội dung có thể được nhắc lại ở một số chương mục khác nhau.

Nội dung của giáo trình được biên soạn dựa theo chương trình của bộ Giáo dục và Đào tạo dùng cho sinh viên chuyên ngành điện. Với cách trình bày dưới hình thức các modul, giáo trình có thể dùng cho cả các bậc đại học và cao đẳng ở các trường kỹ thuật khác nhau. Tuỳ theo đối tượng cụ thể, số lượng, kết cấu và nội dung của các modul sẽ được lựa chọn cho phù hợp. Giáo trình đặc biệt chú trọng đến việc rèn luyện và phát triển kỹ năng tính toán và áp dụng thực tế của bạn đọc, nên các ví dụ được vận dụng đến mức có thể để làm sáng tỏ những vấn đề đã trình bày. Các bài tập tự giải đều có đáp số để bạn đọc có thể tự kiểm tra lại kết quả một cách dễ dàng. Phần tóm lược ở cuối mỗi chương sẽ giúp cho bạn đọc hệ thống lại những nét chính của chương. Một số từ chuyên môn thông dụng được giới thiệu kèm theo từ bằng tiếng Anh với mục đích giúp bạn đọc đỡ bỡ ngỡ khi tham khảo thêm các tài liệu nước ngoài. Giáo trình cũng có thể dùng làm tài liệu tham khảo cho các học viên cao học, các cán bộ và chuyên gia trong lĩnh vực này.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng tham khảo nhiều tài liệu, đặc biệt là các tạp chí chào hàng với mong muốn cập nhật nhiều thông tin mới trong lĩnh vực bảo vệ rôle và tự động điều khiển. Tuy nhiên do trình độ có hạn nên chắc chắn không thể tránh khỏi sai sót, rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để giáo trình ngày càng được hoàn thiện hơn.

## Tác giả

**Modul 1 NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ BẢO VỆ ROLE**

# Chương 1

## ĐẠI CƯƠNG VỀ BẢO VỆ ROLE

### 1.1. KHÁI NIỆM CHUNG

#### 1.1.1. Sự cố trong hệ thống điện

Trong bất cứ một hệ thống điện nào cũng luôn luôn tồn tại một mối đe dọa đưa hệ thống đến chế độ làm việc không bình thường. Những hỏng hóc dẫn đến sự ngừng làm việc của các phần tử hệ thống điện gọi là sự cố. Trong số các sự cố, sự cố ngắn mạch thường xảy ra nhiều nhất, các sự cố loại này thường kèm theo hiện tượng quá dòng và giảm áp trong mạng điện và tần số lệch khỏi giá trị cho phép. Các phần tử hệ thống điện khi có dòng điện lớn chạy qua có thể bị phá huỷ do đốt nóng quá mức, bị hỏng cách điện do nhiệt lượng lớn của dòng điện, do hồ quang hoặc do sự quá điện áp gây nên. Một số dạng sự cố thường xảy ra ở các phần tử mạng điện được thể hiện trong bảng 1.1.

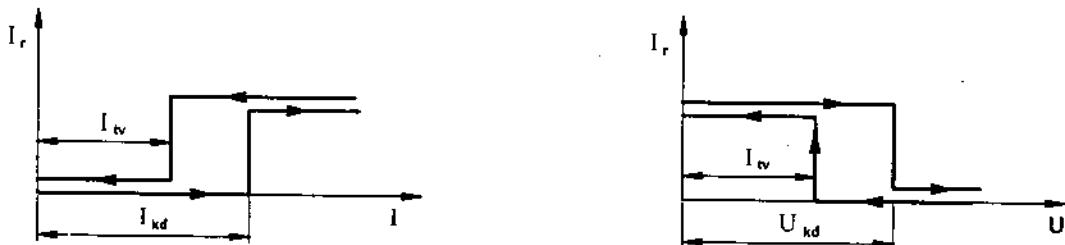
**Bảng 1.1. CÁC DẠNG HU HỒNG VÀ CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC KHÔNG BÌNH THƯỜNG CỦA CÁC PHẦN TỬ**

STT	Các dạng hư hỏng	Máy phát	Biến áp	Đ. dây
1	Ngắn mạch giữa các pha	+	+	+
2	Ngắn mạch giữa các vòng dây	+	+	
3	Ngắn mạch chạm masse (vỏ hoặc đất)	+	+	+
4	Ngắn mạch cuộn kích từ	+		
5	Quá tải đối xứng	+	+	+
6	Quá tải không đối xứng	+	+	+
7	Quá áp trên cực máy phát	+		
8	Chế độ không đồng bộ	+		
9	Mức dầu bị thấp		+	
10	Đứt dây	+	+	+

Các sự cố trong hệ thống điện có thể dẫn đến sự mất ổn định của các nhà máy điện, làm tan rã hệ thống dẫn đến sự đình trệ cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân... Hiện tượng tần số hoặc điện áp giảm có thể làm cho các động cơ điện ngừng làm việc vì mômen quay của chúng nhỏ hơn mômen cản. Để duy trì được sự làm việc bình thường của hệ thống điện cách tốt nhất là nhanh chóng cô lập các phần tử bị sự cố khỏi hệ thống, nhiệm vụ này chỉ có thể được thực hiện bởi các thiết bị tự động bảo vệ, mà thường gọi là role. Chúng ta sẽ tìm hiểu một số khái niệm cơ bản về thiết bị này.

### 1.1.2. Một số khái niệm về bảo vệ role

**Hiệu ứng role** : Khả năng thiết bị có thể thay đổi chế độ theo bước nhảy khi tín hiệu đầu vào đạt đến một giá trị nhất định gọi là hiệu ứng role. Trên hình 1.1. biểu thị sự tác động của role phụ thuộc vào tín hiệu vào, khi tín hiệu vào role đạt đến giá trị khởi động  $I_{kd}$  (hoặc  $U_{kd}$ ) thì sẽ xuất hiện tín hiệu ra  $I_r$  và sẽ mất khi tín hiệu vào đạt giá trị trở về  $I_{tv}$ . Sở dĩ giá trị khởi động và giá trị trở về khác nhau là vì tồn tại quán tính trong các role.



Hình 1.1. Sơ đồ giải thích hiệu ứng Role

**Giá trị khởi động (pick-up)** là giá trị mà tại đó xuất hiện sự chuyển đổi trạng thái của role. **Dòng khởi động** của role là giá trị nhỏ nhất của dòng điện mà làm cho role tác động.

Thiết bị làm việc theo nguyên tắc của hiệu ứng role gọi là *role*.

Tập hợp các thiết bị cảm nhận và thu thập thông tin về trạng thái của các phần tử mạch điện nhằm phát hiện và định vị sự cố và gửi các thông tin này đến các cơ cấu thừa hành để thực hiện các thao tác cô lập loại trừ sự cố và duy trì chế độ làm việc bình thường của các phần tử mạng điện gọi là  *bảo vệ role*.

Tóm lại có thể hiểu nôm na như sau : Bảo vệ role là hệ thống thiết bị tự động có khả năng phát hiện nhanh các phần tử bị sự cố và cô lập chúng để duy trì sự hoạt động bình thường cho đối tượng được bảo vệ.

### 1.1.3. Nhiệm vụ của bảo vệ role

Nhiệm vụ cơ bản của bảo vệ role là :

- Phát hiện kịp thời sự cố
- Nhanh chóng tác động cắt các phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống
- Tác động đến các cơ cấu khác như tự động đóng lặp lại, tự động đóng dự phòng... để duy trì chế độ làm việc bình thường của phần hệ thống điện còn lại.

Như vậy, về bản chất, bảo vệ role là một hệ thống tự động điều khiển đơn giản mà trong quá trình vận hành không ngừng tiếp nhận các thông tin về trạng thái của đối tượng được bảo vệ dưới dạng các dòng điện, điện áp, tần số... hoặc các giá trị mã hoá của chúng ; xử lý các thông tin này và truyền tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành khi cần thiết để duy trì chế độ làm việc bình thường của hệ thống điện.

### 1.1.4. Một số ký hiệu dùng trong sơ đồ bảo vệ role

Để giải thích được sự tác động tương hỗ giữa các phần tử người ta thường sử dụng sơ đồ 1 sợi. Loại role thường viết tắt theo chữ cái đầu

Bảng 1.2. KÝ HIỆU CỦA MỘT SỐ LOẠI ROLE THÔNG DỤNG

TT	Tên role	Ký hiệu VN	Ký hiệu của Nga
1	Role dòng	RI hoặc I	PT
2	Role điện áp	RU hoặc U	PH
3	Role điện trở	RZ hoặc Z	PC
4	Role trung gian	RG	PΠ
5	Role tín hiệu	TH hoặc Th	PY
6	Role thời gian	Rt hoặc Tg	PB
7	Role công suất	RW hoặc W	PM
8	Role nhiệt	RN hoặc Rθ	
8	Role hơi	RH	PR

## KÝ HIỆU CỦA MỘT SỐ HÃNG SẢN XUẤT THIẾT BỊ

Tên role bảo vệ	Ký hiệu theo các hãng			
	SEL	GE Multilin	Siemens	Gec Althom
Role quá dòng	SEL-501	IAC, IFC	7SJ512	CDG 3L
Role cắt nhanh	SEL-351	PJC		CAG14
Role khoảng cách	SEL-311B		7SA51X	
Role so lệch	SEL-587	MTP	7UT51	
Bảo vệ so lệch				DDGT3L
Bảo vệ quá dòng kỹ thuật vi số				MCGGG2
Bảo vệ so lệch dòng kỹ thuật số				MBCCT
Hệ bảo vệ thanh cái theo môđun	SEL-478B	BUS1000		
Hệ bảo vệ đường dây kỹ thuật số	SEL-200	DLP		
Role đóng lại đường dây	SEL-311B	MRS 200		
Role kỹ thuật số bảo vệ động cơ	SEL-701	DLM		
Hệ bảo vệ so lệch đường dây	SEL-311L	DLS 3		
Hệ bảo vệ, kiểm soát kỹ thuật số	SEL-421	MOR		
Hệ bảo vệ máy phát điện kỹ thuật số	SEL-300G	DGP		
Hệ bảo vệ động cơ kỹ thuật số	SEL-701	DMP		

**KÝ HIỆU CỦA CÁC THIẾT BỊ DÙNG TRONG CÁC SỐ ĐỔ BẢO VỆ ROLE THEO IEC 37-2-1979**  
 (Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế)

Số thứ tự	Tên thiết bị	Ký hiệu	
		Bảng số	Bảng chữ
1	Role thời gian	2	t
2	Role khoá liên động hoặc kiểm tra	3	KT
3	Công tắc tơ chính	4	C
4	Role điện trở (khoảng cách)	21	Z<
5	Role hoà đồng bộ	25	S
6	Role điện áp cực tiêu	27	U<
7	Role tín hiệu	30	Th
8	Role hướng công suất thuận Role hướng công suất nghịch	32	$\overset{\rightarrow}{P}$ hoặc $\overset{\leftarrow}{W}$ $\overset{\leftarrow}{P}$ hoặc $\overset{\rightarrow}{W}$
	Role thiểu dòng điện	37	I <
9	Role dòng điện thứ tự nghịch	46	I <sub>2</sub>
10	Role thiểu áp thứ tự thuận	47	U <sub>1</sub> <
11	Role nhiệt	49	0°
12	Role dòng điện cắt nhanh	50	I >>
13	Bảo vệ so lệch cắt nhanh	50/87	ΔI >>
14	Role dòng có thời gian	51	I >
15	Role dòng thứ tự không có thời gian	51N	I <sub>0</sub> >
16	Máy cắt	52	MC
17	Tiếp điểm phụ thường mở của máy cắt	52a	MCa
18	Tiếp điểm phụ thường đóng của máy cắt	52b	MCb
19	Role cosφ	55	cosφ
20	Role quá điện áp	59	U >
21	Role áp suất khí hoặc chân không	63	RP
22	Role lệch pha	78	δ
23	Role tần số	81	f
24	Role khoá	86	K
25	Role bảo vệ so lệch	87	SL hoặc ΔI
26	Role cắt	94	RC

Vị trí tiếp điểm role cũng như bộ tiếp điểm thường thể hiện trạng thái làm việc của mạch điện. Hiện nay với việc áp dụng công nghệ kỹ thuật số các phân tử không tiếp điểm được sử dụng khá rộng rãi trong bảo vệ role và tự động điều khiển, do đó việc phân tích đặc điểm và trạng thái của các phân tử được thực hiện trên sơ đồ logic, đó là dạng sơ đồ cấu trúc thể hiện trình tự làm việc của các phân tử của sơ đồ.

## 1.2. CÁC PHÉP LOGIC DÙNG TRONG BẢO VỆ ROLE

Với việc áp dụng các phép logic có thể đơn giản hóa các sơ đồ bảo vệ role và thể hiện sự làm việc của sơ đồ bảo vệ một cách rõ ràng, do đó có thể thiết lập sơ đồ bảo vệ chính xác và hoàn chỉnh. Trạng thái tiếp điểm đóng trong các sơ đồ của role được mô tả bằng số 1, còn khi tiếp điểm mở thì bằng số 0. Các phép logic và sơ đồ tiếp điểm tương ứng được thể hiện trên hình 1.2.

**1.2.1. Phép "HOẶC" (OR) :** phép logic cộng ( $X = A \vee B$ ), ký hiệu  $\vee$  đọc là "hoặc" (hay). Phép tính này biểu thị tín hiệu X sẽ xuất hiện ở cửa ra nếu ở cửa vào có tín hiệu A hoặc tín hiệu B. Điều đó tương ứng với mạch nối song song của các tiếp điểm.

**1.2.2. Phép logic "VÀ" (&)** là phép logic nhân ( $X = A \wedge B$ ), ký hiệu  $\wedge$  đọc là "và". Phép tính này biểu thị tín hiệu X sẽ xuất hiện ở cửa ra nếu ở cửa vào có tín hiệu A và tín hiệu B. Điều đó tương ứng với mạch nối tiếp của các tiếp điểm.

**1.2.3. Phép "KHÔNG" (NO)** là phép logic âm hay phủ định  $X = \overline{A}$  ( $X = NA$ ). Phép tính này biểu thị tín hiệu X sẽ xuất hiện ở cửa ra nếu ở cửa vào không có tín hiệu A và ngược lại. Điều đó tương ứng với mạch có các tiếp điểm đóng khi không có tín hiệu A và mở khi có nó.

**1.2.4. Phép logic "KHOÁ" (BLOCKING)**  $X = A \wedge \overline{B}$  biểu thị rằng tín hiệu X sẽ xuất hiện khi ở cửa vào có tín hiệu A và không có tín hiệu B. Phép logic này tương đương với phân tử "nhớ".

**1.2.5. Phép "TRỄ" (TIME DELAY) :** Đối với phép logic "trễ", nếu như sau khi truyền tín hiệu A tại đầu vào, tín hiệu X đầu ra sẽ xuất hiện với sự chậm trễ k giây thì tín hiệu X có thể viết:  $X = D^k A$ , trong đó: D – toán tử trễ ; k – số đơn vị làm chậm (s, ms,  $\mu$ s).

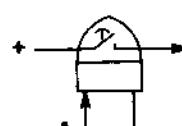
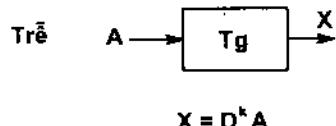
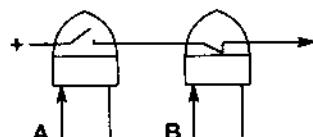
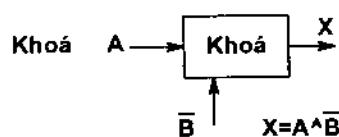
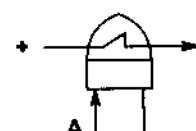
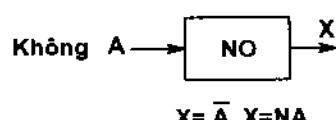
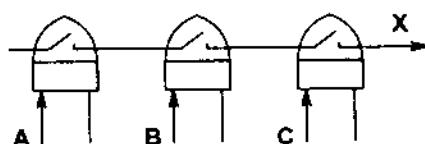
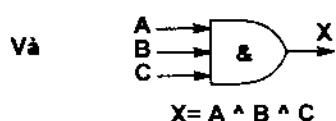
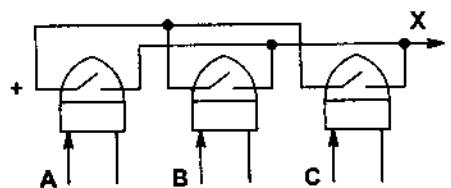
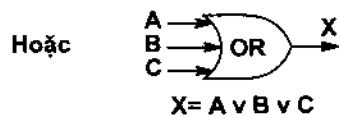
Ví dụ về phép trễ được thể hiện trên hình 1.3. Ở hình 1.3.a tín hiệu X sẽ xuất hiện chậm 1 đơn vị thời gian so với tín hiệu A ; còn ở hình 1.3.b tín hiệu X chậm hơn 4 đơn vị thời gian. Thời gian trễ được thực hiện bởi role thời gian có sự điều chỉnh theo từng nấc, hoặc bởi bản thân role tác động với một độ chậm trễ riêng k nhất định nào đó  $X = D^k A$ .

Trong quá trình xây dựng các sơ đồ bảo vệ role người ta thường kết hợp nhiều dạng sơ đồ logic khác nhau để có thể thực hiện nhiệm vụ bảo vệ một cách hiệu quả và tin cậy nhất. Các phép logic thường được kết hợp với nhau qua sơ đồ khối, biểu thị sự liên hệ và chức năng của các phân tử logic tham gia trong sơ đồ. Trên cơ sở phân tích sơ đồ logic có thể chọn các sơ đồ bảo vệ role hợp lý, tiết kiệm thiết bị và mang lại hiệu quả cao nhất.

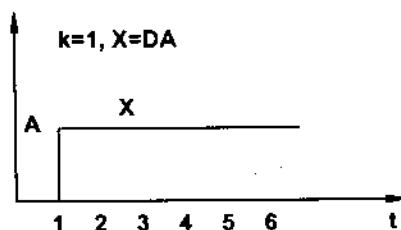
Phép logic

Ký hiệu

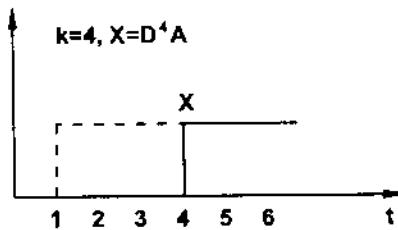
Sơ đồ nối role tiếp điểm



Hình 1.2. Biểu diễn các phép logic ứng dụng trong bảo vệ role



a)



b)

Hình 1.3. Ví dụ về sự xuất hiện chậm của tín hiệu

a – với  $k = 1$ ; b – với  $k = 4$

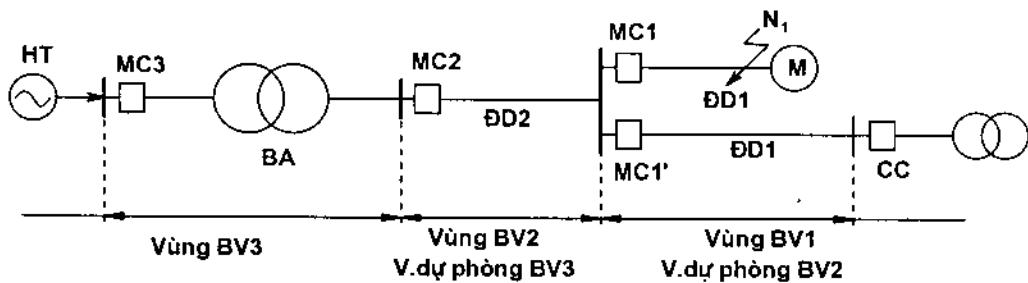
### 1.3. CÁC YÊU CẦU CƠ BẢN ĐỐI VỚI BẢO VỆ ROLE

Yêu cầu đối với bảo vệ role phụ thuộc vào nhiều yếu tố, với cùng một sự cố trong các điều kiện khác nhau bảo vệ role sẽ tác động khác nhau. Chẳng hạn khi có sự cố ngắn mạch chạm đất ở mạng điện có trung tính nối đất, bảo vệ role sẽ tác động ngay, nhưng ở mạng điện có trung tính cách ly, bảo vệ role sẽ chỉ đưa tín hiệu mà không cắt ngay phần tử bị sự cố. Như vậy tùy từng trường hợp cụ thể mà có các yêu cầu khác nhau đối với bảo vệ role. Phân biệt hai dạng yêu cầu đối với bảo vệ role là yêu cầu chống ngắn mạch và yêu cầu chống các chế độ làm việc bất bình thường của hệ thống.

#### 1.3.1. Yêu cầu bảo vệ chống ngắn mạch

##### a) Tác động nhanh

Sự cố cần được loại trừ càng nhanh càng tốt để hạn chế đến mức tối đa thiệt hại và giữ sự ổn định cho các máy phát làm việc song song trong hệ thống điện. Thời gian cắt sự cố bao gồm thời gian tác động của bảo vệ ( $t_{bv}$ ) và thời gian cắt của máy cắt ( $t_{Mc}$ ). Như vậy yêu cầu tác động nhanh không chỉ phụ thuộc vào tốc độ tác động của bảo vệ mà cả tốc độ của máy cắt. Thời gian của các bảo vệ role hiện đại khoảng 0,02 đến 0,04 giây.



Hình 1.4 : Sơ đồ phân bố các vùng tác động của BVRL

##### b) Tính chọn lọc

Tính chọn lọc (selectivity) là khả năng chỉ cắt các phần tử bị sự cố và giữ nguyên vẹn cung cấp điện cho các phần tử khác. Yêu cầu tác động chọn lọc có ý nghĩa quan trọng đối với việc bảo toàn cung cấp điện cho các hộ dùng điện. Ví dụ khi có ngắn mạch xảy ra tại điểm  $N_1$  (hình 1.4), dòng ngắn mạch  $I_k$  chạy qua cả 3 bảo vệ 1, 2 và 3 ; cả 3 máy cắt đều có thể tác động, nhưng tính chọn lọc của bảo vệ chỉ cho phép bảo vệ 1 tác động, do đó các hộ tiêu thụ ở lô 1' sẽ không bị mất điện.

Tuy nhiên trong trường hợp máy cắt 1 từ chối tác động thì máy cắt 2 sẽ hoạt động cắt mạch, như vậy bảo vệ 2 làm nhiệm vụ dự phòng cho bảo vệ 1. Trong nhiều trường hợp yêu cầu tác động nhanh và yêu cầu chọn lọc mâu thuẫn nhau. Để đảm bảo được tính chọn lọc cần phải có sự tác động trễ của bảo vệ role, ví dụ như hình 1.4 bảo vệ 2 phải có độ trễ so với bảo vệ 1. Trong thực tế để dung hòa mâu thuẫn giữa hai yêu cầu người ta áp dụng cơ cấu tự động đóng lặp lại. Đầu tiên bảo vệ role cắt nhanh không chọn lọc phần tử có sự

cố, sau đó thiết bị đóng lắp lại sẽ đóng trở lại các phần tử vừa bị cắt ra, nếu là sự cố thoáng qua thì mạng điện sẽ trở lại chế độ làm việc bình thường, còn nếu sự cố vẫn tồn tại thì bảo vệ role sẽ tác động có chọn lọc.

c) **Độ nhạy**

Độ nhạy (sensitivity) là khả năng cắt sự cố với dòng điện nhỏ nhất trong vùng bảo vệ. Độ nhạy là yêu cầu cần thiết của bảo vệ role để phản ứng với các chế độ làm việc không bình thường của hệ thống điện dù là nhỏ nhất. Để xác định độ nhạy của bảo vệ role trước hết cần thiết lập vùng bảo vệ của nó. Ví dụ ở hình 1.4 bảo vệ 3 cần phải cắt sự cố ở trong vùng bảo vệ của mình là trạm biến áp và cắt sự cố ở vùng dự phòng, tức là khi có ngắn mạch trên đường dây mà bảo vệ 2 từ chối tác động. Độ nhạy được đánh giá bởi hệ số nhạy

$$k_{nh} = \frac{I_{kmin}}{I_{kd}}$$

Trong đó :  $I_{kmin}$  – dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ ;

$I_{kd}$  – dòng điện khởi động của bảo vệ role.

Để bảo vệ role làm việc tin cậy độ nhạy phải có giá trị lớn hơn 1, thường thì  $k_{nh} = 1,5 \div 2$  đối với vùng bảo vệ chính và bằng  $1,2 \div 1,3$  đối với vùng bảo vệ dự phòng.

d) **Độ tin cậy**

Độ tin cậy (reliability) là khả năng bảo vệ làm việc chắc chắn trong mọi điều kiện, đối với bất kỳ một sự cố nào trong vùng bảo vệ, đồng thời không tác động đối với các chế độ mà nó không có nhiệm vụ bảo vệ. Chẳng hạn, nếu bảo vệ 1 từ chối tác động thì bảo vệ 2 sẽ tác động, lúc đó dẫn đến mất điện và gây thiệt hại cho phụ tải ở lộ 1'. Bởi vậy nếu bảo vệ kém tin cậy thì bản thân nó sẽ là nguồn gây thiệt hại. Để nâng cao độ tin cậy cần lựa chọn sơ đồ bảo vệ đơn giản, sử dụng các thiết bị có chất lượng cao, lắp ráp sơ đồ chính xác, chắc chắn đồng thời phải thường xuyên kiểm tra tình trạng của sơ đồ và các thiết bị.

e) **Tính kinh tế**

Các bảo vệ role phải thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật đồng thời phải được xây dựng sao cho rẻ nhất đến mức có thể. Đối với những thiết bị cao áp và siêu cao áp chi phí cho trang thiết bị lắp đặt BVRL chỉ chiếm một phần nhỏ trong toàn bộ chi phí của công trình, do đại đa số các thiết bị ở mạng điện cao áp đều rất đắt, vì vậy hệ thống bảo vệ role chỉ cần phải quan tâm sao cho đảm bảo được các yêu cầu cao về mặt kỹ thuật. Trong khi đó ở lưới điện trung áp và hạ áp với số lượng các phân tử cần được bảo vệ rất lớn, mức độ yêu cầu bảo vệ không cao do đó cần phải tính đến tính kinh tế khi lựa chọn sơ đồ và trang thiết bị bảo vệ role sao cho vừa đảm bảo kỹ thuật vừa có chi phí thấp nhất đến mức có thể.

Năm yêu cầu trên có thể mâu thuẫn lẫn nhau, ví dụ bảo vệ có tính chọn lọc và độ nhạy cao cần sử dụng loại nguyên lý và thiết bị phức tạp, đắt tiền do đó khó thoả mãn được độ tin cậy. Còn nếu tăng yêu cầu về kỹ thuật thì giá thành sẽ tăng. Do đó cần

dung hoà các yêu cầu ở mức độ tốt nhất trong việc tính toán, lựa chọn sơ đồ và thiết bị bảo vệ role.

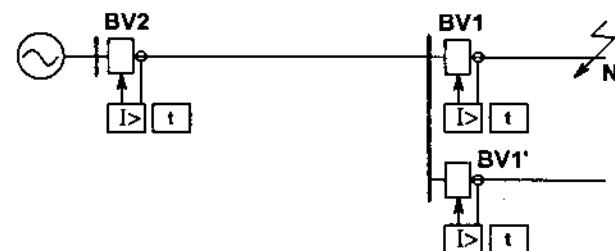
### 1.3.2. Đối với chế độ làm việc bất bình thường

Đối với các chế độ làm việc bất bình thường như chế độ quá tải, dao động điện áp trong hệ thống thì yêu cầu tác động nhanh không được đặt ra vì thông thường các chế độ này chỉ xảy ra trong một thời gian ngắn. Ví dụ khi khởi động động cơ công suất lớn có thể làm dao động điện áp, trường hợp này nếu cắt nhanh sẽ làm phụ tải bị gián đoạn cung cấp điện. Thông thường role sẽ tác động với một thời gian trễ nhất định. *Còn 3 yêu cầu khác vẫn phải được đảm bảo.*

## 1.4. CÁC NGUYÊN LÝ CƠ BẢN THỰC HIỆN BẢO VỆ ROLE

### 1.4.1. Bảo vệ dòng điện cực đại (maximum current protection)

Đặc điểm của ngắn mạch là sự tăng dòng điện, vì vậy bảo vệ role được thực hiện theo phản ứng tăng dòng. Khi giá trị dòng điện lớn hơn giá trị khởi động thì bảo vệ sẽ tác động. Để loại trừ khả năng tác động nhầm khi dòng điện tăng không vì lý do ngắn mạch, cần phải có một thời gian duy trì nhất định. Loại bảo vệ phản ứng theo dòng có duy trì thời gian gọi là bảo vệ dòng điện cực đại (BVI >). Để có thể loại trừ ngắn mạch ở bất cứ pha nào, cơ cấu phản ứng của role được thiết lập đối với các dòng điện ở các pha  $I_A$ ,  $I_B$  và  $I_C$  theo phép logic "HOẶC".

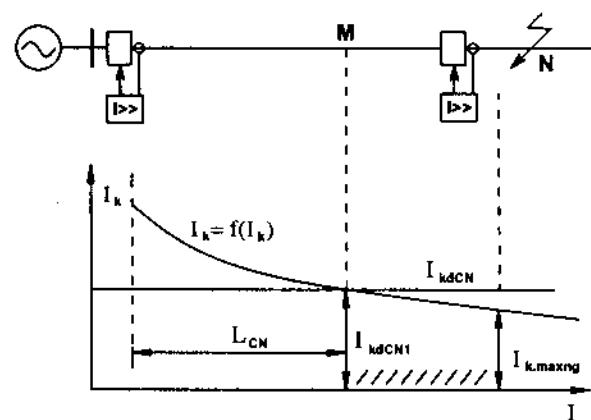


Hình 1.5 : Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại

Sự chọn lọc của các bảo vệ được đảm bảo bởi các role thời gian. Trong đó các bảo vệ càng đặt xa nguồn thì thời gian tác động càng nhỏ. Theo sơ đồ hình 1.5 bảo vệ 2 tác động sau bảo vệ 1 với một thời gian trễ  $\Delta t$  :  $t_2 = t_1 + \Delta t$

### 1.4.2. Bảo vệ cắt nhanh (instantaneous protection)

Như đã biết, dòng ngắn mạch giảm dần theo khoảng cách từ nguồn đến điểm ngắn mạch, vì vậy có thể bảo đảm tính chọn lọc của bảo vệ bằng cách đặt dòng khởi động hợp lý, mà không cần đến role thời gian. Hình 1.6 biểu thị nguyên lý tác động của bảo vệ cắt nhanh (ký hiệu là BVI >>). Muốn cho BVI >> không tác động khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ của nó (điểm N), dòng khởi động phải lớn hơn dòng ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ  $I_{kdCN} > I_{kmax.ng}$ .

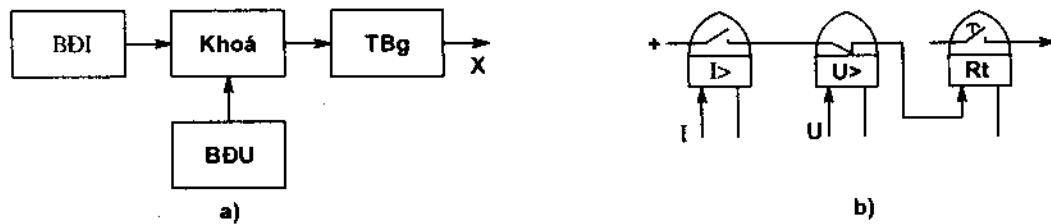


Hình 1.6. Nguyên lý tác động của bảo vệ cắt nhanh

Theo sơ đồ hình 1.6 ta thấy nếu ngắn mạch xảy ra tại điểm M thì giá trị dòng ngắn mạch đủ để làm cho bảo vệ tác động. Vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh chính là khoảng  $L_{CN}$  khoảng còn lại không được bảo vệ gọi là vùng chết (vùng gạch chéo), đó chính là yếu điểm của bảo vệ cắt nhanh. Loại bảo vệ này có độ chọn lọc tuyệt đối và thực hiện không có duy trì thời gian nên được áp dụng rất có hiệu quả trong thực tế.

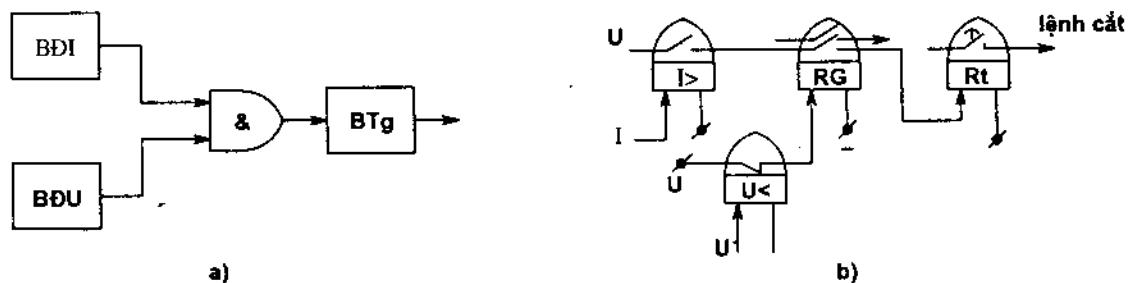
#### 1.4.3. Bảo vệ kết hợp quá dòng và sụt áp

Trong thực tế đôi khi sự tăng dòng điện vượt quá giá trị định mức không chỉ do ngắn mạch mà còn do nhiều nguyên nhân khác như quá tải, mở máy động cơ.... Tuy nhiên chỉ có ở chế độ ngắn mạch điện áp mới tụt nhiều. Để phân biệt chế độ ngắn mạch với các chế độ khác, tránh sự tác động nhầm, bảo vệ role được thực hiện với sự kết hợp giữa các cơ cấu phản ứng theo dòng điện cực đại và cơ cấu phản ứng theo điện áp, bằng phép logic "KHOÁ".



**Hình 1.7 :** Bảo vệ quá dòng kết hợp với bộ khoá điện áp  
a) Sơ đồ cấu trúc ; b) Bằng Role tiếp điểm

Sơ đồ kết hợp này được thể hiện trên sơ đồ hình 1.7, cũng có thể thực hiện bảo vệ bằng phép VÀ (hình 1.8), tức là tín hiệu cắt chỉ được thực hiện khi vừa có tín hiệu quá dòng từ bộ đo dòng BDI và tín hiệu giảm áp từ bộ đo áp BDU.

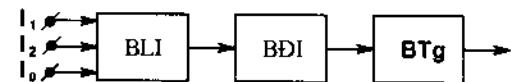


**Hình 1.8 :** Bảo vệ quá dòng kết hợp với tín hiệu điện áp thực hiện bằng phép và  
a) Sơ đồ cấu trúc ; b) Bằng Role tiếp điểm  
BTg - bộ đo thời gian ; BDI - bộ đo dòng ; BDU - bộ đo áp ;

#### 1.4.4. Bảo vệ bằng bộ lọc

Đối với những trường hợp ngắn mạch xa nguồn, đường dây dài, tải lớn... dòng ngắn mạch có thể có giá trị nhỏ, thậm chí nhỏ hơn dòng làm việc, lúc đó bảo vệ dựa trên dòng

điện sẽ rất khó có thể đảm bảo độ nhạy. Vậy khắc phục bằng cách nào? Như đã biết khi có ngắn mạch không đối xứng, dòng ngắn mạch có các thành phần thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không. Để phân biệt với chế độ làm việc bình thường khi chỉ có thành phần thứ tự thuận, người ta sử dụng các bộ lọc để tách các thành phần dòng điện thứ tự nghịch và thứ tự không làm tín hiệu cho các bảo vệ. Sơ đồ cấu trúc bảo vệ bằng bộ lọc thành phần thứ tự nghịch cho trên hình 1.9.

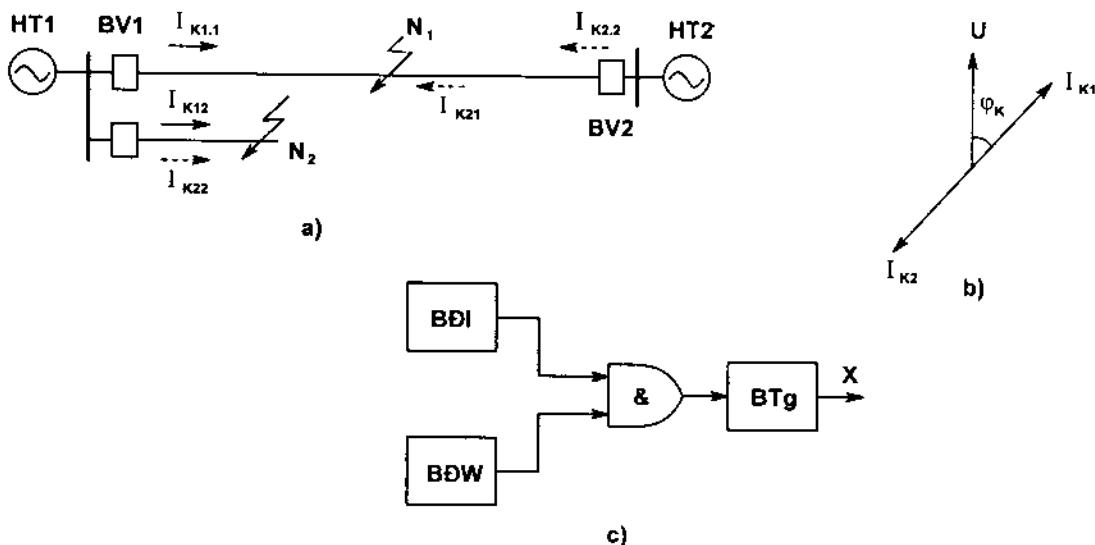


Hình 1.9. Sơ đồ khái niệm bảo vệ bằng bộ lọc

Cơ cấu bảo vệ gồm: bộ lọc dòng (BLI) bộ đo dòng (BDI) bộ đo thời gian (BRg). Ở chế độ đối xứng không có thành phần thứ tự nghịch do đó không có tín hiệu X ra và bảo vệ sẽ không tác động. Khi có ngắn mạch, mặc dù dòng ngắn mạch không lớn nhưng do có tín hiệu ra ở bộ lọc thứ tự nghịch làm bảo vệ tác động, sự tác động có thể xảy ra với một thời gian trễ với role thời gian. Với nguyên lý làm việc như vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ rất cao.

#### 1.4.5. Bảo vệ có hướng

Bảo vệ có hướng (direction protection) là loại bảo vệ áp dụng cho các mạng điện có kết cấu phức tạp, thường được kết hợp với các nguyên lý bảo vệ khác để tăng cường sự chọn lọc và hiệu quả của bảo vệ. Xét sơ đồ mạng điện hai nguồn cung cấp hình 1.10.a, khi có ngắn mạch tại điểm  $N_1$  dòng sẽ đi từ các nguồn 1 và 2 qua các bảo vệ vào đường dây, khi có ngắn mạch tại điểm  $N_2$  thành phần dòng điện ngắn mạch từ nguồn 2 đến điểm ngắn mạch cũng qua bảo vệ 1 nhưng lúc này nếu bảo vệ 1 tác động thì sẽ gây mất điện cho các hộ dùng điện khác. Vì vậy cần phải trang bị bộ phận định hướng để bảo vệ chỉ tác động khi dòng ngắn mạch đi từ thanh cài vào đường dây và sẽ không tác động trong

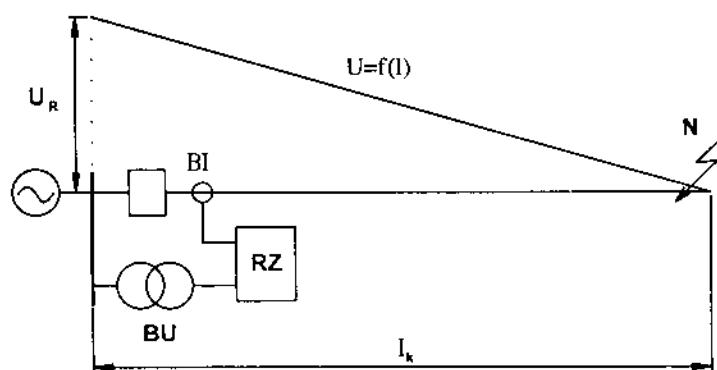


Hình 1.10. Giải thích nguyên lý làm việc của bảo vệ có hướng  
a) Sơ đồ lưới điện b) Đồ thị véc tơ dòng ngắn mạch ; c) Sơ đồ cấu trúc

trường hợp ngược lại. Đó chính là nguyên lý của bảo vệ có hướng (BVCH). Cơ cấu định hướng được thực hiện bởi role công suất RW. Sự định hướng của role công suất được thực hiện theo chiều của các vector dòng và áp. Biểu đồ vector điện áp và dòng điện khi ngắn mạch được thể hiện trên hình 1.10.b. Bảo vệ có hướng được thực hiện với sự tham gia của phép logic "VÀ", lệnh cắt chỉ thực hiện khi đồng thời có tín hiệu từ role dòng điện cực đại RI> và role công suất RW. Trên sơ đồ hình 1.10.c biểu thị sơ đồ cấu trúc bảo vệ có hướng, trong sơ đồ có bộ đo dòng BDI, bộ đo hướng công suất BDW, bộ thời gian BRg và phép logic VÀ.

#### 1.4.6. Bảo vệ khoảng cách (RZ)

Bảo vệ khoảng cách (distance protection) được thực hiện theo nguyên lý đo điện trở của đối tượng bảo vệ. Xét mạng điện hình 1.11. giả sử ngắn mạch xảy ra tại điểm N, như đã biết, khi xảy ra ngắn mạch, cả 2 đại lượng dòng điện ngắn mạch  $I_k$  và điện áp dư U (hao tổn điện áp trên đường dây khi có dòng ngắn mạch chạy qua) đều thay đổi, nếu ta đưa các tín hiệu này vào role thì sẽ nhận được giá trị gọi là điện trở giả tưởng (còn gọi là điện trở ảo)



Hình 1.11. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ khoảng cách

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{I_k^{(3)} z_0 l_k \cdot n_i}{n_U I_k^{(3)}} = \frac{z_0 l_k \cdot n_i}{n_U} = f(l_k);$$

Trong đó :  $I_k^{(3)}$  – dòng điện ngắn mạch 3 pha ;

$Z_0$  – suất điện trở của một đơn vị chiều dài đường dây ;

$l_k$  – khoảng cách từ nơi đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch,

$n_i, n_u$  – hệ số biến dòng và biến áp.

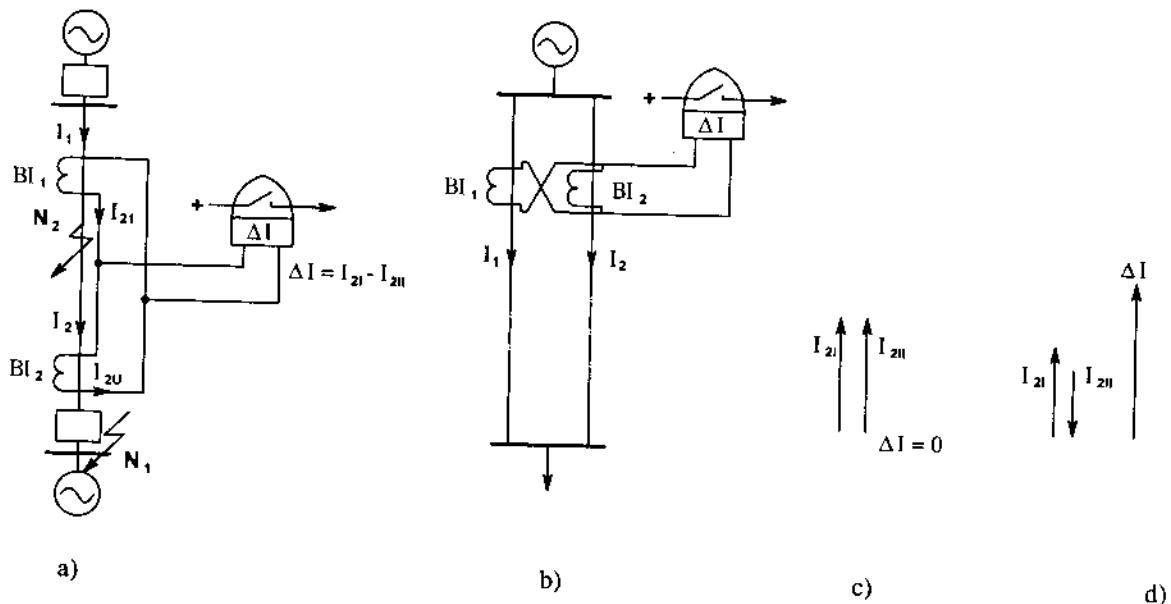
Như vậy điện trở cảm nhận được của role phụ thuộc vào khoảng cách từ nơi đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch  $l_k$ . Để role chỉ tác động trong vùng bảo vệ thì điện trở khởi động phải nhỏ hơn điện trở của đối tượng được bảo vệ.  $Z_{kd} < Z$

#### 1.4.7. Bảo vệ so lệch dòng điện (Current differential protection)

Nguyên lý bảo vệ so lệch dòng điện (BVSL) dựa trên sự so sánh trị số và góc pha của dòng điện ở đầu và cuối vùng bảo vệ. Xét hình 1.12.a, khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ tại điểm  $N_1$  dòng ở đầu và cuối đường dây có cùng giá trị và cùng chiều, còn khi ngắn mạch xảy ra ở bên trong vùng bảo vệ tại điểm  $N_2$ , thì các dòng điện có chiều ngược nhau và nói chung không bằng nhau (hình 1.12.c và 1.12.d).

Dòng điện đi vào role bằng hiệu 2 dòng điện thứ cấp, vì vậy trong trường hợp ngắn mạch ngoài thì nó có giá trị bằng 0, còn trong trường hợp ngắn mạch trong vùng bảo vệ thì nó có một giá trị nhất định. Nếu đưa tín hiệu này đến cơ cấu thừa hành thì bảo vệ sẽ tác động một cách tin cậy. Bảo vệ so lệch có tính chọn lọc tuyệt đối và không có duy trì thời gian. Do ở chế độ bình thường không có dòng điện đi qua role nên dòng khởi động thường được chọn không lớn, điều đó làm tăng đáng kể độ nhạy của bảo vệ. Bảo vệ được thực hiện bằng cách so sánh các giá trị dòng điện ở đầu và cuối đối tượng gọi là BVSL dọc. Đối với những phần tử đặt song song có thể thực hiện so sánh dòng giữa 2 phần tử lúc sự cố, bảo vệ này gọi BVSL ngang (hình 1.12.b).

Bảo vệ so lệch dọc có nhược điểm là cần phải có mạch nhịp thứ khai dài để truyền tín hiệu từ đầu này đến đầu kia của đối tượng được bảo vệ, đặc biệt nếu đối tượng bảo vệ là đường dây dài. Để khắc phục nhược điểm đó người ta sử dụng các cơ cấu truyền tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành bằng kênh liên lạc tần số cao theo đường dây hoặc kênh vô tuyến, lúc đó bảo vệ được gọi là bảo vệ cao tần hay bảo vệ bằng vô tuyến.



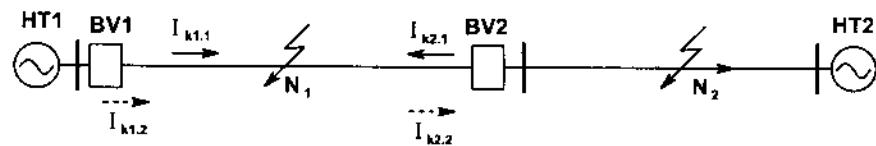
Hình 1.12. Sơ đồ giải thích nguyên lý bảo vệ so lệch

- a) sơ đồ so lệch dọc ; b) sơ đồ so lệch ngang ; c) Biểu đồ vectơ dòng điện khi có ngắn mạch ngoài ;
- d) Biểu đồ vectơ dòng điện khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ

#### 1.4.8. Bảo vệ so lệch pha của dòng điện (phase differential protection)

Bảo vệ so lệch pha làm việc theo nguyên lý so sánh pha của dòng điện ở 2 đầu đường dây được bảo vệ. Quy định dòng điện qua các bảo vệ đi từ thanh cái vào đường dây là chiều dương, còn từ đường dây vào thanh cái – chiều âm. Khi có ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ (điểm N<sub>1</sub> hình 1.13) dòng điện ngắn mạch I<sub>k1,1</sub> và I<sub>k2,1</sub> qua các BV1 và BV2 đều có chiều từ thanh cái vào đường dây, tức là cùng chiều dương nên các bảo vệ sẽ tác động. Khi có ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ (điểm N<sub>2</sub>) các dòng điện ngắn

mạch  $I_{k1.2}$  và  $I_{k2.2}$  qua các BV1 và BV2 ngược chiều nhau  $180^\circ$  nên bảo vệ sẽ không tác động. Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ dòng  $I_{1.1}$  và  $I_{2.1}$  cùng pha nhau do đó bảo vệ tác động cắt máy cắt ở cả 2 đầu dây.

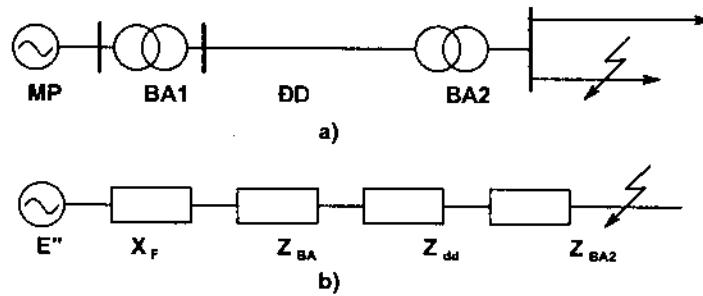


Hình 1.13. Sơ đồ giải thích nguyên lý bảo vệ so lèch pha

## 1.5. TÓM LƯỢC VỀ TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

Trong hầu hết các bài toán bảo vệ role đều có liên quan đến các thông số của mạng điện ở chế độ ngắn mạch, vì vậy trước khi tiếp xúc với những bài toán đó chúng ta hãy khái quát lại một số nét cơ bản về tính toán ngắn mạch trong hệ thống điện.

Sơ đồ thay thế tính toán là sơ đồ điện mà trong đó các phần tử của mạng điện được thay bằng một điện trở tương ứng, riêng máy phát và phụ tải được thay bằng một điện trở và một suất điện động. Trên hình 1.14.b. biểu thị sơ đồ thay thế tính toán cho mạng điện hình 1.14.a. Trong sơ đồ thay thế chỉ xét đến các phần tử có liên quan đến tính toán ngắn mạch. Sơ đồ thay thế được thiết lập tùy theo điều kiện yêu cầu của bài toán, chẳng hạn như tính toán ngắn mạch 3 pha hay một pha, tính ngắn mạch trong mạng điện cao áp hay hạ áp... Các bài toán ngắn mạch có thể được thực hiện trong hệ đơn vị có tên hoặc hệ đơn vị tương đối. Các biểu thức tính toán điện trở của các phần tử hệ thống điện trong hệ đơn vị có tên và hệ đơn vị tương đối được thể hiện trong bảng 1.3.



Hình 1.14. Sơ đồ mạng điện (a,) và sơ đồ thay thế tính toán (b,)

Bảng 1.3. CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH ĐIỆN TRỞ CỦA CÁC PHẦN TỬ HTĐ

TT	Các phần tử	Hệ đơn vị có tên, $\Omega$	Hệ đơn vị tương đối
1	Hệ thống	$X_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}}$	$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_{k,HT}}$
2	Máy phát	$X_F = x_d'' \frac{U_{cb}^2}{S_F}$	$X_F* = x_d'' \frac{S_{cb}}{S_F}$
3	Máy biến áp	$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{nBA}^2}$ ; $Z_A = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{nBA}}$ ; $X_{AA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2}$	$R_{B*} = \frac{\Delta P_k S_{cb}}{S_{nBA}^2}$ ; $Z_{B*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{nBA}}$ ; $X_{B*} = \sqrt{Z_{B*}^2 - R_{B*}^2}$
4	Đường dây	$R_{dd} = r_0 l \frac{U_{cb}^2}{U_n^2}$ $X_{dd} = x_0 l \frac{U_{cb}^2}{U_n^2}$	$R_{dd*} = r_0 l \frac{S_{cb}}{U_{tb}^2}$ $X_{dd} = x_0 l \frac{S_{cb}}{U_{tb}^2}$
5	Kháng điện	$X_{kd} = x_{kd} \frac{U_{nkd}}{\sqrt{3} I_{nkd}}$	$X_{kd*} = x_{kd} \frac{I_{cb}}{I_{nkd}}$
6	Phụ tải	$X_{Pt} = x_{pt}'' \frac{U_{cb}^2}{S_{pt}}$	$X_{Pt*} = x_{pt}'' \frac{S_{cb}}{S_{pt}}$

Trong các công thức trên :

$S_{k,HT}$  – công suất ngắn mạch của hệ thống (nếu không biết trước  $S_k$  thì có thể coi  $S_k = S_{cát}$  của máy cắt tổng của mạng điện cần tính toán ngắn mạch), MVA ;

$S_{cb}$  – công suất cơ bản tùy chọn sao cho các phép tính được thực hiện đơn giản nhất ;

$U_{cb}$  – điện áp cơ bản, thường được chọn cấp điện áp nơi xảy ra ngắn mạch, kV ;

$I_{cb}$  – dòng điện cơ bản ;

$U_n$  – điện áp định mức của đường dây, kV ;

$S_F$  – công suất định mức của máy phát, MVA ;

$S_{nBA}$  – công suất định mức của máy biến áp, MVA ;

$U_{nBA}$  – điện áp định mức của máy biến áp, kV ;

$x_d''$  – điện trở siêu quá độ dọc trực máy phát ;

$U_k$  – điện áp ngắn mạch của máy biến áp, % ;

$\Delta P_k$  – hao tổn công suất ngắn mạch trong máy biến áp, MW ;

$x_{kd}$  – điện trở tương đối của cuộn kháng điện ;

$r_0, x_0$  – suất điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây,  $\Omega/km$  ;

$l$  – chiều dài đường dây, km ;

$U_{nkD}, I_{nkD}$  – điện áp và dòng điện định mức của kháng điện, kV và kA ;

Đối với các máy biến áp 3 cuộn dây thì điện áp ngắn mạch của các cuộn cao áp  $U_{kc}$ , trung áp  $U_{kT}$  và hạ áp  $U_{kH}$  được xác định theo điện áp ngắn mạch giữa các cuộn dây như sau :

$$U_{kc} = 0,5(U_{kCH} + U_{kCT} - U_{kTH}) ;$$

$$U_{kT} = 0,5(U_{kTH} + U_{kCT} - U_{kCH}) ;$$

$$U_{kH} = 0,5(U_{kCH} + U_{kTH} - U_{kCT}) ;$$

Để xác định dòng ngắn mạch 3 pha sau khi đã thiết lập sơ đồ thay thế cần áp dụng các phương pháp biến đổi sơ đồ như phân tích mạch nối tiếp, song song, biến đổi sao-tam giác, biến đổi tương đương... để đưa sơ đồ về dạng đơn giản. Trường hợp trong mạng điện có nhiều nguồn thì sau khi đưa sơ đồ về dạng đơn giản nhất hình 1.15.a, tiếp tục biến đổi tương đương để đưa sơ đồ về dạng đơn giản nhất hình 1.15.b, với suất điện động tương đương

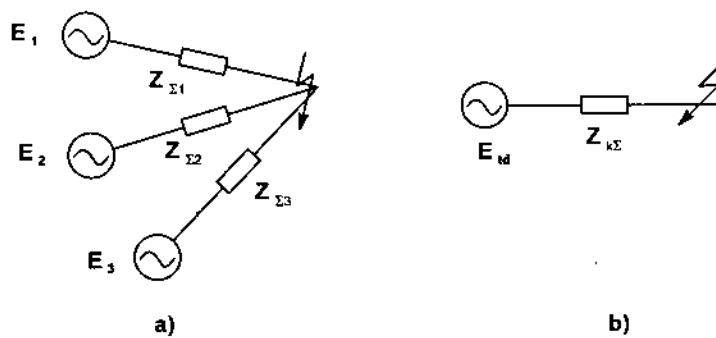
$$E_{td} = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 + \dots + E_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n}$$

với  $g_1 = \frac{1}{Z_{\Sigma 1}} ; g_2 = \frac{1}{Z_{\Sigma 2}} \dots, g_n = \frac{1}{Z_{\Sigma n}}$

Giá trị dòng ngắn mạch 3 pha có thể được xác định theo biểu thức

$$I_k^{(3)} = \frac{E_{td}}{Z_{k\Sigma}}$$

Trong đó :  $E_{td}$  – Suất điện động tổng hợp ứng với điện áp pha,  $E_{td} = \frac{U}{\sqrt{3}}$



Hình 1.15. Sơ đồ đơn giản nhất

U – điện áp định mức của nguồn ;

$Z_{k\Sigma}$  – Tổng trở ngắn mạch (điện trở từ nguồn đến điểm ngắn mạch)

$$Z_{k\Sigma} = \sqrt{(\sum R_i)^2 + (\sum X_i)^2}$$

Nếu tính toán trong hệ đơn vị tương đối thì các phép tính cũng được thực hiện tương tự, sau khi đã xác định dòng ngắn mạch cần chuyển đổi giá trị tương đối sang hệ đơn vị có tên theo biểu thức

$$I_k^{(3)} = I_{k*}^{(3)} \cdot I_{cb}$$

với

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}}$$

Giá trị của dòng điện xung kích được xác định theo biểu thức

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} I_k^{(3)}$$

$k_{xk}$  – hệ số xung kích, phụ thuộc vào vị trí xảy ra ngắn mạch, mà cụ thể là phụ thuộc vào tỷ số  $R/X$ , thể hiện trong bảng sau

Bảng 1.4. GIÁ TRỊ CỦA HỆ SỐ XUNG KÍCH PHỤ THUỘC VÀO TỶ SỐ X/R

X/R	≤1	2	3	4	5	8	10	15	20	30	40	50
$k_{xk}$	1,03	1,2	1,37	1,48	1,56	1,75	1,88	1,91	1,93	1,93	1,93	1,94

\* Công suất ngắn mạch

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U I_k^{(3)} ;$$

Dòng điện ngắn mạch không đối xứng được xác định theo biểu thức tổng quát sau :

$$I_k^{(i)} = \frac{m^{(i)} E_{td}}{Z_{\Sigma i} + \Delta Z^{(i)}} ;$$

Trong đó :  $m^{(i)}$  và  $\Delta Z^{(i)}$  – các hệ số phụ thuộc vào dạng ngắn mạch không đối xứng cho trong bảng 1.5.

Đối với trường hợp ngắn mạch hai pha dòng ngắn mạch được xác định

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E_{\Sigma}}{Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2}} = \frac{\sqrt{3} E_{\Sigma}}{2 Z_{\Sigma 1}} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k^{(3)} = 0,87 I_k^{(3)} ;$$

Bảng 1.5. CÁC HỆ SỐ  $M^{(i)}$  VÀ  $\Delta Z^{(i)}$  CỦA CÁC DẠNG NGĂN MẠCH

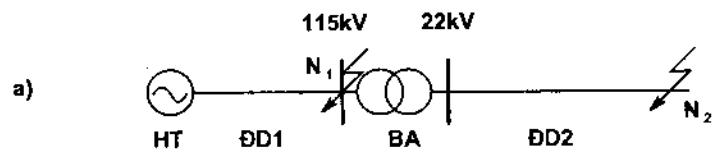
Loại ngắn mạch	Ký hiệu	$m^{(i)}$	$\Delta Z^{(i)}$
3 pha	(3)	1	0
2 pha	(2)	$\sqrt{3}$	$Z_{\Sigma 2}$
1 pha	(1)	3	$Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0}$
2 pha - đất	(1,1)	$\sqrt{3 - \frac{3Z_2 Z_{\Sigma 0}}{(Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0})^2}}$	$\frac{Z_{\Sigma 2} Z_{\Sigma 0}}{Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0}}$

$Z_{\Sigma 2}, Z_{\Sigma 0}$  – tổng trở thứ tự nghịch và tổng trở thứ tự không

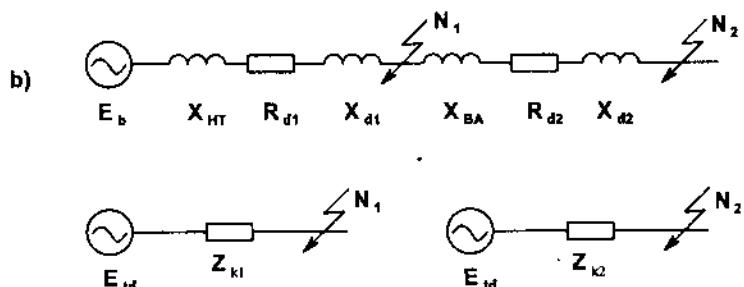
## 1.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 1.1 :** Hãy xác định dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N1 và N2 trên sơ đồ mạng điện (như hình 1.16) được cung cấp từ hệ thống có điện áp không đổi là 115 kV và công suất ngắn mạch là  $S_{kHT} = 1020$  MVA, đường dây cung cấp ĐD1 dài 65 km, được làm bằng dây ACO-120, đường dây phân phối dài 6,4 km bằng dây AC-70, máy biến áp mã hiệu TMTH-10000/110 có công suất định mức  $S_{nBA} = 10$  MVA, điện áp ngắn mạch  $U_k = 10,5\%$ . (Giải theo hai hệ đơn vị)

Hình 1.16.a, Sơ đồ mạng điện bài toán 1.1



Hình 1.16.b, Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài ví dụ 1.1



*Giải :*

Trước hết cần thiết lập sơ đồ thay thế (hình 1.16b). Xác định điện trở của các phần tử: Căn cứ vào mã hiệu của dây dẫn ta tra bảng tìm các giá trị (bảng 4.pl): dây AC-120 có  $r_0 = 0,27$  và  $x_0 = 0,416 \Omega/km$ ; dây AC-70 có  $r_0 = 0,46$  và  $x_0 = 0,39 \Omega/km$

Chọn các đại lượng cơ bản

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}, U_{cb} = 22 \text{ kV} \text{ và } I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 22} = 2,62 \text{ kA}$$

Ta giải bài toán bằng hai hệ đơn vị dưới dạng bảng sau

<b>hệ thống</b>	$X_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_{kht}} = \frac{22^2}{1020} = 0,475 \Omega$	$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_{kht}} = \frac{100}{1020} = 0,098$
<b>đường dây</b> <b>1</b>	$R_{d1} = r_{01} \cdot l_1 \left( \frac{U_{cb}}{U_{d1}} \right)^2 = 0,27 \cdot 65 \cdot \left( \frac{22}{115} \right)^2 = 0,642 \Omega$	$R_{d1*} = r_{01} \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,27 \cdot 65 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,133$
	$X_{d1} = x_{01} \cdot l_1 \left( \frac{U_{cb}}{U_{d1}} \right)^2 = 0,416 \cdot 65 \cdot \left( \frac{22}{115} \right)^2 = 0,99 \Omega$	$X_{d1*} = x_{01} \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,416 \cdot 65 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,204$
<b>máy biến áp</b>	$X_{BA} = \frac{U_k \cdot U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 22^2}{100 \cdot 10} = 5,082 \Omega$	$X_{BA*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 10} = 1,05$
<b>đường dây</b> <b>2</b>	$R_{d2} = r_{02} \cdot l_2 \left( \frac{U_{cb}}{U_{d2}} \right)^2 = 0,46 \cdot 6,4 \cdot \left( \frac{22}{22} \right)^2 = 3,392 \Omega$	$R_{d2*} = r_{02} \cdot l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,46 \cdot 6,4 \cdot \frac{100}{22^2} = 0,608$
	$X_{d2} = x_{02} \cdot l_2 \left( \frac{U_{cb}}{U_{d2}} \right)^2 = 0,39 \cdot 6,4 \cdot \left( \frac{22}{22} \right)^2 = 2,078 \Omega$	$X_{d2*} = x_{02} \cdot l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,39 \cdot 6,4 \cdot \frac{100}{22^2} = 0,522$
<b>đến</b> <b>N<sub>1</sub></b>	$Z_{k1} = \sqrt{R_{d1}^2 + (X_{ht} + X_{d1})^2}$ $N_1 = \sqrt{0,642^2 + (0,475 + 0,99)^2} = 1,6 \Omega$	$Z_{k1*} = \sqrt{R_{d1*}^2 + (X_{ht} + X_{d1*})^2}$ $= \sqrt{0,113^2 + (0,098 + 0,204)^2} = 0,33$
<b>đến</b> <b>N<sub>2</sub></b>	$Z_{k2} = \sqrt{(R_{d1} + R_{d2})^2 + (X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2})^2}$ $= \sqrt{(0,642 + 3,392)^2 + (0,475 + 0,99 + 5,082 + 2,078)^2}$ $= 9,757 \Omega$	$Z_{k2*} = \sqrt{(R_{d1*} + R_{d2*})^2 + (X_{ht} + X_{d1*} + X_{BA*} + X_{d2*})^2}$ $= \sqrt{(0,113 + 0,608)^2 + (0,098 + 0,204 + 1,05 + 0,522)^2}$ $= 2,016$
<b>I<sub>k1</sub> ở cấp U<sub>cb</sub></b>	$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 1,6} = 7,944 \text{ kA}$	$I_{k1}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{Z_{k1*}} = \frac{2,62}{0,33} = 7,944 \text{ kA}$
<b>I<sub>k1</sub> ở U</b>	$I_{k1}^{(3)} = I_{k1}^{(3)} \cdot \frac{U_{cb}}{U} = 7,944 \cdot \frac{22}{115} = 1,52 \text{ kA}$	
<b>I<sub>k2</sub> ở U</b>	$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 9,757} = 1,302 \text{ kA}$	$I_{k2}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{Z_{k2*}} = \frac{2,62}{2,016} = 1,302 \text{ kA}$

**Nhận xét :** Cả hai phương pháp đều cho kết quả như nhau, có thể nhận thấy phương pháp dùng hệ đơn vị tương đối khá thuận tiện, đặc biệt khi giải bài toán với sơ đồ phức tạp.

**Bài tập :** Hãy xác định dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N1 và N2 trên sơ đồ mạng điện (như hình 1.16a) được cung cấp từ hệ thống có điện áp không đổi là 115 kV và

công suất ngắn mạch là 950 MVA, đường dây cung cấp ĐĐ1 dài 70 km, được làm bằng dây AC-95, đường dây phân phối dài 5,3 km bằng dây AC-50, máy biến áp mã hiệu TMTH-6,3/110 có công suất định mức  $S_{nBA} = 6,3$  MVA, điện áp ngắn mạch  $U_k = 10,5\%$ . (Giải theo hai hệ đơn vị)

*Đáp số:  $I_{k1}^{(3)} = 14,756$  kA ở cấp điện áp cơ bản và ở cấp điện áp 115 kV là 1,347 kA ;*

*$I_{k2}^{(3)} = 1,086$  kA*

## Tóm tắt chương 1

**Khái niệm :** Hiệu ứng role : Khả năng thiết bị có thể thay đổi chế độ theo bước nhảy khi tín hiệu đầu vào đạt đến một giá trị nhất định gọi là hiệu ứng role.

**Dòng khởi động** là giá trị nhỏ nhất của dòng điện để role tác động.

**Nhiệm vụ của bảo vệ role :**

- Phát hiện kịp thời sự cố
- Nhanh chóng tác động cắt các phần tử bị sự cố ra khỏi hệ thống
- Tác động đến các cơ cấu khác để duy trì chế độ làm việc bình thường của phần hệ thống điện còn lại.

**Các phép logic dùng trong bảo vệ role**

Phép "HOẶC" (OR) : phép logic cộng ( $X = A \vee B$ )

Phép logic "VÀ" (&) là phép logic nhân ( $X = A \wedge B$ )

Phép "KHÔNG" (NO) là phép logic âm hay phủ định  $X = \bar{A}$  ( $X = \text{NA}$ )

Phép logic "KHOÁ"  $X = A \wedge \bar{B}$

Phép "TRỄ" : tín hiệu X xuất hiện với sự chậm hơn so với tín hiệu A :  $X = D^k A$

**Các yêu cầu cơ bản đối với bảo vệ role**

- *Tác động nhanh* :
- *Tính chọn lọc* :
- *Độ nhạy*
- *Độ tin cậy* :
- *Tính kinh tế*.

**Các nguyên lý cơ bản thực hiện bảo vệ role**

1. *Bảo vệ dòng điện cực đại* : dòng điện khởi động của bảo vệ lớn hơn dòng làm việc cực đại chạy qua đối tượng được bảo vệ.
2. *Bảo vệ cắt nhanh* : dòng điện khởi động của bảo vệ lớn hơn dòng ngắn mạch cực đại tại điểm sau đối tượng được bảo vệ.
3. *Bảo vệ kết hợp quá dòng và sụt áp* : bảo vệ được thực hiện theo nguyên VÀ ( $I_> \wedge U_<$ )
4. *Bảo vệ bằng bộ lọc* : bảo vệ được chỉnh định theo thành phần thứ tự nghịch hoặc thứ tự không của dòng điện và điện áp.
5. *Bảo vệ theo hướng dòng công suất* : bảo vệ được thực hiện với sự tham gia của role công suất, xác định hướng dòng điện ngắn mạch.

6. *Bảo vệ khoảng cách* : bảo vệ được thực hiện theo nguyên tắc đo điện trở từ điểm đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{I_k^{(3)} Z_{0k} n_i}{n_U I_k^{(3)}} = \frac{Z_{0k} n_i}{n_U} = f(I_k);$$

7. *Bảo vệ so lệch dòng điện* : Nguyên lý bảo vệ so lệch dòng điện (BVSL) dựa trên sự so sánh trị số và góc pha của dòng điện ở đầu và cuối vùng bảo vệ.

8. *Bảo vệ so lệch pha của dòng điện* : Bảo vệ so lệch pha làm việc theo nguyên lý so sánh pha của dòng điện ở 2 đầu đường dây được bảo vệ.

\* Giá trị dòng ngắn mạch 3 pha có thể được xác định theo biểu thức

$$I_k^{(3)} = \frac{E_{td}}{Z_{k\Sigma}} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{k\Sigma}}$$

\* *Công suất ngắn mạch*  $S_k = \sqrt{3} U I_k^{(3)};$

\* Giá trị dòng ngắn mạch hai pha  $I_k^{(2)} = 0,87 I_k^{(3)};$

### Câu hỏi ôn tập :

1. Chế độ làm việc không bình thường của HTĐ và nhiệm vụ của bảo vệ role
2. Hãy trình bày các yêu cầu cơ bản của bảo vệ role
3. Hãy trình bày các sơ đồ logic dùng trong bảo vệ role
4. Nguyên lý làm việc của bảo vệ dòng điện cực đại
5. Nguyên lý tác động của bảo vệ cắt nhanh,
6. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ kết hợp dòng cực đại và sụt áp
7. Nguyên lý thực hiện bảo vệ có hướng
8. Nguyên lý thực hiện bảo vệ khoảng cách
9. Nguyên lý thực hiện bảo vệ so lệch dòng điện và so lệch pha.
10. Hãy trình bày tóm tắt phương pháp tính toán ngắn mạch

## Chương 2

# NGUỒN ĐIỆN THAO TÁC

### 2.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Tất cả các mạch điện của sơ đồ tự động điều khiển, bảo vệ role, đo lường, tín hiệu... được gọi là sơ đồ nhị thứ, nguồn điện cung cấp cho các sơ đồ này có tên là nguồn thao tác. Nói cách khác, nguồn năng lượng dùng để điều khiển từ xa, truyền động cho máy cắt và duy trì sự hoạt động của các sơ đồ bảo vệ role, sơ đồ tự động điều khiển, sơ đồ tín hiệu... gọi là nguồn thao tác, còn mạch của chúng gọi là mạch điện thao tác. Yêu cầu đối với nguồn thao tác là luôn luôn ở trạng thái sẵn sàng tác động và đảm bảo cung cấp điện ở mọi chế độ bình thường cũng như chế độ sự cố.

Đối với mạch thao tác có thể sử dụng nguồn điện một chiều hoặc xoay chiều. Có thể sử dụng nguồn thao tác trung tâm hoặc nguồn thao tác cục bộ, cung cấp riêng cho từng mạch điện. Việc cung cấp điện trung tâm có nhược điểm phải có lối phân phôi cho các mạch thao tác, do đó khả năng xảy ra sự cố sẽ nhiều ; Nguồn thao tác cục bộ có thể sẽ tăng chi phí cho các công trình và có thể chiếm một tỷ trọng đáng kể, đặc biệt đối với các công trình đơn giản và rẻ tiền.

#### Các phương pháp cung cấp cho mạch nguồn thao tác

1. Dùng dòng xoay chiều lấy trực tiếp từ nguồn dòng BI hay thông qua máy biến áp dòng trung gian BIT.
2. Dùng dòng chỉnh lưu lấy từ máy biến dòng BI, máy biến điện áp BU và máy biến áp nhu cầu riêng.
3. Dùng dòng do năng lượng nạp của tụ điện.
4. Dùng dòng một chiều lấy từ accquy.

Ba phương pháp đầu dựa trên cơ sở công suất của nguồn dòng thao tác ở chế độ bình thường và tại thời điểm sự cố, được sử dụng rộng rãi .

### 2.2. NGUỒN THAO TÁC XOAY CHIỀU

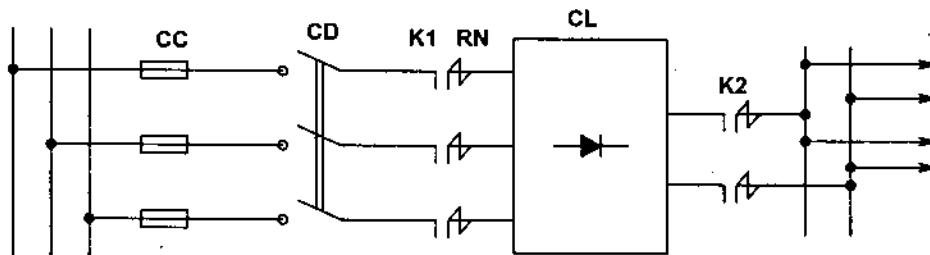
Nguồn thao tác xoay chiều được lấy từ các máy biến dòng (BI), máy biến áp đo lường (BU) và máy biến áp nhu cầu riêng (NCR). Máy biến dòng là nguồn thao tác rất phong phú, đặc biệt chúng cung cấp tín hiệu dòng rất mạnh cho bảo vệ role tại thời điểm sự cố, khi dòng tăng đột biến. Với bội số dòng cần thiết lúc ngắn mạch, BI đảm bảo cho máy cắt tác động một cách tin cậy. Ở chế độ này dòng trong mạch thứ cấp của BI đủ đảm bảo đóng mạch cuộn cắt trong bộ truyền động máy cắt. Tuy nhiên, nếu dòng trong mạch quá lớn có thể gây nguy hiểm cho tiếp điểm.

Máy biến điện áp BU và máy biến áp nhu cầu riêng chỉ đảm bảo làm việc tin cậy ở các chế độ sự cố không kèm theo sụt áp lớn, như hiện tượng quá tải, tăng áp, ngắn mạch chạm đất ở lưới trung tính cách ly... Trường hợp sự cố kèm theo sụt áp lớn nguồn này không thể đảm bảo cung cấp cho các mạch điều khiển một cách tin cậy. Để nâng cao hiệu quả sử dụng của các nguồn thao tác xoay chiều, cách tốt nhất nhất là kết hợp giữa các máy BI và BU. Tuy nhiên, đối với phương pháp này điện áp tổng hợp thường sẽ có sự lệch pha lớn. Sự ảnh hưởng này có thể được loại bỏ nếu sử dụng nguồn điện áp chỉnh lưu.

### 2.3. NGUỒN THAO TÁC CHỈNH LƯU

Việc sử dụng nguồn chỉnh lưu rất tiện lợi cho các mạch thao tác, đặc biệt khi có sự kết hợp với việc sử dụng accquy. Các thiết bị chỉnh lưu một nửa chu kỳ, hai nửa chu kỳ một phía và chỉnh lưu loại ba pha được sử dụng rộng rãi trong mạng điện, có thể thay thế hoàn toàn hoặc làm dự phòng cho nguồn accquy. Thiết bị chỉnh lưu thường được sử dụng nhiều là loại selen và silic.

Trên hình 2.1. giới thiệu sơ đồ chỉnh lưu 3 pha dùng chỉnh lưu selen hay diod gécmani, lấy nguồn xoay chiều từ máy biến áp nhu cầu riêng đưa vào chỉnh lưu CL tạo ra dòng điện một chiều cung cấp cho mạch điều khiển, mạch bảo vệ rơ le, mạch tự động, báo hiệu và dùng để điều khiển máy cắt. Bộ chỉnh lưu được đóng vào mạng bằng cầu dao CD và khởi động từ K với các bộ tiếp điểm 1 và 2 ở hai phía. Bộ chỉnh lưu được bảo vệ bằng cầu chì CC và rơle nhiệt RN mắc trong khởi động từ.



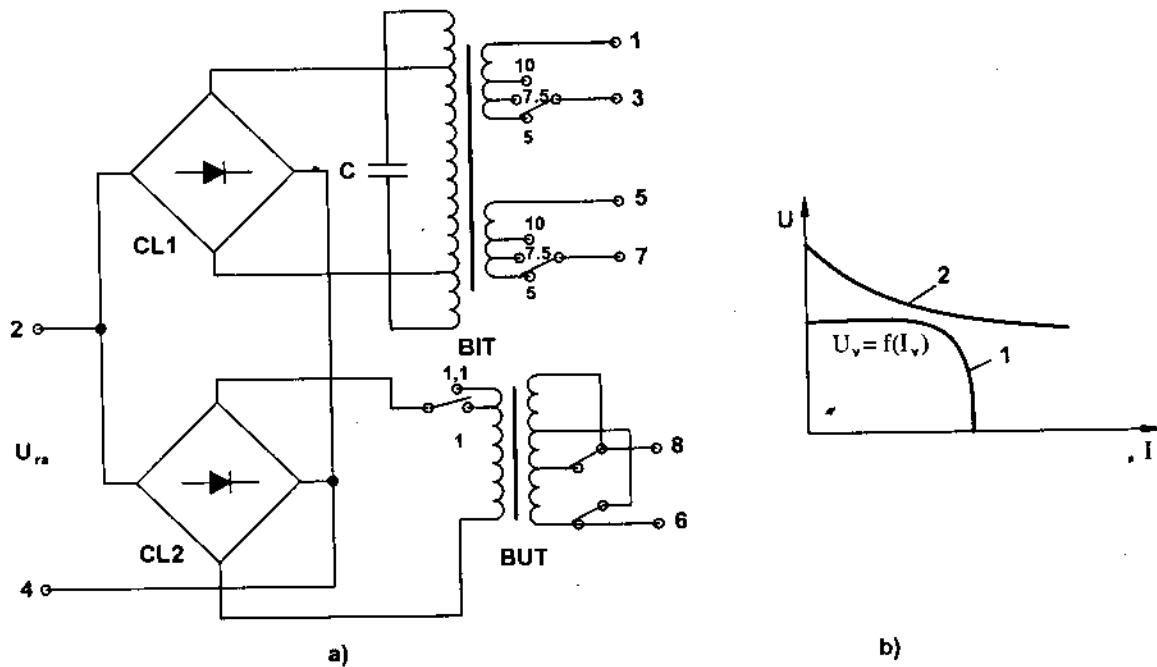
Hình 2.1. Sơ đồ nguồn thao tác chỉnh lưu K – khởi động từ ; RN – rơle nhiệt ; CL –chỉnh lưu

Để tạo nguồn thao tác riêng ở trạm biến áp trung gian người ta còn sử dụng bộ nguồn dòng lấy từ máy biến dòng trung gian BIT và bộ nguồn áp lấy từ máy biến điện áp BU. Bộ nguồn này có thể làm việc độc lập hoặc kết hợp lại với nhau tạo nên bộ nguồn tổng hợp. Các bộ nguồn tổng hợp do Cộng hoà Liên bang Nga chế tạo có ký hiệu BΠ-10, BΠ-100 và BΠ-1000... là những bộ nguồn được sử dụng khá nhiều trong các mạng điện.

Bộ nguồn tổng hợp BΠ là thiết bị kết hợp của 2 phần tử nguồn dòng và nguồn áp, được giới thiệu trên hình 2.2. Trong sơ đồ phần tử tạo nguồn dòng gồm chỉnh lưu CL1 và máy biến dòng trung gian BIT nối vào mạch thứ cấp máy biến dòng BI. Trong điều kiện vận hành, khi xảy ra ngắn mạch, dòng điện từ máy biến dòng BI chính có thể dao động trong giới hạn rộng. Để hạn chế điện áp trên chỉnh lưu CL1 và ổn định điện áp ra, máy biến dòng trung gian BIT được chế tạo với lõi thép bão hòa từ và cuộn thứ cấp được nối

song song với tụ điện C. Điện dung C kết hợp với mạch từ phi tuyến của BIT tạo nên sự cộng hưởng sắt từ làm ổn định điện áp.

Ngoài ra điện dung C còn bù lại thành phần dòng điện phản kháng do dòng từ hóa của BIT, nên công suất tiêu thụ từ BI chính sẽ giảm. Cuộn sơ cấp của BIT được nối theo sơ đồ hiệu hai dòng pha, nó có hai nửa cuộn dây mắc nối tiếp hoặc độc lập với nhau. Các đầu ra của cuộn sơ cấp được điều chỉnh theo các nấc : 5 ; 7,5 và 10 A. Phần tử áp gồm chỉnh lưu CL<sub>2</sub>, máy biến áp trung gian (BUT) có hai nửa cuộn dây, có thể cung cấp điện áp vào 110 V nếu mắc song song và điện áp 220 V nếu mắc nối tiếp.



Hình 2.2. Sơ đồ bộ nguồn thao tác tổng hợp

a) Sơ đồ nguyên lý ; b) Đặc tính V-A của bộ nguồn :

- 1- Quan hệ phụ thuộc giữa điện áp vào dòng điện đầu vào ;
- 2 - Sự phụ thuộc  $U = f(I)$  ở chế độ sự cố ngắn mạch

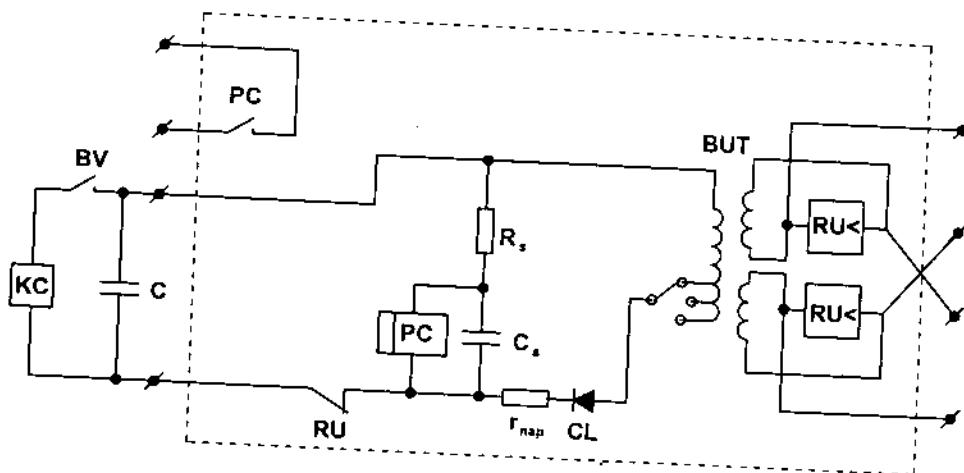
Trên hình 2.2.b giới thiệu các đặc tính của bộ nguồn BΠ-10, đường cong 1 thể hiện thông số đầu vào :  $U = f(I_V)$ , còn các đường cong 2 thể hiện tương quan giữa  $U$  và  $I$  theo các chế độ sự cố,  $U = f(I_k)$  đưa đến bộ nguồn. Vì điện áp ra của chỉnh lưu tỷ lệ với cả dòng và áp, nên khi có ngắn mạch với dòng điện lớn và điện áp thấp điện áp ra sẽ có giá trị gần như ổn định. Còn ở chế độ không bình thường khác, khi điểm ngắn mạch ở xa nguồn, dòng nhỏ nhưng sụt áp không đáng kể, nên điện áp đầu ra chủ yếu do phần tử áp tạo nên. Nhờ đó bộ nguồn tổng hợp làm việc tin cậy với mọi chế độ. Mức độ tin cậy của bộ nguồn cung cấp cho mạch thao tác được kiểm tra theo từng trường hợp cụ thể dựa vào các đặc tính của chúng, đặc biệt là các tham số :

$U_V$  – điện áp đưa đến đầu vào của bộ nguồn

$I_V$  – dòng vào cuộn dây của phần tử dòng

## 2.4. NGUỒN THAO TÁC BẰNG TỰ TÍCH ĐIỆN

Sơ đồ nguyên lý của mạch thao tác bằng tụ điện được thể hiện trên hình 2.3. Việc tích điện cho tụ thường dùng dòng chỉnh lưu lấy từ máy biến điện áp trung gian BUT hoặc máy biến áp như cầu riêng NCR. Bộ tụ điện được đặt gần thanh cái trạm biến áp hay ngay tại thiết bị cần bảo vệ.



Hình 2.3. Sơ đồ bộ nguồn thao tác bằng tay

### *Nguyên lý hoạt động*

Khi có sự cố, tiếp điểm bảo vệ (BV) tác động đóng tiếp điểm BV, tụ điện C được nối tắt với cuộn cắt KC, năng lượng của tụ điện C cung cấp cho cuộn cắt KC làm máy cắt được mở ra. Điện năng nạp của tụ điện C được tính theo biểu thức :

$$A = \frac{C \cdot U_C^2}{2} \cdot 10^{-6} \text{ W.s} \quad (2.1)$$

Trong đó : C – điện dung của tụ điện  $\mu F$

$U_c$  – điện áp đặt lên tụ

Năng lượng này được xác định dựa vào công suất tiêu thụ cần thiết của cuộn cắt ở bộ truyền động máy cắt có tính đến hao tổn trong các khâu trung gian và khả năng tự chưa được tích đầy. Dung lượng cần thiết của tụ C được xác định theo biểu thức:

$$C = \frac{2A}{U_e^2} \cdot k_{tc} \cdot k_{\Delta} \cdot 10^{-6} \mu F; \quad (2.2)$$

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy, thường lấy bằng 1,4.

$k_\Delta$  – hệ số tính đến hao tổn trong mạch, có thể là 1,2 – 1,4;

Đặc điểm làm việc của tụ là xung điện áp, nên muốn cho tụ làm việc tin cậy, thời gian phóng của xung điện áp phải lớn hơn thời gian tác động của bộ truyền động của máy cắt  $t_x > t_{MC}$  và dòng phóng điện cũng phải lớn hơn dòng khởi động cuộn cắt. Cuộn sợi cần

của máy biến áp trung gian BUT có 2 ngăn để có thể lấy điện 110 hoặc 220 V, điện áp cuộn thứ cấp có giá trị khoảng 280 V và điện áp chỉnh lưu có giá trị khoảng 400 V.

Để loại trừ khả năng phóng điện ngược trở lại qua điện trở nạp của chỉnh lưu, người ta bố trí các role điện áp cực tiểu  $RU_{<}$ . Khi điện áp giảm đến  $70 \div 80\%$  giá trị điện áp định mức thì role điện áp sẽ tác động mở tiếp điểm  $RU_{<}$  trong mạch, ngăn chặn sự phóng điện ngược. Một role phân cực PC được bố trí để đưa tín hiệu về tình trạng của các phân tử. Ở chế độ bình thường, khi điện áp của tụ đủ lớn, role phân cực PC giữ tiếp điểm ở trạng thái mở, khi tụ bị hỏng hoặc diod bị chọc thủng, thì role PC sẽ không làm việc, trả tiếp điểm về trạng thái đóng gửi tín hiệu về tình trạng của tụ. Tụ shun  $C_s$  có nhiệm vụ chống rung do ảnh hưởng của xung điện áp chỉnh lưu. Nguồn thao tác bằng tụ có ưu điểm đảm bảo cung cấp cho mạch thao tác tín hiệu mà không phụ thuộc vào nguồn điện chính nhờ điện năng được tích sẵn ở chế độ bình thường.

## 2.5. NGUỒN THAO TÁC MỘT CHIỀU

Nguồn thao tác một chiều chính là nguồn acc quy với điện áp 24 ; 48 ; 110 hay 220 V. Đây là nguồn điện độc lập hoàn toàn, không phụ thuộc vào tình trạng của mạng điện chính. Trong một số trường hợp, nguồn một chiều có thể được lấy từ đầu ra của máy kích từ của máy phát.

### 2.5.1. Đặc tính của các acc quy

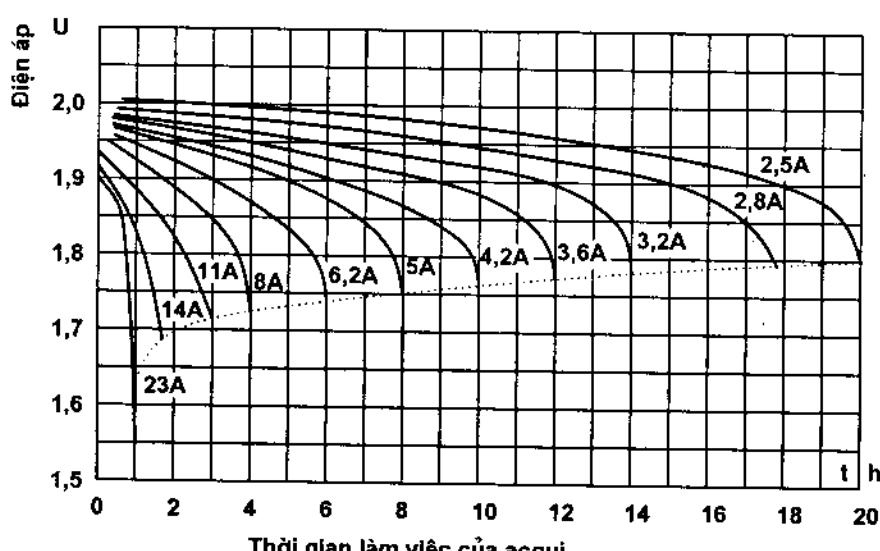
Sức điện động (sđđ) của acc quy axit-chì phụ thuộc vào tỷ trọng của dung dịch điện phân, có thể xác định theo biểu thức thực nghiệm

$$E = 0,84 + \alpha ; \quad (2.3)$$

Trong đó :  $\alpha$  – tỷ trọng của dung dịch, đối với acc quy axit-chì  $\alpha = 1,2 \div 1,21$

Nên  $E = 0,84 + 1,21 = 2,05V$ .

Khi nối tiếp các ngăn acc quy ta sẽ có điện áp cần thiết.



Hình 2. 4. Đặc tính phóng điện của acc quy axit-chì với các dòng điện phóng khác nhau

Trong quá trình phóng điện nồng độ của dung dịch điện phân giảm nên sđđ cũng giảm theo. Khi acc quy phóng điện, mức độ giảm áp phụ thuộc vào dòng điện phóng. Trên hình 2.4 biểu thị đặc tính phóng điện của acc quy axit-chì. Dòng điện phóng càng lớn thì điện áp cho phép nhỏ nhất càng thấp. Đường cong chấm chấm trên hình vẽ là đường giới hạn cho phép của điện áp.

### 2.5.2. Số đếm

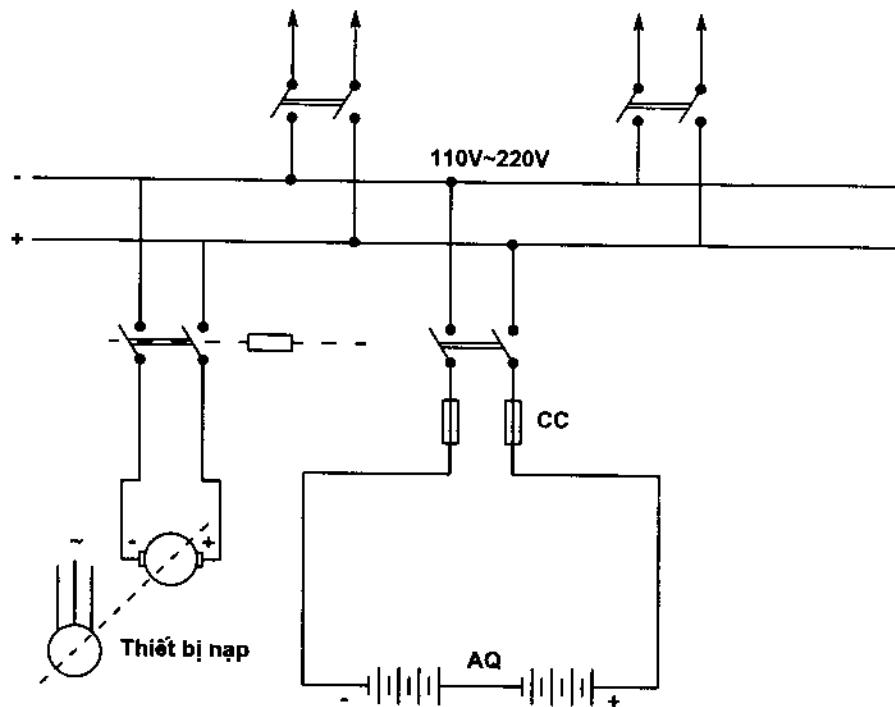
Đối với *accquy* có hai phương pháp làm việc : *Phóng – nạp* và *nạp thường xuyên*

a) Phương pháp phóng nạm

Trong sơ đồ này hệ thống accquy được nối vào thanh cái chung và được tích điện nhờ hệ thống nạp điện, sau đó nó được cắt ra và các thiết bị dùng điện được cung cấp chỉ từ hệ thống accquy. Sau khi hệ thống accquy phóng điện đến giới hạn nào đó, hệ thống nạp lại tự động đóng vào thanh cái một chiều. Lúc này hệ thống nạp sẽ mang toàn bộ tải một chiều và hệ thống accquy.

**b) Phương pháp nạp thường xuyên**

Trong sơ đồ phỏng nạp thường xuyên hệ thống accquy AQ và thiết bị nạp cùng nối vào hệ thanh cái một chiêu (hình 2.5). Hệ thống nạp điện trong trường hợp này phải làm việc với toàn bộ tải một chiêu đồng thời tích điện cho hệ thống accquy.



**Hình 2.5.** Sơ đồ thao tác một chiều làm việc theo phương pháp nạp điện liên tục

Khi mất nguồn điện chính, thiết bị nạp mới dừng và hệ thống accquy sẽ cung cấp cho phụ tải một chiều. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi trong thực tế. Để cho hệ thống accquy luôn được nạp đầy, điện áp đưa đến phải ổn định. Ưu điểm của accquy làm việc ở

chế độ tích điện thường xuyên là nó liên tục ở trạng thái được nạp và trong bất kỳ thời điểm nào cũng có thể mang tải khi có sự cố ở nguồn điện chính, ngoài ra tuổi thọ của acc quy lâu hơn so với trường hợp phóng nạp. Nhưng có nhược điểm nếu không theo dõi kịp điện áp trên acc quy và dòng nạp bù mà acc quy có thể bị sunphát hoá, mặc dù nó vẫn được nạp liên tục. Ở những trạm biến áp công suất nhỏ, nguồn một chiều chủ yếu cung cấp cho mạch thao tác bảo vệ mà không dùng cho các bộ truyền động máy cắt, nên cần dùng hai bộ acc quy 24V hay 48V, một bộ ở chế độ nạp thông qua chỉnh lưu xelen.

### 2.5.3. Cách chọn acc quy

Dựa vào tính chất của phụ tải một chiều. Đối với tải một chiều có thể phân ra làm hai loại :

\* Thụ điện làm việc liên tục : như role mạch bảo vệ, hệ thống tự động, thiết bị bảo vệ trên bảng điều khiển trung tâm, chỉ thị trạng thái máy cắt, dao cách ly...

\* Thụ điện làm việc theo chu kỳ và thời gian ngắn : như rơ le một chiều dùng điều khiển, mạch tự động và bảo vệ, truyền động cho máy cắt.

\* Thụ điện bình thường dùng nguồn xoay chiều, chỉ khi có sự cố ở trạm mới chuyển sang nguồn một chiều : như đèn chiếu sáng sự cố, động cơ dự phòng một chiều.

Thụ điện một chiều phân nhóm không chỉ theo chế độ làm việc mà còn dựa vào mức độ dao động điện áp cho phép, trong trường hợp này các thụ điện một chiều được phân ra làm nhóm :

\* Máy móc điều khiển, bảo vệ cho phép làm việc với độ lệch điện áp lớn hơn so với giá trị định mức, như role điện tử, dụng cụ báo hiệu cho phép giảm áp còn  $0,8U_n$ . Đối với cuộn cảm của máy cắt cho phép dao động từ  $(0,65 \div 1,20)U_n$ .

\* Cơ cấu đóng của bộ truyền động bằng điện từ cho phép dao động từ  $(0,85 \div 1,2)U_n$ .

\* Đèn báo hiệu đủ độ sáng, cho phép sụt áp  $20\% \div 25\%$

\* Đèn chiếu sáng sự cố, động cơ một chiều cho phép sụt áp còn  $(0,95 \div 1,05)U$ .

Khi chọn acc quy cần chú ý công suất phụ tải và vị trí đặt acc quy. Đại lượng dùng để chọn acc quy là Ah (Ampe giờ) khi dòng phóng điện kéo dài dòng điện cực đại trong thời gian ngắn. Dung lượng này còn phải tính đến tính chất làm việc của acc quy nối thường xuyên vào thanh cáp một chiều hay chỉ nối vào khi có sự cố, trường hợp này có thể giảm bớt thụ điện.

Dung lượng acc quy có thể xác định :

$$Q_u = (I_1 + I_2).t_2 + I'_2 t'_2 \quad (2.4)$$

Trong đó :  $I_1$  dòng tải ổn định

$I_2$  dòng tải khi sự cố

$I'_2$  dòng tải tạm thời khi sự cố trong thời gian  $t'_2$

$t_2$  thời gian kéo dài sự cố

Dòng phóng điện trong thời gian ngắn khi sự cố

$$I_{pn} = I_{pd} + I_{mc} \quad (2.5)$$

Dòng phóng điện dài hạn :

$$I_{pd} = I_1 + I_2 \quad (2.6)$$

$I_{mc}$  – dòng tiêu thụ bộ truyền động máy cắt

Thời gian sự cố cho phép ở nhà máy nhiệt điện là một giờ, còn ở thuỷ điện 0,5 giờ, ở những trạm độc lập 2 giờ.

#### *Lắp đặt và bảo quản acc quy*

Hệ thống acc quy được đặt trong môi trường đặc biệt, cách ly với nơi sản xuất và các công trình dịch vụ khác. Môi trường nơi đặt acc quy luôn luôn thông gió, nhiệt độ giới hạn là  $12 \div 25^{\circ}\text{C}$ . Khi nhiệt độ cao sẽ dễ làm cho acc quy tự phóng điện còn khi nhiệt độ quá thấp dung lượng nó giảm. Không khí ở gian nhà đặt acc quy phải luôn được thay đổi từ  $5 \div 6$  lần trong một giờ. Acc quy được đặt theo từng dãy, khoảng cách giữa các dãy cách nhau không dưới 1m nếu điện áp ở các acc quy là 80V, còn điện áp cao hơn là 1,5m.

## 2.6. ĐÁNH GIÁ VÀ SO SÁNH CÁC NGUỒN THAO TÁC

Trong tất cả các nguồn thao tác đã trình bày ở trên có thể thấy rõ là nguồn thao tác một chiều bằng acc quy có độ tin cậy cao nhất. Tuy nhiên, ngoài giá thành cao, nguồn acc quy còn cần phải kèm theo hệ thống nạp điện và phải tuân thủ những yêu cầu nghiêm ngặt về lắp đặt và vận hành.

Nguồn thao tác xoay chiều tuy đảm bảo hoạt động tin cậy theo các sơ đồ bảo vệ role cũng như dùng điều khiển từ xa và có giá thành rẻ, nhưng phụ thuộc nhiều vào mức điện áp và tình trạng kỹ thuật của mạng điện chính. Với những lý do trên, đối với các trạm điện công suất lớn, nguồn thao tác một chiều và acc quy được sử dụng có hiệu quả hơn, còn ở các trạm điện công suất bé, nguồn thao tác xoay chiều tỏ ra có ưu thế về kinh tế hơn.

## Tóm tắt chương 2

### *Các phương pháp cung cấp cho mạch nguồn thao tác*

- Dùng dòng xoay chiều lấy trực tiếp từ nguồn dòng
- Dùng dòng chỉnh lưu lấy từ BI, máy biến dòng BU và máy biến áp nhu cầu riêng
- Dùng dòng đo năng lượng của tụ điện.
- Dùng dòng một chiều lấy từ acc quy.

### *Nguồn thao tác xoay chiều*

Nguồn thao tác xoay chiều được lấy từ các máy biến dòng BI, biến áp đo lường BU và máy biến áp nhu cầu riêng.

### *Nguồn thao tác chỉnh lưu*

Thiết bị chỉnh lưu thường được sử dụng nhiều là loại selen và silic.

Bộ nguồn tổng hợp BII là thiết bị kết hợp của 2 phần tử nguồn dòng và nguồn áp : nguồn dòng gồm chỉnh lưu và máy biến dòng trung gian BIT nối vào mạch thứ cấp máy biến dòng BI.

Phần tử áp gồm chỉnh lưu và máy biến áp trung gian (BUT)

### *Nguồn thao tác bằng tụ tích điện*

Việc tích điện cho tụ thường dùng dòng chỉnh lưu lấy từ máy biến điện áp trung gian BUT hay máy biến áp nhu cầu riêng NCR. Điện dung cần thiết của tụ C được xác định theo biểu thức :

$$C = \frac{2A}{U_c^2} \cdot k_{tc} \cdot k_{\Delta} \cdot 10^{-6} \mu F ;$$

### *Nguồn thao tác một chiều*

Nguồn thao tác một chiều chính là nguồn acc quy với điện áp 24 ; 48 ; 110 hay 220 V. Sức điện động của acc quy axit-chì có thể xác định theo biểu thức

$$E = 0,84 + \alpha ;$$

Dung lượng acc quy có thể xác định :

$$Q_{tt} = (I_1 + I_2) \cdot t_2 + I_2' \cdot t_2'$$

Hai phương thức làm việc của sơ đồ thao tác một chiều là : Phóng – nạp và nạp thường xuyên

## **Câu hỏi ôn tập**

1. Hãy trình bày các phương pháp cung cấp nguồn thao tác, yêu cầu cơ bản đối với nguồn thao tác
2. Hãy trình bày nguồn thao tác xoay chiều
3. Hãy trình bày nguồn thao tác chỉnh lưu
4. Hãy trình bày nguồn thao tác bằng tụ
5. Hãy trình bày nguồn thao tác một chiều
6. Hãy so sánh các nguồn thao tác cơ bản

### Chương 3

## ROLE VÀ MÁY BIẾN ĐỔI ĐO LƯỜNG

### 3.1. ĐẠI CƯƠNG

Toàn bộ role có thể được phân thành ba nhóm chính : role điện từ ; role tinh (dùng linh kiện bán dẫn) và role kỹ thuật số (thường gọi tắt là role số). Ngoài cách phân loại theo công nghệ chế tạo còn phân loại role theo nguyên lý làm việc : điện từ, cảm ứng, điện động... Theo đại lượng đầu vào : dòng điện, điện áp, công suất, tần số... Theo chức năng trong sơ đồ bảo vệ : do lường, trung gian, thời gian, báo hiệu... Nhóm role điện từ và role tinh thuộc loại role thế hệ cũ. Role điện từ được chế tạo và sử dụng vào cuối thế kỷ 19 chủ yếu cho ngành điện tín. Trong ngành điện lực role mới chỉ xuất hiện vào đầu thế kỷ XX. Cùng với sự phát triển của các ngành điện tử, role tinh dùng linh kiện bán dẫn xuất hiện vào những năm 1960. Role kỹ thuật số bắt đầu được sử dụng ở các nước tiên tiến vào những năm 80 và hiện nay đang ngày càng được áp dụng rất rộng rãi, tuy nhiên lượng role điện từ, role tinh vẫn còn sử dụng khá nhiều trong hệ thống điện và chúng sẽ vẫn còn chiếm lĩnh trong một thời gian dài nữa.

### 3.2. ROLE ĐIỆN TỪ (electromagnetic relay)

#### 3.2.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của role điện từ

Role điện từ làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, chúng được chế tạo với hai nhóm cơ bản là role sơ cấp (nối trực tiếp vào mạch sơ cấp) và role thứ cấp (mắc gián tiếp thông qua máy biến đổi đo lường BI và BU). Role thứ cấp được phân ra hai loại : role thứ cấp tác động trực tiếp và role thứ cấp tác động gián tiếp.

Role sơ cấp được chế tạo theo cấp điện áp của đối tượng được bảo vệ, có độ ổn định nhiệt và ổn định động theo giá trị của dòng ngắn mạch phía sơ cấp. Loại role này được sử dụng rộng rãi ở lưới cao áp đến 10 kV. Role thứ cấp được chế tạo không phụ thuộc vào điện áp sơ cấp. Role có thể tác động trực tiếp với lực lớn để giải phóng chốt hãm hoặc tác động gián tiếp bằng cách đóng tiếp điểm để đưa nguồn thao tác vào cuộn cắt của máy cắt. Sau khi máy cắt tác động, sẽ không còn dòng điện lớn đi vào role nữa, lúc đó role lại trở về trạng thái ban đầu và tiếp điểm của nó được mở ra. Role tác động gián tiếp không yêu cầu lực lớn nên có độ chính xác cao và tiêu thụ công suất ít hơn so với role tác động trực tiếp. Nhìn chung các role điện từ có cấu tạo gồm các cơ cấu chính sau :

- Cơ cấu cảm biến : nhận tín hiệu về trạng thái của các đối tượng bảo vệ ;

- Cơ cấu phản ứng theo sự thay đổi của các đại lượng vào như dòng đi qua phần tử bảo vệ hay điện áp tại đầu cực.
- Cơ cấu thực hiện (phân logic) làm thay đổi dòng hay áp trong mạch điều khiển bằng cách đóng, mở tiếp điểm.
- Cơ cấu điều chỉnh dùng để thay đổi thông số khởi động của role.
- Cơ cấu làm trễ có nhiệm vụ làm cho role tác động chậm lại sau khi có tín hiệu vào.

Trên hình 3.1 biểu thị sơ đồ nguyên lý mạch điện từ dùng trong một số loại role. Cấu tạo của role gồm mạch từ 1, phần ứng 2, hệ thống tiếp điểm 3 và lò xo 4. Dòng điện chạy qua cuộn dây của role  $I_R$  sẽ sinh ra một từ thông  $\phi$  chạy trong mạch từ, khép kín qua khe hở không khí và phần ứng. Từ thông này sẽ sinh ra một lực điện từ làm cho phần ứng chuyển động. Khi phần ứng chuyển động dưới tác dụng của lực điện từ sẽ làm cho các tiếp điểm được đóng lại. Mỗi quan hệ giữa từ thông và dòng điện chạy trong cuộn dây được thể hiện bởi biểu thức

$$\phi = \frac{I_R \cdot \omega}{R_{mt}} \quad (3.1)$$

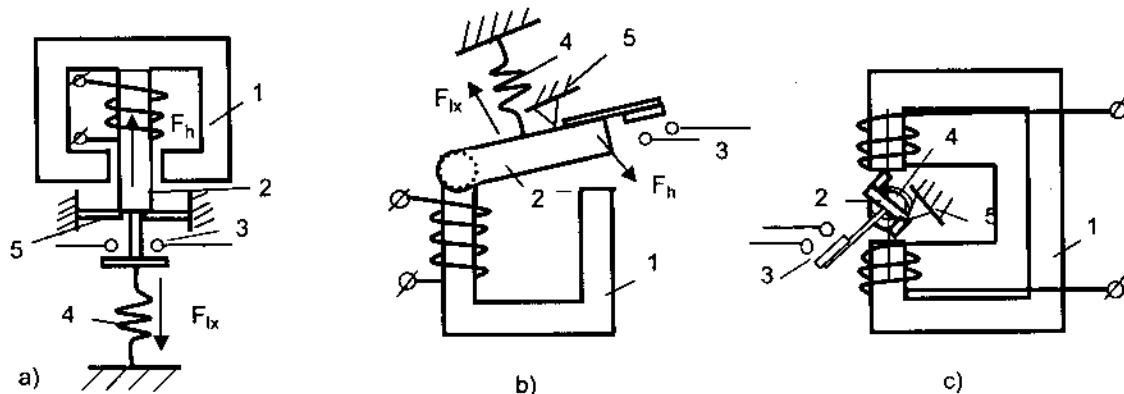
Trong đó :  $I_R$  – dòng điện chạy trong cuộn dây của role

$R_{mt}$  – từ trở của mạch từ khép kín qua khe hở không khí ;

$\omega$  – số vòng của cuộn dây role.

Lực điện từ do từ thông sinh ra được xác định theo biểu thức

$$F_M = k_1 \cdot \phi^2 = k_1 \frac{\omega^2}{R_{mt}^2} I_R^2 \quad (3.2)$$



Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý mạch điện từ dùng trong các role

a) dạng xôlenoid ; b) dạng lưỡi ; c) dạng quay :

1- mạch từ ; 2- phần ứng ; 3- tiếp điểm ; 4- lò so ; 5- trụ đỡ

**Cơ cấu điều chỉnh :** Các đại lượng khởi động của role có thể điều chỉnh bằng cách :

- Thay đổi số vòng dây  $\omega$  ;
- Thay đổi khe hở không khí giữa phần mạch từ và phần động ;
- Thay đổi sức căng của lò xo

**Điều chỉnh thời gian tác động của role**

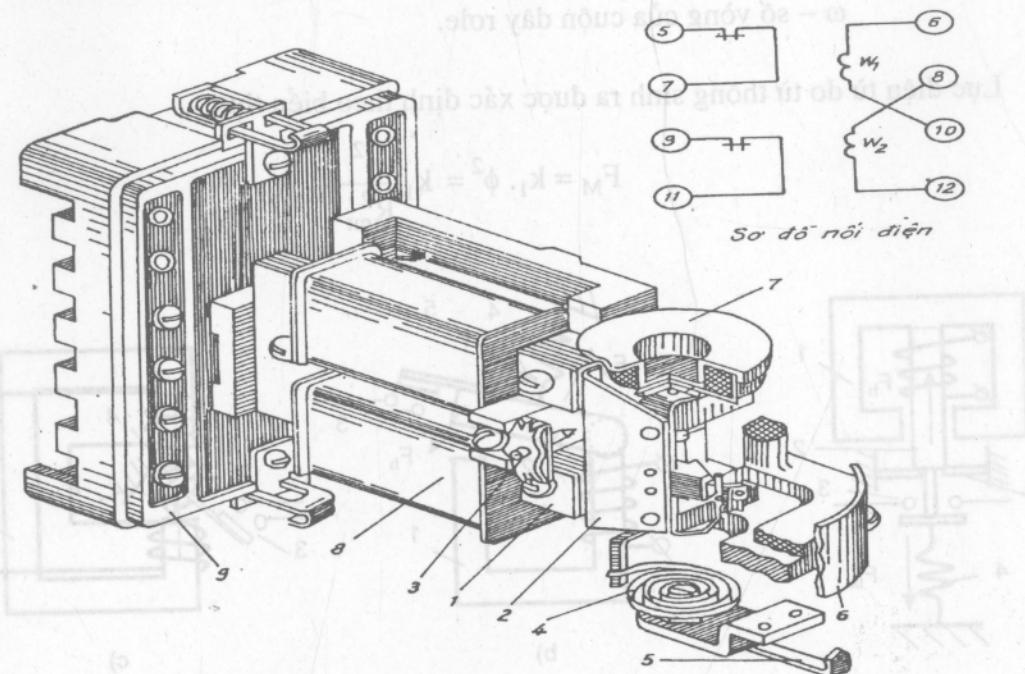
Thời gian tác động của role bao gồm thời gian gia tăng của dòng điện đến giá trị khởi động  $t_l$  và thời gian chuyển động của phần ứng  $t_{cd}$

$$t_R = t_l + t_{cd}$$

Thời gian gia tăng của dòng điện phụ thuộc vào hằng số thời gian của cuộn dây mà được xác định bởi tỷ số giữa điện cảm và điện trở của cuộn dây role  $T_R = \frac{L_R}{r_R}$  và giá trị

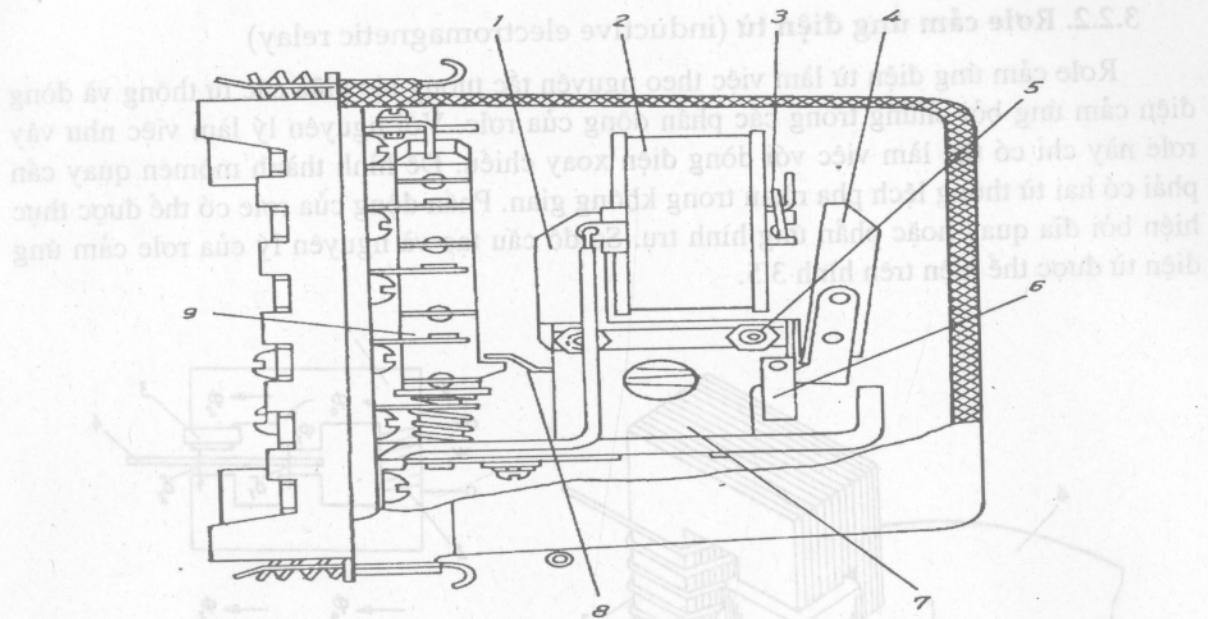
của dòng điện khởi động. Về phần mình đại lượng này lại phụ thuộc vào lực kéo của lò xo. Để tăng tốc độ tác động của role cần giảm hằng số thời gian  $T_R$ , giảm lực kéo của lò xo và tăng tỷ số giữa dòng điện vào role và dòng khởi động  $I_R/I_{kd}$

Trên hình 3.2 ÷ 3.4 dưới đây giới thiệu cấu tạo của một số dạng role điện từ thông dụng trong hệ thống điện của nước ta.



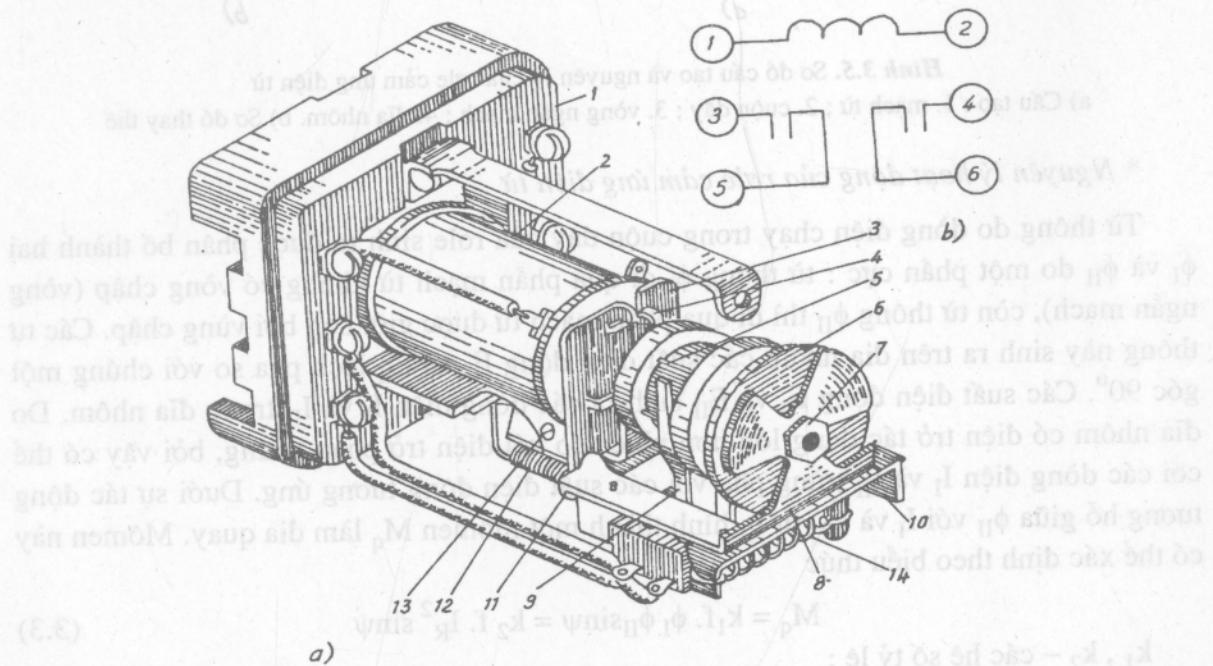
**Hình 3.2.** Role dòng điện cực đại loại PT-40

1. lõi thép ; 2. phần ứng ; 3. chốt hãm ; 4. lò xo ; 5. kim chỉ thị ; 6. bảng số chỉ thị ;
7. hộp cảm ứng ; 8. cuộn dây ; 9. đế nhựa



Hình 3.3. Rơle trung gian loại РП-25

1. mạch từ ; 2. cuộn dây ; 3. vòng chống rung ; 4. phần ứng ; 5. bulông định vị lõi thép ;  
6. lò xo lá ; 7. giá đỡ nam châm điện ; 8. cánh tay dòn truyền động ; 9. giá tiếp điểm động

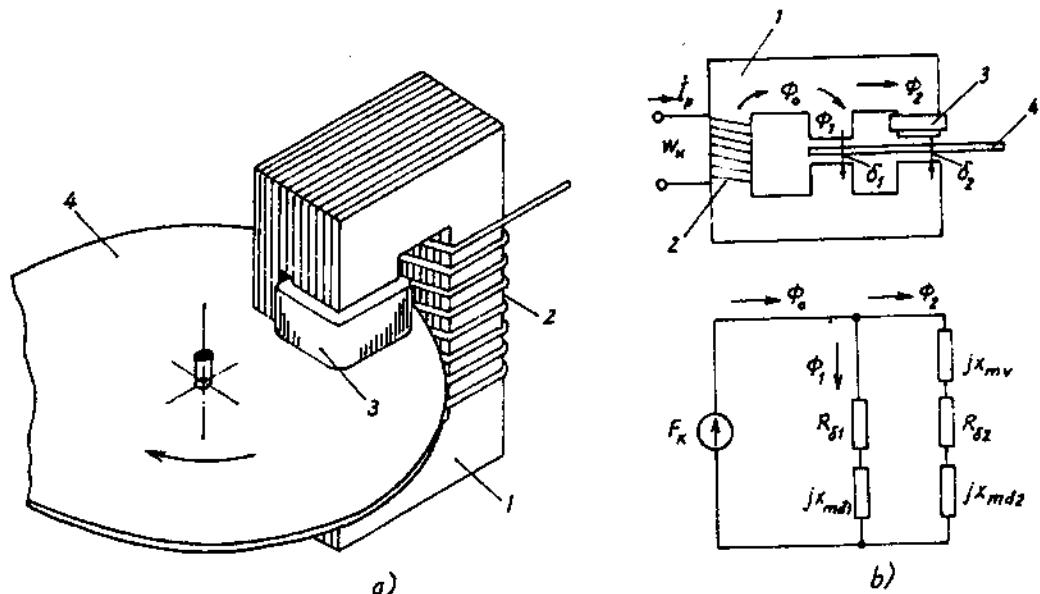


Hình 3.4. Rơle tín hiệu РУ

1. đế ; 2. cuộn dây ; 3. nắp hút ; 4. chốt giữ cờ ; 5. tiếp điểm động ; 6. cờ hình tròn ; 7. trục quay ;  
8. tấm chắn ; 9. tiếp điểm tĩnh ; 10. thanh phục hồi ; 11. lò xo nhả ; 12. lò xo phục hồi

### 3.2.2. Rôle cảm ứng điện từ (inductive electromagnetic relay)

Rôle cảm ứng điện từ làm việc theo nguyên tắc tương tác giữa các từ thông và dòng điện cảm ứng bởi chúng trong các phần động của rôle. Với nguyên lý làm việc như vậy rôle này chỉ có thể làm việc với dòng điện xoay chiều. Để hình thành mômen quay cần phải có hai từ thông lệch pha nhau trong không gian. Phản ứng của rôle có thể được thực hiện bởi đĩa quay hoặc phản ứng hình trụ. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý của rôle cảm ứng điện từ được thể hiện trên hình 3.5.



Hình 3.5. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý của rôle cảm ứng điện từ

a) Cấu tạo : 1. mảnh từ ; 2. cuộn dây ; 3. vòng ngắn mạch ; 4. đĩa nhôm. b) Sơ đồ thay thế

#### \* Nguyên lý hoạt động của rôle cảm ứng điện từ

Từ thông do dòng điện chạy trong cuộn dây của rôle sinh ra được phân bố thành hai  $\phi_1$  và  $\phi_{II}$  do một phần cực : từ thông  $\phi_1$  đi qua phần mảnh từ không có vòng chập (vòng ngắn mạch), còn từ thông  $\phi_{II}$  thì đi qua phần mảnh từ được giới hạn bởi vòng chập. Các từ thông này sinh ra trên đĩa nhôm các suất điện động  $E_1$  và  $E_{II}$  lệch pha so với chúng một góc  $90^\circ$ . Các suất điện động  $E_1$  và  $E_{II}$  sinh ra các dòng điện  $I_1$  và  $I_{II}$  trong đĩa nhôm. Do đĩa nhôm có điện trở tác dụng lớn hơn nhiều so với điện trở phản kháng, bởi vậy có thể coi các dòng điện  $I_1$  và  $I_{II}$  trùng pha với các suất điện động tương ứng. Dưới sự tác động tương hỗ giữa  $\phi_{II}$  với  $I_1$  và  $\phi_1$  với  $I_{II}$  hình thành một mômen  $M_q$  làm đĩa quay. Mômen này có thể xác định theo biểu thức

$$M_q = k_1 f. \phi_1. \phi_{II} \sin \psi = k_2 f. I_R^2 \sin \psi \quad (3.3)$$

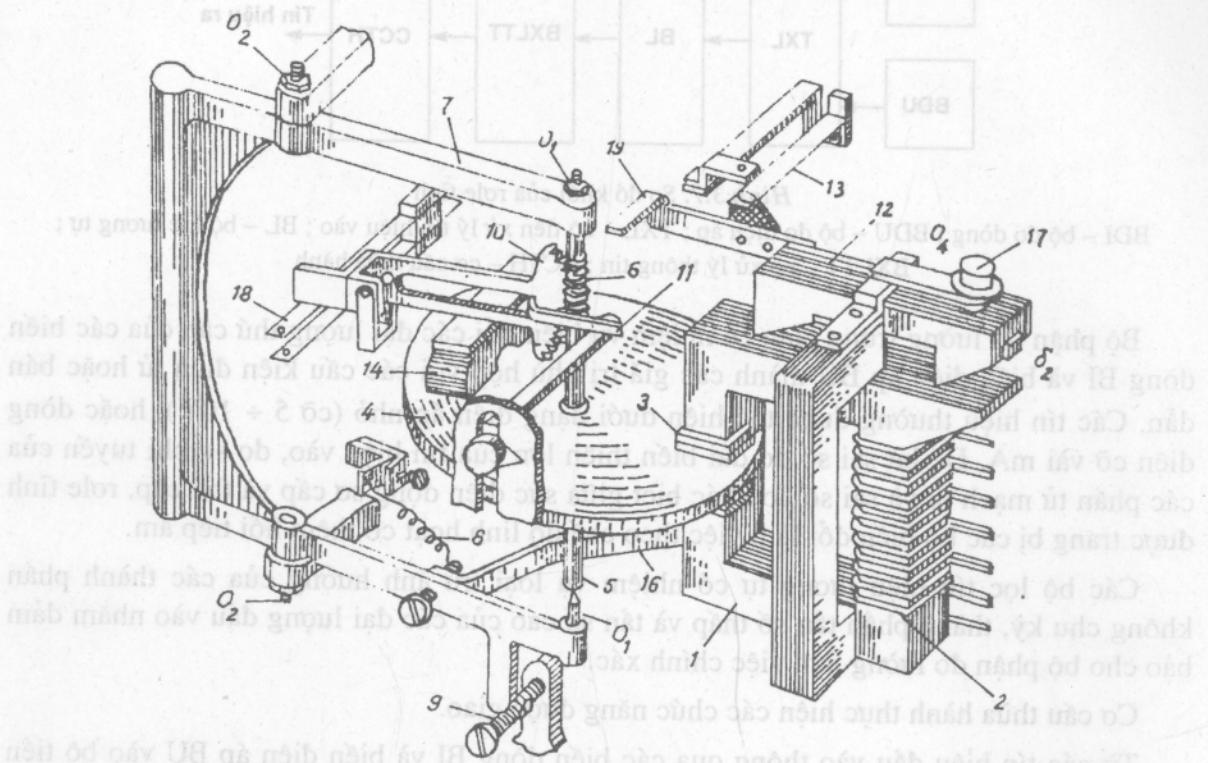
$k_1, k_2$  – các hệ số tỷ lệ ;

$f$  – tần số của dòng điện xoay chiều ;

$\psi$  – góc lệch pha giữa  $\phi_1$  và  $\phi_{II}$ .

$I_R$  – dòng điện chạy trong cuộn dây của rôle

Đại diện của role cảm ứng điện từ là role dòng điện cực đại. Cấu tạo của role này được thể hiện trên hình 3.6.



**Hình 3.6.** Sơ đồ cấu tạo role cảm ứng dòng điện cực đại

1. mạch từ ; 2. cuộn dòng ; 3. vòng ngắn mạch ; 4. đĩa nh $\Omega$  ; 5. trục quay ; 6. vit vô tận ; 7. khung nh $\Omega$  ; 8. lò xo nhả ; 9. chốt định vị ; 10. bánh răng rẽ quạt ; 11. tay đòn ngang ; 12. nắp ; 13. tiếp điểm ; 14. nam châm vĩnh cửu ; 15. vit điều chỉnh thời gian ; 16. Shun từ ; 17. vit điều chỉnh khe hở ; 18. tiếp điểm tác động tức thời ; 19. thanh truyền động.

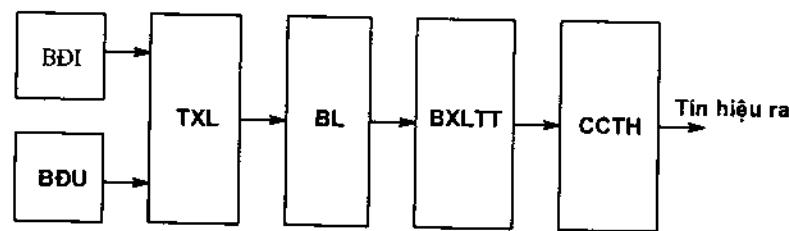
### 3.2.3. Đánh giá role điện từ

Role điện từ có ưu điểm là đơn giản, rẻ tiền, làm việc tin cậy. Tuy nhiên cũng có một số nhược điểm là tiêu thụ công suất lớn, quán tính cao, thời gian tác động chậm, có hệ thống cơ khí nên đôi khi có thể có trục trặc, tác động thiếu chính xác. Mặc dù vẫn còn được dùng rất nhiều trong hệ thống điện nhưng các loại role điện từ đang ngày càng được thay thế bởi các role hiện đại hơn. Hiện tại ở hầu hết các công trình điện quan trọng role điện từ chỉ đóng vai trò phụ trợ.

## 3.3. ROLE TĨNH (static relay)

### 3.3.1. Cấu tạo

Role tĩnh là loại role bán dẫn, không có phần động, các tín hiệu được tiếp nhận thông qua các cơ cấu đo lường và so sánh, chừng không có tiếp điểm nên làm việc rất êm dịu và nhẹ nhàng. Role tĩnh có cấu tạo gồm các bộ phận chính là : bộ phận đo lường, bộ tiền xử lý, bộ lọc, bộ xử lý thông tin và cơ cấu thừa hành (hình 3.7).



Hình 3.7. Sơ đồ khối của rơle tĩnh

BDI – bộ đo dòng ; BDU – bộ đo điện áp ; TXL – bộ tiền xử lý tín hiệu vào ; BL – bộ lọc tương tự ; BXLT – bộ xử lý thông tin ; CCTH – cơ cấu thừa hành

Bộ phận đo lường trung gian có nhiệm vụ biến đổi các đại lượng thứ cấp của các biến dòng BI và biến điện áp BU thành các giá trị phù hợp với các cấu kiện điện tử hoặc bán dẫn. Các tín hiệu thường được thể hiện dưới dạng điện áp nhỏ (cỡ  $5 \div 10V$ ), hoặc dòng điện cỡ vài mA. Để bù sai số do dải biến thiên lớn của tín hiệu vào, do sự phi tuyến của các phần tử mạch từ và sai số do khác biệt giữa sức điện động sơ cấp và thứ cấp, rơle tĩnh được trang bị các bộ biến đổi làm việc theo chế độ linh hoạt có thêm hồi tiếp âm.

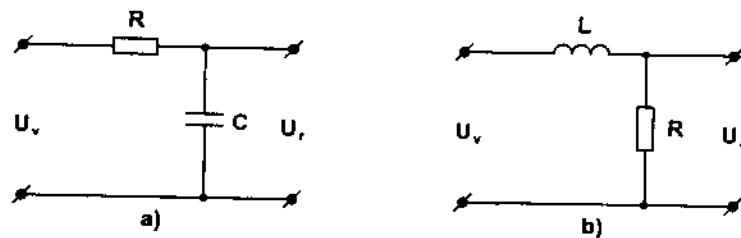
Các bộ lọc tín hiệu tương tự có nhiệm vụ loại trừ ảnh hưởng của các thành phần không chu kỳ, thành phần tần số thấp và tần số cao của các đại lượng đầu vào nhằm đảm bảo cho bộ phận đo lường làm việc chính xác.

Cơ cấu thừa hành thực hiện các chức năng được giao.

Từ các tín hiệu đầu vào thông qua các biến dòng BI và biến điện áp BU vào bộ tiền xử lý biến đổi thành những tín hiệu có công suất nhỏ hơn tiện cho việc xử lý tiếp theo. Để tăng tính linh hoạt của rơle tĩnh, các bộ biến đổi được bố trí thêm hồi tiếp âm lấy từ đầu ra để bù sai số do dải biến thiên lớn của tín hiệu vào, do sự phi tuyến của các phần tử mạch từ và sai số do sự khác biệt giữa sức điện động sơ cấp và thứ cấp.

Nhiệm vụ chính của bộ lọc tín hiệu tương tự là loại trừ ảnh hưởng của các thành phần không chu kỳ, thành phần tần số thấp và cao của các đại lượng đầu vào khi có ngắn mạch để nâng cao độ chính xác của rơle. Bộ lọc có hai loại : thụ động (gồm L, R, C) và loại hoạt tính có thêm nguồn phụ. Bộ lọc tần chỉ cho phép các tín hiệu có tần số nằm giữa tần số cắt thấp  $f_{ct}$  và tần số cắt cao  $f_{cc}$  đi qua và giữ lại các tín hiệu có tần số khác.

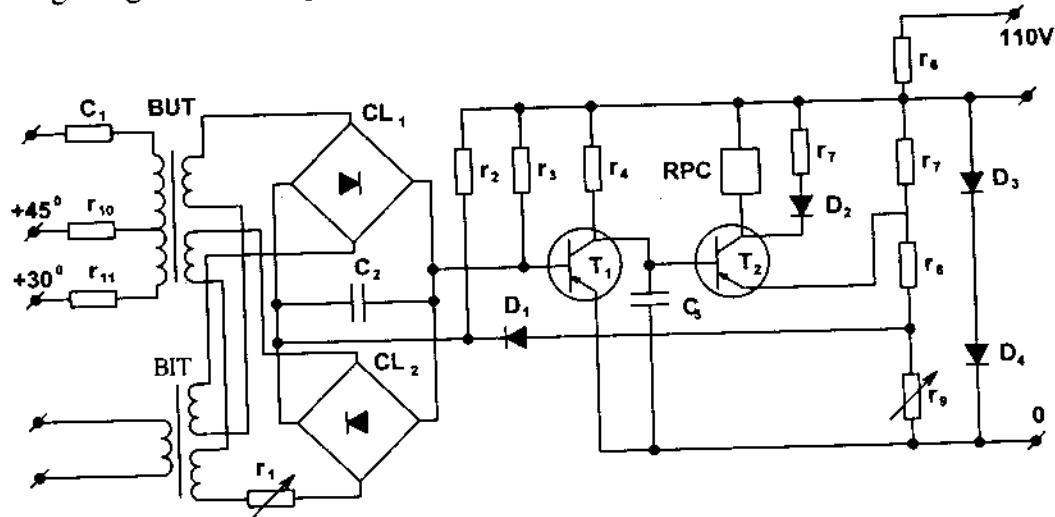
Ở rơle tĩnh, tín hiệu từ bộ đo điện áp được đưa vào bộ lọc R-C (hình 3.8.a), còn tín hiệu từ bộ đo dòng được đưa vào bộ lọc L-R (hình 3.8.b). Các giá trị R, L, C thường chọn sao cho bộ lọc cho qua tần số 50Hz.



Hình 3.8. Sơ đồ bộ lọc tín hiệu áp (a) và tín hiệu dòng (b)

### 3.3.2. Role công suất tĩnh

Sơ đồ role công suất tĩnh có cấu tạo gồm các linh kiện bán dẫn, được thể hiện trên hình 3.9. Phần tử chính của role là máy biến điện áp trung gian BUT, được lấy tín hiệu từ máy biến điện áp BU và máy biến dòng trung gian BIT, lấy tín hiệu từ máy biến dòng BI. Sơ đồ so sánh được thực hiện với hai cầu chỉnh lưu  $CL_1$ ,  $CL_2$ . Cơ cấu thực hiện là khuếch đại 2 tầng dùng tranzistor  $T_1$ ,  $T_2$  role đầu ra dùng role phân cực RPC.



Hình 3.9. Sơ đồ nguyên lý của role công suất bán dẫn

Cuộn thứ cấp của các máy biến đổi trung gian BUT và BIT được nối sao cho suât điện động của chúng tỷ lệ với tín hiệu dòng và áp vào rôle theo biểu thức

$$E_t = U_B e^{j\alpha} + K I_B \quad (3.4)$$

$$E_2 = U_p e^{j\alpha} - K I_R$$

Trong đó :  $\alpha$  – góc pha ;

K – hē số tỷ lê.

Từ câu chỉnh lưu  $CL_1$  cho  $E_2$  còn  $CL_2$  cho  $E_1$ , Khi góc  $\varphi_R$  giữa các vectơ  $U_R$  và  $I_R$  thay đổi thì  $E_1$  và  $E_2$  cũng thay đổi, điện áp ra cũng thay đổi cả đại lượng và dấu. Giá trị điện áp ra

$$U_{\infty} \equiv E_1 - E_2 \quad (3.5)$$

nếu :  $KI_B \ll U_B$  thì  $U_{ra} = 2KI_B \cos(\phi R + \alpha)$

$$KJ_p \gg U_p \quad \text{thì } U_{ra} = 2U_p \cos(\phi R + \alpha)$$

Nếu  $E_1 > E_2$  thì  $\cos(\phi R + \alpha) > 0$ , áp ra dương.

Còn nếu  $E_1 < E_2$  thì  $\cos(\varphi R + \alpha) < 0$ , áp ra âm.

Tín hiệu  $U_{ra}$  sẽ được đưa vào cực gốc và cực phát của tranzistor  $T_1$  của cơ cấu thực hiện. Khi  $U_{ra} = 1$  thì tranzistor  $T_1$  mở, điện thế giữa cực gốc và cực phát của tranzistor  $T_2$  sẽ dương nên  $T_2$  đóng, dòng từ cực góp sẽ không đi qua rôle phân cực RPC. Khi  $U_{ra}$  âm, điện thế giữa cực gốc và cực phát tranzistor  $T_1$  càng âm và  $T_1$  vẫn mở còn  $T_2$  đóng. Tức là cơ cấu thực hiện không phản ứng với tín hiệu âm.

Khi  $U_{ra}$  dương, điện thế giữa cực gốc và cực phát của tranzistor  $T_1$  cân bằng, do đó  $T_1$  sẽ đóng. Lúc đó do tụ  $C_3$  tích điện nên điện thế giữa cực gốc và cực phát của tranzistor  $T_2$  trở thành âm, do đó  $T_2$  mở, dòng điện sẽ chạy qua rôle phân cực RPC làm nó khởi động. Như vậy, cơ cấu thực hiện chỉ phản ứng khi có tín hiệu dương tức lúc hệ số  $\cos(\phi R + \alpha) > 0$ , góc  $\alpha$  có thể thay đổi theo hai giá trị  $+30^\circ, +45^\circ$  (hình 3.9).

### 3.3.3. Đánh giá rôle tĩnh

Rôle tĩnh có cấu tạo từ các linh kiện bán dẫn, có độ nhạy cảm cao. Do không có các bộ phận cơ nên rôle có quán tính nhỏ, làm việc êm dịu. So với rôle điện từ, rôle tĩnh có kích thước nhỏ gọn, tiêu tốn năng lượng ít và thời gian khởi động ngắn hơn. Tuy nhiên rôle tĩnh cũng có một số nhược điểm là chịu ảnh hưởng nhiều đối với sự thay đổi của các điều kiện môi trường xung quanh, yêu cầu cao đối với chất lượng của nguồn thao tác, đòi hỏi sự bảo quản và chăm sóc chu đáo. Hiện tại các loại rôle này cũng đang bị dần bị thay thế bởi các rôle kỹ thuật số.

## 3.4. Rôle KỸ THUẬT SỐ

Rôle kỹ thuật số (digital relay) (thường được gọi tắt là rôle số) là loại rôle được ra đời sau với sự áp dụng công nghệ kỹ thuật số (digital technology). Dạng bao quát của một số loại rôle kỹ thuật số được thể hiện trên hình 3.10. Sự ra đời của nó cho phép thực hiện cuộc cải cách lớn trong bảo vệ rôle và tự động điều khiển. Cũng như rôle tĩnh, rôle kỹ thuật số không có phần động và tiếp điểm cơ. Với sự áp dụng các công nghệ tiên tiến, rôle kỹ thuật số có thể có rất nhiều chức năng, trong tương lai loại rôle này sẽ được thay thế cho các loại rôle thế hệ cũ.



(a)

a)



b)

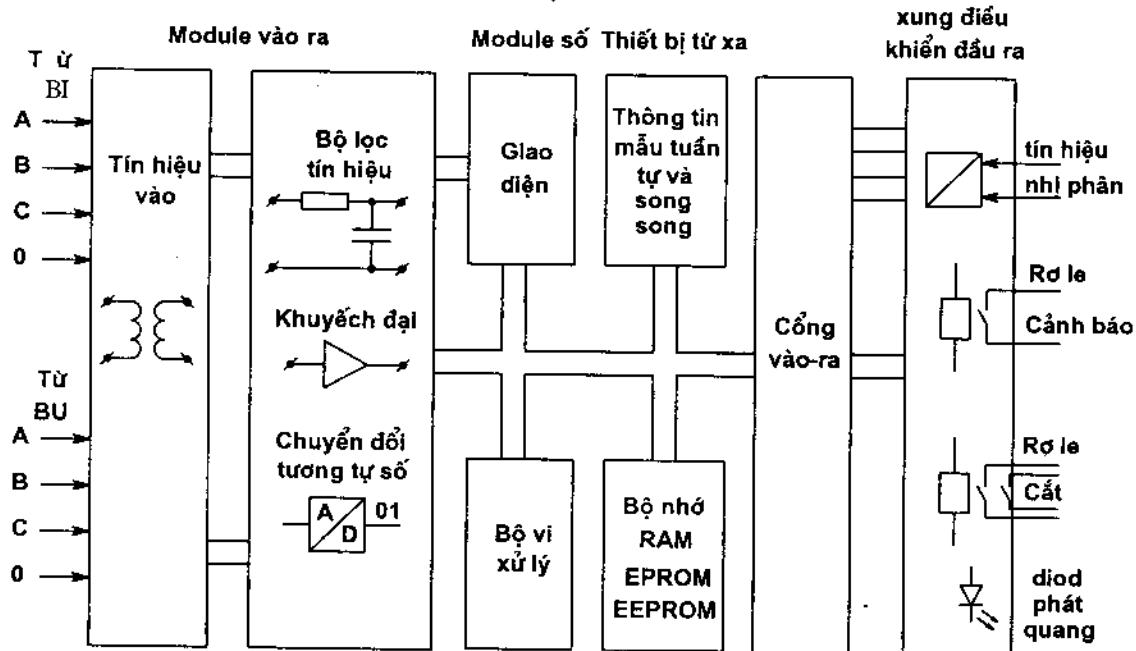
Hình 3.10. Hình dạng bao quát của rôle kỹ thuật số

- a) Rôle so lệch và quá dòng loại SEL-387A
- b) Rôle so lệch dòng điện loại SEL-587

### 3.4.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của role kỹ thuật số

Sơ đồ khối của role kỹ thuật số được thể hiện trên hình 3.11. Tín hiệu về các đối tượng bảo vệ được các role tiếp nhận qua qua hai cửa : đầu vào tương tự và đầu vào số, sau đó được đưa đến bộ bộ lọc và khuếch đại để chuyển đổi thành đại lượng phù hợp với đầu vào của bộ chuyển đổi tương tự – số. Các tín hiệu tương tự sẽ được chuyển đổi thành các giá trị số tỷ lệ với thông tin đầu vào. Đồng thời bộ vi xử lý cũng được đưa vào chế độ làm việc theo chương trình đã được lập trình sẵn trong bộ nhớ EPROM hoặc ROM. Tại đây các tín hiệu vào được so sánh với các giá trị đặt trước trong bộ nhớ EPROM. Các phép tính trung gian được lưu giữ tạm thời trong bộ nhớ RAM. Các đại lượng chỉnh định được nạp vào bộ nhớ EEPROMS để đề phòng trường hợp có thể bị mất số liệu do gián đoạn nguồn thao tác. Việc tổ chức thu thập số liệu được thực hiện tự động theo thời gian.

Để tiết kiệm bộ nhớ, số lần sự cố được lưu giữ tối đa là 10, khi vượt quá con số này thì các lần sự cố cũ nhất sẽ bị xoá đi để nhường chỗ cho sự cố mới xảy ra. Trong trường hợp xảy ra sự cố, bộ vi xử lý sẽ phát tín hiệu đến cơ cấu thửa hành để cắt mạch điện. Sự trao đổi thông tin giữa người sử dụng với role được thực hiện thông qua bàn phím và màn hình của role. Các đèn LED hoặc thông qua màn hình cho phép thể hiện các trạng thái của role. Cổng vào – ra của role cho phép kết nối role với các thiết bị ngoại vi hay với các trung tâm điều độ. Role kỹ thuật số được cung cấp bởi nguồn điện thao tác một chiều với các cấp điện áp khác nhau tuỳ thuộc vào loại role.



Hình 3.11. Sơ đồ khối của role kỹ thuật số

Các role kỹ thuật số thường có các phần mềm đi kèm cho phép chỉnh định, đặt nhiệm vụ, kiểm soát các hoạt động của role, đồng thời cũng cho phép phân tích đánh giá sự cố và tình trạng hệ thống điện nơi đặt các tsb bảo vệ. Việc cài đặt các chương trình vào Role

kỹ thuật số được thực hiện theo trình tự xác định. Để có thể truy cập, đầu tiên cần nhập mật khẩu (password hoặc passcode), sau đó nhập các dữ liệu bằng bàn phím. Các giá trị chính định thường được bố trí theo từng bộ ứng với các công dụng cụ thể của role.

\* **Tín hiệu đầu vào qua 2 cổng :**

a) *Đầu vào tương tự* : Tín hiệu từ máy biến dòng BI và máy biến điện áp BU được đưa vào role thông qua máy biến đổi trung gian giống như đầu vào của role tĩnh ; nhiệm vụ của các máy biến đổi trung gian là tạo ra các tín hiệu phù hợp cho các mạch tiếp theo và cách ly hoàn toàn với mạch sơ cấp.

b) *Đầu vào số* hay còn gọi là đầu vào trạng thái có nhiệm vụ cung cấp thông tin về trạng thái làm việc của các phần tử hệ thống điện, các thông tin này chỉ được thể hiện bởi hai giá trị 1 hoặc 0. Các thông tin đưa đến bao gồm :

– Thông tin từ các đối tượng được bảo vệ : như trạng thái của dao cách ly, máy cắt, dao tiếp đất...

– Thông tin từ các bảo vệ khác : như bảo vệ hơi của máy biến áp, các tín hiệu khoá, tín hiệu cảnh báo, tín hiệu cắt của bảo vệ cấp dưới, tín hiệu đồng bộ về phối hợp thời gian tác động giữa các bảo vệ v.v...

– Tín hiệu điều khiển từ xa của người sử dụng : như giải trừ cảnh báo, giải trừ role, điều khiển đóng, cắt máy cắt v.v... Tín hiệu đầu vào thường là tín hiệu áp lấy từ nguồn phụ một chiều. Sơ đồ mạch tín hiệu đầu vào số cũng đồng thời là bộ cách ly với mạch bên ngoài.

\* **Tín hiệu đầu ra :** Các tín hiệu đầu ra số có thể phân thành 4 nhóm.

– Nhóm các tín hiệu điều khiển : dùng tín hiệu đầu ra để đóng cắt mạch, chủ yếu là role tiếp điểm 12V có khả năng đóng mạch với dòng lớn.

– Nhóm tín hiệu cảnh báo : dùng role tiếp điểm để đóng cắt mạch tín hiệu trên bảng điều khiển hay từ xa.

– Nhóm các tín hiệu điều khiển đèn LED ở mặt trước role, thông báo các thông tin cơ bản về tình trạng làm việc của role.

– Nhóm tín hiệu trạng thái bên trong role : trong role sử dụng các thanh ghi nhận trạng thái của phần tử logic, các thông số trạng thái này có thể hiển thị trên màn hình hay truy xuất thông qua cổng tuần tự của role.

\* **Nguyên lý làm việc của giao diện vào-ra số liệu tuần tự**

Tín hiệu tuần tự sau khi đã mã hoá, được truyền đến role thông qua các kênh hữu tuyến hoặc cáp quang. Bộ phận chính của thiết bị giao diện là mạch thu phát vạn năng không đồng bộ (UART). Nhiệm vụ của giao diện là phối hợp hai thiết bị có xung không đồng bộ theo phương thức thông tin liên lạc. Các thông tin được trao đổi qua lại không kèm theo tín hiệu đồng bộ thời gian mà chỉ đánh dấu điểm đầu và điểm cuối của gói thông tin. Để thực hiện điều này người ta thường sử dụng các kiểu mã hoá khác nhau như bít mã hoá "START", "STOP" để thể hiện tín hiệu bắt đầu và kết thúc. Để hạn chế sự sai lệch trong khi truyền tín hiệu người ta thường dùng thêm bít chẵn – lẻ (PARITY) trước

bít "STOP". Có hai kiểu bít chẵn-lẻ : Nếu bít theo kiểu chẵn thì tổng các số 1 cộng với bít chẵn lẻ là số chẵn. Nếu bít thực hiện theo kiểu lẻ thì tổng các số 1 trong các bít dữ liệu cộng với bít chẵn-lẻ phải là số lẻ. Bít chẵn-lẻ do đầu phát tính toán và ghi vào cuối bít dữ liệu. Đầu thu ghi nhận dữ liệu sẽ kiểm tra bít chẵn lẻ và nếu phát hiện ra lỗi thì sẽ yêu cầu đầu phát của thiết bị ngoại vi phát lại.

#### \* Các bộ nhớ trong role kỹ thuật số

Bộ vi xử lý quản lý các bộ nhớ với các địa chỉ khác nhau trong role kỹ thuật số. Các chương trình cơ bản điều khiển sự làm việc của role nằm trong bộ nhớ ROM hay EPROM. Đối với các loại role sản xuất với số lượng lớn, chủ yếu được trang bị bộ ROM, còn role với số lượng ít thì dùng EPROM. Loại EPROM có giá thành cao hơn so với loại ROM, nhưng bù vào đó, nó lại có khả năng tự sửa chữa chương trình đã được cài đặt. Các thông số dùng chỉnh định bảo vệ và thông tin về hệ thống điện được lưu trữ trong DRAM theo kiểu CMOS (dùng nguồn riêng) hoặc trong EPROM hoặc cả hai. Các văn bản, dữ liệu và thông tin về sự cố cũng được lưu trữ trong DRAM do nó có tốc độ ghi nhớ rất nhanh. Thường đó là các thông tin về dao động điện, nhiễu loạn, lịch trình làm việc của role theo thời gian, thông tin về vị trí đặt bảo vệ.

+ ROM – bộ nhớ chỉ đọc : Thông tin trong bộ nhớ chỉ được đọc ra chứ không ghi vào được, ROM được dùng để điều khiển chế độ khởi động đưa thiết bị vào làm việc. Nó có nhiệm vụ kiểm tra tình trạng làm việc của từng bộ phận, điều khiển việc trao đổi thông tin giữa các phần cứng của role, qui định tiêu chuẩn gốc và đề ra chương trình làm việc, tức là điều khiển tín hiệu đầu vào và ra của role.

+ RAM – bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên có thể đọc và ghi : khác với ROM, ở RAM có thể đọc và ghi thông tin vào nó. RAM dùng để lưu trữ các thông tin kém bền vững – thông tin có thể bị xoá khi có thông tin mới ghi vào hay do bộ nhớ mất nguồn. Có 2 loại RAM : tĩnh (SRAM) và động (DRAM). Loại tĩnh tạo thành từ các ô nhớ kiểu mạch lật, chỉ có thể thay đổi trạng thái từ cao đến thấp và ngược lại, khi có tín hiệu bên ngoài ghi vào. Loại động có các ô nhớ dạng tụ. Tụ được tích điện tương ứng với giá trị logic cao và không được tích điện tương ứng logic thấp. Độ ổn định thông tin của DRAM kém hơn loại tĩnh.

+ EPROM – bộ nhớ có thể đọc, lập trình và xoá được : EPROM là bộ nhớ trung gian dùng transistor trường.

#### 3.4.2. Giao diện giữa người sử dụng với role

Mặt trước của role đặt màn hình hiển thị thông tin, bàn phím, các đèn LED báo hiệu và cổng thông tin tuần tự hay song song được liên hệ với các bộ phận bên trong role thông qua dây dẫn mềm. Màn hình thường dùng là loại tinh thể lỏng (LCD) có thể hiển thị 1 hay 2 dòng chữ. Loại diod phát quang ít được dùng hơn, chế độ làm việc kiểu văn bản cho phép hiển thị chữ số và chữ cái. Ở những thiết bị hiện đại thế hệ mới có sử dụng màn hình rộng hơn, có khả năng hiển thị đồ họa tại chỗ (role dòng 7SJ531 của Siemens). Phía sau màn hình có vi mạch với chức năng giải mã thông tin từ bộ vi xử lý thành mã màn hình và bộ ROM ký tự màn hình. Thông tin được truyền dưới dạng song song.

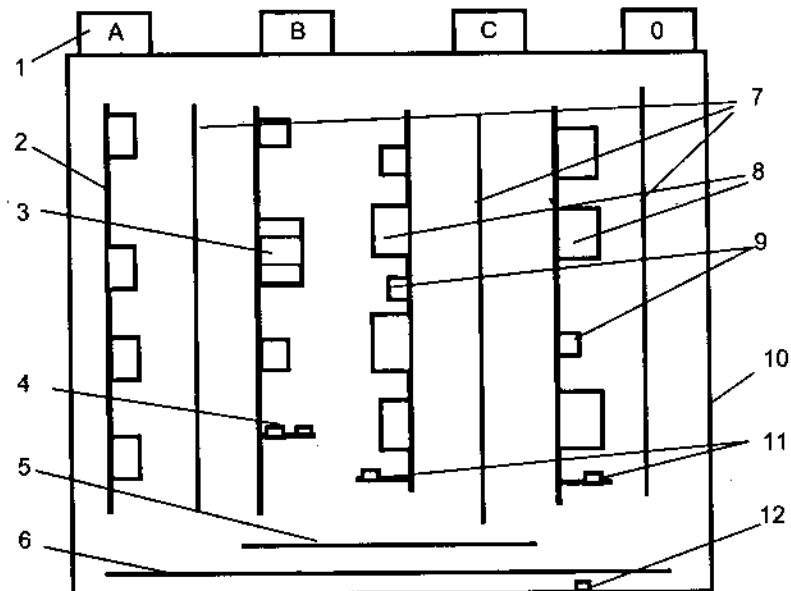
Màn hình thường kết hợp với bàn phím, vì số lượng phím không nhiều, nên người ta thường không dùng loại bàn phím mã hoá. Tuỳ thuộc loại rôle, có các phím sau :

- Các phím hiển thị thông tin đo lường như dòng, áp, cosφ, tần số...
  - Các phím hiển thị thông tin trạng thái (Status hay Target).
  - Các phím đặt thông số chính định cho role như phím chỉ hướng truy nhập thông tin theo chiều tăng giảm ( $\rightarrow$  hay  $\leftarrow$ ), phím khẳng định (Enter), phím "xoá" (Clear), phím nạp mật khẩu (Password hay Code), các phím chữ số v.v...
  - Các phím giải trừ đèn LED hay role (Reset)...
  - Phím ghi thông tin sự cố gần nhất (Fault).

Sơ đồ bố trí các bộ phận chính của role khoảng cách 7SA511 của hãng Siemens được thể hiện trên hình 3.12. Hộp role chế tạo bằng vỏ thép có cửa thông gió, vỏ thép có tác dụng như lồng Faraday bảo vệ các mạch tốc độ cao bên trong role chống nhiễm của môi trường.

**Hình 3.12.** Sơ đồ bố trí các bộ phận chính của robot khoảng cách 7SA511

1. cực đầu tiếp điểm vào ra ;
  2. bản mạch bộ vi xử lý ; 3. bản mạch bộ nguồn ; 4. bản mạch giao diện thông tin tuân tự ;
  5. bản mạch màn hình ;
  6. phím kiểu màng ; 7. màn kim loại chắn nhiễu ; 8. bản mạch vào ra tín hiệu ; 9. role thao tác đầu ra ; 10. vỏ role ;
  11. bản mạch tín hiệu vào số ;
  12. giấc cảm D25 cổng thông tin tuân tự



### 3.4.3. Đánh giá role kỹ thuật số

Role kỹ thuật số có một số ưu điểm nổi bật sau :

### *Ưu điểm*

- + Độ tin cậy làm việc cao nhờ hạn chế được nhiều và sai số do nguyên lý truyền thông tin bằng số.
  - + Do sử dụng các công cụ có công suất tiêu thụ rất nhỏ nên nhiệt độ trong thiết bị khi làm việc không cao.
  - + Do không sử dụng phần động trong mạch logic nên không có quán tính, không bị kẹt do rỉ hoặc kết bụi. Về lý thuyết có thể coi hệ số trễ về của Rôle kỹ thuật số bằng 1, tuy nhiên trong thực tế hệ số này cũng chỉ suýt soát 1 mà thôi (khoảng  $0,98 \div 0,99$ ).

- + Có khả năng kết hợp nhiều chức năng bảo vệ trong một thiết bị thay vì sử dụng nhiều rơle riêng lẻ, không bị trôi tham số trong quá trình vận hành.
- + Có khả năng tự lập trình được nên có độ linh hoạt cao, dễ dàng sử dụng cho các đối tượng bảo vệ khác nhau.
- + Độ nhạy, độ chính xác cao, thời gian tác động nhanh.
- + Có khả năng bảo vệ tinh vi, sát với ngưỡng chịu đựng của đối tượng bảo vệ.
- + Thời gian hiệu chỉnh ngắn nên có khả năng tác động rất nhanh.
- + Có khả năng đo lường và nối mạng phục vụ cho công tác điều khiển, giám sát và điều chỉnh từ xa.
- + Có khả năng hiển thị thông tin cho người sử dụng thông qua các chương trình, phần mềm sử dụng máy vi tính.
- + Có khả năng ghi nhớ các sự kiện và hiện tượng bất thường phục vụ cho phân tích sự cố và đánh giá khả năng làm việc của hệ thống.

**Nhược điểm :** Mặc dù có nhiều ưu điểm như vậy nhưng ở rơle kỹ thuật số vẫn có một số nhược điểm :

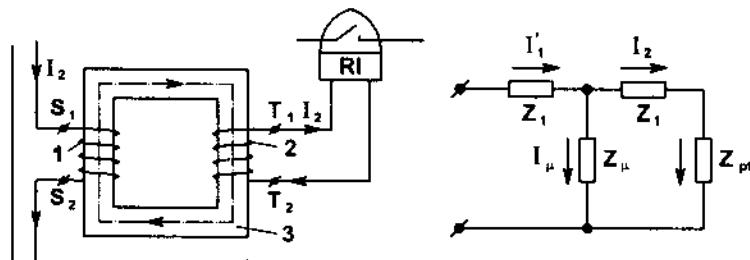
- + Cấu tạo phức tạp
- + Nhạy cảm với điều kiện môi trường xung quanh, yêu cầu lắp đặt và bảo quản hết sức nghiêm ngặt
- + Giá thành cao, đòi hỏi vốn đầu tư lớn khi nâng cấp đồng loạt rơle cũ.
- + Đòi hỏi người vận hành có trình độ cao hơn.
- + Phụ thuộc nhiều vào bên cung cấp hàng trong việc sửa chữa và nâng cấp thiết bị.

Nhìn chung khả năng áp dụng của rơle kỹ thuật số ngày càng lớn và trong tương lai loại rơle này sẽ thay thế các loại rơle cổ điển.

### 3.5. MÁY BIẾN DÒNG

#### 3.5.1. Cấu tạo, chức năng và đặc điểm của máy biến dòng

Máy biến dòng (current trasformer) có cấu tạo gồm cuộn dây sơ cấp 1, cuộn dây thứ cấp 2, mạch từ 3 (hình 3.13). Cuộn dây sơ cấp được mắc nối tiếp với đường dây, nơi cần đo dòng điện. Máy biến dòng được chế tạo với nhiều giá trị dòng định mức sơ cấp khác nhau, còn dòng định mức phía thứ cấp là 5 A, loại máy biến dòng có dòng định mức thứ cấp là 1 A thường ít gấp hơn.



Hình 3.13. Sơ đồ nguyên lý (a) và sơ đồ thay thế máy biến dòng (b)

Các đầu dây cuộn sơ cấp được ký hiệu là  $S_1$  và  $S_2$ , còn các đầu dây của cuộn thứ cấp – là  $T_1$  và  $T_2$ . Chiều của dòng điện chạy trong mạch được xác định theo quy tắc sau : nếu dòng điện sơ cấp chạy từ  $S_1$  đến  $S_2$  thì dòng điện thứ cấp sẽ chạy từ  $T_2$  đến  $T_1$ . Hệ số biến dòng có thể xác định theo biểu thức

$$k_i = \frac{I_1}{I_2} \approx \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (3.6)$$

$I_1, I_2$  – dòng phía sơ cấp và thứ cấp

$\omega_1, \omega_2$  – số vòng dây phía sơ và thứ cấp.

Thực tế thì giá trị  $I_1, \omega_1 > I_2, \omega_2$  vì trong mạch còn có dòng từ hoá.

Sai số của máy biến dòng được đánh giá theo biểu thức

$$s_i = \frac{k_i I_2 - I_1}{I_1} 100\% \quad (3.7)$$

Dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp

$$I_2 = I'_1 - I_\mu \quad (3.8)$$

$I'_1$  - dòng sơ cấp quy về phía thứ cấp

$I_\mu$  – dòng từ hoá

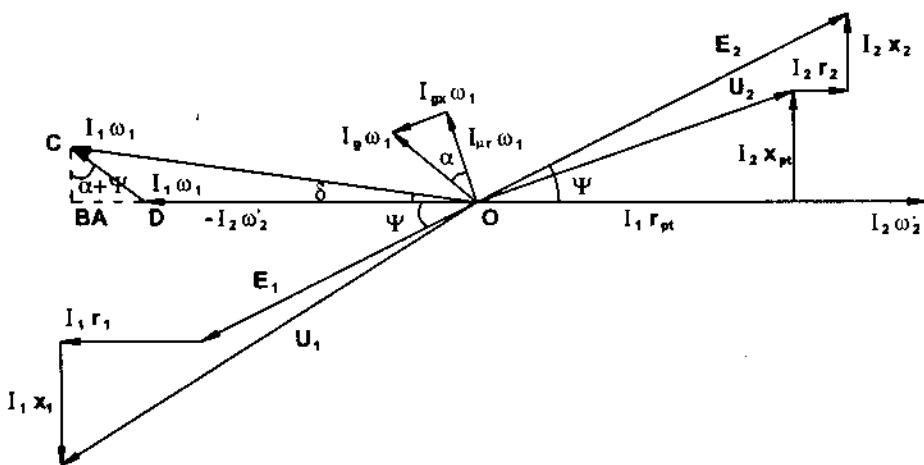
Suất điện động cảm ứng trong cuộn thứ cấp

$$E_2 = I_2 Z_2 + I_2 Z_{pt} = U_2 + I_2(r_{pt} + jx_{pt}) \quad (3.9)$$

Điện áp trên đầu cuộn dây sơ cấp

$$U_1 = E_1 + I_1 Z_1$$

Biểu đồ vectơ của máy biến dòng được thể hiện trên hình 3.14.



Hình 3.14. Biểu đồ vectơ của máy biến dòng

trong đó :  $r_1, x_1$  – điện trở tác dụng và phản kháng của mạch sơ cấp máy biến dòng ;  
 $r_2, x_2$  – điện trở tác dụng và phản kháng của mạch thứ cấp máy biến dòng ;  
 $r_{pt}, x_{pt}$  – điện trở tác dụng và phản kháng của phụ tải ;  
 $I_{\mu_r} \cdot \omega_1, I_{\mu_x} \cdot \omega_1$  – thành phần tác dụng và phản kháng của lực từ hóa do dòng điện không tải gây nên  
 $I_1 \cdot \omega_1$  – lực từ hóa của cuộn sơ cấp ;  
 $I_2 \cdot \omega_2$  – lực từ hóa của cuộn thứ cấp.

Biểu thị biểu thức (3.7) qua lực từ hoá

$$s_i = \frac{k_i I_2 - I_1}{I_1} 100\% = \frac{I_2 \omega_2 - I_1 \omega_1}{I_1 \omega_1} 100\% = - \frac{\overline{BD}}{\overline{CO}} 100 \quad (3.10)$$

Do  $\delta_1$  quá nhỏ (khoảng  $1 \div 2^\circ$ ) nên có thể coi

$$\overline{BD} \approx \overline{AD} = \overline{I_{\mu} \omega_1} \sin(\alpha + \psi) \quad (3.11)$$

$\alpha$  – góc từ trễ ;

$\psi$  – góc giữa vectơ suất điện động và dòng điện thứ cấp.

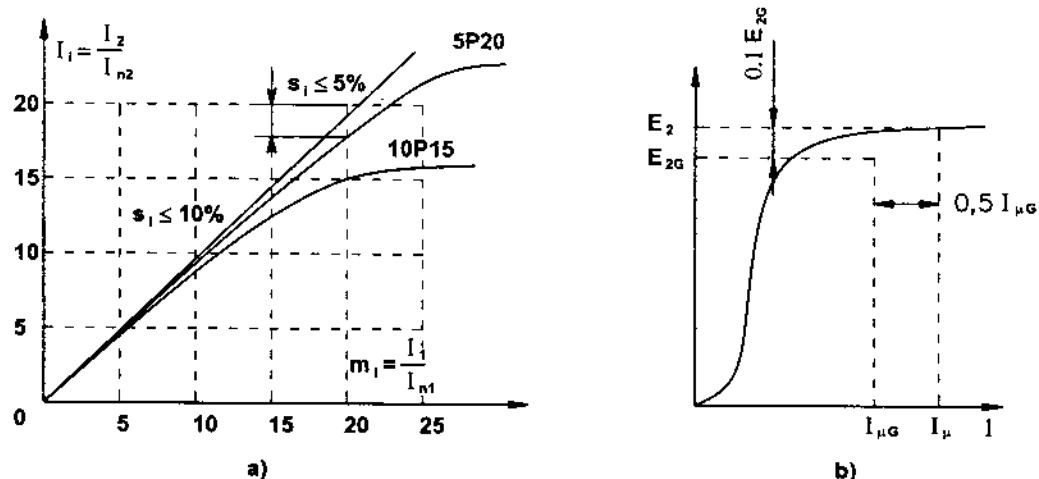
Như vậy

$$s_i = \frac{\overline{I_{\mu} \omega_1} \sin(\alpha + \psi)}{\overline{I_1 \omega_1}} 100\% \quad (3.12)$$

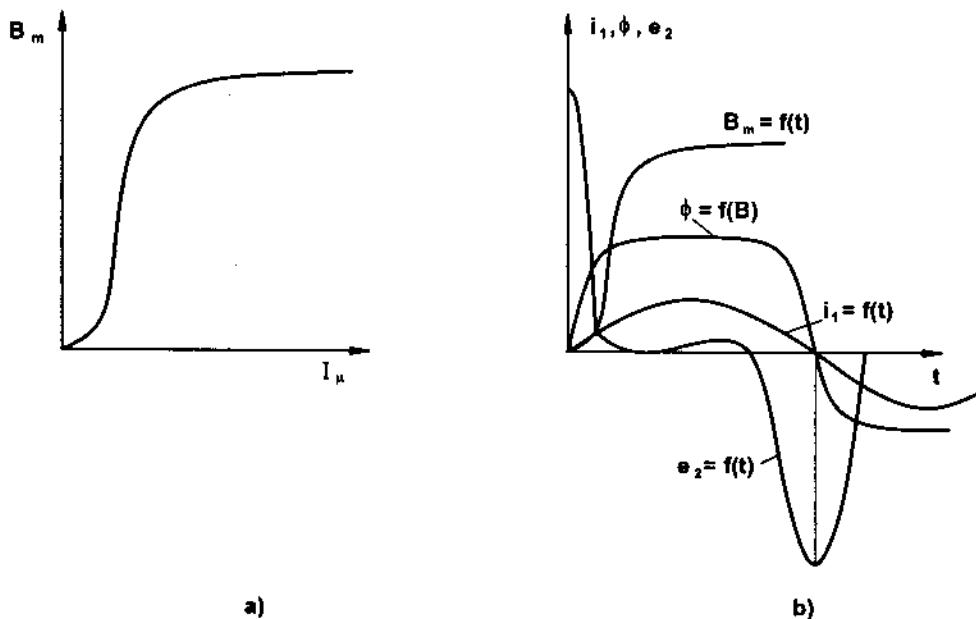
Từ biểu thức (3.12) ta dễ dàng nhận thấy sai số của máy biến dòng phụ thuộc trước hết vào dòng điện sơ cấp, giá trị  $I_1$  càng lớn thì sai số sẽ càng nhỏ, tiếp đến giá trị của các góc  $\psi$ , tức là tỷ lệ giữa thành phần tác dụng và phản kháng của dòng từ hoá,  $\psi$  càng lớn thì sai số càng cao và cuối cùng là góc từ trễ  $\alpha$ , góc này càng lớn thì sai số càng tăng. Như vậy để giảm sai số của máy biến dòng một mặt cần phải sử dụng máy biến dòng có lõi thép chất lượng cao để giảm ảnh hưởng của lực từ hoá không tải  $I_{\mu} \omega_1$ . Việc giảm sai số cũng có thể thực hiện bằng cách tăng lực từ hoá cuộn sơ cấp nhưng điều đó sẽ làm tăng giá trị của máy biến dòng.

Khi có ngắn mạch dòng điện có thể đạt đến giá trị gấp nhiều lần dòng định mức sơ cấp của máy biến dòng, vì vậy đối với các máy biến dòng dùng cho bảo vệ rơle cần phải đảm bảo độ chính xác nhất định khi dòng sơ cấp đạt đến giá trị dòng điện tối hạn của cấp chính xác ấy. Tỷ số  $m_i$  giữa dòng tối hạn của cấp chính xác và dòng điện định mức sơ cấp gọi là bội số dòng tối hạn của cấp chính xác. Theo tiêu chuẩn BS3938 (Anh) bội số này có giá trị là 5, 10, 15, 20 và 30. Trên hình 3.15.a biểu thị sự phụ thuộc của dòng điện thứ cấp vào bội số của dòng tối hạn ứng với các loại máy biến dòng có sai số khác nhau. Trong thực tế sai số cho phép của máy biến dòng dùng trong bảo vệ rơle thường lấy tối thiểu là 10%.

Các máy biến dòng thường được ký hiệu bởi các chữ số và chữ cái. Chữ số đầu chỉ sai số của máy biến dòng chữ cái chỉ công dụng của máy và chữ số cuối chỉ công suất định mức của nó. Chẳng hạn 10P15 : máy biến dòng có sai số 10%, công suất 15 VA, dùng cho bảo vệ role (protection). Máy biến dòng cấp X có đặc tính phụ thuộc giữa suất điện động thứ cấp với dòng điện từ hoá  $E_2 = f(I_\mu)$  (hình 3.15.b). Điểm đặc trưng của đặc tính này là  $(I_{\mu G}, E_{2G})$  gọi là điểm gấp. Từ điểm gấp này muốn tăng suất điện động lên 10% thì phải tăng dòng từ hoá lên 50%.



Hình 3.15. Quan hệ phụ thuộc giữa dòng điện giữa dòng thứ cấp và bội số dòng tới hạn  $m_1$  ứng với các máy biến dòng có sai số khác nhau (a) và cách xác định điểm gấp trên đường cong từ hoá của máy biến dòng (b)



Hình 3.16. Đường cong từ hoá (a) và Quan hệ phụ thuộc giữa dòng điện sơ cấp  $i_1$ , từ thông  $\phi$  và suất điện động thứ cấp  $e_2$  theo thời gian  $t$  (b)

Chế độ làm việc của máy biến dòng gần với chế độ ngắn mạch, khi phụ tải nhỏ thì giá trị của dòng từ hoá sẽ bé, lúc đó độ từ cảm  $B_m$  nhỏ, máy biến dòng ít bảo hoà, do đó sai số sẽ nhỏ. Trong thực tế phụ tải của máy biến dòng gần như không đáng kể, tức là máy biến dòng làm việc bình thường ở chế độ gần ngắn mạch.

Khi bị hở mạch thứ cấp thì toàn bộ dòng điện sơ cấp sẽ trở thành dòng điện từ hoá làm từ cảm  $B_m$  tăng lên đột ngột, lõi thép nhanh chóng bị bảo hoà, nên đường cong biến thiên của từ thông  $\phi$  có dạng bằng đầu (hình 3.16). Trong khi đó suất điện động cảm ứng tỷ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông theo thời gian, nên khi từ thông qua giá trị 0 suất điện động có thể đạt đến giá trị rất lớn gây nguy hiểm cho người và thiết bị. Chính vì vậy mà cần phải hết sức lưu ý là không bao giờ được để cho mạch thứ cấp máy biến dòng bị hở.Thêm vào đó, nếu phụ tải của máy biến dòng quá lớn thì cũng có thể gây quá điện áp.

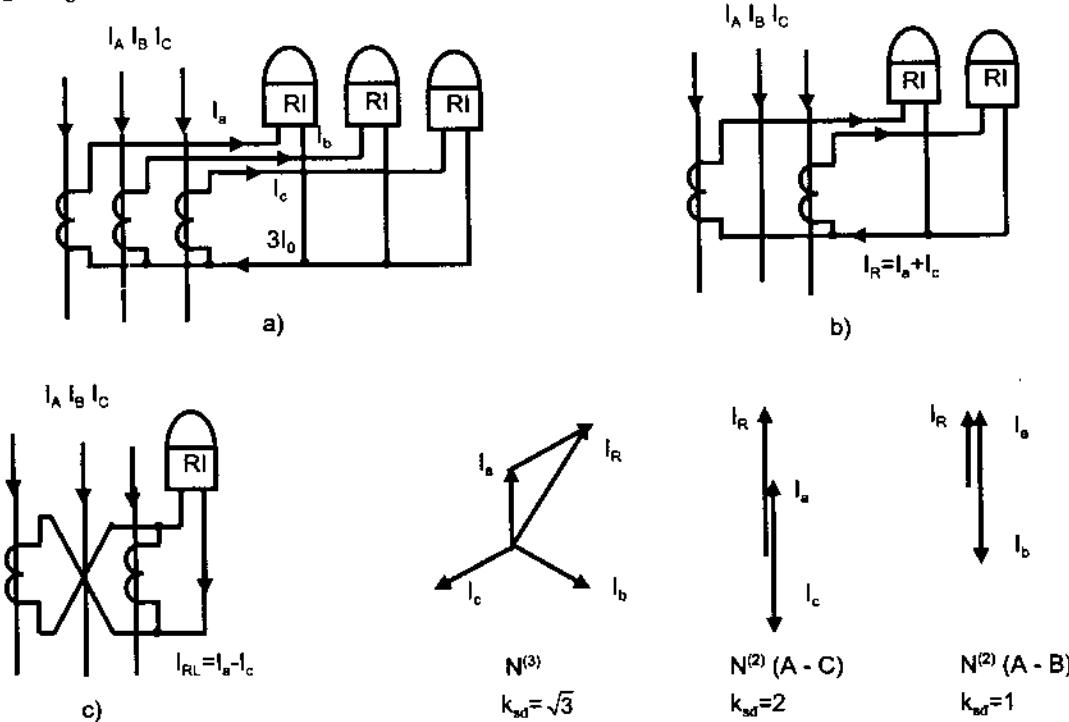
### 3.5.2. Sơ đồ nối các máy biến dòng và các role dòng

#### 1) Sơ đồ nối theo hình sao dù

Sơ đồ nối các máy biến dòng và role theo hình sao dù (hình 3.17.a) cần 3 máy biến dòng và 3 role, cho phép phản ứng đối với mọi loại ngắn mạch. Trong sơ đồ này dòng điện chạy qua các role cũng chính là là dòng điện của các pha tương ứng, nên hệ số sơ đồ

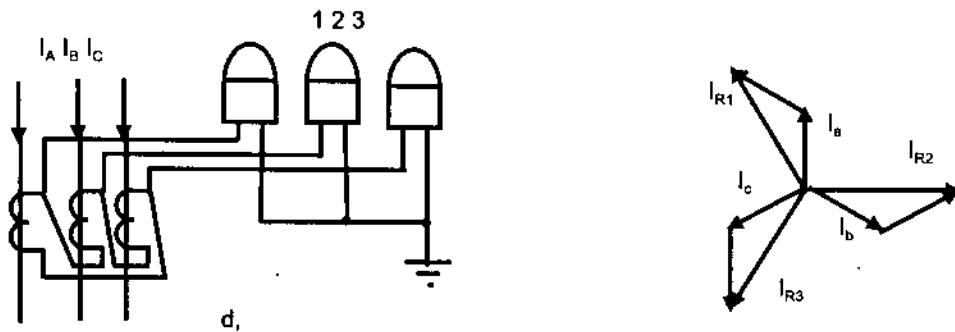
$$k_{sd} = \frac{I_{rl}}{I_2} = 1 \text{ ở chế độ đối xứng dòng điện chạy trên dây chung của 3 role bằng } 0, \text{ còn ở}$$

chế độ không đối xứng thì dòng điện chạy trên dây này sẽ bằng ba lần dòng điện thứ tự không ( $3I_0$ ).



Hình 3.17. Sơ đồ nối các máy biến dòng và role

a) Sơ đồ nối sao dù ; b) sơ đồ sao thiểu ; c) Sơ đồ hiệu hai dòng pha ;



**Hình 3.17. Sơ đồ nối các máy biến dòng và role**  
d) Sơ đồ nối BI theo tam giác

## 2) Sơ đồ sao thiểu

Sơ đồ sao thiểu (hình 3.17.b) với 2 máy biến dòng và 2 role phản ứng với mọi loại ngắn mạch trừ ngắn mạch pha B với trung tính, sơ đồ này cho phép tiết kiệm được thiết bị và có thể làm tăng độ tin cậy của bảo vệ. Cũng như sơ đồ sao đủ, dòng điện chạy qua các role là các dòng điện của các pha tương ứng nên hệ số sơ đồ ở đây cũng bằng  $k_{sd} = 1$ , dòng điện chạy trên đoạn dây chung của các role bằng tổng của hai dòng điện pha.

### 3). Sơ đồ nối Role vào hiệu hai dòng pha (hình 3.17.c)

Trong sơ đồ này dòng điện chạy qua role được xác định  $I_R = I_a - I_c$ . Ở chế độ ngắn mạch đối xứng dòng đi vào role  $I_R = \sqrt{3} \cdot I_a$ . Hệ số sơ đồ  $k_{sd} = I_R/I_2 = \sqrt{3}$ , tức là dòng khởi động tăng  $\sqrt{3}$  lần so với hai trường hợp trên. Khi có ngắn mạch 1 pha ở pha B thì sơ đồ này không phản ứng. Khi có ngắn mạch giữa pha A và C thì dòng đi vào role là  $I_R = 2 \cdot I_a$ , tức hệ số sơ đồ bằng  $k_{sd} = 2$ , còn khi có ngắn mạch giữa pha A và B hoặc C và B thì dòng đi vào role bằng dòng điện pha do đó hệ số sơ đồ bằng 1.

### 4) Sơ đồ nối máy biến dòng theo hình tam giác và role – hình sao (hình 3.17.d)

Theo sơ đồ này dòng điện đi vào một trong các role có giá trị  $I_R = \sqrt{3} \cdot I_f$ , do đó hệ số sơ đồ sẽ là  $k_{sd} = \sqrt{3}$ . Khi có ngắn mạch 2 pha dòng điện đi vào một trong các role bằng  $2I_2$ , lúc đó hệ số sơ đồ có giá trị bằng 2.

Khi chọn sơ đồ nối các máy biến dòng và các role ta cần xét trên các quan điểm sau :

- Số lượng thiết bị cần thiết và đặc tính thực hiện bảo vệ ;
- Độ nhạy cần thiết của bảo vệ đối với các dạng ngắn mạch khác nhau.

## 3.6. MÁY BIẾN ĐIỆN ÁP

Máy biến điện áp (voltage trasformer), còn gọi là máy biến áp đo lường (BU) có nhiệm vụ cung cấp tín hiệu điện áp cho các thiết bị bảo vệ và đo lường, đồng thời cách ly mạng điện cao áp với mạch đo lường và điều khiển. Máy BU có cấu tạo và sơ đồ nối

giống như máy biến áp điện lực (hình 3.18). Khác với máy biến áp điện lực, chế độ làm việc bình thường của máy biến áp đo lường gần với chế độ không tải. Hệ số biến áp của BU được xác định theo biểu thức

$$k_U = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (3.6)$$

$U_1, U_2$  – điện áp phía sơ cấp và thứ cấp

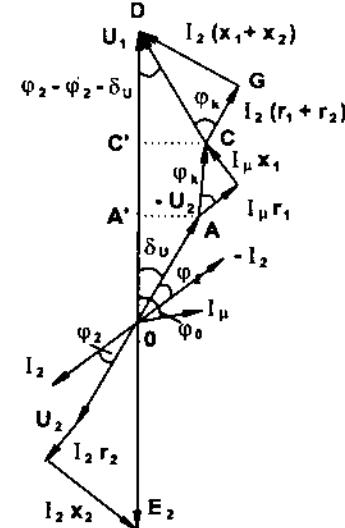
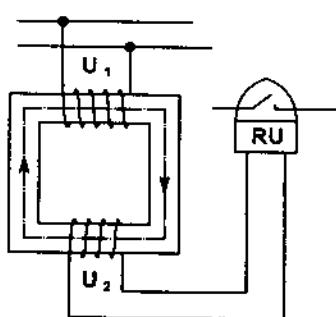
$\omega_1, \omega_2$  – số vòng dây phía sơ và thứ cấp.

Tương tự như máy biến dòng, sai số của máy biến điện áp được đánh giá theo biểu thức

$$s_U = \frac{k_U U_2 - U_1}{U_1} 100\% \quad (3.7)$$

Từ biểu đồ vectơ của BU ta có thể biểu thị sai số  $s_U$  dưới dạng

$$s_U = \frac{k_U U_2 - U_1}{U_1} 100\% = \frac{OD - OA}{OD} 100\%$$



a)

b)

Hình 3.18. Sơ đồ nguyên lý (a) và biểu đồ vectơ của máy biến điện áp (b)

Vì giá trị góc  $\delta_U$  rất nhỏ nên có thể viết

$$s_U = \frac{OD - OA'}{OD} 100\% = \frac{A'D}{OD} 100\%$$

mà  $A'D = A'C' + C'D$ ;  $A'C' = AC \cos(\phi_0 - \phi_k)$ ;  $C'D = CD \cos(\phi_k - \phi_2 - \delta_U)$ ;

$$A'C = \frac{I_\mu r_1}{\cos \phi_k} \quad CD = \frac{I_2(r_1 + r_2)}{\cos \phi_k}$$

$r_1$  – điện trở cuộn sơ cấp quy về phía thứ cấp;

$r_2$  – điện trở cuộn thứ cấp.

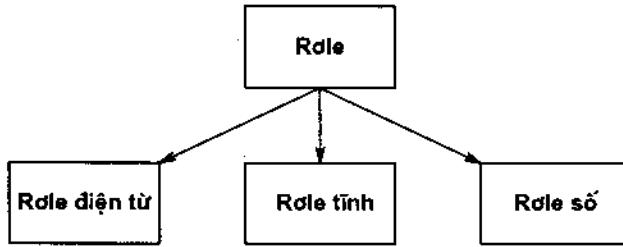
Tính đến  $\delta_U$  rất nhỏ, có thể biểu thị sai số

$$s_U = -\frac{I_\mu r_1 \cos(\phi_0 - \phi_k) + I_2(r_1 + r_2) \cos(\phi_k - \phi_2)}{U_1 \cos \phi_k} 100\% \quad (3.8)$$

Phân tích biểu thức trên ta thấy sai số của BU xuất hiện ngay cả khi không tải, khi phụ tải tăng thì sai số  $s_U$  sẽ tăng. Thêm vào đó, sai số của máy BU phụ thuộc vào độ bão hòa của lõi thép. Để giảm ảnh hưởng của dòng điện không tải cần phải sử dụng lõi thép có chất lượng cao. Độ lệch điện áp trên cuộn dây sơ cấp cũng có thể làm tăng sai số vì điều đó có thể dẫn đến sự thay đổi dòng từ hoá.

### Tóm tắt chương 3

#### Phân loại role



#### Role điện từ

Lực điện từ do từ thông sinh ra được xác định theo biểu thức

$$F_M = k_1 \cdot \phi^2 = k_1 \frac{\omega^2}{R_{mt}^2} I_R^2 = k_1 I_R^2$$

Các đại lượng khởi động của role có thể điều chỉnh bằng cách :

- Thay đổi số vòng dây  $\omega$  ;
- Thay đổi khe hở không khí giữa phần mạch từ và phần động ;
- Thay đổi sức căng của lò xo ;
- Để tăng tốc độ tác động của role cần giảm hằng số thời gian  $T_R$ , giảm lực kéo của lò xo và tăng tỷ số giữa dòng điện vào role và dòng khởi động  $I_R/I_{kd}$

#### Role cảm ứng điện từ

Dưới sự tác động tương hỗ giữa  $\phi_{II}$  với  $I_I$  và  $\phi_I$  với  $I_{II}$  hình thành một mômen làm đĩa quay

$$M_q = k_1 f \cdot \phi_I \phi_{II} \sin \psi = k_2 f \cdot I_R^2 \sin \psi$$

Role tĩnh là loại role bán dẫn không có tiếp điểm, làm việc theo nguyên tắc đóng mở của tranzistor

Role kỹ thuật số là loại role hiện đại không có tiếp điểm làm việc với sự trợ giúp của bộ vi xử lý

#### Máy biến dòng

Hệ số biến dòng

$$k_i = \frac{I_1}{I_2} \approx \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Sai số của máy biến dòng được đánh giá theo biểu thức

$$s_i = \frac{k_{i2} - k_i}{k_i} 100\%$$

$$s_i = \frac{\frac{I_2 \omega_1 \sin(\alpha + \psi)}{I_1 \omega_1} - k_i}{k_i} 100\%$$

Biện pháp giảm sai số của máy biến dòng

- Sử dụng lõi thép chất lượng cao;
- Tăng lực từ hoá cuộn sơ cấp;
- Tăng số vòng dây cuộn sơ cấp

Sơ đồ nối các máy biến dòng và các rơle dòng

- Sơ đồ nối theo hình sao đủ  $k_{sd} = \frac{k_1}{k_2} = 1$

- Sơ đồ sao thiếu  $k_{sd} = \frac{k_1}{k_2} = 1$

- Sơ đồ nối Rơle vào hiệu hai dòng pha

- Ở chế độ đối ngẫu mạch đối xứng  $k_{sd} = I_R/I_2 = \sqrt{3}$

- Khi có ngẫu mạch 1 pha ở pha B thì sơ đồ này không phản ứng.

- Khi có ngẫu mạch giữa pha A và C thì  $k_{sd} = 2$ ,

- Khi có ngẫu mạch giữa pha A và B hoặc C và B thì dòng đi vào rơle bằng dòng điện pha do đó hệ số sơ đồ bằng 1.

- Sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình tam giác và các rơle – hình sao

- Khi có ngẫu mạch đối xứng  $k_{sd} = \sqrt{3}$ .

- Khi có ngẫu mạch 2 pha  $k_{sd} = 2$ .

*Máy biến điện áp*

Hệ số biến áp của BU

$$k_U = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Sai số của máy biến điện áp

$$s_U = \frac{k_U U_2 - U_1}{U_1} 100\%$$

$$s_U = - \frac{I_2 r_1 \cos(\phi_0 - \phi_k) + I_2 (r_1 + r_2) \cos(\phi_k - \phi_2)}{U_1 \cos \phi_k} 100\%$$

Sai số của BU xuất hiện ngay cả khi không tải, khi phụ tải tăng thì sai số  $s_U$  sẽ tăng, sai số của máy BU phụ thuộc vào độ bảo hòa của lõi thép.

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của rơle điện từ
2. Hãy trình bày đặc điểm cấu tạo và nguyên lý làm việc của rơle tĩnh;
3. Trình bày cấu trúc và hoạt động của Rơle kỹ thuật số
4. Hãy trình bày những đặc điểm cơ bản của máy biến dòng.
5. Hãy trình bày những đặc điểm cơ bản của máy biến điện áp

**Chương 4****CÁC PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN****4.1. CẢM BIẾN KHÔNG ĐIỆN, DÙNG TRONG CÁC SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN**

Trong các sơ đồ tự động điều khiển ngoài các cảm biến điện, người ta còn sử dụng rất nhiều loại cảm biến không điện. Một số cảm biến không điện cơ bản được dùng trong các sơ đồ tự động hoá ở các nhà máy điện và trạm biến áp là cảm biến áp suất, cảm biến mức nước, cảm biến tốc độ, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm v.v... Dưới đây chúng ta sẽ xét một số đại biểu trong số chúng.

**4.1.1. Cảm biến áp suất**

Cảm biến áp suất thường được dùng trong các sơ đồ tự động hoá nhà máy điện để kiểm tra các đại lượng áp suất của hệ thống dầu, hệ thống làm mát động cơ, áp suất của nồi hơi v.v... Cảm biến áp suất có rất nhiều dạng như dạng xi lanh, dạng màng, dạng lò xo, dạng thể lỏng.

\* *Cảm biến dạng lò xo hình ống* (hình 4.1.a) tác động dựa trên nguyên lý thay đổi của lò xo dạng ống, tiết diện hình oval, có xu hướng duỗi thẳng khi áp suất bên trong ống tăng. Sự dịch chuyển của đầu ống tự do sẽ được chuyển đến bộ phận ghi nhận qua các tiếp điểm.

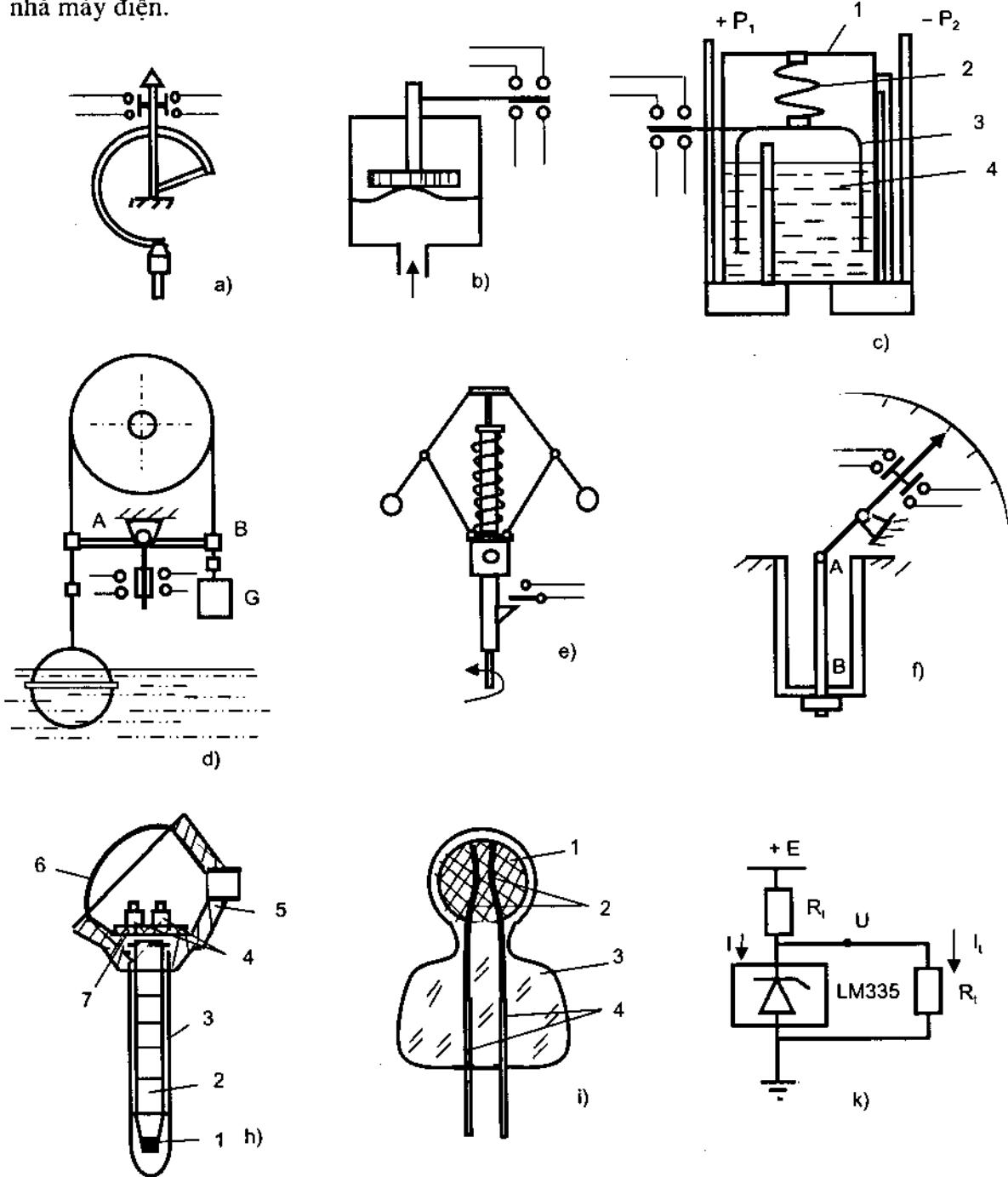
\* *Cảm biến áp suất màng ngăn* được thể hiện trên hình 4.1.b. Nguyên lý tác động của các cảm biến này dựa trên sự thay đổi áp suất của môi trường, làm thay đổi độ uốn của tấm màng ngăn, tín hiệu được đưa đến bộ khuếch đại và cơ cấu đo của hệ thống tự động điều khiển.

\* *Cảm biến áp suất dạng chuông* (hình 4.1.c) có cấu tạo gồm bình kín 1 chứa dầu biến thế 4 và chuông 3 treo trên lò xo 2. Hệ thống dịch thể, chuông 2 và bình kín 1 tạo thành 2 khoang không gian cách nhau. Không gian trong lòng chuông được nối thông với đường dẫn áp dương (+), còn không gian bên ngoài chuông được nối với đường dẫn áp âm (-). Ở trạng thái bình thường khi áp suất bên trong và bên ngoài chuông bằng nhau thì mức dịch thể trong và ngoài chuông bằng nhau, trọng lượng của chuông được treo hoàn toàn lên lò xo. Khi xuất hiện sự chênh lệch áp suất ( $\Delta P = P_1 - P_2$ ) thì trạng thái cân bằng của hệ thống bị phá vỡ, chuông bị đẩy lên, mức dịch thể trong chuông giảm xuống, còn mức dịch thể bên ngoài tăng lên. Dịch thể đạt mức cân bằng khi chiều cao cột dịch thể chênh lệch cân bằng với hiệu áp suất và chuông sẽ đạt trạng thái cân bằng khi tổng hợp lực tác động lên chuông bằng không.

**4.1.2. Cảm biến mức nước**

Cảm biến mức nước kiểu phao là một trong những loại cảm biến đơn giản nhất, nó hoạt động dựa vào sức đẩy của phao rồng mà được gắn cơ cấu truyền cứng hoặc mềm với cơ cấu đo (hình 4.1.d). Khi mức nước thay đổi trọng vật G sẽ làm nghiêng đòn gánh AB

làm cho các tiếp điểm tương ứng được đóng lại đưa tín hiệu đến cơ cấu thửa hành. Ngoài ra còn có nhiều dạng cảm biến mức nước khác làm việc theo nguyên lý áp suất, dòng chảy... Các loại cảm biến này thường được áp dụng trong các sơ đồ tự động hóa trong các nhà máy điện.



**Hình 4.1.** Một số loại cảm biến không điện dùng trong sơ đồ tự động điều khiển

a) – cảm biến áp suất với lò xo dạng ống ; b) cảm biến áp suất màng ; c) cảm biến áp suất dạng chuông ;  
 d) cảm biến mức nước dạng phao ; e) cảm biến tốc độ quay ly tâm ; f) cảm biến nhiệt độ dạng trung tử ;  
 g) cảm biến nhiệt độ dạng cảm nhiệt i) cảm biến nhiệt độ kiểu nhiệt kế điện trở hạt bán dẫn ;  
 k) cảm biến nhiệt độ dạng vi mạch LM335 ;

#### 4.1.3. Cảm biến tốc độ quay ly tâm

Cảm biến tốc độ quay ly tâm (hình 4.1.e) được áp dụng để kiểm tra và điều chỉnh tần số của máy phát điện, cũng có thể được áp dụng trong các sơ đồ tự động mở và dừng các tổ máy. Cảm biến làm việc theo nguyên lý của lực ly tâm. Khi tốc độ quay lớn, dưới tác dụng của lực ly tâm các quả tạ được nâng lên làm cho trục được đẩy lên khép các tiếp điểm đưa tín hiệu đến cơ cấu thửa hành. Cảm biến tốc độ quay được áp dụng nhiều trong các sơ đồ tự động điều chỉnh tần số.

#### 4.1.4. Cảm biến nhiệt độ

Cảm biến nhiệt độ dùng để kiểm tra và điều chỉnh nhiệt độ của các thiết bị, vật thể và môi trường. Cảm biến nhiệt độ được chế tạo với các vật liệu nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ, có thể thay đổi kích thước lớn khi nhiệt độ thay đổi. Các loại cảm biến nhiệt độ thường được sử dụng nhiều là cảm biến thuỷ ngân, cảm biến nhiệt lưỡng kim, cảm biến nhiệt trương nở, cảm biến nhiệt điện trở... Chúng ta xét một số đại diện đặc trưng của cảm biến nhiệt độ.

\* *Cảm biến nhiệt trương nở* : (hình 4.1.f) có phần tử AB được làm bằng vật liệu có tính năng đặc biệt là thay đổi chiều dài khi nhiệt độ thay đổi, do đó sẽ dễ dàng khép tiếp điểm đưa tín hiệu ra khi nhiệt độ đạt giá trị xác định.

\* *Cặp nhiệt độ* : Cặp nhiệt độ làm việc theo nguyên lý chuyển tín hiệu nhiệt độ sang tín hiệu điện áp dựa trên hiện tượng tương khuếch tán điện tử tự do của các kim loại khi bị nung nóng. Khi hai dây dẫn với vật liệu khác nhau được gắn tiếp xúc với nhau thì dây nào có điện tử tự do nhiều hơn sẽ khuếch tán sang dây kia vì vậy bản thân nó sẽ mang điện tích dương, còn dây nhận thêm điện tử sẽ mang điện tích âm. Như vậy tại điểm tiếp xúc sẽ xuất hiện một suất điện động có giá trị phụ thuộc vào bản chất của các vật liệu dẫn và nhiệt độ đốt nóng, có nghĩa là suất điện động tỷ lệ với nhiệt độ cần theo dõi. Do có đặc điểm ưu việt là chuyển đổi nhiệt độ sang tín hiệu điện áp, cặp nhiệt độ được áp dụng rất rộng rãi trong sản xuất. Một số loại cặp nhiệt độ tiêu chuẩn thông dụng được thể hiện trong bảng 4.1.

Các cặp nhiệt độ được chế tạo dưới dạng can nhiệt điện (hình 4.1.h). Đầu làm việc 1 của hai điện cực được hàn chát vào nhau. Các điện cực được lồng vào ống cách điện 2, vỏ bảo vệ 3 được thiết kế để ngăn cản sự ảnh hưởng của môi trường bên ngoài đối với các điện cực nhiệt. Hai đầu tự do của các dây điện cực được gắn vào các cốt nối 4 thuận tiện cho việc ghép nối với bên ngoài. Các điện cực nhiệt, ống cách điện 2 và các cốt nối 4 được gắn chát lên đầu nối 5 qua tấm lót cách điện 6, nắp 7 ngăn chặn sự xâm nhập của môi trường bên ngoài.

\* *Nhiệt điện trở* là cảm biến nhiệt độ làm việc theo nguyên lý thay đổi của điện trở theo nhiệt độ. Các loại cảm biến nhiệt điện trở thường được áp dụng nhiều trong công nghiệp là đồng, bạch kim và nhiệt điện trở bán dẫn (được chế tạo từ những oxit kim loại khác nhau như CuO, MnO v.v...). Mối quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ của một số cặp nhiệt độ tiêu chuẩn được thể hiện trong bảng 4.2.

**Bảng 4.1. ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA MỘT SỐ LOẠI CẶP NHIỆT ĐỘ THÔNG DỤNG**

Loại cặp nhiệt độ	Ký hiệu	E, mV ở nhiệt độ			giới hạn đo °C	
		100°C	500°C	1000°C	dài hạn	ngắn hạn
Cromen-Copen	XK	6,88	8,79		600	800
Cromen-Alumen	XA	4,1	4,25	41,32	1000	1300
Platinorodi-Platin	PP-1	0,643	1,002	1,136	1300	160
Platini-Rodi	PtRh	0,026	0,645	0,964	1600	1800
Đồng-Constan	MK	4,095	16,243	41,269	350	760

**Bảng 4.2. QUAN HỆ GIỮA ĐIỆN TRỞ VÀ NHIỆT ĐỘ CỦA MỘT SỐ CẶP NHIỆT ĐỘ TIÊU CHUẨN**

Loại cặp nhiệt độ	Mối quan hệ
Nhiệt kế điện trở đồng	$R_\theta = R_0(1+4,25 \cdot 10^{-3} \cdot \theta)$
Nhiệt kế điện trở bạch kim	$R_\theta = R_0(1+3,94 \cdot 10^{-3} \cdot \theta - 5,8 \cdot 10^{-7} \theta^2)$
Nhiệt kế điện trở hỗn hợp Oxit	$R_\theta = R_0 e^{B/T}$

Trong đó :  $R_\theta$  – điện trở ứng với nhiệt độ  $\theta^\circ\text{C}$  ;

$R_0$  – điện trở tương ứng ở  $0^\circ\text{C}$  ;

A, B – các hàng số phụ thuộc vào tính chất vật lý của chất bán dẫn ;

T – nhiệt độ Kelvin

Nhiệt kế bán dẫn dạng hạt (hình 4.1. i) có cấu tạo gồm hạt bán dẫn 1 ; dây bạch kim 2 ; bình thuỷ tinh 3 và dây Nicrôm 4. Loại nhiệt kế này có trị số định mức ở nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  là  $2700 \Omega$ , phạm vi nhiệt độ sử dụng từ  $60 \div 120^\circ\text{C}$ , nó có thể áp dụng cho các đối tượng có kích thước nhỏ.

\* *Cảm biến nhiệt độ vi mạch điện tử* là loại cảm biến được chế tạo bởi sự kết hợp giữa các cảm biến nhiệt độ với các mạch điện tử. Một số đại diện của loại cảm biến này là : Vi mạch LM335 là loại diod zenor (hình 4.1.k)

## 4.2. KHUẾCH ĐẠI TỪ

Trong các sơ đồ đồ tự động điều khiển hiện đại các bộ khuếch đại từ thường được áp dụng rất rộng rãi để khuếch đại các tín hiệu.

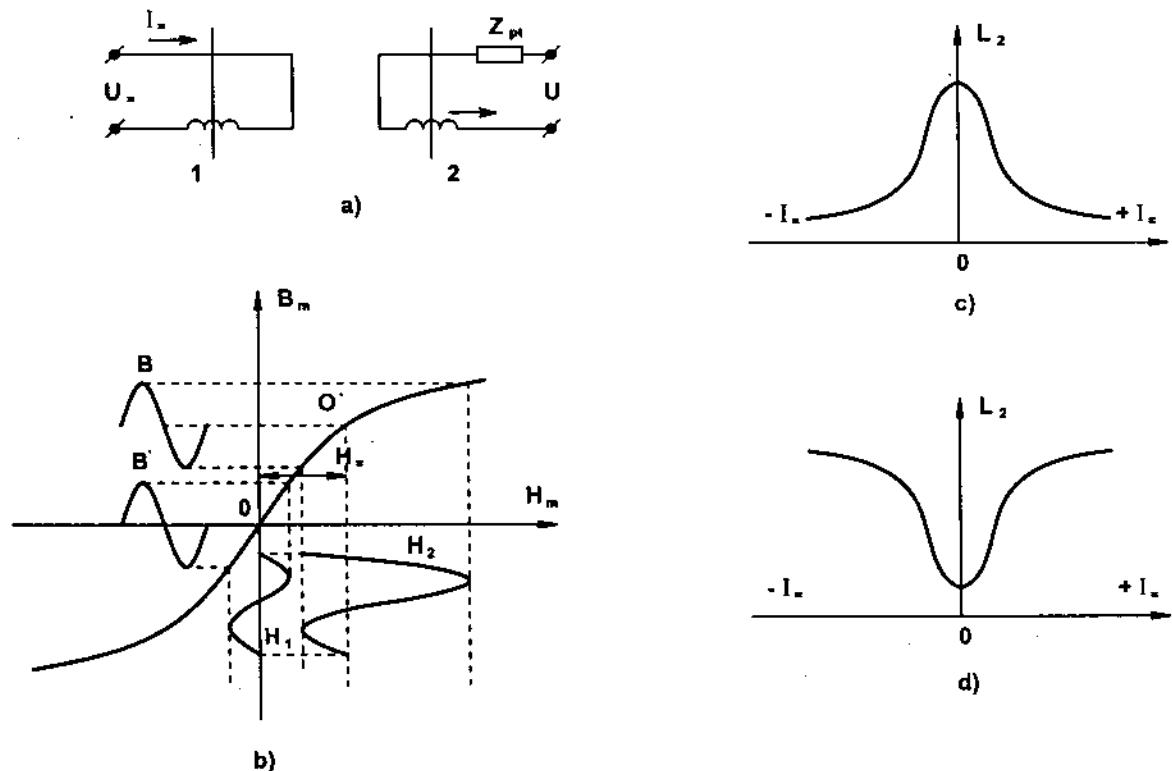
### 4.2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Khuếch đại từ có cấu tạo cực kỳ đơn giản, gồm một lõi thép và các cuộn dây làm việc và cuộn dây điều khiển. Nguyên lý hoạt động của khuếch đại từ được thể hiện trên

hình 4.2. Tín hiệu vào là điện áp một chiều đưa đến cuộn dây 1. Cuộn dây 2 được cung cấp từ nguồn xoay chiều qua điện trở phụ tải  $Z_{pt}$ . Quan hệ phụ thuộc giữa cảm ứng từ  $B_m$  và cường độ từ trường  $H_m$  là đường cong đối xứng qua gốc toạ độ (hình 4.2.b). Khi có sự từ hoá bởi từ trường  $H_0$ , điểm 0 được dịch chuyển lên khoảng phi tuyến của đường cong từ hoá  $0'$ . Quan sát đường đặc tính từ hoá  $B_m = f(H_m)$ , ta thấy với cùng một biến độ cảm ứng từ  $B_m$ , biến độ của cường độ từ trường  $H_m$  tăng lên rất đáng kể, còn độ từ thẩm của mạch từ  $\mu_a$  giảm nhiều ( $\mu_a = \frac{B_m}{H_m}$ ). Điện cảm của cuộn dây 2 thay đổi phụ thuộc vào độ từ thẩm theo biểu thức

$$L_2 = \frac{S \cdot \omega^2 \cdot 10^{-8}}{1} \mu_a \quad (4.1)$$

Trong đó :  $\omega$ ,  $l$ ,  $S$  – tương ứng là số vòng dây, chiều dài và diện tích tiết diện của mạch từ.



Hình 4.2. Sơ đồ giải thích nguyên lý làm việc của khuếch đại từ

- Sơ đồ các cuộn dây của khuếch đại từ ;
- Đường đặc tính từ hoá ;
- Đường đặc tính của điện cảm cuộn dây 2 phụ thuộc vào dòng điện điều khiển  $I_0$  ;
- Đường đặc tính phụ thuộc của dòng phụ tải vào dòng điện điều khiển  $I_0$ .

Sự phụ thuộc của dòng điện phụ tải  $I$  vào dòng điện từ hoá gọi là đặc tính điều khiển. Nếu đường đặc tính từ hoá có độ dốc của phần tuyến tính lớn, thì với một sự thay đổi nhỏ của tín hiệu đầu vào  $\Delta I_0$ , dòng xoay chiều, điện áp và công suất phụ tải sẽ thay đổi rất

đáng kể. Phân biệt các hệ số khuếch đại dòng  $k_i$ , khuếch đại điện áp  $k_u$  và khuếch đại công suất  $k_p$ . Các hệ số này được biểu thị như sau :

$$k_i = \frac{\Delta I}{\Delta I_{\text{--}}} = k_f \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (4.2)$$

$$k_u = \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{--}}} = \frac{\Delta I \cdot Z_{\text{pt}}}{\Delta I_{\text{--}} r_1} = k_i \frac{Z_{\text{pt}}}{r_1} \quad (4.3)$$

$$k_p = \frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{--}}} = \frac{(\Delta I)^2 \cdot Z_{\text{pt}}}{(\Delta I_{\text{--}})^2 r_1} = (k_i)^2 \frac{Z_{\text{pt}}}{r_1} \quad (4.4)$$

$r_1, \omega_1$  – điện trở và số vòng dây của cuộn dây điều khiển ;

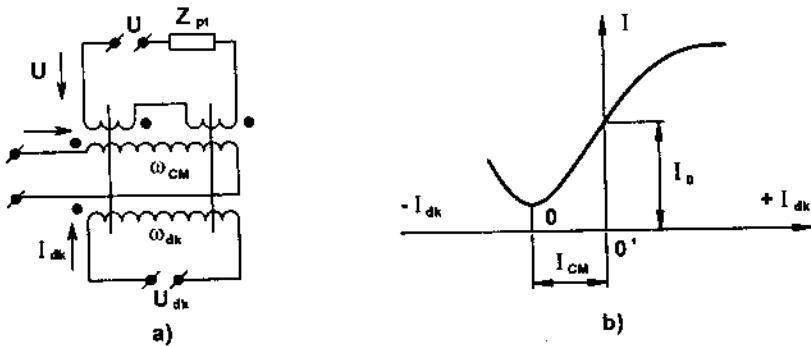
$\omega_2$  – số vòng dây của cuộn dòng xoay chiều ;

$k_f$  – hệ số hình dạng của đường cong điện áp.

Sơ đồ khuếch đại từ trên có nhược điểm cơ bản là khi có dòng điện xoay chiều chạy trong cuộn dây 2 thì trong cuộn dây điều khiển 1 sinh ra một suất điện động làm cản trở sự điều khiển và sai lệch tín hiệu vào. Suất điện động sinh ra trong cuộn dây 1 có thể đạt đến giá trị lớn hơn nhiều so với điện áp trên cuộn dây 2.

#### 4.2.2. Khuếch đại từ với cuộn dây chuyển vị

Để khắc phục sự xuất hiện của suất điện động trong cuộn dây điều khiển 1, người ta chế tạo khuếch đại từ với lõi thép hai trụ (hình II) hoặc 3 trụ (hình III) với sự phân bố các cuộn dây như hình 4.3). Các cuộn dây điều khiển được quấn trên các trụ phía trong, còn cuộn dây dòng điện xoay chiều thì được quấn trên các trụ biên sao cho từ thông ở các trụ giữa có giá trị bằng nhau nhưng có hướng ngược chiều, khi đó tổng từ thông ở các trụ giữa sẽ bằng 0, do đó sẽ không sinh ra suất điện động trên cuộn dây điều khiển.



Hình 4.3. Sơ đồ giải khuếch đại từ với cuộn dây chuyển vị (a) và đặc tính điều khiển (b)

Máy khuếch đại từ với cấu trúc như trên có quán tính rất lớn, quán tính này phụ thuộc vào hằng số thời gian  $T$

$$T = \frac{L_1}{r_1} = \frac{1}{4f} \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \frac{r_{ra}}{r_1} \quad (4.5)$$

$r_{ra}$  – tổng trở của mạch ra ;

$f$  – tần số của điện áp cung cấp.

Giữa hằng số thời gian và hệ số khuếch đại có mối liên hệ chặt chẽ với nhau

$$k_p = k_i^2 \frac{r_{ra}}{r_1} \approx \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \frac{r_{ra}}{r_1}$$

Từ đó

$$T = \frac{k_p}{4f} \quad (4.6)$$

Từ biểu thức (4.6) có thể nhận thấy rằng để giảm quán tính của khuếch đại từ cần phải tăng tần số  $f$  của nguồn nuôi, hoặc là giảm hệ số khuếch đại, tuy nhiên việc giảm hệ số khuếch đại sẽ không mang lại hiệu quả đáng kể. Ngay cả khi hệ số  $k_p = 1$  thì hằng số thời gian vẫn bằng một phần tư chu kỳ của điện áp nguồn nuôi, tức là nếu  $f = 50$  Hz thì  $T = 0,005$  giây. Để giảm quán tính, cách tốt nhất là mắc nối tiếp nhiều khuếch đại từ với nhau tạo thành khuếch đại từ nhiều cấp. Khi đó hệ số khuếch đại bằng tích của các hệ số khuếch đại thành phần. Điểm khác biệt của sơ đồ khuếch đại từ hình 4.3. là trên trụ giữa có mắc thêm một cuộn dây chuyển vị  $\omega_{CV}$  được cung cấp từ nguồn điện một chiều. Vai trò chủ yếu của cuộn dây này là điều khiển sự biến đổi của dòng điện phụ tải tuỳ thuộc vào sự thay đổi các cực tính của dòng điều khiển.

Khi chỉ có dòng điện trong cuộn dây chuyển vị, còn dòng điện điều khiển bằng không  $I_{dk} = 0$  thì dòng điện phụ tải không phải có trị số cực tiểu mà nhận một giá trị phụ thuộc vào sự từ hoá ban đầu. Như vậy điểm không của dòng điện điều khiển được chuyển sang vị trí của đường đặc tính có độ cong lớn hơn (hình 4.3.b). Giá trị dòng điện phụ tải  $I$  sẽ tăng lên hoặc giảm đi phụ thuộc vào cực tính của dòng điện điều khiển  $I_{dk}$ . Giá trị của hệ số khuếch đại của khuếch đại từ với cuộn dây chuyển vị sẽ lớn hơn rất nhiều so với các khuếch đại từ bình thường.

#### 4.2.3. Khuếch đại từ có phản hồi

Để nâng cao hiệu quả của khuếch đại từ người ta chế tạo chúng với cuộn dây phản hồi (hình 4.4). Dòng điện xoay chiều sau khi được biến đổi thành dòng một chiều bởi một cầu chỉnh lưu, được đưa tới cuộn dây phản hồi để tạo ra một lực từ hoá phụ tỷ lệ với cường độ dòng điện phụ tải  $I$ , làm cho dòng điện ở đầu ra tăng lên, do đó làm tăng hệ số khuếch đại. Đặc tính phụ thuộc của cuộn dây phản hồi ngược được thể hiện bởi đường thẳng 0A (hình 4.4.a).

Cường độ từ trường tổng hợp một chiều có giá trị

$$H_+ = H_{ph} + H_{dk} \quad (4.7)$$

$H_{ph}$  – cường độ từ trường của cuộn dây phản hồi ;

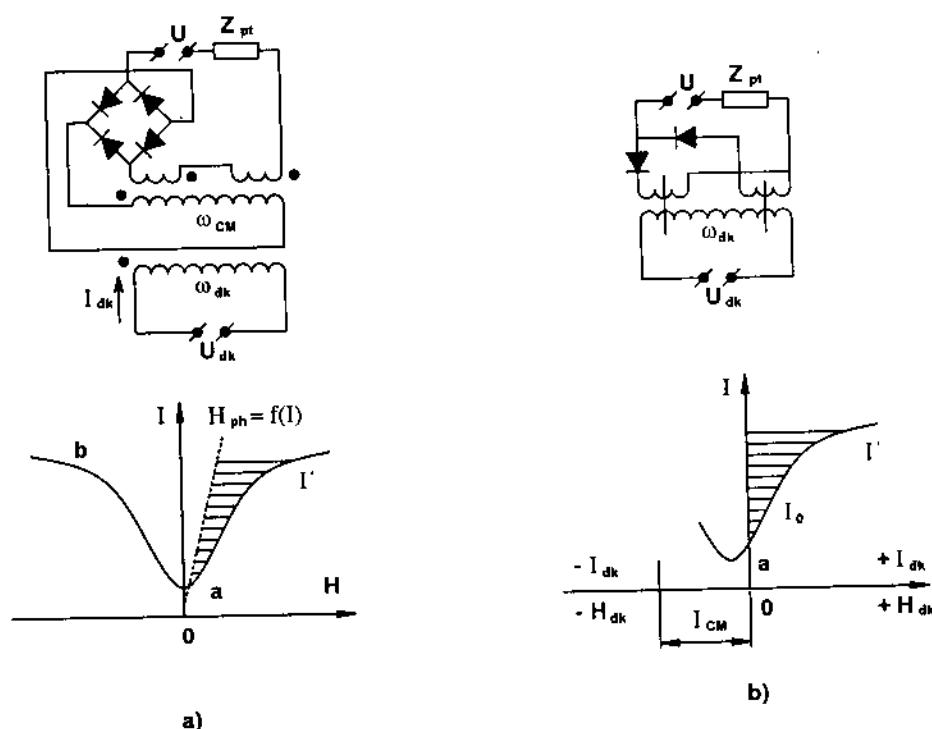
$H_{dk}$  – cường độ từ trường của cuộn điều khiển.

Khi không có tín hiệu điều chỉnh, dòng điện phụ tải ban đầu sẽ có giá trị tương ứng với điểm cắt nhau giữa đường thẳng  $0A$  với đường đặc tính của khuếch đại từ (điểm  $a$  trên hình 4.4.a). Để xây dựng đặc tính của khuếch đại từ với phản hồi ngược cần phải xác định sự phụ thuộc

$$I = f(H_{dk}) = f(H_{-} - H_{ph})$$

Kết quả nhận được đường đặc tính không đối xứng thể hiện trên hình 4.4.b. Sự không đối xứng xuất hiện là do phần phải của cuộn dây phản hồi và cuộn dây điều khiển đều đấu theo chiều thuận, còn phần trái lại được đấu theo chiều nghịch. Nói cách khác, nhánh phải tương ứng với sự phản hồi dương và nhánh trái tương ứng với phản hồi âm. Khi có sự phản hồi thì lực từ hoá được biểu thị dưới dạng

$$I \cdot \omega = I_{dk} \cdot \omega_{dk} \pm I_{ph} \cdot \omega_{ph} \quad (4.8)$$



**Hình 4.4.** a) Sơ đồ khuếch đại từ với phản hồi ngoài và đặc tính điều khiển ;  
b) Sơ đồ khuếch đại từ với phản hồi trong và đặc tính điều khiển

Dấu (+) ứng với phản hồi dương và dấu (-) ứng với phản hồi âm. Nếu bỏ qua hệ số chỉnh lưu, có thể coi  $I \approx I_{ph}$ , lúc đó

$$I \cdot \omega = I_{dk} \cdot \omega_{dk} \pm I \cdot \omega_{ph} \quad (4.9)$$

hay

$$I = \frac{\omega_{dk}}{\omega} \frac{I_{dk}}{1 \pm \frac{\omega_{ph}}{\omega}} \quad (4.10)$$

Đặt  $k_{ph} = \frac{\omega_{ph}}{\omega}$  và gọi là hệ số phản hồi, có thể dễ dàng nhận thấy các hệ số của khuếch đại từ với cuộn dây phản hồi được xác định

$$k_{i,ph} = \frac{k_i}{1 - k_{ph}} \quad (4.11)$$

$$k_{U,ph} = \frac{k_U}{1 - k_{ph}} \quad (4.12)$$

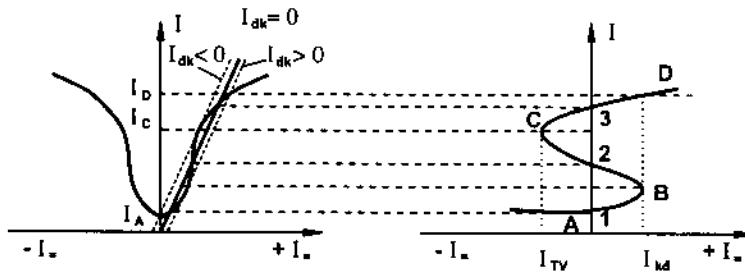
$$k_{P,ph} = \frac{k_P}{(1 - k_{ph})^2} \quad (4.13)$$

$$\text{và hằng số thời gian } T_{ph} = \frac{\cdot T}{1 - k_{ph}} \quad (4.14)$$

Như vậy khi hệ số phản hồi tăng thì hệ số khuếch đại sẽ tăng và khi  $k_{ph} \geq 1$  thì sẽ chuyển sang chế độ role. Phân biệt 2 loại khuếch đại từ phản hồi là phản hồi ngoài (hình 4.4.a) và phản hồi trong (4.4.b). Trong khuếch đại từ phản hồi trong tổn thất trong các cuộn dây giảm đi rất nhiều, do đó hiệu suất của khuếch đại từ tăng, công suất cực đại cũng tăng do điều kiện phát nóng được cải thiện hơn. Tuy nhiên khuếch đại từ phản hồi ngoài lại có ưu điểm là có độ linh hoạt cao vì hệ số phản hồi được thiết lập đơn giản hơn.

#### 4.2.4. Chế độ role của khuếch đại từ

Khi hệ số phản hồi  $k_{ph}$  có giá trị lớn hơn 1 thì khuếch đại từ sẽ chuyển sang chế độ làm việc không tiếp điểm, tức là chế độ role. Khi hệ số phản hồi lớn thì khi dòng điều khiển bằng 0 đường đặc tính tuyến tính của khuếch đại từ sẽ cắt đường đặc tính ban đầu của nó tại các điểm 1, 2, 3 (hình 4.5). Nếu dòng điều khiển khác không ( $I_{dk} \neq 0$ ), thì các đường thẳng sẽ chuyển dịch song song sang phải hoặc sang trái, phụ thuộc vào chiều của dòng điều khiển là dương hay âm.



Hình 4.5. Đặc tính của khuếch đại từ ở chế độ role

Nếu dòng điều khiển tăng lên từ từ thì điểm 1 được chuyển dần sang vị trí của điểm B. Cứ tăng tiếp dòng  $I_{dk}$  đến giá trị khởi động  $I_{kd}$ , thì điểm làm việc sẽ nhảy sang vị trí của điểm D và dòng điện phụ tải sẽ tăng đến giá trị  $I_D$ , rồi sau đó sẽ biến đổi không nhiều

lầm. Nếu bây giờ giảm dòng điều khiển  $I_{dk}$  xuống đến giá trị 0 rồi sau đó tăng lên theo hướng âm đến giá trị  $I_{OT}$ , thì dòng điện phụ tải sẽ thay đổi theo đường cong D3C. Khi cho dòng  $I_{dk}$  tiếp tục biến đổi thì dòng phụ tải  $I$  sẽ nhảy đột biến sang vị trí  $I_A$ . Như vậy giá trị  $I_{dk} = I_{kd}$  tương ứng với dòng khởi động và sẽ tương ứng với dòng trở về của rơle không tiếp điểm ( $I_{dk} = I_{tv}$ ).

Rơle không tiếp điểm có thể dùng để điều chỉnh cực tính của tín hiệu điều khiển, nó được áp dụng rộng rãi trong các sơ đồ tự động điều khiển. Nhược điểm cơ bản của loại rơle này là dòng khởi động và dòng trở về phụ thuộc vào giá trị điện áp của nguồn nuôi và điện trở của phụ tải, ngoài ra kích thước của nó lớn hơn so với các loại rơle điện tử thông thường.

### 4.3. BỘ LỌC CÁC THÀNH PHẦN ĐỔI XỨNG

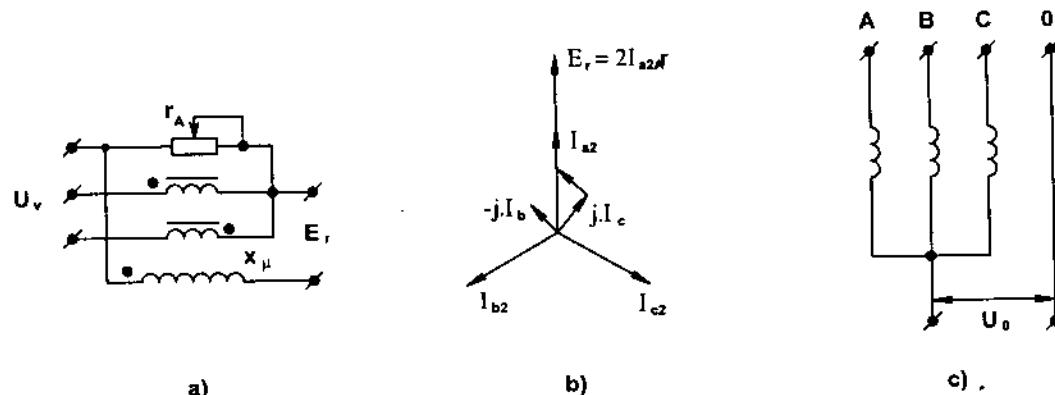
#### 4.3.1. Bộ lọc thứ tự nghịch

Sơ đồ bộ lọc thứ tự nghịch được thể hiện trên hình 4.6. Quá trình lọc thứ tự nghịch được thực hiện bởi sự kết hợp giữa điện trở tác dụng  $r_A$  mắc ở pha A và điện trở hổ cám  $x_\mu$  giữa mỗi cuộn dây sơ cấp máy biến áp lọc và cuộn thứ cấp của nó

$$r_A = \sqrt{3} \cdot x_\mu \quad (4.15)$$

Suất điện động ở đầu ra của bộ lọc được xác định theo biểu thức

$$E_r = I_a r_A - j I_b x_\mu + j I_c x_\mu \quad (4.16)$$



Hình 4.6. Sơ đồ bộ lọc thứ tự nghịch (a); biểu đồ vector của bộ lọc thứ tự nghịch (b) và sơ đồ bộ lọc thứ tự không (c)

Khi cấp cho bộ lọc một suất điện động thứ tự thuận và thứ tự nghịch ta có

$$E_1 = I_{a1} r_A - j I_{b1} x_\mu + j I_{c1} x_\mu = I_{a1} r_A - j a^2 I_{a1} x_\mu + j a \cdot I_{a1} x_\mu = 0 \quad (4.17)$$

$$E_2 = I_{a2} r_A - j I_{b2} x_\mu + j I_{c2} x_\mu = I_{a2} r_A - j a I_{a2} x_\mu + j a^2 \cdot I_{a2} x_\mu = 2 \cdot I_{a2} r_A \quad (4.18)$$

Phân tích biểu thức (4.17) và (4.18) ta nhận thấy bộ lọc chỉ cho tín hiệu của thành phần thứ tự nghịch.

### 4.3.2. Sơ đồ bộ lọc thứ tự không

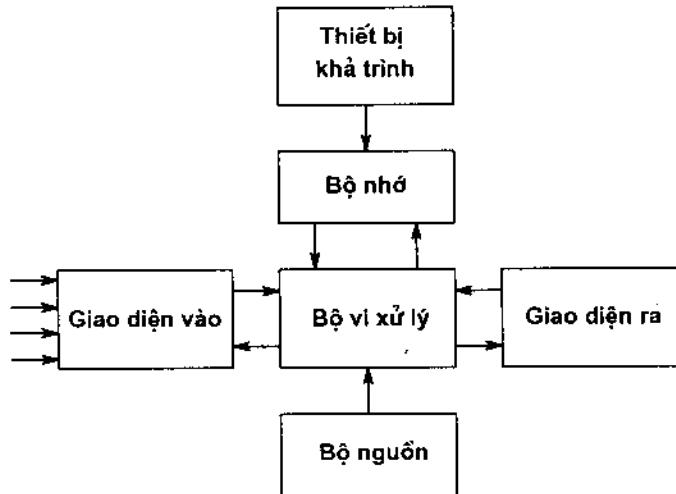
Bộ lọc thứ tự không là một thiết bị có cấu tạo hết sức đơn giản (hình 4.6.b). Điện áp ra của bộ lọc thứ tự không, như đã biết, có thể được xác định theo biểu thức

$$\overline{U}_0 = \frac{1}{3}(\overline{U}_A + \overline{U}_B + \overline{U}_C)$$

Người ta chế tạo máy biến dòng thứ tự không gồm một mạch từ ôm gọn cả 3 dây pha thường được lắp ngay trong các phễu cáp (xem hình 11.4.a).

## 4.4. THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN LOGIC KHẢ TRÌNH – PLC

Thiết bị điều khiển logic khả trình (có thể lập trình được) gọi là PLC (Programmable Logic Control) xuất hiện lần đầu tiên vào năm 1969, là thiết bị điều khiển logic lập trình được, cho phép thực hiện linh hoạt các thuật toán điều khiển thông qua ngôn ngữ lập trình. Thiết bị có tính năng đặc biệt là sử dụng bộ nhớ khả trình để lưu trữ các lệnh và thực hiện các chức năng khác nhau của sơ đồ điều khiển các quá trình trong sản xuất. Mặc dù sử dụng các ngôn ngữ lập trình, nhưng PLC không yêu cầu kiến thức cao về vi tính đối với những người vận hành. Thiết bị PLC có thể sử dụng cho nhiều hệ thống điều khiển. Để sửa đổi các quy tắc và hệ thống điều khiển, người sử dụng chỉ việc nhập các tập lệnh khác. Thiết bị PLC thông dụng bao gồm 5 bộ phận cơ bản là: bộ vi xử lý, bộ nhớ, bộ nguồn, giao diện vào–ra và thiết bị lập trình (hình 4.7).



Hình 4.7. Sơ đồ khối thiết bị PLC

\* *Bộ vi xử lý* làm nhiệm vụ biên dịch các tín hiệu vào và thực hiện các hoạt động điều khiển theo chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, truyền các quyết định dưới dạng tín hiệu đến các cơ cấu thửa hành.

\* *Bộ nguồn* có nhiệm vụ chuyển đổi điện áp xoay chiều AC thành điện áp thấp một chiều DC (cỡ 5V) cần thiết cho bộ vi xử lý và các mạch điện khác.

\* *Thiết bị lập trình* cho phép soạn thảo chương trình để đưa đến bộ nhớ.

\* *Bộ nhớ* có nhiệm vụ lưu giữ các chương trình sử dụng cho các hoạt động điều khiển dưới sự giám sát kiểm tra của bộ vi xử lý.

\* *Các giao diện vào và ra* là nơi tiếp nhận các tín hiệu từ các thiết bị ngoại vi và truyền đến các cơ cấu thửa hành. Các kênh vào–ra có các chức năng cò lập và điều hoà tín hiệu sao cho các bộ cảm biến và các cơ cấu thửa hành có thể được nối trực tiếp với chúng.

Dữ liệu giữa các PLC hoặc giữa PLC và máy tính có thể được trao đổi bằng cách ghép nối qua bộ chuyển đổi RS232 hoặc RS485.

## Tóm tắt chương 4

### Cảm biến và role không điện, áp dụng trong các sơ đồ tự động điều khiển

Cảm biến là thiết bị thu nhận các tín hiệu cần thiết phục vụ cho quá trình tự động điều khiển. Một số cảm biến không điện thường được áp dụng rộng rãi trong thực tế là cảm biến áp suất, cảm biến mức nước, cảm biến tốc độ, cảm biến nhiệt độ, độ ẩm v.v...

### Khuếch đại từ

Khuếch đại từ là thiết bị dùng để khuếch đại tín hiệu, làm việc trên cơ sở điện từ. Các hệ số khuếch đại dòng, áp và công suất được biểu thị như sau :

$$\begin{aligned} k_i &= \frac{\Delta I}{\Delta I_{\text{v}}^{\text{v}}} = k_f \frac{\omega_1}{\omega_2} \\ k_u &= \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{v}}^{\text{v}}} = \frac{\Delta I \cdot Z_{\text{pt}}}{\Delta I_{\text{v}}^{\text{v}} r_1} = k_i \frac{Z_{\text{pt}}}{r_1} \\ k_p &= \frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{v}}^{\text{v}}} = \frac{(\Delta I)^2 \cdot Z_{\text{pt}}}{(\Delta I_{\text{v}}^{\text{v}})^2 r_1} = (k_i)^2 \frac{Z_{\text{pt}}}{r_1} \end{aligned}$$

Khuếch đại từ với cuộn dây chuyển vị cho phép điều khiển sự biến đổi của dòng điện phụ tải phụ thuộc vào sự thay đổi các đặc tính của dòng điều khiển nhờ cuộn chuyển vị. Khi chỉ có dòng điện trong cuộn dây chuyển vị, còn dòng điện điều khiển bằng không  $I_{dk} = 0$  thì dòng điện phụ tải sẽ nhận một giá trị phụ thuộc vào sự từ hóa ban đầu. Như vậy điểm không của dòng điện điều khiển được chuyển sang vị trí của đường đặc tính có độ cong lớn hơn.

Khuếch đại từ có phản hồi cho phép nâng cao hiệu quả của khuếch đại từ. Khi có sự phản hồi thì lực từ hóa được biểu thị dưới dạng

$$I \cdot \omega = I_{dk} \cdot \omega_{dk} \pm I_{ph} \cdot \omega_{ph}$$

Các hệ số của khuếch đại từ với cuộn dây phản hồi được xác định

$$\begin{aligned} k_{i,ph} &= \frac{k_i}{1 - k_{ph}} \\ k_{u,ph} &= \frac{k_u}{1 - k_{ph}} \\ k_{p,ph} &= \frac{k_p}{(1 - k_{ph})^2} \end{aligned}$$

$$\text{và hằng số thời gian } T_{ph} = \frac{T}{1 - k_{ph}}$$

Như vậy khi hệ số phản hồi tăng thì hệ số khuếch đại sẽ tăng và khi  $k_{ph} \geq 1$  thì sẽ chuyển sang chế độ role.

Chế độ role của khuếch đại từ xuất hiện khi hệ số phản hồi  $k_{ph}$  có giá trị lớn hơn 1, tức là khuếch đại từ làm việc như là một role không tiếp điểm.

**Bộ lọc các thành phần đối xứng****Bộ lọc thứ tự nghịch**

Khi cấp cho bộ lọc một suất điện động thứ tự thuận thì tín hiệu đầu ra sẽ bằng 0, còn khi cấp cho nó một suất điện động thứ tự nghịch thì sẽ có một giá trị suất điện động ở đầu ra.

$$E_1 = I_{a1}r_A - jI_{b1}x_\mu + jI_{c1}x_\mu = I_{a1}r_A - ja^2I_{a1}x_\mu + ja.I_{a1}x_\mu = 0$$

$$E_2 = I_{a2}r_A - jI_{b2}x_\mu + jI_{c2}x_\mu = I_{a2}r_A - jaI_{a2}x_\mu + ja^2.I_{a2}x_\mu = 2.I_{a2}r_A$$

**Sơ đồ bộ lọc thứ tự không**

Điện áp ra của bộ lọc thứ tự không được xác định theo biểu thức

$$\bar{U}_0 = \frac{1}{3}(\bar{U}_A + \bar{U}_B + \bar{U}_C)$$

**Thiết bị điều khiển logic khả trình – PLC**

Thiết bị điều khiển logic khả trình PLC là thiết bị điều khiển logic lập trình được, cho phép thực hiện linh hoạt các thuật toán điều khiển thông qua ngôn ngữ lập trình.

**Câu hỏi ôn tập**

1. Hãy trình bày một số loại cảm biến không điện thông dụng nhất
2. Khuếch đại từ là gì ? Hãy trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của nó
3. Hãy cho biết đặc điểm và tác dụng của khuếch đại từ có phản hồi
4. Hãy trình bày những hiểu biết về các bộ lọc thành phần đối xứng
5. PLC là gì ? Hãy giới thiệu những nét cơ bản về thiết bị này

**Modul 2**

**NGUYÊN LÝ THỰC HIỆN BẢO VỆ ROLE**

## Chương 5

# BẢO VỆ QUÁ DÒNG ĐIỆN

## 5.1. ĐẠI CƯƠNG

Bảo vệ quá dòng (overcurrent protection) là bảo vệ tác động khi giá trị dòng điện chạy trong mạch vượt quá ngưỡng cho phép xác định nào đó. Đây là loại bảo vệ đơn giản và hiệu quả nhất, vì vậy nó được áp dụng hết sức rộng rãi trong mọi mạng điện. Chức năng chính của bảo vệ quá dòng là chống các hiện tượng ngắn mạch, kể cả ngắn mạch chạm đất xảy ra trong hệ thống điện. Để đảm bảo tính chọn lọc của bảo vệ có thể thực hiện theo 2 nguyên lý: bảo vệ quá dòng có thời gian duy trì và bảo vệ quá dòng tác động tức thời chính xác theo dòng ngắn mạch ngoài. Bảo vệ thực hiện theo nguyên lý đầu gọi là bảo vệ dòng điện cực đại (BVI>) và theo nguyên lý thứ 2 gọi là bảo vệ cắt nhanh (BVI>>). Cần phân biệt bảo vệ quá dòng và bảo vệ quá tải (overload protection), trong trường hợp đầu đại lượng giám sát là dòng điện sự cố chạy qua đối tượng, còn ở trường hợp thứ hai là nhiệt độ. Miền làm việc của bảo vệ quá tải chỉ biến thiên trong lân cận giá trị dòng điện định mức của đối tượng bảo vệ.

Bảo vệ quá dòng có vùng tác động thay đổi phụ thuộc vào tình trạng sự cố và chế độ của hệ thống điện, do đó có thể sẽ có một số phần nào đó của đối tượng không được bảo vệ. Để hạn chế điều đó người ta thường kết hợp các bảo vệ khác nhau và các bảo vệ quá dòng thường phải được bố trí sao cho các vùng tác động của nó lấn sang các vùng của bảo vệ khác.

## 5.2. BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CỰC ĐẠI

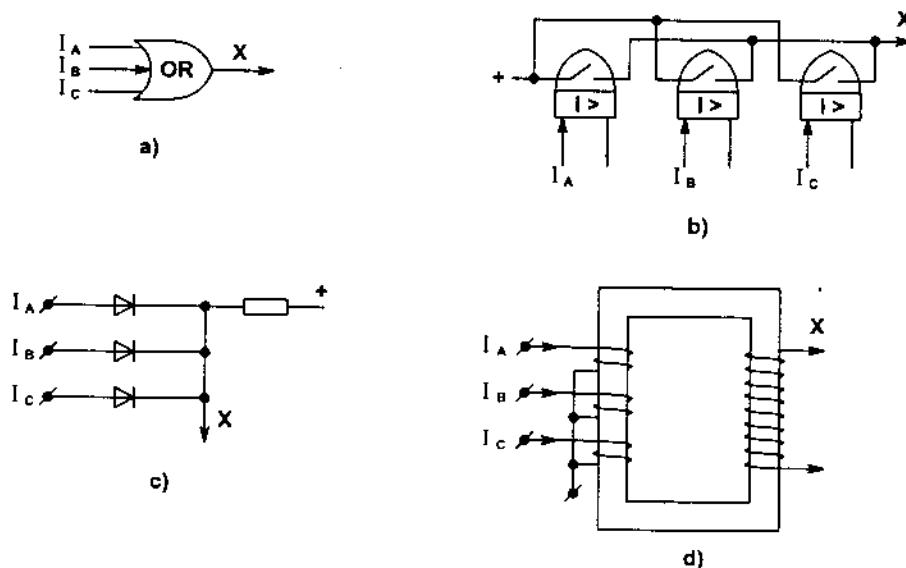
### 5.2.1. Nguyên lý tác động của bảo vệ dòng điện cực đại

Bảo vệ dòng điện cực đại là một trong những bảo vệ đơn giản nhất, được xây dựng trên đặc điểm tăng dòng điện khi xảy ra sự cố ngắn mạch. Nếu giá trị của dòng điện chạy trong mạch lớn hơn giá trị dòng điện khởi động, được chỉnh định theo điều kiện làm việc nặng nề nhất của mạng điện thì bảo vệ dòng cực đại sẽ tác động.

Để giám sát dòng điện trên tất cả các pha, bảo vệ dòng điện cực đại được thực hiện với sơ đồ logic "HOẶC". Sơ đồ cấu trúc của bảo vệ được thể hiện trên hình 5.1.a. Bảo vệ dòng điện cực đại có thể được thực hiện bởi các role điện tử (hình 5.1.b), bằng mạch bán dẫn diode (hình 5.1.c), bằng mạch điện tử (hình 5.1.d) hoặc bằng role số.

Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại đối với mạng điện một nguồn cung cấp được thể hiện trên hình 5.2. Giả sử có 3 phần tử cần bảo vệ, mỗi phần tử có một bảo vệ riêng, đặt ở phía nguồn cung cấp. Khi có ngắn mạch xảy ra tại điểm  $N_1$ , dòng điện ngắn mạch  $I_{k1}$  sẽ

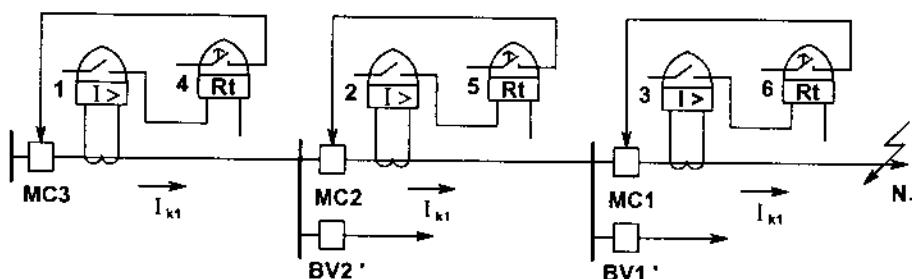
chạy qua cả 3 bảo vệ 1, 2 và 3, để đảm bảo tính chọn lọc, chỉ máy cắt MC1 tác động cắt điểm ngắn mạch ra khỏi mạng. Để thực hiện được điều đó cần phải đặt thời gian tác dụng của bảo vệ 1 nhỏ hơn của bảo vệ 2 và bảo vệ 3, tức là  $t_1 < t_2 < t_3$ . Như vậy theo nguyên lý tác động thì bảo vệ dòng điện cực đại có 2 tham số đặc trưng là dòng khởi động  $I_{kd}$  và thời gian duy trì của bảo vệ  $t_{bv}$ .



**Hình 5.1** : Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại

- a) Sơ đồ cấu trúc bảo vệ quá dòng ; b) thực hiện bằng rơle tiếp điểm ;  
c) thực hiện bằng diốt ; d) thực hiện bằng điện từ .

Mặc dù bảo vệ dòng điện cực đại được áp dụng rất rộng rãi trong các sơ đồ bảo vệ rơle, nhưng do cần phải có duy trì thời gian để đảm bảo sự chọn lọc, cho nên đôi khi bảo vệ này không thể đáp ứng được các yêu cầu nhanh nhạy, vì vậy bảo vệ này thường đóng vai trò phụ trợ cho các bảo vệ khác có độ nhạy cao hơn.



**Hình 5.2.** Sơ đồ nguyên lý bảo vệ dòng điện cực đại

### 5.2.2. Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại

#### a) Dòng điện khởi động

Dòng điện khởi động (pick-up current) của bảo vệ dòng cực đại được chọn theo các điều kiện sau :

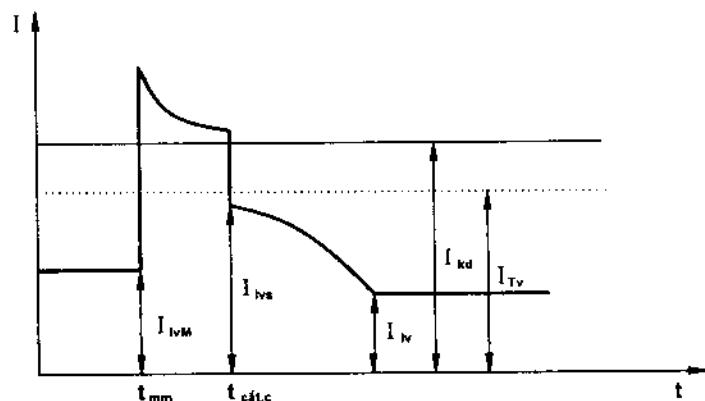
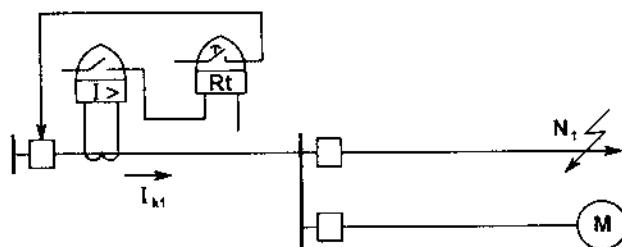
– Role không tác động ở chế độ phụ tài cực đại :  $I_{kd} \geq I_{lvM}$  ;

Trong đó :  $I_{kd}$  – dòng khởi động của bảo vệ role ;

$I_{lyM}$  – dòng điện làm việc cực đại.

– Rơ le sau khi tác động phải trở về một cách chắc chắn, tức là dòng điện trở về (reset)  $I_{tv}$  phải lớn hơn dòng làm việc cực đại ở chế độ sau sự cố  $I_{1vs}$  :  $I_{tv} \geq I_{1vs}$

Khi xảy ra ngắn mạch, điện áp trong mạng điện bị tụt, một số động cơ gần đó có thể bị dừng lại, sau khi sự cố được cắt ra các động cơ này sẽ tự mở máy trở lại, do vậy dòng điện sau sự cố sẽ lớn hơn dòng điện làm việc bình thường (hình 5.3).



**Hình 5.3.** Giải thích cách chọn dòng khởi động của bảo vệ dòng điện cực đại  
a) Sơ đồ mang điện ; b) Biểu đồ biến đổi của dòng điện khi ngắn mạch

$$I_{lys} = k_{mm} I_{lyM} \quad (5.1)$$

$k_{mm}$  – hệ số mở máy trung bình của các động cơ,  $k_{mm}=2 \div 3,5$

Vì dòng điện trở về luôn luôn nhỏ hơn dòng khởi động nên chỉ cần quan tâm đến điều kiện thứ hai. Tính đến khả năng tác động thiếu chính xác của bảo vệ cần thêm vào biểu thức một hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,1 \div 1,2$ , như vậy

$$I_{tv} = k_{tc} k_{mm} I_{tvMax} \quad (5.2)$$

### Mà hẽ sõ trả về

$$k_{tv} = \frac{I_{tv}}{I_{kd}} \text{ nenh } I_{kd} = \frac{I_{tv}}{k_{tv}}$$

Đối với các role điện từ hệ số trở về có giá trị trong khoảng  $0,7 \div 0,85$  còn đối với role kỹ thuật số thì  $k_{tv} = 0,95 \div 0,99$ , đôi khi có thể coi gần bằng 1.

Từ đó  $I_{kd} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}} k_{sd} k_{mm} I_{lvMaxx}$  (5.3)

Các role thường được mắc qua máy biến dòng, vì vậy *dòng khởi động của role*  $I_{kdR}$  được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = k_{sd} \frac{I_{kd}}{n_i} \quad (5.4)$$

$k_{sd}$  – hệ số sơ đồ, phụ thuộc vào sơ đồ mắc của các role :

$n_i$  – hệ số biến dòng.

Như vậy dòng khởi động của role được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} \quad (5.5)$$

Căn cứ vào giá trị của dòng khởi động của role  $I_{kdR}$  cần chọn *dòng đặt (setting current) của role*  $I_{dR}$  theo giá trị gần nhất của thang dòng điện về phía trên

$$I_{dR} \geq I_{kdR} \quad (5.6)$$

*Dòng điện khởi động thực sự của bảo vệ* dòng điện cực đại được xác định như sau :

$$I_{kdl>} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (5.7)$$

### b) Độ nhạy của bảo vệ

Độ nhạy (sensitivity) của bảo vệ được đánh giá bởi hệ số nhạy

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdl>}} = \frac{I_{k,min} k_{sd}}{I_{dR} \cdot n_i} \quad (5.8)$$

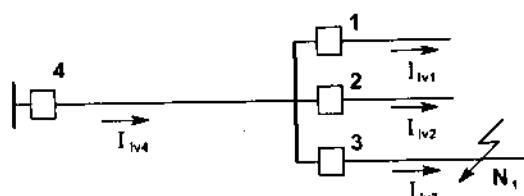
$I_{k,min}$  – dòng ngắn mạch nhỏ nhất được tính tại điểm cuối của vùng bảo vệ chính và bảo vệ dự phòng.

Giá trị cho phép của độ nhạy

$k_{nh} \geq 1,5$  đối với bảo vệ chính

$k_{nh} \geq 1,2$  đối với bảo vệ dự phòng.

Từ biểu thức (5.8) ta nhận thấy độ nhạy của bảo vệ không chỉ phụ thuộc vào giá trị của dòng ngắn mạch  $I_{kmin}$  mà còn phụ thuộc vào sơ đồ mắc của các role và giá trị dòng điện làm việc, nếu dòng làm việc càng lớn thì việc tăng độ nhạy càng khó.



Hình 5.4. Sơ đồ giải thích hệ số nhạy của bảo vệ role

Chẳng hạn trên sơ đồ hình 5.4 bảo vệ 4 cần phải đặt dòng khởi động theo dòng làm việc  $I_{IV4} = \sum I_{IVi}$ , trong khi đó các bảo vệ 1 ; 2 và 3 chỉ cần đặt dòng khởi động nhỏ hơn, mà độ nhạy lại được kiểm tra với cùng dòng ngắn mạch ở cuối đường dây tại điểm  $N_1$ .

### 5.2.3. Đặc tính thời gian của bảo vệ dòng điện cực đại

Để bảo đảm tính chọn lọc của bảo vệ, thời gian tác động của cơ cấu bảo vệ càng gần điểm ngắn mạch càng phải nhỏ. Việc phân bố thời gian giữa các bảo vệ như thế nào cho phù hợp ? Trước hết ta xét đặc tính thời gian của các bảo vệ role. Phân biệt 2 loại đặc tính thời gian : đặc tính độc lập và đặc tính phụ thuộc giới hạn.

a) **Đặc tính độc lập** là đặc tính mà thời gian tác động của role không phụ thuộc vào giá trị dòng điện chạy trong mạch (đường 1 hình 5.5).

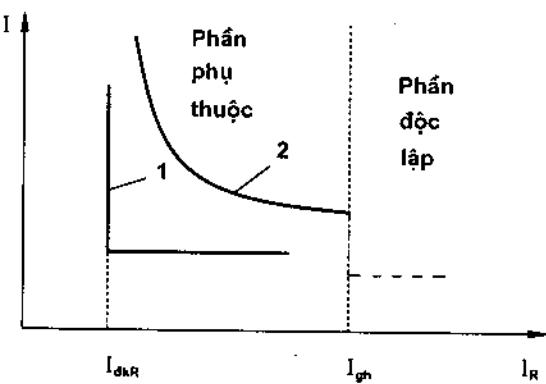
b) **Đặc tính phụ thuộc giới hạn** (đường 2 hình 5.5) có hai phần : phần thứ nhất gọi là phần phụ thuộc (đường 2 nét liền) có thời gian tác động phụ thuộc vào giá trị của dòng điện ; phần thứ hai có thời gian tác động không phụ thuộc vào giá trị dòng điện (đường nét đứt). Có nghĩa là khi giá trị dòng điện vào role  $I_R$  nhỏ hơn giá trị giới hạn  $I_{gh}$  thì thời gian tác động của role sẽ giảm theo sự tăng của dòng điện, còn khi  $I_R > I_{gh}$  thì thời gian tác động không phụ thuộc giá trị dòng điện. Phần lớn các role kỹ thuật số đều có đặc tính phụ thuộc giới hạn.

Việc áp dụng các role có đặc tính phụ thuộc và phụ thuộc giới hạn cho phép giảm đáng kể thời gian tác động chung của bảo vệ do đó nâng cao được hiệu quả của nó. Thông thường hàm phụ thuộc của thời gian được xây dựng không phải theo đối số là dòng điện mà là bội số m của nó so với dòng đặt  $I_{dR}$  của role  $t = f(m)$ , với  $m = I/I_{dR}$ . Do tính chất biến đổi ngược giữa thời gian và dòng điện nên các đặc tính có tên gọi là "đặc tính nghịch chuyển với thời gian xác định nhỏ nhất" (inverse curve with definite minimum time). Thường đối với các role số khi bội số dòng  $m > 20$  thì các đặc tính trở thành độc lập.

Để việc ghi nhớ các đường cong được dễ dàng đối với role số, người ta biểu thị các đường cong với nhiều tiêu chuẩn khác nhau :

- + Đường cong với độ dốc chuẩn (standard inverse time – SIT),
- + Đường cong rất dốc (very inverse time – VIT)
- + Đường cong cực dốc (extremely inverse time – EIT).

Trên hình 5.6. biểu thị họ các đường cong với độ dốc chuẩn. Đặc tính kiểu dốc chuẩn được áp dụng nhiều đối với các đối tượng bảo vệ có dòng ngắn mạch thay đổi ít như lưới



Hình 5.5. Đặc tính thời gian của bảo vệ dòng điện cực đại  
1. Đặc tính độc lập ; 2. Đặc tính phụ thuộc giới hạn ; 3. Đặc tính phụ thuộc

phân phối xa nguồn. Đặc tính rất dốc được áp dụng với các đối tượng bảo vệ có dòng ngắn mạch thay đổi nhiều. Đặc tính cực dốc thích hợp với đối tượng bảo vệ chống quá nhiệt như bảo vệ chống quá tải cho máy biến áp, máy phát, các động cơ v.v...

Thời gian tác động thực tế của bảo vệ  $t_{td}$  được xác định theo phụ thuộc vào thời gian đặt ứng với họ đường cong theo tiêu chuẩn IEC 255-3 (Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế)

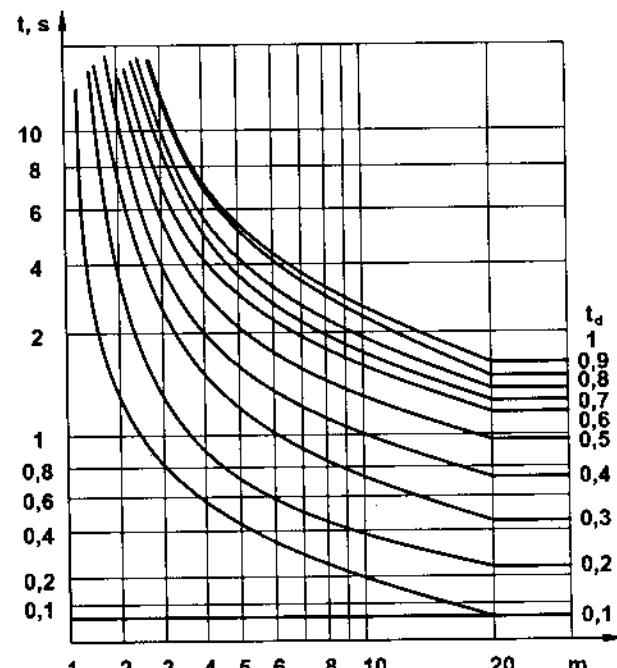
$$t_{td} = t_d \frac{k}{m^n - 1}$$

Trong đó :

$t_d$  – thời gian đặt (còn gọi là giá trị đặt số nhân thời gian)

$m$  – bội số dòng điện

$n, k$  – các hệ số phụ thuộc vào họ các đường cong, cho trong bảng sau



Hình 5.6. Đặc tính thời gian phụ thuộc với độ dốc chuẩn của rơle quá dòng kỹ thuật số

đặc tính đường cong	dốc chuẩn (SIT)	rất dốc (VIT)	cực dốc (EIT)
$n$	0,02	1	2
$k$	0,14	13,5	80

#### 5.2.4. Phối hợp bảo vệ

##### a) Sự phối hợp bảo vệ với các đặc tính thời gian độc lập

Việc phối hợp thời gian tác động của các bảo vệ có đặc tính độc lập tương đối đơn giản, ở đây không cần quan tâm đến dòng ngắn mạch cũng như dòng khởi động của các bảo vệ. Trước hết cần chọn thời gian khởi động cho bảo vệ xa nguồn nhất, trên sơ đồ hình 5.7 đó là bảo vệ 1, sau đó thêm vào một số giá thời gian cho các bảo vệ gần hơn đủ để đảm bảo độ chọn lọc cần thiết, tức là :  $t_2 = t_1 + \Delta t_1$  (5.9)

và

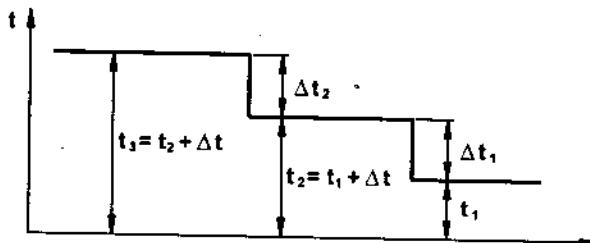
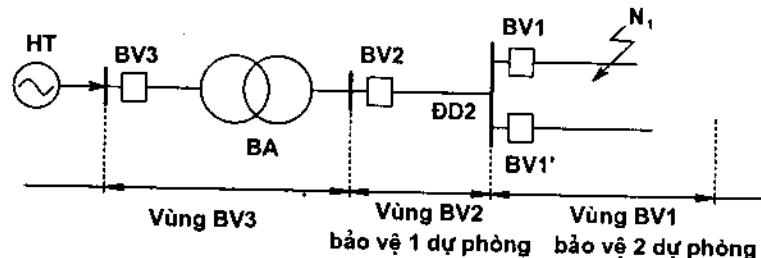
$$t_3 = t_2 + \Delta t_2$$

$\Delta t$  gọi là cấp chọn lọc về thời gian

Khi chọn  $\Delta t$  cần quan tâm 2 vấn đề sau :

$\Delta t$  cần phải nhỏ để giảm thời gian chung của các bảo vệ ở gần nguồn;

–  $\Delta t$  cần phải đủ lớn để đảm bảo tính chọn lọc. Rõ ràng 2 điều kiện trên mâu thuẫn nhau, nên việc chọn cấp thời gian giữa các bảo vệ phải đảm bảo sự hài hòa.



**Hình 5.7 :** Sơ đồ phối hợp thời gian tác động của bảo vệ role với đặc tính độc lập

Nhìn chung việc chọn  $\Delta t$  phụ thuộc vào nhiều yếu tố mà có thể nêu một số chính là

$$\Delta t = t_{MC(n-1)} + s_t \cdot t_{(n-1)} + t_{qt} + t_{dt} \quad (5.10)$$

$t_{MC(n-1)}$  – thời gian tác động của máy cắt ở bảo vệ trước đó, giá trị này đổi với một số loại máy cắt như sau :

loại máy cắt	dầu	không khí	chân không	$SF_6$
$t_{MC}$ , s	$0,08 \div 0,12$	$0,1 \div 0,2$	$0,06 \div 0,08$	$0,04 \div 0,05$

$t_{(n-1)}$  – thời gian tác động của bảo vệ đoạn trước

$s_t$  – tổng giá trị các sai số về thời gian của bảo vệ đoạn trước đó và của bản thân bảo vệ đang xét ; (với role điện tử là 0,1 ; với role số  $s_t = 0,03 \div 0,05$  ; của cầu chìa  $s_t = 0,3$ )

$t_{qt}$  – sai số do quán tính, có thể lấy bằng  $(0,03 \div 0,07s)$  ;

$t_{dt}$  – thời gian dự trữ, có thể lấy trong khoảng  $(0,06 \div 0,2s)$ .

Thường thì cấp thời gian có giá trị khoảng  $0,25 \div 0,6$  s. Nhìn chung  $\Delta t$  của các cấp khác nhau là khác nhau, tuy nhiên sự khác nhau này không đáng kể nên trong tính toán đổi khi có thể coi  $\Delta t \approx \text{const}$  đối với tất cả các cấp.

### b) Sự phối hợp bảo vệ với các đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn

Sự phối hợp thời gian bảo vệ với các đặc tính phụ thuộc giới hạn được thể hiện trên hình 5.8. Như ta thấy trên sơ đồ hình 5.8, khi điểm ngắn mạch ở xa nguồn, dòng ngắn mạch nhỏ nên thời gian tác động của bảo vệ tăng. Các bảo vệ phải được phối hợp trong

vùng giới hạn của dòng điện mà có thể cả 2 bảo vệ cùng tác động. Nếu sử dụng cùng một loại role thì chỉ cần tạo ra một cấp thời gian  $\Delta t$  giữa các đặc tính ở giá trị dòng ngắn mạch cực đại khi cả 2 bảo vệ cùng có thể tác động.

Sự phối hợp giữa bảo vệ 1 và bảo vệ 2 được thực hiện tại điểm ngắn mạch  $N_3$ , tức là tại nơi đặt bảo vệ 1, nơi mà cả hai bảo vệ 1 và 2 có thể cùng tác động. Còn sự phối hợp giữa bảo vệ 2 và 3 – tại điểm ngắn mạch  $N_2$ . Từ hình 5.8 ta nhận thấy nếu ở giá trị cực đại của dòng ngắn mạch  $I_{k3}$  đối với với bảo vệ BV1 (ngắn mạch tại đầu đường dây của BV1) ta chỉnh định hiệu số thời gian tác động của BV1 và BV2 bằng cấp chọn lọc về thời gian  $\Delta t$  thì ở chế độ cực tiểu hiệu số thời gian sẽ lớn hơn  $\Delta t$ , có nghĩa là BV2 sẽ tác động chậm hơn và tính chọn lọc sẽ càng được bảo đảm.

Tương tự như vậy BV2 và BV3 phối hợp với nhau ở giá trị dòng ngắn mạch  $I_{k2}$  (ngắn mạch tại đầu đường dây của vùng BV2, tại điểm  $N_2$ ). Vì điểm ngắn mạch càng gần nguồn thì dòng điện ngắn mạch càng lớn nên có thể giảm được thời gian cắt ngắn mạch nguy hiểm nhất. Để so sánh, trên hình 5.8 ta biểu thị thời gian tác động của bảo vệ với đặc tính thời gian độc lập bằng đường nét đứt. Khoảng gạch chéo cho thấy hiệu quả giảm thời gian tác động của việc áp dụng đặc tính phụ thuộc.

Nhược điểm của bảo vệ với đặc tính thời gian phụ thuộc là thời gian tác động lớn khi dòng ngắn mạch gần bằng dòng khởi động.

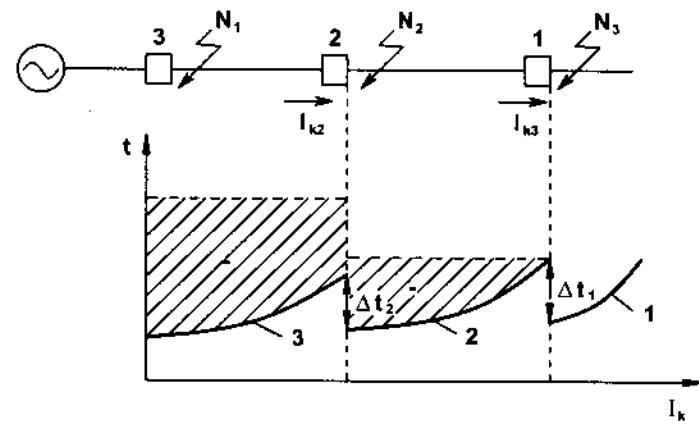
– Đối với các đường dây ngắn khi dòng ngắn mạch ở đầu và cuối không khác nhau nhiều thì hiệu quả của sự kết hợp sẽ không cao.

### c) Phối hợp bảo vệ với đặc tính thời gian hỗn hợp

Sự phối hợp bảo vệ với đặc tính thời gian hỗn hợp được biểu thị trên hình 5.9. Bảo vệ 1 tác động gần như tức thời không phụ thuộc vào giá trị dòng điện (với  $t_1$  rất nhỏ). Bảo vệ 2 được thực hiện với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn, còn bảo vệ 3 được thực hiện với đặc tính thời gian độc lập. Nguyên lý phối hợp được thực hiện như sau :

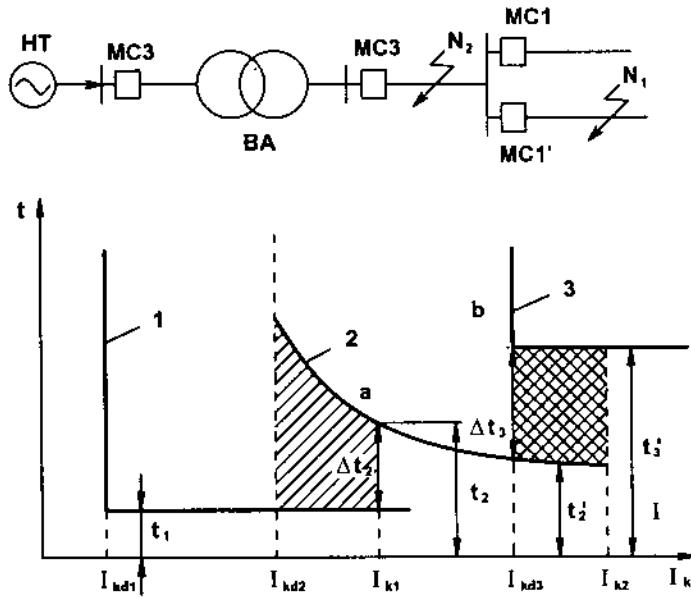
– Xây dựng đường đặc tính  $t_{kd} = f(I)$  trong khoảng từ  $I_{kd} \div I_{kMax}$  tại chỗ đặt bảo vệ (hình 5.9.b) ;

– Xác định điều kiện phối hợp bảo vệ : xác định vùng tác động chung (phản gạch chéo) từ đó xác định dòng tương ứng với đặc tính gọi là dòng phối hợp ;



Hình 5.8. Sơ đồ phối hợp BVDC với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn

Ứng với dòng điện phoi hợp cộng thêm vào thời gian của bảo vệ trước một cấp chọn lọc  $\Delta t$  để xác định điểm kiểm tra và chọn đặc tính thời gian phù hợp.



**Hình 5.9.** Kết hợp bảo vệ dòng điện cực đại với các đặc tính thời gian hỗn hợp  
a) Sơ đồ bố trí bảo vệ ; b) Biểu đồ thời gian tác động của các bảo vệ

Như vậy đối với bảo vệ 1 và 2 các đặc tính hội tụ tại  $I_{k1}$ , ta xác định tung độ của điểm kiểm tra a với

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

$\Delta t_2$  xác định theo các thiết bị sử dụng của bảo vệ. Các đặc tính của bảo vệ 2 và bảo vệ 3 hội tụ tại dòng ngắn mạch bằng dòng khởi động của bảo vệ 3  $I_{kd3}$ , tức là đường đặc tính bảo vệ 3 sẽ đi qua điểm b

$$t_3 = t_2 + \Delta t$$

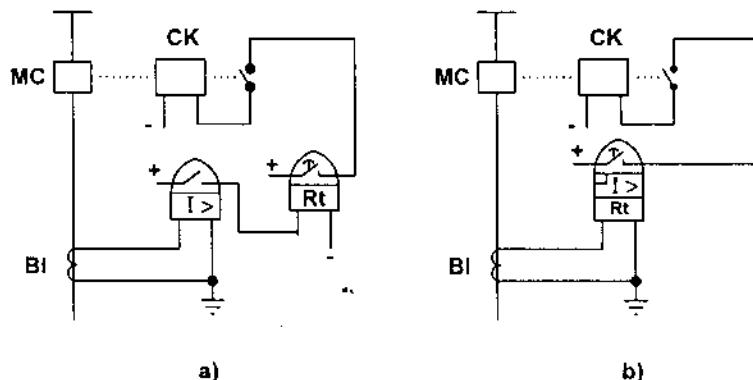
$t_2'$  xác định theo đặc tính 2 ứng với dòng điện phoi hợp  $I_{kd3}$ .

Để đưa các dòng điện khởi động và dòng ngắn mạch vào chung một hệ trục toạ độ cần quy chúng về phía sơ cấp với cùng một cấp điện áp.

### 5.2.5. Sơ đồ thực hiện bảo vệ dòng điện cực đại

#### a) Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác một chiều

Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại được thực hiện theo nhiều phương án khác nhau. Trên hình 5.10 biểu thị phương án thực hiện bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác một chiều. Bảo vệ có thể được thực hiện với role có đặc tính thời gian độc lập (hình 5.10.a), hoặc role với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn (hình 5.10.b).



**Hình 5.10.** Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác một chiều

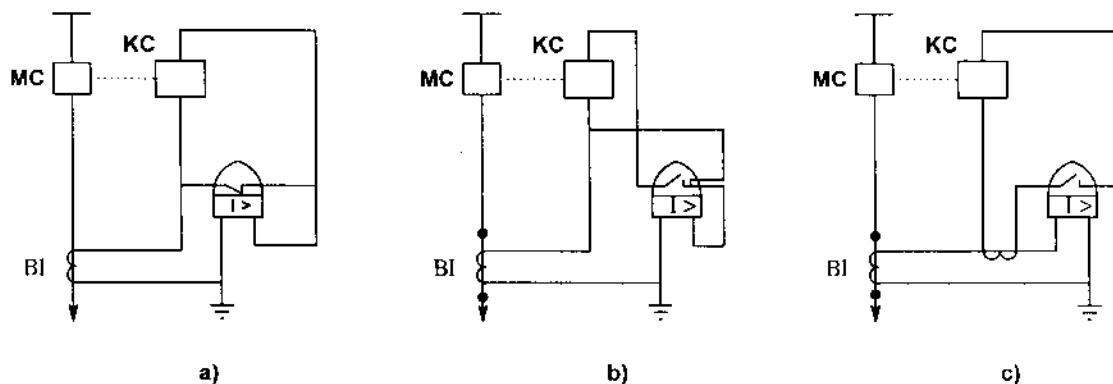
a) dùng role với đặc tính thời gian độc lập

b) dùng role với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn

**b) Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác xoay chiều**

Trên hình 5.11. biểu thị các phương án thực hiện bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác xoay chiều lấy từ máy biến dòng.

Trong sơ đồ hình 5.11.a cuộn cắt KC ở chế độ bình thường được nối tắt bởi tiếp điểm thường đóng của role dòng, khi có ngắn mạch role tác động mở tiếp điểm thường đóng dẫn đến cuộn cắt được cung cấp nguồn từ máy biến dòng. Sơ đồ này có nhược điểm là có thể dẫn đến tiếp điểm bị cháy do dòng điện lớn chạy qua. Để khắc phục nhược điểm đó người ta áp dụng sơ đồ với tiếp điểm chuyển mạch không gián đoạn (hình 5.11.b). Ở chế độ làm việc bình thường cuộn cắt được cắt khỏi mạch của máy biến dòng.



**Hình 5.11.** Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác xoay chiều

a) với cuộn cắt đấu tắt bởi tiếp điểm của role dòng ; b) với cuộn cắt đấu tắt bởi tiếp điểm chuyển mạch liên tục của role dòng ; c) với máy biến dòng bảo hoà trung gian

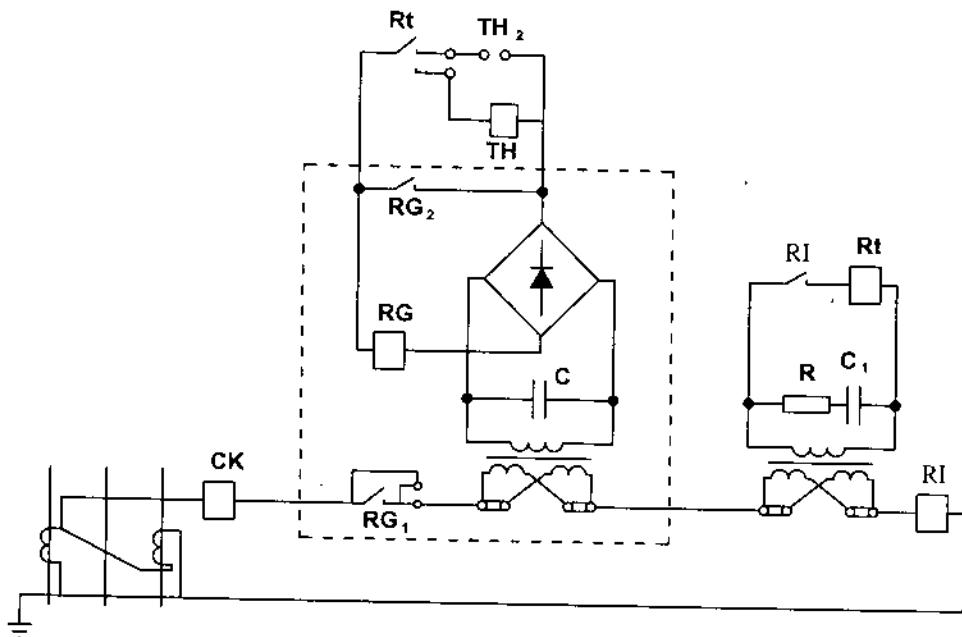
Khi ngắn mạch xảy ra, đầu tiên cực trên của tiếp điểm được đóng đưa cuộn cắt KC nối vào mạch, sau đó cực dưới của tiếp điểm được mở ra để cấp nguồn cho cuộn KC để cắt máy cắt MC. Trong sơ đồ dùng máy biến dòng bão hòa trung gian (hình 5.11.c) cuộn cắt KC được cung cấp điện ở thời điểm role tác động, khi tiếp điểm của nó được khép lại.

Máy biến dòng bị mang tải nặng trước khi role tác động khi máy biến dòng bão hòa trung gian ở chế độ không tải, vì ở chế độ này nó có điện trở rất lớn. Sơ đồ này có nhược điểm là độ tin cậy không cao, khối lượng thiết bị lớn nên nhìn chung ít được sử dụng.

**c) Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại với nguồn thao tác chỉnh lưu**

Trên hình 5.12. biểu thị sơ đồ hợp bộ bảo vệ dòng điện cực đại với đặc tính thời gian độc lập dùng nguồn thao tác chỉnh lưu.

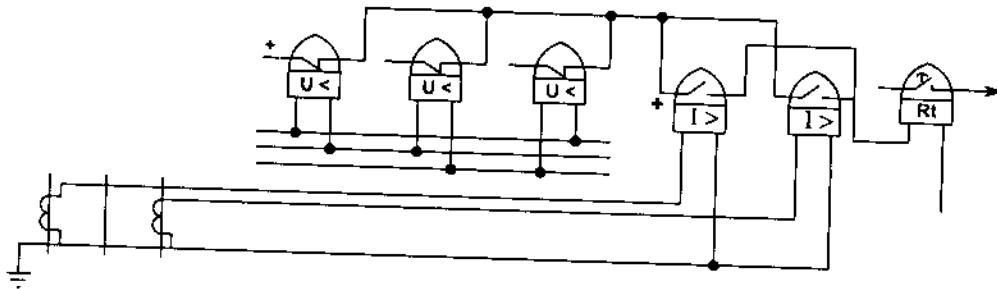
Khi xảy ra ngắn mạch role dòng sẽ tác động đóng tiếp điểm cấp nguồn cho role thời gian, sau một khoảng thời gian  $t_{bv}$  role này khép tiếp điểm cấp nguồn cho role trung gian RG từ mạch chỉnh lưu. Role trung gian RG với sự trợ giúp của tiếp điểm chuyển mạch không gián đoạn đóng cuộn cát CK vào mạch của máy biến dòng (tiếp điểm trên RG<sub>1</sub>) và sau đó mở mạch nối tắc cuộn CK để cắt máy cắt. Tiếp điểm RG<sub>2</sub> giúp tự duy trì mạch cung cấp cho cuộn dây role trung gian. Để tiết kiệm thiết bị các role được mắc vào sơ đồ hiệu hai dòng pha.



**Hình 5.12.** Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại dùng nguồn thao tác chỉnh lưu

**d) Sơ đồ kết hợp giữa bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ điện áp cực tiểu**

Đối với các trường hợp ngắn mạch ở xa nguồn, dòng điện ngắn mạch  $I_k$  có giá trị rất bé, dẫn đến độ nhạy của bảo vệ không đảm bảo, do đó bảo vệ cần phải được thực hiện với sự kết hợp giữa bảo vệ dòng điện cực đại và điện áp cực tiểu ( $I >$  &  $U <$ ) (hình 5.13). Bảo vệ được thực hiện theo sơ đồ ứng với phép logic "KHOÁ", nếu điện áp bình thường thì tín hiệu sẽ không được gửi đi, hoặc theo phép logic "VÀ", bảo vệ sẽ tác dụng khi có dòng điện lớn và điện áp thấp.

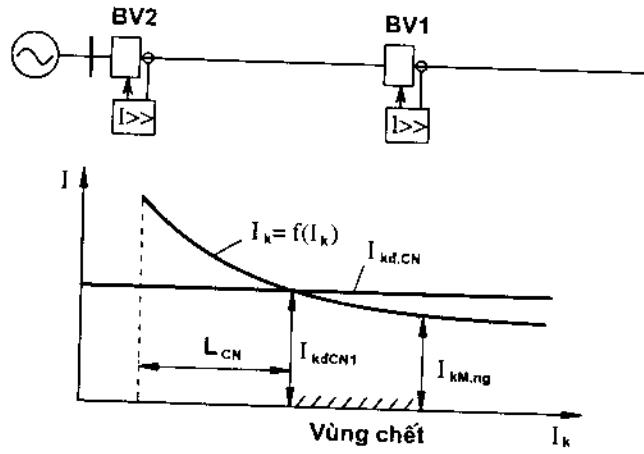


Hình 5.13. Sơ đồ kết hợp bảo vệ điện áp cực tiêu và dòng điện cực đại

### 5.3. BẢO VỆ CẮT NHANH

#### 5.3.1. Nguyên lý tác động của bảo vệ cắt nhanh

Bảo vệ cắt nhanh (ký hiệu là  $BVI >>$ ) (instantaneous protection) là một trong các dạng của bảo vệ chống quá dòng tác động một cách tức thời. Khác với bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ cắt nhanh được đảm bảo tính chọn lọc bằng cách chọn dòng khởi động không dựa vào dòng điện làm việc mà dựa vào dòng điện ngắn mạch lớn nhất ngoài vùng bảo vệ. Như đã biết, giá trị của dòng ngắn mạch giảm dần khi điểm ngắn mạch càng ở xa nguồn, biểu đồ phụ thuộc của dòng ngắn mạch và khoảng cách xảy ra ngắn mạch  $I_k$  được thể hiện trên hình 5.15.



Hình 5.14. Sơ đồ tính toán bảo vệ cắt nhanh

#### 5.3.2. Tính toán bảo vệ cắt nhanh

##### 1) Dòng khởi động

Xét sơ đồ hình 5.14, để bảo vệ 1 không tác động khi có ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ của nó, dòng khởi động của bảo vệ 2 phải lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất  $I_{k.M.ng}$ . (ngắn mạch tại điểm  $N_1$ ).

$$I_{kd} = k_{tc} I_{k.M.ng} \quad (5.11)$$

$I_{kM.ng}$  – dòng điện ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR.CN} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{tc} I_{k.M.ng} \quad (5.12)$$

Căn cứ vào dòng khởi động của role  $I_{kdCN}$  cần chọn dòng đặt gần nhất của role bảo vệ cắt nhanh  $I_{dR}$ , sau đó xác định giá trị dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (5.13)$$

Vì bảo vệ không tác động khi có ngắn mạch ngoài vùng nên không cần xét đến hệ số trở về.

### 2) Độ nhạy

Độ nhạy được đánh giá theo hệ số nhạy

$$k_{nhCN} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdCN}} \quad (5.14)$$

$I_{k,min}$  – dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ cắt nhanh.

Hệ số nhạy của bảo vệ cắt nhanh phải lớn hơn hoặc bằng 2.

### 3) Vùng tác động và vùng chết của bảo vệ cắt nhanh

Vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh  $L_{CN}$  được xác định bằng hoành độ của điểm cắt nhau giữa đường cong  $I=f(L)$  và đường thẳng  $I_{kdCN}$ , phạm vi này luôn luôn nhỏ hơn chiều dài của đường dây cần bảo vệ. Phần đường dây không được bảo vệ gọi là vùng chết (trên hình 5.11 vùng chết là vùng có nét gạch). Đối với đường dây một nguồn cung cấp, tỷ lệ vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$m\% = \frac{100}{Z_k} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - Z_{hi\Sigma} \right) \% \quad (5.15)$$

$E$  – suất điện động của hệ thống, ứng với điện pha ( $E = \frac{U}{\sqrt{3}}$ ) ;

$I_{kdCN}$  – dòng điện khởi động của bảo vệ cắt nhanh ;

$Z_k$  – điện trở của đối tượng được bảo vệ ;

$Z_{hi\Sigma}$  – điện trở của hệ thống tính từ nguồn đến vị trí đặt bảo vệ.

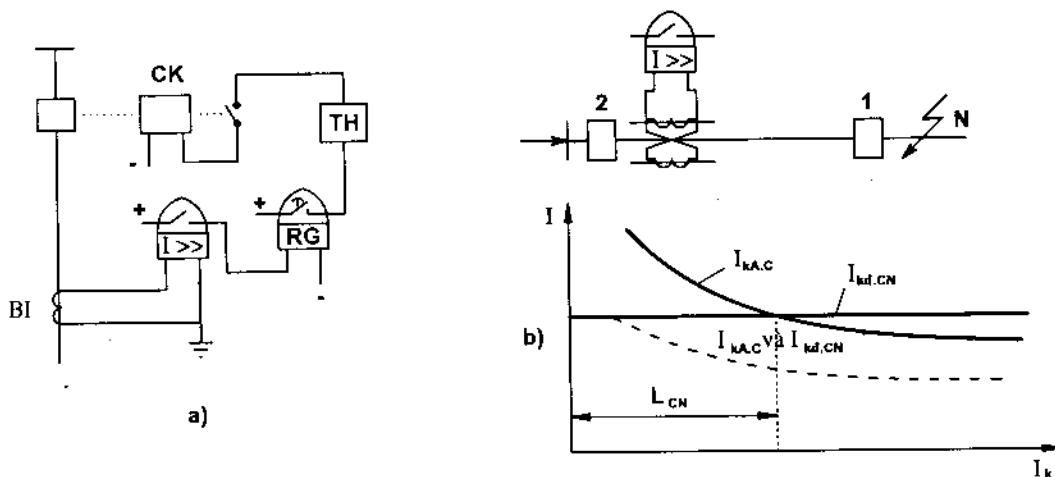
Trong thực tế tỷ lệ vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh  $m\%$  phải lớn hơn 30% (nếu là bảo vệ chính) thì mới được coi là có hiệu quả.

### 5.3.3. Sơ đồ thực hiện bảo vệ cắt nhanh và sơ đồ nối role và máy biến dòng

Sơ đồ đơn giản thực hiện bảo vệ cắt nhanh được thể hiện trên hình 5.15.a. Khi xảy ra sự cố ngắn mạch role dòng RI khép tiếp điểm đưa tín hiệu đến role trung gian RG có chức năng duy trì thời gian, sau khi tác động RG sẽ đưa tín hiệu đến cuộn cắt CK để cắt máy cắt.

Đối với bảo vệ cắt nhanh tốt nhất là nên chọn sơ đồ nối máy biến dòng theo hình sao, khi mà dòng điện đi vào role không phụ thuộc vào dạng ngắn mạch, nếu không thì vùng

bảo vệ cắt nhanh sẽ cũng phụ thuộc vào các dạng ngắn mạch này. Xét biểu thức xác định dòng khởi động của rơle cắt nhanh (5.12), nếu mắc một rơle theo sơ đồ hiệu 2 dòng pha, giả dụ giữa pha A và pha C với hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 2$ . Trong trường hợp ngắn mạch xảy ra giữa các pha khác (AB và BC) thì vùng tác động của rơle sẽ giảm xuống gần bằng 0, vì dòng điện đi vào rơle sẽ giảm xuống 2 lần (xem hình 5.15.b). Như vậy đối với bảo vệ cắt nhanh tốt nhất là nên dùng sơ đồ có hệ số  $k_{sd} = 1$ , lúc đó vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh sẽ cố định.



Hình 5.15.

a) Sơ đồ thực hiện bảo vệ cắt nhanh ; b) Vùng tác động phụ thuộc vào các loại ngắn mạch

### 5.3.4. Đặc điểm tính toán bảo vệ cắt nhanh của các phần tử HTĐ

#### a) Bảo vệ máy biến áp

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh  $I_{CN}$  đối với máy biến áp được chỉnh định theo một trong 2 điều kiện :

a) Theo dòng ngắn mạch lớn nhất sau máy biến áp quy về cấp điện áp nơi đặt bảo vệ (biểu thức 5.12)

$$I_{CN1} = k_{tc} I_{k.M.ng}$$

b) Theo dòng từ hoá đột biến, xuất hiện khi đóng máy biến áp dưới điện áp và khi khôi phục điện áp sau khi cắt sự cố ngắn mạch ngoài

$$I_{CN2} > I_{\mu} = k_{db} I_{n.BA} \quad (5.16)$$

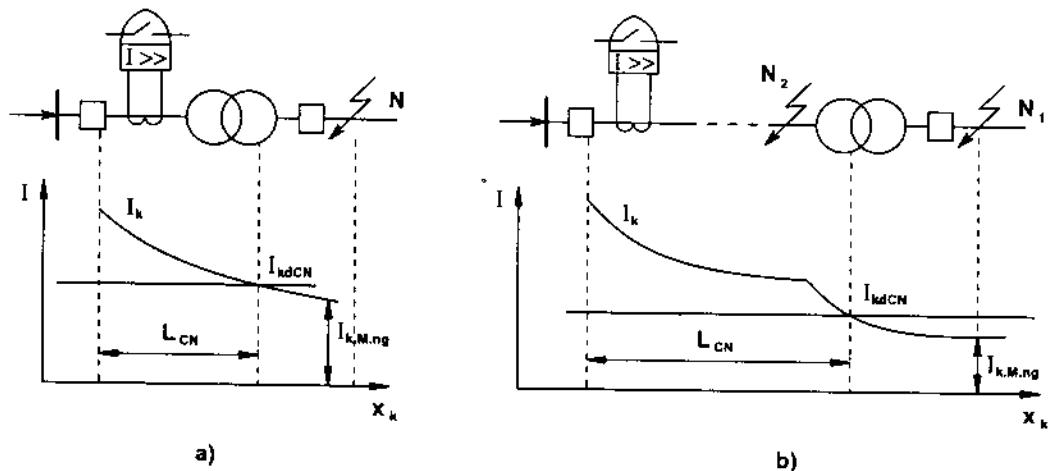
$I_{n.BA}$  – dòng định mức của máy biến áp

$k_{db}$  – hệ số từ hoá đột biến, có giá trị trong khoảng  $3 \div 5$

Giá trị dòng điện nào trong số 2 điều kiện trên lớn hơn thì sẽ được chọn làm giá trị tính toán.

**b) Bảo vệ khởi đường dây và máy biến áp**

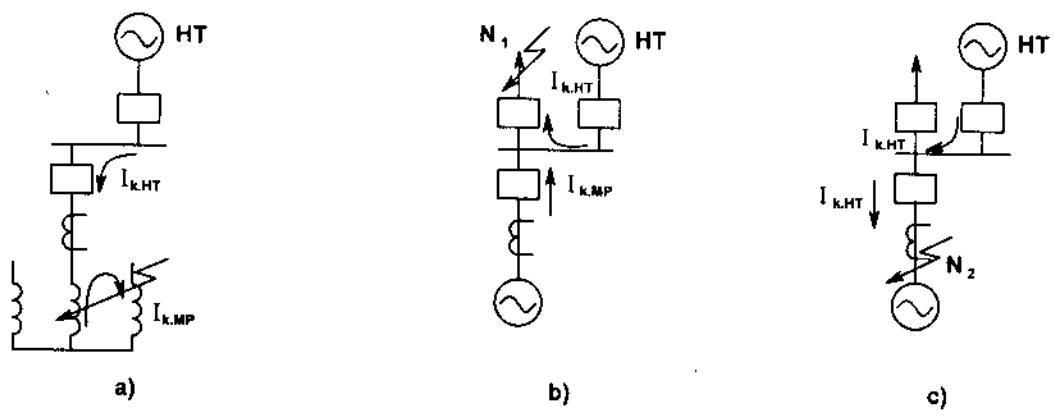
Bảo vệ cắt nhanh chung cho cả đường dây và máy biến áp nên dòng khởi động được chỉnh định theo dòng ngắn mạch ngoài tại điểm  $N_1$  sau máy biến áp (hình 5.16.b). Như trên hình 5.16.b vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh bao gồm toàn bộ đường dây và một phần cuộn dây của máy biến áp. Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được xác định tương tự như trường hợp bảo vệ máy biến áp. Độ nhạy của bảo vệ ứng với dòng ngắn mạch tại cuối đường dây (điểm  $N_2$ ).



**Hình 5.16.** Bảo vệ cắt nhanh máy biến áp (a) ; bảo vệ cắt nhanh khởi đường dây máy biến áp (b)

**c) Bảo vệ máy phát**

Bảo vệ cắt nhanh thường được áp dụng đối với máy phát công suất nhỏ máy biến dòng được mắc ở phía đầu ra của máy phát đến thanh cái (hình 5.17). Khi có ngắn mạch trong các cuộn dây của máy phát, chỉ có dòng điện từ hệ thống chạy qua các máy biến dòng, còn thành phần dòng điện ngắn mạch sinh ra bởi suất điện động pha của máy phát sẽ chạy đến điểm trung tính, thành phần này có giá trị không lớn, đặc biệt là khi có điện trở quá độ tại điểm ngắn mạch.



**Hình 5.17.** Sơ đồ lựa chọn vị trí đặt bảo vệ và điểm tính toán ngắn mạch cho máy phát điện.

- Dường đi của các thành phần dòng điện ngắn mạch khi có ngắn mạch bên trong máy phát ;
- Điểm ngắn mạch tính toán để xác định dòng khởi động bảo vệ cắt nhanh ở máy phát điện ( $N_1$ )
- Điểm ngắn mạch tính toán để kiểm tra độ nhạy bảo vệ cắt nhanh ( $N_2$ )

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được xác định theo dòng ngắn mạch ba pha  $I_{k1}^{(3)}$  tại điểm  $N_1$  (hình 5.17.b). Thực tế giá trị dòng ngắn mạch này có giá trị bằng dòng ngắn mạch trên đầu cực máy phát

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{E''}{X_d''}$$

$E''$  và  $X_d''$  – suất điện động và điện trở siêu quá độ của máy phát.

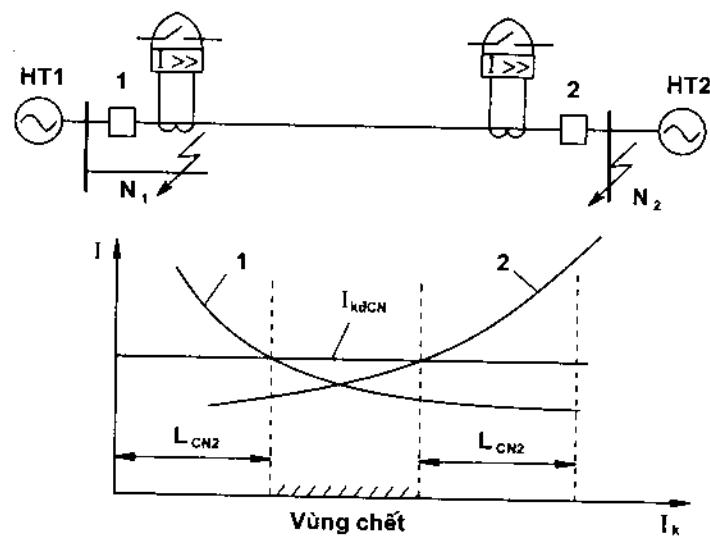
Ngoài điều kiện trên, dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh máy phát còn được chỉnh định theo dòng điện xuất hiện do sự dao động của rotor liên quan đến sự mất ổn định. Độ nhạy của bảo vệ cắt nhanh được kiểm tra theo dòng điện ngắn mạch ba pha  $I_{k2}^{(3)}$  tại điểm  $N_2$ . Dòng ngắn mạch  $I_{k2}^{(3)}$  là dòng ngắn mạch tổng từ tất cả các máy phát và nguồn điện khác. Bảo vệ cắt nhanh sẽ không thể tác động nếu chỉ có 1 máy phát làm việc độc lập hoặc máy phát làm việc song song với một máy phát khác có cùng công suất, mà nó chỉ có thể tác động khi có từ 3 máy phát công suất giống nhau trở lên hoặc khi máy phát làm việc song song với hệ thống mà có công suất lớn hơn công suất của chính máy phát ( $S_{hi} > S_{MP}$ ).

Việc tính toán bảo vệ cắt nhanh cho khối máy phát – máy biến áp được thực hiện tương tự với điều kiện phụ (5.16).

#### d) Bảo vệ đường dây 2 nguồn cung cấp

Đối với đường dây hai nguồn cung cấp, bảo vệ cắt nhanh được đặt ở cả 2 phía. Khi có ngắn mạch xảy ra tại các điểm gần thanh cái hệ thống 1 và hệ thống 2 (điểm  $N_1$  và  $N_2$  hình 5.18) các dòng điện ngắn mạch  $I_{k1}^{(3)}$  và  $I_{k2}^{(3)}$  chạy qua cả 2 bảo vệ, do đó dòng khởi động của cả 2 bảo vệ đều phải đặt giống nhau và chỉnh định theo giá trị lớn nhất  $I_{k.M.ng}$  trong số các dòng điện ngắn mạch kể trên ( $I_{k.M.ng} = \max[I_{k1}^{(3)}; I_{k2}^{(3)}]$ ), tức là  $I_{CN,1} = I_{CN,2} = k_{tc} I_{k.M.ng}$

Vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh  $L_{CN1}$  và  $L_{CN2}$  được xác định bởi các điểm cắt nhau giữa đường thẳng  $I_{kCN}$  và các đường cong  $I_{k1} = f(l_k)$  và



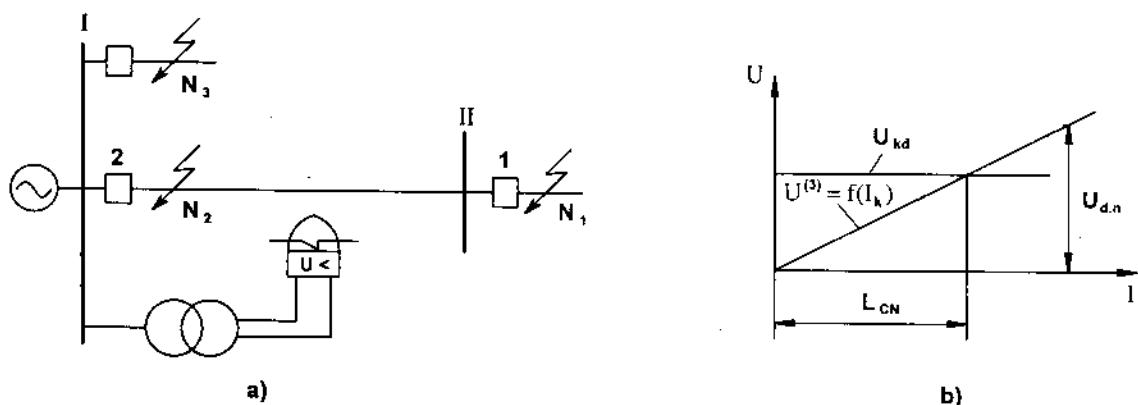
Hình 5.18. Sơ đồ bảo vệ cắt nhanh trong mạng điện 2 nguồn cung cấp;

1. đường cong  $I_{k1} = f(L)$  ; 2. đường cong  $I_{k2} = f(L)$  ;

$I_{k2} = f(I_k)$ . Hiệu quả tác động của bảo vệ cắt nhanh phụ thuộc nhiều vào đặc tính của dòng điện ngắn mạch  $I_k = f(I_k)$ . Trong nhiều trường hợp mà các vùng tác động không thể phủ kín được toàn bộ đường dây cần bảo vệ, phần đường dây đó gọi là vùng chết. Trên hình 5.18, vùng chết là vùng có gạch chéo.

**e) Bảo vệ cắt nhanh chính định theo điện áp**

Trong thực tế bảo vệ cắt nhanh có thể được thực hiện theo điện áp. Thay vì role dòng thông thường ở loại bảo vệ này người ta mắc một role điện áp cực tiểu qua máy biến điện áp mắc trên thanh cái của trạm điện (hình 5.19).

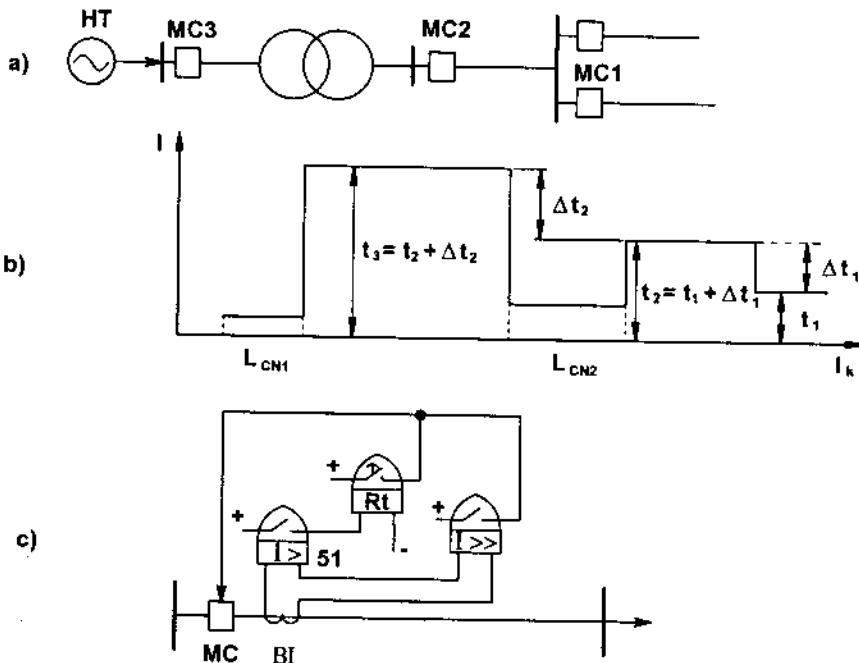


**Hình 5.19.** Sơ đồ bảo vệ cắt nhanh theo điện áp (a) ;  
Biểu đồ biến đổi điện áp dư khi ngắn mạch theo chiều dài đường dây (b)

Như đã biết, điện dư trên thanh cái I tăng dần theo độ xa của điểm ngắn mạch. Nếu đặt một giá trị điện khởi động nhỏ hơn điện áp dư trên thanh cái I khi xảy ra ngắn mạch ngoài vùng tại điểm  $N_1$  ( $U_{kd} < U_{d.ng}$ ). Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ thì điện áp dư sẽ nhỏ hơn giá trị khởi động do đó role điện áp cực tiểu sẽ tác động cắt nhanh sự cố. Trong thực tế giá trị điện áp khởi động thường được lấy trong khoảng  $0,2U_n \leq U_{kd} \leq 0,7U_n$ . Bảo vệ cắt nhanh theo điện áp có nhược điểm là thiếu sự chọn lọc, chẳng hạn khi có ngắn mạch tại điểm  $N_2$  thì bảo vệ cũng sẽ tác động, bảo vệ cũng sẽ tác động khi cầu chì bảo vệ cho máy biến áp đơ lường bị cháy. Để tránh những nhược điểm trên người ta thường kết hợp bảo vệ cắt nhanh theo dòng và theo áp. Bảo vệ có hướng cũng thường được kết hợp với bảo vệ cắt nhanh để nâng cao độ chọn lọc và hiệu quả bảo vệ.

**5.3.5. Phối hợp giữa bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh**

Việc kết hợp bảo vệ dòng điện cực đại (BVI>) và bảo vệ cắt nhanh (BVI>>) cho phép nâng cao hiệu quả của các bảo vệ. BVI>> làm nhiệm vụ cắt nhanh dòng ngắn mạch trong vùng bảo vệ ( $L_{CN1}$  và  $L_{CN2}$ ), ở ngoài vùng này việc cắt dòng ngắn mạch do BVI> thực hiện với một thời gian trễ. Mỗi bảo vệ được trang bị 2 role dòng mắc nối tiếp và 1 role thời gian. Một trong số 2 role dòng làm nhiệm vụ của bảo vệ cắt nhanh còn role kia thì làm nhiệm vụ của bảo vệ dòng điện cực đại. Sơ đồ này thường được dùng để bảo vệ trạm biến áp khi có 2 máy cắt phía sơ và thứ cấp (hình 5.20).



**Hình 5.20.** Phối hợp giữa bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh

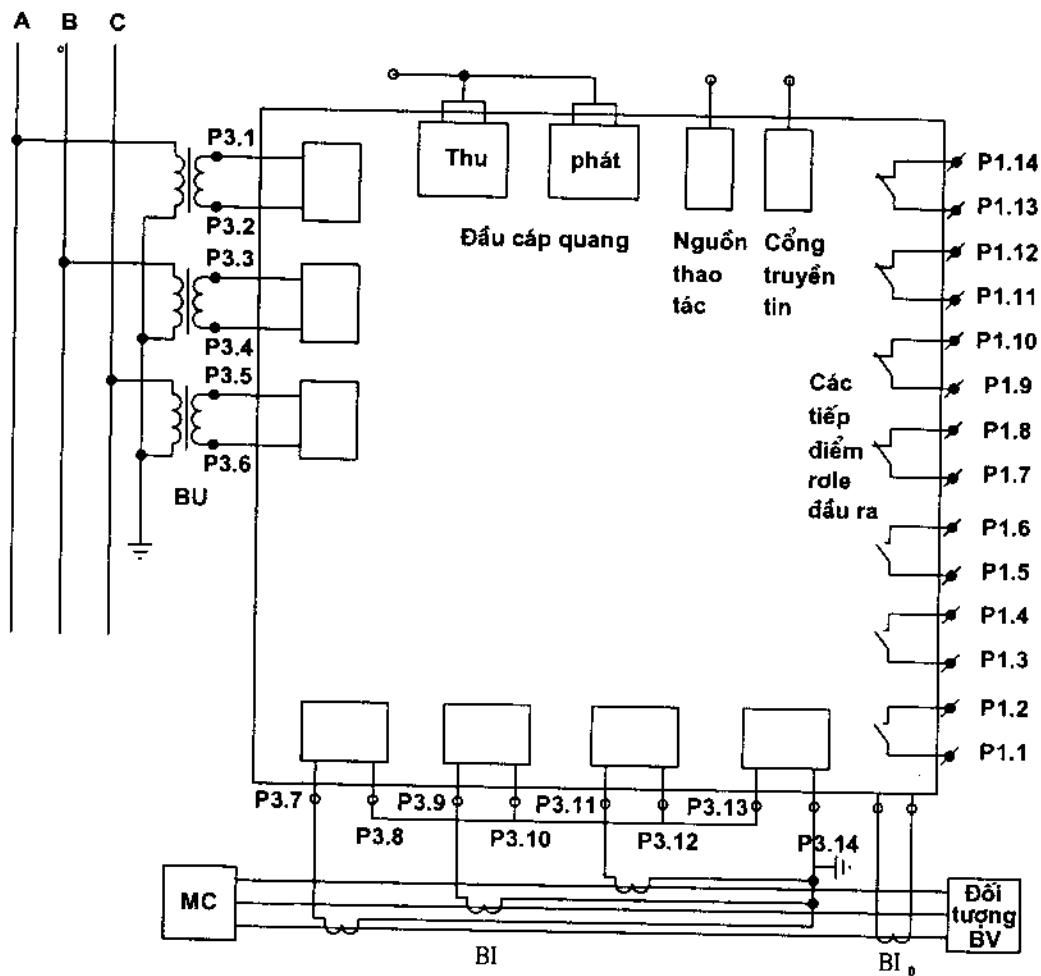
a) Sơ đồ đặt bảo vệ ; b) Biểu đồ thời gian tác động của các bảo vệ ; c) Sơ đồ bố trí thiết bị bảo vệ

#### 5.4. SƠ ĐỒ BẢO VỆ QUÁ DÒNG ĐIỆN DÙNG RÔLE KỸ THUẬT SỐ

Việc áp dụng các role kỹ thuật số cho phép kết hợp tốt nhất các nguyên lý bảo vệ và nâng cao hiệu quả, chất lượng của bảo vệ role. Role quá dòng kỹ thuật số có thể là loại một pha, hai pha hoặc ba pha. Các loại role quá dòng kỹ thuật số một pha và hai pha không có bộ vi xử lý, nên đơn giản và rẻ hơn nhiều so với role dòng số 3 pha. Role quá dòng kỹ thuật số ba pha cho phép thực hiện nhiều chức năng bảo vệ phức tạp. Sơ đồ nối của role quá dòng kỹ thuật số điển hình loại ba pha được thể hiện trên hình 5.21.

Các tiếp điểm ra của role được dùng cho các chức năng xác định, có thể thay đổi chức năng tùy theo cách lập trình. Một số đầu vào của role dòng được sử dụng để kiểm tra trạng thái đóng mở của máy cắt. Role dòng có thể được dùng cho bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ thứ tự nghịch, bảo vệ thứ tự không, bảo vệ quá áp và bảo vệ thiếu áp v.v... Ngoài ra nó còn có thể thực hiện các chức năng khác như đo lường, lưu trữ và hiển thị các thông tin của hệ thống và các thông tin về trạng thái của các thiết bị v.v...

Chức năng bảo vệ của role được xây dựng thành các chương trình con, với các biến đầu vào là các giá trị đặt của bảo vệ, các kết quả đo lường hoặc trạng thái logic của các tham số trung gian là hàm của các biến đo lường đầu vào và cuối, là các trạng thái logic đầu ra của các chức năng bảo vệ khác. Khi chức năng bảo vệ được kích hoạt theo và được nạp vào các địa chỉ cố định trong bộ nhớ RAM. Phần mềm chức năng bảo vệ thực chất là thuật toán làm việc theo quy trình cho trước.



**Hình 5.21.** Sơ đồ nối các đầu vào và ra của role quá dòng kỹ thuật số  
 MC – máy cắt ; BU – máy biến điện áp ; BI – máy biến dòng ; BI<sub>0</sub> – máy biến dòng thứ tự không

Ngoài các đầu vào từ mạch thứ cấp của các máy biến dòng pha, biến dòng thứ tự không ở role này còn có các đầu vào dùng cho bảo vệ quá dòng có hướng, bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch, bảo vệ quá áp và sụt áp v.v... Các tiếp điểm thao tác đầu ra có thể thông báo tín hiệu hoặc đưa tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành để cắt máy cắt. Role quá dòng số có thể thông báo các trạng thái của đối tượng bảo vệ như là máy cắt đóng hay mở, sự cắt máy cắt do điều khiển từ xa hay do bảo vệ role.

Đối với role quá dòng số việc thông báo giá trị dòng điện định mức thứ cấp của máy biến dòng là không thể thiếu (thường là 5 hoặc 1 A). Nếu thông báo các giá trị dòng điện sơ cấp của máy biến dòng không đúng với các nấc của nhà sản xuất thì sẽ có sự báo lỗi. Dòng điện làm việc cực đại của đối tượng bảo vệ phải được quy về giá trị bội số của dòng định mức của máy biến dòng. Trong một số loại role các giá trị này chỉ được phép lấy trong một khoảng xác định so với dòng định mức sơ cấp của máy biến dòng, nếu không role sẽ báo lỗi và việc cài đặt sẽ không có hiệu lực. Thời gian đặt của bảo vệ cũng phải được chọn trong miền giới hạn của role.

Chức năng bảo vệ quá dòng ngưỡng thấp (low set- L) thực hiện nhiệm vụ bảo vệ dòng điện cực đại hay còn gọi là bảo vệ quá dòng có thời gian xác định (definite-time overcurrent protection). Trong một số loại rôle quá dòng số có các chức năng bảo vệ quá dòng với đặc tính thời gian độc lập kiểu bậc thang ngưỡng thấp (L), trung bình (M) và ngưỡng cao (H).

Chức năng bảo vệ ngưỡng cao (high set – H) thực hiện nhiệm vụ bảo vệ cắt nhanh nó có khả năng làm việc chọn lọc trong mạng điện có cấu hình bất kỳ, kể cả mạng điện nhiều nguồn cung cấp.

Chức năng bảo vệ quá tải : Ngoài các chức năng bảo vệ quá dòng, rôle qua dòng kỹ thuật số còn có khả năng bảo vệ chống quá tải. Sự bảo vệ chống quá tải được thực hiện theo nguyên lý nhiệt. Khi nhiệt độ tăng đến giá trị đặt đầu tiên, thì tín hiệu cảnh báo sẽ được phát ra. Nếu nhiệt độ tiếp tục tăng thì căn cứ vào đặc tính quá tải đã được cài đặt, rôle sẽ đưa tín hiệu cắt sau một khoảng thời gian xác định.

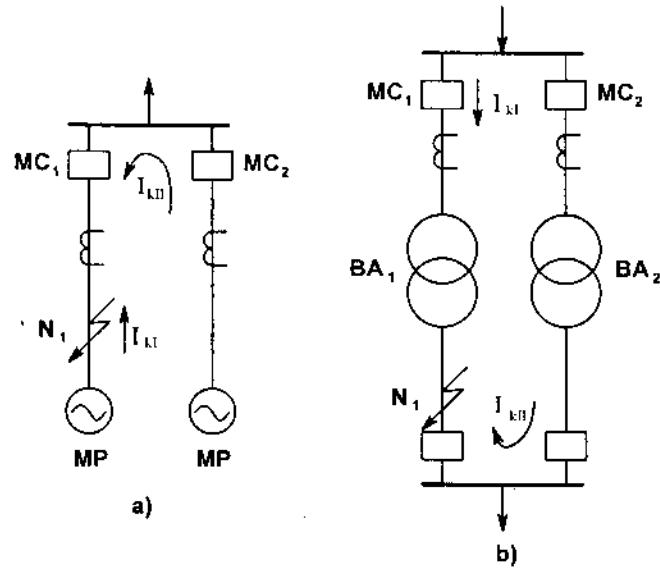
## 5.5. ĐÁNH GIÁ BẢO VỆ QUÁ DÒNG

Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì tương đối lớn nên không thể đáp ứng được yêu cầu tác động nhanh, đặc biệt đối với các bảo vệ đặt ở gần nguồn cung cấp. Để giảm thời gian tác động nên áp dụng các rôle dòng có đặc tính thời gian phụ thuộc.

Tính chọn lọc của bảo vệ bị hạn chế trong một số trường hợp ví dụ như sơ đồ hình 5.22. Khi ngắn mạch xảy ra trên đầu cực máy phát (hình 5.22. a) tại điểm  $N_1$  hoặc khi xảy ra ngắn mạch tại điểm  $N_2$  (hình 5.22.b) thì cả hai bảo vệ dòng điện cực đại cùng tác động và cả 2 máy cắt  $MC_1$  và  $MC_2$  cùng bị cắt. Độ nhạy của bảo vệ không cao trong trường hợp dòng làm việc lớn mà điểm ngắn mạch xảy ra ở xa. Do sơ đồ rất đơn giản nên độ tin cậy của bảo vệ khá cao.

Bảo vệ cắt nhanh có ưu điểm là đơn giản và cắt nhanh sự cố nhưng có nhược điểm là chỉ có thể bảo vệ được một phần đối tượng. Trong thực tế bảo vệ cắt nhanh được áp dụng như một bảo vệ phụ để hỗ trợ cho các bảo vệ chính khác, đôi khi bảo vệ cắt nhanh cũng có thể được sử dụng làm bảo vệ chính cho một số mạng điện.

Bảo vệ dòng điện cực đại thường được áp dụng để bảo vệ các mạng điện hình tia điện áp đến 35 kV và mạng điện một nguồn cung cấp, các máy biến áp, máy phát thanh cáp và



Hình 5.22. Phân tích tính chọn lọc của bảo vệ dòng điện cực đại máy phát (a) và máy biến áp (b)

động cơ điện. Bảo vệ dòng điện cực đại cũng thường được kết hợp với các bảo vệ khác như bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ có hướng để nâng cao hiệu quả bảo vệ.

## 5.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 5.1.** Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 22 kV (hình 5.23), biết dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 357 A$ , hệ số mở máy  $k_{mm} = 1,6$ , hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ ; Dòng ngắn mạch cuối đường dây là  $I_k^{(3)} = 1,32 kA$

**Giải :** Căn cứ vào dòng điện làm việc cực đại ta chọn máy biến dòng có  $I_{nBI} = 400$  ( $I_{nBI} > I_{lv}$ ), dòng định mức thứ cấp  $I_{n2} = 5A$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 400/5 = 80$ , máy biến dòng được mắc theo sơ đồ sao thiểu (phản ứng theo dòng pha), nên hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ .

Với role số hệ số trở về  $k_{tv} = 0,98$ , dòng khởi động của role được xác định theo biểu thức

$$I_{kdlR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 80} 1,16 \cdot 357 = 8,74 A$$

Chọn dòng đặt của role  $I_{dlR} = 9 A$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdl>} = \frac{I_{dlR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{9.80}{1} = 720 A$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdl>}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kdl>}} = \frac{\sqrt{3}I_k}{2 \cdot I_{kdl>}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1320}{2 \cdot 720} = 1,6 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

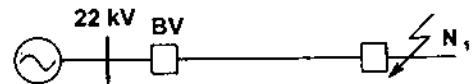
Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt.

$$I_{cc} = 0,05 \cdot I_k^{(3)} = 0,05 \cdot 1320 = 52,8 < I_{nBI} = 400 A ;$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

**Ví dụ 5.2.** Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 10 kV (hình 5.24), biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây :

Dòng làm việc, A			Dòng ngắn mạch, kA			
$I_1$	$I_{1,b}$	$I_{2,b}$	$I_{k1}$	$I_{k2}$	$I_{k3}$	$I_{k4}$
83	76	167	0,758	1,4	1,89	6,47

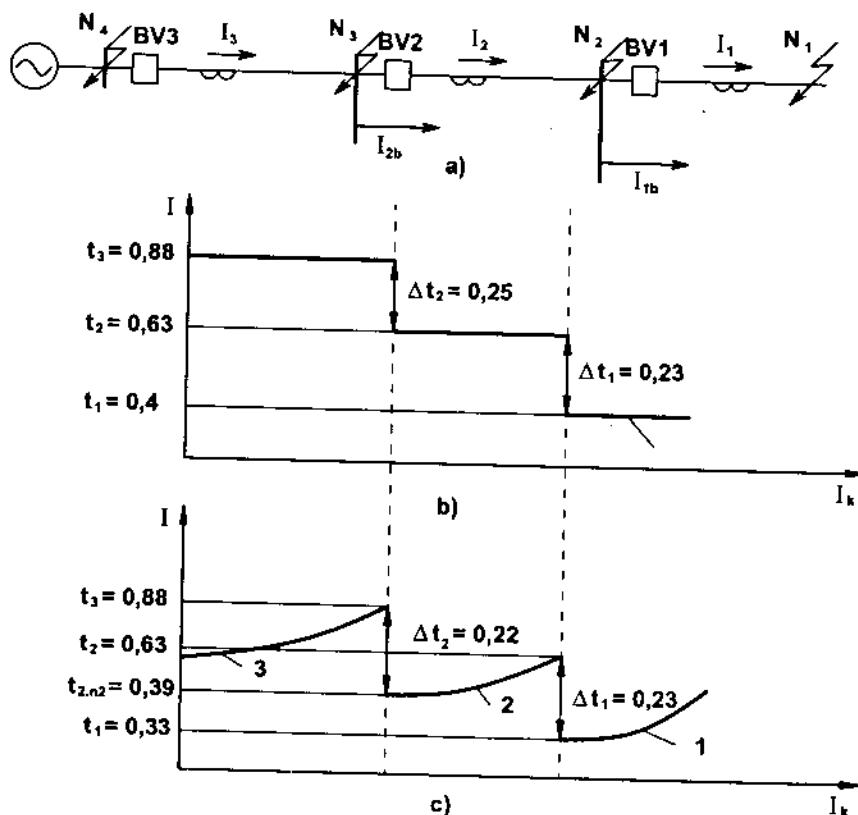


Hình 5.23. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.1

Các hệ số :  $k_{mm} = 1,6$  ;  $k_{tc} = 1,2$  ; thời gian tác động của bảo vệ 1 là  $t_1 = 0,4$  s ; các máy cắt thuộc loại ít dầu. Thời gian dự trữ và quán tính lấy bằng 0,1 s.

a) Dùng các role số với đặc tính thời gian thời gian độc lập ;

b) Dùng role số với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn.



Hình 5.24. Sơ đồ tính toán bài toán 5.2 :

- a) – sơ đồ mạng điện  
 b) biểu đồ thời gian bảo vệ với đặc tính độc lập ;  
 c) biểu đồ thời gian bảo vệ với đặc tính phụ thuộc

*Giai :* Trước hết ta xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây :

- Dòng làm việc qua bảo vệ 1 :  $I_{lv1} = I_1 = 83$  A ;
- Dòng làm việc qua bảo vệ 2 :  $I_{lv2} = I_1 + I_{1.b} = 83 + 76 = 159$  A ;
- Dòng làm việc qua bảo vệ 3 :  $I_{lv3} = I_2 + I_{2.b} = 159 + 167 = 326$  A ;

Căn cứ vào dòng làm việc trên các đoạn dây ta chọn máy biến dòng sao cho dòng định mức sơ cấp lớn hơn dòng làm việc ( $I_{1.BI} > I_{lv}$ ). Các máy biến dòng được mắc theo sơ đồ hình sao thiểu có hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$  ; Dự định chọn role số với hệ số trở về  $k_{tv} = 0,98$ .

*Đối với bảo vệ 1* ta chọn biến dòng có  $I_{1.BI} = 100$ , dòng định mức thứ cấp  $I_{n2} = 5$  A, tức hệ số biến dòng là  $n_{11} = 100/5 = 20$ . Dòng khởi động của role bảo vệ 1

$$I_{kdR1} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_1} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 20} 1 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 83 = 8,34 \text{ A} ;$$

Chọn role số với dòng đặt của role là  $I_{dR1} = 8,4 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$k_{kd.BV} = \frac{I_{dR1} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{8,4 \cdot 20}{1} = 168 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = k_{nh} = \frac{I_{k \min.}}{I_{kd.BV}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kdBV}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kdBV}} = \frac{0,87 \cdot 758}{168} = 3,92 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt.

$$I_{1.BI} = 100 \geq I_{cc} = 0,05 \cdot I_{k2} = 0,05 \cdot 758 = 56,1 \text{ A} ;$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

Các bảo vệ khác được tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng Vd3

a) **Tính toán thời gian bảo vệ theo đặc tính độc lập :**

Xác định độ phân cấp thời gian : đối với máy cắt đầu  $t_{Mc} = 0,1 \text{ s}$  ; sai số thời gian đối với role số lấy bằng 4%, tức sai số role của cả 2 bảo vệ là  $s_t = 2.0,04 = 0,08$  ; sai số do quán tính và dự phòng lấy bằng  $t_{qf+dp} = 0,1 \text{ s}$ . Như vậy cấp thời gian giữa bảo vệ 1 và bảo vệ 2 sẽ là

$$\Delta t_1 = t_{Mc1} + s_t \cdot t_1 + t_{qf+dp} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,4 + 0,1 = 0,23 \text{ s}$$

Thời gian tác động của bảo vệ 2 :

$$t_2 = t_1 + \Delta t_1 = 0,4 + 0,23 = 0,63 \text{ s}$$

Độ phân cấp thời gian giữa bảo vệ 2 và bảo vệ 3 sẽ là

$$\Delta t_2 = t_{Mc2} + s_t \cdot t_2 + t_{qf+dp} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,63 + 0,1 = 0,25 \text{ s}$$

Thời gian tác động của bảo vệ 3 :

$$t_3 = t_2 + \Delta t_2 = 0,63 + 0,25 = 0,88 \text{ s}$$

Biểu đồ phân bố thời gian tác động của các bảo vệ được thể hiện trên hình 5.23.

b) **Tính toán thời gian bảo vệ theo đặc tính phụ thuộc**

Bội số dòng của role bảo vệ 1 tại điểm ngắn mạch  $N_1$

$$m_{1BV1} = \frac{I_{k1}}{n_{i1} \cdot I_{dR1}} = \frac{758}{20 \cdot 8,4} = 4,3$$

Thời gian đặt của role bảo vệ 1

$$t_{d1} = \frac{t_1 (m_{1BV1}^{0,02} - 1)}{0,14} = \frac{0,4 \cdot (4,3^{0,02} - 1)}{0,14} = 0,085 \text{ s}$$



Chọn  $t_{d1c} = 0,1s$

Bội số dòng điện của role bảo vệ 1 tại điểm N<sub>2</sub>

$$m'_{1BV1} = \frac{I_{k2}}{n_{i1} I_{dR1}} = \frac{1890}{20.8,4} = 7,95$$

Thời gian tác động thực tế của bảo vệ 1 khi có ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub>

$$t'_{1,n2} = t_{dt} \frac{0,14}{m'_{1BV1}^{0,02} - 1} = 0,1 \frac{0,14}{7,95^{0,02} - 1} = 0,33s$$

Độ phân cấp thời gian giữa bảo vệ 1 và bảo vệ 2, xác định

$$\Delta t_1 = t_{Mc1} + s_t \cdot t'_{1,n2} + t_{qt+dt} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,33 + 0,1 = 0,23s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 2 khi ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub>

$$t_2 = t'_{1,n2} + \Delta t_1 = 0,33 + 0,23 = 0,56s$$

Bội số dòng của role bảo vệ 2 tại điểm ngắn mạch N<sub>2</sub>

$$m'_{2BV2} = \frac{I_{k2}}{n_{i2} I_{dR2}} = \frac{1400}{40.8,8} = 4,28$$

Thời gian đặt của role bảo vệ 2

$$t_{d2} = \frac{t_2 (m'_{2BV2}^{0,02} - 1)}{0,14} = \frac{0,56 \cdot (4,28^{0,02} - 1)}{0,14} = 0,12s$$

Chọn  $t_{d2c} = 0,1s$

Bội số dòng điện của role bảo vệ 2 tại điểm N<sub>3</sub>

$$m'_{2BV2} = \frac{I_{k2}}{n_{i2} I_{dR2}} = \frac{1890}{40.8,8} = 5,75$$

Thời gian tác động thực tế của bảo vệ 2 khi có ngắn mạch tại điểm N<sub>3</sub>

$$t'_{2,n3} = t_{d2c} \frac{0,14}{m'_{2BV2}^{0,02} - 1} = 0,1 \frac{0,14}{5,75^{0,02} - 1} = 0,39s$$

Độ phân cấp thời gian giữa bảo vệ 2 và bảo vệ 3

$$\Delta t_2 = t_{Mc2} + s_t \cdot t'_{2,n3} + t_{qt+dt} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,39 + 0,1 = 0,23s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 3

$$t_3 = t'_{2,n3} + \Delta t_2 = 0,39 + 0,23 = 0,62s$$

Bảng Vd5.2 : KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CỰC ĐẠI BÀI TOÁN 5.2

Tham số tính toán		ký hiệu	bảo vệ 1	bảo vệ 2	bảo vệ 3
Dòng làm việc, A		$I_{lv}$	83	159	326
Dòng sơ cấp của BI, A		$I_{I.BI}$	100	200	400
Hệ số biến dòng,		$n_i$	20	40	80
Dòng khởi động của role, A		$I_{kd.R}$	8,34	8,72	8,94
Dòng đặt của role, A		$I_R$	8,4	8,8	9
Dòng khởi động của bảo vệ, A		$I_{kd.bv}$	168	352	720
Dộ nhạy		$k_{nh}$	3,92	3,47	2,28
Dòng tin cậy của cuộn cắt, A		$I_{cc}$	56,1	75,4	258,6
Thời gian tác động với đặc tính, s	độc lập	$t_{bv}$	0,4	0,68	0,88
	phụ thuộc	$t_{bv}$	0,4	0,56	0,62
		$t_d$	0,1	0,1	0,1

Qua kết quả tính toán ta thấy việc áp dụng role có đặc tính độc lập cho phép nâng cao hiệu quả bảo vệ và giảm được thời gian tác động của bảo vệ.

**Ví dụ 5.3.** Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 110 kV (hình 5.25), biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây :

Dòng làm việc, A			Dòng ngắn mạch, kA			
$I_1$	$I_{1.b}$	$I_{2.b}$	$I_{k1}$	$I_{k2}$	$I_{k3}$	$I_{k4}$
108	85	187	0,61	0,84	1,24	3,53

Các hệ số :  $k_{mm} = 1,6$  ;  $k_{tc} = 1,2$  ; thời gian đặt của role bảo vệ 1 là  $t_{d1} = 0,1$  s ; các máy cắt thuộc loại ít dầu, thời gian dự trữ và quán tính lấy bằng 0,1 s. Dùng các role số với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn.

**Giải :** Trước hết ta xác định dòng điện làm việc chạy trên các đoạn dây :

- Dòng làm việc qua bảo vệ 1 :  $I_{lv1} = I_1 = 108$  A ;
- Dòng làm việc qua bảo vệ 2 :  $I_{lv2} = I_1 + I_{1.b} = 108 + 85 = 193$  A ;
- Dòng làm việc qua bảo vệ 3 :  $I_{lv3} = I_2 + I_{2.b} = 193 + 187 = 380$  A ;

Căn cứ vào dòng làm việc trên các đoạn dây ta chọn máy biến dòng sao cho dòng định mức sơ cấp lớn hơn dòng làm việc ( $I_{1,Bl} > I_{lv}$ ). Các máy biến dòng được mắc theo sơ đồ hình sao có hệ số sơ đồ  $k_{sd}=1$  ; Dự định chọn role số với hệ số trở về  $k_{lv} = 0,98$

Đối với bảo vệ  $I$  ta chọn biến dòng có  $I_{1,Bl} = 200$ , dòng định mức thứ cấp  $I_{n2} = 5A$ , tức hệ số biến dòng là  $n_{i1} = 200/5 = 40$ . Dòng khởi động của role bảo vệ 1

$$I_{kdR1} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_{i1}} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 40} 1.1.6.108 = 4,96 A ;$$

Chọn role số với dòng đặt của role là  $I_{dR} = 5 A$  ;

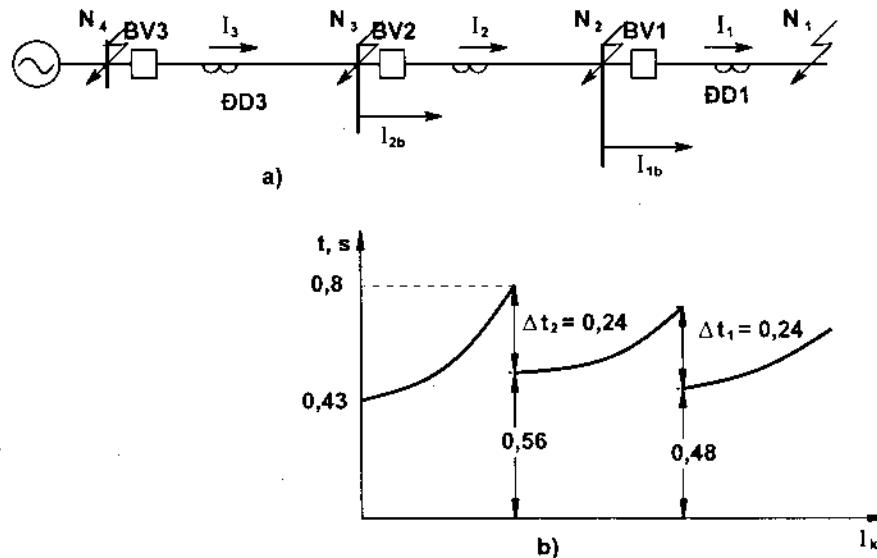
Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdbV} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{5 \cdot 40}{1} = 200 A ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k1,min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k1}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot I_{k1}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot 610}{200} = 2,64 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.



Hình 5.25. a) Sơ đồ tính toán bảo vệ mạng điện  
b) Biểu đồ kết hợp bảo vệ với đặc tính thời gian phụ thuộc bài toán 5.3

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cảm.

$$I_{1,Bl} = 100 \geq I_{cc} = 0,05 \cdot I_{k1} = 0,05 \cdot 610 = 33,44 < 200 A ;$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cảm.

Các bảo vệ khác được tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng Vd.43

Xác định thời gian tác động của các bảo vệ

Thời gian tác động của bảo vệ 1 :

Bội số dòng điện ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub> nơi bảo vệ 1 và bảo vệ 2 có thể cùng tác động

$$m_{2BV1} = \frac{I_{k2}}{n_{i1} I_{dR1}} = \frac{840}{40.5} = 4,18$$

Coi đặc tính thời gian của role có độ dốc chuẩn ta chế độ thời gian tác động thực tế của bảo vệ 1 khi có ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub>

$$t_{1,n2} = t_{d1} \frac{0,14}{m_{2,bv1}^{0,02} - 1} = 0,1 \frac{0,14}{4,18^{0,02} - 1} = 0,48s$$

Xác định độ phân cấp thời gian : đối với máy cắt đầu t<sub>Mc1</sub> = 0,1s ; sai số thời gian đối với role số lấy bằng 4%, tức sai số role của cả 2 bảo vệ là s<sub>t</sub> = 2.0,04 = 0,08 ; sai số do quán tính và dự phòng lấy bằng 0,1s. Như vậy cấp thời gian sẽ là

$$\Delta t_1 = t_{Mc1} + s_t \cdot t_1 + t_{qt+dt} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,48 + 0,1 = 0,24s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 2 khi ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub>

$$t_2 = t_1 + \Delta t_1 = 0,48 + 0,24 = 0,72s$$

Bội số dòng của role bảo vệ 2 tại điểm ngắn mạch N<sub>2</sub>

$$m_{2BV2} = \frac{I_{k2}}{n_{i2} I_{dR2}} = \frac{840}{60.6} = 2,32$$

Thời gian đặt của role bảo vệ 2

$$t_{d2} = \frac{t_2 (m_{2bv2}^{0,02} - 1)}{0,14} = \frac{0,72 \cdot (2,32^{0,02} - 1)}{0,14} = 0,087$$

Chọn t<sub>d2c</sub> = 0,1

Bội số dòng điện của role bảo vệ 2 tại điểm N<sub>3</sub>

$$m_{3BV2} = \frac{I_{k3}}{n_{i2} I_{dR2}} = \frac{1240}{60.6} = 3,45$$

Thời gian tác động thực tế của bảo vệ 2 khi có ngắn mạch tại điểm N<sub>3</sub>

$$t_{2,n3} = t_{d2} \frac{0,14}{m_{3bv2}^{0,02} - 1} = 0,1 \frac{0,14}{3,45^{0,02} - 1} = 0,56s$$

Độ phân cấp thời gian giữa bảo vệ 2 và bảo vệ 3

$$\Delta t_2 = t_{Mc2} + s_t \cdot t_{2,n3} + t_{qt+dt} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,56 + 0,1 = 0,24s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 3

$$t_3 = t_{2,n3} + \Delta t_2 = 0,56 + 0,24 = 0,8s$$

Bội số dòng của rơle bảo vệ 3 tại điểm ngắn mạch N<sub>3</sub>

$$m_{3BV3} = \frac{I_{k3}}{n_{i3} I_{dR3}} = \frac{1240}{80.9} = 1,72$$

Thời gian đặt của rơle bảo vệ 2

$$t_{d3} = \frac{t_3(m_{3BV3}^{0,02} - 1)}{0,14} = \frac{0,8.(1,72^{0,02} - 1)}{0,14} = 0,062$$

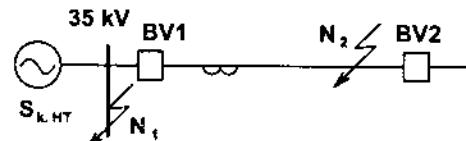
Chọn t<sub>d3c</sub> = 0,1

Biểu đồ phân bố thời gian tác động của các bảo vệ được thể hiện trên hình vẽ 5.25.

Bảng Vd5.3 : KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CỤC ĐẠI BÀI TOÁN 5.3

Tham số tính toán	ký hiệu	bảo vệ 1	bảo vệ 2	bảo vệ 3
Dòng làm việc, A	I <sub>lv</sub>	108	193	380
Hệ số biến dòng,	n <sub>i</sub>	40	60	80
Dòng đặt của rơle	I <sub>R</sub>	5	6	9
Độ nhạy	k <sub>nh</sub>	2,64	2	1,5
Thời gian đặt s	t <sub>d</sub>	0,1	0,1	0,1

**Ví dụ 5.4.** Đường dây 35 kV (hình 5.26) có chiều dài 18,5 km, được làm bằng dây dẫn AC.95, công suất ngắn mạch của hệ thống là S<sub>k,ht</sub> ≈ 286 MVA, dòng điện làm việc cực đại I<sub>lvMax</sub> = 315A. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cắt nhanh, hệ số tin cậy lấy bằng 1,2 ;



Hình 5.26. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.4

**Giải :** Trước hết ta cần xác định dòng điện ngắn mạch. Tra sổ tay thiết kế (bảng 5.pl), ứng với mã hiệu dây dẫn AC-95, ta tìm được r<sub>0</sub> = 0,33 và x<sub>0</sub> = 0,403 Ω/km. Chọn cấp điện áp cơ bản là U<sub>cb</sub> = 35 kV, ta xác định điện trở của các phần tử mạng điện trong hệ đơn vị có tên :

$$\text{Điện trở hệ thống : } X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{35^2}{286} = 4,28 \Omega ;$$

$$\text{Điện trở đường dây : } R_d = r_0 \cdot l = 0,33 \cdot 18,5 = 6,105 \Omega ; X_d = x_0 \cdot l = 0,403 \cdot 18,5 = 7,46 \Omega ;$$

$$\text{Tổng trở của đường dây } Z_d = \sqrt{R_d^2 + X_d^2} = \sqrt{6,105^2 + 7,46^2} = 9,64 \Omega$$

$$\text{Tổng trở ngắn mạch } Z_K = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{6,105^2 + (4,28 + 7,46)^2} = 13,23 \Omega ;$$

$$\text{Đòng ngắn mạch 3 pha tại điểm } N_1 : I_{k1} = \frac{S_{k,HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{286}{\sqrt{3.35}} = 4,72 \text{ kA} ;$$

$$\text{Đòng ngắn mạch 3 pha tại điểm } N_2 : I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{35}{\sqrt{3.13,23}} = 1,527 \text{ kA} ;$$

Chọn máy biến dòng loại 4MA74 có  $I_{1BI} = 400 \text{ A}$ ,  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 400/5 = 80$ , dự định mắc máy biến dòng theo sơ đồ sao thiểu, nên hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ .

Đòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN,R} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{k,2} = \frac{1,2}{80} \cdot 1.1527 = 22,91 \text{ A} ;$$

Chọn rơle EOCR-SS.20 với dòng đặt của rơle  $I_{dRCN} = 23 \text{ A}$  ;

Đòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{23.80}{1} = 1840 \text{ A.}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd,CN}} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}^{(3)}}{I_{kd,CN}} = \frac{0,87 \cdot 1564}{1840} = 0,72$$

Để đạt được độ nhạy cần thiết bảo vệ cắt nhanh chỉ tác động với dòng ngắn mạch là

$$I_k = 2 \cdot I_{kdCN} = 2 \cdot 1840 = 3680 \text{ A}$$

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{Z_d} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) = \frac{100}{9,64} \left( \frac{35}{\sqrt{31,84}} - 4,28 \right) = 69,52,7\% > 30\%$$

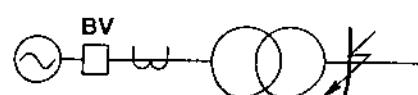
Như vậy là bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt :

$$I_{cc} = 0,05 \cdot I_{k1} = 0,05 \cdot 4720 = 188,7 \text{ A} < I_{1,BI} = 400 \text{ A} ;$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

**Ví dụ 5.5.** Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp 110/22 kV (hình 5.27), biết công suất định mức của máy biến áp là  $S_{ba} = 16000 \text{ kVA}$ ; điện áp định mức  $U_1 = 110$  và  $U_2 = 22 \text{ kV}$ ; hệ số độ biến dòng từ hoá  $k_{db} = 4$ ; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm  $N$  là  $I_k^{(3)} = 2,13 \text{ kA}$ ; hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ .



Hình 5.27. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.5

*Giai :*

Trước hết ta xác định dòng định mức của máy biến áp

$$I_{BA} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 83,98 \text{ A} ;$$

Dòng điện ngắn mạch quy về cấp điện áp 110 kV là

$$I_k^{(3)} = \frac{I_k^{(3)} \cdot U_2}{U_1} = \frac{2130.22}{110} = 426 \text{ A} ;$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

- Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài  $I_{CN1} > I_k^{(3)} = 426 \text{ A}$
- Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{CN2} > I_{db} = k_{db} \cdot I_{BA} = 5.83,98 = 336 \text{ A} ;$$

Do dòng  $I_{CN1} > I_{CN2}$  nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất

$$I_{CN} = k_{tc} \cdot I_k^{(3)} = 1,2.426 = 511,2 \text{ A} ;$$

Căn cứ vào dòng định mức của máy biến áp ta chọn biến dòng có  $I_{BI} = 100 \text{ A}$ , dòng định mức thứ cấp là  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 100/5 = 20$ ; máy biến dòng được nối theo hình sao, tức hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ .

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kd.CN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} \cdot k_{sd} = \frac{511,2}{20} \cdot 1 = 25,56 \text{ A} ;$$

Chọn role EOCR-SP.20 với dòng đặt của role  $I_{dRCN} = 25,6 \text{ A}$ ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{25,6 \cdot 20}{1} = 512 \text{ A.}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87 \cdot 426}{512} = 0,72$$

Như vậy thực chất bảo vệ cắt nhanh chỉ có thể đảm bảo được một phần và nó chỉ đóng vai trò bảo vệ phụ cho máy biến áp.

Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất mà bảo vệ cắt tác động tin cậy với độ nhạy bằng  $k'_{nh} = 2$  là :

$$I_k = k'_{nh} \cdot I_{kd.CN} = 2 \cdot 512 = 1024 \text{ A}$$

**Ví dụ 5.6.** Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp có máy TRDN10000/110, điện áp định mức phía sơ cấp là 115 kV và phía thứ cấp là 11 kV (hình 5.28), biết công suất ngắn mạch tại đầu vào máy biến áp là  $S_{k,HT} = 980$  MVA hệ số đột biến dòng từ hoá  $k_{db} = 4$ ; hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$

**Giải :** Căn cứ vào mã hiệu của máy biến áp ta tra phụ lục xác định các thông số của máy như sau:  $S_{BA} = 10.000$  kVA;  $U_{n1} = 115$  kV;  $U_{n2} = 11$  kV;  $U_k = 10,5\%$

Trước hết ta xác định dòng điện ngắn mạch ngoài của máy biến áp, tức là ngắn mạch trên thanh cái thứ cấp. Để quy dòng ngắn mạch về phía sơ cấp ta chọn điện áp cơ bản  $U_{cb} = U_{n1} = 115$  kV. Điện trở hệ thống:

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{115^2}{980} = 13,5 \Omega ;$$

Điện trở của máy biến áp

$$X_{BA} = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 138,9 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch

$$X_K = X_{HT} + X_{BA} = 13,5 + 138,9 = 152,4 \Omega ;$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm trên thanh cái thứ cấp quy về phía sơ cấp

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} Z_k} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 152,4} = 0,436 \text{ kA} = 436 \text{ A} ;$$

Dòng định mức của máy biến áp

$$I_{BA1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 50,2 \text{ A} ;$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

– Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài  $I_{CN1} > I_k^{(3)} = 436 \text{ A}$

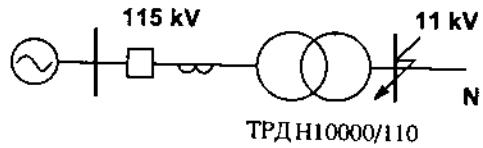
– Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{CN2} > I_{db} = k_{db} \cdot I_{BA} = 5 \cdot 50,2 = 200,82 \text{ A} ;$$

Do dòng  $I_{CN1} > I_{CN2}$  nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất

$$I_{CN} = k_{tc} \cdot I_k^{(3)} = 1,2 \cdot 436 = 523 \text{ A} ;$$

Căn cứ vào dòng định mức của máy biến áp ta chọn biến dòng có  $I_{BI} = 100 \text{ A}$ , dòng định mức thứ cấp là  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 100/5 = 20$ ; máy biến dòng được nối theo hình sao, tức hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ .



Hình 5.28. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.6

**Giải :** Căn cứ vào mã hiệu của máy biến áp ta tra phụ lục xác định các thông số của máy như sau:  $S_{BA} = 10.000$  kVA;  $U_{n1} = 115$  kV;  $U_{n2} = 11$  kV;  $U_k = 10,5\%$

Trước hết ta xác định dòng điện ngắn mạch ngoài của máy biến áp, tức là ngắn mạch trên thanh cái thứ cấp. Để quy dòng ngắn mạch về phía sơ cấp ta chọn điện áp cơ bản  $U_{cb} = U_{n1} = 115$  kV. Điện trở hệ thống :

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{115^2}{980} = 13,5 \Omega ;$$

Điện trở của máy biến áp

$$X_{BA} = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 138,9 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch

$$X_K = X_{HT} + X_{BA} = 13,5 + 138,9 = 152,4 \Omega ;$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm trên thanh cái thứ cấp quy về phía sơ cấp

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} Z_k} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 152,4} = 0,436 \text{ kA} = 436 \text{ A} ;$$

Dòng định mức của máy biến áp

$$I_{BA1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 50,2 \text{ A} ;$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

– Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài  $I_{CN1} > I_k^{(3)} = 436 \text{ A}$

– Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{CN2} > I_{db} = k_{db} \cdot I_{BA} = 5 \cdot 50,2 = 200,82 \text{ A} ;$$

Do dòng  $I_{CN1} > I_{CN2}$  nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất

$$I_{CN} = k_{tc} \cdot I_k^{(3)} = 1,2 \cdot 436 = 523 \text{ A} ;$$

Căn cứ vào dòng định mức của máy biến áp ta chọn biến dòng có  $I_{BI} = 100 \text{ A}$ , dòng định mức thứ cấp là  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 100/5 = 20$ ; máy biến dòng được nối theo hình sao, tức hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ .

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN,R} = \frac{I_{CN}}{n_i} \quad k_{sd} = \frac{523}{20} \cdot 1 = 26,15 \text{ A} ;$$

Chọn role EOCR-SP.20 với dòng đặt của role  $I_{dRCN} = 26,5 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd,CN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{26,5 \cdot 20}{1} = 530 \text{ A.}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd,CN}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd,CN}} = \frac{0,87 \cdot 436}{530} = 0,715$$

Để đạt được độ nhạy cần thiết bảo vệ cắt nhanh chỉ tác động với dòng ngắn mạch là

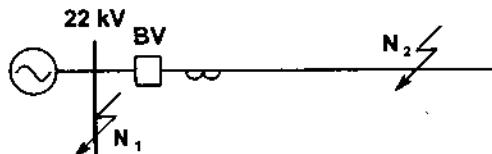
$$I_k = 2 \cdot I_{kdCN} = 2 \cdot 530 = 1060 \text{ A}$$

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{X_{BA}} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) = \frac{100}{138,9} \left( \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 530} - 13,5 \right) = 80,5\% > 30\%$$

Như vậy là bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

**Ví dụ 5.7.** Hãy tính toán bảo vệ quá dòng cho đường dây 22 kV, (hình 5.29) có chiều dài 11,2 km, được làm bằng dây dẫn AC-120, công suất ngắn mạch của hệ thống là  $S_{k,ht} = 328 \text{ MVA}$ . biết dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 365 \text{ A}$ , hệ số mở máy  $k_{mm} = 1,5$ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,2.



Hình 5.29. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.7

**Giải :** Trước hết ta cần xác định dòng điện ngắn mạch tại vị trí đặt thiết bị bảo vệ  $N_1$  và ở cuối đường dây  $N_2$ . Tra sổ tay thiết kế, ứng với mã hiệu dây dẫn AC-120, ta tìm được  $r_0 = 0,27$  và  $x_0 = 0,363 \Omega/\text{km}$ . Chọn cấp điện áp cơ bản là  $U_{cb} = 22 \text{ kV}$ , ta xác định điện trở của các phần tử mạng điện trong hệ đơn vị có tên :

Điện trở hệ thống :

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{22^2}{328} = 1,48 \Omega ;$$

Điện trở đường dây :

$$R_d = r_0 \cdot l = 0,27 \cdot 11,2 = 3,02 \Omega ;$$

$$X_d = x_0 \cdot l = 0,365 \cdot 11,2 = 4,07 \Omega ;$$

$$Z_d = \sqrt{R_d^2 + X_d^2} = \sqrt{3,02^2 + 4,07^2} = 5,07 \Omega$$

$$\text{Tổng trở ngắn mạch } Z_K = Z_d = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{3,02^2 + (1,48 + 4,07)^2} \\ = 6,31 \Omega;$$

$$\text{Đồng ngắn mạch 3 pha tại điểm } N_1 : I_{k1}^{(3)} = \frac{S_{kHT}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{328}{\sqrt{3} \cdot 22} = 8,61 \text{ kA};$$

$$\text{Đồng ngắn mạch 3 pha tại điểm } N_2 : I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot Z_K} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 6,31} = 2,01 \text{ kA};$$

Bảo vệ quá dòng được thực hiện với 2 role mắc nối tiếp nhau : role thứ nhất dùng cho bảo vệ dòng điện cực đại có duy trì thời gian và role thứ hai dùng cho bảo vệ dòng điện cắt nhanh. Căn cứ vào giá trị dòng làm việc ta chọn máy biến dòng loại 4MA74 có  $I_{nBI} = 400$  ( $I_{nBI} > I_k$ ), dòng định mức thứ cấp  $I_{n2} = 5A$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 400/5 = 80$ , dự định sẽ chọn role số, máy biến dòng theo sơ đồ sao thiến, hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ . Với role kỹ thuật số hệ số trở về  $k_{tv} = 0,98$ .

\* Bảo vệ dòng điện cực đại

Dòng khởi động của role được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 80} \cdot 1,1,5 \cdot 365 = 8,38 \text{ A}$$

Chọn role số loại EOCR.SP.10 dòng đặt của role  $I_{dR} = 8,4 \text{ A}$ ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ dòng điện cực đại là

$$I_{kdl>} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{8,4 \cdot 80}{1} = 672 \text{ A};$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}^{(3)}}{I_{kdl>}} = \frac{0,87 \cdot 2010}{672} = 2,6 > 1,5$$

Vậy độ nhạy của bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt :

$$I_{1.BI} = 400 \geq I_{cc} = 0,05 \cdot I_{k1}^{(3)} = 0,05 \cdot 8610 = 344,31 \text{ A};$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

\* Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chỉnh định theo điều kiện ngắn mạch ngoài, tức theo dòng ngắn mạch tại điểm  $N_2$

$$I_{CN} = k_{tc} I_{k2}^{(3)} = 1,2 \cdot 2010 = 2414 \text{ A};$$

Dòng khởi động của rôle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} k_{sd} = \frac{2414}{80} \cdot 1 = 30,18 \text{ A} ;$$

Chọn rôle EOCR-SP.20 với dòng đặt của rôle cắt nhanh  $I_{dRCN} = 30,5 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

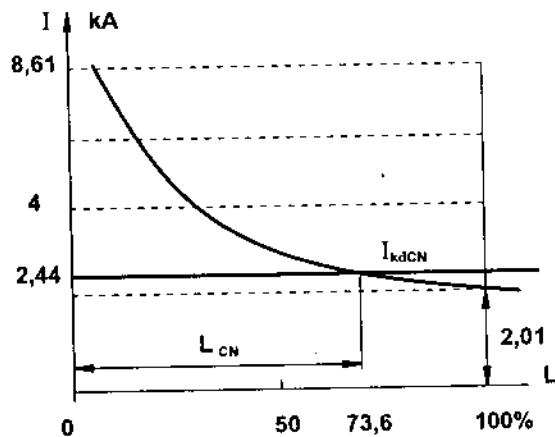
$$I_{kdI>>} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{30,5 \cdot 80}{1} = 2440 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

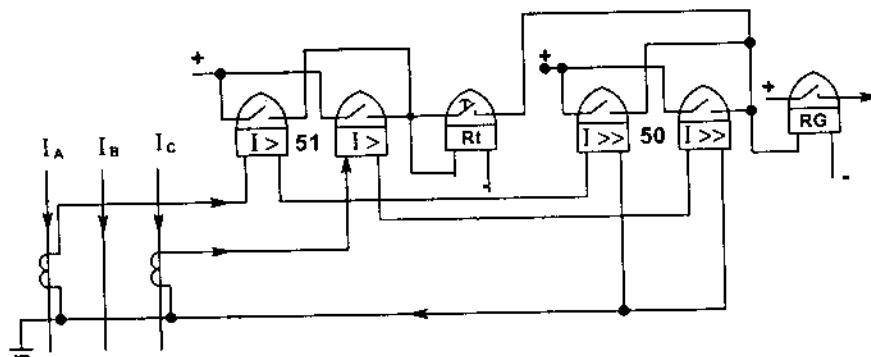
$$k_{nh} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}^{(3)}}{I_{kdI>>}} = \frac{0,87 \cdot 2010}{2440} = 0,717$$

Để đạt được độ nhạy cần thiết với  $k_{nh} = 2$ , bảo vệ cắt nhanh chỉ tác động với dòng ngắn mạch là

$$I_k = 2 \cdot I_{kdCN} = 2 \cdot 2440 = 4880 \text{ A}$$



Hình 5.30. vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh bài toán 5.6



Hình 5.31. Sơ đồ bảo vệ quá dòng điện đường dây bài toán 5.7

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{Z_d} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) = \frac{100}{5,07} \left( \frac{22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 2440} - 1,48 \right) = 73,61\% > 30\%$$

Như vậy là thỏa mãn yêu cầu của bảo vệ. Vùng tác động và bảo vệ cắt nhanh được thể hiện trên hình 5.30 và sơ đồ một sối bảo vệ quá dòng đường dây được thể hiện trên hình 5.31.

**Bài tập tự giải :**

**5.1.** Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 10 kV (hình vẽ), biết dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 126 \text{ A}$ , hệ số mở máy  $k_{mm} = 1,5$ , hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ ; Dòng ngắn mạch cuối đường dây là  $I_k^{(3)} = 0,873 \text{ kA}$



5.2. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 35 kV, biết dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 215 A$ , hệ số mở máy  $k_{mm} = 1,5$ , hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ ; Dòng ngắn mạch cuối đường dây là  $I_k^{(3)} = 1,28 kA$

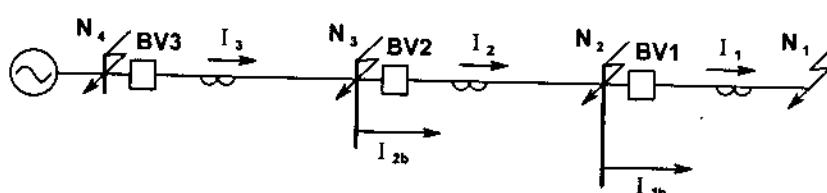
5.3. Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 35 kV (hình vẽ), biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây :

Dòng làm việc, A			Dòng ngắn mạch, kA			
$I_1$	$I_{1.b}$	$I_{2.b}$	$I_{k1}$	$I_{k2}$	$I_{k3}$	$I_{k4}$
115	98	196	2,27	3,3	3,76	5,34

Các hệ số :  $k_{mm} = 1,6$  ;  $k_{tc} = 1,2$  ; thời gian tác động của bảo vệ 1 là  $t_1 = 0,15 s$  ; các máy cắt thuộc loại ít dầu. thời gian dự trữ và quán tính lấy bằng 0,1 s.

Dùng các role số với đặc tính thời gian thời gian độc lập ;

Dùng role số với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn.

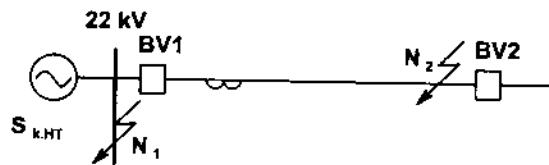


5.4. Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 350 kV, biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây :

Dòng làm việc, A			Dòng ngắn mạch, kA			
$I_1$	$I_{1.b}$	$I_{2.b}$	$I_{k1}$	$I_{k2}$	$I_{k3}$	$I_{k4}$
78	45	103	0,50	68	99	2,23

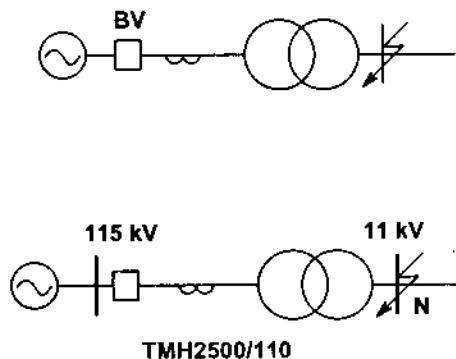
Các hệ số :  $k_{mm} = 1,6$  ;  $k_{tc} = 1,2$  ; thời gian đặt của role bảo vệ 1 là  $t_{d1} = 0,1 s$  ; các máy cắt thuộc loại ít dầu. thời gian dự trữ và quán tính lấy bằng 0,1 s. Dùng các role số với đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn.

5.5. Đường dây 22 kV (hình vẽ) có chiều dài 12 km, được làm bằng dây dẫn AC-90, công suất ngắn mạch của hệ thống là  $S_{k.HT} = 178 MVA$ , dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 289 A$ . Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cắt nhanh, hệ số tin cậy lấy bằng 1,2 ;



5.6. Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp 110/35kV (hình vẽ), biết công suất định mức của máy biến áp là  $S_{ba} = 10000$  kVA ; điện áp định mức  $U_1 = 115$  và  $U_2 = 37$  kV ; hệ số đột biến dòng từ hoá  $k_{db} = 4$  ; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm N là  $I_k^{(3)} = 2,24$ kA ; hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ .

5.7. Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp có máy TMH2500/110, điện áp định mức phía sơ cấp là 110 kV và phía thứ cấp là 11 kV (hình vẽ), biết công suất ngắn mạch tại đầu vào máy biến áp là  $S_{k,HT} = 640$  MVA hệ số đột biến dòng từ hoá  $k_{db} = 4$  ; hệ số tin cậy lấy bằng  $k_{tc} = 1,2$



#### Đáp số

5.1.  $I_{dR} = 6A$  ;  $k_{nh} = 3,16$

5.2.  $I_{dR} = 3,3A$  ;  $k_{nh} = 2,81$

5.3.

Tham số tính toán	bảo vệ 1	bảo vệ 2	bảo vệ 3
Dòng đặt của role, A	5,2	5	9,2
Độ nhạy	9,5	4,71	4,4
Thời gian tác động với đặc tính, s	độc lập	0,15	0,36
	phụ thuộc	0,15	0,34
			0,59
			0,54

5.4.

Tham số tính toán	bảo vệ 1	bảo vệ 2	bảo vệ 3
Dòng đặt của role, A	7,2	5,7	7
Độ nhạy	3,05	2,6	2,05
Thời gian tác động, s	0,55	0,68	0,59

5.5.  $I_{dRCN} = 21A$  ;  $m\% = 67,54\%$

5.6.  $I_{dRCN} = 43,5A$  ;

5.7.  $I_{dRCN} = 7,5A$  ;  $m\% = 79,6\%$

## Tóm tắt chương 5

*Bảo vệ dòng điện cực đại* tác động với một thời gian duy trì khi dòng điện chạy trong mạch tăng hơn giá trị dòng khởi động được chỉnh định trước theo điều kiện làm việc bình thường ở chế độ nặng nề nhất.

Dòng điện khởi động của rơle dòng cực đại

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_i} k_{sd} k_{mm} I_{vM} ;$$

*Dòng điện khởi động thực sự* của bảo vệ dòng điện cực đại được xác định như sau :

$$I_{kdI} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}}$$

Độ nhạy của bảo vệ được đánh giá bởi hệ số nhạy

$$k_{nh} = \frac{k_{min}}{I_{kdI}} = \frac{k_{min} k_{sd}}{I_{dR} \cdot n_i} ;$$

Việc phối hợp thời gian tác động của các bảo vệ có đặc tính độc được thực hiện theo nguyên tắc các bảo vệ ở xa nguồn sẽ tác động trước, các bảo vệ ở gần nguồn sẽ tác động sau

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

$$\Delta t = t_{Mc(n-1)} + s_t \cdot t_{(n-1)} + t_{qt} + t_{dt}$$

Sự phụ thuộc của thời gian tác động của rơle vào bội số dòng

$$t_{td} = t_d \frac{k}{m^n - 1}$$

Sự phối hợp bảo vệ với các đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn được thực hiện tại điểm ngắn mạch, nơi mà cả hai bảo vệ trước và sau có thể cùng tác động. Thời gian tác động của bảo vệ trước (bảo vệ ở xa nguồn nhất) được xác định ứng với dòng ngắn mạch, còn thời gian tác động của bảo vệ sau được sẽ tăng thêm một giá trị  $\Delta t$ .

*Sự phối hợp bảo vệ với đặc tính thời gian hỗn hợp* được thực hiện theo nguyên lý sau :

- Xây dựng đường đặc tính  $t_{kd} = f(I)$  trong khoảng từ  $I_{kd} \div I_{kMax}$  tại chỗ đặt bảo vệ ;
- Xác định điều kiện phối hợp bảo vệ : xác định vùng tác động chung từ đó xác định dòng tương ứng với đặc tính gọi là dòng phối hợp ;
- Ứng với dòng điện phối hợp cộng thêm vào thời gian của bảo vệ trước một cấp chọn lọc  $\Delta t$  để xác định điểm kiểm tra và chọn đặc tính thời gian phù hợp.

**Bảo vệ cắt nhanh**

Bảo vệ cắt nhanh là một dạng bảo vệ quá dòng tác động một cách tức thời. Sự chọn lọc được thực hiện bằng cách đặt các dòng điện khởi động của các bảo vệ giảm dần theo chiều từ nguồn đến các điểm tải.

Dòng khởi động của rơle cắt nhanh

$$I_{kdR.CN} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{tc} k_{M..ng}$$

Tỷ lệ vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$m\% = \frac{I_{CN}}{I} 100 = \frac{100}{Z_k} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - Z_{htz} \right) \%$$

Sự phối hợp giữa bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh được thực hiện với 2 role dòng mắc nối tiếp và 1 role thời gian. Một trong số 2 role dòng làm nhiệm vụ của bảo vệ cắt nhanh còn role kia thì làm nhiệm vụ của bảo vệ dòng điện cực đại.

#### Đánh giá bảo vệ quá dòng

Bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì tương đối lớn nên không thể đáp ứng được yêu cầu tác động nhanh, đặc biệt đối với các bảo vệ đặt ở gần nguồn cung cấp. Để giảm thời gian tác động nên áp dụng các role dòng có đặc tính thời gian phụ thuộc. Do sơ đồ rất đơn giản nên độ tin cậy của bảo vệ khá cao.

Bảo vệ cắt nhanh có ưu điểm là đơn giản và cắt nhanh sự cố nhưng có nhược điểm là chỉ có thể bảo vệ được một phần đối tượng.

## Câu hỏi ôn tập

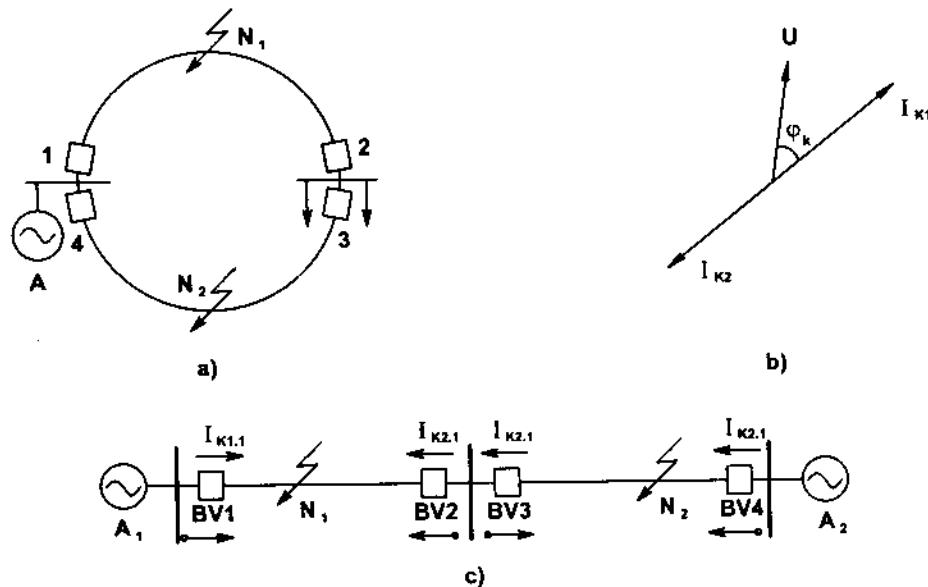
1. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ dòng điện cực đại
2. Phương pháp tính toán bảo vệ dòng điện cực đại
3. Hãy trình bày các đặc tính thời gian của bảo vệ dòng điện cực đại, nguyên lý phối hợp bảo vệ với các đặc tính thời gian khác nhau
4. Trình bày một số sơ đồ thực hiện bảo vệ dòng điện cực đại
5. Hãy trình bày nguyên lý tác động và phương pháp tính toán bảo vệ cắt nhanh
6. Trình bày sơ đồ thực hiện bảo vệ cắt nhanh
7. Sơ đồ kết hợp bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh
8. Hãy đánh giá bảo vệ quá dòng và phạm vi áp dụng của các bảo vệ này

## Chương 6

## BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CÓ HƯỚNG

## 6.1. NGUYÊN LÝ TÁC ĐỘNG

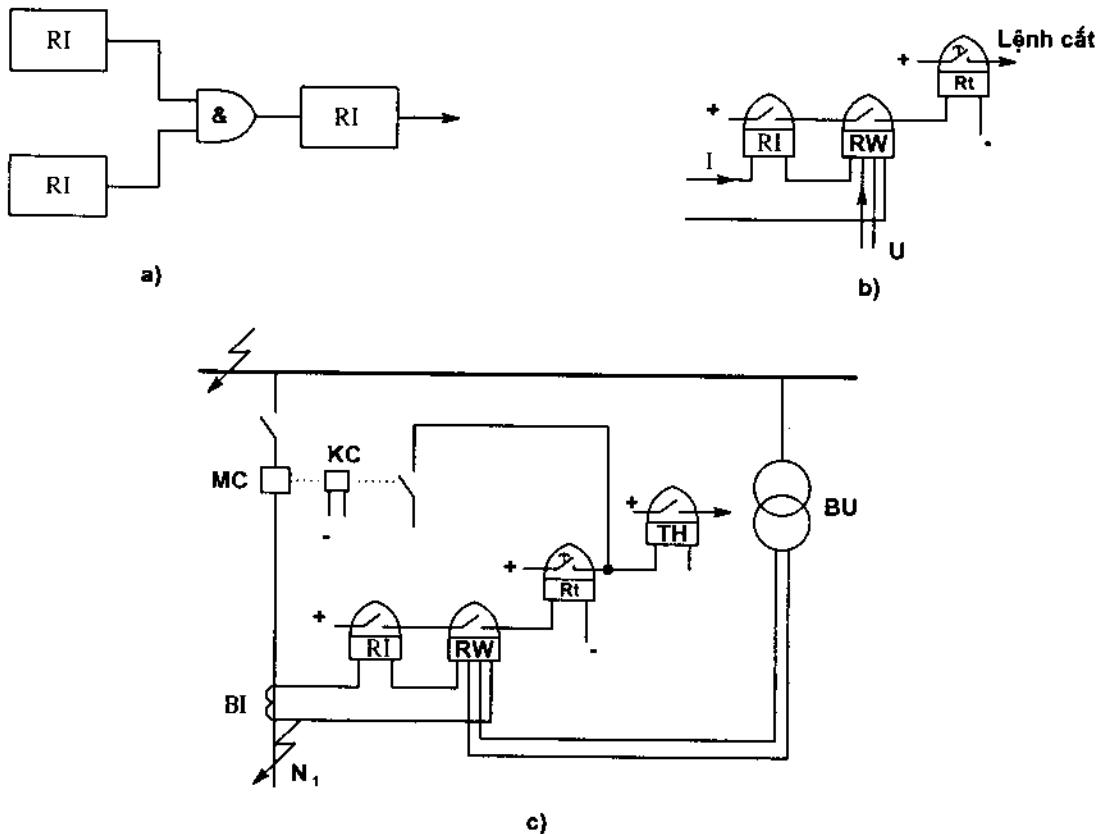
Trong mạng điện kín việc áp dụng các phương pháp bảo vệ thông thường khó có thể đảm bảo được tính chọn lọc cần thiết. Xét mạng điện hai nguồn cung cấp hình 6.1c. nếu ta áp dụng bảo vệ dòng điện cực đại thì khi có ngắn mạch tại điểm  $N_1$  để đảm bảo tính chọn lọc thời gian tác động của bảo vệ 2 phải nhỏ hơn thời gian tác động của bảo vệ 3, tức là  $t_2 < t_3$  nhưng khi có ngắn mạch tại điểm  $N_2$  thì ngược lại  $t_2 > t_3$ . Rõ ràng không thể thỏa mãn đồng thời hai điều kiện như vậy được, vậy làm thế nào đây ? Nếu quan sát kỹ hơn thì ta sẽ thấy khi có ngắn mạch tại điểm  $N_1$  dòng ngắn mạch  $I_{k2.1}$  đi từ nguồn  $A_2$  qua bảo vệ 2 có chiều từ thanh cái vào đường dây, còn đối với bảo vệ 3 thì lại có chiều từ đường dây vào thanh cái, lợi dụng đặc điểm này người ta trang bị một bộ phận định hướng để bảo vệ chỉ tác động khi dòng ngắn mạch đi từ thanh cái vào đường dây và sẽ không tác động trong trường hợp ngược lại. Đó chính là nguyên lý của bảo vệ có hướng (direction protection) (BVCH). Cơ cấu định hướng được thực hiện bởi rôle công suất.



**Hình 6.1.** Giải thích nguyên lý làm việc của bảo vệ có hướng cho đường dây hai nguồn cung cấp  
a) Sơ đồ mạng điện kín ; b) Đồ thị véc tơ dòng ngắn mạch và điện áp ; c) Sơ đồ bố trí các bảo vệ

Bảo vệ có hướng được thực hiện với sự tham gia của phép logic "VÀ", lệnh cắt chỉ thực hiện khi đồng thời có tín hiệu từ rôle dòng điện cực đại RI và rôle công suất RW. Bảo vệ có hướng phản ứng đối với giá trị dòng điện và góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện nơi đặt bảo vệ.

Trên hình 6.1. c các mũi tên chỉ hướng tác động của các bảo vệ, theo đó khi có ngắn mạch tại điểm  $N_1$  thì chỉ có bảo vệ 1 và 2 tác động, bảo vệ 4 tác động sau một thời gian trễ, còn bảo vệ 3 sẽ không tác động. Khi có ngắn mạch tại điểm  $N_2$  thì chỉ có bảo vệ 3 và 4 tác động, bảo vệ 1 tác động sau một thời gian trễ, còn bảo vệ 2 sẽ không tác động.



**Hình 6.2.** Sơ đồ nguyên lý làm việc của bảo vệ có hướng

a) Sơ đồ khối ; b) Sơ đồ thực hiện bằng Role tiếp ; c) Sơ đồ bố trí thiết bị

Bảo vệ có hướng gồm có 3 cơ cấu chính là

- Bộ phận khởi động – role dòng RI ;
  - Bộ phận định hướng – role công suất RW ;
  - Bộ phận trễ – role thời gian Rt

Máy biến điện áp BU cung cấp nguồn cho role công suất RW, máy biến dòng cung cấp tín hiệu cho role dòng RI và role công suất RW.

Nguyên lý hoạt động của bảo vệ như sau : Khi trong mạng điện xảy ra hiện tượng ngắn mạch thì role dòng RI sẽ khởi động, đóng tiếp điểm, nếu ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ thì dòng điện sẽ có chiều đi từ thanh cáp vào đường dây, lúc đó role công suất RW sẽ khép tiếp điểm gửi tín hiệu đến role thời gian Rt, sau một khoảng thời gian trễ nhất định role này sẽ đóng tiếp điểm đưa tín hiệu đến cuộn cắt KC để cắt máy cắt MC, đồng thời role tín hiệu cũng khép

tiếp điểm báo cho mạch đèn hiệu hoặc còi. Trong trường hợp điểm ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ, khi đó mặc dù role RI khép tiếp điểm của mình nhưng do dòng ngắn mạch có chiều đi từ đường dây vào thanh cái nên role công suất RW không đóng tiếp điểm do đó sẽ không có tín hiệu cắt được gửi đi và máy cắt sẽ vẫn làm việc bình thường.

Bảo vệ có hướng có thể áp dụng theo nguyên lý bảo vệ dòng điện cực đại cũng như bảo vệ cắt nhanh. Trong trường hợp dòng phụ tải lớn mà dòng ngắn mạch nhỏ thì rất có khả năng độ nhạy của bảo vệ sẽ không đảm bảo, để khắc phục, người ta thường áp dụng sơ đồ bảo vệ có hướng với sự tham gia của khoá điện áp cực tiểu.

## 6.2. ROLE CÔNG SUẤT

Như đã trình bày, role công suất có nhiệm vụ định hướng cho bảo vệ, yêu cầu đối với role công suất là :

- Tác động nhanh ;
- Độ nhạy cao, muốn vậy giá trị điện áp và công suất phải nhỏ đến mức có thể ;
- Loại trừ hiện tượng tự quay khi chỉ có một đại lượng  $I$  hoặc  $U$ .

Có nhiều loại role công suất khác nhau như role cảm ứng, role điện động, role cảm ứng điện động v.v... Chúng ta xét cấu tạo của một loại role đặc trưng là role công suất kiểu cảm ứng.

### 6.2.1. Cấu tạo của role

Cấu tạo của role công suất kiểu cảm ứng được thể hiện trên hình 6.3, gồm mạch từ 1 với các cặp cực (chân), trống quay (ROTO) 2 làm bằng nhôm, lõi thép 3 đặt trong ROTO, tiếp điểm động 4 được gắn trên ROTO bởi một cánh tay đòn, tiếp điểm tĩnh 5, cuộn áp 6 được quấn vào một cặp cực và cuộn dòng 7 được quấn trên cặp cực kia.

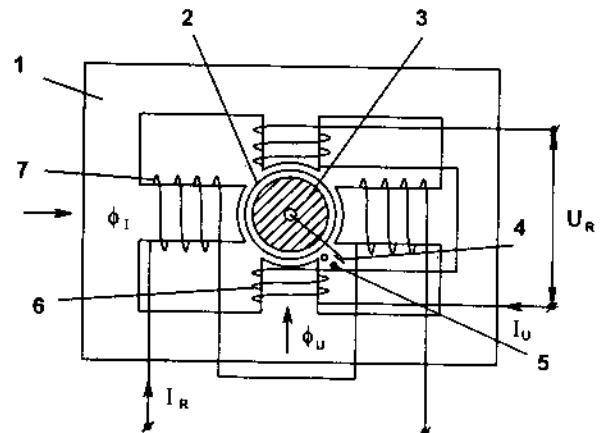
### 6.2.2. Nguyên lý hoạt động

Khi có dòng  $I_R$  và áp  $U_R$  được đưa vào các cuộn dây thì các từ thông  $\phi_I$  và  $\phi_U$  được hình thành hợp với vectơ  $I_R$  và  $I_U$  tương ứng một góc  $\alpha$  (hình 6.4). Dưới tác động của các từ thông sinh ra một momen quay

$$M_q = k_1 \cdot \phi_I \cdot \phi_U \cdot \sin \Psi \quad (6.1)$$

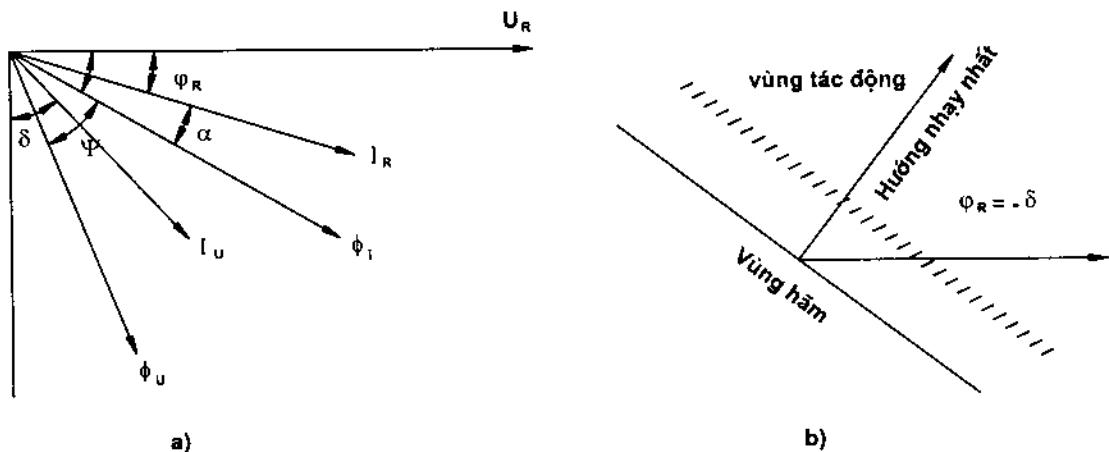
Hay

$$M_q = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \sin \Psi = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \sin(\phi_U - \phi_R) \quad (6.2)$$



Hình 6.3. Sơ đồ cấu tạo role công suất kiểu cảm ứng

1. mạch từ ; 2. trống quay ; 3. lõi thép ;
4. tiếp điểm động ; 5. tiếp điểm tĩnh ;
6. cuộn áp ; 7. cuộn dòng



Hình 6.4. a) Biểu đồ vectơ ; b) Miền tác động và miền hâm của role công suất

Trên đồ thị vectơ hình 6.4a. ta dễ dàng nhận thấy  $\phi_U = 90 - \delta$

Do đó  $M_q = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \sin(90 - \delta - \phi_R) = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \cos(\phi_R + \delta) = k \cdot S_R$  (6.3)

Đặt  $S_R = U_R \cdot I_R \cdot \cos(\phi_R + \delta)$  (6.4)

$S_R$  gọi là công suất ảo, hay công suất giả tưởng đưa đến role, nó chỉ đặc trưng cho đại lượng momen quay chứ không phải là công suất tiêu thụ của role. Khi momen quay  $M_q$  lớn hơn momen cần  $M_c$  thì role sẽ tác động, từ đây ta có công suất khởi động của role

$$S_{kd} = U_R \cdot I_R = \frac{M_c}{k \cos(\phi_R + \delta)} \quad (6.5)$$

Momen quay  $M_q$  đạt giá trị lớn nhất khi  $\cos(\phi_R + \delta) = 1$ , hay  $\phi_R + \delta = 0 \rightarrow \phi_R = -\delta$  có nghĩa là role tác động nhạy nhất khi  $\phi_R = -\delta = (\phi_U - 90^\circ)$  (hình 6.4.b). Đối với role kiểu PBM 171  $\phi_U = 65^\circ$  nên  $\phi_R = \phi_{nh} = -25^\circ$ , đối với role PBM 177  $\phi_{nh} = -110^\circ$

Role sẽ không tác động khi  $\cos(\phi_R + \delta) = 0$  hay  $\phi_R + \delta = 90^\circ \rightarrow \phi_R = \phi_{hâm} = 90^\circ - \delta$ .

Vùng làm việc nhạy nhất và vùng hâm của role được thể hiện trên hình 6.4.b.

Khi  $\delta = 0$  thì role có công suất ảo tác dụng  $P_R = U_R \cdot I_R \cos \phi_R$

Khi  $\delta = 90^\circ$  thì role có công suất ảo phản kháng  $Q_R = U_R \cdot I_R \sin \phi_R$

### 6.2.3. Đặc tính của role công suất

Trong biểu thức của momen quay ta thấy công suất tác động của role phụ thuộc vào các tham số cơ bản là  $U_R$ ,  $I_R$  và  $\phi_R$  đó là các tham số đặc trưng của role công suất. Sự ảnh hưởng của các tham số này đối với chế độ làm việc của role công suất được thể hiện qua các đặc tính Von-Ampe  $U = f(I)$ , và đặc tính góc  $U = f(\phi_R)$ .

### a) Đặc tính Von-Ampé

Đặc tính V–A của role công suất được thể hiện trên hình 6.5.a. Từ đặc tính V–A này có thể nhận thấy điện áp khởi động của role giảm nhiều khi dòng điện chạy qua cuộn dây role  $I_R$  tăng. Khi  $I_R$  đạt đến giá trị nhất định nào đó thì  $U_{kd}$  sẽ không giảm nữa mà giữ một giá trị gần như không đổi  $U_{kd,min}$  do xuất hiện sự bão hòa từ của lõi thép.

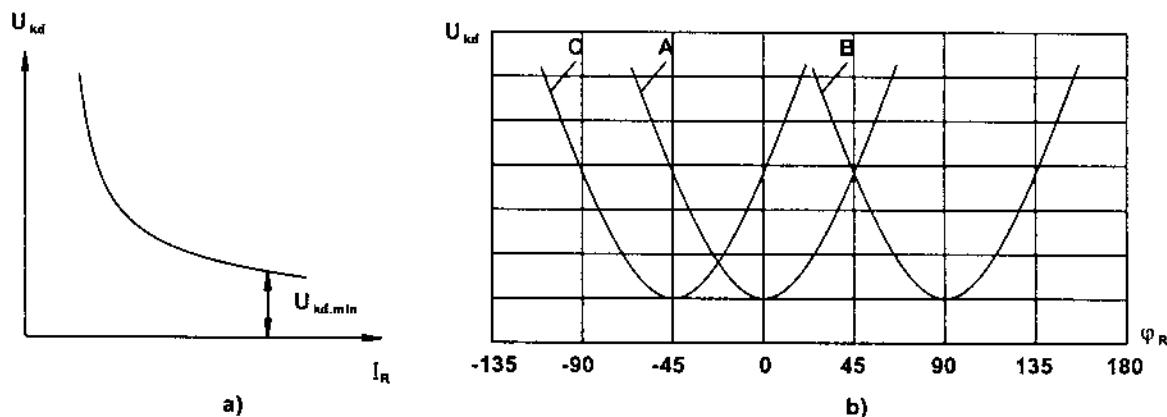
### b) Đặc tính góc

Từ biểu thức (6.4)  $S_R = U_R I_R \cdot \cos(\varphi_R + \delta)$  ta thấy vùng tác động của role ứng với điều kiện

$$\cos(\varphi_R + \delta) > 0 \text{ hay } -90^\circ < (\varphi_R + \delta) < 90^\circ$$

hay

$$-(90^\circ + \delta) < \varphi_R < 90^\circ - \delta \quad (6.6)$$



Hình 6.5. Đặc tính của role công suất

a) đặc tính V–A ; b) đặc tính góc : A – role sinus, B – role cosinus, C – role hỗn hợp

Đặc tính góc  $U = f(\varphi_R)$  của role công suất được thể hiện trên hình 6.5.b, Đường A biểu thị đặc tính của role sinus  $\delta = 0^\circ$ ; đường B – của role cosinus  $\delta = 90^\circ$  và đường C – role hỗn hợp  $\delta = -45^\circ$ . Góc độ nhạy cực đại ( $\varphi_{R,max}$ ) khi công suất khởi động của role đạt giá trị cực tiểu ( $S_{kd,min}$ ) có thể thay đổi bằng cách mắc thêm vào mạch áp một điện trở phụ (có thể là thuận trở hoặc điện dung), điều đó sẽ làm cho góc  $\varphi_u$  thay đổi dẫn đến  $\delta$  và  $\varphi_{R,max}$  cũng thay đổi.

#### 6.2.4. Sơ đồ nối của role định hướng công suất

Role định hướng công suất được nối theo sơ đồ sao cho với bất kỳ dạng ngắn mạch nào công suất trên cực của nó phải có giá trị lớn nhất. Từ biểu thức (6.4)  $S_R = U_R I_R \cdot \cos(\varphi_R + \delta)$  ta rút ra mấy nhận xét sau :

\* Momen quay có giá trị dương khi  $\cos(\varphi_R + \delta) > 0$ , tức là

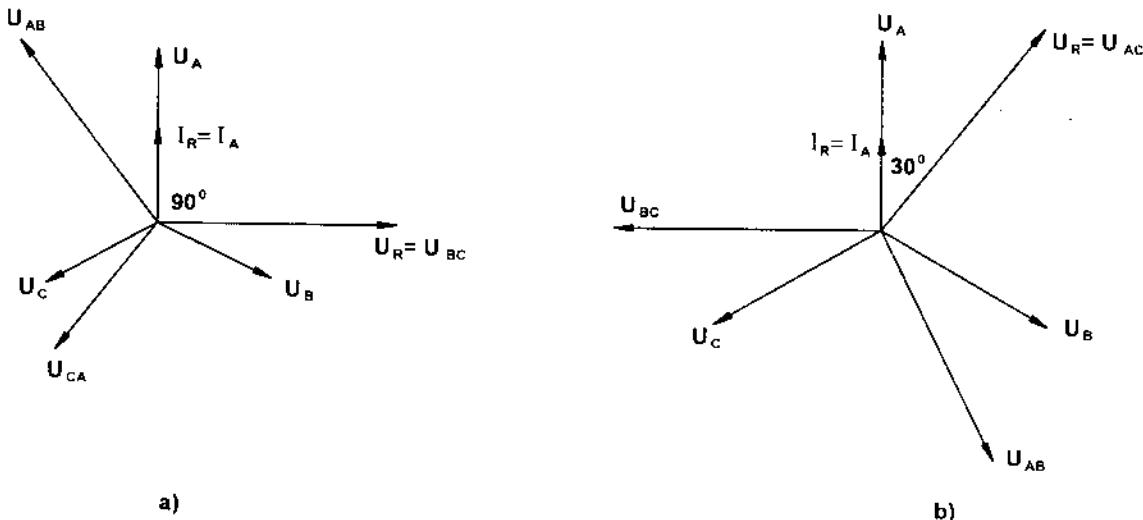
$$-90^\circ < (\varphi_R + \delta) < 90^\circ \quad (6.7)$$

\* Momen quay có giá trị lớn nhất cũng có nghĩa là công suất ảo có giá trị lớn nhất khi

$$\cos(\varphi_R + \delta) = 1, \text{ hay } \varphi_R + \delta = 0 \quad (6.8)$$

Tức là  $M_q$  đạt giá trị cực đại khi  $\delta = -\varphi_{R,\max}$ . Điều đó dẫn đến yêu cầu đối với sơ đồ mắc các role định hướng công suất, cụ thể là vectơ điện áp đưa đến cuộn dây của role  $U_R$  phải vượt trước so với vectơ dòng  $I_R$  đưa vào cuộn dòng.

\* Để  $M_q$  không giảm đến giá trị 0 cần mắc role sao cho điện áp vào role là điện áp của pha lành còn dòng điện của pha bị sự cố, vì trong trường hợp sự cố ngắn mạch điện áp thường giảm có thể đến 0.



Hình 6.6. Biểu đồ vectơ dòng và áp của các sơ đồ nối role công suất a, sơ đồ 90° b, sơ đồ 30°

Trong thực tế role công suất có thể được nối theo sơ đồ 90° hoặc 30° (Tên gọi trên mang tính quy ước được đặt theo góc  $\varphi_R$  giữa vectơ điện áp và dòng điện đi vào role). Biểu đồ vectơ dòng và áp của các sơ đồ nối role công suất được thể hiện trên hình 6.6. Trong sơ đồ 90° dòng điện đi vào role là dòng điện của một pha còn điện áp là điện áp dây giữa hai pha khác; Trong sơ đồ 30° dòng điện đi vào role là dòng điện của một pha và điện áp là điện áp dây giữa pha đó với một pha khác. Các đại lượng dòng và áp vào role được thể hiện trong bảng 6.1.

Bảng 6.1. CÁC ĐẠI LƯỢNG DÒNG VÀ ÁP VÀO ROLE CÔNG SUẤT PHỤ THUỘC VÀO SƠ ĐỒ NỐI CỦA ROLE

Sơ đồ 90°			Sơ đồ 30°		
Role	$I_R$	$U_R$	Role	$I_R$	$U_R$
1	$I_A$	$U_{BC}$	1	$I_A$	$U_{AC}$
2	$I_B$	$U_{CA}$	2	$I_B$	$U_{BA}$
3	$I_C$	$U_{AB}$	3	$I_C$	$U_{CB}$

Ta thử phân tích phản ứng của sơ đồ 90° đối với các loại sự cố ngắn mạch khác nhau như thế nào.

– Trước hết xét trường hợp ngắn mạch đối xứng, tức ngắn mạch 3 pha

Giả sử ngắn mạch 3 pha xảy ra tại một điểm cách nơi đặt bảo vệ một khoảng nhất định. Biểu đồ vectơ dòng và áp trong trường hợp này được thể hiện trên hình 6.7. Các role của cả 3 pha đều ở trong cùng một trạng thái như nhau và công suất của role, giả dụ ở pha A được xác định theo biểu thức

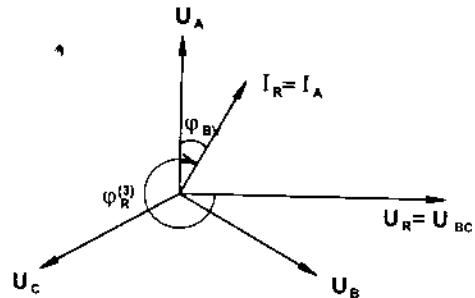
$$S_{R_A} = I_A^{(3)} U_{BC}^{(3)} \cos(\varphi_R + \delta) \quad (6.9)$$

Từ biểu đồ vectơ hình 6.7 ta thấy góc tạo thành giữa vectơ dòng và áp của pha cùng tên tại nơi đặt bảo vệ có giá trị  $\varphi_R^{(3)} = 270^\circ - \varphi_{BV}$ , mặt khác, điều kiện giới hạn của góc  $\varphi_R^{(3)}$  để  $M_q > 0$  là

$$-90^\circ < (\varphi_R + \delta) < 90^\circ.$$

Như vậy khi góc  $\delta$  biến đổi trong phạm vi

$$0 < \delta < 90^\circ$$



Hình 6.7. Biểu đồ vectơ điện áp và dòng điện khi có ngắn mạch 3 pha

Nếu chọn role có  $\delta = 0$  thì khi có ngắn mạch 3 pha ở đầu đường dây qua điện trở quá độ góc  $\varphi_{BV}^{(3)} = 0$  lúc đó role sẽ từ chối tác động vì khi đó  $= -90^\circ$  và công suất ảo

$$S_{R_A} = I_A^{(3)} U_{BC}^{(3)} \cos(-90^\circ) = 0 \quad (6.10)$$

Nếu chọn role có  $\delta = 90^\circ$  thì role có thể sẽ không tác động khi  $\varphi_R^{(3)} \approx 90^\circ$ . Như vậy trong trường hợp này tốt nhất là nên chọn loại role hỗn hợp.

– Trường hợp ngắn mạch 2 pha

Phân tích tương tự đối với trường hợp ngắn mạch 2 pha role làm việc trong điều kiện  $30^\circ < \delta < 60^\circ$ . Role đặt ở cả 2 pha bị sự cố sẽ làm việc tin cậy ngay cả khi ngắn mạch xảy ra ở gần nơi đặt bảo vệ, vì lý do đó mà để bảo vệ chống ngắn mạch 2 pha chỉ cần 2 role định hướng là đủ.

– Trường hợp ngắn mạch một pha : Khi có ngắn mạch một pha thì góc  $\varphi_{BV}^{(1)} = 0$  thay đổi từ 0 đến  $90^\circ$ ,  $-90^\circ < \varphi_R^{(1)} < 0$  và góc  $0 < \delta < 90^\circ$ . Từ sơ đồ nối  $90^\circ$  có thể dễ dàng nhận thấy :

+ Phương án tốt nhất là sử dụng role hỗn hợp với góc  $30^\circ < \delta < 60^\circ$

+ Trong mạng điện 3 pha trung tính cách ly chỉ cần sử dụng 2 role định hướng

Sơ đồ  $90^\circ$  cho phép bảo vệ phản ứng với toàn bộ các dạng ngắn mạch không đối xứng, sơ đồ  $30^\circ$  có độ nhạy kém hơn khi có ngắn mạch không đối xứng, ví dụ trong trường hợp ngắn mạch giữa các pha A–C mặc dù dòng đi vào role là  $I_A$  có giá trị lớn nhưng điện áp  $U_{CA}$  lúc này lại có giá trị nhỏ nên độ nhạy thấp

### 6.3. TÍNH TOÁN BẢO VỆ CÓ HƯỚNG

#### 6.3.1. Xác định dòng điện khởi động

Dòng điện khởi động của bảo vệ có hướng được xác định theo 2 điều kiện

a) Dòng điện khởi động của bảo vệ có hướng phải lớn hơn dòng điện làm việc cực đại có xét đến hệ số mở máy và hệ số trở về, tức là cũng xác định tương tự như đối với bảo vệ dòng điện cực đại

$$I_{kd} = \frac{k_{tc} \cdot k_{mm}}{k_{tv}} I_{lv, max} \quad (6.11)$$

Để nâng cao độ nhạy cho bảo vệ không cần xét đến phụ tải có hướng từ đường dây vào thanh cãi.

b) Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện ở pha lành khi có ngắn mạch một pha trong mạng điện có trung tính nối đất trực tiếp, tức là

$$I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{k, pl}$$

$I_{k, pl}$  – dòng điện của pha lành khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm đất ở một pha khác.

Giá trị lớn trong hai điều kiện trên sẽ được chọn làm dòng điện khởi động của bảo vệ có hướng.

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{I_{kd}}{n_i} k_{sd}; \quad (6.12)$$

Căn cứ vào giá trị của dòng khởi động của role  $I_{kdR}$  cần chọn *dòng đặt của role* theo giá trị gần nhất của thang dòng điện về phía trên

$$I_{dR} \geq I_{kdR} \quad (6.13)$$

*Dòng điện khởi động thực sự* của bảo vệ role được xác định như sau :

$$I_{kdCH} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (6.14)$$

Lưu ý là điều kiện thứ 2 chỉ áp dụng đối với mạng điện có trung tính nối đất. Ngoài 2 điều kiện trên cần phải đảm bảo là dòng khởi động của các bảo vệ kề nhau theo cùng một hướng phải khác nhau ít nhất 10%, tức là dòng  $I_{kd1} > I_{kd3}$  và  $I_{kd4} > I_{kd2}$ .

### 6.3.2. Thời gian tác động của bảo vệ

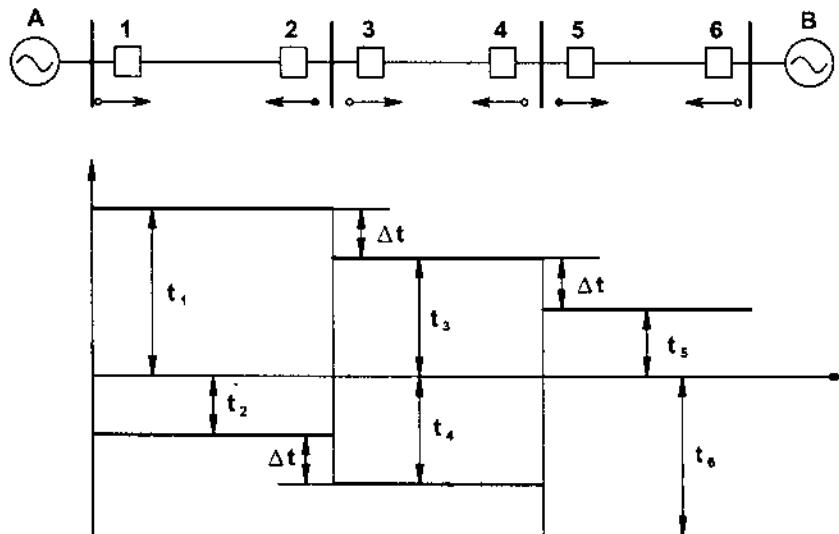
Để đảm bảo cho các bảo vệ làm việc chọn lọc, thời gian tác động phải được chọn theo nguyên tắc bậc thang từ hai phía ngược chiều nhau, cụ thể là thời gian tác động của bảo vệ 5 phải nhỏ hơn của bảo vệ 3 và càng nhỏ hơn của bảo vệ 1 (hình 6.8) ; thời gian tác động của bảo vệ 2 nhỏ hơn của bảo vệ 4 và bảo vệ 6.

$$t_5 < t_3 < t_1$$

$$t_2 < t_4 < t_6$$

$$t_1 = t_3 + \Delta t; t_3 = t_5 + \Delta t; t_6 = t_4 + \Delta t; t_4 = t_2 + \Delta t$$

$\Delta t$  – khoảng thời gian trễ cần thiết để đảm bảo sự chọn lọc giữa các bảo vệ cùng hướng kề nhau.



Hình 6.8. Nguyên tắc bậc thang ngược chiều của bảo vệ có hướng

### 6.3.3. Vị trí đặt cơ cấu định hướng

Phân tích đặc tính thời gian tác động của các bảo vệ hình 6.8 ta nhận thấy là không cần thiết phải đặt cơ cấu định hướng ở tất cả các bảo vệ, mà trên mỗi đoạn dây chỉ cần đặt một cơ cấu ở phía nào có thời gian tác động nhỏ hơn, còn ở đoạn dây nào mà thời gian tác động ở hai đầu như nhau thì không cần đặt cơ cấu định hướng. Với nguyên tắc trên ta chỉ cần đặt cơ cấu định hướng tại bảo vệ 2 và bảo vệ 5 (hình 6.8), vì trên đoạn 3-4 thời gian tác động  $t_3 = t_4$  nên không cần có cơ cấu định hướng, trên đoạn 1-2 có  $t_2 < t_1$  nên chỉ cần đặt tại bảo vệ 2 và tương tự trên đoạn 5-6 chỉ cần đặt tại bảo vệ 6. Rõ ràng là khi xảy ra sự cố ngắn mạch trên đoạn 3-4 thì cả 2 bảo vệ 3 và 4 cùng tác động do có cùng thời gian tác động nhỏ nhất, bảo vệ 1 và 6 mặc dù đã sẵn sàng nhưng do thời gian trễ lớn hơn nên không kịp tác động, còn các bảo vệ 2 và 5 do có đặt cơ cấu định hướng nên không tác động dòng đi từ đường dây vào thanh cái. Khi sự cố xảy ra trên đoạn 1-2 trước tiên bảo vệ 2 tác động vì có thời gian  $t_2$  nhỏ nhất sau một khoảng thời gian trễ lớn hơn thì bảo vệ 1 sẽ tác động.

### 6.3.4. Độ nhạy

Độ nhạy của bảo vệ có hướng phụ thuộc vào 2 cơ cấu dòng và cơ cấu định hướng. Độ nhạy theo cơ cấu dòng được xác định tương tự như đối với bảo vệ dòng điện cực đại

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdCH}} \quad (6.15)$$

Độ nhạy theo cơ cấu định hướng phụ thuộc vào công suất ảo của role  $S_R$ , về phần mình giá trị công suất này lại phụ thuộc vào hai đại lượng dòng  $I_R$  và áp  $U_R$  qua nó. Giá trị của đại lượng  $U_R$  thay đổi trong phạm vi rất lớn, nếu ngắn mạch xảy ra gần nơi đặt bảo vệ thì có thể role sẽ không tác động, vì vậy độ nhạy của bảo vệ chỉ có thể đảm bảo trong một vùng xác định.

### 6.3.5. Vùng chết (blind spot)

Trong trường hợp ngắn mạch xảy ra ở quá gần nơi đặt bảo vệ (tại điểm  $N_1$  hình 6.9) thì giá trị điện áp vào role gần bằng không  $U_R^{(3)} \approx 0$  dẫn đến  $M_q = 0$  và role sẽ không tác động. Từ đây xuất hiện một khái niệm "vùng chết". Đó là vùng giới hạn mà khi có ngắn mạch, role không thể tác động được (vùng có gạch chéo trên hình 6.9).

Trong sơ đồ nối  $90^\circ$  vùng chết chỉ có thể xuất hiện trong trường hợp ngắn mạch 3 pha ở gần. Điện áp dư trên thanh cái khi có ngắn mạch 3 pha được xác định

$$U_{du}^{(3)} = I_k^{(3)} \cdot z_0 \cdot l_k ; \quad (6.16)$$

$I_k^{(3)}$  – dòng ngắn mạch 3 pha

$l_k$  – chiều dài từ điểm đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch

$z_0$  – điện trở suất của dây dẫn.

Điện áp đưa đến role

$$U_u = \frac{\sqrt{3} U_{du}^{(3)}}{n_U} = \frac{\sqrt{3} I_k^{(3)} z_0 l_k}{n_U} \quad (6.17)$$

$n_U$  – hệ số biến áp

Công suất đưa tới role

$$S_R = U_R I_R \cdot \cos(\varphi_R + \delta) = U_R I_R \cdot \cos(\varphi_{bv}^{(3)} - 90 + \delta) = \frac{\sqrt{3} I_k^{(3)} z_0 l_k}{n_U} \cdot \frac{I_k^{(3)}}{n_i} \cos(\varphi_{bv}^{(3)} - 90 + \delta) \quad (6.18)$$

$n_i$  – hệ số biến dòng.

Như vậy chiều dài vùng chết được xác định theo biểu thức

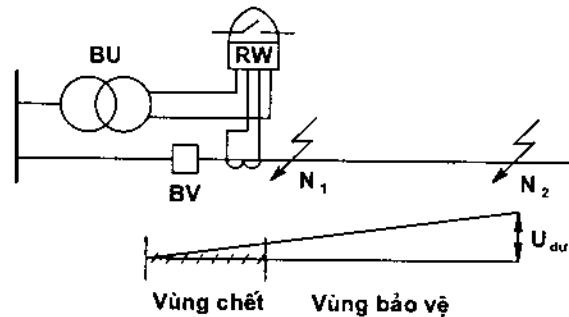
$$l_{chet} = \frac{S_{kd,min} n_i \cdot n_U}{\sqrt{3} \cdot I_k^{(3)} z_0 \cos(\varphi_{bv}^{(3)} - 90 + \delta)} \quad (6.19)$$

$S_{kd,min}$  – công suất khởi động nhỏ nhất của role

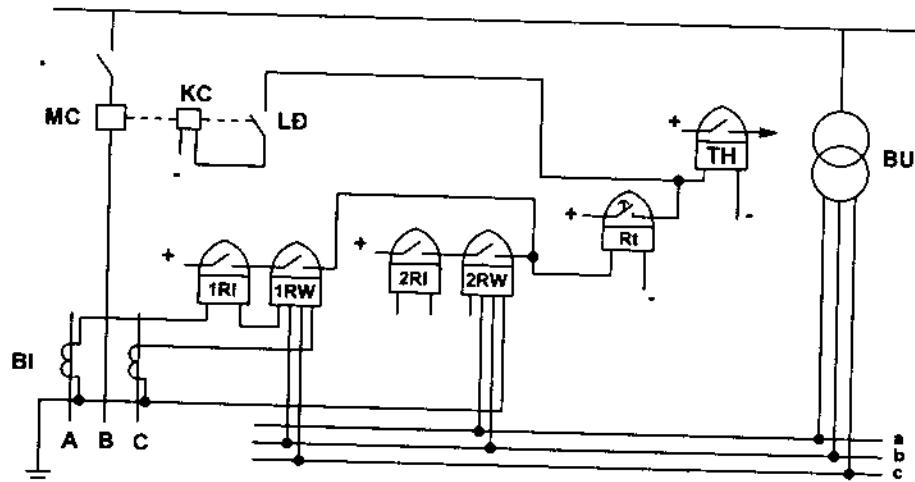
Nhìn chung chiều dài vùng chết không nên lớn hơn 10% tổng chiều dài đường dây cần bảo vệ.

## 6.4. SƠ ĐỒ THỰC HIỆN BẢO VỆ CÓ HƯỚNG

Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại có hướng có thể được thực hiện với dòng thao tác xoay chiều hoặc một chiều. Trên hình 6.10 là sơ đồ thực hiện bảo vệ dòng cực đại có hướng với nguồn thao tác một chiều.

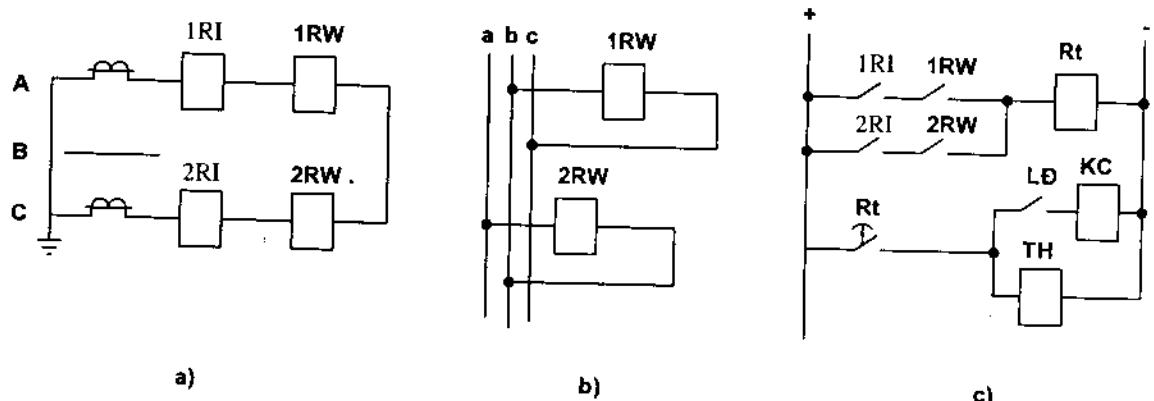


Hình 6.9. Vùng chết của bảo vệ có hướng



Hình 6.10. Sơ đồ thực hiện bảo vệ có hướng

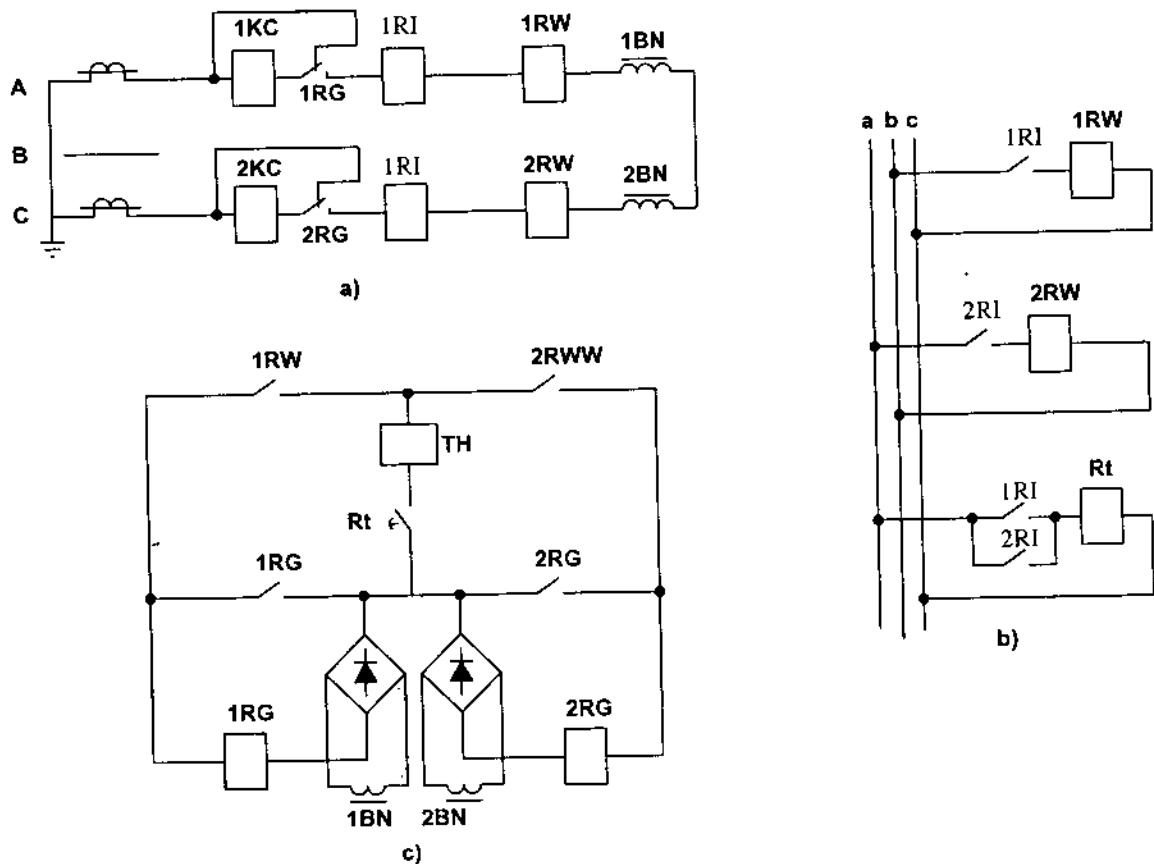
Các role dòng được mắc theo sơ đồ sao thiếu ứng với dòng điện pha A và pha C. Các role công suất được mắc theo sơ đồ  $90^\circ$ , các máy biến dòng BI và biến điện áp BU cung cấp nguồn dòng và áp cho các cơ cấu khởi động và định hướng của sơ đồ. Sơ đồ khai triển mạch dòng, mạch áp được và mạch thao tác biểu thị trên hình 6.11. Sau khi các role dòng RI và role công suất RW tác động, các tiếp điểm thường mở của chúng đóng lại cung cấp nguồn cho role thời gian Rt và role này sau một khoảng thời gian trễ sẽ khép tiếp điểm của mình để cấp điện cho cuộn cắt KC và role tín hiệu TH. Để tránh sự tác động nhầm người ta thường bố trí một tiếp điểm liên động LĐ, chỉ cho phép cấp điện cho cuộn cắt KC khi máy cắt đang đóng.



Hình 6.11. Sơ đồ khai triển bảo vệ dòng điện cực đại có hướng nguồn thao tác một chiều  
a) Mạch dòng ; b) mạch áp ; c) mạch dòng thao tác

Sơ đồ bảo vệ dòng điện có hướng với nguồn thao tác xoay chiều được thể hiện trên hình 6.12. Đặc điểm của sơ đồ dùng nguồn thao tác xoay chiều là các cuộn cắt 1KC và 2KC được lấy điện từ máy biến dòng 1BI và 2BI. Khi có sự cố ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ, role dòng sẽ tác động đóng tiếp điểm thường mở của mình cung cấp nguồn cho role thời gian Rt, sau một khoảng thời gian xác định tiếp điểm thường mở của role thời gian đóng mạch cung cấp điện cho các cuộn dây của role trung 1RG và 2RG,

các role trung gian có 2 cặp tiếp điểm (thường đóng và thường mở). Các cặp tiếp điểm của các role này làm hở mạch nối tắt và đóng mạch của các cuộn cảm do đó cuộn cảm được cấp điện từ các bộ nguồn 1BN và 2BN làm máy cắt tác động cắt phần tử sự cố ra khỏi mạng điện.

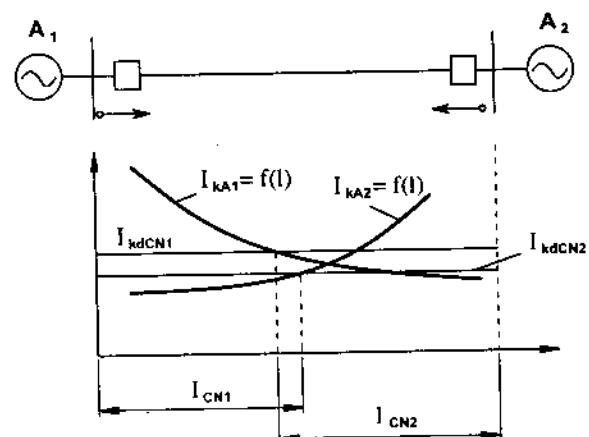


Hình 6.12. Sơ đồ khai triển bảo vệ dòng đại cực đại có hướng nguồn thao tác xoay chiều  
a) mạch dòng ; b) mạch áp ; c) mạch dòng thao tác ; d) BN – bộ nguồn

Việc áp dụng sơ đồ bảo vệ có hướng theo nguyên lý cắt nhanh cho phép nâng cao hiệu quả bảo vệ, đặc biệt khi công suất của 2 nguồn khác nhau nhiều (hình 6.13). Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh có hướng được xác định theo nguyên tắc chung

$$I_{kdCN1} = k_{tc} I_{k.max.ngA2}$$

$$I_{kdCN2} = k_{tc} I_{k.max.ngA1}$$



Hình 6.13. Sơ đồ bảo vệ cắt nhanh có hướng

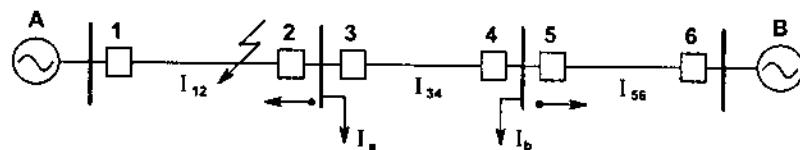
## 6.5. ĐÁNH GIÁ VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG CỦA BẢO VỆ CÓ HƯỚNG

Bảo vệ có hướng cũng giống như bảo vệ dòng điện cực đại bình thường có thời gian tác động tương đối lớn, đặc biệt khi điểm đặt ở gần nguồn. Độ nhạy của cơ cấu dòng không phải bao giờ cũng đáp ứng được khi phụ tải trong mạng lớn. Để tăng cường độ nhạy cho bảo vệ trong rất nhiều trường hợp cần phải kết hợp bảo vệ với sự tham gia của role điện áp cực tiểu. Đối với bảo vệ có hướng luôn luôn tồn tại một vùng chết khi có ngắn mạch 3 pha. Tuy nhiên do xác suất xảy ra ngắn mạch 3 pha rất nhỏ (khoảng  $0,03 \div 0,05$ ) nên nhược điểm này có thể coi như không tính, hơn nữa nếu áp dụng bảo vệ cắt nhanh đơn giản thì có thể loại trừ ngắn mạch gần một cách dễ dàng.

*Phạm vi áp dụng* : bảo vệ dòng điện cực đại có hướng được áp dụng rộng rãi với vai trò chính trong mạng điện hai nguồn cung cấp từ 35 kV trở xuống. Đối với các mạng điện áp cao hơn bảo vệ dòng điện cực đại có hướng được áp dụng với vai trò bảo vệ dự phòng.

## 6.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 6.1.** Hãy tính toán bảo vệ có hướng cho mạng điện 22 kV hai nguồn cung cấp (hình 6.14), đường dây được làm bằng dây dẫn AC-95 (có  $r_0 = 0,34$  và  $x_0 = 0,384 \Omega/km$ ), chiều dài các đoạn dây  $l_{12} = 7,4$  km ;  $l_{34} = 8,8$  và  $l_{56} = 10,5$  km, công suất ngắn mạch tại thanh cái A là  $S_{kA} = 128$  MVA và tại thanh cái B là  $S_{kB} = 146$  MVA. Dòng điện phụ tải tại các điểm tương ứng là  $I_a = 86A$  ;  $I_b = 72 A$ , hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,5$ , thời gian tác động của bảo vệ sớm nhất là 0,05s, các máy cắt thuộc loại ít dầu có thời gian cắt là  $t_{Mc1} = 0,1s$  ; sai số thời gian đối với role số lấy bằng 4% ( $s_t = 2.0,04 = 0,08$ ), sai số thời gian do quán tính và thời gian dự trữ lấy bằng  $t_{qt+dt} = 0,1s$ . coi các role có đặc tính độc lập theo kiểu bậc thang.



Hình 6.14. Sơ đồ tính toán bảo vệ có hướng cho đường dây 22 kV ví dụ 6.1

**Giải :** Căn cứ vào biểu đồ thời gian tác động của các bảo vệ để đảm bảo độ chọn lọc (xem mục 6.3.2) ta có thể dễ dàng nhận thấy rằng cơ cấu định hướng chỉ cần đặt tại bảo vệ 2 và bảo vệ 5 (xem mục 6.3.3). Để xác định giá trị dòng điện khởi động của các bảo vệ trước hết ta cần xác định dòng điện làm việc chạy qua các bảo vệ

Bảo vệ 1 : Điều kiện làm việc nhanh nhất của bảo vệ 1 là khi máy cắt 6 mở, tức là khi không có nguồn B, lúc đó dòng làm việc chạy qua bảo vệ 1 là

$$I_{IVMII} = I_a + I_b = 86 + 72 = 158 A$$

Căn cứ vào giá trị dòng điện làm việc cực đại ta chọn máy biến dòng có dòng định mức sơ cấp là  $I_{n1} = 200 A$  và dòng định mức thứ cấp là  $I_{n2} = 5A$ , tức là hệ số biến dòng

$n_{i1} = 200/5 = 40$ . Chọn role số có hệ số trở về  $k_{iv} = 0,98$ . Dự định mắc máy biến dòng theo sơ đồ sao thiến và role công suất theo sơ đồ  $90^\circ$ .

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR1} = \frac{k_{tc} k_{mm} \cdot k_{sd}}{k_{iv} \cdot n_i} I_{iv.M1} = \frac{1,2,1,5,1}{0,98 \cdot 40} 158 = 7,26A$$

Chọn dòng đặt của role là  $I_{dR} = 7,3 A$

Dòng điện khởi động thực tế

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{7,3 \cdot 40}{1} = 292 A$$

Để kiểm tra độ nhạy của bảo vệ 1 ta cần xác định dòng ngắn mạch chạy qua bảo vệ này. Vùng bảo vệ chính của BV1 là đoạn 1–2, tức là ta cần kiểm tra độ nhạy của bảo vệ khi xảy ra ngắn mạch tại điểm 2 tính với dòng ngắn mạch từ nguồn A tới. Điện trở của đoạn dây 1–2 được xác định theo biểu thức

$$R_{12} = r_0 l_{12} = 0,34 \cdot 7,4 = 2,516 \Omega$$

$$X_{12} = x_0 l_{12} = 0,384 \cdot 7,4 = 2,842 \Omega$$

Điện trở của hệ thống A

$$X_{htA} = \frac{U^2}{S_{kA}} = \frac{22^2}{128} = 3,781 \Omega$$

Điện trở ngắn mạch đến điểm 2

$$Z_{k2} = \sqrt{R_{12}^2 + (X_{12} + X_{htA})^2} = \sqrt{2,516^2 + (2,842 + 3,781)^2} = 7,085 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm 2 tính từ hệ thống A

$$I_{kA}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 7,085} = 1,793 kA$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd.Bv}} = \frac{0,87 \cdot I_{kA}^{(3)}}{I_{kd.Bv}} = \frac{0,87 \cdot 1793}{292} = 5,34 > 1,5$$

Như vậy là đảm bảo yêu cầu với chức năng là bảo vệ chính.

Thời gian tác động của bảo vệ 2 và bảo vệ 5 là các bảo vệ tác động nhanh nhất lấy bằng

$$t_2 = t_5 = 0,05 s$$

Một cách gần đúng có thể coi độ phân cấp thời gian  $\Delta t = \text{const}$  đối với các bảo vệ

$$\Delta t = t_{Mc} + s_t \cdot t_{(n-1)} + t_{ql} + t_{dt} = 0,1 + 0,08 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,204 s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 3 và bảo vệ 4 là

$$t_3 = t_4 = t_2 + \Delta t = 0,05 + 0,204 = 0,254 s$$

Tương tự cho bảo vệ 1 và bảo vệ 6 là

$$t_1 = t_6 = t_3 + \Delta t = 0,254 + 0,204 = 0,458 \text{ s}$$

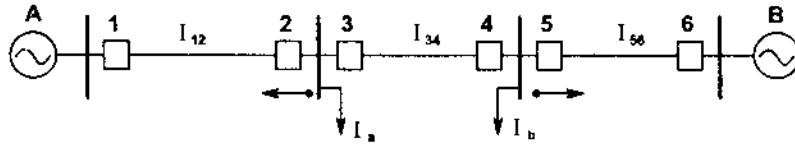
Các bảo vệ khác cũng tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng vd6.1

Bảng vd6.1.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẢO VỆ VÍ DỤ 6.1

bảo vệ	$I_{lv.M}$ , A	$n_i$	$I_{kd.R}$ , A	$I_{dR}$ , A	$Z_k \Omega$	$I_k^{(3)}$ , kA	$k_{nh}$	$t$ , s
1	158	40	7,26	7,3	7,08	1,79	5,34	0,458
2	158	40	7,26	7,3	16,32	0,78	2,32	0,05
3	72	20	6,61	6,7	11,42	1,11	7,22	0,254
4	86	20	7,9	8	12,57	1,01	5,49	0,254
5	158	40	7,26	7,3	16,71	0,76	2,26	0,05
6	158	40	7,26	7,3	8,17	1,56	4,63	0,458

**Bài tập 6.1.** Hãy tính toán bảo vệ có hướng cho mạng điện 35 kV hai nguồn cung cấp (hình 6.15), đường dây được làm bằng dây dẫn AC-120 (có  $r_0 = 0,27$  và  $x_0 = 0,393 \Omega/\text{km}$ ), chiều dài các đoạn dây  $l_{12} = 16,7 \text{ km}$ ;  $l_{34} = 21,5 \text{ km}$  và  $l_{56} = 23,8 \text{ km}$ , công suất ngắn mạch tại thanh cái A là  $S_{kA} = 218 \text{ MVA}$  và tại thanh cái B là  $S_{kB} = 295 \text{ MVA}$ . Dòng điện phụ tải tại các điểm tương ứng là  $I_a = 74,8 \text{ A}$ ;  $I_b = 93,5 \text{ A}$ , hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,5$ , thời gian tác động của bảo vệ sớm nhất là 0,05s, các máy cắt thuộc loại ít dầu có thời gian cắt là  $t_{Mc1} = 0,15 \text{ s}$ ; sai số thời gian đối với role số lấy bằng 4% ( $s_t = 2,04 = 0,08$ ), sai số thời gian do quan tính và thời gian dự trữ lấy bằng  $t_{qt+dt} = 0,1 \text{ s}$ . coi các role có đặc tính độc lập theo kiểu bậc thang.



Hình 6.15. Sơ đồ tính toán bảo vệ có hướng cho đường dây 35 kV bài tập 6.1

**Đáp số**

Bảng Bt6.1.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN BẢO VỆ BÀI TẬP 6.1

bảo vệ	$I_{lv.M}$ , A	$n_i$	$I_{kd.R}$ , A	$I_{dR}$ , A	$Z_k \Omega$	$I_k^{(3)}$ , kA	$k_{nh}$	$t$ , s
1	168,3	40	8,243	8,30	18,119	1,115	2,92	0,558
2	168,3	40	8,243	8,30	39,749	0,508	1,33	0,05
3	93,5	20	9,159	9,20	28,481	0,710	3,35	0,304
4	74,8	20	7,327	7,40	31,270	0,646	3,80	0,304
5	168,3	40	8,243	8,30	40,408	0,500	1,31	0,05
6	168,3	40	8,243	8,30	20,791	0,972	2,55	0,558

## Tóm tắt chương 6

### Nguyên lý tác động

Để có thể đảm bảo được tính chọn lọc cần thiết trong mạng điện kín bảo vệ quá dòng cần phải được trang bị một bộ phận định hướng để bảo vệ chỉ tác động khi dòng ngắn mạch đi từ thanh cáp vào đường dây và sẽ không tác động trong trường hợp ngược lại. Cơ cấu định hướng được thực hiện bởi role công suất.

Bảo vệ có hướng được thực hiện với sự tham gia của phép logic "và", lệnh cắt chỉ thực hiện khi đồng thời có tín hiệu từ role dòng điện cực đại RI và role công suất RW. Bảo vệ có hướng phản ứng đối với giá trị dòng điện và góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện nơi đặt bảo vệ.

Bảo vệ có hướng gồm có 3 cơ cấu chính là

- Bộ phận khởi động – role dòng RI ;
- Bộ phận định hướng – role công suất RW ;
- Bộ phận trễ – role thời gian RT

Role công suất có hai cuộn dây : một cuộn dòng và một cuộn áp, khi có dòng  $I_R$  và áp  $U_R$  được đưa vào các cuộn dây thì các từ thông của chúng sẽ sinh ra một momen quay

$$M_q = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \sin(90^\circ - \delta - \varphi_R) = k \cdot U_R \cdot I_R \cdot \cos(\varphi_R + \delta) = k \cdot S_R$$

với công suất ảo  $S_R = U_R \cdot I_R \cdot \cos(\varphi_R + \delta)$

Công suất khởi động của role

$$S_{k\delta} = U_R \cdot I_R = \frac{M_C}{k \cos(\varphi_R + \delta)}$$

Khi  $\delta = 0$  thì role có công suất ảo tác dụng  $P_R = U_R \cdot I_R \cos \varphi_R$

Khi  $\delta = 90^\circ$  thì role có công suất ảo phản kháng  $Q_R = U_R \cdot I_R \sin \varphi_R$

Momen quay có giá trị dương khi

$$- 90^\circ < (\varphi_R + \delta) < 90^\circ$$

Momen quay có giá trị lớn nhất cũng có nghĩa là công suất ảo có giá trị lớn nhất khi

$$\cos(\varphi_R + \delta) = 1, \text{ hay } \varphi_R + \delta = 0$$

Để momen quay  $M_q$  đạt giá trị cực đại khi  $\delta = -\varphi_{R,\max}$  yêu cầu vectơ điện áp đưa đến cuộn dây của role  $U_R$  phải vượt trước so với vectơ dòng  $I_R$  đưa vào cuộn dòng.

Để  $M_q$  không giảm đến giá trị 0 cần mắc role sao cho điện áp vào role là điện áp của pha lanh còn dòng điện của pha bị sự cố.

Role sẽ không tác động khi  $\cos(\varphi_R + \delta) = 0$  hay  $\varphi_R + \delta = 90^\circ \rightarrow \varphi_R = \varphi_{h\text{âm}} = 90^\circ - \delta$ .

Role định hướng công suất được nối theo sơ đồ sao cho với bất kỳ dạng ngắn mạch nào công suất trên cực của nó phải có giá trị lớn nhất. Trong thực tế role công suất có thể được nối theo sơ đồ  $90^\circ$  hoặc  $30^\circ$ . Ở sơ đồ  $90^\circ$  dòng điện đi vào role là dòng điện pha, còn điện áp là điện áp dây của hai pha kia. Ở sơ đồ  $30^\circ$  dòng đi vào role là dòng điện pha, còn áp là điện áp dây giữa chính pha đó với pha bên cạnh. Sơ đồ  $90^\circ$  cho phép bảo vệ phản ứng với toàn bộ c dạng ngắn mạch không đối xứng, sơ đồ  $30^\circ$  có độ nhạy kém hơn khi có ngắn mạch không đối xứng.

\* *Tính toán bảo vệ có hướng*

Dòng điện khởi động của bảo vệ có hướng được xác định theo 2 điều kiện

$$I_{kd.CH1} = \frac{k_{tc} \cdot k_{mm}}{k_{tv}} I_{lv.max}$$

$$I_{kd.CH2} = k_{tc} \cdot I_{k.pl}$$

Giá trị lớn trong hai điều kiện trên sẽ được chọn làm dòng điện khởi động của bảo vệ có hướng.

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{I_{kd.CH}}{n_i} k_{sd};$$

Dòng điện khởi động thực sự của bảo vệ role được xác định như sau :

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}}$$

Thời gian tác động của bảo vệ được chọn theo nguyên tắc bậc thang từ hai phía ngược chiều nhau

Vị trí đặt cơ cấu định hướng chỉ cần đặt một cơ cấu ở phía nào có thời gian tác động nhỏ hơn, còn ở đoạn dây nào mà thời gian tác động ở hai đầu như nhau thì không cần đặt cơ cấu định hướng.

Vùng chết

Trong trường hợp ngắn mạch xảy ra ở quá gần nơi đặt bảo vệ thì giá trị điện áp vào role gần bằng không  $U_R^{(3)} \approx 0$  dẫn đến  $M_q = 0$  và role sẽ không tác động. Vùng chết là vùng giới hạn mà khi có ngắn mạch, role không thể tác động được, chiều dài vùng chết được xác định theo biểu thức

$$l_{chet} = \frac{S_{kd,min} n_i \cdot n_U}{\sqrt{3} \cdot I_k^{(3)2} Z_0 \cos(\phi_{bv}^{(3)} - 90 + \delta)}$$

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ có hướng
2. Hãy trình bày cấu tạo và nguyên lý hoạt động của role công suất
3. Hãy trình bày các đặc tính và sơ đồ nối của role công suất
4. Hãy trình bày phương pháp tính toán bảo vệ có hướng
5. Hãy trình bày các sơ đồ thực hiện bảo vệ có hướng

## Chương 7

# BẢO VỆ SO LỆCH

### 7.1. ĐẠI CƯƠNG

Trong nhiều trường hợp, đặc biệt là với các phân tử quan trọng yêu cầu phải cắt nhanh sự cố. Bảo vệ cắt nhanh tuy đáp ứng được yêu cầu này nhưng lại chỉ có thể bảo vệ được một phần của vùng cần bảo vệ, hơn nữa nếu đường dây ngắn thì sự chênh lệch của dòng ngắn mạch ở điểm đầu và điểm cuối không nhiều gây khó khăn cho việc chỉnh định dòng khởi động của role và rất khó đạt được độ nhạy cần thiết. Bảo vệ so lệch có thể đáp ứng tốt được các yêu cầu trên, nó có thể cắt tức thời sự cố ở bất cứ một điểm nào trong vùng bảo vệ và không tác động khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng

Theo nguyên lý làm việc bảo vệ so lệch phân thành hai loại bảo vệ so lệch dọc và bảo vệ so lệch ngang. Bảo vệ so lệch dọc chủ yếu dùng để bảo vệ máy phát, máy biến áp động lực, thanh cái và đường dây ngắn. Bảo vệ so lệch ngang thực hiện theo ba dạng sơ đồ : So sánh dòng ngang, so sánh dòng điện có hướng và cân bằng dòng dùng để bảo vệ các đường dây song song và bảo vệ cuộn dây stato máy phát có nhiều nhánh song song.

### 7.2. NGUYÊN LÝ TÁC ĐỘNG CỦA BẢO VỆ SO LỆCH

Bảo vệ thực hiện trên sự so sánh dòng theo đại lượng về pha tại đầu và cuối đường dây được bảo vệ. Để thực hiện điều này tại hai đầu phân tử được bảo vệ đặt các máy biến dòng có cùng hệ số biến đổi dòng  $n_i$ . Phân biệt hai nguyên lý làm việc của bảo vệ so lệch là nguyên lý làm việc theo dòng điện tuần hoàn và theo điện cân bằng.

#### 7.2.1. Sơ đồ bảo vệ so lệch với dòng điện tuần hoàn

Bảo vệ so lệch (BVSL) với dòng điện tuần hoàn được thực hiện dựa trên sự so sánh trị số và góc pha của dòng điện ở đầu và cuối phân tử được bảo vệ  $\Delta I = I_d - I_c$ . Nguyên lý tác động của bảo vệ so lệch được giải thích trên hình 7.1.

\* *Trường hợp sự cố xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ làm việc bình thường :* Điều gì sẽ xảy ra ở chế độ làm việc bình thường hoặc khi có ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ (tại điểm  $N_1$  hình 7.1.a) ? Ta dễ dàng nhận thấy trong trường hợp này các dòng ở đầu và cuối của đối tượng bảo vệ ( $I_d$  và  $I_c$ ) có cùng trị số và cùng chiều, do đó hiệu của chúng có giá trị bằng không  $\Delta I = 0$ . Như vậy sẽ không có dòng điện chạy qua role trong chế độ làm việc bình thường hoặc khi có ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ, chính xác hơn là  $I_{2I}$  và  $I_{2II}$  – dòng điện thứ cấp của các máy biến dòng ở đầu và cuối đối tượng bảo vệ.

$$\Delta I = I_{2I} - I_{2II} = 0$$

$I_{2I}$  và  $I_{2II}$  – dòng điện thứ cấp của các máy biến dòng ở đầu và cuối đối tượng bảo vệ.

Hoặc nếu biểu thị theo dòng sơ cấp thì

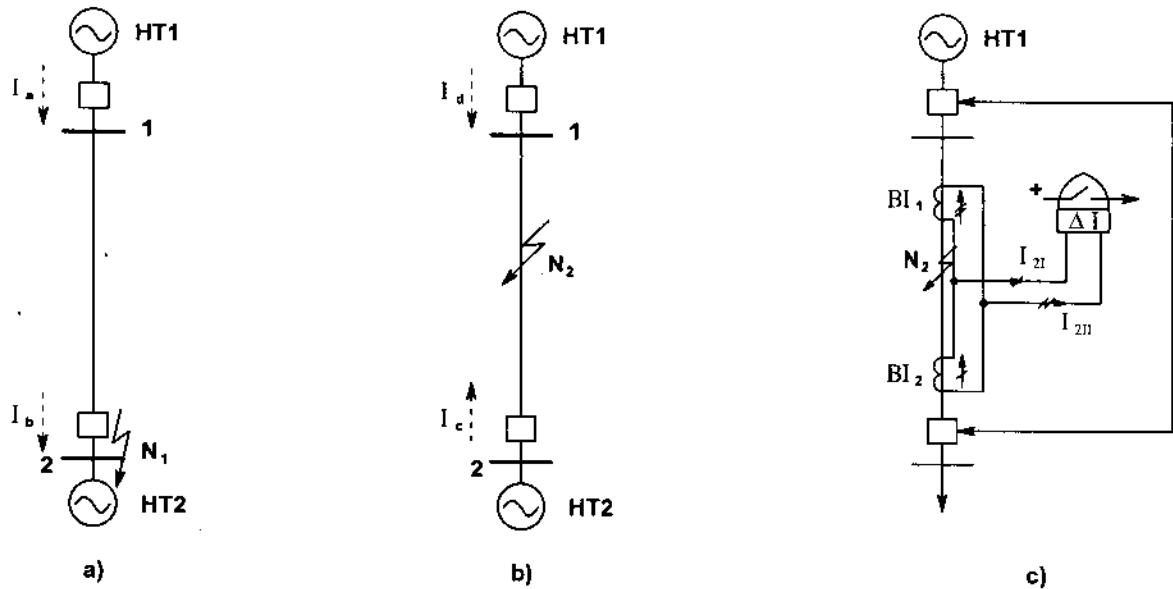
$$I_R = \frac{I_d}{n_{iI}} - \frac{I_c}{n_{iII}} = 0 \quad (7.1)$$

$I_d, I_c$  – dòng điện ở đầu và cuối phân tử được bảo vệ ;

$n_{iI}$  và  $n_{iII}$  – hệ số biến dòng phía đầu và cuối phân tử được bảo vệ.

\* *Trường hợp sự cố xảy ra ở trong vùng bảo vệ* : Nếu sự cố ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ (tại điểm  $N_2$  hình 7.1.b) thì vấn đề lại khác hẳn vì các giá trị của  $I_d$  và  $I_c$  không chỉ khác nhau về trị số mà cả về chiều, do đó hiệu của chúng sẽ khác không và nói chung, có giá trị khá lớn  $\Delta I > 0$ , dòng điện chạy qua role có giá trị lớn dẫn đến sự tác động của bảo vệ.

Như vậy về lý thuyết bảo vệ sẽ không phản ứng với dòng ngắn mạch ngoài, dòng phụ tải và dòng dao động, nên khi có ngắn mạch trong vùng thì bảo vệ tác động gần như tức thời. Tuy nhiên trên thực tế các máy biến dòng BI luôn luôn có dòng từ hoá không giống nhau, nên cho dù kết cấu của chúng hoàn toàn như nhau vẫn có những sai số nhất định do đó hiệu các dòng thứ cấp sẽ có một giá trị nào đó khác không, ngoài ra điện trở của các dây dẫn phụ cũng có ảnh hưởng đến sự cân bằng của các dòng điện thứ cấp. Như vậy dù trong điều kiện nào thì vẫn có một dòng điện không cân bằng  $I_{kcb} \neq 0$  chạy qua role.



Hình 7.1. Sơ đồ giải thích nguyên lý bảo vệ so lech theo dòng điện tuần hoàn

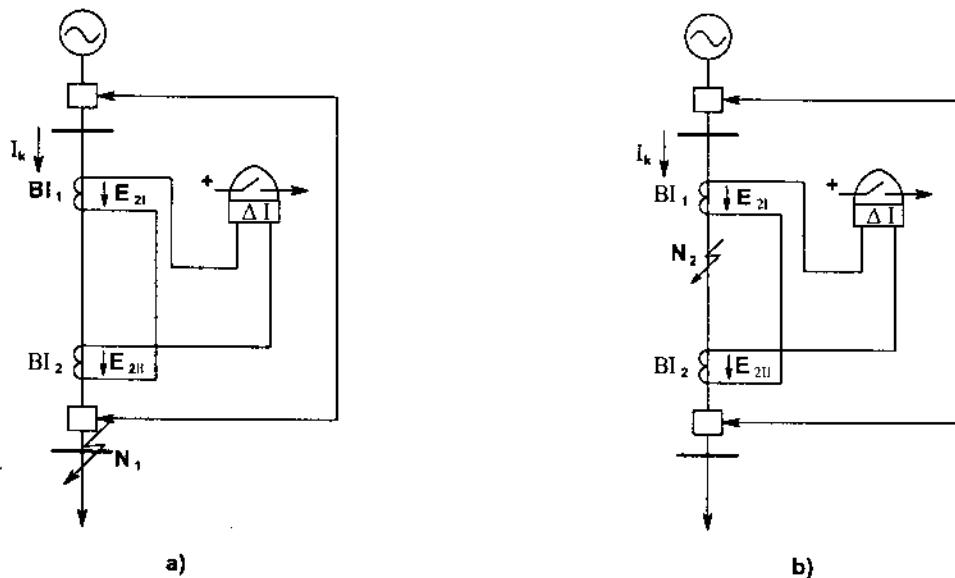
- Sơ đồ mạch điện khi có ngắn mạch ngoài ;
- Sơ đồ mạch điện khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ ;
- Sơ đồ nối role so lech

Ở chế độ làm việc bình thường giá trị của dòng không cân bằng không lớn, nhưng khi có ngắn mạch xảy ra ngoài vùng bảo vệ thì chúng có thể tăng khá lớn và có thể dẫn đến sự tác động nhầm của bảo vệ so lech. Vì lẽ đó dòng khởi động của bảo vệ so lech phải được chỉnh định lớn hơn giá trị cực đại của dòng không cân bằng  $I_{kcbMax}$ , tức là :

$$I_{kdsI} > I_{kcb.max} \text{ hay } I_{kd.I} = k_{tc} \cdot I_{kcb.max} \quad (7.2)$$

### 7.2.2. Sơ đồ cân bằng áp

Sơ đồ cân bằng áp làm việc trên cơ sở so sánh điện áp trên các cực của cuộn dây thứ cấp máy biến dòng đặt ở 2 đầu phần tử bảo vệ. Các cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng được nối cùng tên với nhau (hình 7.2).



Hình 7.2 : Sơ đồ bảo vệ so lệch thực hiện theo nguyên lý cân bằng áp.

a) Khi ngắn mạch ngoài. b) Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ

Trường hợp ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ làm việc bình thường (hình 7.2.a) dòng điện ở hai đầu vùng bảo vệ có giá trị bằng nhau và trùng pha nên suất điện động của các cuộn thứ cấp máy biến dòng bằng nhau ( $E_{2I} = E_{2II}$ ) bởi vậy dòng điện chạy qua rơle bằng không

$$I_R = \frac{E_{2I} - E_{2II}}{Z} = 0 \quad (7.3)$$

Trong đó :  $Z$  : Điện trở toàn phần của mạch nối đến các rơle.

Trong trường hợp ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ do dòng điện ở hai đầu của đối tượng bảo vệ có giá trị khác nhau nên dẫn đến s.d.d. của các cuộn dây thứ cấp máy biến dòng cũng có giá trị khác nhau, do đó sẽ có dòng điện chạy qua rơle làm cho bảo vệ tác động. Cụ thể ta thấy trên hình 7.2.b, dòng  $I_c = 0$  nên s.d.d.  $E_{2II} = 0$  do đó dòng điện đi vào rơle khác không

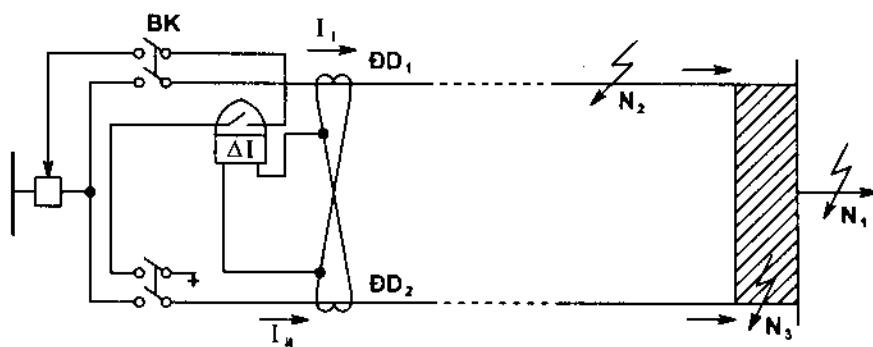
$$I_R = \frac{E_{2I}}{Z} \neq 0 \quad (7.4)$$

Cũng như đối với sơ đồ dòng tuần hoàn, sai số của các máy biến dòng BI làm phá vỡ sự cân bằng sđđ thứ cấp ở chế độ làm việc bình thường hoặc ngắn mạch ngoài và làm xuất hiện một sđđ không cân bằng  $E_{kcb}$ . Do ảnh hưởng của sđđ này trong rơ le luôn xuất hiện dòng  $I_{kcb}$ . Như vậy, bảo vệ tác động chọn lọc, dòng khởi động của rơle phải lớn hơn

dòng không cân bằng. Cả hai nguyên lý đã trình bày trên được sử dụng rộng rãi trong các sơ đồ bảo vệ so lèch.

### 7.2.3. Nguyên lý bảo vệ so lèch ngang

Bảo vệ so lèch ngang dựa trên sự so sánh dòng điện của 2 nhánh song song có cùng điện trở và dòng điện ở chế độ làm việc bình thường. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch ngang được thể hiện trên hình 7.3. Ở chế độ làm việc bình thường hoặc khi sự cố ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ (tại điểm  $N_1$ ) dòng điện  $I_1$  và  $I_{II}$  chạy trên 2 nhánh có giá trị và chiều như nhau. Dòng điện đi vào role trong trường hợp này sẽ bằng 0. Như vậy cũng như bảo vệ so lèch dọc sơ đồ bảo vệ so lèch ngang không tác động khi có ngắn mạch ngoài hoặc ở trạng thái làm việc bình thường.



Hình 7.3. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch ngang

Khi xảy ra ngắn mạch trên một trong các nhánh của đường dây sự cân bằng của dòng điện bị phá vỡ và dòng điện đi vào role  $I_R > 0$ , nếu nó lớn hơn giá trị dòng khởi động của role  $I_R > I_{kd}$  thì role sẽ tác động. Nếu điểm ngắn mạch xảy ra ở phía đối diện với đầu dây nơi đặt thiết bị bảo vệ (tại điểm  $N_3$ ) thì giá trị dòng điện ngắn mạch  $I_1$  và  $I_{II}$  sẽ không chênh lệch nhau nhiều do đó dòng điện đi vào role sẽ nhỏ và không thể làm cho role tác động. (Trên hình 7.3, vùng có gạch chéo là vùng mà khi xảy ra ngắn mạch role không tác động, vùng này được gọi là vùng chết). Sự tồn tại của vùng chết là nhược điểm lớn của bảo vệ so lèch ngang. Đặc điểm của bảo vệ so lèch ngang đối với đường dây truyền tải là khi một trong các mạch bị cắt thì bảo vệ so lèch ngang sẽ không còn tác dụng, do đó cần loại trừ sơ đồ bảo vệ ra khỏi mạng. Để thực hiện điều đó một cụm tiếp điểm boloc-công tắc (BK) được lắp liên động với dao cách ly.

## 7.3. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO ĐỘ NHẠY TRONG BẢO VỆ SO LÈCH

Dòng điện khởi động của bảo vệ so lèch được chọn theo dòng điện không cân bằng cực đại do đó đòi hỏi nó có thể có giá trị khá lớn, thậm chí lớn hơn cả dòng điện làm việc của mạng điện, điều đó làm giảm độ nhạy cần thiết của bảo vệ. Để nâng cao độ nhạy cần phải áp dụng các biện pháp đặc biệt :

- 1). Chọn các loại máy biến dòng có mạch từ không bao hoà ngay cả khi có dòng điện lớn chạy qua các cuộn dây ;

- 2). Cho bảo vệ tác dụng sau  $0,3 \div 0,5$  giây để giá trị quá độ của dòng không cân bằng giảm bớt, tuy nhiên phương pháp này làm giảm chất lượng của bảo vệ.
- 3). Mắc nối tiếp vào cuộn dây của role một điện trở phụ  $R_f$  để giảm dòng điện không cân bằng.
- 4). Mắc role qua một máy biến dòng bão hòa trung gian BIG ;
- 5). Dùng role đặc biệt có cuộn hẫm.

Biện pháp đầu được áp dụng trong tất cả các sơ đồ bảo vệ so lech. Máy biến dòng không bão hòa có diện tích tiết diện mạch từ lớn được kiểm tra theo điều kiện sai số 10%. Ở đây dòng điện tính toán là dòng cực đại khi có ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, do sự có mặt của thành phần không chu kỳ nên cần phải bổ xung hệ số tính toán

$$k_{tl} = \frac{(1,5 \div 2)I_{k,max}}{I_{kd}} \quad (7.5)$$

$I_{k,max}$  – thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch cực đại ngoài vùng bảo vệ ;

$I_{kd}$  – dòng khởi động của bảo vệ.

Việc mắc nối tiếp điện trở phụ vào mạch của role cho phép giảm dòng điện không cân bằng ở chế độ quá độ và ít ảnh hưởng đến thành phần chu kỳ của dòng điện khi có ngắn mạch trong vùng, lúc đó tuy dòng điện đi vào role cũng giảm nhưng mức độ giảm ít hơn vì dòng không cân bằng có thành phần không chu kỳ nhiều hơn. Do sự đơn giản nên biện pháp này được áp dụng rộng rãi, ví dụ trong sơ đồ bảo vệ máy phát, máy biến áp v.v...

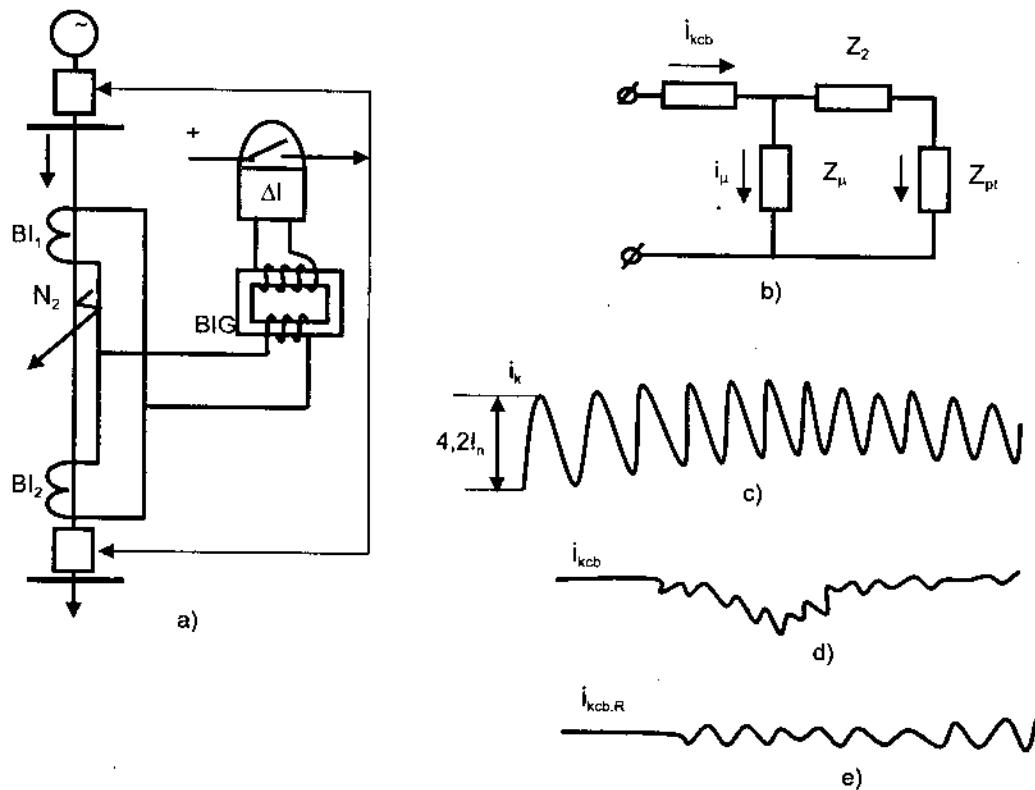
Một trong những biện pháp được áp dụng rộng rãi nhất là mắc các role qua máy biến dòng bão hòa trung gian mà chúng ta sẽ xét dưới đây. Role có cuộn hẫm được áp dụng khi các biện pháp khác không mang lại hiệu quả và độ nhạy cần thiết.

### 7.3.1. Sơ đồ bảo vệ dùng máy biến dòng bão hòa trung gian

Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ so lech dùng máy biến dòng bão hòa trung gian (BIG) được thể hiện trên hình 7.4.a. Cuộn sơ cấp của BIG được lấy nguồn từ các máy biến dòng chính, còn cuộn thứ cấp cung cấp tín hiệu cho role dòng. Khi xảy ra ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ ở những chu kỳ đầu dòng điện không cân bằng bao gồm thành phần chu kỳ và thành phần không chu kỳ (hay còn gọi là thành phần tự do) chạy trong cuộn sơ cấp của BIG. Vai trò nâng cao độ nhạy của BIG được thể hiện rõ trên sơ đồ thay thế hình 7.4.b.

Ở thời điểm ban đầu thành phần tự do của dòng không cân bằng hầu như chỉ chạy qua nhánh từ hoá  $Z_\mu$  làm cho mạch từ nhanh chóng bị bão hòa. Khi mạch từ bão hòa điện trở cảm kháng của BIG giảm xuống, nhờ đó ở những thời điểm tiếp theo phần lớn thành phần chu kỳ của dòng không cân bằng cũng chạy qua nhánh từ hoá. Cùng với sự tắt dần của thành phần tự do của dòng không cân bằng, điện trở của nhánh từ hoá tăng lên, dẫn đến sự phân bố lại dòng điện không cân bằng giữa hai nhánh song song  $Z_\mu$  và  $(Z_2 + Z_{pt})$  dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp của BIG tăng lên, tức là dòng điện chạy vào role tăng.

Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ ở thời điểm quá độ quá trình diễn ra bị chậm lại, kết quả là sự tác động của bảo vệ chậm hơn khoảng  $1,5 \div 2$  chu kỳ.



**Hình 7.4.** Bảo vệ so lệc theo nguyên lý dòng điện tuần hoàn với máy biến dòng bảo hoà trung gian BIG

- sơ đồ nguyên lý ;
- sơ đồ thay thế máy biến dòng bảo hoà trung gian ;
- sự biến thiên của dòng ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ ;
- sự biến thiên của dòng điện không cân bằng trong cuộn sơ cấp của BIG ;
- sự biến thiên của dòng không cân bằng trong role ;

Máy biến dòng bảo hoà nhanh được áp dụng thuận tiện cho việc chỉnh định thành phần tự do của dòng không cân bằng. Tuy nhiên để ngăn ngừa sự tác động của bảo vệ khi thành phần chu kỳ của dòng không cân bằng lớn cần áp dụng thêm các giải pháp phụ trợ, mà một trong số đó là sử dụng role có cuộn hãm.

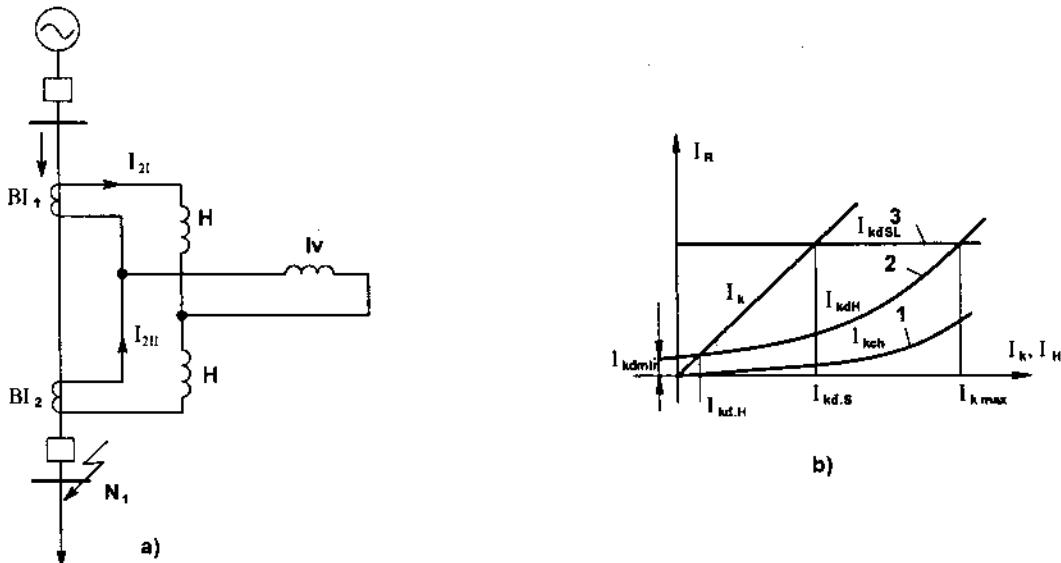
### 7.3.2. Bảo vệ so lệc dùng role có cuộn hãm

Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ so lệc với role có cuộn hãm được thể hiện trên hình 7.5. Với sơ đồ này khi có ngắn mạch, ngoài dòng không cân bằng được điều chỉnh một cách tự động như sau : Khi có ngắn mạch ngoài tại điểm  $N_1$ , các dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp máy biến dòng  $I_{2I}$ ,  $I_{2II}$  và dòng không cân bằng  $I_{kcb}$  tăng lên, đồng thời dòng chạy trong các cuộn hãm  $I_h$  cũng tăng theo làm cản trở sự khởi động của role. Ta dễ dàng thấy rằng dòng điện chạy qua cuộn làm việc bằng hiệu các dòng điện thứ cấp  $I_{lv} = I_{2I} - I_{2II}$

Còn dòng điện qua các cuộn hãm bằng tổng của chúng  $I_H = I_{2I} + I_{2II}$

Ở chế độ làm việc bình thường hoặc khi có ngắn mạch ngoài thì dòng điện trong cuộn làm việc có giá trị bé hơn nhiều so với dòng điện trong các cuộn hâm, do đó dễ dàng ngăn cản sự tác động của role, còn khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ thì dòng điện qua cuộn làm việc lại lớn hơn dòng điện chạy qua cuộn hâm, do đó role sẽ tác động. Như vậy role sẽ tự động điều chỉnh theo sự tăng của dòng không cân bằng, kết quả là có thể loại trừ được sự tác động nhầm.

Trên đồ thị biến đổi của dòng điện (hình 7.5.b) ta thấy dòng không cân bằng  $I_{kcb}$  thay đổi phụ thuộc vào dòng điện thứ cấp đường 1 ; Dòng khởi động khi có cuộn hâm  $I_{kd.H}$  – theo đường 2 và dòng khởi động của role so lệch bình thường khi không có cuộn hâm  $I_{kd.sl}$  hiệu chỉnh theo dòng không cân bằng khi có ngắn mạch ngoài – theo đường 3. Để dễ nhận thấy dòng  $I_{kd.H}$  luôn luôn lớn hơn dòng không cân bằng  $I_{kcb}$ . Chỉ khi có ngắn mạch ngoài ứng với dòng  $I_{k,max}$  giá trị của  $I_{kd.H}$  và  $I_{kd.sl}$  mới bằng nhau.

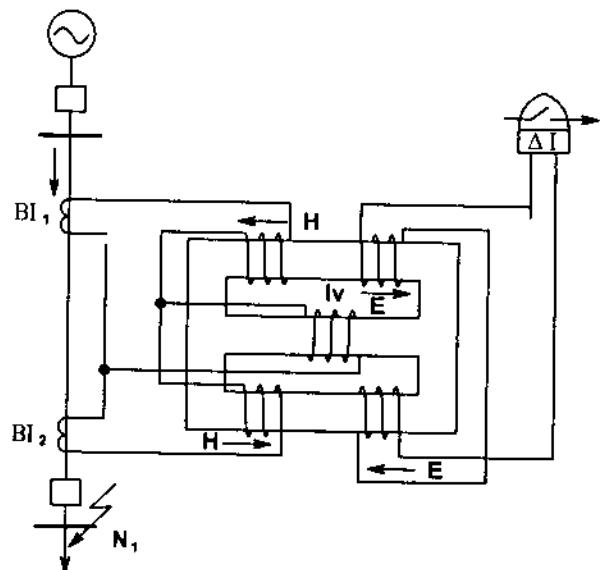


Hình 7.5. a) Sơ đồ nguyên lý role so lệch với 2 cuộn hâm ;  
b) biểu đồ biến đổi dòng điện vào role  $I_R$  theo dòng điện hâm.

1. sự phụ thuộc của dòng điện không cân bằng vào dòng điện thứ cấp ;
2. dòng khởi động khi có cuộn hâm ; 3. dòng khởi động khi không có cuộn hâm ;
4. dòng điện đi vào role khi có ngắn mạch.

Khi có ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ, dòng điện chạy qua role bằng hiệu các dòng điện ở 2 đầu dây, được thể hiện bởi đường 4. Từ điểm gặp nhau của các đường cong 2 và 3 với đường 4 có thể xác định được giá trị nhỏ nhất của dòng khởi động. Rõ ràng ta thấy  $I_{kd.H} < I_{kd.sl}$  có nghĩa là role có cuộn hâm có độ nhạy cao hơn nhiều so với role bình thường. Để đảm bảo độ tin cậy của bảo vệ cần phải chọn 2 đặc tính cơ bản là hệ số hâm  $k_{hâm}$ , biểu thị độ dốc của đường cong  $I_{kd.H} = f(I_H)$  và dòng khởi động cực tiểu  $I_{kd,min}$  khi dòng hâm bằng không  $I_H=0$ . Sơ đồ nguyên lý của role có cuộn hâm được thể hiện trên hình 7.6.

Các cuộn hâm được đấu nối tiếp thuận chiều do đó từ thông được tạo thành bởi các cuộn hâm không đi qua trụ giữa và không ảnh hưởng đến cuộn làm việc, còn các cuộn dây thứ cấp mắc trên các trụ biên có suất điện động chịu ảnh hưởng của từ thông cuộn hâm  $\phi_h$ . Khi có ngắn mạch ngoài tại điểm  $N_1$  dòng ngắn mạch  $I_k$  tăng làm bão hoà từ của các trụ biên. Dòng không cân bằng  $I_{kcb}$  chạy trong cuộn làm việc hâu như không thể chuyển được đến role và do đó không thể làm nó tác động. Như vậy sự từ hoá được thực hiện một cách tự động ngăn chặn sự tác động của role. Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ dòng  $I_{2.II} = 0$  (nếu có một nguồn cung cấp) hoặc  $I_{2.II}$  ngược chiều với  $I_{2.I}$  (nếu hai nguồn cung cấp) bởi vậy làm giảm hiệu ứng hâm, do đó dòng điện chạy vào role lớn làm nó tác động với độ nhạy cao.

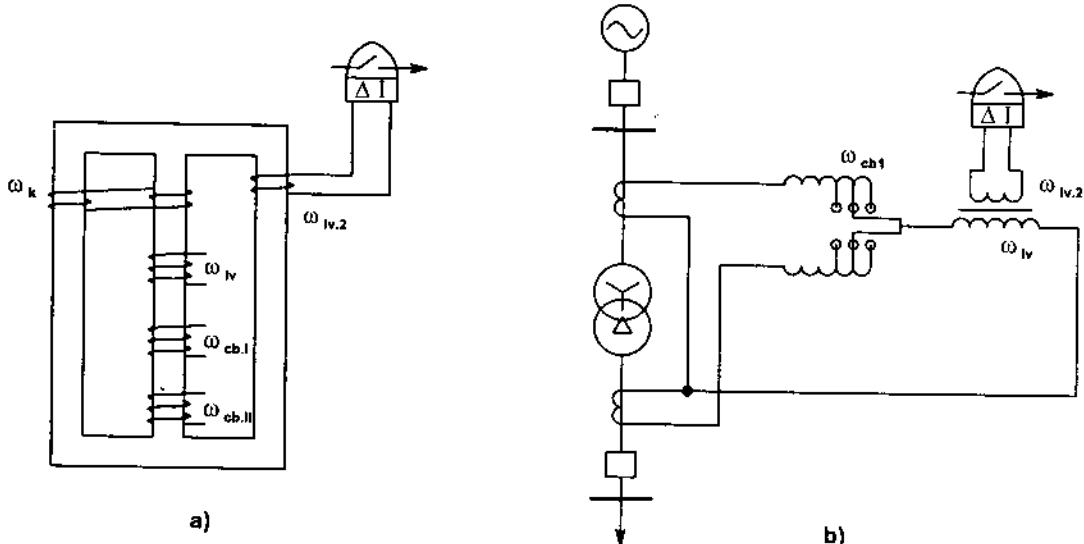


Hình 7.6. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch với role có cuộn hâm

## 7.4. ROLE BẢO VỆ SO LÈCH

### 7.4.1. Role bảo vệ so lèch điện từ

Role so lèch kiểu PHT-562 có cấu tạo gồm một role điện từ 3T-520 và máy biến dòng bão hoà từ nhanh được lắp chung trong một vỏ máy. Trên trụ giữa của máy biến dòng bão hoà nhanh được lắp 1 cuộn dây làm việc và 2 cuộn dây cân bằng (hình 7.7.a)



Hình 7.7. a) Sơ đồ role PHT-562 ; b) Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch với role PHT-562

$\omega_k$  – cuộn dây ngắn mạch ;  $\omega_{Iv}$  – cuộn dây làm việc  
 $\omega_{cb,1}$  – cuộn dây cân bằng 1 ;  $\omega_{cb,2}$  – cuộn dây cân bằng 2

ngoài ra còn có 2 cuộn dây ngắn mạch (1 ở trục giữa và 1 ở trục biên) nối với nhau tạo thành mạch khép kín ngắn mạch, cuộn dây làm việc thứ cấp của trục biên phải được nối vào role. Vai trò của mạch khép kín là sinh ra một lực từ hoá phụ làm cải thiện chế độ hiệu chỉnh dòng không cân bằng bởi các thành phần không chu kỳ. Dòng khởi động của role PHT-562 được chỉnh định bằng cách thay đổi số vòng dây của cuộn làm việc.

Để role tác động cần có một lực từ hoá

$$F_{kd} = \omega_{lv} \cdot I_R \quad (7.6)$$

$\omega_{lv}$  – số vòng dây của cuộn làm việc ;

$I_R$  – dòng điện chạy trong cuộn dây của role đủ để nó khởi động.

Nếu không có các đầu điều chỉnh của các cuộn dây phụ thì có thể điều chỉnh số vòng dây của cuộn cân bằng thứ cấp. Giả sử dòng  $I_{2,I} < I_{2,II}$  thì cần phải chọn số vòng dây  $\omega_{cbI}$  sao cho đạt được sự cân bằng

$$I_{2,I}(\omega_{cbI} + \omega_{lv}) - I_{2,II}(\omega_{cbII} + \omega_{lv}) = 0 \quad (7.7)$$

Do đó số vòng dây cần thiết của cuộn cân bằng là

$$\omega_{cbI} = (\omega_{cbI} + \omega_{lv}) \frac{I_{2,II}}{I_{2,I}} - \omega_{lv} \quad (7.8)$$

Căn cứ vào giá trị tìm được số vòng dây cuộn cân bằng  $\omega_{cbI}$  được làm tròn theo số nguyên gần nhất. Tương tự, nếu dòng  $I_{2,II} < I_{2,I}$  thì cần xác định số vòng dây  $\omega_{cbII}$ .

Độ nhạy của bảo vệ với role PHT-562 được xác định theo lực từ hoá khi có dòng ngắn mạch nhỏ nhất chạy trong vùng bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{F_{min}}{F_{lv}} = \frac{I_{k,min} k_{sd} (\omega_{cbI} + \omega_{lv})}{n_i \cdot F_{lv}} \quad (7.9)$$

$F_{lv}$  – lực từ hoá làm việc của role ;

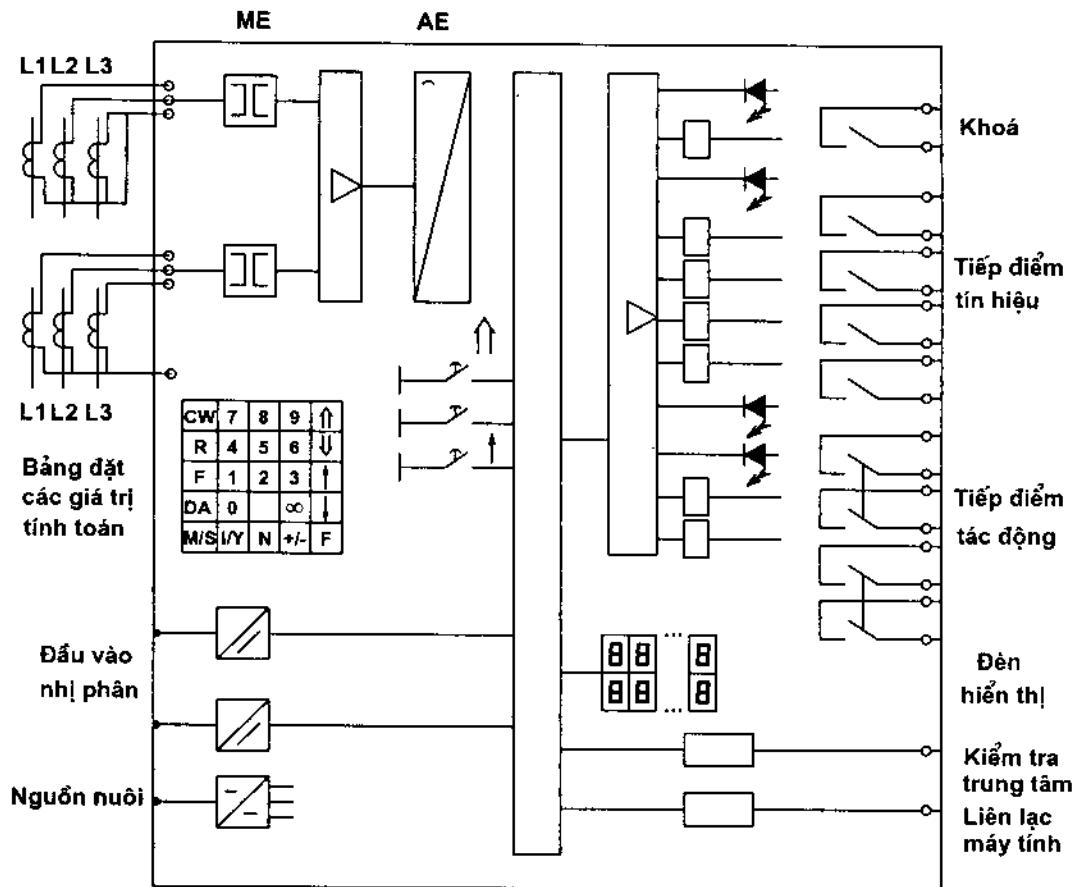
$n_i$  – hệ số biến dòng.

#### 7.4.2. Role so lèch kỹ thuật số

Một trong những đại diện của role so lèch kỹ thuật số đang được sử dụng khá nhiều ở các mạng điện nước ta hiện nay là role kiểu 7UT51 của hãng Siemens. Role này có 2 loại đặc trưng là 7UT512 và 7UT513 (loại đầu thường được dùng để bảo vệ cho các máy phát, động cơ điện, máy biến áp 2 cuộn dây v.v... còn loại thứ hai được dùng cho các sơ đồ bảo vệ so lèch cho các máy biến áp 3 cuộn dây, máy biến áp có phân nhánh và bảo vệ thứ tự không cho máy biến áp). Các role này có chức năng bảo vệ quá dòng với đặc tính thời gian độc lập và đặc tính thời gian phụ thuộc, chúng cũng được dùng trong các sơ đồ bảo vệ so lèch. Sơ đồ role so lèch kỹ thuật số loại 7UT1512 được thể hiện trên hình 7.8.

– Khối ME có nhiệm vụ tiếp nhận các tín hiệu đo lường, lọc và tạo ngưỡng và đưa tín hiệu tương tự đến khối AE.

– Khối AE có nhiệm vụ kuyếch đại tín hiệu, lấy mẫu và lưu giữ các đại lượng vào, chuyển đổi các tín hiệu tương tự sang tín hiệu số và đưa đến khối vi xử lý.



Hình 7.8. Sơ đồ khối röle so lệc 7UT512

– Khối vi xử lý thực hiện các nhiệm vụ :

- + Xử lý các đại lượng phù hợp với sơ đồ của đối tượng bảo vệ (tổ nối dây của các máy biến áp, tỷ số biến áp, và biến dòng vv) ;
- + Tính toán các đại lượng đo ;
- + Phân tích các đại lượng đo ;
- + Kiểm soát các giá trị giới hạn và thứ tự thời gian ;
- + đưa các lệnh cắt v.v...

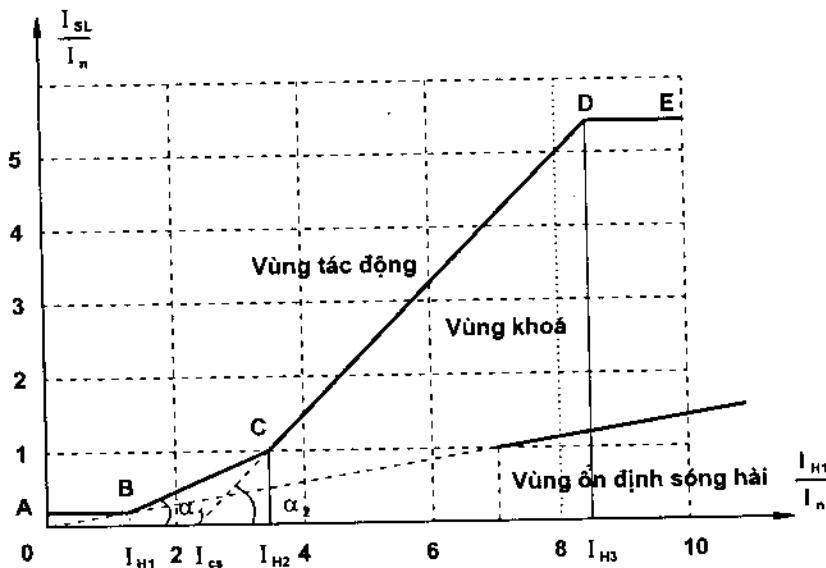
Röle có thể thông báo sự cố bằng đèn tín hiệu (LED) : trong số 16 đèn có 1 đèn xanh báo cho biết röle đã sẵn sàng làm việc, 1 đèn đỏ báo sự cố xảy ra trong bản thân röle 14 đèn đỏ còn lại dùng để phân định các tình trạng làm việc của röle. Việc cài đặt và chỉnh định các đại lượng có thể được thực hiện một cách đơn giản thông qua bàn phím.

Röle so lệc số có khả năng liên tục đo, lưu giữ và hiển thị trên màn hình các đại lượng ; liên tục kiểm soát cả phần cứng lẫn phần mềm của thiết bị ; có khả năng ổn định đối với các dòng xung kích ; không phản ứng với các hiện tượng bão hòa của các máy biến dòng ; có khả năng phối hợp các đại lượng vectơ ở các phía để so sánh trực tiếp mà không cần đến sự trợ giúp của các bộ biến đổi trung gian ; có khả năng liên kết với máy vi tính và các thiết bị điều khiển.

Đặc tính khởi động của role số 7UT512 được thể hiện trên hình 7.9 :

- Đoạn AB biểu thị đặc tính khởi động ngưỡng thấp của role so lèch (thường có giá trị trong khoảng  $I_{>} = (0,15 \div 2)I_n$ )
- Đoạn BC biểu thị đặc tính có kể đến sai số của chính role, sai số của máy biến dòng và sai số do sự điều chỉnh điện áp dưới tải gây nên ;
- Đoạn CD biểu thị đặc tính phụ thuộc vào sự bão hoà của các máy biến dòng ;
- Đoạn DE biểu thị đặc tính khởi động ngưỡng cao của bảo vệ so lèch, có giá trị trong khoảng  $I_{>>} = (0,5 \div 20)I_n$ .

Ngoài dòng điện ngắn mạch, các hiện tượng khác như dòng xung kích từ hoá khi đóng máy biến áp không tải và hiện tượng quá kích từ của máy biến áp cũng có thể dẫn đến sự tác động của role. Do đó để bảo vệ so lèch tác động chính xác, role so lèch số được thiết kế với chức năng khoá để ổn định role chống lại các hiện tượng trên. Chức năng khoá chống lại dòng xung kích từ hoá được thực hiện trên cơ sở sóng hài bậc 2, vì thành phần sóng hài bậc 2 của dòng xung kích từ hoá khi đóng máy biến áp không tải khá lớn (khoảng 70% so với thành phần hài cơ bản), trong khi đó thành phần này ở dòng ngắn mạch lại không đáng kể. Cũng với lý do tương tự, chức năng khoá chống lại sự quá kích từ của máy biến áp được thực hiện trên cơ sở thành phần sóng hài bậc 5. Thời gian mở khoá bằng 8 lần chu kỳ của dòng điện tần số công nghiệp, tức là khoảng 160 ms.



Hình 7.9. Đặc tính khởi động của role so lèch 7UT512

Việc cài các thông số chỉnh định của role được thực hiện với sự trợ giúp của bàn phím với các ô địa chỉ từ 1603 ÷ 1625 cho trong bảng 7.1. giá trị của các dòng điện chỉnh định được cho dưới dạng bội số của dòng định mức của đối tượng bảo vệ  $I_n$ .

Bảng 7.1.

## THAM SỐ CHỈNH ĐỊNH CỦA RÔLE SO LỆCH SỐ

thông số cài đặt	ký hiệu	địa chỉ	phạm vi	bước	đã cài đặt
dòng khởi động ngưỡng thấp	$I >$	1603	$(0,15 \div 2)I_n$	0,01	
dòng khởi động ngưỡng cao	$I >>$	1604	$(0,5 \div 20)I_n$	0,1	$7,2I_n$
độ dốc đoạn BC,	$d_1$	1608			25%
đoạn CD :	điểm gốc	$I_{CS}$	1607	$0,0 \div 10,0I_n$	$2,5I_n$
	độ dốc	$d_2$	1608	$25 \div 95\%$	50%
khoá dòng từ hoá	ngưỡng tác động	$i_2$	1610		
	thời gian duy trì	$t_{th}$	1612	$0 \div 1000.T$	
khoá quá kích từ	ngưỡng tác động	$i_5$	1614		
	thời gian duy trì	$t_s$	1615	0,16s	
thời gian tác động	ngưỡng thấp	$t_{I >}$	1625		
	ngưỡng cao	$t_{I >>}$	1628		

$$d_1 = \frac{I_{SL}}{I_H} 100 - \text{độ dốc của đường đặc tính}$$

$I_n$  – dòng định mức của đối tượng bảo vệ

$I_{SL}, I_H$  – dòng so lệch và dòng hâm

## 7.5. TÍNH TOÁN BẢO VỆ SO LỆCH

Dòng điện khởi động của bảo vệ so lệch được chọn theo dòng không cân bằng khi có ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ có tính đến độ tin cậy

$$I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{kcbMax}; \quad (7.11)$$

Dòng điện không cân bằng cực đại khi có ngắn mạch ngoài  $I_{kcbMax}$  được xác định phụ thuộc vào loại máy biến dòng và có xét đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch.

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{cl} s_i I_{kMax.ng}; \quad (7.12)$$

$I_{kMax.ng}$  – dòng ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ;

$k_a$  – hệ số tính đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch, có giá trị bằng 1 đối với các máy biến dòng có bảo hòa từ và bằng 2 đối với các loại máy biến dòng khác;

$k_{cl}$  – hệ số tính đến đặc tính cùng loại của các máy biến dòng, bằng 0,5 đối với các máy biến dòng hoàn toàn giống nhau và bằng 1 đối với các máy biến dòng khác nhau;

$s_i$  – sai số của máy biến dòng, thường có giá trị là 0,1 (sai số 10%).

$$\text{Từ đó } I_{kd} = k_{tc} \cdot k_a \cdot k_{cl} s_i I_{kMax.ng} \quad (7.13)$$

### 7.5.1. Đối với đường dây

Bảo vệ so lèch dọc cho đường dây chỉ có thể áp dụng khi đường dây không dài với cấp điện thông thường từ 110 kV trở lên. Để giảm phụ tải của máy biến dòng và giảm nhẹ tiết diện dây nối, các role so lèch được mắc qua máy biến dòng trung gian với hệ số biến đổi lớn hơn 1. Thường để giảm số dây nối người ta sử dụng các bộ lọc thành phần đối xứng. Đối với các đường dây dài người ta thường áp dụng bảo vệ so lèch ngang thay vì so lèch dọc.

### 7.5.2. Đối với máy biến áp

Đối với sơ đồ bảo vệ so lèch cho máy biến áp, ngoài các yếu tố như đã trình bày, dòng điện không cân bằng còn phụ thuộc vào sai số do điều chỉnh điện áp  $s_{\Delta U_{dc}}$  (thường lấy bằng 10%) và sai số do sự chênh lệch giữa các dòng điện thứ cấp của máy biến dòng ở hai phía của máy biến áp  $s_{2i}$ . Để giảm bớt sự chênh lệch về pha của các dòng điện thứ cấp ở hai phía máy biến áp sơ đồ nối của các máy biến dòng phải chọn đổi ngược với các tổ nối của máy biến áp, chẳng hạn máy biến áp có tổ nối là sao-tam giác, thì sơ đồ nối các biến dòng phải chọn là tam giác-sao. Như vậy dòng không cân bằng được xác định theo biểu thức :

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} s_i + s_{\Delta U_{dc}} + s_{2i}) I_{kMax.ng.} \quad (7.14)$$

Sai số tương đối do sự chênh lệch các dòng điện thứ cấp của máy biến dòng được xác định theo biểu thức

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| \quad (7.15)$$

– Dòng khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{lc} I_{kcbMax} ; \quad (7.16)$$

Căn cứ vào giá trị tính toán của  $I_{kdR}$  chọn dòng đặt của role ứng với thang gần nhất  $I_{dR}$ , sau đó xác định giá trị dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lèch

$$I_{kdSl} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} ; \quad (7.17)$$

$$\text{Độ nhạy được đánh giá theo } k_{nhSl} = \frac{I_{k,min}}{I_{bvSl}} \geq 2 ; \quad (7.18)$$

### 7.5.3. Đối với máy phát

Dòng khởi động được chọn theo 1 trong 2 điều kiện sau :

– Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện định mức của máy phát :  $I_{kd} > I_{n,F}$  ;

$$I_{n,F} = \frac{S_F}{\sqrt{3} \cdot U} ; \quad (7.19)$$

$S_F$  – công suất định mức của máy phát ;

$U$  – điện áp định mức của máy phát.

– Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện không cân bằng cực đại :  $I_{kd} > I_{kcb,Max}$  ;

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{cl} s_i I_{kMax.ng.} \quad (7.20)$$

Giá trị lớn hơn trong số các giá trị của  $I_{nF}$  và  $I_{kcb,Msause}$  được chọn làm điều kiện tính toán.

#### 7.5.4. Tính toán chỉnh định đối với role kỹ thuật số

Nhu đã trình bày, hầu hết các loại role số đều có phần mềm tính toán, nên việc cài đặt các tham số bảo vệ chỉ cần tuân theo những quy định cụ thể của hãng. Role số sẽ tác động khi dòng điện đi vào role so lệch bằng dòng điện lấy mẫu (hay còn gọi là dòng hâm)  $I_{SL} = I_H$

$$I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$$

$$I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II} - I_{2III}| \quad \text{đối với máy biến áp 3 cuộn dây}$$

và dòng hâm  $I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$

$$I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| + |I_{2III}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$$

$I_{2I}, I_{2II}$  và  $I_{2III}$  – dòng điện thứ cấp ở 3 phía máy biến áp được bảo vệ.

\* Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ thì  $I_{2I}$  và  $I_{2II}$  sẽ có chiều ngược nhau nên do đó role sẽ tác động.

\* Khi ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ bình thường thì  $I_{2I} = I_{2II}$  nên  $I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II}| = 0$ ,  
còn dòng hâm  $I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| = 2I_{2II}$ ,

tức là  $I_{SL} < I_H$  nên role sẽ không tác động. Tuy nhiên do ảnh hưởng của các yếu tố như thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch, sai số máy biến dòng, sai số do chỉnh định điện áp v.v... khi có ngắn mạch ngoài dòng so lệch không bằng 0 mà bằng giá trị dòng điện không cân bằng cực đại :  $I_{sl} = I_{kcb,Max}$ . Hệ số an toàn của bảo vệ được xác định theo biểu thức

$$k_{at} = \frac{I_{ng}}{I_{sl}}$$

$I_{ng}$  – dòng so lệch ngưỡng, xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \operatorname{tg}\alpha_2 (I_H - I_{CS})$$

$\operatorname{tg}\alpha_2$  – độ nghiêng của đường đặc tính bảo vệ (đoạn CD hình 7.9)

$I_{CS}$  – dòng hâm cơ sở của nhánh CD (hình 7.9)

Nguồn thay đổi thứ nhất

$$I_{H1} = \frac{I_s}{\tan \alpha_1}$$

$I_s$  – dòng khởi động nguồn thấp ;

$\tan \alpha_1$  – độ nghiêng của đặc tính bảo vệ (đoạn BC hình 7.9)

Nguồn thay đổi thứ 2

$$I_{H2} = \frac{I_{CS} \tan \alpha_2}{\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1}$$

Nguồn thay đổi thứ 3

$$I_{H3} = I_{CS} + \frac{I_{>>}}{\tan \alpha_2}$$

## 7.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 7.1.** Hãy tính toán bảo vệ so lech dọc cho thanh cái 22 kV, biết dòng ngắn mạch 3 pha ngay phía sau thanh cái  $I_k^{(3)} = 1,131 \text{ kA}$ , dòng điện làm việc cực đại qua thanh cái là  $I_{IV,Max} = 215 \text{ A}$ ; hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,25$ .

**Giải :** Căn cứ vào dòng điện làm việc chạy qua thanh cái ta chọn máy biến dòng loại bảo hòa nhanh ( $k_a = 1$ ) ở cả hai phía ( $k_{cl} = 0,5$ ), có dòng điện định mức phía sơ cấp là  $I_{1BI} = 300 \text{ A}$  và dòng định mức thứ cấp là  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ . các máy biến dòng mắc theo sơ đồ sao đấu ( $k_{sd} = 1$ )

$$\text{Hệ số biến dòng } n_i = I_{1BI}/I_{2BI} = 300/5 = 60.$$

Dòng điện không cân bằng

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{cl} \cdot n_i \cdot I_{kMax.ng.} = 1.0,7.0,1.11310 = 56,57 \text{ A} ;$$

Dòng khởi động của role

$$I_{kdRI} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{kcbMax} = \frac{1,25}{60} \cdot 56,57 = 1,18 \text{ A} ;$$

Chọn dòng đặt của role là  $I_{dR} = 1,2 \text{ A}$  ;

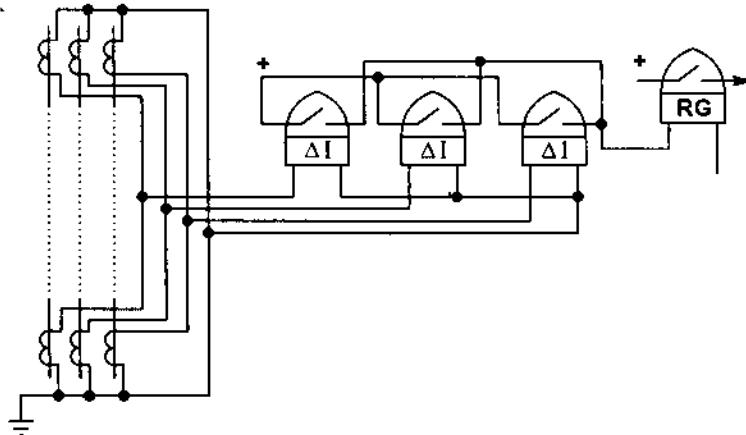
Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lech

$$I_{kdSL} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{1,2 \cdot 60}{1} = 72 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nhSL} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdSL}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{72} = \frac{0,87 \cdot 1131}{72} = 13,67 > 2 ;$$

Bảo vệ có độ nhạy khá cao. Sơ đồ bảo vệ so lèch thanh cái 22 kV được thể hiện trên hình 7.10 sau



Hình 7.10. Sơ đồ bảo vệ so lèch thanh cái 22 kV bài toán ví dụ 7.1

**Ví dụ 7.2 :** Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TĐH 6300/110 có công suất định mức  $S_n = 6300$  kVA, điện áp định mức là 115/11 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_{k}^{(3)} = 1,12$  kA ; Tổ nối của máy biến áp là Y/V. hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,25$ .



**Giải :** Trước hết ta xác định dòng điện định mức ở hai phía của máy biến áp

$$I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 115} = 31,62 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 11} = 330,66 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn máy biến dòng loại bão hoà nhanh TφHD.110M với  $I_{n1} = 100$  cho phía sơ cấp và máy TPIOL-10-P/P có  $I_{n1} = 400$  cho phía thứ cấp, dòng định mức thứ cấp là  $I_{n2} = 5$  ; Tỷ số biến dòng sẽ là

$$n_{i1} = \frac{100}{5} = 20; \quad n_{i2} = \frac{400}{5} = 80$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng : vì sơ đồ nối dây của máy biến áp là Y/V nên ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng phía sơ cấp nối theo hình tam giác ( $\nabla$ ), còn phía thứ cấp – theo hình sao đú ( $Y$ ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là  $k_{sd} = \sqrt{3}$  và phía thứ cấp là  $k_{sd} = 1$ .

Giá trị dòng điện thứ cấp ở hai phía của máy biến áp thực tế là

$$I_{2I} = \frac{I_{n1} \cdot k_{sd}}{n_{i1}} = \frac{31,62 \cdot \sqrt{3}}{20} = 2,74 \text{ A}; \quad I_{2II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd}}{n_{i2}} = \frac{330,66 \cdot 1}{80} = 4,13 \text{ A}$$

Ta nhận thấy sự chênh lệch giữa các dòng điện thứ cấp là quá lớn, do đó cần phải chọn lại máy biến dòng phía thứ cấp của trạm biến áp với máy TΠOL-10-P/P có  $I_{nI} = 600$ , khi đó  $n_{i2} = 600/5 = 120$  và dòng điện thứ cấp  $I_{2II}$  của máy biến dòng lúc này là

$$I_{2II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd}}{n_{i2}} = \frac{330,66 \cdot 1}{120} = 2,76 \text{ A}$$

Sai số do sự chênh lệch dòng điện thứ cấp :

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| = \left| \frac{2,74 - 2,76}{2,74} \right| = 0,006$$

Xác định dòng điện không cân bằng :

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} s_i + \Delta U_{dc} + s_{2i}) I_{kMax.ng.}$$

Các máy biến dòng bão hòa nhanh nên  $k_a = 1$ , các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên  $k_{cl} = 1$ , sai số máy biến dòng  $s_i = 0,1$ , như vậy

$$I_{kcbMax} = (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,06) \cdot 1120 = 230,71 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ  $I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{kcbMax} = 1,25 \cdot 230,71 = 288,38 \text{ A}$

Dòng điện khởi động của role  $I_{kdR} = \frac{I_{kd} \cdot k_{sd}}{n_i} = \frac{288,38 \cdot 1}{1200} = 2,4 \text{ A}$

Chọn dòng đặt của role  $I_{dR} = 2,5 \text{ A}$

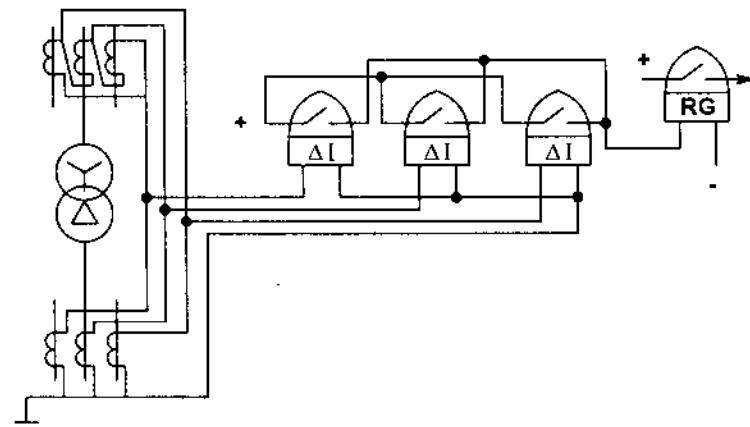
Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SI} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{2,5 \cdot 120}{1} = 300 \text{ A} ;$$

Dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha trước thanh cái phía thứ cấp, trên thực tế giá trị này cũng bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha ngoài vùng bảo vệ  $I_k^{(2)}$ , do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$\begin{aligned} k_{nh} &= \frac{I_{kmin}}{I_{kd.SI}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kd.SI}} \\ &= \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd.SI}} = \frac{0,87 \cdot 1120}{300} \\ &= 3,25 > 2 \end{aligned}$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết. Số đồ bảo vệ so lệch cho máy biến áp được thể hiện trên hình 7.11.



Hình.7.11 Sơ đồ bảo vệ so lệch máy biến áp 115/11 kV, bài toán ví dụ 7.2

**Ví dụ 7.3.** Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TRĐH 25000/110 có công suất định mức  $S_n = 25000$  kVA, điện áp định mức là 115/38,5 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_k^{(3)} = 3,75$  kA. Tổ nối của máy biến áp là Y/Δ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.



**Giải :** Trước hết ta xác định dòng điện định mức ở hai phía của máy biến áp

$$I_{n1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 125,5 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 374,9 \text{ A} >>$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bão hòa nhanh có  $I_{nBI,1} = 300$  phía sơ cấp và  $I_{nBI,II} = 600$  A phía thứ cấp, vậy tỷ số biến dòng sẽ là :

$$n_{i1} = \frac{300}{5} = 60; \quad n_{i2} = \frac{600}{5} = 120$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng : vì sơ đồ nối dây của máy biến áp là Y/Δ nên ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng phía sơ cấp nối theo hình tam giác (Δ), còn phía thứ cấp – theo hình sao đủ (Y), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là  $k_{sd1} = \sqrt{3}$  và phía thứ cấp là  $k_{sd2} = 1$ .

Giá trị dòng điện thứ cấp ở hai phía của máy biến áp ở chế độ định mức là

$$I_{2I} = \frac{I_{n1} \cdot k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{125,5 \cdot \sqrt{3}}{60} = 3,62 \text{ A}; \quad I_{2II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{374,9 \cdot 1}{120} = 3,12 \text{ A}$$

Sai số do sự chênh lệch dòng điện thứ cấp :

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| = \left| \frac{3,62 - 3,12}{3,62} \right| = 0,0138$$

Xác định dòng điện không cân bằng :

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} \cdot s_i + s_{\Delta U_{dc}} + s_{2i}) I_{kMax.ng.}$$

Các máy biến dòng bão hòa nhanh nên  $k_a = 1$ , các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên  $k_{cl} = 1$ , sai số máy biến dòng  $s_i = 0,1$ , như vậy

$$I_{kcbMax} = (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,0138) \cdot 3750 = 1266,46 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{kcbMax} = 1,3 \cdot 1266,46 = 1583,08 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của role

$$I_{kdr} = \frac{I_{kd} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{1583,08 \cdot 1}{120} = 13,19 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role là  $I_{dr} = 13,2 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lech

$$I_{kd.SI} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{13,2.120}{1} = 1584 \text{ A} ;$$

Dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha trước thanh cái phía thứ cấp, trên thực tế giá trị này cũng bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha ngoài vùng bảo vệ  $I_k^{(2)}$ , do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 3750}{1584} = 2,06 > 2$$

Như vậy bảo vệ hoàn toàn đảm bảo được độ nhạy cần thiết. Do sự chênh lệch của các dòng điện thứ cấp khá lớn nên ở trường hợp này ta cần chọn sơ đồ bảo vệ dùng role so lech có cuộn hǔm.

Với số vòng dây của cuộn cân bằng là  $\omega_n = 20$ , Chọn số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp :

$$\omega = \omega_n \left( \frac{I_{2I}}{I_{2II}} - 1 \right) = 20 \cdot \left( \frac{3,62}{3,12} - 1 \right) = 3,2 ;$$

Ta chọn số vòng dây  $\omega = 3$  mắc thêm vào phía sơ cấp để san bằng dòng điện thứ cấp của máy biến dòng

**Ví dụ 7.4.** Tính toán chỉnh định role so lech kỹ thuật số bảo vệ cho máy biến áp TRДН 25000/110 có công suất định mức  $S_n = 25000 \text{ kVA}$ , điện áp định mức là 115/38,5 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_k^{(3)} = 3,75 \text{ kA}$ . Tổ nối của máy biến áp là Y/Δ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.

*Giải :*

Từ các kết quả tính toán như bài 7.3. ta xác định các giá trị dòng điện cài đặt tương ứng với bội số của dòng định mức máy biến áp  $I_{n2}$

- Giá trị tác động ngắn mạch thấp  $I_> = 0,3$  (tức là  $I > = 0,3I_{n2} = 0,3 \cdot 374,9 = 112,47 \text{ A}$ ) ;
- Dòng đặt ngắn mạch cao  $I_{>>} = 5$
- $\operatorname{tg}\alpha_1 = 0,15$  và  $\operatorname{tg}\alpha_2 = 0,4$
- Dòng hǔm cơ sở  $I_{CS} = 2,5$
- Dòng điện hǔm  $I_H = 2 \cdot I_k^{(3)} / I_{n2} = 2 \cdot 3750 / 374,9 = 2.10 = 20$
- Dòng so lech ngắn  $I_{ng} = \operatorname{tg}\alpha_2 (I_H - I_{CS}) = 0,4(20 - 2,5) = 7$
- Dòng so lech khi có ngắn mạch ngoài  $I_{sl} = I_{kcb,Max} / I_{n2} = 1266,46 / 374,9 = 3,38$

Hệ số an toàn của bảo vệ được xác định theo biểu thức

$$k_{at} = \frac{I_{ng}}{I_{sl}} = \frac{7}{3,38} = 2,1$$

Nguồn thay đổi thứ nhất

$$I_{H1} = \frac{I_s}{\operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{0,3}{0,15} = 2$$

Nguồn thay đổi thứ 2

$$I_{H2} = \frac{I_{CS} \operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{2,5 \cdot 0,4}{0,4 - 0,15} = 4$$

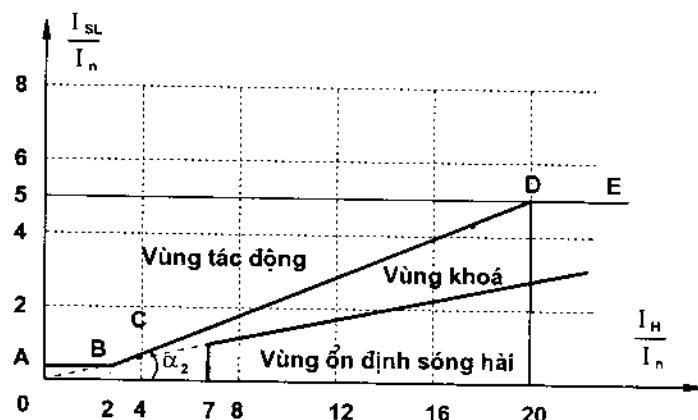
Nguồn thay đổi thứ 3

$$I_{H3} = I_{CS} + \frac{I_{>>}}{\operatorname{tg}\alpha_2} = 2,5 + \frac{5}{0,4} = 20$$

Các tham số cài đặt được biểu thị trong bảng sau

Thông số cài đặt	Ký hiệu	Địa chỉ	Giá trị
dòng khởi động nguồn thấp	$I_s$	1603	$0,3I_{n2}$
dòng khởi động nguồn cao	$I_{>>}$	1604	$5I_{n2}$
độ dốc đoạn BC,	$d_1$	1608	15%
đoạn CD :	điểm gốc	1607	$4I_{n2}$
	độ dốc	1608	40%
khoá dòng từ hoá	nguồn tác động	1610	$0,5I_{n2}$
	thời gian duy trì	1612	0,2s
khoá quá kích từ	nguồn tác động	1614	$7I_{n2}$
	thời gian duy trì	1615	0,16s
thời gian tác động	nguồn thấp	1625	0,5s
	nguồn cao	1628	0,02s

Trên cơ sở tính toán trên ta xây dựng được đặc tính bảo vệ của role so lệch (hình 7.12)



**Ví dụ 7.5.** Tính toán bảo vệ role cho máy phát có công suất định mức  $S_F = 30$  MVA, điện áp định mức là 6,3 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là  $E_* = 1,05$  điện trở siêu quá độ dọc trục  $x_d'' = 0,13$

**Giải :** Trước hết ta xác định dòng điện định mức của máy phát

$$I_F = \frac{S_F}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 6,3} \cdot 10^3 = 2749,29 \text{ A} ;$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bão hòa nhanh  $I_{nl} = 4000$ , vậy tỷ số biến dòng sẽ là :

$$n_i = \frac{4000}{5} = 800 ;$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng : ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình tam giác ( $\Delta$ ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là  $k_{sd1} = \sqrt{3}$ .

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_k^{(3)} = \frac{E''_*}{x_d''} \cdot I_{mp} = \frac{1,05}{0,13} \cdot 2749,29 = 22205,78 \text{ A} ;$$

Xác định dòng điện không cân bằng :

$$I_{kcb} = k_a \cdot k_c \cdot s_i \cdot I_k^{(3)}$$

Chọn sơ đồ mắc role với điện trở phụ nén  $k_a = 2$ , các máy biến dòng ở 2 phía chọn cùng loại nén  $k_{cl} = 0,5$ , sai số máy biến dòng  $s_i = 0,1$ , như vậy

$$I_{kcb} = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 22205,78 = 2220,58 \text{ A}$$

Như vậy dòng  $I_{kcb} < I_F$  nên ta xác định dòng khởi động của role theo dòng định mức máy phát, lấy hệ số tin cậy là 1,2.

Dòng điện khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc} \cdot k_{sd} \cdot I_F}{n_i} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{3} \cdot 2749,29}{800} = 7,14 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role là  $I_{dR} = 7,5 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{7,5 \cdot 800}{\sqrt{3}} = 3464 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{kmin}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 22205,78}{3464} = 5,58 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

## Bài tập

7.1. Hãy tính toán bảo vệ so lèch dọc cho thanh cái 35 kV, biết dòng ngắn mạch 3 pha ngay phía sau thanh cái  $I_{k}^{(3)} = 1,02 \text{ kA}$ , dòng điện làm việc cực đại qua thanh cái là  $I_{lv.\text{Max}} = 258 \text{ A}$ ; hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,25$ .

7.2 : Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TДН 10000/110 có công suất định mức  $S_n = 10000 \text{ kVA}$ , điện áp định mức là 115/22 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3

pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_{k}^{(3)} = 2,14 \text{ kA}$ ; Tổ nối của máy biến áp là Y/V. hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ .



7.3 : Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TДН 80000/220 có công suất định mức  $S_n = 80.000 \text{ kVA}$ , điện áp định mức là 240/13,8 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_{k}^{(3)} = 4,26 \text{ kA}$ ; Tổ nối của máy biến áp là Y/V. hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,3$ .

7.4. Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp ТРДН 70000/220 có công suất định mức  $S_n = 70000 \text{ kVA}$ , điện áp định mức là 230/10,5 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại thanh cái phía thứ cấp là  $I_{k}^{(3)} = 4,37 \text{ kA}$ . Tổ nối của máy biến áp là Y/Δ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.

7.5. Tính toán bảo vệ role cho máy phát có công suất định mức  $S_F = 40 \text{ MVA}$ , điện áp định mức là 10,5kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là  $E_* = 1,05$  điện trở siêu quá độ dọc trục  $x''_d = 0,125$

### Đáp số

7.1 :  $I_{dR} = 1,2 \text{ A}$  ;  $k_{nh} = 12,36$  ;

7.2 :  $I_{dR} = 8,3 \text{ A}$  ;  $k_{nh} = 3,74$  ;

7.3 :  $I_{dR} = 1,5 \text{ A}$  ;  $k_{nh} = 3,1$  ;

7.4 :  $I_{dR} = 1,8 \text{ A}$  ;  $k_{nh} = 2,64$ ,  $\omega = 1$  ;

7.5 :  $I_{dR} = 6 \text{ A}$  ;  $k_{nh} = 5,8$ .

## Tóm tắt chương 7

**Bảo vệ so lèch** được thực hiện trên sự so sánh dòng theo đại lượng về pha tại đầu và cuối đường dây được bảo vệ.

**Sơ đồ dòng điện tuần hoàn** được thực hiện dựa trên sự so sánh trị số và góc pha của dòng điện ở đầu và cuối phần tử được bảo vệ.

**Sơ đồ cân bằng áp** làm việc trên cơ sở so sánh điện áp trên các cực của cuộn dây thứ cấp máy biến dòng đặt ở 2 đầu phần tử bảo vệ.

**Nguyên lý bảo vệ so lèch ngang** dựa trên sự so sánh dòng điện của 2 nhánh song song có cùng điện trở và dòng điện ở chế độ làm việc bình thường

Các biện pháp nâng cao độ nhạy trong bảo vệ so lèch

1. Chọn các loại máy biến dòng có mạch từ không bão hòa
2. Thời gian tác động của bảo vệ  $0,3 \div 0,5$  giây kể từ thời điểm ngắn mạch để giảm giá trị quá độ của dòng không cân bằng ;
3. Mắc điện trở phụ nối tiếp vào cuộn dây của rơle
4. Mắc rơle qua một máy biến dòng bão hòa trung gian BIG ;
5. Dùng rơle đặc biệt có cuộn hâm.

*Rơle bảo vệ so lèch điện từ*

Rơle so lèch có cấu tạo gồm một rơle điện từ và máy biến dòng bão hòa từ nhanh được lắp chung trong một vỏ máy. Máy biến dòng bão hòa nhanh có 1 cuộn dây làm việc và 2 cuộn dây cân bằng, ngoài ra còn có 2 cuộn dây ngắn mạch để sinh ra một lực từ hóa phụ làm cải thiện chế độ hiệu chỉnh dòng không cân bằng bởi các thành phần không chu kỳ. Dòng khởi động của rơle được chỉnh định bằng cách thay đổi số vòng dây của cuộn làm việc. Số vòng dây cần thiết của cuộn cân bằng là

$$\omega_{cb1} = I_{21} (\omega_{cb1} + \omega_{lv}) \frac{|I_{21}|}{I_{21}} - \omega_{lv}$$

*Rơle bảo vệ so lèch kỹ thuật số*

Rơle số sẽ tác động khi dòng điện đi vào rơle so lèch bằng dòng điện hâm  $I_{SL} = I_H$

$$I_{SL} = |I_{21} - I_{211}| \text{ và } I_H = |I_{21}| + |I_{211}| ;$$

Khi ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ bình thường thì  $I_{21} = I_{211}$  nên

$I_{SL} = |I_{21} - I_{211}| = 0$ , còn dòng  $I_H = |I_{21}| + |I_{211}| = 2|I_{211}|$ , tức là  $I_{SL} < I_H$  nên rơle sẽ không tác động.

*Tính toán bảo vệ so lèch*

*Dòng điện khởi động của bảo vệ so lèch*

*Đối với đường dây*

$$I_{kdsL} = k_{tc} \cdot k_a \cdot k_{cl} s_i I_{kMax.ng}$$

*Đối với máy biến áp*

$$I_{kdsL} = k_{tc} (k_a \cdot k_{cl} s_i + s_{\Delta Udc} + s_{2i}) I_{kMax.ng}$$

*Đối với máy phát*

Dòng khởi động được chọn theo 1 trong 2 điều kiện sau :

- Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện định mức của máy phát :  $I_{kd} > I_F$  ;
- Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện không cân bằng cực đại :  $I_{kd} > I_{kcb.Max}$  ;

$$I_F = \frac{S_F}{\sqrt{3} \cdot U} ;$$

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{cl} s_i I_{kMax.ng}$$

Giá trị lớn hơn trong số các giá trị của  $I_F$  và  $I_{kcb.Max}$  được chọn làm điều kiện tính toán.

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{tc} I_{kcbMax} ;$$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lêch

$$I_{bvsI} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} ;$$

## Câu hỏi ôn tập

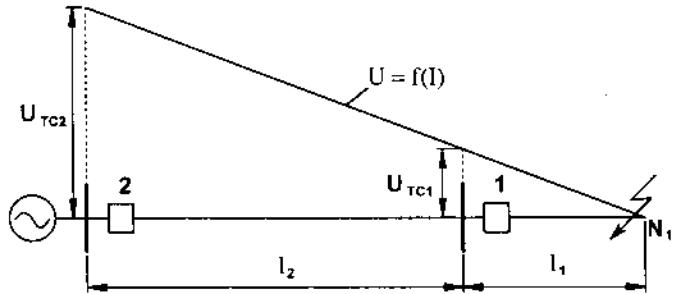
1. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ so lêch
2. So sánh bảo vệ so lêch theo dòng điện tuần hoàn và theo sơ đồ cân bằng áp
3. So sánh bảo vệ so lêch dọc và bảo vệ so lêch ngang
4. Hãy trình bày các phương pháp nâng cao độ nhạy của bảo vệ so lêch
5. Hãy trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của role so lêch điện từ
6. Hãy trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của role so lêch kỹ thuật số
7. Hãy trình bày phương pháp tính toán bảo vệ so lêch

## Chương 8

## BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

## 8.1. NGUYÊN LÝ TÁC ĐỘNG

Một trong những nguyên lý bảo vệ có tính chọn lọc cao là dựa trên đặc điểm phân bố điện áp khi ngắn mạch. Điện áp tại điểm ngắn mạch 3 pha bằng không và tăng dần khi càng xa điểm ngắn mạch. Nếu đo được tỷ số  $U/I_k$  thì sẽ biết được điện trở ngắn mạch. Có nghĩa là điện trở ngắn mạch tỷ lệ với khoảng cách đến điểm ngắn mạch. Loại bảo vệ thực hiện theo nguyên lý xác định khoảng cách từ nơi đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch có tên gọi bảo vệ khoảng cách (BVKC). Độ trễ của bảo vệ được thực hiện phụ thuộc vào khoảng cách  $l_k$ . Nó tăng dần cùng với  $l_k$ , có nghĩa là các bảo vệ đặt gần điểm ngắn mạch sẽ tác động trước, các bảo vệ đặt càng xa càng tác động sau, điều đó cho phép duy trì được sự chọn lọc của bảo vệ đối với mạng điện có cấu trúc bất kỳ. Sơ đồ nguyên lý được giới thiệu trên hình 8.1. Cơ cấu chủ yếu của bảo vệ khoảng cách là role khoảng cách hay còn gọi là role điện trở, nó phản ứng theo tỷ lệ của áp và dòng chạy qua các cuộn dây. Xét sơ đồ hình 8.1, giả sử ngắn mạch xảy ra tại điểm  $N_1$  điện áp dư của mạng  $U$  tại điểm ngắn mạch bằng 0 và tăng dần về phía nguồn, bảo vệ ở một khoảng cách  $l_k$  so với điểm ngắn mạch giá trị điện áp pha là



Hình 8.1. Sơ đồ giải thích nguyên lý bảo vệ khoảng cách

$$U = I_k^{(3)} z_0 l_k \quad (8.1)$$

$I_k^{(3)}$  – dòng điện ngắn mạch 3 pha ;

$z_0$  – suất điện trở của một đơn vị chiều dài đường dây ;

$l_k$  – khoảng cách từ nguồn đến điểm ngắn mạch.

Điện áp đưa đến role

$$U_R = \frac{U}{n_U} = \frac{I_k^{(3)} z_0 l_k}{n_U} \quad (8.2)$$

$n_U$  – hệ số biến áp.

Dòng điện đưa tới role

$$I_R = \frac{I_k^{(3)}}{n_i} \quad (8.3)$$

$n_i$  – hệ số biến dòng.

Như vậy điện trở giả tưởng (hay điện trở ảo) trên cực role là

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{I_k^{(3)} z_0 l_k \cdot n_i}{n_U I_k^{(3)}} = \frac{z_0 l_k \cdot n_i}{n_U} \quad (8.4)$$

Từ biểu thức trên ta thấy  $Z_R$  không phụ thuộc vào giá trị dòng và áp mà chỉ được xác định bởi khoảng cách đến điểm ngắn mạch. Trên sơ đồ 8.1. khi ngắn mạch xảy ra tại điểm  $N_1$  thì trước hết bảo vệ 1 sẽ tác động, nếu bảo vệ 1 từ chối tác động vì lý do nào đó thì bảo vệ 2 sẽ tác động.

Bảo vệ khoảng cách bao gồm các cơ cấu chính sau :

- Cơ cấu tác động làm nhiệm vụ khởi động bảo vệ khi xảy ra sự cố ngắn mạch ;
- Cơ cấu định khoảng cách có nhiệm vụ đo khoảng cách từ nơi đặt thiết bị bảo vệ đến điểm xảy ra ngắn mạch ;
- Cơ cấu định thời, duy trì một khoảng thời gian trễ cho bảo vệ ;
- Cơ cấu định hướng được sử dụng trong trường hợp bảo vệ cho mạng điện kín.

Thông thường bảo vệ khoảng cách được xây dựng với nhiều cấp nhằm mục đích tăng độ tin cậy và độ chọn lọc của bảo vệ. Sơ đồ nối role bảo vệ khoảng cách 3 cấp duy trì thời gian được thể hiện trên hình 8.2 :

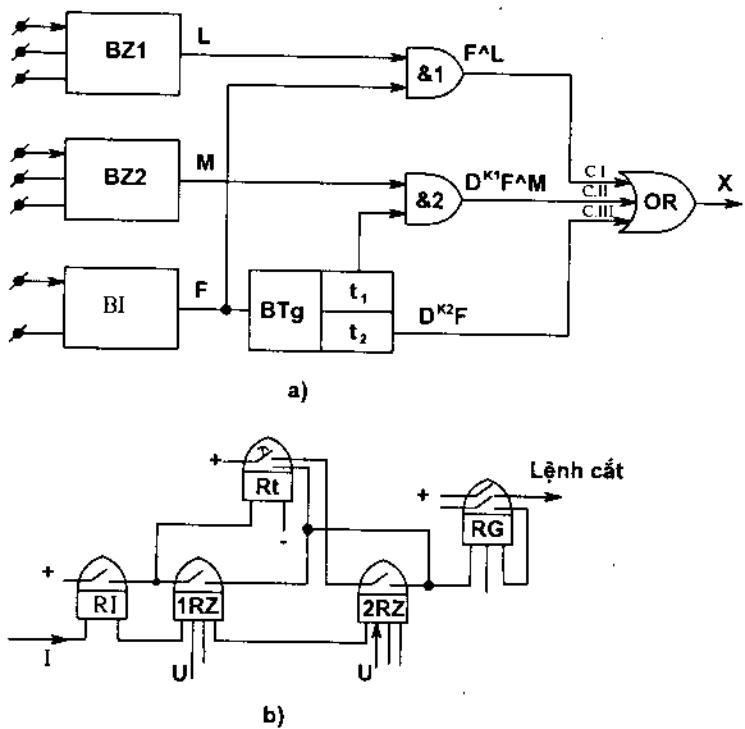
– Cấp I : bảo vệ phải tác động khi ngắn mạch gần không có duy trì thời gian. Tín hiệu ra sẽ xuất hiện khi có tác động của cơ cấu đo dòng và bộ so sánh điện trở (RZ). Tức là phải thực hiện phép "VÀ". Nếu gọi F là tín hiệu lấy ra từ bộ lọc dòng BDI và từ role điện trở RZ1 là L thì tín hiệu bảo vệ cấp I sau phần tử và là :  $P = F \wedge L$ .

– Cấp II thực hiện tương tự như phần tử "VÀ-2" nhưng có duy trì thời gian  $t_1$ , phương trình có dạng :  $Q = D^{K1} F \wedge M$

– Cấp III có duy trì thời gian  $t_2$  lớn dự phòng cho các vùng còn lại :  $G = D^{K2} F$

Sự khởi động của bảo vệ cấp nào cũng phải đảm bảo tín hiệu X ra lệnh cắt được thực hiện nhờ phép "HOẶC". Phương trình logic của bảo vệ khoảng cách 3 cấp có dạng :

$$X = (F \wedge L) \vee (D^{K1} F \wedge M) \vee D^{K2} F$$



Hình 8.2. sơ đồ nối role bảo vệ khoảng cách 3 cấp  
a) Sơ đồ khống chế ; b) Sơ đồ bố trí role.

## 8.2. ĐẶC TÍNH THỜI GIAN VÀ VÙNG TÁC ĐỘNG CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

### 8.2.1. Đặc tính thời gian

Đặc tính thời gian của bảo vệ khoảng cách là sự phụ thuộc của thời gian tác động và khoảng cách đến điểm ngắn mạch. Có 3 dạng đặc tính thời gian của bảo vệ khoảng cách là dạng cấp, dạng phụ thuộc tròn và dạng hỗn hợp (vừa cấp vừa phụ thuộc tròn). Các sơ đồ bảo vệ khoảng cách hiện đại thường được áp dụng với 3 cấp nhảy bắc thời gian tăng dần (hình 8.3.)

Trên hình 8.3, ở vùng 1 bảo vệ tác động gần như tức thời với thời gian  $t_1$  rất bé (chỉ gồm thời gian làm việc của bản thân role và của máy cắt). Tại vùng 2 thời gian tác động của bảo vệ là

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (8.5)$$

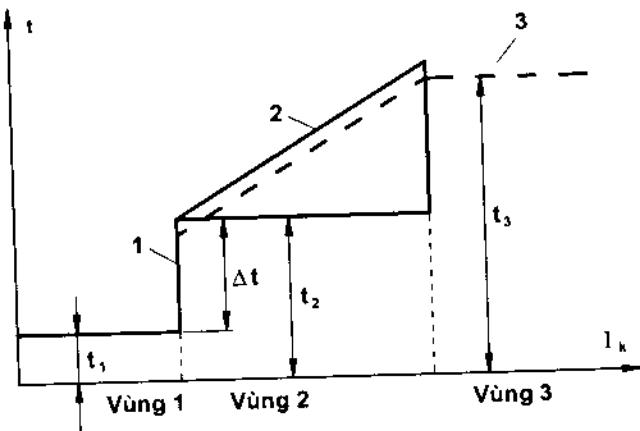
Khoảng thời gian trễ  $\Delta t$  được chọn lớn hơn thời gian của bảo vệ chính của các phần tử khác được nối trên cùng thanh cái trạm biến áp. Sở dĩ như vậy là vì bảo vệ khoảng cách không được phản ứng với sự cố ở các phần tử khác, thông thường giá trị  $\Delta t$  được chọn bằng  $0,4 \div 0,5$  s. Vùng bảo vệ 3 là vùng dự phòng có thời gian trễ hơn so với bảo vệ 2, tức là  $t_3 = t_2 + \Delta t$ .

### 8.2.2. Bảo vệ khoảng cách 3 cấp

Bảo vệ khoảng cách 3 cấp là dạng bảo vệ thường được dùng đối với đường dây. Các vùng bảo vệ cấp 1 và cấp 2 được thiết lập theo sự hiệu chỉnh của role điện trở với điều kiện là điện trở giả tưởng trên cực của role nhỏ hơn điện trở chính định (hay ngưỡng đặt) của role nhỏ hơn điện trở của đường dây cần bảo vệ  $Z_R < Z_{dd}$ . Nguyên tắc xác định vùng bảo vệ được thể hiện trên hình 8.4. Trong vùng 1 role tác động tức thời không có thời gian trễ, dĩ nhiên ta muốn bảo vệ bao trùm được toàn bộ đoạn dây. Nhưng khi đó nếu ngắn mạch xảy ra ngay tại điểm bắt đầu của đoạn dây tiếp theo (giả dụ đầu BC thì role cũng sẽ tác động tức thời như khi ngắn mạch xảy ra trong đoạn dây AB. Như vậy để đảm bảo điều kiện làm việc chọn lọc của bảo vệ điện trở khởi động của bảo vệ vùng 1 phải nhỏ hơn điện trở của đoạn dây được bảo vệ  $Z_A^1 < Z_{AB}$

$$Z_A^1 \equiv k_1 Z_{AB} \quad (8.6)$$

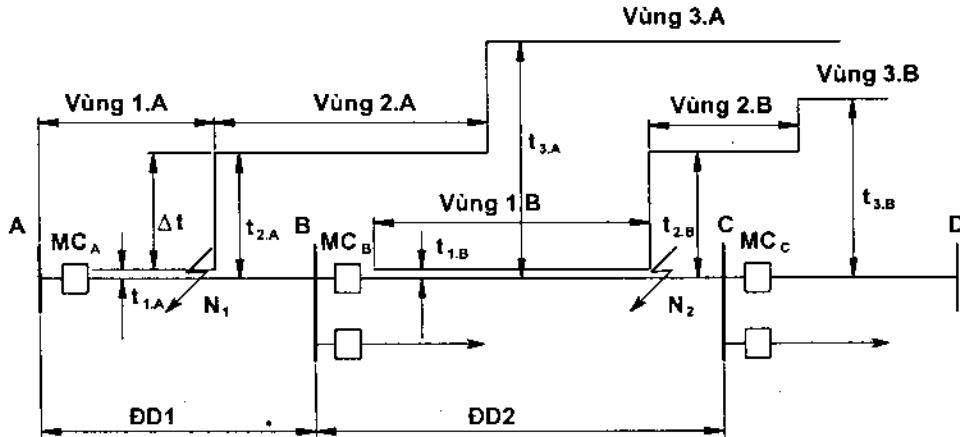
cụ thể là



**Hình 8.3. Đặc tính thời gian của BVKC**

$k_1$  – hệ số dự trữ, tính đến sự tác động thiếu chính xác của role và ảnh hưởng của điện trở quá độ tại nơi ngắn mạch, thường có giá trị trong khoảng  $0,8 \div 0,85$  ;

$Z_{AB}$  – điện trở của đoạn dây AB.



Hình 8.4. Vùng tác động của bảo vệ khoảng cách

Trên hình 8.4. ta thấy vùng 1 của bảo vệ đường dây AB và đường dây BC chỉ phủ được một phần chiều dài của các đường dây này. Bảo vệ cấp 2 của đường dây AB và đường dây BC có cùng thời gian trễ ( $t_{2,A} = t_{2,B}$ ) vì vậy để đảm bảo sự chọn lọc cần phải có sự kết hợp bảo vệ theo điều kiện khởi động là

$$Z_A^{II} = k_2 (Z_{AB} + k_1 Z_{BC}) \quad (8.7)$$

$Z_A^{II}$  – điện trở khởi động của bảo vệ cấp 2 đường dây AB ;

$Z_{BC}$  – điện trở của đường dây BC liền sau đường dây AB

$k_2$  – hệ số dự trữ lấy trong khoảng  $0,7 \div 0,8$ .

Trong trường hợp liền sau đoạn AB có nhiều nhánh dây khác nhau thì  $Z_{BC}$  lấy bằng giá trị nhỏ nhất trong số các giá trị điện trở của các nhánh. Dưới một góc độ khác giá trị điện trở khởi động của vùng 2 có thể được xác định theo biểu thức sau

$$Z_A^{II} = \frac{Z_{\min}}{1 + \beta + \delta}$$

Trong đó :

$Z_{\min}$  – tổng trở nhỏ nhất từ điểm đặt bảo vệ A đến các điểm cuối của mạng điện ;

$\beta$  – hệ số tính đến sai số của role khoảng cách, thường lấy giá trị trong khoảng  $\beta = (0,05 \div 0,1)$  ;

$\delta$  – hệ số tính đến sai số của các máy biến dòng và máy biến áp đo lường, thường lấy bằng 0,1 ;

Vùng bảo vệ cấp 2 bao trùm phần còn lại của đường dây DD1 ( $15 \div 20\%$ ) và  $30 \div 40\%$  chiều dài của đoạn dây tiếp theo.

Tính tương tự điện trở khởi động của vùng 3 là

$$Z_A^{III} = k_2 [(Z_{AB} + k_2 (Z_{BC} + k_1 Z_{CD}))] \quad (8.8)$$

Điện trở khởi động của role vùng 3 cũng có thể được xác định theo biểu thức

$$Z_A^{III} = k_{tc} Z_{AB} + \frac{k_{tc}(1-\alpha)}{k_p} Z_B^{II}$$

$\alpha$  – hệ số tính đến khoảng an toàn của vùng biên, thường lấy bằng 0,1 ;

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy, thường lấy bằng 1,2 ;

$k_p$  – hệ số phân dòng, tính đến sự ảnh hưởng của phụ tải các nhánh dây ;

$Z_B^{II}$  – điện trở khởi động vùng 2 của bảo vệ B

Giá trị điện trở khởi động của role vùng 1 của bảo vệ A

$$Z_{R.A}^I = Z_A^I \frac{n_i}{n_U} = k_I Z_{AB} \frac{n_i}{n_u} \quad (8.9)$$

$Z_{AB}$  – điện trở của đường dây AB cần bảo vệ ;

Căn cứ vào giá trị dòng khởi động của role  $Z_{R.A}^I$  ta chọn nấc chỉnh định gần nhất về phía dưới  $Z_{d.A}^I$  và xác định điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách

$$Z_{kd.A}^I = Z_{d.A}^I \frac{n_u}{n_i} \quad (8.10)$$

Hệ số nhạy của role điện trở vùng 1 được xác định theo biểu thức

$$k_{nh} = \frac{Z_{AB}}{Z_{kd.A}^I} \quad (8.11)$$

$Z_{kd.A}^I$  – điện trở khởi động của bảo vệ khoảng cách ;

Độ nhạy yêu cầu không nhỏ hơn 1,2 ÷ 1,3. Đối với cơ cấu khởi động dòng thì độ nhạy cũng được xác định tương tự như bảo vệ dòng cực đại. Đối với các vùng khác quá trình tính toán cũng được thực hiện tương tự.

Với việc thực hiện nhiều vùng bảo vệ, cho phép nâng cao độ tin cậy nhờ sự kết hợp hỗ trợ của các vùng bảo vệ. Chẳng hạn khi có sự cố ngắn mạch xảy ra trong vùng 1 của đoạn dây AB (điểm  $N_1$  hình 8.4) bảo vệ vùng 1 sẽ tác động cắt máy cắt  $MC_A$  với thời gian  $t_{1A} \approx 0$ , nếu vì một lý do nào đó bảo vệ vùng 1 từ chối tác động thì bảo vệ vùng 2 sẽ tác động với thời gian trễ  $t_{2A}$  và nếu như vùng 2 lại cũng từ chối tác động thì bảo vệ vùng 3 sẽ tác động với thời gian trễ  $t_{3A}$ . Nếu ngắn mạch xảy ra tại điểm  $N_2$  thuộc vùng 2 của đường dây ĐD2 thì bảo vệ vùng 2 sẽ tác động cắt máy cắt  $MC_B$  với thời gian  $t_{2B}$ , nếu vì lý do nào đó mà bảo vệ vùng 2B không tác động thì bảo vệ vùng 3A sẽ tác động cắt máy cắt  $MC_A$  với thời gian trễ là  $t_{3A}$ .

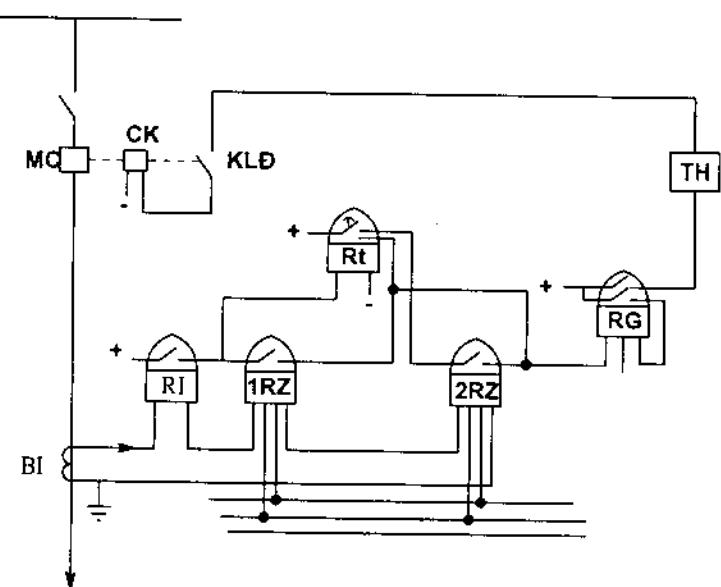
### 8.3. SƠ ĐỒ THỰC HIỆN BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

Sơ đồ thực hiện bảo vệ khoảng cách đơn giản nhất được thể hiện trên hình 8.5. Khi xảy ra ngắn mạch ở bất kỳ vùng nào, role dòng RI sẽ tác động đóng mạch, cấp điện cho

role thời gian  $Rt$  đồng thời đưa nguồn dương đến tiếp điểm của role điện trở  $1RZ$ . Nếu ngắn mạch xảy ra ở vùng 1, điện trở ảo của các role điện trở nhỏ hơn điện trở khởi động của chúng nên cả 2 cùng tác động, tuy nhiên lúc này chỉ có role  $1RZ$  là đưa được tín hiệu đến role trung gian  $RG$  để cắt tức thời sự cố.

Nếu sự cố ngắn mạch xảy ra trong vùng 2 thì chỉ có bộ phân điện trở của role  $2RZ$  tác động, sau một khoảng thời gian trễ  $t_{II}$  role thời gian  $Rt$  khép tiếp điểm đưa tín hiệu đến role trung gian  $RG$  để cắt máy cắt. Khi tiếp điểm xung của role thời gian  $Rt$  đóng, role trung gian  $RG$  khi tác động tự đóng tiếp điểm duy trì của mình để thực hiện phép nhớ làm tăng thêm độ tin cậy cho mạch bảo vệ.

Nếu sự cố ngắn mạch xảy ra trong vùng 3 cả 2 cơ cấu điện trở của các role  $1RZ$  và  $2RZ$  đều không tác động vì lúc này điện trở của đường dây lớn hơn điện trở khởi động của chúng, việc cắt mạch sẽ được thực hiện sau một khoảng thời gian trễ  $t_3$  khi role thời gian đóng tiếp điểm thứ 2 của mình.



Hình 8.5. Sơ đồ thực hiện bảo vệ khoảng cách 3 cấp

## 8.4. ROLE ĐIỆN TRỞ

### 8.4.1. Đặc tính của role điện trở

Đặc tính của role điện trở là quỹ tích các điểm thoả mãn điều kiện khởi động của role  $Z_R \leq Z_{kd,R}$ . Tồn tại khá nhiều dạng đặc tính của role, chúng ta sẽ xét một số dạng chính sau :

a) **Role điện trở toàn phần không có hướng.** Trường hợp đơn giản nhất là đặc tính dạng đường tròn tâm là gốc toạ độ và bán kính là giá trị khởi động của role  $Z_{kd,R} = \text{const}$ . Role có đặc tính này làm việc với góc  $\varphi_R$  bất kỳ, tức là không có hướng tác động (hình 8.6.a)

b) **Role điện trở toàn phần có hướng** có đặc tính là đường tròn đi qua gốc toạ độ (hình 8.6.b). Điện trở tác động của loại role này là

$$Z_{kdR} = k \cdot \cos(\varphi_R - \delta) \quad (8.12)$$

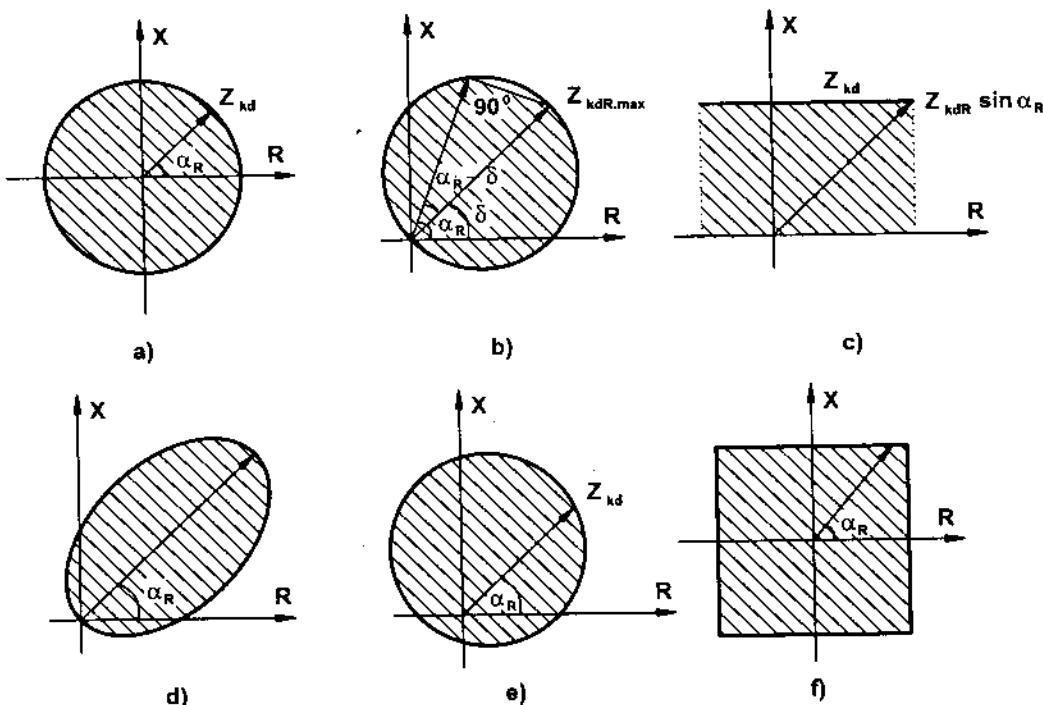
$\delta$  – góc mà role có điện trở khởi động cực đại  $Z_{kdR,\max}$ . Khi góc  $\varphi_R$  khác với góc  $\delta$ , chẳng hạn ở chế độ làm việc bình thường thì giá trị của  $Z_{kdR}$  giảm, do đó sự khởi động của role khó khăn hơn. Điều đó làm tạo điều kiện dễ dàng cho việc điều chỉnh role khỏi sự tác động nhầm khi quá tải mà có kéo theo sự sụt áp

c) *Role điện trở phản kháng* có đặc tính không phụ thuộc vào góc  $\varphi_R$  (hình 8.6.c)

Giá trị điện trở khởi động được xác định

$$X_{kdR} = Z_{kdR} \sin \varphi_R = k \quad (8.13)$$

Ngoài những đặc tính cơ bản xét trên, trên thực tế còn có một số dạng đặc tính hỗn hợp khác như đặc tính dạng elip (hình 6.6.d) ; đặc tính tròn lệch tâm (hình 6.6.e) ; đặc tính tứ giác (hình 6.6.h). Các đặc tính trên đây là những đặc tính lý tưởng, trong thực tế có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chế độ làm việc của role như đặc tính phi tuyến của khung từ và bộ chỉnh lưu, sai số của mômen quay v.v...



Hình 8.6. Các đặc tính khởi động của một số loại role điện trở cơ bản

- Role điện trở toàn phần không hướng ;
- Role điện trở toàn phần có hướng (đường tròn đi qua gốc MHO) ;
- Role điện trở phản kháng :
- Role điện trở toàn phần đặc tuyến elip ;
- Role điện trở toàn phần đặc tuyến tròn lệch tâm (offset MHO) ;
- Role điện trở toàn phần đặc tuyến tứ giác ;

#### d) *Đặc tính phụ thuộc của điện trở khởi động và dòng điện đi vào role*

Sự phụ thuộc của điện trở khởi động của role vào dòng điện được thể hiện trên hình 8.7. Khi không có mômen cơ khí và các yếu tố khác, độ nhạy của role không phụ thuộc vào dòng điện, lúc đó điện trở khởi động của role được coi là có đặc tính lý tưởng (đường 1 hình 8.7). Đường thực tế 2 đi thấp hơn so với đường lý tưởng 1. Đối với bảo vệ khoảng cách người ta quy ước là sai số của role không được vượt quá 10%.

Như vậy mỗi rôle chỉ có thể làm việc chính xác trong một khoảng xác định của dòng điện (từ  $I_{cx,min}$  đến  $I_{cx,max}$ ). Dòng  $I_{cx,min}$  là dòng khởi động cực tiểu hay dòng điện nhỏ nhất mà rôle có thể khởi động khi  $U_R \approx 0$  (dòng điện cần thiết để tạo ra mômen thắng mômen cản  $M_c$ ). Có nghĩa là ngoài giá trị điện trở đặt  $Z_d$  rôle còn có các đại lượng đặc trưng khác là giá trị dòng điện tối thiểu và dòng điện cực đại giới hạn phạm vi làm việc

chính xác của rôle. Khi chọn rôle nhất thiết phải kiểm tra điều kiện làm việc chính xác của bảo vệ. Khi  $I < I_{cx,min}$  sai số  $\Delta Z$  lớn do sức cản cơ học, còn khi  $I > I_{cx,max}$  thì sai số chủ yếu là do sự bảo hoà từ.

#### 8.4.2. Sơ đồ nối rôle điện trở

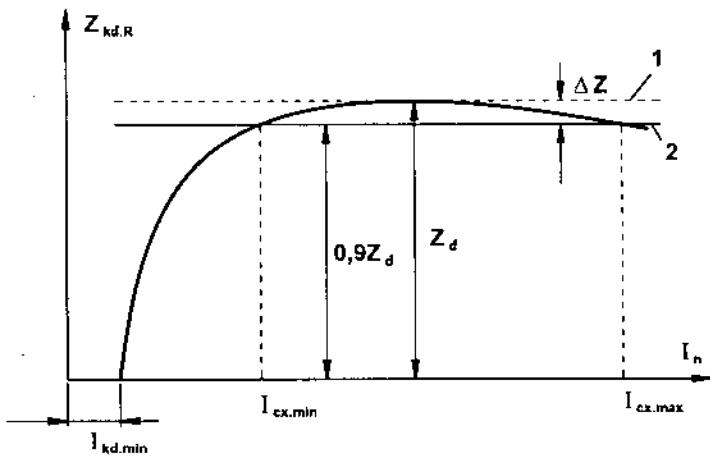
Như đã biết, bộ phận định khoảng cách của rôle đo tỷ số của áp và dòng  $U_R/I_R$ , do đó với các dạng ngắn mạch khác nhau tỷ số này sẽ khác nhau. Sơ đồ nối của rôle được chọn sao cho điện trở phải tỷ lệ với khoảng cách  $I_k$  từ nơi đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch. Để thỏa mãn điều đó cần phải đưa điện áp của mạch vòng ngắn mạch vào rôle. Trong trường hợp chống ngắn mạch giữa các pha cần phải đưa điện áp dây, còn trong trường hợp chống ngắn mạch một pha – điện áp pha. Một yêu cầu khác đối với bảo vệ khoảng cách là thời gian tác động của vùng bảo vệ không được phụ thuộc vào dạng ngắn mạch. Chúng ta xét một số dạng sơ đồ cụ thể sau :

##### a) Sơ đồ nối rôle điện trở để chống ngắn mạch giữa các pha

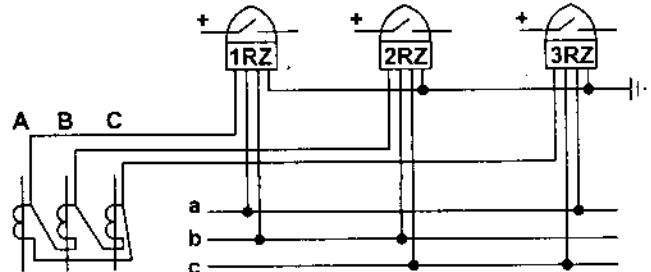
Đối với bảo vệ khoảng cách chống ngắn mạch giữa các pha thông dụng nhất là sơ đồ mắc các rôle điện trở toàn phần với điện áp dây và hiệu các dòng điện của 2 pha (hình 8.8.) tương ứng với bảng 8.1. sau

Bảng 8.1.

RZ	$I_R$	$U_R$
1	$I_a - I_b$	$U_{ab}$
2	$I_b - I_c$	$U_{bc}$
3	$I_c - I_a$	$U_{ca}$



Hình 8.7. Đặc tính phụ thuộc của điện trở khởi động và dòng điện vào rôle  $Z_{kdR} = f(I_R)$



Hình 8.8. Sơ đồ mắc rôle điện trở

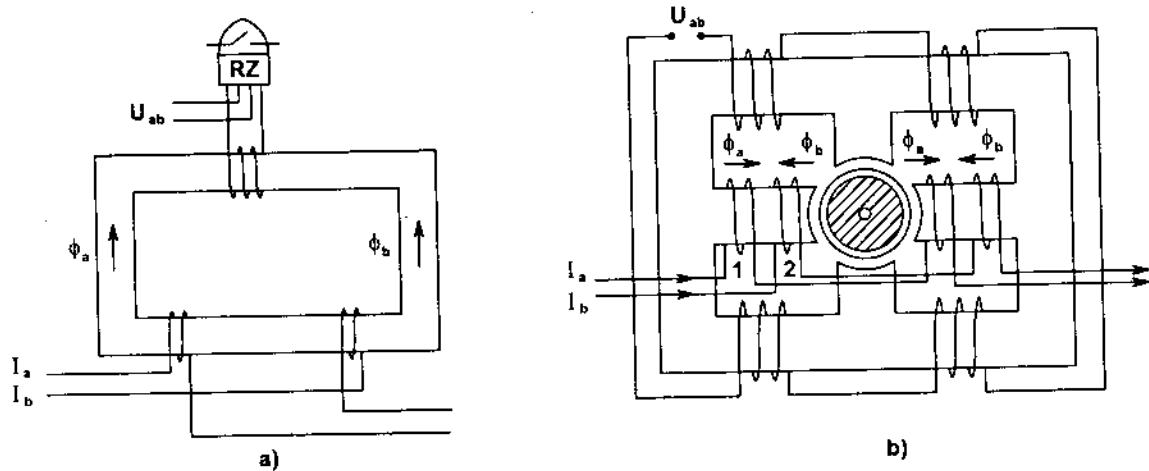
Bảng 8.2.

THAM SỐ CỦA RƠLE ĐIỆN TRỞ  
TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP NGĂN MẠCH KHÁC NHAU

loại ngắt mạch	$U_R$	$I_R$	$Z_R$	nhận xét
3 pha	$\frac{\sqrt{3} \cdot I_k^{(3)} \cdot Z_0 l_k}{n_u}$	$\frac{\sqrt{3} \cdot I_k^{(3)}}{n_i}$	$\frac{n_i Z_0 l_k}{n_u}$	Phép đo điện trở không phụ thuộc vào loại ngắt mạch
2 pha	$\frac{2 I_k^{(2)} \cdot Z_0 l_k}{n_u}$	$\frac{2 \cdot I_k^{(2)}}{n_i}$	$\frac{n_i Z_0 l_k}{n_u}$	

Phân tích chế độ làm việc của các rơle với các dạng ngắt mạch khác nhau có thể tóm tắt trong bảng 8.2. Từ kết quả trong bảng 8.2. cho ta thấy tổng trở đặt vào các rơle với các dạng ngắt mạch khác nhau là như nhau. Điều đó có nghĩa là các rơle làm việc không phụ thuộc vào dạng ngắt mạch. Nhược điểm của sơ đồ này là phải cần nhiều rơle, nên khá tốn kém.

Trong thực tế người ta cũng thường áp dụng sơ đồ nối rơle điện trở qua máy biến dòng trung gian. Sơ đồ làm việc theo nguyên lý hiệu từ thông của mạch từ trong máy biến dòng trung gian hình 8.9.a. Hoặc cũng có thể áp dụng sơ đồ làm việc theo nguyên lý hiệu từ thông trong chính rơle (hình 8.9.b)



Hình 8.9. a) Sơ đồ mắc rơle điện trở qua máy biến dòng trung gian có 2 cuộn dây sơ cấp ;  
b) Sơ đồ mắc rơle điện trở phản kháng với 2 cuộn dây

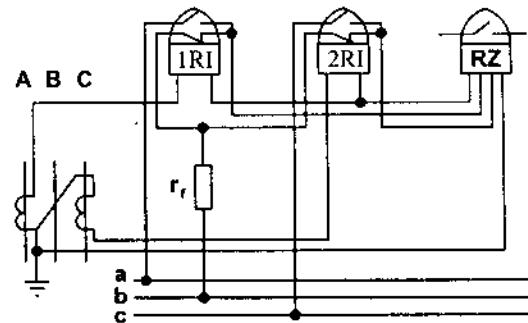
b) Sơ đồ dùng 1 rơle điện trở với chuyển mạch điện áp

Để khắc phục nhược điểm của các sơ đồ trên người ta thường áp dụng sơ đồ bảo vệ với chỉ một rơle điện trở duy nhất (hình 8.10). Trong sơ đồ này có bố trí bộ chuyển mạch điện áp, khi có các dạng ngắt mạch khác nhau do hệ thống tiếp điểm của rơle 1RI và 2RI thực hiện. Để có giá trị điện trở  $Z_R = U_R/I_R$  như nhau đối với các dạng ngắt mạch khác nhau, người ta thêm một điện trở phụ  $r_f$  mắc nối tiếp với cuộn dây áp của rơle điện trở RZ và giảm giá trị điện của nó xuống 2 lần khi có ngắt mạch giữa các pha A-B hoặc B-C.

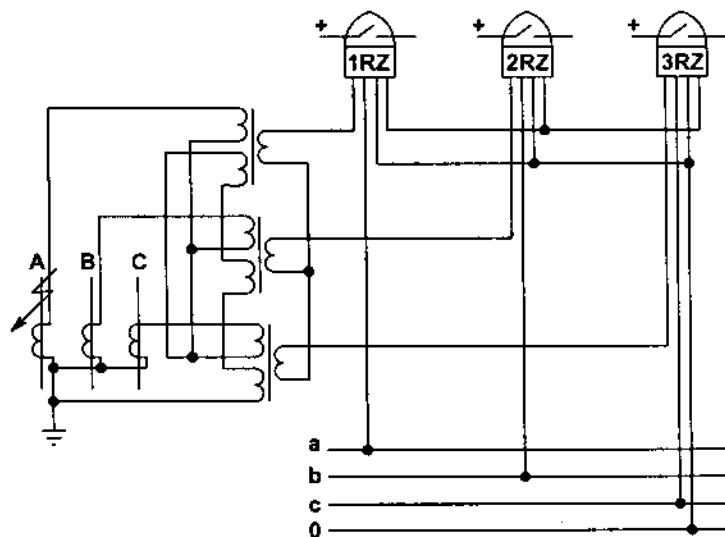
Do lúc đó dòng điện trong cuộn dòng của rôle RZ được mắc theo sơ đồ hiệu 2 dòng pha giảm đi 2 lần so với dòng điện trong trường hợp ngắn mạch giữa các pha A–C nên tỷ số  $U_R/I_R$  sẽ vẫn không thay đổi.

c) *Sơ đồ nối rôle RZ chống ngắn mạch một pha*

Để chống ngắn mạch một pha, rôle điện trở RZ được mắc vào điện áp pha và dòng pha có bù thành phần dòng thứ tự không (hình 8.11).



Hình 8.10. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ khoảng cách 3 cấp dùng một điện trở phụ



Bảng 8.3.

RZ	$I_R$	$U_R$
1	$I_a + kI_0$	$U_a$
2	$I_b + kI_0$	$U_b$
3	$I_c + kI_0$	$U_c$

Hình 8.11. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ khoảng cách phản ứng với ngắn mạch một pha

Trên bảng 8.3 biểu thị dòng và áp vào rôle. Giả sử pha trên A có sự cố ngắn mạch cách chốt đặt thiết bị bảo vệ một khoảng l, điện trở vào rôle sẽ là

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_a}{I_a + k I_0} \quad (8.14)$$

với  $k = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$  (8.15)

$$U_a = (I_1 Z_1 + I_2 Z_2 + I_0 Z_0) \cdot l \quad (8.16)$$

$Z_1, Z_2, Z_0$  – điện trở thứ tự thuận thứ tự nghịch và thứ tự không;

$l$  – chiều dài đường dây.

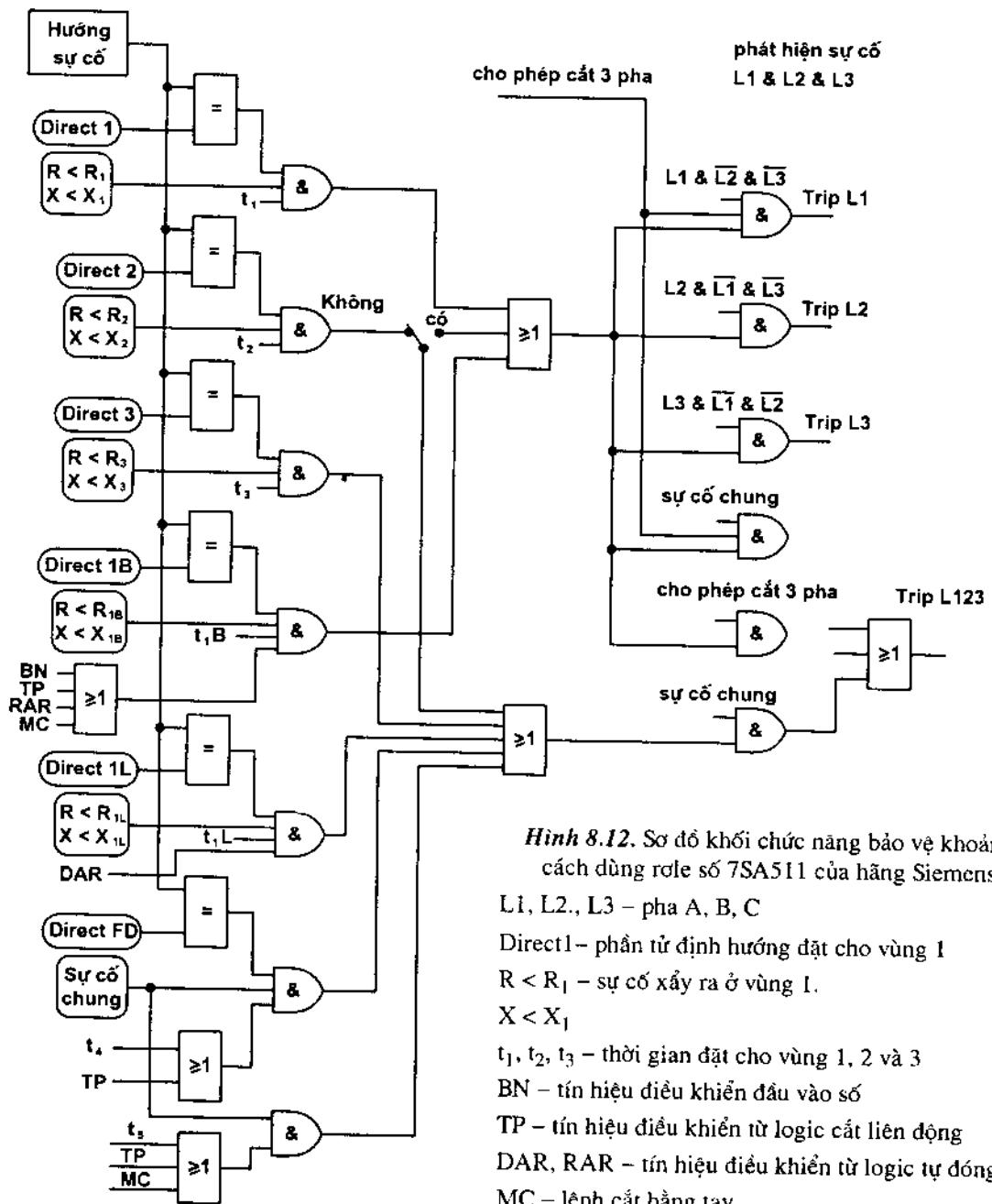
#### d) Sơ đồ bảo vệ dùng role kỹ thuật số

Hai đại diện của role khoảng cách kỹ thuật số là loại 7SA511 và 7SA513 của hãng Siemens (Đức). Role 7SA511 dùng bộ vi xử lý 80186, còn loại role 7SA513 thì ngoài bộ vi xử lý 80186 còn có thêm bộ vi xử lý 80386 có tốc độ cao hơn. Một đại diện cũng khá phổ biến của role khoảng cách số làm việc theo nguyên lý khác là loại SEL-311B của hãng SEL (Mỹ).

Các role kỹ thuật số thường có các đặc tính bảo vệ khoảng cách pha và khoảng cách đất với các dạng khác nhau như đường tròn, elip hoặc tứ giác. Role số với đặc tính dạng tứ giác có nhiều phần tử so sánh hơn so với đặc tính tròn. Do vậy cách tính toán và cài đặt của loại role này có sự khác biệt là vùng khoảng cách được xác định riêng theo điện trở tác dụng R và điện trở phản kháng X, chứ không theo tổng trở như các loại role khác.

Role kỹ thuật số có khả năng phân biệt sự mất điện do sự cố hoặc do bị cắt nguồn, vì lẽ đó mà khi phát hiện điện trở nhỏ hơn ngưỡng đặt trước, nó sẽ không tác động ngay mà còn kiểm tra sự hiện diện của dòng điện trong đường dây. Role khoảng cách kỹ thuật số có thể định vị sự cố bằng cách chia tổng trở do được cho suất điện trở của một đơn vị chiều dài đường dây được bảo vệ, mà đã được cài sẵn từ trước.

Đối với role khoảng cách kỹ thuật số, khi cài đặt các giá trị chỉnh định người ta chỉ việc chọn các trị số có sẵn trong bộ nhớ của role ở các địa chỉ tương ứng. Địa chỉ của role số được bố trí theo từng cụm, mỗi cụm ứng với một nhóm các thông số. Trong trường hợp cần thiết cũng có thể nhập các giá trị thông qua bàn phím. Người sử dụng có thể dễ dàng cài đặt các chương trình tùy chọn, chứ không nhất thiết phải tuân theo các chương trình cài đặt sẵn của nhà sản xuất. Điều đó cho phép sử dụng role số một cách linh hoạt và hiệu quả hơn. Role số sau khi đã được cài đặt sẽ ở trạng thái chờ cho đến khi xuất hiện sự cố. Ở chế độ chờ, role liên tục đo các thông số của mạng điện với tần suất xác định, nhưng ở chế độ sự cố, tốc độ thu thập dữ liệu sẽ tăng hơn. Sở dĩ có được sự chuyển đổi linh hoạt như vậy là vì ở role số có một bộ phận phát hiện sự cố, cho phép tối ưu hóa chế độ làm việc của role ở chế độ bình thường. Các loại role khoảng cách kỹ thuật số hiện đại được thiết kế không chỉ cho bảo vệ khoảng cách mà còn có thể đảm nhiệm nhiều chức năng của các bảo vệ khác nữa như bảo vệ quá dòng, bảo vệ có hướng v.v... Role khoảng cách kỹ thuật số cũng có thể trao đổi thông tin với các thiết bị khác hoặc với các trung tâm điều khiển của hệ thống điện. Sơ đồ khái niệm role khoảng cách kỹ thuật số loại 7SA511 được thể hiện trên hình 8.12.



**Hình 8.12.** Sơ đồ khối chức năng bảo vệ khoảng cách dùng role số 7SA511 của hãng Siemens

L1, L2., L3 – pha A, B, C

Direct1 – phân tử định hướng đặt cho vùng 1

$R < R_1$  – sự cố xảy ra ở vùng 1.

$X < X_1$

$t_1, t_2, t_3$  – thời gian đặt cho vùng 1, 2 và 3

BN – tín hiệu điều khiển đầu vào số

TP – tín hiệu điều khiển từ logic cắt liên động

DAR, RAR – tín hiệu điều khiển từ logic tự đóng lại

MC – lệnh cắt bằng tay

Trip.L1, Trip L2, trip L3 lệnh cắt pha A, B, C

Trip L123 lệnh cắt đồng thời 3 pha.

## 8.5. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ NHẠY CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

### 8.5.1. Ảnh hưởng của điện trở quá độ

Điện trở quá độ làm tăng tổng trở trên đầu cực của các role làm cho điểm ngắn mạch đường như lùi xa hơn và bảo vệ sẽ tác động với thời gian trễ lớn hơn nhưng vẫn không

mất tính chọn lọc. Giá trị tổng trở đo được đến chỗ ngắn mạch  $Z'_d$  có tính đến điện trở quá độ là

$$Z'_d = Z_d + 0,5R_{qd} \quad (8.17)$$

$Z_d$  – điện trở thực tế của đường dây

$R_{qd}$  – giá trị điện trở quá độ (điện trở hồ quang)

Sở dĩ có hệ số 0,5 là do điện trở quá độ tại chỗ ngắn mạch được chia đều cho cả 2 pha. Giá trị điện trở quá độ thường mang tính điện tác dụng và rất khó xác định, trong thực tế người ta áp dụng một số biểu thức thực nghiệm như biểu thức Warrington :

$$R_{qd} = \frac{28700(a + v.t_k)}{I_k^{1,4}} \quad (8.18)$$

Trong đó

$a$  – khoảng cách trung bình giữa các pha, m ;

$v$  – tốc độ gió cực đại tác động đến đối tượng bảo vệ, m/s ;

$t_k$  – thời gian cắt dòng ngắn mạch, s ;

$I_k$  – dòng điện ngắn mạch, A.

### 8.5.2. Ảnh hưởng của dòng điện bổ xung từ trạm biến áp

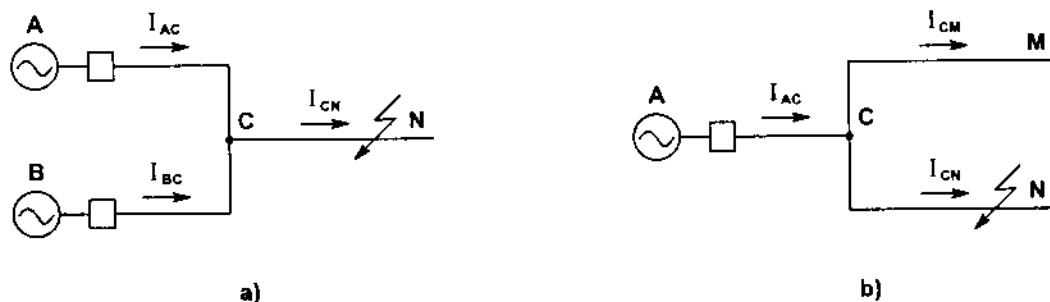
+ Trong trường hợp ở giữa chỗ đặt bảo vệ và điểm ngắn mạch có thêm nguồn phụ (hình 8.13.a). Điện áp trên cực role lúc này là

$$U_R = I_{AC} \cdot Z_{AC} + I_{CN} \cdot Z_{CN}$$

mà  $I_{CN} = I_{AC} + I_{BC}$

nên  $U_R = I_{AC} \cdot Z_{AC} + (I_{AC} + I_{BC}) \cdot Z_{CN}$

Dòng đi vào role trong trường hợp này là  $I_R = I_{AC}$



Hình 8.13. Sơ đồ giải thích ảnh hưởng của dòng điện bổ xung đối với bảo vệ khoảng cách

Vậy điện trở trên đầu cực role

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = Z_{AC} + \left(1 + \frac{I_{BC}}{I_{AC}}\right) Z_{CN} = Z_{AC} + k_p Z_{CN} \quad (8.19)$$

Trong đó hệ số phân dòng.  $k_p = 1 + \frac{I_{BC}}{I_{AC}} > 1$  (8.20)

Như vậy khi có nguồn điện bổ xung thì điểm ngắn mạch đường như xa hơn và điện trở trên đầu cực của role sẽ lớn hơn.

+ Trường hợp có sự phân dòng như sơ đồ hình 8.13.b thì dòng điện

$$I_{AC} = I_{CN} + I_{CM} \text{ suy ra } I_{CN} = I_{AC} - I_{CM}$$

Điện áp trên cực role

$$U_R = I_{AC} \cdot Z_{AC} + I_{CN} Z_{CN} = I_{AC} \cdot Z_{AC} + (I_{AC} - I_{CM}) Z_{CN}$$

Dòng đi vào role trong trường hợp này là  $I_R = I_{AC}$

Vậy điện trở trên đầu cực role

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = Z_{AC} + \left(1 - \frac{I_{CM}}{I_{AC}}\right) Z_{CN} = Z_{AC} + k_p Z_{CN} \quad (8.12)$$

Trong đó hệ số phân dòng.  $k_p = 1 - \frac{I_{CM}}{I_{AC}} < 1$  (8.22)

Như vậy điểm ngắn mạch đường như rút gần lại phía đặt thiết bị bảo vệ khoảng cách.

## 8.6. ĐÁNH GIÁ VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

### 8.6.1. Ưu điểm

- Có tính chọn lọc cao trong mạng điện bất kỳ ;
- Thời gian cắt nhỏ do đó đảm bảo độ ổn định tốt cho hệ thống điện ;
- Vùng bảo vệ I chiếm tới  $80 \div 85\%$  độ dài của phần tử được bảo vệ.

### 8.6.2. Nhược điểm

- Sơ đồ bảo vệ phức tạp và bản thân role điện trở cũng phức tạp ;
- Không thể phủ kín được toàn bộ đối tượng bảo vệ ;
- Chịu ảnh hưởng của dao động điện và phụ tải ;
- Có thể tác động nhầm khi bị hỏng mạch áp.

### 8.6.3. Phạm vi áp dụng

Hiện nay bảo vệ khoảng cách là một trong những bảo vệ được coi là hoàn chỉnh nhất, nó được dùng làm bảo vệ chính và bảo vệ phụ cho mạng điện đến 35 kV. Trong mạng điện từ 110 kV trở lên bảo vệ khoảng cách được dùng làm bảo vệ chính cho các đường dây ngắn và là bảo vệ phụ cho các đường dây dài.

## 8.7. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 8.1.** Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 110 kV cho trên sơ đồ hình 8.14 biết dòng điện làm việc chạy trên đường dây là  $I_{lv} = 450A$ , suất điện trở của

đường dây là  $z_0 = 0,37 \Omega/km$ . Thời gian tác động của bảo vệ 1 là 0,03 s ; Thời gian dự trù  $\Delta t = 0,5$  s. Chiều dài đoạn dây  $l_{AB} = 45$  km và  $l_{BC} = 86$  km (bỏ qua ảnh hưởng của điện trở quá độ). Hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$  ; hệ số mở máy  $k_{mm} = 1,65$

*Giải*

1. Trước hết ta chọn các máy biến điện áp BU và máy biến dòng BI. Căn

cứ vào dữ kiện của bài toán ta chọn máy biến điện áp có điện áp định mức sơ cấp là  $U_{n1} = 110$  kV và máy biến dòng có  $I_{n1} = 600$  A  $> I_{lv}$ , như vậy hệ số biến áp và hệ số biến dòng có giá trị :

$$n_u = \frac{U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{110 \cdot 10^3}{100} = 1100 ;$$

$$n_i = \frac{I_{n1}}{I_{n2}} = \frac{600}{5} = 120$$

2. Xác định điện trở của các đoạn dây

$$Z_{AB} = z_0 l_{AB} = 0,38 \cdot 45 = 16,65 \Omega$$

$$Z_{BC} = z_0 l_{BC} = 0,38 \cdot 86 = 31,82 \Omega$$

3. Xác định dòng đặt cho phần tử khởi động của bảo vệ A (role dòng RI), chọn sơ đồ nối của các máy biến dòng theo hình sao có hệ số sơ đồ là  $k_{sd} = 1$ , hệ số trở về của role dòng điện cực đại bằng  $k_{tv} = 0,85$ .

Dòng khởi động của RI được xác định tương tự như đối với bảo vệ dòng điện cực đại

$$I_{k_{dRI}} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_{iA}} k_{sd} k_{mm} I_{lvAB} = \frac{1,2}{0,85 \cdot 120} \cdot 1 \cdot 1,65 \cdot 450 = 8,73 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role  $I_{d.RI} = 9 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{k_{dI}} = \frac{I_{d.RI} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{9 \cdot 120}{1} = 1080 \text{ A}$$

Xác định điện trở khởi động

+ Bảo vệ A

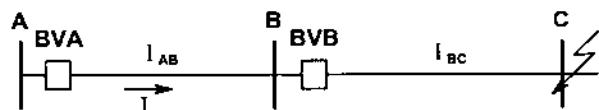
Vùng I của bảo vệ A

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ A

$$Z_A^I = k_1 \cdot Z_{AB} = 0,8 \cdot 16,65 = 13,32 \Omega$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{R.A}^I = Z_A^I \frac{n_i}{n_u} = 13,32 \cdot \frac{120}{1100} = 1,45 \Omega$$



Hình 8.14

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d.A}^I = 1,2 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách vùng 1 sẽ là

$$Z_{kd.A}^I = Z_{d.A}^I \frac{n_u}{n_i} = 1,2 \cdot \frac{1100}{120} = 11 \Omega$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

$$k_{nh} = \frac{Z_{AB}}{Z_{kd.A}^I} = \frac{16,65}{11} = 1,51 > 1,5$$

Vậy độ nhạy đảm bảo yêu cầu

Vùng 2 của bảo vệ A

Điện trở khởi động vùng 2 của bảo vệ A

$$Z_A^{II} = k_2(Z_{AB} + k_1 Z_{BC}) = 0,7(16,65 + 0,8 \cdot 31,82) = 29,47 \Omega$$

Điện trở khởi động của role vùng 2

$$Z_{R.A}^{II} = Z_A^{II} \frac{n_i}{n_u} = 29,47 \frac{120}{1100} = 3,22 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role khoảng cách vùng 2 là  $Z_{d.A}^{II} = 3 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách vùng 2 sẽ là

$$Z_{kd.A}^{II} = Z_{d.A}^{II} \frac{n_u}{n_i} = 3 \cdot \frac{1100}{120} = 27,5 \Omega$$

Bảo vệ B

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ B

$$Z_B^I = k_1 \cdot Z_{BC} = 0,8 \cdot 31,82 = 25,46 \Omega$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{R.B}^I = Z_B^I \frac{n_i}{n_u} = 25,46 \frac{120}{1100} = 2,8 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d.B}^I = 2,3 \Omega$

Điện trở thực tế của bảo vệ khoảng cách vùng 1 sẽ là

$$Z_{kd.B}^I = Z_{d.B}^I \frac{n_u}{n_i} = 2,3 \frac{1100}{120} = 21,08 \Omega$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

$$k_{nh} = \frac{Z_{BC}}{Z_{kd.B}^I} = \frac{31,82}{21,08} = 1,51 > 1,5$$

Vậy độ nhạy đảm bảo yêu cầu

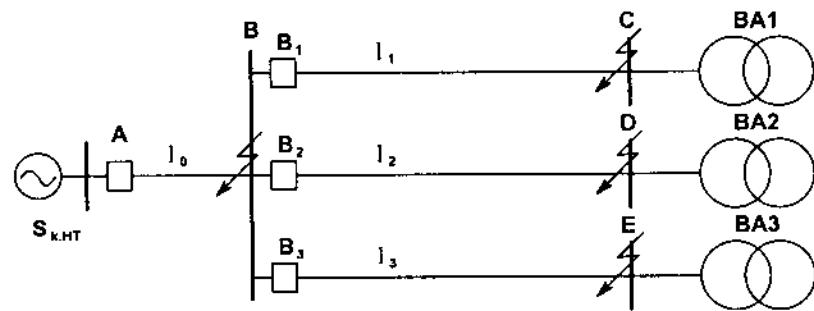
Thời gian tác động của vùng 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0,03 + 0,5 = 0,53\text{s}$$

Thời gian tác động của vùng 3 là

$$t_3 = t_2 + \Delta t = 0,53 + 0,5 = 1,03\text{s}$$

**Ví dụ 8.2.** Hãy tính toán bảo vệ cho khoảng cách đặt tại điểm A cho đường dây 220 kV (có xét đến điện trở quá độ) với sơ đồ cho trên hình 8.15. Công suất ngắn mạch trên thanh cái A là  $S_{k,HT} = 2280 \text{ MVA}$ , hệ số tin cậy lấy bằng  $k_{tc}=1,2$  ; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,6$  ; khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là  $a = 7 \text{ m}$ . Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là  $v = 28 \text{ m/s}$ , thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0,05\text{s}$ , phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0,5\text{s}$ .



Hình 8.15. Sơ đồ mạng điện ví dụ 8.2

Số liệu của các đoạn dây cho trong bảng sau

Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D	B <sub>3</sub> E
l, km	150	104	95	117
dây dẫn	ACY.400	ACY.240	ACY.185	ACY.300
r <sub>0</sub> , Ω/km	0,07	0,12	0,17	0,1
x <sub>0</sub> , Ω/km	0,415	0,43	0,43	0,424
máy biến áp		TRDN.40000/220	TRDN.25000/220	TRDN.63000/220

**Giải :** Trước hết ta xác định dòng điện làm việc chạy trên các đoạn dây :

Căn cứ vào mã hiệu của máy biến áp có thể xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{BC} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 104,97 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.2

Dòng điện chạy trên đoạn dây AB bằng tổng các dòng điện của các đoạn dây phía sau

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD} + I_{BE} = 104,97 + 65,6 + 165,33 = 335,91 \text{ A}$$

Căn cứ vào dòng điện làm việc trên các đoạn dây ta chọn các máy biến dòng có dòng định mức sơ cấp là 400 A và dòng định mức thứ cấp là  $I_{n2} = 5 \text{ A}$ , tức hệ số biến dòng  $n_1 = 400/5 = 80$

Chọn máy biến điện áp có  $U_{n1} = 220$  kV và  $U_{n2} = 100$  V, tức hệ số biến áp là  $n_u = 2200$ .  
Xác định điện trở của các đoạn dây

$$R_{AB} = I_0 \cdot r_{0,AB} = 150 \cdot 0,07 = 10,5 \Omega$$

$$X_{AB} = I_0 \cdot x_{0,AB} = 150 \cdot 0,415 = 62,25 \Omega$$

$$Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + X_{AB}^2} = \sqrt{10,5^2 + 62,25^2} = 63,13 \Omega$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.2.

Điện trở hệ thống

$$X_{HT} = \frac{U^2}{S_{k,HT}} = \frac{220^2}{2280} = 21,23 \Omega ;$$

Điện trở ngắn mạch tính đến thanh cái B

$$Z_{kB} = \sqrt{R_{AB}^2 + (X_{HT} + X_{AB})^2} = \sqrt{10,5^2 + (21,23 + 63,13)^2} = 84,14 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm B

$$I_{k,B}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{kB}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 84,14} = 1,51 \text{ kA} = 1510 \text{ A}$$

Điện trở ngắn mạch tính đến thanh cái C

$$\begin{aligned} Z_{kC} &= \sqrt{(R_{AB} + R_{BC})^2 (X_{HT} + X_{AB} + X_{BC})^2} \\ &= \sqrt{(10,5 + 11,4)^2 + (21,23 + 63,13 + 40,85)^2} \\ &= 126,24 \Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm C

$$I_{k,C}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{kC}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 126,24} = 1,006 \text{ kA} = 1006 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.2.

Xác định dòng đặt cho phần tử khởi động của bảo vệ A (role dòng RI), chọn sơ đồ nối của các máy biến dòng theo hình sao có hệ số sơ đồ là  $k_{sd} = 1$ , hệ số trở về của role dòng điện cực đại bằng  $k_{tv} = 0,85$ .

Dòng khởi động của RI được xác định tương tự như đối với bảo vệ dòng điện cực đại

$$I_{kd,RI>} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_{i,A}} k_{sd} k_{mm} I_{lv,AB} = \frac{1,2}{0,85 \cdot 80} 1,1 \cdot 6 \cdot 335,91 = 9,49 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role  $I_{d,RI>} = 9,5 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kd,I>} = \frac{I_{d,RI>} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{9,5 \cdot 80}{1} = 760 \text{ A}$$

### Độ nhạy của bảo vệ

Bảo vệ A làm nhiệm vụ bảo vệ chính cho đường dây AB, do đó độ nhạy được xác định ứng với dòng ngắn mạch 2 pha tại điểm cuối của đường dây, tức tại điểm B

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd,1>}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kd,1>}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd,1>}} = \frac{0,87 \cdot 1510}{760} = 1,73 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

Xác định các tham số của phần tử định khoảng cách

\* Vùng I của bảo vệ A

Điện trở quá độ

$$R_{qd} = \frac{28700(a + v \cdot t_k)}{I_{k,B}^{1,4}} = \frac{28700(7 + 28 \cdot 0,05)}{1510^{1,4}} = 8,55 \Omega$$

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ A có xét đến điện trở quá độ

$$Z_A^I = k_1 \cdot (Z_{AB} + 0,5R_{qd,AB}) = 0,8 \cdot (63,13 + 0,5 \cdot 8,55) = 53,92 \Omega$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{R,A}^I = Z_A^I \frac{n_i}{n_u} = 53,92 \cdot \frac{80}{2200} = 1,96$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d,A}^I = 1,9 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách vùng 1 sẽ là

$$Z_{kd,A}^I = Z_{d,A}^I \frac{n_u}{n_i} = 1,9 \cdot \frac{2200}{80} = 52,25 \Omega$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

$$k_{nhZ} = \frac{Z_{AB}}{Z_{kd,A}^I} = \frac{63,13}{52,25} = 1,21$$

\* Vùng II của bảo vệ A

Trong số các đoạn dây phía sau đoạn AB đoạn BC có giá trị điện trở nhỏ nhất vì vậy điện trở khởi động của vùng 2 của bảo vệ A sẽ là :

$$Z_A^{II} = k_2 (Z_{AB} + k_1 (Z_{BC} + 0,5R_{hq,BC})) = 0,8 \cdot (63,13 + 0,8 \cdot (42,41 + 0,5 \cdot 15,08)) = 72,16 \Omega$$

$$R_{qd,BC} = \frac{28700(a + v \cdot t_k)}{I_{k,D}^{1,4}} = \frac{28700(7 + 28 \cdot 0,05)}{1006^{1,4}} = 15,08 \Omega$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{R,A}^{II} = Z_A^{II} \frac{n_i}{n_u} = 72,16 \cdot \frac{80}{2200} = 2,62 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d,A}^H = 2,6 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách vùng 2 sẽ là

$$Z_{kd,A}^H = Z_{d,A}^H \frac{n_u}{n_i} = 2,6 \frac{2200}{80} = 71,5 \Omega$$

Thời gian tác động của bảo vệ vùng 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0,05 + 0,5 = 0,55s$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd8.2.

Nếu các bảo vệ cấp 1 và cấp 2 từ chối tác động thì bảo vệ cấp 3 được thực hiện sau thời gian trễ là  $t_3 = t_2 + \Delta t = 0,55 + 0,5 = 1,05s$

Bảng vd.8.2.

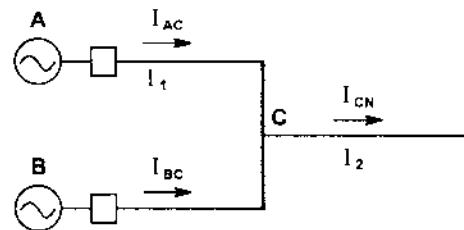
KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÍ DỤ 8.2

Đoạn dây	$I_{lv}$ , A	$Z$ , $\Omega$	$Z_k$ $\Omega$	$I_k^{(3)}$ , kA
AB	335,91	63,13	84,136	1,510
BC	104,97	42,411	126,242	1,006
BD	65,608	48,088	131,259	0,968
BE	165,33	50,969	134,925	0,941

**Ví dụ 8.3.** Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 35 kV cho trên sơ đồ hình 8.16, biết đoạn AC dài  $l_1 = 24$  km được làm bằng dây dẫn có mã hiệu AC-120 ; đoạn CD dài  $l_2 = 35$  km làm bằng dây AC-150 ; Dòng điện chạy trên đoạn AC là  $I_{AC} = 185A$  và trên đoạn BC là  $I_{BC} = 124A$

**Giải**

Trước hết căn cứ vào mã hiệu dây dẫn ta tra bảng 4PL (phụ lục) xác định các giá trị suất điện trở và điện trở của các đoạn dây



Hình 8.16. Sơ đồ mạng điện ví dụ 8.3

Đoạn dây	Dây dẫn	$l$ , km	Suất điện trở, $\Omega/km$			$Z$ , $\Omega$
			$r_0$	$x_0$	$z_0$	
AC	AC-150	35	0,21	0,391	0,444	15,53
CD	AC-120	24	0,27	0,391	0,481	11,54

Dòng điện chạy trên đoạn CD

$$I_{CD} = I_{AC} + I_{BC} = 124 + 185 = 309 A$$

Chọn máy biến điện áp có  $U_{n1} = 35 \text{ kV}$  và máy biến dòng có  $I_{n1} = 400 \text{ A}$ , từ đó các hệ số biến áp và biến dòng

$$n_u = \frac{U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{35 \cdot 10^3}{100} = 350 ;$$

$$n_i = \frac{I_{n1}}{I_{n2}} = \frac{400}{5} = 80$$

$$\text{Hệ số phân dòng } k_p = 1 + \frac{I_{BC}}{I_{AC}} = 1 + \frac{124}{185} = 1,67$$

Điện trở của đường dây AD có tính đến ảnh hưởng của hệ số phân dòng

$$Z_{AD} = Z_{AC} + k_p Z_{CD} = 11,54 + 1,68 \cdot 15,53 = 37,49 \Omega$$

Điện trở khởi động tính toán của role

$$Z_{kdR} = k_i Z_{AD} \frac{n_i}{n_u} = 0,85 \cdot 37,49 \frac{80}{350} = 7,28 \Omega$$

Điện trở đặt của role  $Z_{d,R} = 7 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách

$$Z_{kd,B} = Z_{d,R} \frac{n_u}{n_i} = 7 \cdot \frac{350}{80} = 30,63$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

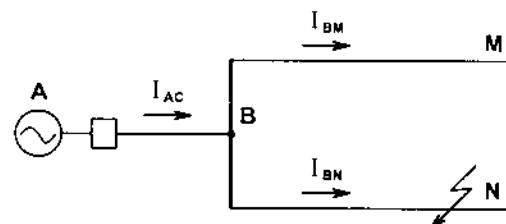
$$k_{nh} = \frac{Z_{AD}}{Z_{kd,B}} = \frac{37,49}{30,63} = 1,224 > 1,2$$

Vậy độ nhạy đảm bảo yêu cầu

**Ví dụ 8.4.** Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 22 kV có sơ đồ như hình 8.17. Đoạn dây AB dài  $l_1 = 14 \text{ km}$  với dây dẫn AC-120, đoạn dây BN dài  $l_2 = 12,5 \text{ km}$  làm bằng dây AC-70, dòng điện trên đoạn BN là  $I_{BN} = 96 \text{ A}$  và trên đoạn BM là  $I_{BM} = 78 \text{ A}$ .

*Giải*

Trước hết căn cứ vào mã hiệu dây dẫn ta tra bảng 4PL (phụ lục) xác định các giá trị suất điện trở và điện trở của các đoạn dây



Hình 8.17. Sơ đồ mạng điện ví dụ 8.4

Đoạn dây	Dây dẫn	l, km	Suất điện trở, $\Omega/\text{km}$			Z, $\Omega$
			r <sub>0</sub>	x <sub>0</sub>	z <sub>0</sub>	
AB	AC-120	14	0,27	0,377	0,464	6,49
BN	AC-70	12,5	0,46	0,395	0,606	7,58

Dòng điện chạy trên đoạn AB

$$I_{AB} = I_{BN} + I_{BM} \approx 96 + 78 = 174 \text{ A}$$

Chọn máy biến áp có  $U_{n1} = 22 \text{ kV}$  và máy biến dòng có  $I_{n1} = 300 \text{ A}$ , từ đó các hệ số biến áp và biến dòng

$$n_u = \frac{U_{n1}}{U_{n2}} = \frac{22.10^3}{100} = 220 ;$$

$$n_i = \frac{I_{n1}}{I_{n2}} = \frac{300}{5} = 60$$

Hệ số phân dòng

$$k_p = 1 - \frac{I_{BM}}{I_{AB}} = 1 - \frac{78}{174} = 0,55$$

Điện trở của đường dây AD có tính đến ảnh hưởng của hệ số phân dòng

$$Z_{AN} = Z_{AB} + k_p Z_{BN} = 6,49 + 0,55.7,58 = 10,67 \Omega$$

Điện trở khởi động tính toán của role

$$Z_{kdR} = k_1 Z_{AN} \frac{n_i}{n_u} = 0,85.10,67 \frac{60}{220} = 2,47 \Omega$$

Điện trở đặt của role  $Z_{d,R} = 2,2 \Omega$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách

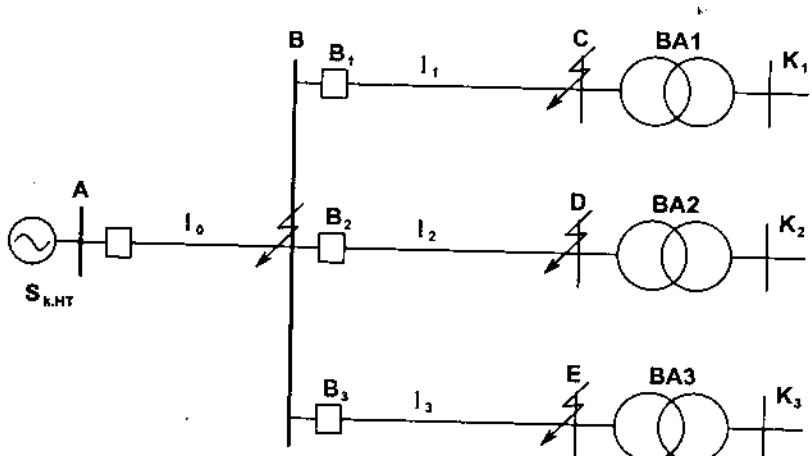
$$Z_{kd,B} = Z_{d,R} \frac{n_u}{n_i} = 2,2 \cdot \frac{220}{60} = 8,07$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

$$k_{nh} = \frac{Z_{AN}}{Z_{kd,B}} = \frac{10,67}{8,07} = 1,32 > 1,2$$

Vậy độ nhạy đảm bảo yêu cầu

**Ví dụ 8.5.** Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho mạng điện 110 kV với sơ đồ cho trên hình 8.18, dùng role khoảng cách kỹ thuật số đặt tại thanh cái A. Công suất ngắn mạch trên thanh cái A của hệ thống là  $S_{k,HT} = 1960 \text{ MVA}$ , khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là  $a = 5 \text{ m}$ . Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là  $v = 30 \text{ m/s}$ , thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0,03 \text{ s}$ , phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ .



Hình 8.18 Sơ đồ mạng điện ví dụ 8.5

quanh là  $v = 30 \text{ m/s}$ , thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0,03 \text{ s}$ , phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ .

Số liệu của các đoạn dây và máy biến áp cho trong bảng sau

Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D	B <sub>3</sub> E
l, km	75	68	84	105
dây dẫn	ACO.400	ACO.240	ACO.240	ACO.300
r <sub>0</sub> , Ω/km	0,07	0,12	0,12	0,1
x <sub>0</sub> , Ω/km	0,40	0,40	0,40	0,40
máy biến áp	mã hiệu	ТРДН.32000/110	ТРДН.25000/110	ТРДН.40000/110
	ΔP <sub>k</sub> kW	145	120	175
	U <sub>k</sub> , %	10,5	10,5	10,5

*Giải :* Trước hết ta xác định dòng điện làm việc chạy trên các đoạn dây :

Căn cứ vào mã hiệu của máy biến áp có thể xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{BC} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{320000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 167,96 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.5

Dòng điện chạy trên đoạn dây AB bằng tổng các dòng điện của các đoạn dây phía sau

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD} + I_{BE} = 167,96 + 131,22 + 210 = 509,12 \text{ A}$$

Căn cứ vào dòng điện làm việc trên các đoạn dây ta chọn các máy biến dòng có dòng định mức sơ cấp là I<sub>n1</sub> = 600 A và dòng thứ cấp là I<sub>n2</sub> = 5A, tức hệ số biến dòng n<sub>1</sub> = 600/5 = 120. Chọn máy biến điện áp có U<sub>n1</sub> = 110 kV và U<sub>n2</sub> = 100 V, tức hệ số biến áp là n<sub>u</sub> = 1100.

Xác định điện trở của các đoạn dây

$$R_{AB} = l_0 \cdot r_{0,AB} = 75 \cdot 0,07 = 5,25 \Omega$$

$$X_{AB} = l_0 \cdot x_{0,AB} = 75 \cdot 0,40 = 30 \Omega$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.5.

Điện trở của máy biến áp tại trạm C xác định theo biểu thức

$$R_{BaC} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA,C}^2} = \frac{145 \cdot 10^3 \cdot 110^2}{32000^2} = 1,71 \Omega$$

$$Z_{Ba,C} = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 32000 \cdot 10^{-3}} = 39,7 \Omega$$

Tính toán tương tự cho các máy biến áp khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.5

Điện trở hệ thống

$$X_{HT} = \frac{U^2}{S_{k,HT}} = \frac{110^2}{1960} = 6,17 \Omega;$$

Điện trở ngắn mạch tính đến thanh cái B

$$Z_{kB} = \sqrt{R_{AB}^2 + (X_{HT} + X_{AB})^2} = \sqrt{5,25^2 + (6,17 + 30)^2} = 36,5 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm B

$$I_{k,B}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{kB}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 36,5} = 1,737 \text{ kA} = 1737 \text{ A}$$

Điện trở ngắn mạch tính đến thanh cái C

$$\begin{aligned} Z_{kC} &= \sqrt{(R_{AB} + R_{BC})^2 + (X_{HT} + X_{AB} + X_{BC})^2} \\ &= \sqrt{(5,25 + 8,16)^2 + (6,17 + 30 + 27,2)^2} \\ &= 64,78 \Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm C

$$I_{k,C}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{kC}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 64,78} = 0,98 \text{ kA} = 980 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.8.5.

\* Vùng I

Xác định điện trở quá độ trên đường dây AB

$$R_{qdAB} = \frac{28700(a + v \cdot t_k)}{I_{k,B}^{1,4}} = \frac{28700(5 + 30 \cdot 0,03)}{1737^{1,4}} = 4,93 \Omega$$

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ A có xét đến điện trở quá độ

$$R_A^I = k_1 \cdot (R_{AB} + 0,5R_{qdAB}) = 0,8 \cdot (5,25 + 0,5 \cdot 4,93) = 6,17 \Omega$$

$$X_A^I = k_1 \cdot X_{AB} = 0,8 \cdot 30 = 24 \Omega$$

\* Vùng II

Thời gian tác động của vùng 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0,03 + 0,5 = 0,53 \text{ s} = t_{k2}$$

Trong số các đoạn dây phía sau đoạn AB đoạn BC có giá trị điện trở nhỏ nhất vì vậy điện trở khởi động của vùng 2 của bảo vệ A được xác định

$$R_A^{II} = k_2 \cdot (R_{AB} + k_1 \cdot (R_{BC} + 0,5R_{qdBC})) = 0,7 \cdot (5,25 + 0,8 \cdot (8,16 + 0,5 \cdot 55,04)) = 23,66 \Omega$$

$$R_{qdBD} = \frac{28700(a + v \cdot t_{k2})}{I_{k,C}^{1,4}} = \frac{28700(5 + 30 \cdot 0,53)}{980^{1,4}} = 38,91 \Omega$$

$$X_A^{II} = k_2 \cdot (X_{AB} + k_1 \cdot X_{BC}) = 0,8 \cdot (30 + 0,8 \cdot 27,2) = 36,23$$

\* Vùng III

Trong số các tổng trở từ điểm A đến sau các máy biến áp ( $K_i$ ) giá trị điện trở của nhánh dây A-K<sub>2</sub> có giá trị lớn nhất (bảng vd 8.5) vì vậy điện trở khởi động của vùng 3 được xác định

$$R_A^{III} = k_2[(R_{AB} + k_2(R_{BD} + 0,5.R_{qdBD} + k_1R_{BaD})]$$

$$= 0,8.(5,25 + 0,8.(10,32 + 0,5.45,35 + 0,8.2,32)) = 20,75\Omega$$

$$X_A^{III} = k_2[(X_{AB} + k_2(X_{BD} + k_1X_{BaD})]$$

$$= 0,8.(30 + 0,8.(34,4 + 0,8.50,77)) = 57,76\Omega$$

Điện trở thứ cấp vùng I

$$r_A^I = R_A^I \frac{n_i}{n_u} = 6,17 \cdot \frac{80}{1100} = 0,45\Omega$$

$$x_A^I = X_A^I \frac{n_i}{n_u} = 24 \cdot \frac{80}{1100} = 1,75\Omega$$

Tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng vd.8.5

Bảng vd 8.5.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÍ DỤ 8.5

Đoạn dây	I <sub>lv</sub> , A	điện trở ĐD, Ω		R <sub>qd</sub> Ω	I <sub>k</sub> , kA	điện trở BA, Ω		từ điểm A đến K	
		R	X			R <sub>Ba</sub>	X <sub>Ba</sub>	R <sub>A-K</sub>	X <sub>A-K</sub>
AB	509,12	5,25	30,00	8,72	1,737				
BC	167,96	8,16	27,20	38,91	0,980	1,71	39,67	15,12	96,87
BD	131,22	10,32	34,40	45,35	0,879	2,32	50,77	17,89	115,17
BE	209,95	10,50	42,00	52,05	0,796	1,32	31,73	17,07	103,73

Bảng vd.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐIỆN TRỞ ĐẶT CHO CÁC VÙNG

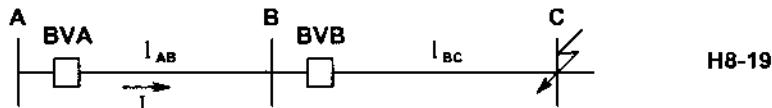
Điện trở khởi động, Ω		vùng 1		vùng 2		vùng 3	
sơ cấp	R		6,17		19,14		20,75
	X		24		36,23		57,76
thứ cấp	r		0,45		1,39		1,51
	x		1,75		2,64		4,2

Các giá trị đặt của role khoảng cách được thể hiện như sau

địa chỉ	nội dung	giải thích
1201	DICT.PROT.=ON	Kích hoạt chức năng bảo vệ khoảng cách
1202	DIREC.FD&T4 = FORWARDS	hướng phần tử phát hiện sự cố về phía đường dây
1301	R1=0.45 Ω	điện trở tác dụng vùng 1
1302	X1=1.75 Ω	điện trở phản kháng vùng 1
1306	T1>1PHASE=0.03s	thời gian tác động của vùng 1
1311	R2=1.39 Ω	điện trở tác dụng vùng 2
1312	X2=2.64 Ω	điện trở phản kháng vùng 2
1316	T2>1PHASE=0.53s	thời gian tác động của vùng 2
1321	R3=1.51 Ω	điện trở tác dụng vùng 3
1322	X3=4.2 Ω	điện trở phản kháng vùng 3
1324	DIREC.Z3=FORWARDS	hướng vùng 3 về phía đường dây
1325	T3=1.03	thời gian tác động của vùng 3

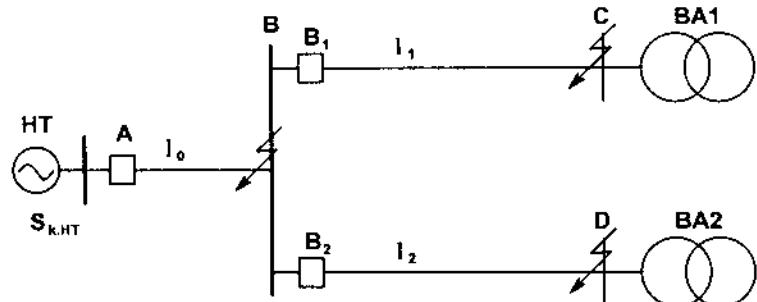
### Bài tập tự giải

8.1. Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 110 kV cho trên sơ đồ hình 8.19 dưới đây, biết dòng điện chạy trên đường dây là  $I = 320A$ , suất điện trở của đường dây là  $z_0 = 0.45 \Omega/km$ . Thời gian tác động của bảo vệ vùng 1 là 0,3 s ; Thời gian dự trữ  $\Delta t = 0.45$  s ;  $l_{AB} = 76$  km,  $l_{BC} = 92$  km.



Hình 7.19

Bài 8.2. Hãy tính toán bảo vệ cho khoảng cách đặt tại điểm A cho đường dây 110 kV (có xét đến điện trở quá độ) với sơ đồ cho trên hình 8.20. Công suất ngắn mạch trên thanh cái A là  $S_{k,HT} = 1580$  MVA, hệ số tín cậy lấy bằng  $k_{tc} = 1.2$  ; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1.65$  ; khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là  $a = 5.5$  m. Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là  $v = 26$  m/s, thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0.03s$ , phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0.4s$ .

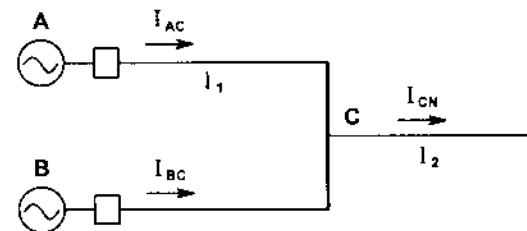


Hình 8.20. Sơ đồ mạng điện tập 8.2

Số liệu của các đoạn dây cho trong bảng sau

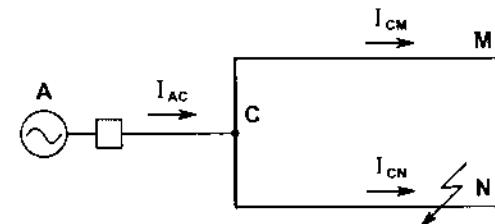
Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D
l, km	136	84	105
dây dẫn	ACO.450	ACO.300	ACO.240
r <sub>0</sub> , Ω/km	0,06	0,10	0,12
x <sub>0</sub> , Ω/km	0,40	0,40	0,40
máy biến áp		TPDN.80000/220	TPDN.63000/220

8.3. Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 22 kV cho trên sơ đồ hình dưới, biết đoạn AC dài l<sub>1</sub> = 11,5 km được làm bằng dây dẫn có mã hiệu AC-95 ; đoạn CD dài l<sub>2</sub> = 13,2 km làm bằng dây AC-120 ; Dòng điện chạy trên đoạn AC là I<sub>AC</sub> = 127A và trên đoạn BC là I<sub>BC</sub> = 96,4A



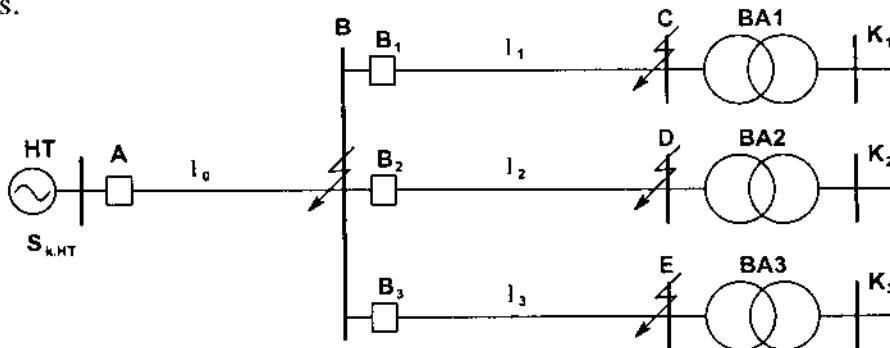
Hình 8.21

8.4. Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho đường dây 35 kV có sơ đồ như hình 8.22 dưới. Đoạn dây AC dài l<sub>1</sub> = 27,5 km với dây dẫn AC-95, đoạn dây CN dài l<sub>2</sub> = 19 km làm bằng dây AC-70, dòng điện trên đoạn CN là I<sub>CN</sub> = 78 A và trên đoạn CM là I<sub>CM</sub> = 53A



Hình 8.22

8.5. Hãy tính toán bảo vệ khoảng cách cho mạng điện 220 kV với sơ đồ cho trên hình vẽ dưới, dùng role khoảng cách kỹ thuật số đặt tại thanh cái A. Công suất ngắn mạch trên thanh cái A của hệ thống là S<sub>k,HT</sub> = 2050 MVA, khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là a = 7,5 m. Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là v = 32 m/s, thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là t<sub>1</sub> = 0,02s, phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là Δt = 0,4s.



Hình 8.23

Số liệu của các đoạn dây và máy biến áp cho trong bảng sau

Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D	B <sub>3</sub> E
l, km	145	87	108	126
dây dẫn	ACY.450	ACY.300	ACY.300	ACY.400
r <sub>0</sub> , Ω/km	0,06	0,10	0,10	0,07
x <sub>0</sub> , Ω/km	0,40	0,40	0,40	0,40
máy biến áp	mã hiệu	TRДН.40000/110	TRДН.31500/110	TRДН.60000/110
	ΔP <sub>k</sub> kW	350	290	390
	U <sub>k</sub> , %	14	14	14

### Đáp số

8.1.  $Z_{dR1} = 1,8 \Omega, k_{nh1} = 1,38, Z_{dR2} = 2,2 \Omega, k_{nh1} = 1,37$

8.2.  $I_{dR1} = 11A, k_{nh1} = 2; Z_{d.A}^I = 1,6 \Omega; Z_{d.A}^{II} = 2,2 \Omega$

8.3.  $Z_{dR1} = 3,5 \Omega, k_{nh1} = 1,32$

8.4.  $Z_{dR1} = 2 \Omega, k_{nh1} = 1,32$

8.5.

Điện trở khởi động, Ω		vùng 1	vùng 2	vùng 3
sơ cấp	R	10,16	20,51	21,65
	X	46,4	60,09	82,82
thứ cấp	r	0,74	1,49	1,57
	x	3,37	4,37	6,02

### Tóm tắt chương 7

Điện trở trên đầu cực role

$$Z_R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{I_k^{(3)} Z_0 k \cdot n_i}{n_U I_k^{(3)}} = \frac{Z_0 k \cdot n_i}{n_U}$$

Phương trình logic của bảo vệ khoảng cách 3 cấp có dạng :

$$X = (F \wedge L) \vee (D^{K1} \wedge F \wedge M) \vee D^{K2} \wedge F$$

Điện trở khởi động của bảo vệ vùng 1 :

$$Z_{kd.I.1} = k_1 Z_{d.d1}$$

Điện trở khởi động của vùng II cho đường dây 2 :  $Z_{kd.II.2} = k_2 (Z_{d.d2} + k_1 Z_{kd.I.1})$

Điện trở khởi động của rơle vùng I

$$Z_{R1} = \frac{U_R}{I_R} = Z_{kdI} \frac{n_i}{n_U} = k_1 Z_{dd,1} \frac{n_i}{n_U}$$

Điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách

$$Z_{kd,B} = Z_{d,R} \frac{n_U}{n_i}$$

Hệ số nhạy của rơle điện trở được xác định theo biểu thức

$$k_{ph} = \frac{Z_{dd}}{Z_{kd,B}}$$

\* Rơle điện trở toàn phần không có hướng có đặc tính dạng đường tròn tâm là gốc toạ độ và bán kính là giá trị khởi động của rơle  $Z_{kd,R} = \text{const.}$

\* Rơle điện trở toàn phần có hướng có đặc tính là đường tròn đi qua gốc toạ độ. Điện trở tác động của loại rơle này là  $Z_{kdR} = k \cdot \cos(\varphi_R - \delta)$

\* Rơle điện trở phản kháng có đặc tính không phụ thuộc vào góc  $\varphi_R$ . Giá trị điện trở khởi động được xác định  $X_{kdR} = Z_{kdR} \sin(\varphi_R) = k$

\* Sơ đồ nối rơle điện trở để chống ngắn mạch giữa các pha

Các tham số vào rơle ứng với các dạng ngắn mạch khác nhau

Loại ngắn mạch	$U_R$	$I_R$	$Z_R$
3 pha	$\frac{\sqrt{3}l_k^{(3)}z_0l_k}{n_U}$	$\frac{\sqrt{3}l_k^{(3)}}{n_i}$	$\frac{n_i z_0 l_k}{n_U}$
2 pha	$\frac{2 \cdot l_k^{(2)}z_0l_k}{n_U}$	$\frac{2 \cdot l_k^{(2)}}{n_i}$	$\frac{n_i z_0 l_k}{n_U}$

\* Sơ đồ nối rơle RZ chống ngắn mạch một pha

$$Z_R^{(1)} = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_a}{I_a + kI_0}$$

với  $k = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$

$$U_a = (I_1 Z_1 + I_2 Z_2 + I_0 Z_0) \cdot I$$

RZ	$I_R$	$U_R$
1	$I_a + kI_0$	$U_a$
2	$I_b + kI_0$	$U_b$
3	$I_c + kI_0$	$U_c$

\* Ảnh hưởng của điện trở quá độ

Giá trị tổng trở đo được đến chỗ ngắn mạch  $Z'_d$  có tính đến điện trở quá độ là

$$Z'_d = Z_d + 0,5R_{qd}$$

$$R_{qd} = \frac{28700(a + v \cdot t_k)}{I_k^{1,4}}$$

\* Ảnh hưởng của dòng điện bổ xung

+ Hệ số phân dòng trong trường hợp ở giữa chỗ đặt bảo vệ và điểm ngắn mạch có nguồn phụ

$$k_p = 1 + \frac{I_{BC}}{I_{AC}} > 1$$

+ Trường hợp có sự phân dòng

$$k_p = 1 - \frac{I_{CM}}{I_{AC}} < 1$$

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ khoảng cách
2. Trình bày phương pháp xác định các tham số của các vùng bảo vệ khoảng cách 3 cấp
3. Trình bày sơ đồ thực hiện bảo vệ khoảng cách
4. Hãy trình bày các dạng đặc tính cơ bản của rôle điện trở
5. Hãy trình bày một số sơ đồ nối cơ bản của rôle điện trở
6. Hãy trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhạy của bảo vệ khoảng cách
7. Hãy đánh giá bảo vệ khoảng cách

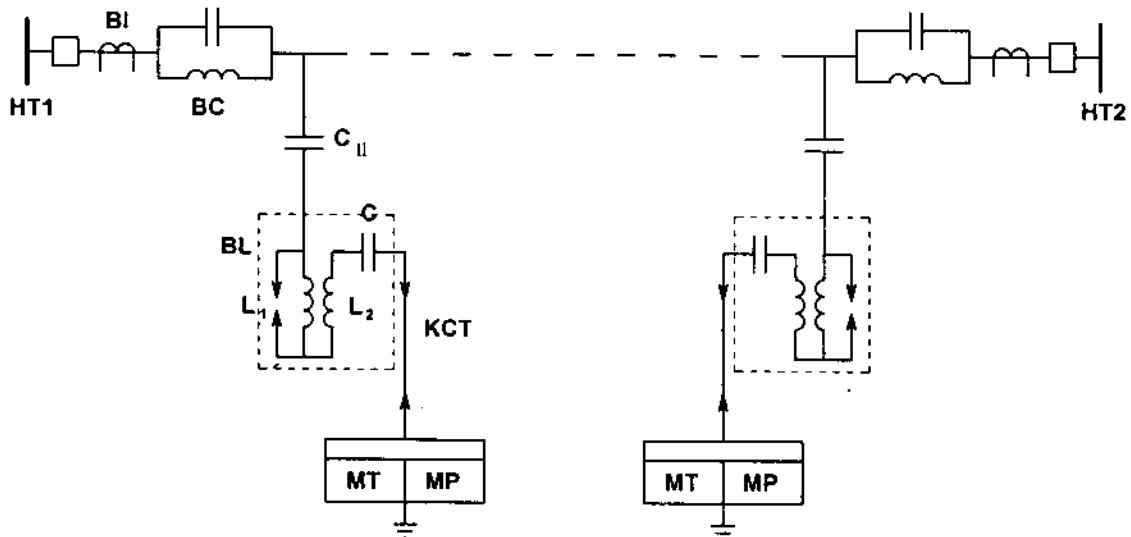
## Chương 9

# BẢO VỆ CAO TẦN VÀ VÔ TUYẾN

### 9.1. ĐẠI CƯƠNG

Để đảm bảo sự ổn định cho hệ thống điện, một trong những yêu cầu hàng đầu của bảo vệ role là tác động nhanh. Các phương pháp bảo vệ đã xét ở các chương trước như bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ khoảng cách v.v... mặc dù có thể đảm bảo cắt nhanh sự cố nhưng trong một số trường hợp không thể thỏa mãn được hoàn toàn yêu cầu ổn định của hệ thống. Bảo vệ so lệch mặc dù cho phép cắt nhanh sự cố gần như tức thời, nhưng phạm vi sử dụng lại rất hẹp. Nếu các phần tử được bảo vệ có chiều dài lớn thì bảo vệ so lệch không thể đáp ứng được yêu cầu về độ tin cậy cũng như yêu cầu về kinh tế. Những vấn đề hóc búa trên sẽ được giải quyết với sự tham gia của kênh liên lạc tần số cao, truyền ngay trên dây dẫn của đối tượng được bảo vệ, hoặc truyền tín hiệu bằng phương tiện radio (vô tuyến điện). Các loại bảo vệ thực hiện theo phương pháp này được gọi là bảo vệ tần số cao (hay còn gọi là bảo vệ cao tần) và vô tuyến.

Phương pháp bảo vệ dùng tín hiệu cao tần và phương pháp dùng tín hiệu radio chỉ khác nhau về kỹ thuật truyền tin giữa hai đầu đường dây được bảo vệ. Trong hệ thống bảo vệ role hiện đại 2 loại bảo vệ cao tần thường được áp dụng rộng rãi là bảo vệ có hướng dùng khoá cao tần, dựa trên cơ sở so sánh hướng công suất ở 2 đầu đường dây và phương pháp bảo vệ so lệch pha cao tần, dựa trên cơ sở so sánh pha của các dòng điện ở các đầu dây.



Hình 9.1. Sơ đồ nguyên lý kênh cao tần liên lạc theo đường dây cao áp

BC – bộ chấn cao tần ; C<sub>II</sub> – tụ liên lạc ; BL – bộ lọc kết nối ;  
MT – máy thu cao tần ; MP – máy phát cao tần ; KCT – cáp cao tần

Sơ đồ nguyên lý kênh cao tần được thể hiện trên hình 9.1. Bảo vệ bao gồm 2 tổ hợp thiết bị lắp ở 2 đầu đường dây. Mỗi liên hệ giữa các tổ hợp được thực hiện bởi kênh liên lạc hữu tuyến hoặc vô tuyến. Kênh vô tuyến làm việc trên sóng cực ngắn cho phép khắc phục được những khó khăn trong việc sử lý tải ba ở bảo vệ cao tần như chọn tần số, thiết bị lọc, tụ liên lạc, thiết bị chắn cao tần v.v...

Bộ thu phát cao tần được nối với đường dây qua cáp cao tần KCT, bộ lọc BL và tụ liên lạc  $C_{ll}$ , tụ này có tác dụng cách ly bộ thu phát với mạng điện cao áp. Trên mỗi đầu dây của mạng cao áp có trang bị bộ chắn BC với mục đích ngăn không cho các thông tin cao tần ra ngoài phạm vi bảo vệ.

## 9.2. BẢO VỆ CÓ HƯỚNG DÙNG KHOÁ CAO TẦN

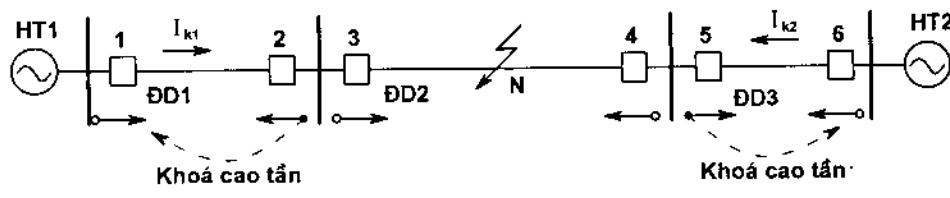
Nguyên lý làm việc của tổ hợp bảo vệ tại một đầu dây được thể hiện trên hình 9.2. Khi có ngắn mạch xảy ra tại điểm N, dòng năng lượng đi từ các nguồn của hệ thống 1 và hệ thống 2 đến điểm ngắn mạch. Tại các bảo vệ 2 và bảo vệ 5 dòng có hướng từ đường dây vào thanh cái. Việc định hướng do các role công suất RW thực hiện. Theo các tín hiệu của các role RW, bảo vệ 3 và bảo vệ 4 sẽ tác động, bảo vệ 1 và bảo vệ 6 mặc dù có hướng dòng thuận chiều nhưng do bảo vệ 2 và bảo vệ 5 có hướng dòng ngược nên tiếp điểm mở không thể đưa tín hiệu đến cơ cấu thửa hành được, đồng thời khoá các bảo vệ 1 và 6. Tín hiệu khoá được gửi đi dưới dạng xung cao tần theo các dây dẫn lành, điều đó làm tăng độ tin cậy của hệ thống bảo vệ.

Sơ đồ bao gồm 2 bộ phận khởi động là các role dòng 1 (bộ phận khởi động nhạy) và role dòng 2 (bộ phận khởi động kém nhạy hơn), bộ phận định hướng là role công suất 3, bộ phận khóa 5, bộ phận phát và nhận tín hiệu bao gồm máy phát và máy thu cao tần. Trong sơ đồ này kênh thông tin cao tần giữa 2 nửa của bộ bảo vệ sử dụng hệ thống pha-đất, nghĩa là tín hiệu cao tần do máy phát cao tần sinh ra được truyền đến máy thu cao tần đặt ở đầu kia trực tiếp trên đường dây tải điện và trở về theo đất. Các bộ lọc  $L, C_1$  thuộc loại bộ lọc chắn, đối với tần số sóng mang tín hiệu nó có điện trở kháng vô cùng lớn vì thế tín hiệu cao tần chỉ truyền trong vùng giới hạn của bộ lọc. Đối với tần số công nghiệp, trở kháng của bộ lọc không đáng kể nên không gây khó khăn gì cho việc truyền tải điện năng. Tụ điện  $C_2$  có nhiệm vụ ngăn không cho điện áp cao xâm nhập vào thiết bị cao tần, đồng thời cho phép tín hiệu cao tần đi lại dễ dàng giữa đường dây và máy phát cao tần.

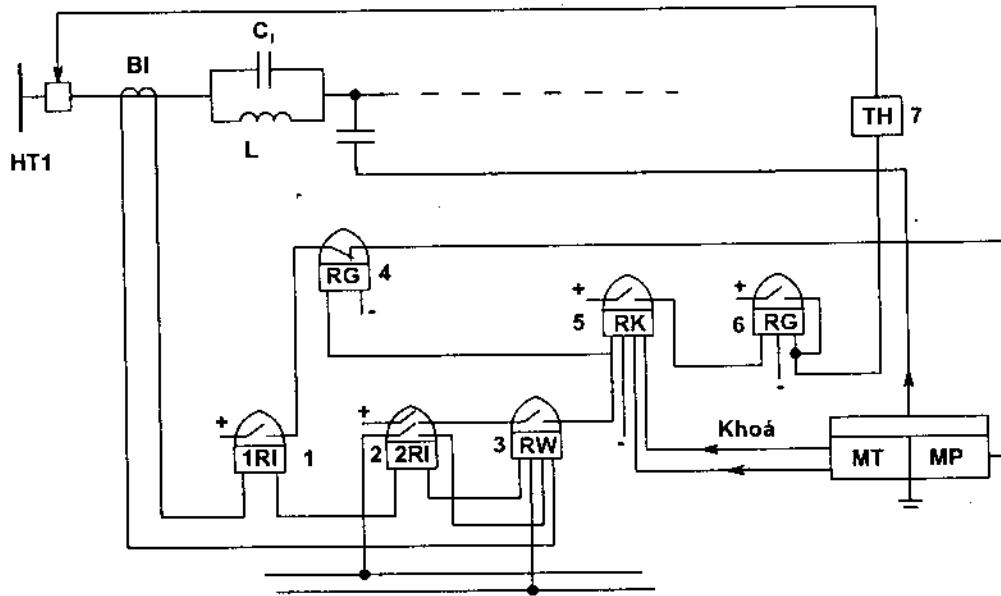
1) *Bộ phận khởi động* : Bộ phận khởi động gồm 2 role dòng có độ nhạy khác nhau, trong đó role RI1 có độ nhạy cao hơn role RI2 và chỉ dùng để khởi động máy phát cao tần. Role RI2 có độ nhạy kém hơn, dùng để phát tín hiệu cắt máy cắt thông qua các role công suất RW3, role khóa RK5 và role trung gian RG6.

2) *Bộ phận định hướng* : Bộ phận định hướng là role công suất RW, để chống ngắn mạch giữa các pha role RW3 được mắc theo sơ đồ  $90^\circ$ , để chống ngắn mạch chạm đất dùng role thứ tự không, chống ngắn mạch không đối xứng dùng role thứ tự nghịch. Chú ý

là role công suất sẽ khép tiếp điểm khi dòng đi từ thanh cái vào đường dây nếu role làm việc với dòng điện thứ tự thuận, còn nếu nó làm việc với dòng thứ tự nghịch thì tiếp điểm sẽ khép khi dòng có chiều từ đường dây vào thanh cái.



a)



b)

Hình 9.2. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ có hướng dùng khóa cao tần

a) Sơ đồ bố trí các bảo vệ cao tần ; b) Sơ đồ nguyên lý bảo vệ cao tần trên một dây

3) *Bộ phận khóa* : Bộ phận khóa là role phân cực RK, role này có 2 cuộn dây : cuộn làm việc và cuộn hẫm. Mômen quay do cuộn hẫm sinh ra lớn hơn mômen quay do cuộn làm việc gây ra, vì vậy khi cuộn hẫm có điện thì tiếp điểm của role luôn luôn mở bất luận là cuộn làm việc có điện hay không. Role chỉ khép tiếp điểm khi cuộn làm việc có điện còn cuộn hẫm thì không. Trên sơ đồ cuộn làm việc nối qua tiếp điểm của role RW3 còn cuộn hẫm được nối vào đầu ra của máy thu cao tần qua chỉnh lưu, vì vậy máy thu cao tần nhận tín hiệu khóa thì role RK không thể khép tiếp điểm được.

4) *Máy thu phát cao tần là loại máy tải ba*, làm nhiệm vụ phát và thu tín hiệu tần số cao để khóa bảo vệ. Phản phát được điều khiển bởi role dòng RI1 thông qua tiếp điểm thường đóng của role trung gian RG4. Khi role RI2 và RW 3 đã làm việc thì mạch điều khiển máy phát cao tần bị cắt bởi tiếp điểm của role trung gian TG4, làm đình chỉ tín hiệu khóa.

### 9.2.2. Nguyên lý làm việc

Khi có ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ, bộ phận tác động nhạy 1 sẽ khởi động qua tiếp điểm của role trung gian 4 đưa tín hiệu đến khởi động máy phát cao tần và bảo vệ sẽ tác động từ 2 phía của đường dây. Tín hiệu cao tần được truyền trên đường dây đến các bộ phận thu tín hiệu và chuyển đến role khóa 5. Sau đó role dòng 2 ít nhạy hơn sẽ tác động đưa tín hiệu đến cơ cấu định hướng 3. Sau khi role dòng 2 và role công suất 3 khởi động thì máy phát cao tần ngừng hoạt động do role trung gian 4 được đóng vào nguồn bởi các tiếp điểm của role 2 và 3, tiếp điểm thường đóng của role 4 bị mở ra. Đồng thời cuộn dây làm việc của role khóa 5 được cung cấp điện.

Nếu ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ thì các role định hướng công suất RW ở cả 2 đầu đường dây sẽ tác động làm ngừng cả 2 máy phát cao tần và tín hiệu cao tần trên đường dây sẽ mất không còn tín hiệu khóa ở role RK nữa và bảo vệ sẽ tác động cắt cả 2 máy cắt ở 2 đầu đường dây. Nếu ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ thì một trong 2 role công suất RW sẽ không tác động do đó máy phát cao tần ở đầu dây đó bị ngừng, kết quả là các xung cao tần được gửi vào đường dây đến bộ phận thu ở 2 đầu, nhờ vậy role cắt RK ở cả 2 tổ hợp bảo vệ được khóa và máy cắt sẽ không bị cắt ra.

#### a) Khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ

Giả sử ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ phía đầu B thì role dòng RI1 và RI1' ở cả 2 phía đều tác động, các máy phát cao tần ở 2 phía đều hoạt động gửi tín hiệu khóa tới các phía đối diện làm cho cuộn hâm của các role RK5 và RK5' có điện. Sau đó các role RI2 và RI2' khởi động đưa áp vào role RW3 và RW3', vì ngắn mạch ngoài nên chỉ có 1 trong 2 role công suất là role RW3 nhận chiêu thích hợp, khởi động đưa điện vào cuộn làm việc của role RK5 làm cho role này tác động đưa tín hiệu đến role trung gian RG6, role này tác động đưa tín hiệu đến khóa máy phát cao tần ở đầu A. Tuy nhiên, đối với role RW3' thì chiêu công suất là nghịch nên nó không đưa tín hiệu vào RK5 được do đó máy phát cao tần ở đầu B vẫn phát tín hiệu khóa. Kết quả là cả 2 role RK5 và RK5' đều không thể khép tiếp điểm và các máy cắt ở cả 2 đầu dây đều vẫn đóng.

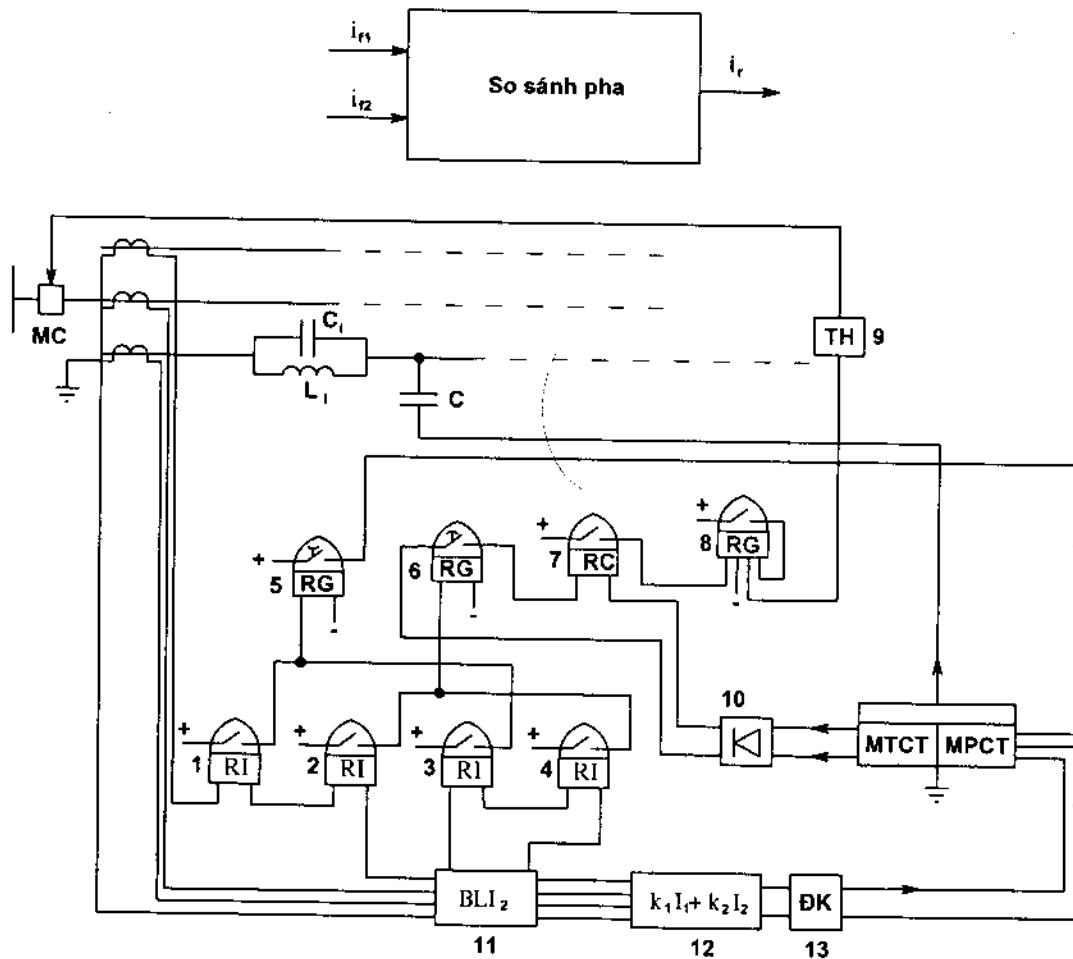
#### b) Khi ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ

Nếu ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ thì cả 2 role công suất RW3 và RW3' đều tác động làm cho tín hiệu khóa ở 2 đầu bị cắt, dẫn đến các role khóa RK làm việc đưa tín hiệu đến các role trung gian RG6 và RG6' làm chúng tác động đưa tín hiệu đi cắt máy cắt ở cả 2 phía đường dây. Trường hợp ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ chỉ có một nguồn, giả thiết là nguồn A lúc đó phần nửa tổ hợp bảo vệ cuối đường dây không hoạt động nên ở đầu A sẽ không có tín hiệu khóa, do đó role RK5 vẫn tác động làm cắt máy cắt MC1.

## 9.3. BẢO VỆ SO LỆCH PHA CAO TẦN

### 9.3.1. Sơ đồ bảo vệ so lệch pha cao tần

Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch pha cao tần được thể hiện trên hình 9.3. Cấu trúc của sơ đồ gồm các bộ phận sau :

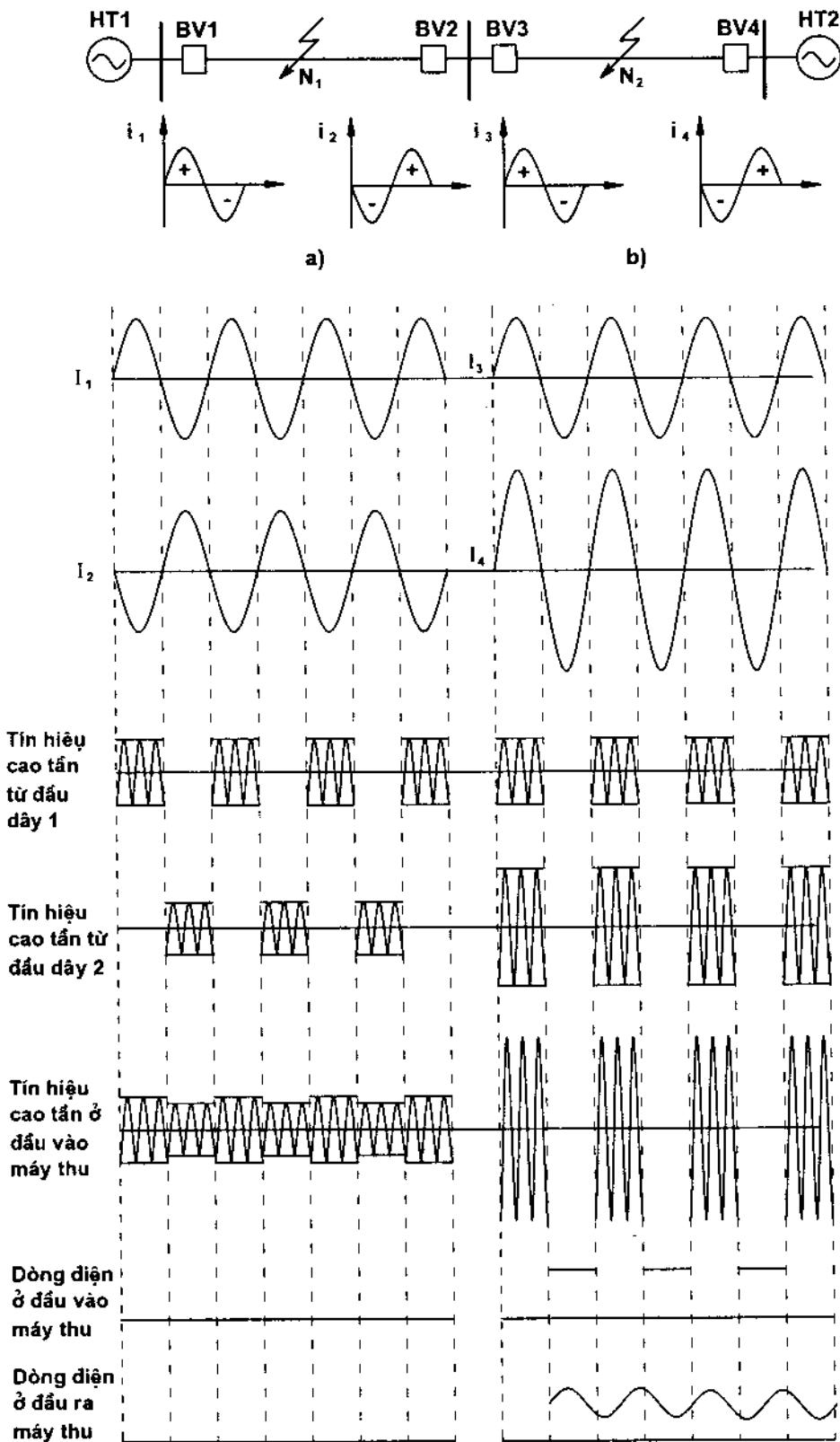


Hình 9.3. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch pha cao tần

1) *Bộ phận khởi động* gồm 4 rơle dòng 1 ÷ 4, trong đó rơle dòng 1 và 2 dùng để khởi động khi có ngắn mạch đối xứng, còn rơle 3 và 4 – khi ngắn mạch không đối xứng. Rơle 1 và 3 có độ nhạy cao hơn nên dùng để khởi động máy phát cao tần qua tiếp điểm của rơle trung gian 5. Rơle 2 và 4 có độ nhạy thấp hơn, dùng để điều khiển mạch cắt máy.

2) *Bộ phận điều khiển* của máy phát gồm bộ lọc phức hợp 12 ( $K_1 T_1 + K_2 T_2$ ) nhận tín hiệu vào là dòng các pha và cho tín hiệu ra là dòng tỷ lệ với thành phần thứ tự thuận và thứ tự nghịch. Dòng này được đưa vào bộ điều khiển ĐK (13), dòng ở đầu ra của bộ ĐK có dạng hình sin tần số công nghiệp. Dòng này kết hợp với bộ phận điều chế máy phát cao tần tạo ra các dòng điều chế dạng xung. Máy phát chỉ phát ra các xung tần số mang của nửa chu kỳ dương của dòng điện tần số công nghiệp.

3) *Bộ phận so sánh pha* được đặt trong máy thu cao tần làm việc theo nguyên lý sau: Tín hiệu vào  $i_f1$  từ trạm phát đầu A và  $i_f2$  từ đầu B theo kênh cao tần tới. Khi  $i_f1$  và  $i_f2$  lệch pha nhau  $180^\circ$  thì tín hiệu ra  $i_r = 0$ . Khi  $i_f1$  và  $i_f2$  đồng pha nhau thì tín hiệu ra  $i_r$  là một dãy xung. Trước khi các xung đưa đến rơle khoá 7 chúng cần được là qua bộ chỉnh lưu 10



**Hình 9.4.** Biểu đồ làm việc của bảo vệ so lệch pha cao tần khi ngắn mạch ở ngoài vùng (a) và khi ngắn mạch ở trong vùng bảo vệ (b)

### 9.3.2. Nguyên lý hoạt động

Bảo vệ so lệch pha cao tần làm việc theo nguyên lý so sánh pha của dòng điện ở 2 đầu đường dây được bảo vệ. Coi chiều dòng điện đi từ thanh cái vào đường dây là chiều dương và chiều ngược lại là chiều âm. Khi có ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ các dòng điện ngắn mạch  $I_{k1}$  và  $I_{k2}$  ngược chiều nhau  $180^\circ$  nên bảo vệ sẽ không tác động. Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ dòng  $I_{k3}$  và  $I_{k4}$  cùng pha nhau do đó bảo vệ tác động cắt máy cắt ở cả 2 đầu dây. Cũng giống như bảo vệ có hướng cao tần, bảo vệ so lệch pha cao tần có các thiết bị thu phát cao tần để truyền tín hiệu đến các bộ phận thừ hành.

#### a) Trường hợp ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ

Khi ngắn mạch đối xứng xảy ra (tại điểm  $N_1$  hình 9.4.a) thì role dòng 1 và 2 sẽ tác động, nếu ngắn mạch không đối xứng thì role 3 và 4 tác động. Tiếp đó role trung gian 5 sẽ tác động để mở máy phát, role trung gian 6 tác động để chuẩn bị cho mạch role cắt 9. Dòng ngắn mạch ở 2 đầu dây có pha lệch nhau  $180^\circ$ , các điện áp đầu ra của máy phát được điều chỉnh từ trước, cũng lệch pha nhau  $180^\circ$ , do đó điện áp ra của các máy phát là các xung xen kẽ nhau. Tín hiệu vào máy thu cao tần là tín hiệu liên tục (ngược pha nhau) nên tín hiệu ở đầu ra bằng không ( $i_r = 0$ ) và do đó sẽ không có tín hiệu đến bộ chỉnh lưu, role cắt RC vẫn giữ nguyên vị trí, các máy cắt vẫn ở trạng thái đóng.

#### b) Trường hợp ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ

Khi ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ thì dòng điện ở 2 đầu dây trùng pha nhau nên cả 2 máy phát cao tần ở các đầu dây đều làm việc. Trên đầu vào máy thu cao tần có 2 tín hiệu xung cùng pha, cùng tần số và tổng của chúng là các xung có biên độ lớn hơn các xung thành phần. Trên đầu ra của bộ so sánh sẽ có một dãy xung lệch pha  $180^\circ$  so với xung vào. Dòng điện sau khi đã đi qua bộ chỉnh lưu 13 sẽ đi vào làm cho role cắt 7 khởi động đưa tín hiệu đến role trung gian 8, role này tác động và gửi tín hiệu đi cắt các máy cắt.

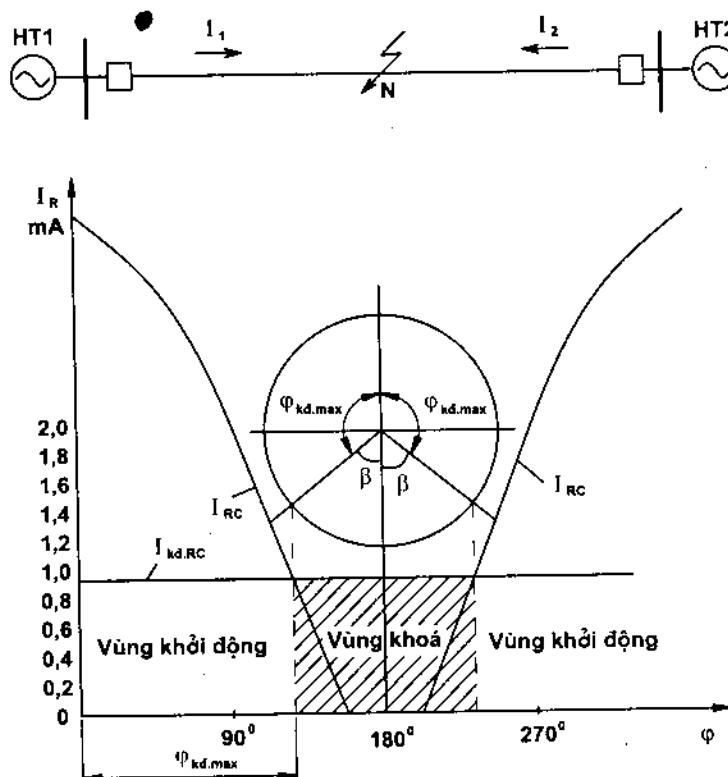
### 9.3.3. Sai số của bảo vệ so lệch pha cao tần

Khi phân tích nguyên lý làm việc của sơ đồ bảo vệ so lệch pha cao tần chúng ta đã lý tưởng hoá mạng điện với các giả thiết :

- Các suất điện động ở 2 đầu dây trùng pha ;
- Đường dây có tổng trở đồng nhất.

Trong thực tế rất hiếm khi có được mạng điện như vậy, ngoài ra ta còn chưa xét đến ảnh hưởng của dòng điện phụ tải chạy trên đường dây. Sai số của máy biến dòng, của bộ lọc phức hợp v.v... Điều đó dẫn đến sự chênh lệch pha nhất định giữa các dòng điện  $I_1$  và  $I_2$  ở 2 đầu đường dây. Khi góc lệch pha này đủ lớn thì có thể sẽ dẫn đến bảo vệ tác động nhầm. Bởi vậy các tham số của bảo vệ phải được chọn sao cho nó không được tác động khi góc  $\varphi \geq 180^\circ - \beta$ . Góc  $\beta$  gọi là góc khoá. Khả năng khởi động của role phụ thuộc vào

góc lệch pha  $\varphi$ . Sự phụ thuộc của dòng khởi động của role cắt  $I_{RC}$  vào góc lệch pha được biểu thị trên hình 9.5.



Hình 9.5. Đặc tính pha của bảo vệ so lệch pha cao tần

Vùng khởi động và vùng khoá được xác định bởi giao điểm của các đường cong  $I_{RC} = f(\varphi)$  với đường thẳng dòng khởi động của role cắt RC  $I_{kd.RC}$ . Thông thường vùng khoá chiếm khoảng  $40 \div 50^\circ$ .

#### 9.3.4. Lựa chọn tham số của bảo vệ so lệch pha cao tần

Để đảm bảo tính chọn lọc của bảo vệ khi có ngắn mạch ngoài các role RI1 và 3 phải có trị số nhỏ hơn giá trị của role khởi động khi phụ tải cực đại. Các role có bộ lọc RI2 và 4 được chỉnh định theo dòng không cân bằng cực đại khi có ngắn mạch 3 pha. Như vậy có thể xác định các dòng khởi động theo các đại lượng sau :

##### 1. Dòng khởi động của role dòng RI1

$$I_{kd.RI} = \frac{k_{tc} \cdot k_{sd} I_{lv.max}}{k_{lv} \cdot n_i} \quad (9.1)$$

##### 2. Dòng khởi động của role RI2

Dòng khởi động của role RI2 được chọn theo 2 điều kiện

a) Phải lớn hơn dòng khởi động của role RII phía đối diện

$$I_{kd.R2} = (1,5 \div 2) I_{kd.R1} \quad (9.2)$$

b) Phải lớn hơn dòng làm việc cực đại của đường dây ở chế độ sự cố

$$I_{kd.RI} = \frac{k_{tc} \cdot k_{sd} I_{lv.max.SC}}{k_{tv} \cdot n_i} \quad (9.3)$$

Giá trị lớn hơn trong 2 điều kiện trên sẽ được chọn làm thông số khởi động tính toán của role RI2

c) Dòng khởi động của role RI3 được chọn theo dòng điện không cân bằng

$$I_{kd.R3} = k_{tc} I_{keb} \quad (9.4)$$

$I_{keb}$  – dòng điện không cân bằng lớn nhất khi có ngắn mạch 3 pha.

d) Dòng khởi động của role RI4 được chọn phải lớn hơn dòng khởi động của role RI3' phía đối diện ;

$$I_{kd.R4} = k_{tc} I_{kd.R3} \quad (9.5)$$

Độ nhạy của role 4 được đmhs giá theo thành phần thức tự nghịch của dòng điện ngắn mạch không đối xứng nhỏ nhất ở cuối đường dây

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kd.R4}} \geq 2 \quad (9.6)$$

e) Dòng khởi động của role cắt 7 RC được xác định phụ thuộc vào đặc tính pha của bảo vệ, tức là phụ thuộc vào góc  $\varphi$  Cần phải chọn dòng khởi động sao cho bảo vệ khoá chắc chắn khi có ngắn mạch ngoài và làm việc tin cậy khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ. Để đạt được 2 yêu cầu đó khi ngắn mạch ngoài cần phải đảm bảo 2 điều kiện

- $I_{kd.RC} > I_{lv.RC,max}$
- $\varphi \geq 180 - \beta$
- $I_{lv.RC,max}$  – dòng điện lớn nhất của role RC ứng với góc giới hạn  $\beta_{max}$ .

Góc  $\beta$  được tính như sau :

$$\beta = \Delta\varphi_{BI} + \Delta\varphi_c + \Delta\varphi_{dk} + \Delta\varphi_v \quad (9.7)$$

$\Delta\varphi_{BI}$  – sai số góc của máy biến dòng ;

$\Delta\varphi_c$  – sai số góc do ảnh hưởng của dòng điện dung (chỉ tính đối với mạng điện từ 330kV trở lên) ;

$\Delta\varphi_{dk}$  – sai số góc của bộ phận điều khiển máy phát cao tần ;

$\Delta\varphi_v$  – sai số góc do tổ chế độ truyền tin.

$$\Delta\varphi_c = \frac{360}{T} \Delta t = \frac{360.l}{1/50.v} = 0,06.l \quad (9.8)$$



T – chu kỳ,  $T = 1/f$

f – tần số ;

v – tốc độ ánh sáng,  $v = 3 \cdot 10^5$  km/s ;

l – chiều dài đường dây, km ;

Giá trị của  $\beta$  thường nằm trong khoảng  $40 \div 65^\circ$

Giá trị của dòng điện  $I_{kdRC}$  có thể xác định theo biểu đồ hình 9.5. Hệ số  $k_2$  của bộ lọc hỗn hợp LF được chọn sao cho khi có ngắn mạch không đối xứng, thành phần  $k_2 I_2$  lớn hơn nhiều so với  $I_1$ , khi đó bộ lọc sẽ phản ứng theo thành phần thứ tự nghịch. Thường thì  $k_2$  được chọn như nhau ở cả 2 đầu dây và có thể lấy

$$k_2 = 1,5 \frac{I_1}{I_2} \quad (9.9)$$

#### 9.4. ĐÁNH GIÁ BẢO VỆ CAO TẦN

Bảo vệ cao tần hầu như không chịu ảnh hưởng của dao động điện, đó là một ưu thế cực kỳ quan trọng so với tất cả các bảo vệ khác.

Bảo vệ cao tần cho phép cắt tức thời và chọn lọc mọi loại sự cố ngắn mạch trong vùng bảo vệ của mạng điện với cấu trúc bất kỳ.

Nhược điểm cơ bản của bảo vệ cao tần là sơ đồ phức tạp, giá thành cao, do đó bảo vệ chỉ được áp dụng cho các hệ thống lớn khi các loại bảo vệ khác không thể đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

Hiện nay với sự áp dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật, đặc biệt trong lĩnh vực truyền tin, điều khiển từ xa, kỹ thuật vi xử lý v.v... bảo vệ cao tần đang ngày càng được áp dụng rộng rãi hơn. Các role kỹ thuật số như role khoảng cách, role so lệch v.v... thường được chế tạo với các chức năng dùng khoá cao tần.

#### Tóm tắt chương 9

*Bảo vệ có hướng dùng khoá cao tần*

- a) Bộ phận khởi động : RI1 và RI2
- b) Bộ phận định hướng : RW,
- c) Bộ phận khóa : RK,
- d) Máy thu phát cao tần

*Nguyên lý làm việc*

Khi có ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ, RI1  $\rightarrow$  RG4  $\rightarrow$  MP  $\rightarrow$  RK5 bị khoá. Sau đó RI2  $\rightarrow$  RW3 cấp điện cho cuộn làm việc của RK làm RG4 mở tiếp điểm thường đóng

làm ngừng máy phát và ngừng cấp điện cho cuộn hẫm , RK5 mở khoá dòng tiếp điểm đưa tín hiệu đi cắt máy cắt.

Khi ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ , RI1 và RI1' → các MP gửi tín hiệu đến các phía đối diện để khoá RK5' và RK5. Sau đó các role RI2 và RI2' → RW3 và RW3', chỉ có 1 trong 2 role công suất là role RW3 nhận chiều thích hợp. Kết quả là cả 2 role RK5 và RK5' đều không thể khép tiếp điểm và các máy cắt ở cả 2 đầu dây đều vẫn đóng.

*Bảo vệ so lệch pha cao tần*

- Bộ phận khởi động gồm 4 role dòng RI1 ÷ RI4,
- Bộ phận điều khiển của máy phát gồm bộ lọc phức hợp LF, bộ điều khiển ĐK (12),
- Bộ phận so sánh pha

*Trường hợp ngắn mạch xảy ra ở ngoài vùng bảo vệ*

Khi ngắn mạch đối xứng xảy ra RI1 và RI2 sẽ tác động → RG5 sẽ tác động để mở máy phát, → RG6 tác động để chuẩn bị cho mạch role cắt RC9. Dòng ngắn mạch ở 2 đầu dây có pha lệch nhau  $180^\circ$ , nên tín hiệu ở đầu ra MT bằng không ( $i_r = 0$ ) và do đó sẽ không có tín hiệu đến bộ chỉnh lưu, role cắt RC vẫn giữ nguyên vị trí, các máy cắt vẫn ở trạng thái đóng.

*Trường hợp ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ*

Khi ngắn mạch xảy ra ở trong vùng bảo vệ thì dòng điện ở 2 đầu dây trùng pha nhau nên tín hiệu ra có biên độ lớn hơn các xung thành phần. Dòng điện sau khi đã đi qua bộ chỉnh lưu 13 sẽ đi vào làm cho role cắt 7 khởi động đưa tín hiệu đến role trung gian 8, role này tác động và gửi tín hiệu đi cắt các máy cắt.

*Lựa chọn tham số của bảo vệ so lệch pha cao tần*

1. Dòng khởi động của role dòng RI1

$$I_{kd.R1} = \frac{k_{tc} \cdot k_{sd} \cdot I_{v.max}}{k_{tv} \cdot n_i}$$

2. Dòng khởi động của role RI2

Dòng khởi động của role RI2 được chọn theo 2 điều kiện

a) Phải lớn hơn dòng khởi động của role RI1 phía đối diện

$$I_{kd.R2} = (1,5 \div 2) I_{kd.R1}$$

b) Phải lớn hơn dòng làm việc cực đại của đường dây ở chế độ sự cố

$$I_{kd.R1} = \frac{k_{tc} \cdot k_{sd} \cdot I_{v.max.SC}}{k_{tv} \cdot n_i}$$

c) Dòng khởi động của role RI 3 được chọn theo dòng điện không cân bằng

$$I_{kd.R3} = k_{tc} \cdot I_{kcb}$$

d) Dòng khởi động của role RI4 được chọn phải lớn hơn dòng khởi động của role RI3' phía đối diện :

$$I_{kd.R4} = k_{tc} \cdot I_{kd.R3}$$

e) Dòng khởi động của role cắt 7RC được chọn theo 2 điều kiện

–  $I_{kdRC} > I_{lvRC,max}$

–  $\varphi \geq 180 - \beta$

Góc  $\beta$  được tính như sau :

$$\beta = \Delta\varphi_{BI} + \Delta\varphi_c + \Delta\varphi_{dk} + \Delta\varphi_v ;$$

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ có hướng dùng khoá cao tần
2. Hãy trình bày nguyên lý tác động của bảo vệ so lệch pha cao tần
3. Sai số của bảo vệ so lệch pha cao tần
4. Phương pháp xác định các tham số của bảo vệ so lệch pha cao tần

Modul 3

**BẢO VỆ CÁC PHẦN TỬ HỆ THỐNG ĐIỆN**

*Chương 10***BẢO VỆ MÁY PHÁT VÀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN****10.1. ĐẠI CƯƠNG**

Bảo vệ máy phát điện được tính toán để ngăn ngừa sự cố và chế độ làm việc không bình thường như : ngăn mạch nhiều pha, ngăn mạch giữa các vòng dây, ngăn mạch chạm masse, chế độ phi đối xứng và chế độ quá tải của stator, ngăn mạch 1 điểm và ngăn mạch 2 điểm cuộn dây kích từ v.v...

Khi ngăn mạch giữa các pha trong các cuộn dây của máy phát dòng ngăn mạch có thể đạt đến giá trị rất lớn vì điện trở kháng của máy phát giảm nhanh so với sđđ của nó. Sự nguy hiểm của dòng điện ngăn mạch trong máy phát còn thể hiện qua sự đốt nóng lõi thép và các cuộn dây. Sự ngăn mạch chạm mase tại 1 điểm của máy phát, nhìn chung không làm thay đổi các tham số của nó, do đó máy phát vẫn có thể làm việc trong một thời gian nhất định cho đến khi thuận lợi mới cắt ra để sửa chữa. Tuy nhiên khi ngăn mạch chạm masse tại 2 điểm thì phần cuộn dây giữa 2 điểm này bị nối tắt nên dòng điện trong cuộn dây sẽ tăng lên, làm dây dẫn bị đốt nóng và làm mất đối xứng của từ trường do cuộn dây kích từ sinh ra, làm rung máy phát. Hậu quả của sự quá tải phi đối xứng là các cuộn dây bị đốt nóng, làm hỏng cách điện. Trường hợp quá tải phi đối xứng sẽ có thể dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng do các thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không sinh ra mômen hãm, làm nóng thiết bị và hỏng cách điện v.v... Hiện tượng quá áp trên cực máy phát xuất hiện khi các phụ tải lớn bị cắt đột ngột có thể gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện và làm thay đổi các tham số khác của mạng điện. Chế độ không đồng bộ ở các máy phát (thường do hiện tượng đứt mạch kích từ gây nên) có thể gây các xung điện nguy hiểm.

**10.2. BẢO VỆ CHỐNG SỰ CỐ PHẦN TĨNH MÁY PHÁT ĐIỆN**

Các bảo vệ thường được áp dụng để bảo vệ chống ngắn mạch trong cho phần tĩnh máy phát điện là bảo vệ cắt nhanh và bảo vệ so lech dọc. Bảo vệ chống ngắn mạch ngoài và bảo vệ dự phòng chống ngắn mạch trong thường được áp dụng là bảo vệ dòng cực đại kết hợp với khoá điện áp hoặc với bộ lọc thứ tự nghịch. Bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse trong cuộn dây stator được thực hiện theo sơ đồ bảo vệ dòng điện thứ tự không.

**10.2.1. Bảo vệ quá dòng**

Bảo vệ quá dòng cũng được sử dụng như là bảo vệ dự phòng cho các máy phát có công suất nhỏ. Sơ đồ bảo vệ quá dòng cho máy phát được thể hiện trên hình 10.1. Bảo vệ quá dòng thường được kết hợp với khoá điện áp thấp với sự tham gia của role điện áp cực

tiểu RU < để phân biệt với chế độ quá tải. Bảo vệ tác động với 2 cấp thời gian : Cấp 1 tác động cắt máy cắt ở đầu cực máy phát với thời gian được phối hợp với thời gian của bảo vệ dự phòng đường dây và máy biến áp. Cấp 2 với thời gian lớn hơn sẽ tác động dừng máy phát.

a) Bảo vệ dòng điện cực đại

Dòng khởi động của role bảo  
vệ dòng điện cực đại được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} \quad (10.1)$$

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy, lấy trong khoảng 1,2 ÷ 1,3

$k_{mm}$  – hệ số mở máy trung bình;

$k_{tv} - h$  số trỏ về của role, (đối với role số  $k_{tv} = 0,98$  ; đối với role điện tử  $k_{tv} = 0,8 \div 0,85$  ;

$k_{sd}$  – hệ số sơ đồ;

n<sub>i</sub> – hệ số biến động;

$I_{vM}$  – dòng điện làm việc cực đại của máy phát, thường lấy bằng dòng định mức của máy phát.

Trên cơ sở dòng khởi động tính toán của role chọn dòng đặt  $I_{dRI>}$  có trị số gần nhất về phía trên

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ dòng điện cục đại là

$$I_{kdl} = \frac{I_{dRI} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (10.2)$$

### Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k,min}}{I_{kdl>}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kdl>}} \quad (10.3)$$

Hệ số nhạy không được nhỏ hơn 1,5.

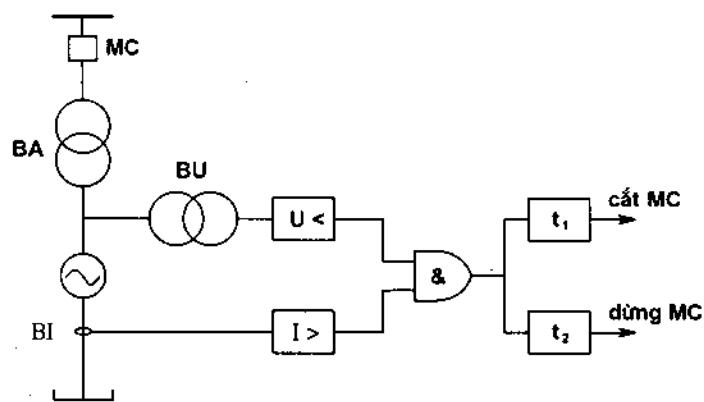
b) Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc} I_k^{(3)}}{n_i} k_{sd} \quad (10.4)$$

### Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd,CN} = \frac{I_{dR,n_i}}{k_{sd}} \quad (10.5)$$



**Hình 10.1.** Sơ đồ nguyên lý bảo vệ quá dòng máy phát

$I_{dR}$  – dòng đặt của role cắt nhanh chọn theo giá trị dòng khởi động tính toán với nấc chỉnh định gần nhất về phía trên.

Độ nhạy của bảo vệ cắt nhanh được xác định tương tự như biểu thức (10.3), giá trị của hệ số nhạy không nhỏ hơn hai ( $k_{nh} \geq 2$ )

### 10.2.2. Bảo vệ so lệch

#### a) Bảo vệ so lệch dọc

Sơ đồ bảo vệ so lệch dọc cuộn dây stator được thực hiện tương tự như đã trình bày ở chương 6. Trên hình 10.2 biểu thị sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch dọc cho cuộn dây stator. Dòng khởi động của bảo vệ so lệch được xác định theo dòng lớn nhất từ 2 điều kiện sau

$$\text{Điều kiện 1 : } I_{kd} = k_{tc}(0,3 \div 0,5)I_{n.F} \quad (10.6)$$

trong đó :  $I_{n.F}$  – dòng định mức của máy phát.

Điều kiện 2 :

$$I_{kd} = k_{tc}I_{kcb.Max} \quad (10.7)$$

$I_{kcb.Max}$  – dòng điện không cân bằng cực đại :

$$I_{kcb.Max} = k_a \cdot k_{cl} \cdot s_i \cdot I_k^{(3)}$$

$I_k^{(3)}$  – dòng ngắn mạch 3 pha trong máy phát, có thể xác định theo biểu thức

$$I_k^{(3)} = \frac{E_f}{\sqrt{\left(\frac{R_{qd}}{\alpha} + R_d\right)^2 + (\alpha X_d)^2}} = \frac{E_f}{Z_F} \quad (10.8)$$

$E_f$  – suất điện động của máy phát, ứng với điện áp pha ;

$R_{qd}$  – điện trở quá độ tại điểm ngắn mạch (trong trường hợp ngắn mạch kim loại  $R_{qd} = 0$ ) ;

$R_d$  – điện trở tác dụng của cuộn dây ;

$X_d$  – điện trở cảm kháng quá độ của cuộn dây ;

$\alpha$  – hệ số tính đến phần cuộn dây bị ngắn mạch (tính từ trung điểm) ;

$Z_F$  – điện trở máy phát.

Nếu xác định trong hệ đơn vị tương đối thì

$$I_k^{(3)} = \frac{E''}{X_d''} \cdot I_{n.F} \quad (10.9)$$

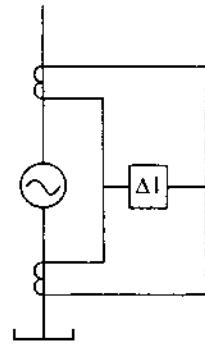
$E''$  – suất điện động của máy phát trong hệ đơn vị tương đối ;

$X_d''$  – điện trở siêu quá độ dọc máy phát trong hệ đơn vị tương đối.

$k_a$  – hệ số tính đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch

$k_{cl}$  – hệ số cùng loại của máy biến dòng (nếu các máy biến dòng ở 2 phía cùng loại thì  $k_{cl} = 0,5$ , còn khác loại thì lấy giá trị 1) ;

$s_i$  – sai số của máy biến dòng.



Hình 10.2. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch dọc cuộn dây stator

Dòng điện khởi động của role so lèch được xác định theo biếu thức

$$I_{kdRSL} = \frac{k_{sd} \cdot I_{kd}}{n_i} \quad (10.10)$$

trong đó :  $I_{kd}$  – dòng khởi động xác định từ các điều kiện (10.6) và (10.7)

Trên cơ sở giá trị dòng điện  $I_{kdRSL}$  chọn dòng đặt (dòng chỉnh định) của role  $I_{dR}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lèch được xác định theo biếu thức

$$I_{kdSL} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (10.11)$$

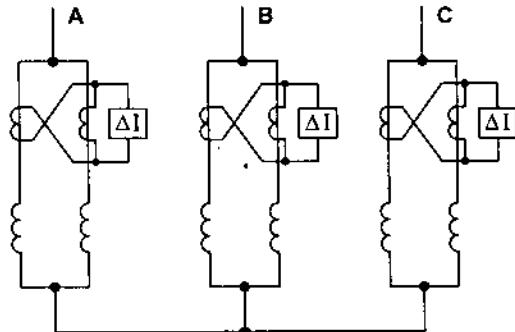
Độ nhạy được xác định tương tự như biếu thức (10.3)

Role kỹ thuật số thường áp dụng cho bảo vệ so lèch máy phát là loại 7UT512 mà đã được trình bày trong chương 7.

### b) Bảo vệ so lèch ngang

Bảo vệ chống ngắn mạch giữa các vòng dây được thực hiện theo nguyên lý bảo vệ so lèch ngang có kết hợp bộ lọc sóng hài. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch ngang cuộn dây stator được thể hiện trên hình 10.3.

Khi có ngắn mạch ngoài hoặc ở chế độ làm việc bình thường thì suất điện động của 2 nhánh bằng nhau nên sẽ không có dòng điện đi vào role. Khi một số vòng dây bị ngắn mạch thì suất điện động trong 2 nhánh sẽ không còn cân bằng nữa, lúc đó sẽ xuất hiện dòng điện chạy vào role và role sẽ tác động khi dòng điện này lớn hơn dòng khởi động.



Hình 10.3. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch ngang cuộn dây stator

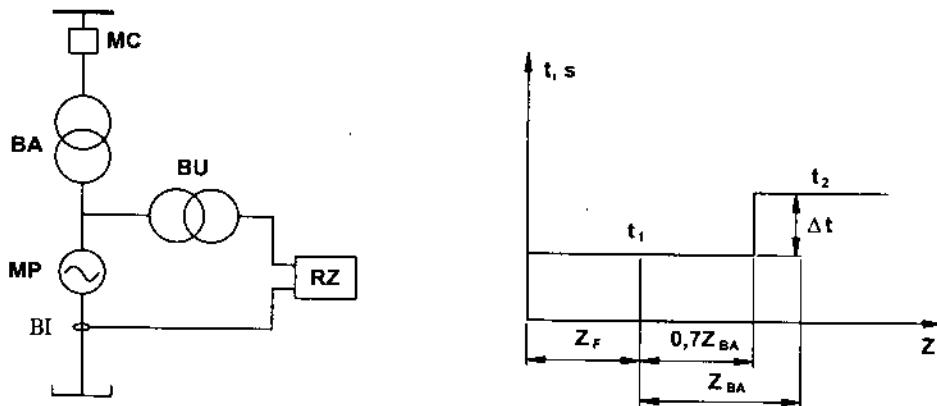
### 10.2.3. Bảo vệ khoảng cách

Bảo vệ khoảng cách được sử dụng với tư cách là bảo vệ dự phòng cho máy phát. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ khoảng cách máy phát được thể hiện trên hình 10.4. Bảo vệ được thực hiện với 2 vùng tác động : Vùng 1 bảo vệ toàn bộ cuộn dây máy phát và khoảng 70% cuộn dây của máy tăng áp với thời gian tác động  $t_1 = 0,4 \div 0,5$ s. Vùng 2 bao phủ phần còn lại của máy biến áp và hệ thống thanh cái. Điện trở khởi động vùng 1

$$Z_{kd}^I = X_F + 0,7 \cdot Z_{BA} \quad (10.12)$$

$X_F$  – điện trở của máy phát điện ;

$Z_{BA}$  – điện trở của máy biến áp.



**Hình 10.4.** Sơ đồ bảo vệ khoảng cách máy phát  
a) sơ đồ nguyên lý ; b) biểu đồ thời gian tác động

Điện trở của máy phát được xác định theo biểu thức

$$X_F = x_d'' \frac{U_{nF}^2}{S_F} \quad (10.13)$$

$U_{nF}$  – điện áp định mức của máy phát

$S_F$  – công suất định mức của máy phát

Điện trở của máy biến áp

$$Z_{BA} = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 S_{BA}}, \Omega \quad (10.14)$$

$U_k$  – giá trị điện áp ngắn mạch của máy biến áp ;

$S_{BA}$  – công suất định mức của máy biến áp ;

$U_{nBA}$  – điện áp định mức của máy biến áp.

Điện trở khởi động của vùng 2

$$Z_{kd}^{II} = X_F + Z_{BA} + Z_{TC}, \Omega \quad (10.15)$$

$Z_{TC}$  – điện trở của hệ thống thanh cáp quy về cấp điện áp máy phát

Thời gian tác động của vùng bảo vệ 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (10.16)$$

$$\Delta t_1 = t_{Mc} + s_t \cdot t_1 + t_{qt+dt} \quad (10.17)$$

$t_{Mc}$  – thời gian tác động của máy cắt ;

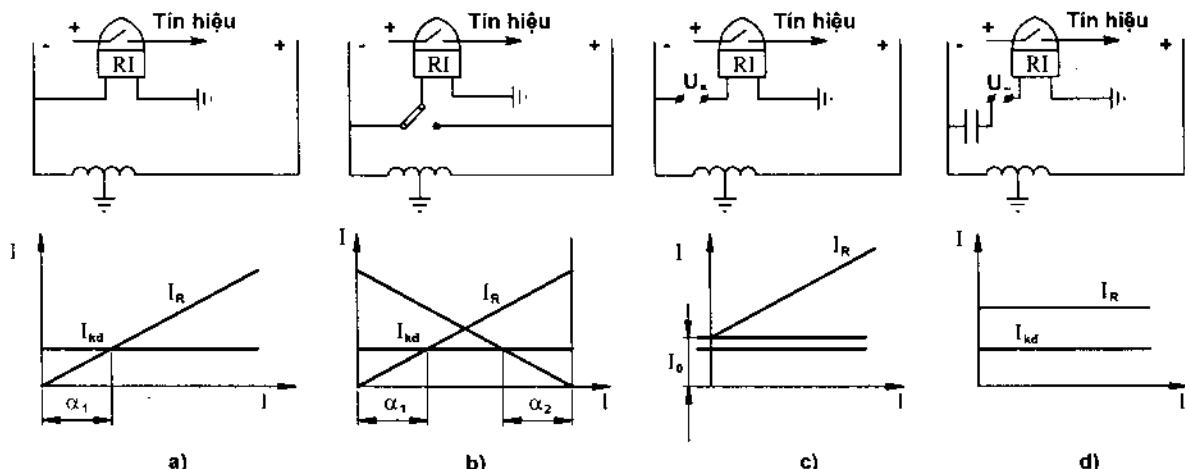
$s_t$  – sai số thời gian của role ;

$t_{qt,dt}$  – sai số do quán tính và thời gian dự trữ.

### 10.3. BẢO VỆ CHỐNG NGĂN MẠCH CHẠM MASSE TRONG MẠCH KÍCH TỪ

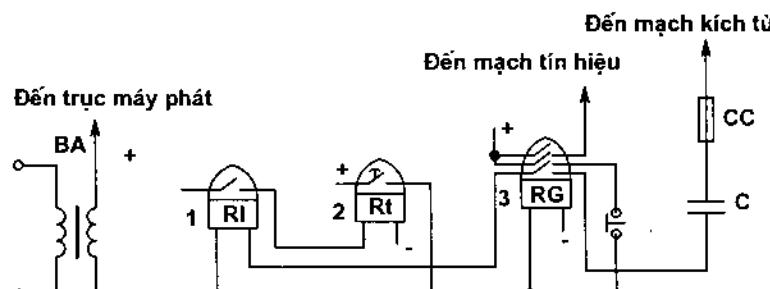
### 10.3.1. Chống chấn masse tại 1 điểm

Bảo vệ tác động đưa ra tín hiệu (sơ đồ hình 10.5.a). Rôle dòng được mắc giữa một cực của cuộn dây kích từ với vỏ (đất). Khi có ngắn mạch chạm masse sẽ hình thành mạch vòng.



**Hình 10.5.** Nguyên lý thực hiện bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse một điểm trong mạch kích từ

Dòng điện đi vào rôle  $I_R$  tỷ lệ với số vòng dây bị ngắn mạch. Sơ đồ này có một vùng chết (khi ngắn mạch xảy ra ở gần cực nối với rôle). Để hạn chế ảnh hưởng của vùng chết, rôle được mắc qua một tiếp điểm đổi chiều, cho phép thay đổi cực dấu của rôle (hình 10.5.b). Để loại trừ vùng chết người ta mắc rôle vào một nguồn bổ xung một chiều (hình 10.5.c) hoặc nguồn bổ xung xoay chiều (hình 10.5.d). Sự có mặt của tụ điện trong sơ đồ hình 10.5.d cho phép cách ly thiết bị bảo vệ với cuộn kính từ. Tuy nhiên độ nhạy của sơ đồ bị hạn chế bởi điện dung của mạch kính từ so với đất, vì vậy sơ đồ này chỉ áp dụng cho các máy phát công suất nhỏ. Một trong những phương án thực hiện bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse của mạch kính từ được thể hiện trên hình 10.6.

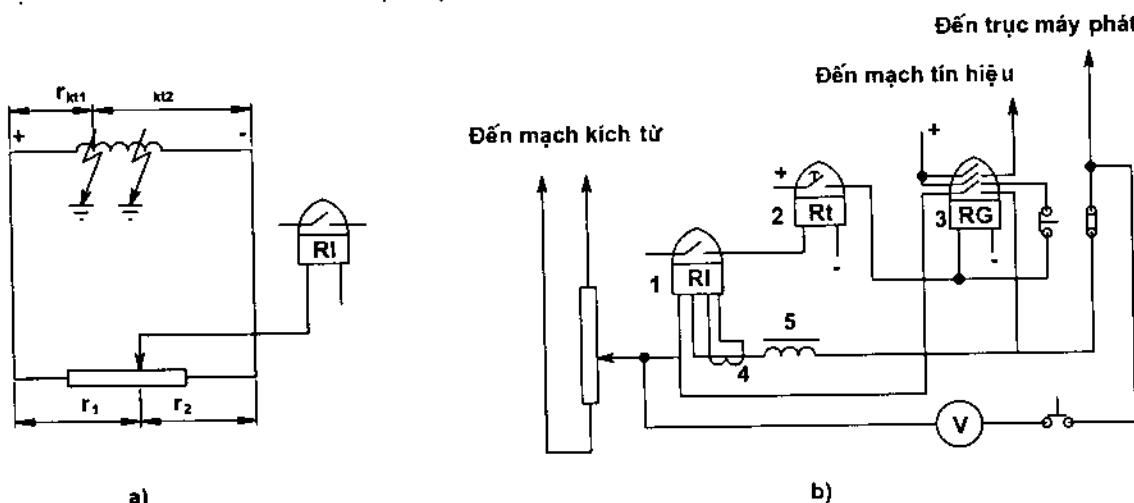


**Hình 10.6.** Sơ đồ bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse tại 1 điểm trong mạch kích từ

Máy biến áp trung gian được cung cấp từ nguồn độc lập (chẳng hạn như từ máy biến áp tự dùng). Một đầu của máy biến áp BA được đấu với trục của máy phát (theo kiểu nối masse) bởi một cỏ góp đặc biệt, đầu kia được nối vào rôle dòng. Rôle trung gian có tiếp điểm tự duy trì để loại trừ hiện tượng dòng chạy quá lâu qua cuộn dây rôle dòng. Rôle thời gian có vai trò duy trì thời gian cần thiết để loại trừ khả năng tác động nhầm khi có hiện tượng quá dòng ngắn hạn.

### 10.3.2. Bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse tại 2 điểm trong mạch kích từ

Sơ đồ bảo vệ chống ngắn mạch tại 2 điểm trong mạch kích từ được thể hiện trên hình 10.7. Bảo vệ được thực hiện theo nguyên lý của cầu cân bằng. Rôle dòng được mắc trên đường chéo của mạch cầu. Khi có sự cố ngắn mạch chạm masse tại 1 điểm trong mạch kích từ thì cơ cấu bảo vệ được mắc vào mạch kích từ này.



Hình 10.7. Sơ đồ bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse tại 2 điểm trong mạch kích từ  
a) Sơ đồ nguyên lý hoạt động ; b) Sơ đồ thực hiện bảo vệ

Với sự trợ giúp của con chạy cầu, được điều chỉnh ở trạng thái cân bằng. Khi sự cố ngắn mạch chạm masse xảy ra ở điểm thứ 2 thì sự cân bằng của cầu bị vỡ và sẽ có một dòng điện chạy qua rôle, nếu dòng điện này lớn hơn dòng khởi động thì rôle sẽ tác động đưa tín hiệu đến cơ cấu thừa hành để thực hiện việc bảo vệ máy phát. Máy biến dòng 4 có nhiệm vụ lọc thành phần xoay chiều của dòng điện đưa vào rôle. Rôle dòng là loại đặc biệt có cuộn hõm với mục đích ngăn không cho tác động khi xuất hiện thành phần xoay chiều. Cuộn chấn lưu 5 trong sơ đồ có nhiệm vụ làm giảm dòng điện xoay chiều chạy qua rôle do khe hở không khí giữa phần động và phần tĩnh máy phát không đều dẫn đến sự xuất hiện của từ thông đập mạch qua cuộn dây kích từ.

## 10.4. BẢO VỆ CHỐNG CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC KHÔNG BÌNH THƯỜNG CỦA MÁY PHÁT

Chế độ làm việc không bình thường là chế độ làm việc quá tải, chế độ quá áp, để bảo vệ chống chế độ này thường áp dụng các sơ đồ bảo vệ sau :

- bảo vệ chống quá áp ;
- bảo vệ chống giảm áp ;
- bảo vệ quá dòng chống chế độ quá tải đối xứng ; quá tải không đối xứng ;
- bảo vệ chống chế độ giảm tần số ;
- bảo vệ quá dòng chống luồng công suất ngược v.v...

#### 10.4.1. Bảo vệ chống quá áp

Bảo vệ chống quá áp trong trường hợp giảm tải đột ngột chỉ xét đối với máy phát thuỷ điện, vì trong trường hợp này, do ảnh hưởng của quan tính điều chỉnh tốc độ lớn, sự quá áp ở máy phát thuỷ điện có thể đạt đến 2 lần giá trị định mức, do đó gây nguy hiểm cho cách điện của stator. Còn đối với máy phát tuabin hơi, nơi quan tính điều chỉnh tốc độ quay rất nhỏ nên không cần xét đến sự tác động của quá áp.

Bảo vệ chống quá áp cho máy phát tuabin nước thường được thực hiện với một role điện áp với điện áp khởi động là  $U_{kd} = (1,1 \div 1,5)U_{n.F}$  và 1 role thời gian với thời gian duy trì là 0,5 giây. Bảo vệ gửi tín hiệu đến cơ cấu thừa hành để cắt máy cắt và khử từ trường. Bảo vệ chống quá áp của máy phát điện thường được thực hiện theo 2 cấp :

- Cấp 1 có điện áp khởi động khoảng  $U_{kdR1} = 1,1U_n$ , gửi tín hiệu đến hệ thống tự động điều chỉnh kích từ để giảm dòng kích thích của máy phát.
- Cấp 2 với điện áp khởi động  $U_{kdR2} = (1,3 \div 1,5)U_n$ . Bảo vệ cấp 2 tác động tức thời gửi tín hiệu đến cắt máy cắt và khử từ trường của máy phát.

#### 10.4.2. Bảo vệ chống giảm áp

Máy phát được bảo vệ chống giảm áp nhằm tránh hiện tượng quá nhiệt khi điện áp thấp. Điện áp khởi động của role điện áp được xác định theo các điều kiện : role phải trở về sau khi cắt ngắn mạch ngoài và không được tác động khi tự hoà đồng bộ mà máy phát bị mất kích từ, do đó :

- Đối với tuabin hơi :  $U_{kd} = (0,5 \div 0,6)U_{n.F}$
- Đối với tuabin nước :  $U_{kd} = (0,65 \div 0,7)U_{n.F}$

Thời gian tác động khoảng 10s.

#### 10.4.3. Bảo vệ chống quá tải

Sự quá tải của máy phát làm cho máy bị nóng quá mức cho phép. Sự quá tải có thể do máy phát làm việc ở trạng thái quá kích thích sâu, vận hành với hệ số công suất thấp, thành phần công suất phản kháng có thể đạt đến giá trị quá mức cho phép v.v... Thời gian chịu quá tải của máy phát phụ thuộc vào mức độ quá tải, sẽ giảm theo tỷ lệ nghịch của mức quá tải. Thời gian quá tải cho phép có thể được biểu diễn bởi công thức

$$t_{cp} = T \frac{a - 1}{k_{ql} - 1} \quad (10.18)$$

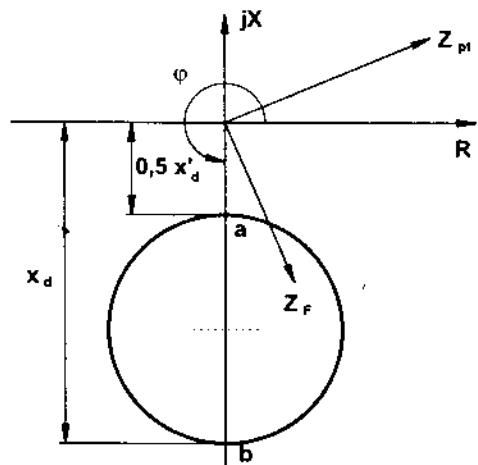
T – hằng số thời gian đốt nóng, phụ thuộc vào kết cấu của máy phát  
 a – hệ số phụ thuộc vào đặc tính quá dòng và loại máy phát ;  
 $k_{qt}$  – hệ số quá tải.

Tín hiệu quá tải có thể lấy gián tiếp từ nhiệt độ của môi chất làm mát, hoặc trực tiếp từ dòng điện của cuộn dây stator. Tín hiệu của bảo vệ được đưa đến để cắt bớt tải hoặc giảm kích từ máy phát.

#### 10.4.4. Bảo vệ chống dòng công suất ngược

Khi dòng công suất chạy từ hệ thống vào máy phát thì máy phát sẽ làm việc như một động cơ điện như một máy nén, làm cho cánh tuabin có thể nóng quá mức, thậm chí có thể làm nổ máy phát. Bảo vệ chống dòng công suất ngược được thực hiện với sự tham gia của role định hướng công suất. Bảo vệ có 2 cấp tác động : cấp thứ nhất tác động sau khi van STOP khẩn cấp làm việc với thời gian  $2 \div 5$  s ; Cấp thứ 2 tác động không qua tiếp điểm của van STOP với thời gian  $12 \div 20$  s.

#### 10.4.5. Bảo vệ chống mất kích từ



Hình 10.8. Biểu đồ thay đổi tổng trở trên đầu cực máy phát khi mất kích từ

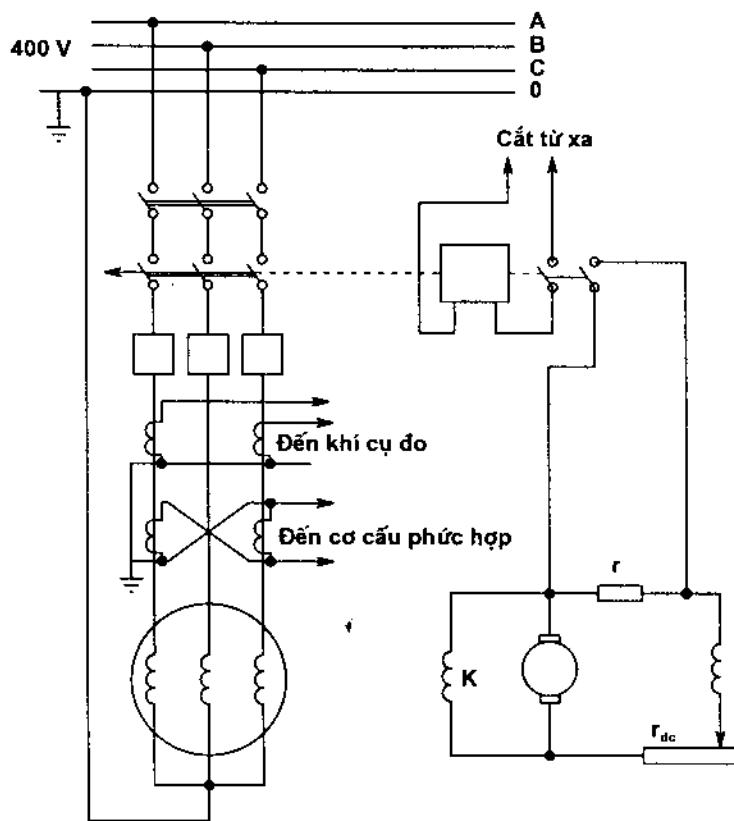
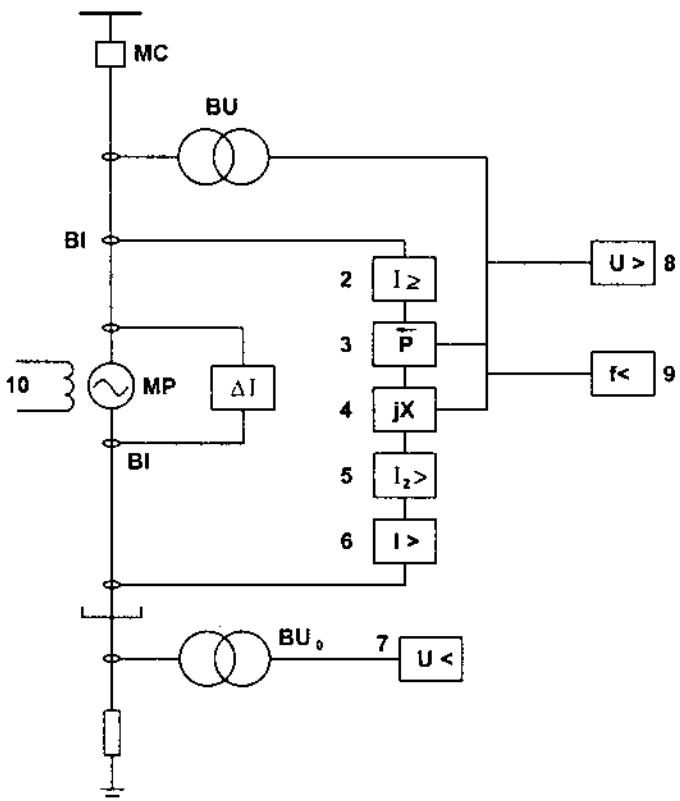
Khi máy phát bị mất kích từ thì sẽ dẫn đến sự mất đồng bộ, gây quá nhiệt cho các phần tử máy phát. Ở chế độ làm việc bình thường khi công suất phát vào hệ thống  $P > 0$  và  $Q > 0$ , đặc tính tổng trở của máy phát nằm ở góc phần tư thứ nhất, khi mất kích từ máy phát nhận công suất phản kháng từ hệ thống ( $P > 0$  và  $Q < 0$ ) nên đặc tính tổng trở chuyển sang góc phần tư thứ tư. Điện trở kháng của máy phát sẽ thay đổi từ  $x_d$  (diện trở đồng bộ) đến  $x'_d$  (diện trở quá độ) và có thể giảm tới giá trị  $\sqrt{2} \cdot x_d$  nên để phát hiện sự mất kích từ người ta có thể sử dụng role điện trở với đặc tính vòng tròn có tâm nằm trên trục tung của mặt phẳng tổng trở phức (hình 10.8). Điểm a ứng với trường hợp ngắn mạch kích từ khi máy phát đầy tải, điểm b ứng với trường hợp không tải.

### 10.5. SƠ ĐỒ BẢO VỆ MÁY PHÁT

Đại diện của sơ đồ một sối bảo vệ cho máy phát công suất thấp (<50MWVA) được thể hiện trên hình 10.9. Các chức năng của các bảo vệ được thể hiện đầy đủ trên sơ đồ, tuy nhiên trong thực tế tùy theo điều kiện cụ thể mà người ta trang bị tất cả hoặc từng phần. Các bảo vệ chống quá tải và bảo vệ chống dòng công suất ngược được lấy tín hiệu qua các máy biến dòng có cấp chính xác là 0,2, các bảo vệ khác dùng máy biến dòng thông thường.

Hình 10.9. Sơ đồ tổng quát bảo vệ máy phát công suất bé (< 50MVA)

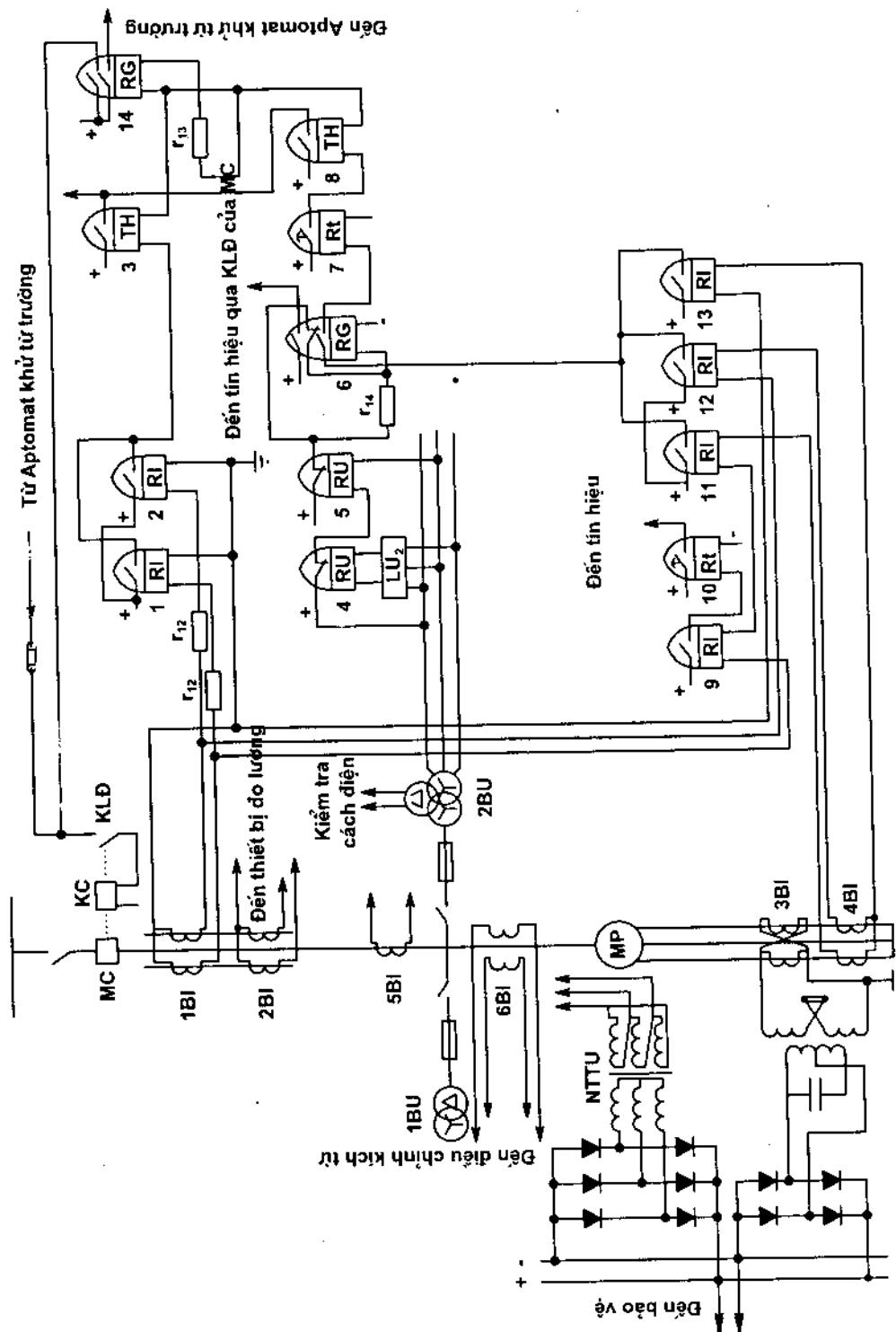
1. bảo vệ so lệch ;
2. bảo vệ quá tải ;
3. bảo vệ công suất ngược ;
4. bảo vệ chống mất kích từ ;
5. bảo vệ quá dòng thứ tự nghịch ;
6. bảo vệ quá dòng ngưỡng thấp ;
7. bảo vệ chống chạm đất cuộn stator ;
8. bảo vệ chống quá áp ;
9. bảo vệ chống giảm tần số ;
10. bảo vệ chạm đất cuộn rotor



Đối với các trạm phát điện công suất nhỏ, nơi chỉ có một cấp điện áp  $< 1000V$  trực tiếp cung cấp cho các hộ dùng điện, các phan tử thường được bảo vệ bởi các aptomat có trang bị cơ cấu chống quá dòng, chống quá và thiếu áp (hình 10.10).

Hình 10.10. Sơ đồ bảo vệ máy phát điện 0,4 kV

Sơ đồ bảo vệ máy phát tuabin hơi  $6 \div 10$  kV được thể hiện trên hình 10.11. Trong sơ đồ có trang bị các bảo vệ so lech, bảo vệ quá dòng kết hợp tụt áp. Bảo vệ so lech được thực hiện bởi các role 1 và 2. Để giảm ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng



Hình 10.11. Sơ đồ bảo vệ máy phát tuabin hơi  $6 \div 10$  kV, công suất đến 50 MVA

điện không cân bằng, các điện trở phụ  $r_f$  được mắc thêm vào mạch của role so lệch. Bảo vệ quá dòng với khoá điện áp được thực hiện bởi các role 11, 12 và 13 cùng với sự hỗ trợ của 2 role điện áp 4 và 5, ngoài ra để tăng độ nhạy, trong sơ đồ được bố trí một bộ lọc thứ tự nghịch LU<sub>2</sub>.

Khi có ngắn mạch 3 pha các role dòng tác động đưa nguồn đến role trung gian 6, đồng thời các tiếp điểm của role 5 được đóng lại cấp nguồn cho role 7 qua các tiếp điểm vừa đóng của role trung gian 6. Sau một thời gian trễ tín hiệu được đưa di cắt máy cắt và khử từ trường.

Khi xảy ra ngắn mạch không đối xứng, bộ lọc thứ tự nghịch sẽ phát tín hiệu, role trung gian 6 thực hiện chức năng bổ xung về trạng thái của mạch áp. Các cầu chì bảo vệ BU có thể được thay thế bởi các aptomat để có thể loại trừ hiện tượng mất đối xứng của điện áp và khả năng tác động nhầm của role 4 khi cầu chì ở các pha của BU bị cháy.

Bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất được thực hiện dưới dạng kiểm tra cách điện qua tín hiệu lấy từ cuộn tam giác hở của máy biến áp BU2. Bảo vệ chống quá tải được thực hiện bởi role dòng 9 và role thời gian 10. Căn cứ vào trạng thái của các role có thể nhận biết được các nguyên nhân xảy ra sự cố trong máy phát.

## 10.6. BẢO VỆ ĐỘNG CƠ ĐIỆN

Nhìn chung các sự cố xảy ra trong các động cơ điện cũng tương tự như đối với các máy phát, tuy nhiên các sơ đồ bảo vệ cho các động cơ không hoàn toàn giống như đối với máy phát. Chúng ta sẽ xét một số đặc điểm của các sơ đồ bảo vệ động cơ sau.

### 10.6.1. Bảo vệ động cơ điện áp dưới 1000 V

#### a) Bảo vệ chống ngắn mạch và quá tải

Các động cơ đồng bộ và dị bộ dưới 1000V thường chỉ được bảo vệ chống ngắn mạch giữa các pha và chống quá tải. Bảo vệ chống ngắn mạch thường được thực hiện bởi cầu chì hoặc aptomat cắt tức thời. Dòng điện khởi động của cầu chì được xác định theo điều kiện mở máy của động cơ

$$I_{kd} = \frac{k_{mm} I_{n,dc}}{\alpha_m} \quad (10.19)$$

$k_{mm}$  – hệ số mở máy của động cơ;

$I_{n,dc}$  – dòng định mức của động cơ;

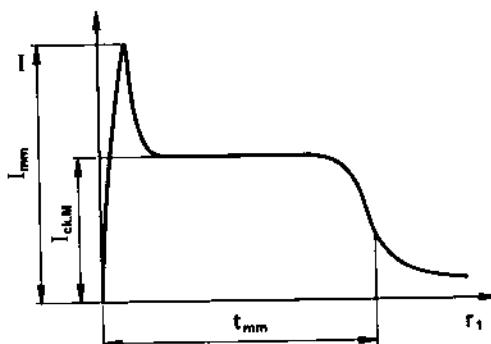
$\alpha_m$  – hệ số phụ thuộc vào chế độ mở máy động cơ;

Bảng 10.1 :

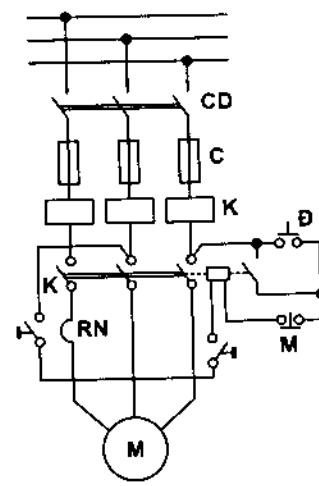
GIÁ TRỊ CỦA HỆ SỐ  $\alpha_m$

Đặc điểm khởi động	Nặng nề	Ngắn hạn	Nhẹ
Giá trị của $\alpha_m$	1,6	2	2,5

Sự biến đổi của dòng điện mở máy của động cơ được thể hiện trên hình 10.12.a. Để bảo vệ làm việc tin cậy các role nhiệt của khởi động từ phải có nhiệt dung nhỏ hơn của bản thân động cơ điện. Trong trường hợp đó sự quá tải của động cơ sẽ được cắt trước khi đạt đến giá trị quá tải cho phép của nó. Trong thực tế chế độ làm việc của role nhiệt phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ môi trường xung quanh, vì vậy việc chỉnh định một cách chính xác dòng khởi động của role nhiệt phù hợp với khả năng quá tải của động cơ là một vấn đề phức tạp. Sơ đồ bảo vệ động cơ hạ áp được thể hiện trên hình 10.12.b. Sự bảo vệ của động cơ được thực hiện bởi các role nhiệt RN gắn ngay trong các khởi động từ và bởi các cầu chì CC, mắc cùng với cầu dao.



a)



b)

**Hình 10.12 a)** Sự thay đổi của dòng điện mở máy theo thời gian ;

b) Sơ đồ bảo vệ so lech dọc động cơ điện dưới 1000 V

CD – cầu dao ; CC – cầu chì ; RN – role nhiệt

Thời gian tác động của bảo vệ chống quá tải  $t = 10 \div 15$  giây. Bảo vệ chống ngắn mạch 1 pha được xét đến nếu dòng ngắn mạch chạm đất lớn hơn 10A. Bảo vệ chống sụt áp được xét đến trong các trường hợp :

- Động cơ không thể tự khởi động ;
- Đảm bảo an toàn cho các quá trình công nghệ sản xuất ;
- Ngăn ngừa tình trạng động cơ bị đốt nóng quá mức do khi tự mở máy mômen quay nhỏ hơn mômen cản ;
- Đối với các động cơ có vai trò quan trọng.

Điện áp khởi động của role RU được xác định phụ thuộc vào loại bảo vệ, thường trong khoảng

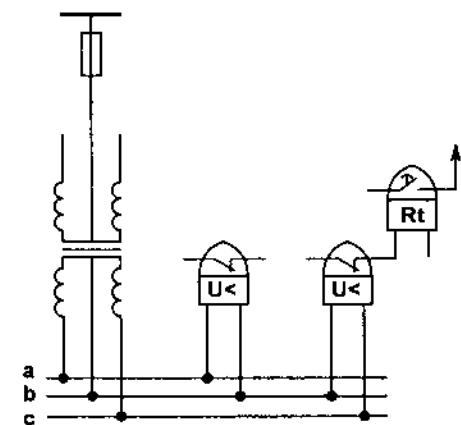
$$U_{kd} = (0,55 \div 0,65)U_n \quad (10.20)$$

Thời gian tác động  $t = 0,5$  s.

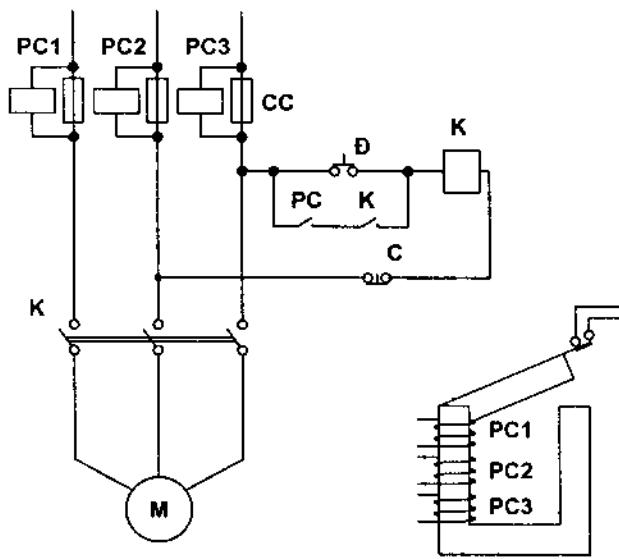
Sơ đồ bảo vệ điện áp cực tiểu được thể hiện bởi 2 hoặc 3 rơle điện áp (hình 10.13) mắc theo sơ đồ điện áp dây, các tiếp điểm của mạch thao tác của chúng được mắc nối tiếp. Sơ đồ tác động với mọi loại ngắn mạch và sẽ không tác động nhầm khi cầu chảy của 1 trong các pha bên cạnh bị cháy.

**b) Bảo vệ chống mất pha**

Phản ứng nguyên nhân dẫn đến mất pha của động cơ điện là do cầu chảy bị cháy. Khi một trong các pha bị mất thì động cơ sẽ phải làm việc ở chế độ phi đối xứng. Trong chế độ phi đối xứng, ngoài thành phần điện áp thứ tự thuận còn có các thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không. Thành phần thứ tự nghịch sinh ra mômen quay ngược chiều so với từ trường quay của động cơ, do đó động cơ phải chịu một mômen cản lớn dẫn đến sự phát nóng quá mức làm cháy động cơ nếu không kịp thời loại ra khỏi mạch. Sơ đồ bảo vệ chống mất pha của động cơ được thực hiện với nhiều phương án khác nhau. Một trong các sơ đồ bảo vệ chống mất pha đơn giản được thể hiện bởi rơle 3 cuộn dây (hình 10.14.a).



Hình 10.13. Sơ đồ bảo vệ điện áp cực tiểu động cơ điện



a)

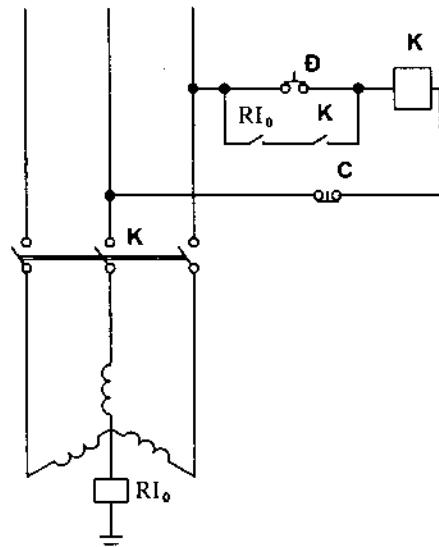
b)

c)

Hình 10.14. Bảo vệ chống mất pha cho động cơ

- Sơ đồ nguyên lý bảo vệ chống mất pha bằng rơle 3 cuộn dây ;
- Nguyên lý thực hiện rơle 3 cuộn dây ;
- Sơ đồ bảo vệ chống mất pha bằng rơle thứ tự không  $RI_0$  mắc trong mạch trung tính

Trong sơ đồ này rơle có 3 cuộn dây mắc chung trên một mạch từ. Mỗi cuộn dây được mắc song song với một cầu chảy. Khi cầu chảy bị cháy thì sẽ có dòng điện chạy qua cuộn



dây và lập tức làm cho role khởi động đưa tín hiệu đến cắt khởi động từ K. Nếu nguồn điện được mắc trong mạng có dây trung tính nối đất thì có thể áp dụng sơ đồ bảo vệ chống mất pha bằng role thứ tự không  $RI_0$  mắc giữa điểm trung tính và đất (hình 10.14.c). Ở chế độ làm việc bình thường dòng điện chạy qua  $RI_0$  rất nhỏ, trong trường hợp mất pha, điện áp giữa điểm trung tính và đất rất lớn dẫn đến sự tác động của role, đưa tín hiệu đến cắt khởi động từ K. Phương án này có thể dễ dàng thực hiện với sự hỗ trợ của aptomat kiểu AΠ-50, loại aptomat này có cuộn cắt trung tính đặc biệt cho phép cắt tức thời khi có sự xuất hiện dòng điện trên dây trung tính.

### 10.6.2. Bảo vệ động cơ điện áp trên 1000V

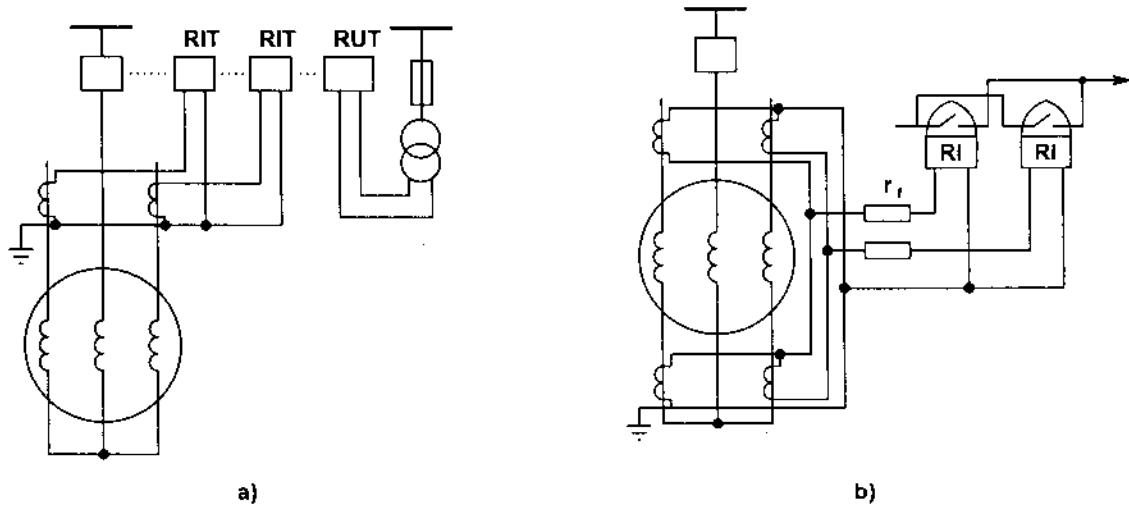
Các động cơ đồng bộ và không đồng bộ (đi bộ) trên 1000V được bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha trên các cực cuộn dây stator, chống ngắn mạch chạm đất trong mạch stator, hiện tượng mở máy kéo dài hoặc tự mở máy, chế độ mất đồng bộ (ở động cơ đồng bộ, chế độ mất nguồn hoặc giảm áp).

Việc bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha sẽ đưa tín hiệu đến các cơ cấu thửa hành để cắt động cơ và đồng thời đến cơ cấu khử từ trường khi cần thiết. Dòng điện khởi động của role dòng được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc} k_{sd} I_{ck.M}}{n_i} \quad (10.21)$$

$I_{ck.M}$  – thành phần chu kỳ của dòng mở máy động cơ, có giá trị bằng  $\frac{k_{mm}}{\alpha_m} I_{n.dc}$ .

Từ đó  $I_{kdR} = \frac{k_{tc} k_{sd} k_{mm} I_{n.dc}}{\alpha_m \cdot n_i}$  (10.22)



Hình 10.15. Sơ đồ bảo vệ so lèch dọc động cơ điện trên 1000V công suất dưới 5000kW

a) Sơ đồ bảo vệ cắt nhanh với các role dòng và áp tác động trực tiếp

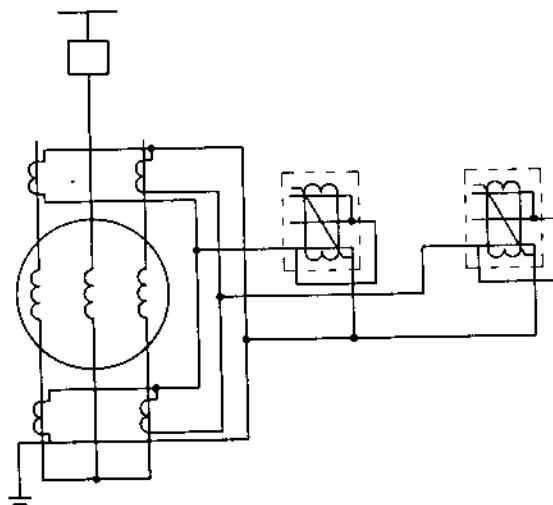
b) Sơ đồ bảo vệ so lèch theo nguyên lý dòng điện tuần hoàn

RIT – role dòng tác động trực tiếp ; RUT – role áp tác động trực tiếp

Đối với các động cơ công suất dưới 5000 kW, loại bảo vệ thường được áp dụng là bảo vệ cắt nhanh với dòng khởi động được chỉnh định theo dòng tự mở máy, các role dòng kiểu tác động trực tiếp RIT. Ngoài các role dòng trong sơ đồ còn bổ trí một role điện áp tác động trực tiếp RUT, role này sẽ khởi động khi điện giảm (hình 10.15.a).

Đối với các động cơ công suất dưới 5000 kW mà có 6 đầu ra của cuộn dây stator hoặc trong trường hợp bảo vệ cắt nhanh không đáp ứng yêu cầu về độ nhạy, bảo vệ so lèch theo nguyên lý dòng tuần hoàn sẽ được áp dụng. Bảo vệ được thực hiện theo sơ đồ sao thiểu (hình 10.15.b). Trong sơ đồ này một điện trở phụ  $r_f$  với trị số khoảng  $5 \Omega$ , được mắc trong mạch role nhằm giảm giá trị của dòng điện không cân bằng.

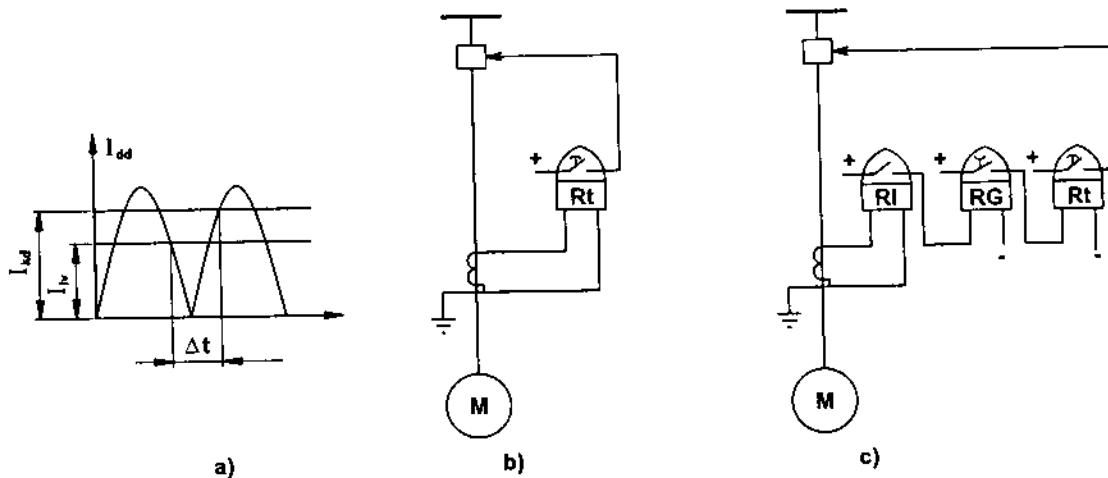
Động cơ công suất trên 5000 kW được bảo vệ bởi sơ đồ so lèch với các máy biến dòng mắc theo sơ đồ sao thiểu hoặc sao đủ với role mắc qua máy biến dòng bảo hòa trung gian (hình 10.16)



Hình 10.16. Sơ đồ bảo vệ so lèch dòng có điện trên 1000 V công suất trên 5000 kW

### 10.6.3. Bảo vệ động cơ đồng bộ

Giống như đối với động cơ không đồng bộ, bảo vệ động cơ đồng bộ phải xem xét đến sự nhảy vọt của dòng điện mở máy, tuy nhiên ở đây còn phải tính tới sự lèch khởi động bộ do sự giảm áp, do sự giảm dòng kích từ hoặc do sự quá tải gây nên. Trong các trường hợp đó bảo vệ cần phải hướng tới sự tái đồng bộ hoặc là cắt động cơ. Sự dao động của dòng điện ở chế độ không đồng bộ được thể hiện trên hình 10.17.a. Bảo vệ chống chế độ không đồng bộ phản ứng theo sự dao động của dòng điện trong stator hoặc trong rotor.



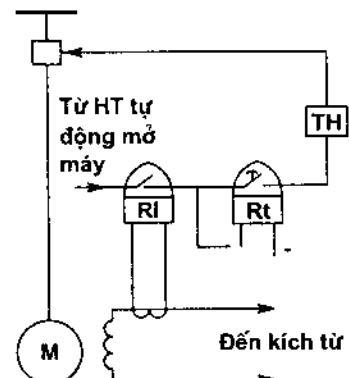
Hình 10.17. Các phương án bảo vệ chống mất đồng bộ phản ứng theo sự dao động của dòng điện stator  
a) Sự dao động của dòng điện ở chế độ không đồng bộ của động cơ ; b) Phương án dùng 1 role dòng ;  
c) phương án dùng role dòng, role trung gian và role thời gian

Sự tác động của sơ đồ dựa trên cơ sở là role không kịp trở lại trạng thái ban đầu trong khoảng thời gian giảm của dòng điện giữa các chu kỳ dao động và tích dần các xung tác động đến cắt động cơ. Trên sơ đồ 10.17.c Sự trở về trễ của role trung gian cho phép ngăn ngừa sự trở lại trạng thái ban đầu của role thời gian trong chu kỳ giảm của dòng điện dao động.

Trên hình 10.18. biểu thị sơ đồ bảo vệ chống mất đồng bộ của động cơ phản ứng theo sự xuất hiện của thành phần chu kỳ của dòng điện trong mạch rotor. Sự có mặt của role thời gian cần thiết cho việc chỉnh định chống ngắn mạch không đối xứng ngoài, khi đó thành phần thứ tự nghịch của dòng ngắn mạch cũng sinh ra dòng chu kỳ trong mạch rotor. Trong thời gian gần đây người ta thường sử dụng role kỹ thuật số để bảo vệ cho các động cơ công suất lớn. Role kỹ thuật số ngoài chức năng bảo vệ còn làm nhiệm vụ đo lường và điều khiển. Các chức năng cơ bản của role số là :

- bảo vệ quá dòng (cắt nhanh và cắt có thời gian) ;
- bảo vệ chống chạm masse ;
- bảo vệ chống quá tải ;
- bảo vệ chống mất đối xứng ;
- bảo vệ so lệch ;
- bảo vệ chống quá áp và giảm áp ;
- giám sát nhiệt độ của các ổ bi và của động cơ ;
- giám sát số lần khởi động trong một khoảng thời gian xác định ;
- giám sát mức tiêu thụ công suất phản kháng ;

đo các tham số chế độ như dòng, áp, công suất tần số,  $\cos\phi$ , tốc độ quay v.v...



Hình 10.18. Sơ đồ bảo vệ chống mất đồng bộ theo nguyên lý dao động của dòng điện

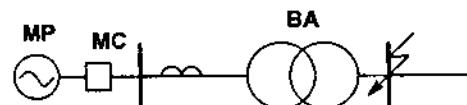
## 10.7. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 10.1.** Tính toán bảo vệ role cho nhà máy điện với máy phát có công suất định mức  $S_n = 30$  MVA, điện áp định mức là 6,3 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là  $E_* = 1,05$ , điện trở siêu quá độ dọc trực  $x_d'' = 0,125$ , máy tăng áp loại TĐГ.40000/110 có công suất định mức là  $S_{BA} = 40$  MVA, điện định mức sơ cấp 6,3 kV và thứ cấp là 115 kV, điện áp ngắn mạch  $U_k = 10,5\%$ . Máy cắt dùng loại khí SF<sub>6</sub>, điện trở của hệ thống thanh cái thứ cấp quy về cấp điện áp máy phát là  $Z_{TC} = 0,01\Omega$ .

*Giải*

Trước hết ta xác định dòng điện định mức của máy phát

$$I_F = \frac{S_F}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 6,3} \cdot 10^3 = 2749,29 \text{ A} ;$$



Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bão hòa nhanh  $I_{nl} = 4000$ , dòng định mức thứ cấp là 5 A, vậy tỷ số biến dòng sẽ là :

$$n_i = \frac{4000}{5} = 800 ;$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng : ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình sao đủ, như vậy hệ số sơ đồ là  $k_{sd} = 1$ .

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_k^{(3)} = \frac{E''}{x''} I_F = \frac{1,05}{0,125} \cdot 2749,29 = 22205,78 \text{ A} ;$$

**a) Bảo vệ quá dòng**

– Bảo vệ dòng điện cực đại

Dòng khởi động của role được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc} k_{sd}}{k_{tv} n_i} k_{mm} I_F = \frac{1,2 \cdot 1}{0,98 \cdot 800} \cdot 1,5 \cdot 2749,29 = 6,31 \text{ A}$$

Chọn role có hệ số trớ về là  $k_{tv} = 0,98$  và dòng đặt là  $I_{dRI>} = 6,5 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ dòng điện cực đại là

$$I_{kdI>} = \frac{I_{dRI>} n_i}{k_{sd}} = \frac{6,5 \cdot 800}{1} = 5200 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kdI>}} = \frac{0,87 \cdot 22205,78}{5200} \approx 7,69 > 1,5$$

Vậy độ nhạy của bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

– Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc} I_k^{(3)}}{n_1} k_{sd} = \frac{1,2 \cdot 22205,78}{800} 1 = 34,64 \text{ A} ;$$

Chọn role với dòng đặt của role cắt nhanh  $I_{dRI>} = 35 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRI>} n_i}{k_{sd}} = \frac{35 \cdot 800}{1} = 28000 \text{ A} ;$$

**b) Bảo vệ so lệch**

Xác định dòng điện không cân bằng :

$$I_{kcb} = k_a \cdot k_c \cdot s_j \cdot I_k^{(3)} .$$

Chọn sơ đồ mắc role với điện trở phụ nên  $k_a = 2$ , các máy biến dòng ở 2 phía chọn cùng loại nên  $k_{cl} = 0,5$ , sai số máy biến dòng  $s_i = 0,1$ , như vậy

$$I_{kcb} = 2.0,5.0,1. 22205,78 = 2309,4 \text{ A}$$

Như vậy dòng  $I_{kcb} < I_F$  nên ta xác định dòng khởi động của role theo dòng định mức máy phát, lấy hệ số tin cậy là 1,2.

Dòng điện khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc} k_{sd} \cdot I_F}{n_i} = \frac{1,2 \cdot 1.2749,29}{800} = 4,12 \text{ A}$$

Chọn role với dòng đặt là  $I_{dR} = 4,2 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd,SL} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{4,2 \cdot 800}{1} = 3360 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kd,SL}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{3360} = \frac{0,87 \cdot 22205,78}{3360} = 5,98 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

c) *Bảo vệ khoảng cách*

Điện trở của máy phát

$$X_F = x_d'' \frac{U_n^2}{S_{nF}} = 0,125 \cdot \frac{6,3^2}{30} = 0,165 \Omega$$

Điện trở của máy biến áp

$$Z_{BA} = \frac{U_k U_n^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 6,3^2}{100 \cdot 40} = 0,104 \Omega$$

Điện trở khởi động của vùng 1

$$Z_{kd}^I = X_F + 0,7 \cdot Z_{BA} = 0,165 + 0,7 \cdot 0,104 = 0,238 \Omega$$

Thời gian tác động của bảo vệ khoảng cách vùng 1 lấy bằng  $t_1 = 0,4 \text{ s}$

Điện trở khởi động của vùng 2

$$Z_{kd}^{II} = X_F + Z_{BA} + Z_{TC} = 0,165 + 0,104 + 0,01 = 0,28 \Omega$$

Đối với máy cắt khí SF<sub>6</sub>  $t_{McI} = 0,05 \text{ s}$ ; sai số thời gian đối với role số lấy bằng 4%, tức sai số role của cả 2 bảo vệ là  $s_t = 2 \cdot 0,04 = 0,08$ ; sai số do quán tính và dự phòng lấy bằng 0,1s. Như vậy cấp thời gian sẽ là

$$\Delta t_1 = t_{McI} + s_t \cdot t_1 + t_{qI+dt} = 0,05 + 0,08 \cdot 0,48 + 0,1 = 0,19 \text{ s}$$

Thời gian tác động của bảo vệ vùng 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t_1 = 0,4 + 0,19 = 0,59 \text{ s}$$

## Bài tập tự giải

**10.1.** Tính toán bảo vệ role cho nhà máy điện với máy phát có công suất định mức  $S_n = 75$  MVA, điện áp định mức là 10,5 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là  $E_* = 1,05$ , điện trở siêu quá độ dọc trục  $x''_d = 0,13$ , máy tăng áp loại TĐΓ.80000/110 có công suất định mức là 80 MVA, điện định mức sơ cấp 10,5 kV và thứ cấp là 115 kV, điện áp ngắn mạch  $U_k = 10,5\%$ . Máy cắt dùng loại khí  $SF_6$ , điện trở của hệ thống thanh cát thứ cấp quy về cấp điện áp máy phát là  $Z_{TC} = 0,01\Omega$ .

**Đáp số :** BVQD :  $I_{dRI>} = 8,2A$  ;  $k_{nhI>} = 7,03$  ;  $I_{dRI>>} = 43,5A$ .

BVSL :  $I_{dRsl} = 5,5A$  ;  $k_{nh} = 5,26$  ;

BVKC :  $Z_{kd}^1 = 0,292 \Omega$  ;  $Z_{kd}^{II} = 0,346 \Omega$  ;

## Tóm tắt chương 10

**Bảo vệ chống sự cố phần tĩnh máy phát điện**

**Bảo vệ chống ngắn mạch ngoài và bảo vệ dự phòng chống ngắn mạch trong**

**Dòng khởi động của role bảo vệ dòng điện cực đại được xác định theo biểu thức**

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} n_i} k_{sd} k_{mm} I_{vM}$$

**Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức**

$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc} k^{(3)}_{k}}{n_i} k_{sd}$$

**Dòng khởi động của bảo vệ so lech được xác định theo 2 điều kiện**

$$I_{kd} = k_{tc} (0,3 \div 0,5) I_{f}$$

hoặc

$$I_{kd} = k_{tc} I_{kCB.max}$$

**Giá trị lớn hơn trong 2 điều kiện trên sẽ được chọn là giá trị tính toán.**

**Dòng khởi động thực tế của các bảo vệ xác định theo biểu thức**

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dRI>} n_i}{k_{sd}}$$

**Độ nhạy của bảo vệ**

$$k_{nh} = \frac{0,87 k^{(3)}_{k}}{I_{kd>}}$$

**Dòng điện ngắn mạch 3 pha trong máy phát có thể xác định theo biểu thức**

$$I^{(3)}_k = \frac{E_f}{\sqrt{\left(\frac{R_{qd}}{\alpha} + R_d\right)^2 + (\alpha X_d'')^2}} = \frac{E_f}{Z_f}$$

*Bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse trong mạch kích từ*

*Bảo vệ chống chạm masse tại 1 điểm tác động chỉ đưa ra tín hiệu cảnh báo*

*Bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse tại 2 điểm trong mạch kích từ được thực hiện theo nguyên lý của cầu cân bằng.*

*Bảo vệ chống chế độ làm việc không bình thường của máy phát*

- bảo vệ quá dòng chống chế độ quá tải đối xứng ;
- bảo vệ quá dòng chống chế độ quá tải không đối xứng ;
- bảo vệ chống quá áp.

*Dòng khởi động của role dòng được xác định theo biểu thức*

$$I_{kd} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}} I_F$$

*Bảo vệ động cơ điện*

*Động cơ điện áp dưới 1000 V thường chỉ được bảo vệ chống quá tải và chống ngắn mạch giữa các pha. Bảo vệ chống ngắn mạch thường được thực hiện bởi cầu chày hoặc aptomat cắt tức thời. Dòng điện khởi động của cầu chày được xác định theo điều kiện mở máy của động cơ*

$$I_{kd} = \frac{k_{mm} I_{n,dc}}{\alpha_m}$$

*Bảo vệ chống sụt áp được xét đến trong các trường hợp :*

- Động cơ không thể tự khởi động ;
- Đảm bảo an toàn cho các quá trình công nghệ sản xuất ;
- Ngăn ngừa tình trạng động cơ bị đốt nóng quá mức do khi tự mở máy mômen quay nhỏ hơn mômen cản ;
- Đối với các động cơ có vai trò quan trọng

*Bảo vệ chống mất pha* được thực hiện bởi role 3 cuộn dây hoặc bởi máy biến dòng mắc trên dây trung tính

*Động cơ điện áp trên 1000 V* được trang bị bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha với dòng điện khởi động của role

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc} k_{sd} k_{mm} I_{n,dc}}{\alpha_m \cdot n_i}$$

*Bảo vệ động cơ đồng bộ* không chỉ xét đến sự nhảy vọt của dòng điện mở máy, mà còn phải tính tới sự lệch khỏi đồng bộ do sự giảm áp, do sự giảm dòng kích từ hoặc do sự quá tải gây nên. Trong các trường hợp đó bảo vệ cần phải hướng tới sự tái đồng bộ hoặc là cắt động cơ.

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày bảo vệ phần tĩnh máy phát điện
2. Hãy trình bày sơ đồ bảo vệ chống chạm masse trong mạch kích từ
3. Hãy trình bày bảo vệ chống chế độ không bình thường của máy phát điện
4. Hãy trình bày các sơ đồ thực hiện bảo vệ máy phát điện
5. Hãy trình bày các sơ đồ bảo vệ động cơ điện

## Chương 11

# BẢO VỆ MÁY BIẾN ÁP

### 11.1. ĐẠI CƯƠNG

#### 11.1.1. Các chế độ không bình thường của máy biến áp

Các hỏng hóc thường gặp trong máy biến áp bao gồm : ngắn mạch nhiều pha trên các đầu cực và trong các cuộn dây ; ngắn mạch giữa các vòng dây ; ngắn mạch 1 pha chạm đất ; ngắn mạch ngoài đưa dòng điện lớn chạy qua các vòng dây. Các chế độ không bình thường gồm : hiện tượng quá tải ; hiện tượng tăng nhiệt độ quá mức ; mức dầu thấp v.v...

#### 11.1.2. Đặc điểm của sơ đồ bảo vệ máy biến áp

- Tổ nối dây của các máy biến áp có ảnh hưởng đến sự phân bố dòng ngắn mạch sau máy biến áp, điều đó đòi hỏi phải áp dụng các sơ đồ nối các máy biến dòng và các role phù hợp.
- Sự tăng đột biến của dòng từ hoá khi điện áp thay đổi đột ngột có thể ảnh hưởng đến dòng khởi động của các bảo vệ ;
- Sự khác nhau giữa điện áp hai phía sơ cấp và thứ cấp đòi hỏi lựa chọn các thiết bị và các thông số tính toán khác nhau ở 2 phía ;
- Sự phân huỷ dầu dưới tác dụng của nhiệt độ cao cho phép áp dụng nguyên lý bảo vệ bằng role hơi.

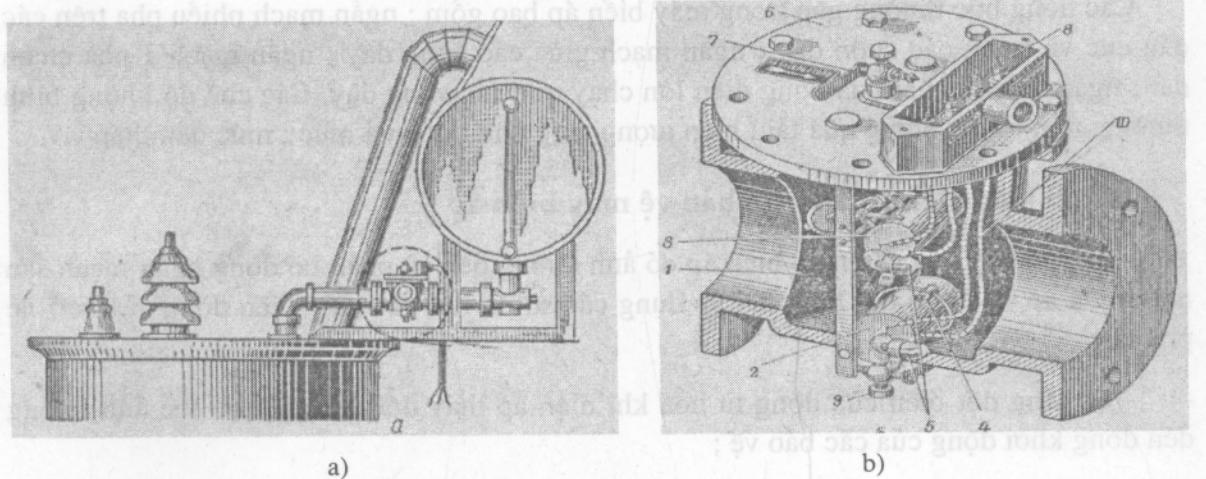
Việc bảo vệ máy biến áp điện lực có thể thực hiện theo các nguyên lý khác nhau tùy thuộc vào điều kiện và trạng thái cụ thể của trạm biến áp. Với tính đơn giản và hiệu quả, bảo vệ bằng role hơi nhìn chung được áp dụng cho mọi loại máy biến áp dầu. Các loại bảo vệ quá dòng, bảo vệ so lệch v.v... cũng thường được áp dụng khá phổ biến. Bảo vệ dòng điện cực đại thường được áp dụng để chống dòng ngắn mạch ngoài. Dòng khởi động của bảo vệ được chỉnh định không chỉ theo dòng ngắn mạch ngoài mà còn theo các tham số của bảo vệ dự phòng khác. Bảo vệ cắt nhanh được chỉnh định theo dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất, cụ thể ở đây là ngắn mạch ngay trên thanh cái phía thứ cấp của máy biến áp. Do có nhiều ưu điểm nổi bật, bảo vệ so lệch dọc được áp dụng rất nhiều đối với tất cả các loại máy biến áp, tuy nhiên bảo vệ so lệch máy biến áp cũng có nhiều điểm khác biệt mà cần phải được xem xét kỹ trong quá trình tính toán (xem chương 7).

Các máy biến áp 10/0,4 kV thường được bảo vệ bằng cầu chìa đặt ở phía sơ cấp, còn phía thứ cấp người ta thường trang bị các thiết bị bảo vệ bằng aptomat. Các máy biến áp có công suất dưới 1000 kVA thường được bảo vệ theo nguyên lý dòng điện cực đại với các phương án thực hiện khác nhau.

## 11.2. BẢO VỆ CHỐNG SỰ CỐ TRONG MÁY BIẾN ÁP

### 11.2.1. Bảo vệ bằng role hơi

Một trong những bảo vệ chính chống các dạng sự cố khác nhau trong máy biến áp là bảo vệ hơi. Bảo vệ này phản ứng với mọi loại sự cố xảy ra trong thùng máy biến áp. Role hơi làm việc theo nguyên lý không điện. Sơ đồ của role hơi được thể hiện trên hình 11.1, nó bao gồm một buồng chứa 1, đặt trong ống dẫn từ thùng đến bình dẫn dầu, trong buồng chứa này có lắp 2 phao kim loại 2 và 3, trên các phao có gắn các ống thuỷ tinh chứa thuỷ ngân dùng làm tiếp điểm 5. Các phao được lắp trên một trục quay.



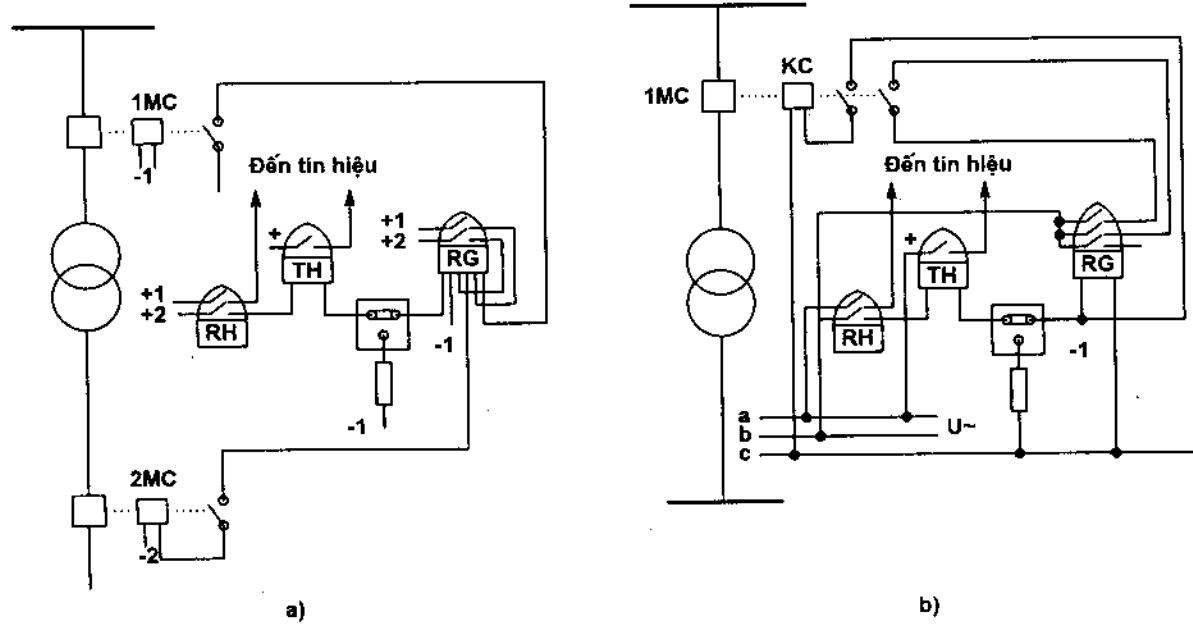
Hình 11.1. Sơ đồ cấu tạo role hơi

a) Vị trí đặt role hơi ; b) Cấu tạo bên trong của role hơi

1. buồng chứa ; 2. phao dưới ; 3. phao trên ; 4. trọng vật ; 5. tiếp điểm thuỷ ngân ;
6. nắp ; 7. van thải khí ; 8. các cực trong hộp ; 9. van thử nghiệm ; 10. dây dẫn.

Ở chế độ làm việc bình thường buồng 1 chứa đầy dầu nên các phao nổi lên và các tiếp điểm của role ở trạng thái mở. Khi có sự cố trong máy biến áp, nhiệt độ trong thùng tăng lên, dưới tác dụng của nhiệt độ, dầu bị phân huỷ thành bọt khí. Dòng điện càng lớn thì khí tạo ra càng nhiều, lượng khí này được đẩy lên trên và dần dần đẩy dầu ra khỏi buồng chứa của role. Mức dầu trong buồng chứa giảm làm hạ thấp phao 3, thuỷ ngân trong ống thuỷ tinh gắn với phao 3 được rót xuống phía dưới làm cho tiếp điểm được đóng lại đưa tín hiệu đến các đèn hiệu hoặc còi. Khi sự cố lớn xảy ra, khí được tạo ra nhiều, các tia khí thoát ra mãnh liệt, làm lật phao 2, làm cho tiếp điểm thuỷ ngân của nó được đóng lại, đưa tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành để cắt máy cắt. Để ngăn ngừa sự tác động nhầm của role do sự đốt nóng các cuộn dây và sự giãn nở nhanh của dầu khi có dòng ngắn mạch ngoài, một trọng vật 4 được gắn với phao dưới. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ hơi được thể hiện trên hình 11.2.

Bảo vệ role hơi là loại bảo vệ rất đơn giản và có thời gian tác dụng nhanh, nhưng chỉ phản ứng với các sự cố xảy ra trong thùng máy biến áp, vì vậy mặc dù rất hiệu quả nhưng nó cũng không thể thay thế được các bảo vệ khác.

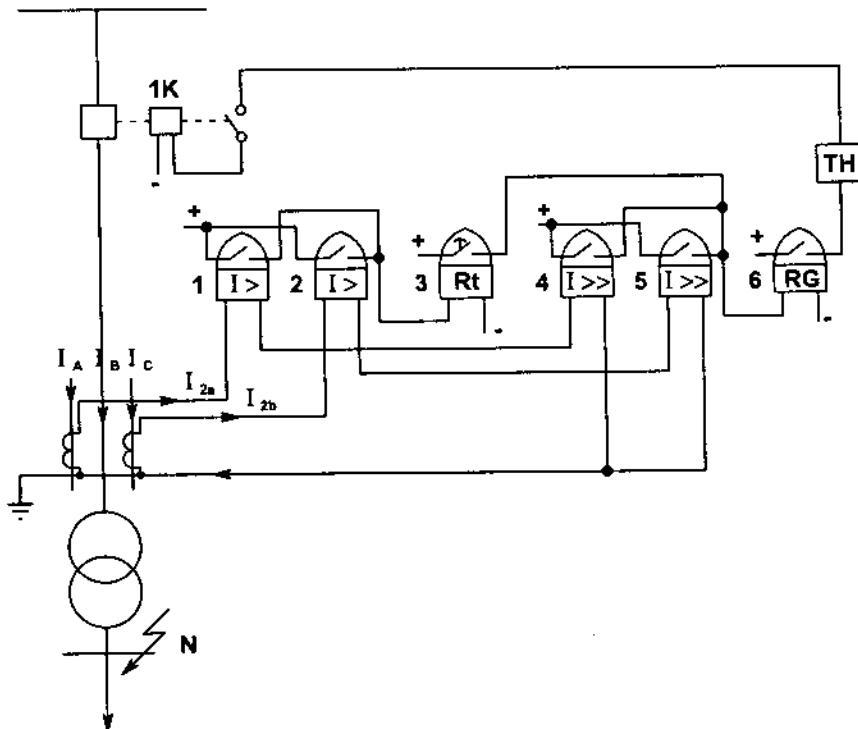


Hình 11.2. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ hơi

a) với nguồn thao tác 1 chiều ; b) với nguồn thao rác xoay chiều

### 11.2.2. Bảo vệ quá dòng điện

Bảo vệ chống ngắn mạch trong máy biến áp có thể được thực hiện theo nguyên lý quá dòng (hình 11.3), tức là bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì và bảo vệ cắt nhanh.



Hình 11.3. Sơ đồ bảo vệ quá dòng cho máy biến áp

Máy biến dòng được đặt ở phía đầu vào của máy biến áp, các máy biến dòng được chế tạo theo nhiều phương án khác nhau như lắp sẵn trong sứ của máy cắt ( $\geq 35$  kV) ; lắp sẵn trong sứ của máy biến áp ( $U \geq 110$  kV) ; loại vòng xuyến (chỉ có lõi thép và cuộn thứ cấp) deo vào cổ sứ máy biến áp. Các máy biến dòng có thể được thực hiện theo sơ đồ hình sao đủ, sao thiêu, hiệu hai dòng pha hoặc theo hình tam giác. Với máy biến áp 2 cuộn dây, bảo vệ quá dòng có thể bố trí ở cả 2 phía hoặc chỉ 1 phía sơ cấp. Đối với máy biến áp 3 cuộn dây, bảo vệ quá dòng phải được bố trí ít nhất ở 2 phía, hoặc ở cả 3 phía. Trên sơ đồ hình 11.3 máy biến dòng và role được nối theo hình sao thiêu, bảo vệ dòng điện cực đại được thực hiện bởi các role dòng 1 và 2, còn bảo vệ cắt nhanh được thực hiện bởi các role dòng 4 và 5. Như vậy bảo vệ máy biến áp được thực hiện theo 2 cấp :

– **Cấp thứ nhất** là bảo vệ cắt nhanh với dòng khởi động được chỉnh định theo dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất đi qua máy biến áp (tại điểm  $N_1$ ) ;

$$I_{kdl>>} = k_{tc} I_{k1}^{(3)} \quad (11.1)$$

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy có giá trị  $1,2 \div 1,3$ .

Dòng khởi động của role

$$I_{kdR.CN} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{tc} I_{k.M.ng} \quad (5.12)$$

Giá trị dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (5.13)$$

$I_{dR}$  – dòng đặt chọn theo nấc chỉnh định gần nhất của role bảo vệ cắt nhanh

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{X_{BA}} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) \quad (11.2)$$

$X_{ht}$  – điện trở của hệ thống tính từ nguồn đến đầu vào máy biến áp

– **Cấp thứ hai** là bảo vệ dòng cực đại,

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh và bảo vệ dòng điện cực đại được xác định tương tự như các bảo vệ quá dòng máy phát điện đã trình bày trên. Thời gian tác động của bảo vệ cấp 2 được xác định dựa theo thời gian tác động lớn nhất của bảo vệ trước đó

$$t_2 = t_{1.Max} + \Delta t \quad (11.3)$$

Độ nhạy của bảo vệ dòng điện cực đại không nhỏ hơn 1,5. Nhìn chung đối với các máy biến áp, bảo vệ dòng điện cực đại không đảm bảo độ nhạy cần thiết vì vậy người ta thường sử dụng sơ đồ bảo vệ dòng cực đại kết hợp khoá điện áp cực tiểu hoặc áp dụng sơ đồ với các bộ lọc thành phần thứ tự nghịch.

### 11.2.3. Bảo vệ so lèch

Bảo vệ so lèch dọc được dùng làm bảo vệ chính trong máy biến áp công suất từ 4 MVA trở lên, tuy nhiên, nhìn chung bảo vệ này cũng thường được áp dụng cho các máy biến áp khi bảo vệ quá dòng không thể đáp ứng được các yêu cầu về độ chọn lọc và độ nhạy. Các máy biến dòng được đặt ở tất cả các phía của máy biến áp được bảo vệ. Thông thường bảo vệ so lèch dọc được thực hiện với 2 rơle trong mạch so sánh, trong trường hợp sơ đồ với 2 rơle không đảm bảo độ nhạy cần thiết thì sơ đồ dùng 3 rơle mới được áp dụng.

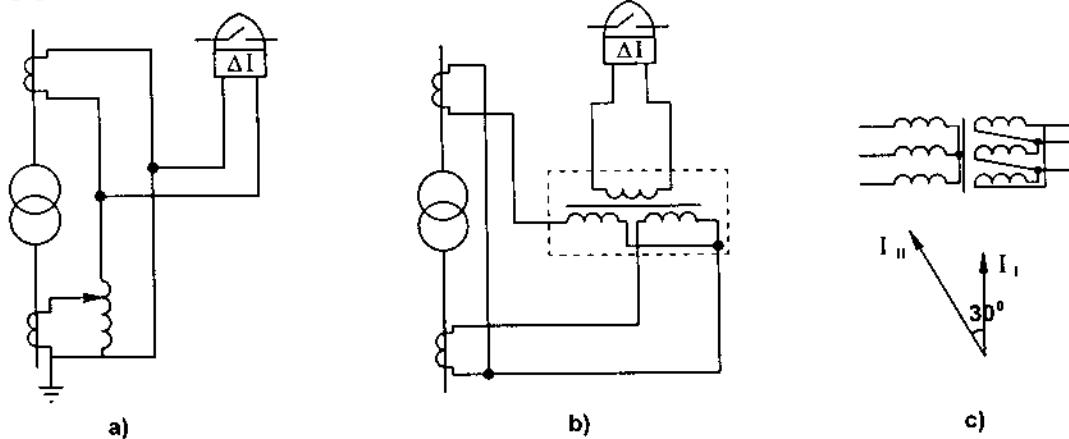
#### a) Các đặc điểm của bảo vệ so lèch máy biến áp

Dưới góc độ của dòng điện không cân bằng, bảo vệ so lèch có nhiều khác biệt so với các bảo vệ khác

– Dòng từ hoá của máy biến áp, mà là một thành phần quan trọng của dòng không cân bằng, thay đổi một cách đột biến khi  $U$  tăng đột ngột (khi đóng cắt máy biến áp hoặc sau khi loại trừ sự cố ngắn mạch). Giá trị của nó có thể đạt tới  $6 \div 8$  lần dòng định mức của máy biến áp. Ngoài đặc điểm tắt dần theo thời gian, dòng từ hoá còn chứa thành phần không chu kỳ và các sóng hài bậc cao. Để giảm giá trị của dòng từ hoá cần phải áp dụng các biện pháp đặc biệt như sử dụng máy biến dòng bảo hoà nhanh có tác dụng hạn chế thành phần không chu kỳ của dòng điện.

– Sự điều chỉnh hệ số biến áp làm phá vỡ sự cân bằng của dòng điện ở các nhánh bảo vệ, có nghĩa là làm xuất hiện thành phần không cân bằng, mà đôi khi đạt giá trị khá cao.

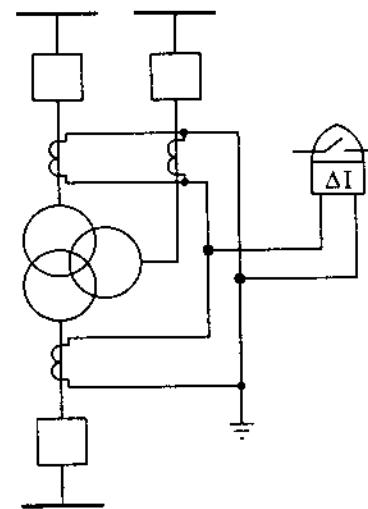
– Sự khác nhau của điện áp buộc phải chọn các máy biến dòng ở hai phía khác nhau về hệ số biến dòng cũng như về chủng loại. Để cân đối dòng điện trên các nhánh người ta áp dụng các sơ đồ điều chỉnh nhờ sự hỗ trợ của máy biến áp tự ngẫu hoặc máy biến dòng trung gian (hình 11.5).



Hình 11.5. San bằng dòng điện trên các nhánh của bảo vệ so lèch máy biến áp :

a) Bằng máy biến áp tự ngẫu ; b) Bằng máy biến dòng trung gian ;

c) Sự dịch pha của vectơ dòng điện trong máy biến áp với tổ nối Y/Δ-11



Hình 11.4. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lèch máy biến áp 3 cuộn dây

Sự khác nhau của sơ đồ nối các cuộn dây máy biến áp dẫn đến sự lệch pha của các dòng điện hai phía (hình 11.5.c).

**b) Tính toán bảo vệ so lệch máy biến áp**

Do những đặc điểm trên dòng điện không cân bằng cực đại có thể được xác định theo biểu thức

$$I_{kcb,max} = (k_a k_{cl} s_i + \Delta U_{dc} + s_{2i}) I_{k,max.ng} \quad (11.4)$$

$\Delta U_{dc}$  – phần trăm điều chỉnh điện áp của mba bảo vệ

$I_{k,max.ng}$  – dòng ngắn mạch cực đại ngoài vùng bảo vệ.

$s_{2i}$  – sai số do sự chênh lệch dòng thứ cấp, có thể xác định theo biểu thức

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right|$$

$I_{2I}$  và  $I_{2II}$  – dòng thứ cấp phía sơ cấp và thứ cấp máy biến áp

Dòng khởi động tính toán được chọn theo 3 điều kiện :

– bảo vệ không tác động khi đứt dây ở mạch nhì thứ

$$I_{kd} = k_{tc} I_{lvMax} \quad (11.5)$$

– bảo vệ không tác động khi dòng từ hoá nhảy vọt

$$I_{kd} = (1,1 \div 1,4) I_{nBA} \quad (11.6)$$

– bảo vệ không tác động ở giá trị cực đại của dòng không cân bằng

$$I_{kd} = k_{tc} I_{kcb,max} \quad (11.7)$$

Dòng điện khởi động của role so lệch

$$I_{kdRSL} = \frac{I_{kd} k_{sd2}}{n_{i2}} \quad (11.8)$$

$I_{kd}$  – dòng khởi động tính toán lấy giá trị lớn nhất trong các điều kiện (11.5), (11.6) và (11.7)

$k_{sd2}$  – hệ số sơ đồ của các máy biến dòng phía thứ cấp biến áp ;

$n_{i2}$  – hệ số biến dòng phía thứ cấp.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd,SL} = \frac{I_{dR,SL} n_{i2}}{k_{sd2}} \quad (11.9)$$

$I_{dR,SL}$  – dòng chỉnh định của role so lệch, chọn theo giá trị  $I_{kdRSL}$  với nấc gần nhất về phía trên.

Độ nhạy của bảo vệ được đánh giá theo biểu thức

$$k_{nh} = \frac{0,87 I_k^{(3)}}{I_{kd,SL}} \quad (11.10)$$

Trong trường hợp sử dụng role so lèch có cuộn hâm thì cần chọn số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp theo biểu thức :

$$\omega = \omega_n \left( \frac{I_{2II}}{I_{2I}} - 1 \right) \quad (11.11)$$

$\omega_n$  – số vòng dây của cuộn cân bằng.

c) *Tính toán chỉnh định role so lèch kỹ thuật số*

Đặc tính khởi động của role so lèch kỹ thuật số được thể hiện trên hình 11.6. Role sẽ tác động khi dòng điện đi vào role so lèch bằng dòng điện hâm  $I_{SL} = I_H$

$$\begin{array}{ll} I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II}| & \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây} \\ I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II} - I_{2III}| & \text{đối với máy biến áp 3 cuộn dây} \\ \text{và dòng hâm} \quad I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| & \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây} \\ I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| + |I_{2III}| & \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây} \end{array} \quad (11.12)$$

\* Khi ngắn mạch xảy ra trong vùng bảo vệ thì  $I_{2I}$  và  $I_{2II}$  sẽ có chiều ngược nhau nên

$$I_{SL} = 2I_{2II} = I_H$$

do đó role sẽ tác động.

\* Khi ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ hoặc ở chế độ bình thường thì  $I_{2I} = I_{2II}$   
nên  $I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II}| = 0$  (11.13)

còn dòng hâm  $I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| = 2I_{2II}$  (11.14)

tức là  $I_{SL} < I_H$  nên role sẽ không tác động. Tuy nhiên do ảnh hưởng của các yếu tố như thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch, sai số máy biến dòng, sai số do chỉnh định điện áp v.v... khi có ngắn mạch ngoài dòng so lèch không bằng 0 mà bằng giá trị dòng điện không cân bằng cực đại :  $I_{sl} = I_{kcb,Max}$ . Hệ số an toàn của bảo vệ được xác định theo biểu thức

$$k_{at} = \frac{I_{ng}}{I_{sl}} \quad (11.15)$$

$I_{ng}$  – dòng so lèch ngưỡng, xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \operatorname{tg}\alpha_2 (I_H - I_{CS}) \quad (11.16)$$

$\operatorname{tg}\alpha_2$  – độ nghiêng của đường đặc tính bảo vệ (đoạn CD hình 11.6)

$I_{CS}$  – dòng hâm cơ sở của nhánh đặc tính bảo vệ

Nguưỡng thay đổi thứ nhất

$$I_{H1} = \frac{I_{>}}{\operatorname{tg}\alpha_1} \quad (11.17)$$

$\operatorname{tg}\alpha_1$  – độ nghiêng của đường đặc tính bảo vệ (đoạn BC hình 11.6)

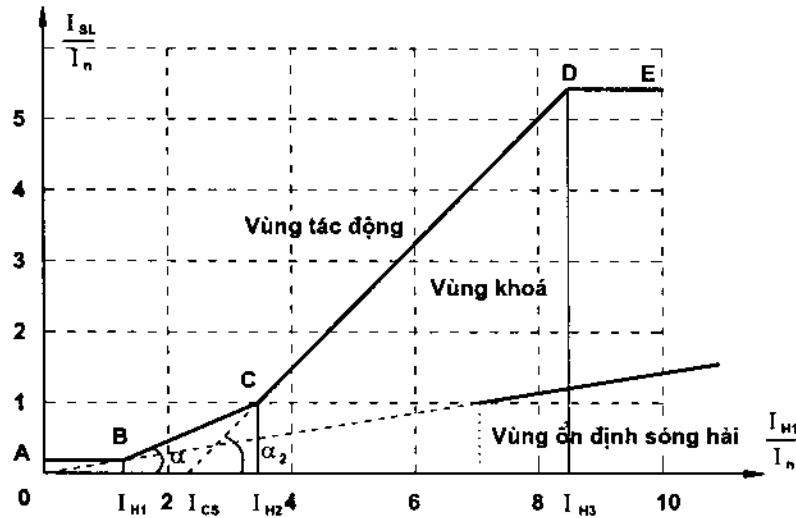
Nguồn thay đổi thứ 2

$$I_{H2} = \frac{I_{CS} \operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_1} \quad (11.18)$$

Nguồn thay đổi thứ 3

$$I_{H3} = I_{CS} + \frac{I_{>>}}{\operatorname{tg}\alpha_2} \quad (11.19)$$

$I_{>}$ ,  $I_{>>}$  – dòng khởi động nguồn thấp và nguồn cao.

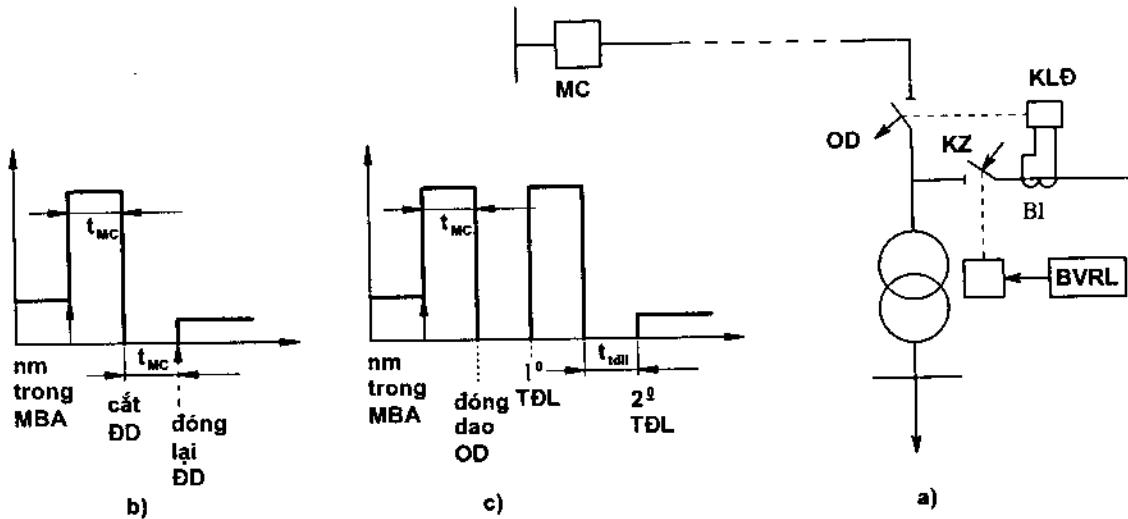


Hình 11.6. Đặc tính khởi động của relay so lech 7UT512

### 11.3. BẢO VỆ TRẠM BIẾN ÁP 35 ÷ 220 KV KHÔNG DÙNG MÁY CẮT PHÍA SƠ CẤP

Trên thực tế ta thấy có rất nhiều trạm biến áp có sơ đồ đơn giản không dùng máy cắt phía sơ cấp, vậy việc bảo vệ các trạm biến áp này được thực hiện như thế nào? Đối với các trạm biến áp công suất nhỏ thường bảo vệ được thực hiện bởi cầu chì cao áp, còn các trạm biến áp khác thì được bảo vệ bằng hợp bộ dao ngắn mạch và dao ngắt mạch (OD-KZ)

Khi có sự cố ngắn mạch trong máy biến áp bảo vệ relay sẽ tác động đưa tín hiệu đến đóng dao ngắn mạch KZ, làm dao này đóng lại. Khi đóng mạch, dao KZ tạo ra sự ngắn mạch nhân tạo 3 pha làm cho dòng điện ngắn mạch chạy trong mạng điện có giá trị rất lớn, dẫn đến máy cắt đấu nguồn (mà trước đó dòng ngắn mạch trong máy biến áp chưa đủ lớn để khởi động) tác động cắt toàn bộ đường dây ra khỏi hệ thống. Trong khoảng thời gian không có dòng điện trong mạng dao ngắt mạch OD sẽ tự động cắt mạch, loại trạm biến áp ra khỏi đường dây. Sau đó hệ thống tự động đóng lặp lại sẽ tự động đóng lại máy cắt để cung cấp điện trở lại cho các hộ dùng điện khác. Trình tự thực hiện bảo vệ được thể hiện trên hình 11.7.b)



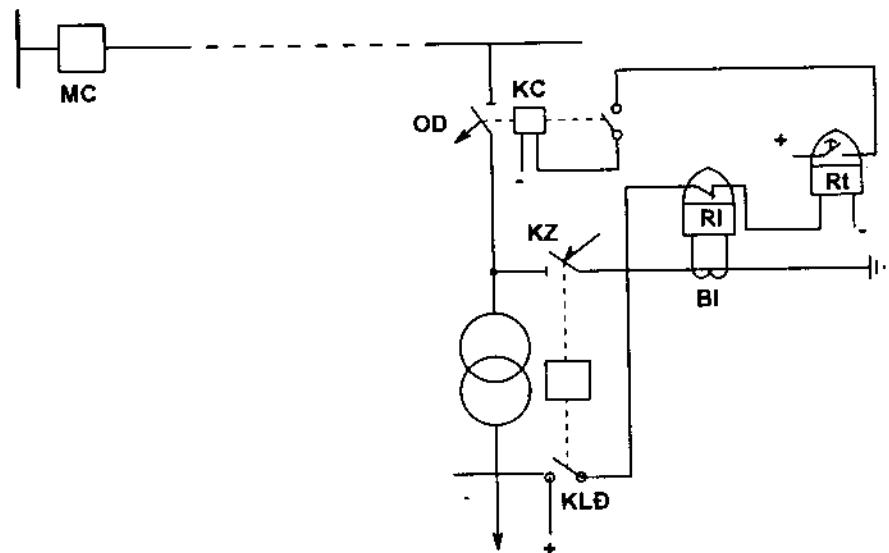
Hình 11.7. Sơ đồ nguyên lý bảo vệ trạm biến áp bằng hợp bộ OD-KZ

- a) sơ đồ bố trí thiết bị ; b) Biểu đồ thời gian tác động khi MC không nhanh :  $t_{MC} > t_{KZ}$  ;  
c) Biểu đồ thời gian với MC tác động nhanh

Việc phối hợp tác động giữa các dao OD và KZ được thực hiện bởi bộ khoá liên động KLĐ, khoá này có thể hoạt động theo nguyên tắc cơ hoặc điện. Khoá liên động cơ học được thực hiện với sự tham gia của một rơle liên động đặc biệt, được gắn ngay trong bộ truyền động của dao ngắt mạch OD. Dòng điện trong mạch của dao KZ sẽ lên dây cót cho lò xo của KLĐ, khi không có dòng trong mạch nó sẽ giải phóng lò xo cắt của dao OD và dao này sẽ được cắt ra. Nếu dòng điện ngắn mạch trong máy biến áp nhỏ thì máy cắt đầu nguồn sẽ chưa tác động ngay mà chỉ sau khi dao ngắn mạch đóng để tạo dòng ngắn mạch nhân tạo lớn.

Trong trường hợp nếu bảo vệ đường dây bởi máy cắt đầu nguồn được thực hiện nhanh mà dòng ngắn mạch trong máy biến áp lớn thì việc cắt máy cắt xảy ra sớm hơn so với việc đóng dao ngắn mạch KZ (hình 11.7.c), như vậy ở lần mất điện này dao OD sẽ không kịp tác động vì bộ khoá liên động KLĐ không có điện do không được cung cấp từ mạch của dao KZ, việc đóng lặp lại sẽ không đạt kết quả vì sự cố vẫn còn tồn tại, lúc đó rơle lại tác động cắt đường dây với một thời gian trễ, trong lần mất điện này dao OD sẽ cắt mạch, sau đó sự đóng lặp lại lần thứ 2 được thực hiện để trả điện cho các hộ dùng điện khác của đường dây.

Trong sơ đồ 11.8. việc kiểm tra dòng điện trong mạch KZ



Hình 11.8 Sơ đồ liên động điện của dao OD và KZ

được thực hiện bởi role dòng RI với tiếp điểm thường đóng. Khi đường dây bị cắt, dòng điện trong mạch không còn nữa, role RI mất điện, tiếp điểm thường đóng của nó khép lại đưa tín hiệu đến role thời gian, sau một khoảng thời gian trễ role thời gian khép tiếp điểm của mình gửi tín hiệu đi cắt dao OD.

Vấn đề duy trì thời gian trễ là cần thiết để tránh sự cắt nhầm dao OD khi vẫn còn điện. Rõ ràng là nếu không có thời gian trễ thì sau khi có sự tác động của bảo vệ tới dao ngắn mạch, tín hiệu cắt dao OD có thể được truyền qua các tiếp điểm vừa đóng trước đó của khóa liên động KLĐ và tiếp điểm thường đóng của role RI. Điều đó hoàn toàn không thể cho phép, vì ở khoảnh khắc tiếp sau đó, với sự đóng tiếp điểm chính của dao KZ sẽ hình thành một mạch cho dòng ngắn mạch chạm đất.

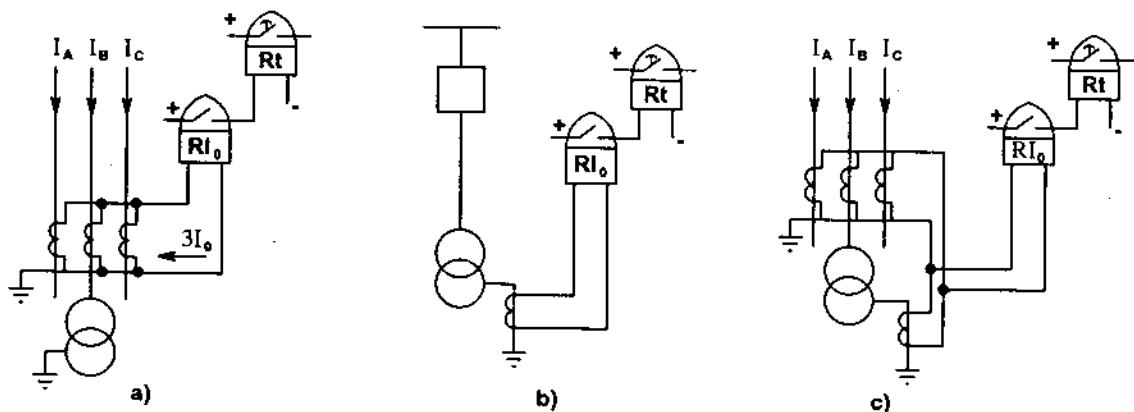
#### 11.4. BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN THỨ TỰ KHÔNG CHO MÁY BIẾN ÁP

Bảo vệ thứ tự không (BVTTK) máy biến áp là cấp bảo vệ cuối cùng của dòng  $I_0$  trong mạch cùng cấp điện áp, nó đóng vai trò bảo vệ chống sự cố ngắn mạch một pha trong máy biến áp và bảo vệ dự phòng cho mạng điện. Dòng khởi động của bảo vệ được chỉnh định theo dòng điện không cân bằng. Bảo vệ có duy trì thời gian và thường đưa tín hiệu đi cắt máy cắt. Thời gian duy trì của bảo vệ thứ tự không được xác định phụ thuộc vào thời gian chỉnh định của các bảo vệ thứ tự không của các đường dây nối với thanh cái của trạm biến áp

$$t_{tt0} = t_{0,dM} + \Delta t$$

$t_{0,dM}$  – thời gian chỉnh định lớn nhất của BVTTK của đường dây nối với thanh cái của trạm biến áp

Các phương án BVTTK cho máy biến áp động lực được thể hiện trên hình 11.9. Sơ đồ hình 11.9.a được thực hiện với 3 máy biến dòng, dòng điện đi vào role có giá trị là  $3I_0$ . Ở sơ đồ hình 11.9.b máy biến dòng được mắc trên dây tiếp địa của máy biến áp. Hiệu quả nhất là sơ đồ bảo vệ so lệch thứ tự không (hình 11.9.c). Ngoài ra trong một số trường hợp, để tăng độ nhạy của bảo vệ người ta còn sử dụng các sơ đồ bảo vệ thứ tự nghịch với sự trợ giúp của bộ lọc thứ tự nghịch, đưa tín hiệu dòng thứ tự nghịch vào role.

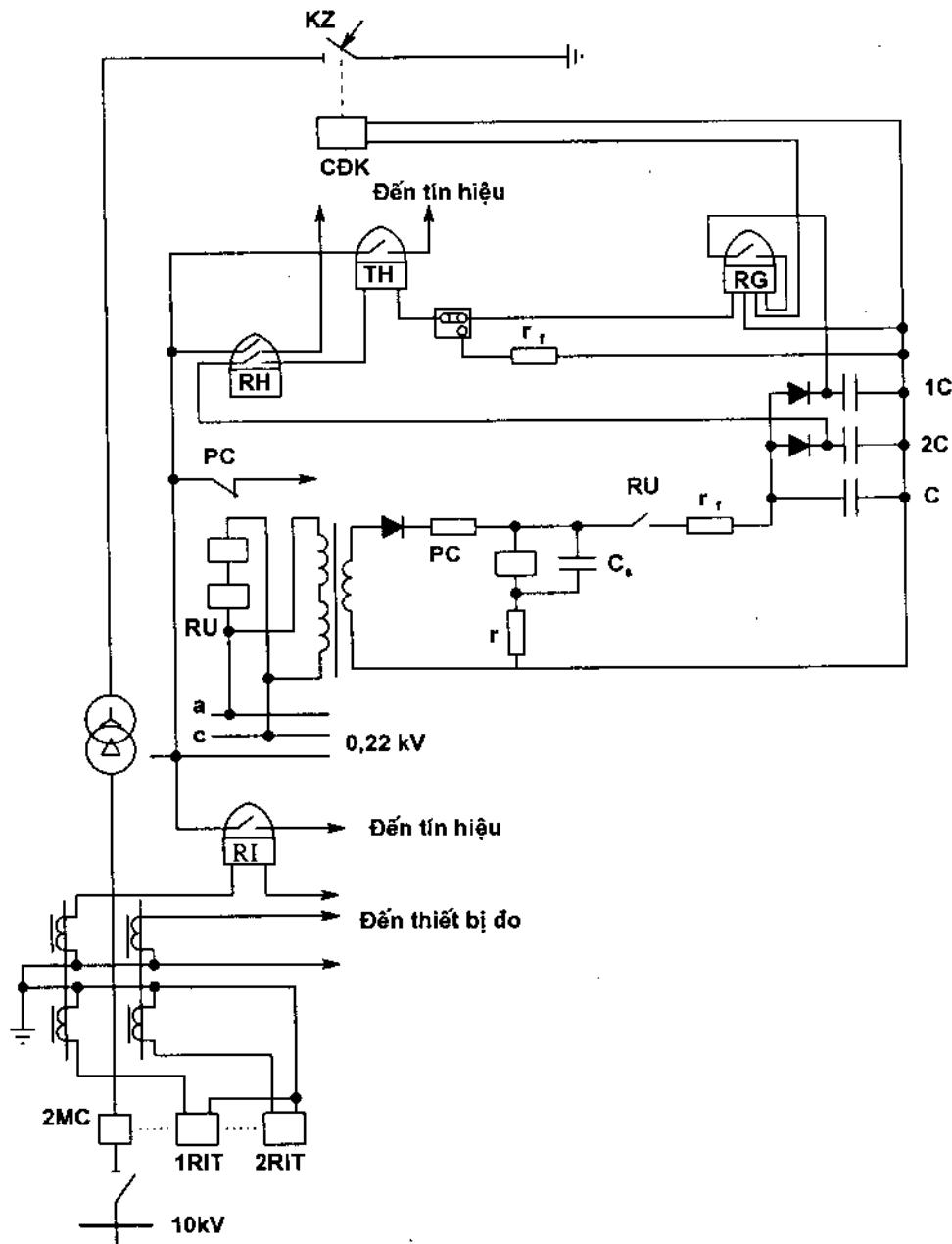


Hình 11.9. Các phương án bảo vệ thứ tự không

- a) Sơ đồ với bộ lọc thứ tự không 3 máy biến dòng ; b) Sơ đồ với 1 máy biến dòng mắc ở mạch tiếp địa ;
- c) Sơ đồ bảo vệ so lệch

## 11.5. THỰC HIỆN SƠ ĐỒ BẢO VỆ MÁY BIẾN ÁP

Sơ đồ bảo vệ máy biến áp 35 ÷ 110 kV không có máy cắt phía sơ cấp được thể hiện trên hình 11.10. Trạm biến áp được trang bị bảo vệ so lèch với các máy biến dòng loại TBT-110 và role hơi. Nguồn thao tác được lấy từ máy biến áp tự dùng.



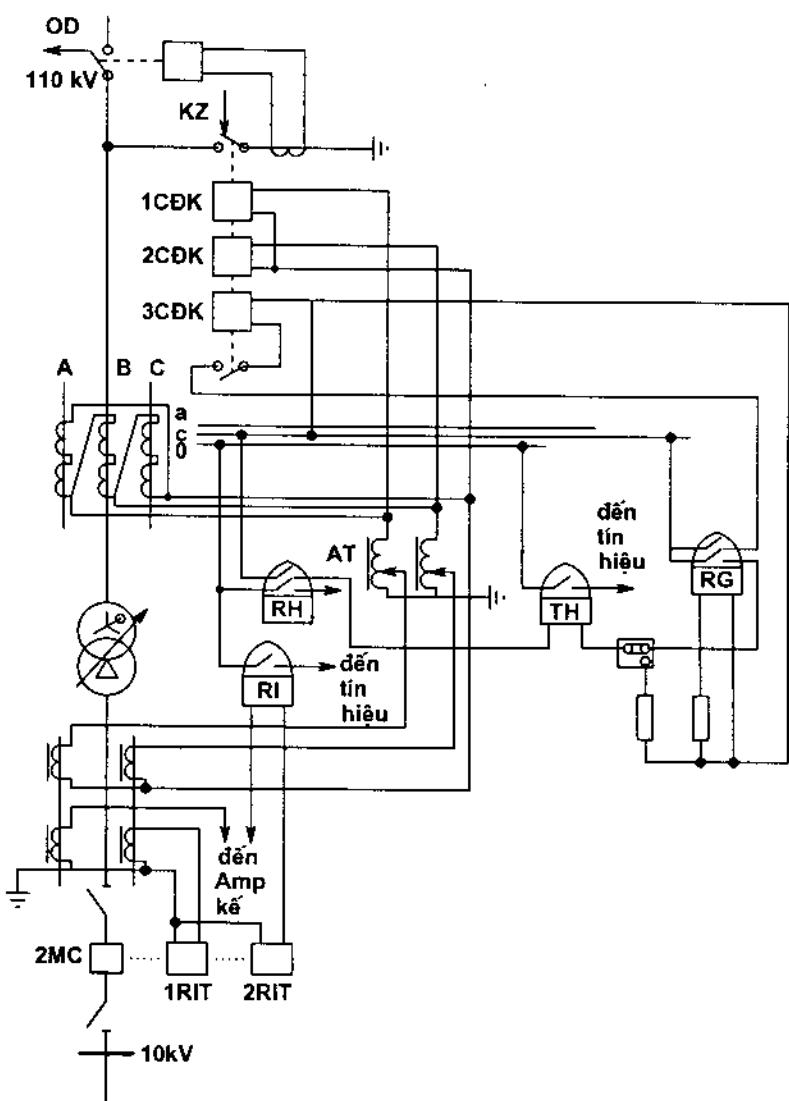
**Hình 11.10.** Sơ đồ bảo vệ máy biến áp 35 ÷ 110 kV công suất từ 1MVA trở lên,

không có máy cắt phía sơ cấp, trạm cựu dùng nguồn thao tác xoay chiều.

CDK – cuộn đóng dao ngắn mạch KZ ; PC – role phân cực ; RIT – role dòng tách động trực tiếp

Bảo vệ so lch được thực hiện cắt nhanh đưa tín hiệu trực tiếp đến cuộn đóng dao ngắn mạch CDK. Các máy biến dòng phía thứ cấp được mắc theo hình sao thiếu với mục đích trung hoà góc lch của dòng điện thứ cấp của máy biến áp vốn được nối theo sơ đồ Y/Δ-11. Trong sơ đồ có bố trí bộ nạp tụ điện, nguồn thao tác gồm 2 mạch – cho role trung gian và cho cuộn đóng dao ngắn mạch, do đó sử dụng 2 tụ riêng rẽ 1C và 2C. Tụ C được trang bị để cung cấp điện cho role phân cực PC trong nửa chu kỳ khi nó không được cung cấp từ mạch chỉnh lưu của chính cơ cầu nạp, điều đó cho phép loại trừ được tín hiệu sai ở chế độ lv bình thường. Điện trở phụ  $r_f$  có vai trò làm giảm dòng điện trong mạch nạp. Bảo vệ quá tải được thực hiện bởi các role dòng RI báo tín hiệu. Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại được bố trí ở phía thứ cấp với 2 role dòng tác động trực tiếp 1RIT và 2RIT, được mắc theo sơ đồ hiệu 2 dòng pha với mục đích chống ngắn mạch xảy ra trên thanh cái 10 kV và làm bảo vệ dự phòng cho các lô ra.

Trên hình 11.11 biểu thị sơ đồ bảo vệ trạm biến áp nhánh rẽ không có máy cắt phía sơ cấp, công suất từ 6,3 MVA trở lên. Khác với sơ đồ vừa xét ở trên, trong sơ đồ này có trang bị bảo vệ so lech. Nguồn thao tác được lấy từ máy biến áp tự dùng. Tín hiệu từ bảo vệ so lech được đưa đến để đóng cuộn đóng của dao ngăn mạch. Do máy biến áp điện lực có tổ nối dây  $Y/\Delta -11$  nên các máy biến dòng ở phía sơ cấp được nối theo hình tam giác, còn các máy biến dòng phía thứ cấp được nối theo hình sao thiếu. máy biến áp tự ngẫu AT có nhiệm vụ điều chỉnh để cân bằng các dòng điện thứ cấp ở 2 phía của máy biến áp điện lực. Trên phía 10 kV có trang bị bảo vệ dòng điện cực đại với role dòng tác động trực tiếp.

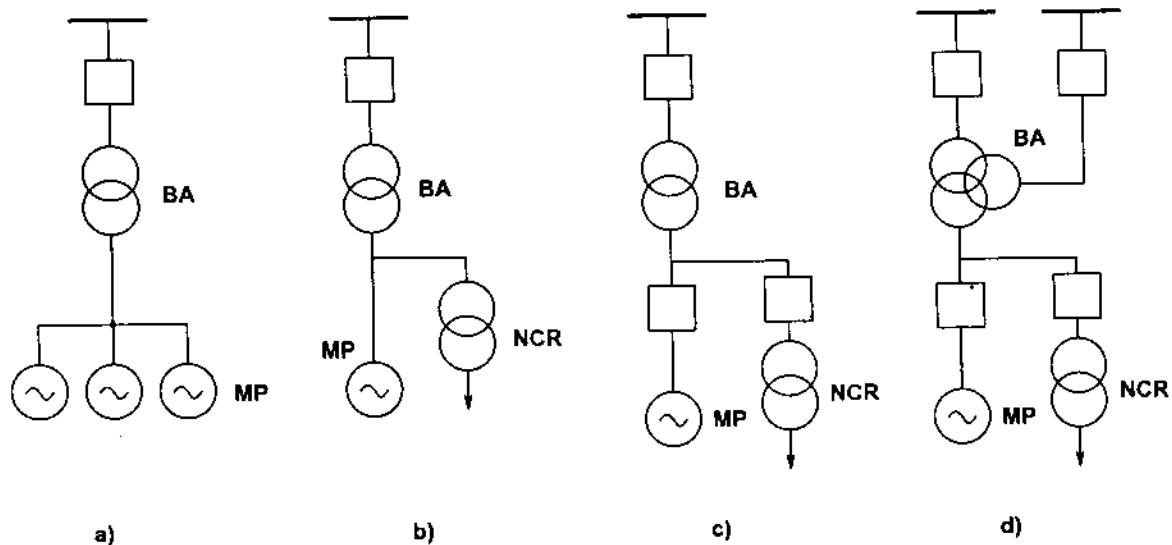


**Hình 11.11.** Sơ đồ bảo vệ trạm biến áp rẽ nhánh, công suất từ 6,3MVA trở lên không có máy cắt phía sơ cấp  
AT – máy biến áp tự ngẫu

## 11.6. BẢO VỆ KHỐI MÁY PHÁT VÀ MÁY BIẾN ÁP

Việc bảo vệ khối máy phát và máy biến áp để loại trừ tất cả các dạng sự cố và chế độ làm việc không bình thường ở cả trong máy phát và máy biến áp, khác với các sơ đồ bảo vệ riêng rẽ, ở đây một số bảo vệ được áp dụng chung cho cả 2 thiết bị máy phát và máy biến áp.

Các bảo vệ chung thường được áp dụng là bảo vệ chống ngắn mạch ngoài, bảo vệ chống quá tải, bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất và bảo vệ so lech. Tồn tại một số phương pháp kết nối máy phát và máy biến áp (hình 11.12) :



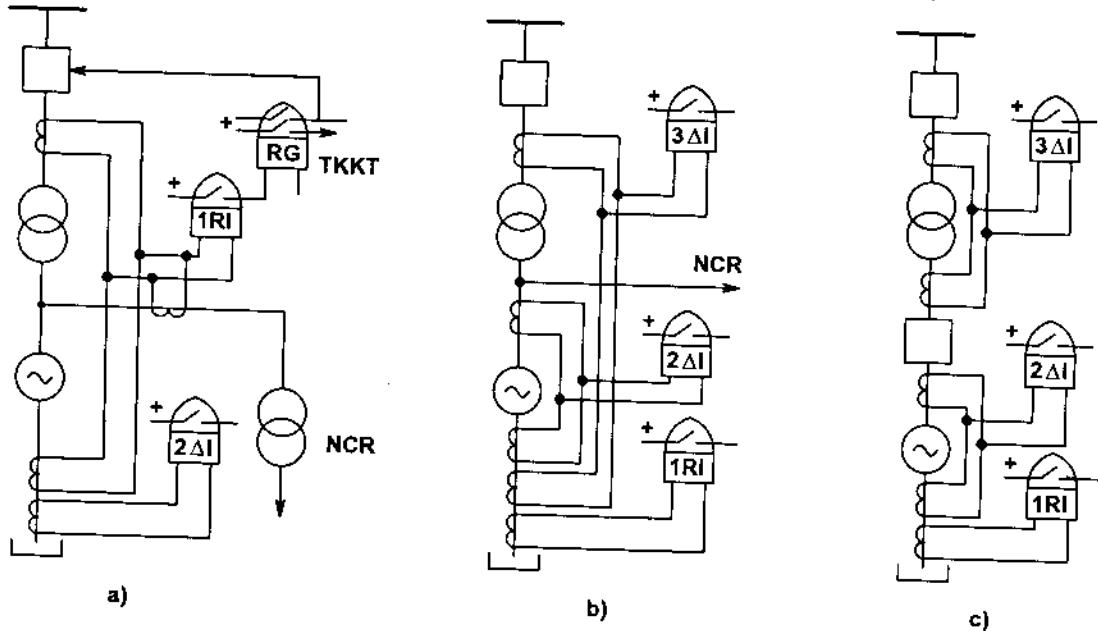
**Hình 11.12.** Các dạng kết nối khống khói máy phát - máy biến áp

a) nhiều máy phát nối trực tiếp với một máy biến áp ; b) máy phát nối trực tiếp với máy biến áp có nhánh rẽ ra máy biến áp nhu cầu riêng NCR ; c) máy phát nối với máy biến áp qua máy cắt ; d) máy phát nối với máy biến áp ba cuộn dây v.v...

Trong các nhà máy điện công suất nhỏ hoặc trung bình, máy phát thường được nối trực tiếp với máy biến áp mà không có nhánh rẽ ra biến áp đo lường và nhu cầu riêng, còn ở các nhà máy điện công suất lớn máy phát thường được nối với máy biến áp qua máy cắt và có nhánh rẽ đến máy biến áp nhu cầu riêng. Bảo vệ chống quá tải cho khống khói được thực hiện bởi một role mắc trong mạch của điện áp phát. Đôi với khống khói có máy biến áp 3 cuộn dây, bảo vệ phải được xét đến từ tất cả các phía. Bảo vệ so lech cho khống khói có thể được thực hiện theo các phương án sau (hình 11.13) :

– Một bảo vệ so lech chung cho cả khống khói (hình 11.13.a), phương án này thường được áp dụng cho nhà máy điện có công suất thấp và trung bình không có máy cắt giữa máy phát và máy biến áp. Trong sơ đồ có nhánh rẽ đến máy biến áp nhu cầu riêng, bảo vệ so lech được trang bị với 3 nhóm máy biến dòng, trong đó hệ số biến dòng của nhánh rẽ và của máy phát phải được chọn giống nhau. Khi có sự cố ngắn mạch trong các phần tử được bảo vệ, role dòng  $2\Delta I$  sẽ tác động đưa tín hiệu đến role trung gian RG, role này tác động khép tiếp điểm thường mở đưa tín hiệu đến cơ cấu hành để cắt máy cắt đồng thời đưa

tín hiệu đến cơ cấu tự động khử kích từ TKKT của máy phát. Bảo vệ chống quá tải được thực hiện bởi role dòng 1RI, role này khi tác động sẽ báo tín hiệu còi hoặc đèn.



**Hình 11.13.** Các phương án bảo vệ so lèch khối máy phát và máy biến áp

- Sơ đồ bảo vệ khối nối trực tiếp máy phát – máy biến áp có nhánh rẽ ra NCR
- Một bảo vệ so lèch riêng cho máy phát và một sơ đồ chung cho cả khối
- Một bảo vệ so lèch riêng cho máy phát và một bảo vệ riêng cho máy biến áp

– Hai bảo vệ so lèch, trong đó một để bảo vệ riêng cho máy phát và một bảo vệ chung cho cả khối (hình 11.13.b). Phương án này áp dụng cho khối có công suất lớn. Bảo vệ so lèch chung sẽ là bảo vệ chính cho khối đồng thời là bảo vệ dự phòng cho máy phát khi mà bảo vệ chung không đảm bảo độ nhạy cần thiết;

– Trong sơ đồ có máy cắt giữa máy phát và máy biến áp có thể bố trí 2 bảo vệ so lèch riêng cho mỗi phần tử (hình 11.13.c).

Khi có ngắn mạch chạm đất ở mạch điện áp phát, do sự hiện diện của điện dung máy phát và của dây dẫn, dòng điện thường có giá trị nhỏ do đó bảo vệ chỉ cần đưa tín hiệu. Bảo vệ chống chạm đất được thực hiện bởi role điện áp mắc trong mạch của cuộn dây tam giác hở của máy biến điện áp BU, tín hiệu được đưa ra qua role thời gian. Điện áp khởi động của role điện áp được chọn lớn hơn giá trị điện áp lớn nhất có thể xuất hiện trên các cực của cuộn dây tam giác hở do ảnh hưởng của sự ngắn mạch không đối xứng ở mạng cao áp. Thường điện áp khởi động của role này khoảng 15 V.

## 11.7. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 11.1.** Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TMĐH 40000/110 có công suất định mức  $S_{n,BA} = 40000$  kVA, điện áp định mức là 115/37 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Công suất ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía sơ cấp

(trên đầu vào máy biến áp) là  $S_{k,HT}=685$  MVA. Tổ nối của máy biến áp là  $Y/\Delta$ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3. Hệ số quá tải lấy bằng 1,1.

**Giải:** Máy biến áp TMДН 40000/110 sẽ được trang bị các bảo vệ so lech, bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ bằng role hơi và bảo vệ chống quá tải.

Trước hết ta xác định dòng điện ngắn mạch ngoài của máy biến áp, tức là ngắn mạch trên thanh cái thứ cấp. Ta chọn điện áp cơ bản  $U_{cb} = U_{n2} = 37$  kV. Điện trở hệ thống :

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{37^2}{685} = 2 \Omega;$$

Điện trở của máy biến áp

$$X_{BA} = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{nBA}} = \frac{10,5 \cdot 37^2}{100 \cdot 40} = 3,6 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch

$$X_K = X_{HT} + X_{BA} = 2 + 3,6 = 5,6 \Omega;$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm trên thanh cái thứ cấp quy về phía sơ cấp

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} Z_k} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 5,6} = 3,82 \text{ kA} = 3820 \text{ A};$$

#### a) Bảo vệ so lech cho máy biến áp

Trước hết ta xác định dòng điện định mức ở hai phía của máy biến áp

$$I_{n1} = \frac{S_{nBA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 200,82 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_{nBA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 624,16 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bão hòa nhanh  $I_{n1} = 600$  và  $I_{n2} = 1000 \text{ A}$ , dòng định mức thứ cấp là  $I_{n2B1} = 5 \text{ A}$ , vậy tỷ số biến dòng sẽ là :

$$n_{i1} = \frac{600}{5} = 120; \quad n_{i2} = \frac{1000}{5} = 200$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng : vì sơ đồ nối dây của máy biến áp là  $Y/\Delta$  nên ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng phía sơ cấp nối theo hình tam giác ( $\Delta$ ), còn phía thứ cấp – theo hình sao đủ ( $Y$ ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là  $k_{sd1} = \sqrt{3}$  và phía thứ cấp là  $k_{sd2} = 1$ .

Giá trị dòng điện thứ cấp ở hai phía của máy biến dòng ở chế độ định mức là

$$I_{2I} = \frac{I_{n1} \cdot k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{200,82 \cdot \sqrt{3}}{120} = 2,9 \text{ A}; \quad I_{2II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{624,16 \cdot 1}{200} = 3,12 \text{ A}$$

Sai số do sự chênh lệch dòng điện phía thứ cấp :

Sai số do sự chênh lệch dòng điện phía thứ cấp :

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| = \left| \frac{2,9 - 3,12}{2,9} \right| = 0,077$$

Xác định dòng điện không cân bằng :

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} s_i + s_{\Delta Udc} + s_{2i}) I_k^{(3)}$$

Các máy biến dòng bảo hoà nhanh nên  $k_a = 1$ , các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên  $k_{cl} = 1$ , sai số máy biến dòng  $s_i = 0,1$ , như vậy

$$I_{kcbMax} = (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,077) \cdot 3820 = 1056,9 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{kcbMax} = 1,3 \cdot 1056,9 = 1374 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của role

$$I_{kdRSL} = \frac{I_{kd} k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{1374 \cdot 1}{200} = 6,87 \text{ A}$$

Chọn role với dòng đặt là  $I_{dR} = 7 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SI} = I_{d.SL} = \frac{I_{dR.SL} n_{i2}}{k_{sd2}} = \frac{7 \cdot 200}{1} = 1400 \text{ A} ;$$

Dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha trước thanh cái phía thứ cấp, trên thực tế giá trị này cũng bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha ngoài vùng bảo vệ  $I_k^{(2)}$ , do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = k_{nh} = \frac{0,87 I_k^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 3820}{1400} = 2,37 > 2$$

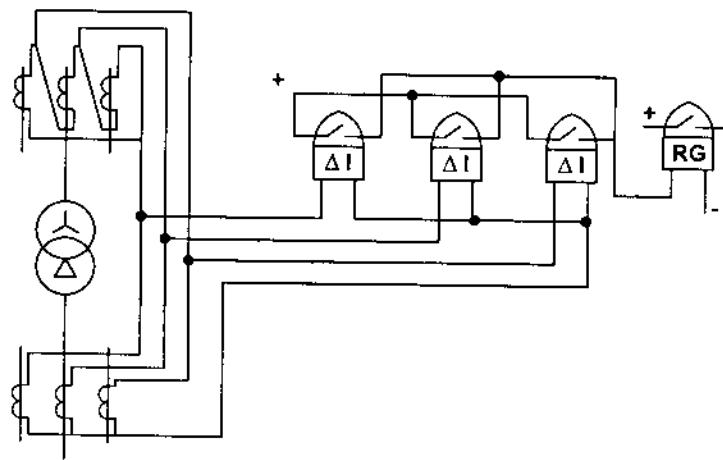
Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

Với số vòng dây của cuộn cân bằng là  $\omega_n = 20$ , Chọn số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp :

$$\omega = \omega_n \left( \frac{I_{2II}}{I_{2I}} - 1 \right) = 20 \cdot \left( \frac{3,12}{2,9} - 1 \right) = 1,53 \text{ vòng} ;$$

Chọn số vòng dây cần mắc thêm phía sơ cấp là  $\omega_C = 2$  vòng

Sơ đồ nối máy biến dòng và role được thể hiện trên hình vẽ 11.14.



Hình 11.14. Sơ đồ bảo vệ so lèch máy biến áp 115/37 kV, bài toán 10.1

**b) Bảo vệ cắt nhanh**

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

- Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài,  $I_k^{(3)} = 3820 \text{ A}$
- Lớn hơn dòng đột biến từ hóa của máy biến áp

$$I_{db} = k_{db} \cdot I_{02} = 4.624,16 \approx 2496,65 \text{ A} ;$$

Do dòng  $I_k^{(3)} > I_{db}$  nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất :

$$I_{CN} = k_{tc} \cdot I_{db} = 1,3 \cdot 3820 \approx 4966 \text{ A}$$

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} k_{sd1} = \frac{4966}{200} \cdot 1 = 24,83 \text{ A} ;$$

Chọn role với dòng đặt của role  $I_{dRCN} \approx 25 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{25 \cdot 200}{1} = 5000 \text{ A.}$$

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{X_{BA}} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) = \frac{100}{3,6} \left( \frac{37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 5000} - 2 \right) = 63,27\% > 30\%$$

Vậy đảm bảo yêu cầu cần thiết

**c) Bảo vệ chống quá tải :**

Hệ số quá tải cho phép của máy biến áp lấy bằng 1,1. Dòng khởi động của role bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd.R.qt} = \frac{k_{qt} \cdot k_{sd1} \cdot I_{n1}}{n_{il}} = \frac{1,1 \cdot 1,624,16}{200} = 3,43A;$$

Chọn dòng khởi động của role là  $I_{kd.R} = 3,5A$  với thời gian duy trì quá tải là  $t = 3s$ , tín hiệu quá tải được thể hiện dưới dạng còi hoặc đèn hiệu.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd.qt} = \frac{I_{kdR} \cdot n_{il}}{k_{sd1}} = \frac{3,5 \cdot 200}{1} = 700 A.$$

**d) Bảo vệ bằng role hơi kiểu ПГ-35**, khi role này sẽ tác động nó sẽ gửi tín hiệu bằng đèn hoặc còi đồng thời gửi tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành để cắt máy cát khi có sự cố trầm trọng xảy ra.

**e) Bảo vệ chống ngắn mạch một pha chạm đất** : Khi có sự cố ngắn mạch chạm đất tín hiệu được thu nhận bởi cuộn dây tam giác hở của máy biến điện áp 3HOM mắc trên thanh cái 35kV, tín hiệu được thể hiện dưới dạng còi hoặc đèn hiệu.

**Ví dụ 11.2.** Tính toán chỉnh định role so lech kỹ thuật số bảo vệ cho máy biến áp ТМДН 40000/110 có công suất định mức  $S_{nBA} = 40000 \text{ kVA}$ , điện áp định mức là 115/37 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Công suất ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía sơ cấp (trên đầu vào máy biến áp) là  $S_{k,HT} = 685 \text{ MVA}$ . Tổ nối của máy biến áp là  $Y/\Delta$ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.

**Giải :** Các thông số tính toán được xác định tương tự như bài 11.1.

$$I_k = 3820A; I_{n2} = 624,16 A$$

Các giá trị dòng điện được tính tương ứng với bội số của dòng định mức máy biến áp  $I_{n2}$

- Giá trị tác động ngưỡng thấp  $I_> = 0,3$  (tức là  $I > = 0,3I_{n2} = 0,3 \cdot 374,9 = 112,47A$ );
- Dòng đặt ngưỡng cao  $I_{>>} = 8$
- $\operatorname{tg}\alpha_1 = 0,15$  và  $\operatorname{tg}\alpha_2 = 0,4$
- Dòng hâm cơ sở  $I_{CS} = 2,5$
- Dòng điện hâm  $I_H = 2 \cdot I_k^{(3)} / I_{n2} = 2 \cdot 3820 / 624,16 = 12,24$
- Dòng so lech ngưỡng  $I_{ng} = \operatorname{tg}\alpha_2 (I_H - I_{CS}) = 0,4(12,24 - 2,5) = 3,896$
- Dòng so lech  $I_{sl} = I_{kcb,Max} / I_{n2} = 1056,9 / 624,16 = 1,693$

Hệ số an toàn của bảo vệ được xác định theo biểu thức

$$k_{at} = \frac{I_{ng}}{I_{sl}} = \frac{3,896}{1,693} = 2,3$$

Ngưỡng thay đổi thứ nhất

$$I_{H1} = \frac{I_{>}}{\operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{0,3}{0,15} = 2$$

Ngưỡng thay đổi thứ 2

$$I_{H2} = \frac{I_{CS} \operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{2,5 \cdot 0,4}{0,4 - 0,15} = 4$$

Ngưỡng thay đổi thứ 3

$$I_{H3} = I_{CS} + \frac{I_{>}}{\operatorname{tg}\alpha_2} = 2,5 + \frac{8}{0,4} = 22,5$$

Thông số cài đặt	Ký hiệu	Địa chỉ	Giá trị
dòng khởi động ngưỡng thấp	$I_{>}$	1603	$0,3 \cdot I_{n2}$
dòng khởi động ngưỡng cao	$I_{>>}$	1604	$8 \cdot I_{n2}$
độ dốc đoạn BC	$d_1$	1608	15%
đoạn CD :	điểm gốc	$I_{CS}$	$1607 \cdot 2,5 \cdot I_{n2}$
	độ dốc	$d_2$	40%
khoá dòng từ hoá	ngưỡng tác động	$i_2$	$1610 \cdot 4 \cdot I_{n2}$
	thời gian duy trì	$t_{th}$	$1612 \cdot 0,2s$
khoá quá kích từ	ngưỡng tác động	$i_5$	$1614 \cdot 7 \cdot I_{n2}$
	thời gian duy trì	$t_s$	$1615 \cdot 0,16s$
thời gian tác động	ngưỡng thấp	$t_{I_{>}}$	$1625 \cdot 0,5s$
	ngưỡng cao	$t_{I_{>>}}$	$1628 \cdot 0,03s$

**Bài tập 11.1.** Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TMĐH 10000/110 có công suất định mức  $S_{nBA} = 10000$  kVA, điện áp định mức là 115/22 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Công suất ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía sơ cấp (trên đầu vào máy biến áp) là  $S_{k,HT} = 358$  MVA. Tổ nối của máy biến áp là  $Y/\Delta$ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3. Hệ số quá tải lấy bằng 1,1.

**Bài tập 11.2.** Tính toán chỉnh định role so lệch kỹ thuật số bảo vệ cho máy biến áp TMĐH 63000/110 có công suất định mức  $S_n = 63000$  kVA, điện áp định mức là 115/37 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với  $\Delta U_{dc} = 10\%$ . Công suất ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía sơ cấp (trên đầu vào máy biến áp) là  $S_{k,HT} = 720$  MVA. Tổ nối của máy biến áp là  $Y/\Delta$ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,2.

**Đáp số****11.2**Bảo vệ so lệch :  $I_{dRSL} = 9A$  ;  $k_{nh} = 3,18$ Bảo vệ cắt nhanh :  $I_{dRCN} = 43A$  ;  $m\% = 70,27\%$ Bảo vệ quá tải :  $I_{dRqt} = 5A$  ;**11.2**

$I_s$	$I_{>>}$	$I_{ng}$	$I_H$	$I_{sl}$	$I_{H1}$	$I_{H2}$	$I_{H3}$	$k_{at}$
0,3	5	3,16	10,4	1,44	2	4	15,13	2,2

**Tóm tắt chương 11****Bảo vệ bằng role hơi**

Role hơi làm việc theo nguyên lý không điện. Khi có sự cố trong máy biến áp, nhiệt độ trong thùng tăng lên, dưới tác dụng của nhiệt độ, dầu bị phân huỷ thành bọt khí. các tia khí thoát ra mãnh liệt, làm lật phao có gắn tiếp điểm thuỷ ngân làm nó được đóng lại, đưa tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành để cắt máy cắt.

**Bảo vệ quá dòng điện**

Bảo vệ máy chống ngắn mạch trong máy biến áp có thể được thực hiện theo nguyên lý quá dòng theo 2 cấp :

– Cấp thứ nhất là bảo vệ cắt nhanh với dòng khởi động được chỉnh định theo dòng điện ngắn mạch ngoài lớn nhất đi qua máy biến áp ;

$$I_{kd.CN} = k_{lc} \frac{I}{k_1} (3)$$

– Cấp thứ hai là bảo vệ dòng cực đại, được với dòng khởi động được chỉnh định theo dòng làm việc lớn nhất qua máy biến áp.

**Các đặc điểm của bảo vệ so lệch máy biến áp**

– Dòng từ hoá của máy biến áp thay đổi một cách đột biến khi  $U$  tăng đột ngột. Ngoài đặc điểm tắt dần theo thời gian, dòng từ hoá còn chứa thành phần không chu kỳ và các sóng hài bậc cao.

– Sự điều chỉnh hệ số biến áp làm phá vỡ sự cân bằng của dòng điện ở các nhánh bảo vệ ;

– Sự khác nhau của điện áp buộc phải chọn các máy biến dòng ở hai phía khác nhau về hệ số biến dòng cũng như về chủng loại.

– Sự khác nhau của sơ đồ nối các cuộn dây máy biến áp dẫn đến sự lệch pha của các dòng điện hai phía

**Tính toán bảo vệ so lệch máy biến áp****Dòng điện không cân bằng cực đại**

$$I_{kcb.max} = (k_a k_{cl} s_i + \Delta U_{dc} + s_{2i}) I_{k.max.ng}$$

Dòng khởi động tính toán được chọn theo giá trị lớn nhất trong 3 điều kiện :

- bảo vệ không tác động khi đứt dây ở mạch nhì thứ

$$I_{kd} = k_{tc} I_{lvMax}$$

- bảo vệ không tác động khi dòng từ hoá nhảy vọt  $I_{kd} = (1,1 \div 1,4) I_{nBA}$

- bảo vệ không tác động ở giá trị cực đại của dòng không cân bằng

$$I_{kd} = k_{tc} I_{kcb.max}$$

Dòng điện khởi động của role so lệch

$$I_{kdRSL} = \frac{I_{kd} k_{cd2}}{n_{l2}}$$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dR.SL} n_{l2}}{k_{sd2}}$$

Số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp theo biểu thức

$$\omega = \omega_n \left( \frac{|I_{2I}|}{|I_{2I}|} - 1 \right)$$

Tính toán chỉnh định role so lệch kỹ thuật số

Dòng điện so lệch

$$I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$$

$$I_{SL} = |I_{2I} - I_{2II} - I_{2III}| \quad \text{đối với máy biến áp 3 cuộn dây}$$

Dòng hâm

$$I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$$

$$I_H = |I_{2I}| + |I_{2II}| + |I_{2III}| \quad \text{đối với máy biến áp 2 cuộn dây}$$

Dòng so lệch ngưỡng

$$I_{ng} = \operatorname{tg}\alpha_2 (I_H - I_{CS})$$

$$\text{Hệ số an toàn của bảo vệ} \quad k_{at} = \frac{I_{ng}}{I_{sl}}$$

$$\text{Ngưỡng thay đổi thứ nhất của đường đặc tính bảo vệ so lệch} \quad I_{H1} = \frac{I_{>}}{\operatorname{tg}\alpha_1}$$

$$\text{Ngưỡng thay đổi thứ 2} \quad I_{H2} = \frac{I_{CS} \operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_2 - \operatorname{tg}\alpha_1}$$

$$\text{Ngưỡng thay đổi thứ 3} \quad I_{H3} = I_{CS} + \frac{I_{>}}{\operatorname{tg}\alpha_2}$$

Bảo vệ trạm biến áp 35 ÷ 220 kV không dùng máy cắt phía sơ cấp

Khi có sự cố ngắn mạch trong máy biến áp bảo vệ role sẽ tác động đưa tín hiệu đến đóng dao ngắn mạch KZ, làm dao này đóng lại. Khi đóng mạch, dao KZ tạo ra sự ngắn mạch nhân tạo 3 pha làm cho dòng điện ngắn mạch chạy trong mạng điện có giá trị rất

lớn, dẫn đến máy cắt đầu nguồn tác động cắt toàn bộ đường dây ra khỏi hệ thống. Trong khoảng thời gian không có dòng điện trong mạng dao ngắt mạch OD sẽ tự động cắt mạch, loại trạm biến áp ra khỏi đường dây. Sau đó hệ thống tự động đóng lặp lại sẽ tự động đóng lại máy cắt để cung cấp điện trở lại cho các hộ dùng điện khác.

#### Bảo vệ khỏi máy phát và máy biến áp

Các bảo vệ chung thường được áp dụng là bảo vệ chống ngắn mạch ngoài, bảo vệ chống quá tải, bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất và bảo vệ so lech.

- Một bảo vệ so lech chung cho cả khối
- Hai bảo vệ so lech, trong đó một để bảo vệ riêng cho máy phát và một bảo vệ chung cho cả khối
- Trong sơ đồ có máy cắt giữa máy phát và máy biến áp có thể bố trí 2 bảo vệ so lech riêng cho mỗi phần tử

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày đặc điểm cấu tạo role hơi và nguyên tắc động của bảo vệ bằng role hơi
2. Hãy trình bày nguyên lý bảo vệ quá dòng cho máy biến áp
3. Hãy trình bày nguyên lý bảo vệ so lech cho máy biến áp
4. Hãy trình bày sơ đồ và nguyên lý tác động của bảo vệ trạm biến áp không có máy cắt cao áp
5. Hãy trình bày các sơ đồ thực hiện bảo vệ trạm biến áp
6. Trình bày các sơ đồ bảo vệ khỏi máy phát – máy biến áp

## Chương 12

# BẢO VỆ ĐƯỜNG DÂY VÀ THANH CÁI

## 12.1. ĐẠI CƯƠNG

Đối với các đường dây trên không, đường dây cáp và thanh cáp bảo vệ role được tính toán để ngăn ngừa các sự cố ngắn mạch nhiều pha, ngắn mạch một pha, ngắn mạch chạm đất và chế độ làm việc không bình thường như quá tải, sụt áp v.v... Hiện nay bảo vệ đường dây chủ yếu được thực hiện bởi các sơ đồ bảo vệ quá dòng nhiều cấp, bảo vệ khoảng cách nhiều cấp, bảo vệ so lệch pha cao tần kết hợp bảo vệ khoảng cách và bảo vệ dòng điện thứ tự không đối với mạng điện có trung tính nối đất. Đối với đường dây phân phối người ta thường dùng các bảo vệ sau : bảo vệ quá dòng ; bảo vệ có hướng ; bảo vệ khoảng cách và bảo vệ so lệch. Đối với các đường dây truyền tải các bảo vệ chủ yếu được sử dụng là : bảo vệ khoảng cách ; bảo vệ có hướng ; bảo vệ so lệch và bảo vệ cao tần v.v...

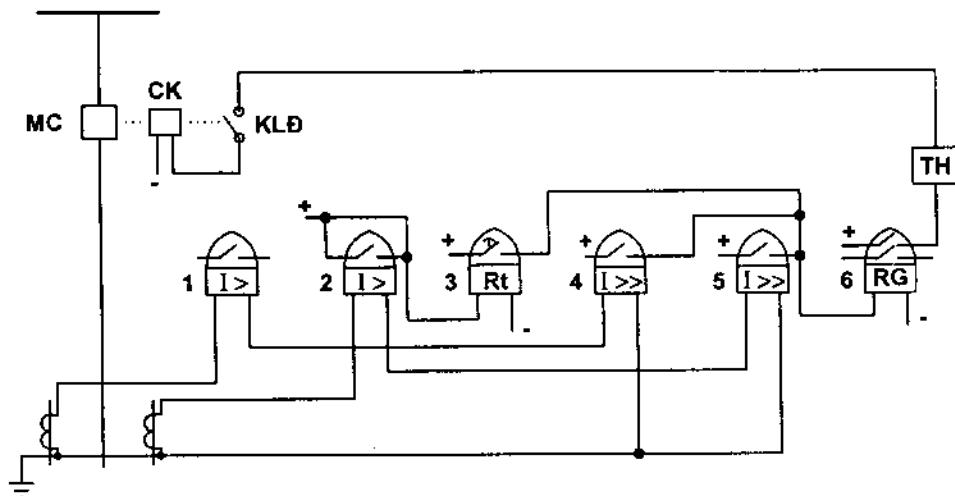
## 12.2. BẢO VỆ CHỐNG NGẮN MẠCH NHIỀU PHA TRÊN ĐƯỜNG DÂY

Bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha trên đường dây phân phối tác động đưa tín hiệu đến cắt máy cắt đầu lô phía nguồn cung cấp. Bảo vệ này sẽ không phản ứng đối với ngắn mạch trong các máy biến áp nếu các máy biến áp đó đã có bảo vệ riêng. Bảo vệ đường dây thường được áp dụng nhiều cấp với sự kết hợp của các loại bảo vệ khác nhau. Loại bảo vệ thường được áp dụng rộng rãi là bảo vệ quá dòng điện (gồm bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh), bảo vệ có hướng, bảo vệ khoảng cách, bảo vệ so lệch và bảo vệ cao tần.

### 12.2.1. Bảo vệ quá dòng

Bảo vệ quá dòng cho đường dây được thực hiện theo nguyên lý chung đã xét ở chương 5. Thông thường người ta kết hợp bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh để bảo vệ cho các đường dây. Đối với mạng điện có trung tính nối đất trực tiếp, thường các máy biến dòng được nối theo hình sao đấu, ngoài 3 role cho 3 pha còn cần thêm 1 role phản ứng theo dòng thứ tự không. Đối với mạng điện có trung tính cách ly, thường chỉ cần dùng sơ đồ sao thiêu với 2 máy biến dòng và 2 role. Đối với mạng điện 2 nguồn cung cấp, nếu bảo vệ cắt nhanh không có bộ phận định hướng thì dòng khởi động được chọn theo giá trị dòng ngắn mạch lớn nhất xảy ra trên một trong 2 thanh cáp của 2 đầu dây. Đại diện của sơ đồ bảo vệ quá dòng nhiều cấp của đường dây được thể hiện trên hình 12.1. Các máy biến dòng được mắc theo hình sao thiêu, các role dòng 1 và 2 thực hiện chức năng bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian duy trì thông qua role thời gian 3, các role dòng 4 và 5 thực hiện chức năng bảo vệ cắt nhanh. Để loại trừ sai số do ảnh hưởng của dòng điện sét, bảo vệ cắt nhanh không phải tác động tức thời, mà với một thời gian trễ chừng  $50 \div 80$  mS. Hiện nay người ta thường dùng các loại role dòng với 3 chức năng là do dòng, định thời gian và báo tín hiệu, như vậy sơ đồ sẽ đơn giản hơn.

Để nâng cao độ nhạy của bảo vệ trong một số mạng điện có công suất ngắn mạch yếu, người ta áp dụng sơ đồ bảo vệ quá dòng với khoá điện áp thấp. Sơ đồ sẽ được thực hiện theo logic "VÀ" ( $I > \& U <$ ). Đối với mạng điện có kết cấu phức tạp bảo vệ quá dòng thường được thực hiện kết hợp với bảo vệ có hướng. Sự tác động của sơ đồ này phụ thuộc vào 2 yếu tố là dòng điện ngắn mạch và hướng dòng công suất qua chỗ đặt thiết bị bảo vệ. Độ chạy của bảo vệ được đánh giá theo độ nhạy của bộ phận khởi động (role dòng) và bộ phân định hướng (role công suất)



Hình 12.1. Sơ đồ bảo vệ quá dòng đường dây tải điện

Tính toán bảo vệ quá dòng cho đường dây được tiến hành tương tự như đối với bảo vệ máy phát điện (xem chương 10). Đối với đường dây 2 nguồn cung cấp và các mạng điện có sơ đồ phức tạp người ta thường áp dụng sơ đồ bảo vệ quá dòng có hướng. Sự tác động của bảo vệ có hướng được thực hiện theo logic "VÀ" (dòng sự cố & hướng công suất).

Đại diện cho role bảo vệ quá dòng kỹ thuật số là loại 7SJ512 của hãng Siemens (xem chương 5). Chức năng bảo vệ quá dòng ngưỡng thấp (low set- L) thực hiện nhiệm vụ bảo vệ dòng điện cực đại hay còn gọi là bảo vệ quá dòng có thời gian xác định. Chức năng bảo vệ ngưỡng cao (high set – H) thực hiện nhiệm vụ bảo vệ cắt nhanh. Giá trị cài đặt của dòng khởi động được thể hiện dưới dạng bội số của dòng định mức sơ cấp của máy biến dòng ( $I/I_{n1.BI}$ ).

Dòng khởi động ngưỡng dưới của bảo vệ quá dòng được xác định theo biểu thức

$$I_{kdl>} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}} k_{sd} k_{mm} I_{lvM}$$

Bội số dòng khởi động ngưỡng thấp

$$I_{>} = \frac{I_{kdl>}}{I_{n1.BI}}$$

$I_{n1.BI}$  – giá trị dòng định mức sơ cấp của máy biến dòng

Dòng khởi động ngưỡng cao được xác định theo biểu thức

$$I_{kdl>>} = k_{tc} k_{sd} I_{k.2}$$

Bội số dòng khởi động ngưỡng cao

$$I_{>>} = \frac{I_{kdl>>}}{I_{nl.BI}}$$

### 12.2.2. Bảo vệ so lệc đường dây và bảo vệ cao tần

#### a) Bảo vệ so lệc

Sơ đồ bảo vệ so lệc đường dây tải điện cũng được thực hiện tương tự như bảo vệ so lệc các phân tử khác của hệ thống điện, điểm khác biệt ở đây là do đường dây dài nên cần phải sử dụng hai bộ bảo vệ đặt ở 2 đầu dây để mỗi bộ tác động cắt các máy cắt ở đầu dây của mình. Các bộ bảo vệ này liên lạc với nhau qua các kênh thông tin như cáp quang, dây dẫn phụ hoặc kênh vô tuyến v.v... Việc sử dụng các đường dây phụ liên lạc giữa 2 đầu dây nhìn chung khá tốn kém và phức tạp nên bảo vệ so lệc chỉ áp dụng chủ yếu cho các đường dây ngắn, còn đối với những đường dây dài bảo vệ so lệc được áp dụng kết hợp với các phương tiện truyền tin hiện đại hoặc dùng phương pháp bảo vệ cao tần.

#### b) Bảo vệ cao tần

Bảo vệ có hướng cao tần và bảo vệ so lệc pha cao tần thường được áp dụng để bảo vệ cho các đường dây dài (xem chương 9). Dòng điện ở hai đầu dây được so sánh với nhau qua bộ cộng pha. Việc so sánh được tiến hành theo hai nửa chu kỳ (được ký hiệu là dương và âm). Tín hiệu so sánh được truyền đến các đầu dây nhờ sự trợ giúp của các bộ thu, phát cao tần. Nếu các tín hiệu từ hai đầu dây trùng pha nhau (trường hợp ngắn mạch trong vùng bảo vệ) thì trên đầu ra của bộ so sánh pha sẽ có tín hiệu cắt được gửi đi để cắt máy cắt. Nếu các tín hiệu lệch pha nhau (trường hợp ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ) thì sẽ không có tín hiệu ở đầu ra của bộ so sánh, do đó máy cắt sẽ vẫn giữ nguyên trạng thái đóng. Thiết bị đại diện của bảo vệ so lệc cao tần đường dây là rôle số loại EPZ-1643. Bảo vệ có 2 thành phần là bảo vệ khoảng cách có dùng khoá chống dao động và bảo vệ dòng điện thứ tự không.

### 12.2.3. Bảo vệ khoảng cách

Bảo vệ khoảng cách áp dụng cho đường dây tải điện được thực hiện theo nhiều cấp với nhiều vùng tác động, các vùng phía trước (tính theo chiều từ thanh cái vào đường dây) đóng vai trò bảo vệ dự phòng cho vùng liền kề. Thường sơ đồ bảo vệ khoảng cách 3 cấp được áp dụng nhiều nhất (xem chương 8). Cấp 1 là bảo vệ chính, có vùng tác động chiếm khoảng  $80 \div 85\%$  tổng chiều dài đường dây cần bảo vệ. Chức năng chính của bảo vệ cấp 2 là bảo vệ vùng chết và dự phòng cho bảo vệ cấp 1, còn bảo vệ cấp 3 làm nhiệm vụ dự phòng cho bảo vệ cấp 2 và cấp 1 với thời gian trễ thích hợp.

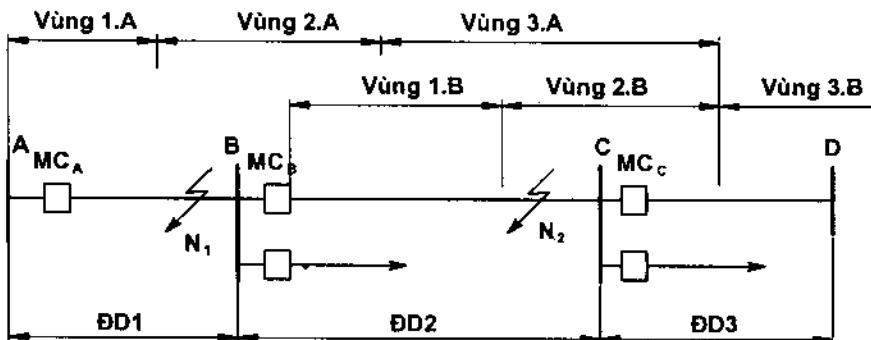
Để đảm bảo điều kiện làm việc chọn lọc của bảo vệ điện trở khởi động của bảo vệ vùng 1 phải nhỏ hơn điện trở của đoạn dây được bảo vệ, tức là  $Z_A^1 < Z_{AB}$

Hay

$$Z_A^I = k_1 Z_{AB} \quad (12.1)$$

$k_1$  – hệ số dự trù, tính đến sự tác động thiếu chính xác của role và ảnh hưởng của điện trở quá độ tại nơi xảy ra ngắn mạch, thường có giá trị trong khoảng  $0,8 \div 0,85$  ;

$Z_{AB}$  – điện trở của đoạn dây AB.



Hình 12.2. Vùng tác động của bảo vệ khoảng cách đường dây truyền tải

Bảo vệ cấp 2 của đường dây AB và đường dây BC có cùng thời gian trễ ( $t_{2,A} = t_{2,B}$ ) vì vậy để đảm bảo sự chọn lọc cần phải có sự kết hợp bảo vệ theo điều kiện khởi động là

$$Z_A^{II} = k_2 (Z_{AB} + k_1 Z_{BC}) \quad (12.2)$$

$Z_A^{II}$  – điện trở khởi động của bảo vệ cấp 2 đường dây AB ;

$Z_{BC}$  – điện trở của đường dây BC liền sau đường dây AB

$k_2$  – hệ số dự trù lấy trong khoảng  $0,7 \div 0,8$ .

Tương tự như vậy, điện trở khởi động của vùng 3 là

$$Z_A^{III} = k_2 [(Z_{AB} + k_2 (Z_{BC} + k_1 Z_{CD}))] \quad (12.3)$$

Giá trị điện trở khởi động của role vùng 1 của bảo vệ A

$$Z_{R,A}^I = Z_A^I \frac{n_i}{n_u} = k_1 Z_{AB} \cdot \frac{n_i}{n_u} \quad (12.4)$$

$Z_{AB}$  – điện trở của đường dây AB cần bảo vệ ;

Căn cứ vào giá trị dòng khởi động của role  $Z_{R,A}^I$  ta chọn nấc chỉnh định gần nhất về phía dưới  $Z_{d,A}^I$  và xác định điện trở khởi động thực tế của bảo vệ khoảng cách

$$Z_{kd,A}^I = Z_{d,A}^I \frac{n_u}{n_i} \quad (12.5)$$

Hệ số nhạy của role điện trở vùng 1 được xác định theo biểu thức

$$k_{nh} = \frac{Z_{AB}}{Z_{kd,A}^I} \quad (12.6)$$

$Z_{kd,A}^I$  – điện trở khởi động của bảo vệ khoảng cách ;

Độ nhạy yêu cầu không nhỏ hơn  $1,2 \div 1,3$ . Đối với cơ cấu khởi động dòng thì độ nhạy cũng được xác định tương tự như bảo vệ dòng cực đại. Đối với các vùng khác quá trình tính toán cũng được thực hiện tương tự.

Bảo vệ khoảng cách cho đường dây 2 nguồn cung cấp được trang bị các bộ khoá chống dao động phản ứng theo các thành phần đối xứng ( $I_2$  và  $I_0$ ) hoặc ( $U_2$  và  $I_0$ ). Để có thể tăng nhanh tốc độ cắt sự cố người ta thường áp dụng phương pháp truyền tín hiệu liên động giữa các bảo vệ ở 2 đầu đường dây với các phương thức sau :

- Tín hiệu cho phép cắt ;
- Tín hiệu tăng tốc độ cắt (mở rộng vùng 1) ;
- So sánh hướng của khoảng cách đo được.

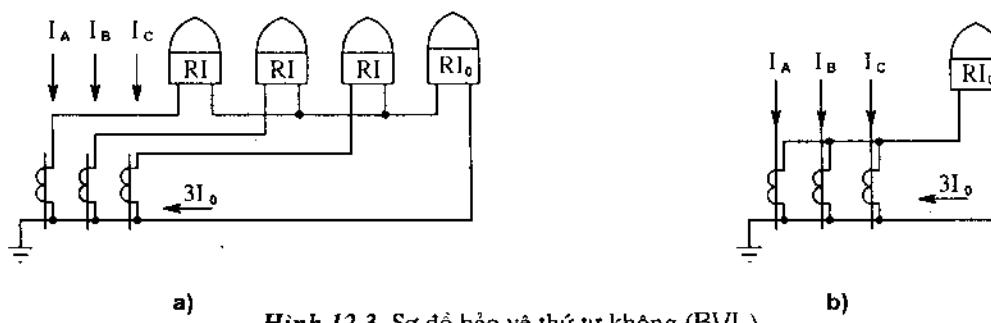
Đối với các đường dây có đặt tụ bù dọc, các bảo vệ khoảng cách có thể tác động sai hoặc thiếu chọn lọc, để khắc phục người ta thường áp dụng phương pháp tự động nối tắt tụ khi xảy ra ngắn mạch. Trong trường hợp đó thời gian tác động của vùng 1 sẽ phải trễ lại chừng  $0,1 \div 0,15$  s. Các bộ tụ bù dọc hiện đại thường được trang bị hệ thống bảo vệ bằng điện trở phi tuyến. Khi có ngắn mạch, tuỳ theo vị trí của điểm sự cố thiết bị này sẽ tự động nối tắt tụ điện để đảm bảo cho bảo vệ khoảng cách làm việc bình thường.

### 12.3. BẢO VỆ CHỐNG NGẮN MẠCH CHẠM ĐẤT

Ngắn mạch chạm đất thường xuất hiện rất nhiều ở các đường dây với các cấp điện áp khác nhau, vì vậy bảo vệ chống ngắn mạch loại này luôn được bố trí cho tất cả các đường dây. Tuỳ thuộc vào loại mạng điện mà bảo vệ có thể đưa tín hiệu đi cắt máy cắt đầu nguồn hoặc chỉ đơn thuần đưa tín hiệu đến các thiết bị cảnh báo (đèn hoặc còi).

#### 12.3.1. Bảo vệ trong mạng điện có dòng ngắn mạch chạm đất lớn

Trong mạng điện từ 110 kV trở lên trung tính được nối đất nên dòng ngắn mạch chạm đất thường có giá trị rất lớn, vì vậy bảo vệ sẽ hướng đến việc cắt máy cắt, loại vùng sự cố ra khỏi mạng điện. Để cắt dòng điện ngắn mạch trong mạng điện này người ta sử dụng sơ đồ bảo vệ theo nguyên lý ứng dụng dòng thứ tự không. Trên hình 12.3 a, biểu thị sơ đồ bảo vệ dòng thứ tự không ( $BVI_0$ ) kết hợp với bảo vệ dòng điện cực đại ( $BVI >$ ) 3 pha với bộ lọc thứ tự không.



Hình 12.3. Sơ đồ bảo vệ thứ tự không ( $BVI_0$ )  
a) sơ đồ dùng 4 role dòng ; b) Sơ đồ dùng 1 role dòng

Dòng điện đi vào role  $RI_0$  được xác định

$$I_R = \frac{3I_0}{n_i} - I_{kcbL} \quad (12.7)$$

$I_0$  – dòng điện thứ tự không ;

$n_i$  = hệ số biến dòng ;

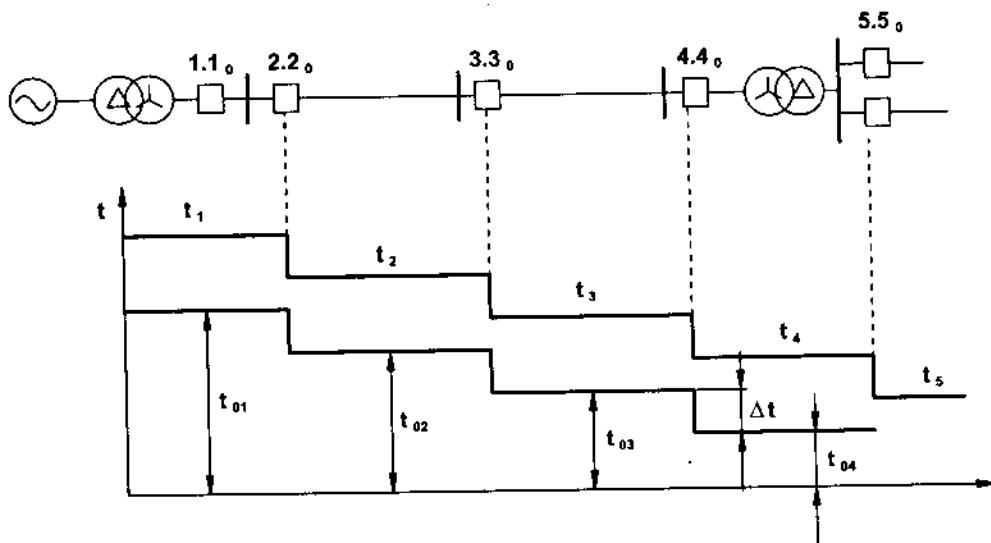
$I_{kcbL}$  – dòng không cân bằng của bộ lọc.

Dòng khởi động được xác định

$$I_{kd} = k_{tc} \cdot I_{kcbL} \quad (12.8)$$

$I_{kcbL}$  – dòng điện không cân bằng tính toán phía sơ cấp

Để phối hợp bảo vệ đảm bảo độ nhạy giữa các  $BVI_0$  thì dòng khởi động trong bảo vệ của đoạn trước phải chọn lớn hơn dòng bảo vệ ở đoạn sau. Thời gian tác động: Thời gian của  $BVI_0$  có đặc tính độc lập chọn theo sơ đồ bậc thang. Thường thì thời gian tác động của  $BVI_0$  nhỏ hơn thời gian của  $BVI_>$  vì nó phối hợp với nhau chỉ cho sự liên hệ điện của các phân tử. Đối với các máy biến áp có cuộn dây nối hình tam giác thì sẽ không có dòng thứ tự không, vì vậy  $BVI_0$  ở đường dây này sẽ không tác động. Trên sơ đồ hình 12.4. tại BV5 chỉ có  $BVI_>$  với thời gian  $t_5$ . tại các điểm bảo vệ khác vừa có  $BVI_>$  vừa có  $BVI_0$ . Thời gian tác động của  $BVI_0$  tại BV4 rất nhỏ, chỉ khoảng  $t_{04} = 0,1s$



Hình 12.4. Các đặc tính thời gian bảo vệ thứ tự không

Để tăng tốc độ cắt sự cố  $BVI_0$  có thể thực hiện theo các nguyên lý cắt nhanh phản ứng theo dòng điện thứ tự không  $I_0$  ( $BVI_0 >>$ ). Khác với bảo vệ cắt nhanh theo dòng ngắn mạch pha ( $BVI >>$ ),  $BVI_0 >>$  có đường đặc tính  $I_0 = f(L)$  dốc hơn, vì điện trở thứ tự không của đường dây lớn hơn điện trở thứ tự thuận đến ba – bốn lần. Do đó điều kiện thực hiện  $BVI_0 >>$  thuận lợi hơn.

### 11.3.2. Bảo vệ chống ngắn mạch trong mạng điện có dòng ngắn mạch chậm đất nhỏ

Ngắn mạch một pha trong mạng điện có trung tính cách ly thường có dòng điện ngắn mạch nhỏ không gây nguy hiểm trực tiếp đối với các phân tử mạng điện, tuy nhiên các loại ngắn mạch này nếu để tồn tại lâu sẽ dẫn đến ngắn mạch giữa các pha và dẫn đến hiện tượng quá điện áp nội bộ. Thông thường đối với các loại ngắn mạch này bảo vệ chỉ đưa tín hiệu đến đèn hoặc còi. Bảo vệ có thể phản ứng theo dòng, áp hoặc hướng dòng công suất v.v...

Bảo vệ phản ứng theo dòng được thực hiện với bộ lọc thứ tự không hoặc dùng máy biến dòng đặc biệt (hình 12.5.a), Loại máy biến dòng này có mạch từ thâu tóm cả 3 dòng điện pha  $I_A, I_B, I_C$ , các dòng điện này tạo ra các từ thông  $\Phi_A, \Phi_B, \Phi_C$ . Từ thông tổng hợp  $\Phi_{\Sigma}$  sinh ra dòng điện thứ tự không chạy vào role, dòng điện này tỷ lệ với điện dung  $I_c \Sigma$  của mạng điện và được xác định theo biểu thức :

$$I_c \Sigma = 3k_{d.b} \omega C_d U_f ; \quad (12.9)$$

$C_d$  – điện dung của nhánh dây nơi đặt bảo vệ ;

$U_f$  – điện áp pha ;

$k_{d.b}$  – hệ số đột biến của dòng điện dung :

$C_{\Sigma}$  – điện dung tổng toàn bộ mạng điện.

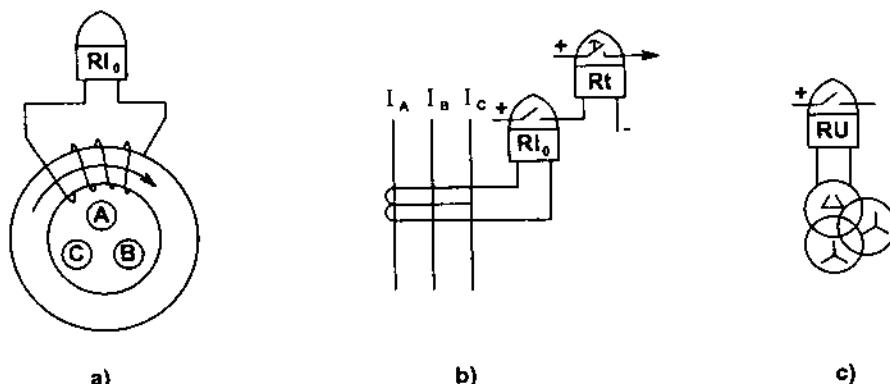
Ở thời điểm  $t = 0$ , hệ số  $k_{d.b} = 4 \div 5$ , khi  $t > 0,5s$  thì  $k_{d.b} = 1,5 \div 2$

Dòng điện khởi động của bảo vệ phải có giá trị lớn hơn dòng điện dung,  $I_{kdBV} > I_c \Sigma$ , nói cách khác

$$I_{kdBV} = k_{tc} \cdot I_c \Sigma = 3k_{tc} k_{d.b} \omega C_d U_f \quad (12.10)$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k.min}}{I_{kdBV}} = \frac{3U_{\bar{u}}\omega(C_{\Sigma} - C_d)}{3k_{tc}k_{d.b}\omega C_d U_{\bar{u}}} = \frac{(C_{\Sigma} - C_d)}{k_{tc}k_{d.b}C_{d\bar{u}}} \quad (12.11)$$



Hình 12.5. Sơ đồ bảo vệ thứ tự không với dòng ngắn mạch nhỏ :

- Sơ đồ nguyên lý máy biến dòng thứ tự không ;
- Sơ đồ bảo vệ dùng máy biến dòng thứ tự không ;
- Sơ đồ bảo vệ phản ứng theo bộ lọc điện áp thứ tự không máy biến điện

Bảo vệ thứ tự không cũng có thể được thực hiện theo sơ đồ phản ứng theo tín hiệu điện áp mà được lấy từ bộ lọc điện áp thứ tự không với các cuộn dây đấu tam giác hở (hình 12.5.c).

Bảo vệ thứ tự không có hướng phản ứng theo hướng của thành phần điện dung của công suất chạm đất (công suất chạm đất bao giờ cũng hướng đến điểm sự cố). Bảo vệ cũng có thể được thực hiện trên nguyên lý phản ứng theo trị số xác lập của thành phần sóng hài bậc cao của dòng và áp ở trung tính của mạng điện.

## 12.4. BẢO VỆ CÁC ĐƯỜNG DÂY PHÂN PHỐI

Các đường dây phân phối điện áp 6 ÷ 35 kV thường được bảo vệ bởi các thiết bị đơn giản như cầu chày, máy cắt dầu, dao cách ly tự động v.v... Nguyên lý chủ yếu thường được áp ở mạng điện này là bảo vệ quá dòng. Các role quá dòng với đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc giới hạn được trang bị cho các cơ cấu bảo vệ để tăng cường độ chọn lọc và độ nhạy, các bảo vệ thường được kết hợp với bộ khoá điện áp thấp và bộ định hướng dòng công suất. Bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất trong mạng điện phân phối được thực hiện với role quá dòng lấy tín hiệu qua bộ lọc thứ tự không, đôi khi bộ lọc tần số cũng được trang bị để ngăn ngừa sự tác động nhầm do ảnh hưởng của các thành phần sóng hài bậc cao, xuất hiện khi đóng cắt các máy biến áp.

Mạng điện phân phối ở nước ta chủ yếu là áp dụng trung tính cách ly, nên dòng điện ngắn mạch chạm đất thường có giá trị nhỏ, không đủ để tác động cắt máy cắt. Để bảo vệ chống sự cố loại này, người ta trang bị các bộ phát hiện sự cố, lắp đặt trên các điểm nút của mạng điện. Các thiết bị này sẽ phát tín hiệu khi có sự cố chạm đất.

## 12.5. BẢO VỆ THANH CÁI

Xác suất hỏng hóc trên các thanh cái nhìn chung thấp hơn nhiều so với các phần tử khác nhưng những sự cố xảy ra trên thanh cái thường gây hậu quả nghiêm trọng. Một số trường hợp không cần phải trang bị bảo vệ cho thanh cái là :

- Nếu đường dây đến thanh cái quá ngắn, trong trường hợp này các sự cố xảy ra trên thanh cái sẽ được loại trừ bởi bảo vệ của chính đường dây.
- Thanh cái của nhà máy điện công suất bé, không phân đoạn.

Các bảo vệ thường được áp dụng đối với thanh cái là bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ có hướng, bảo vệ so lệch. Trong số đó bảo vệ so lệch thường được áp dụng nhiều nhất. Phân biệt sơ đồ bảo vệ so lệch toàn phần và bảo vệ so lệch không toàn phần.

### 12.5.1. Bảo vệ so lệch toàn phần

Bảo vệ so lệch toàn phần được thực hiện với các máy biến dòng đặt trên tất cả các phần tử nối với thanh cái (hình 12.6). Các role dòng được mắc qua máy biến dòng bão hòa trung gian BIG. Các máy biến dòng được chọn theo dòng điện cực đại của phần tử có công suất lớn nhất.

Dòng điện khởi động của bảo vệ được chọn theo 2 điều kiện

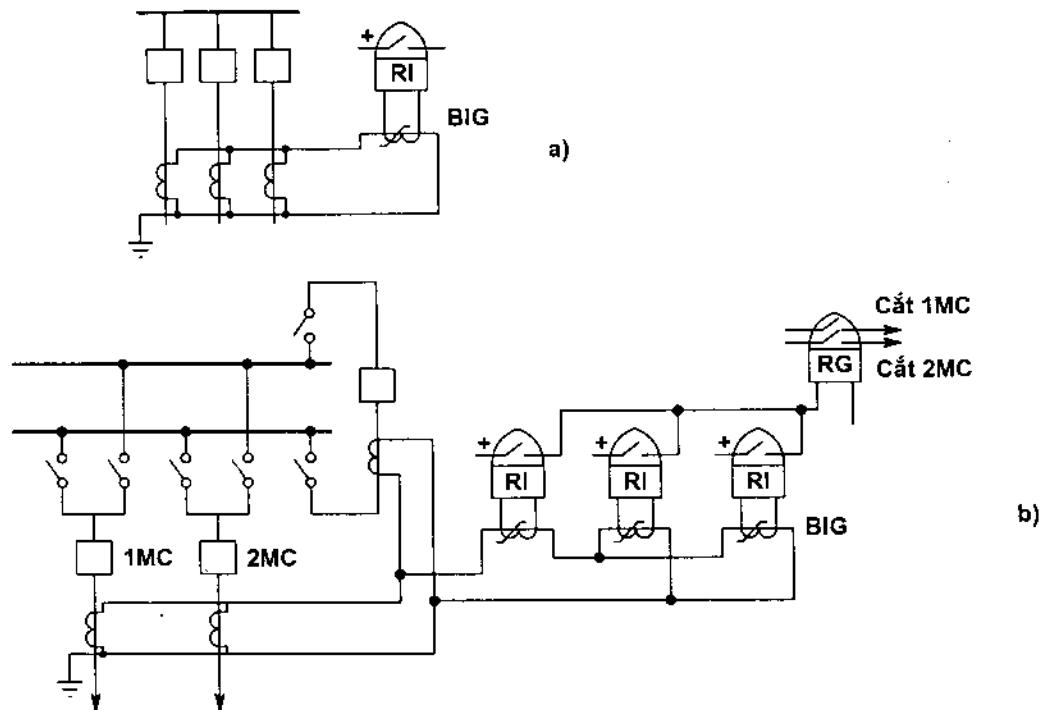
- a) Bảo vệ không tác động khi có ngắn mạch ngoài

$$I_{kd} = k_{tc} k_{cl} k_a s_i I_{k,Max.ng} \quad (12.12)$$

- b) Bảo vệ không tác động khi đứt mạch thứ cấp của máy biến dòng ở phần tử có công suất lớn nhất

$$I_{kd} = k_{tc} I_{lv,Max} \quad (12.13)$$

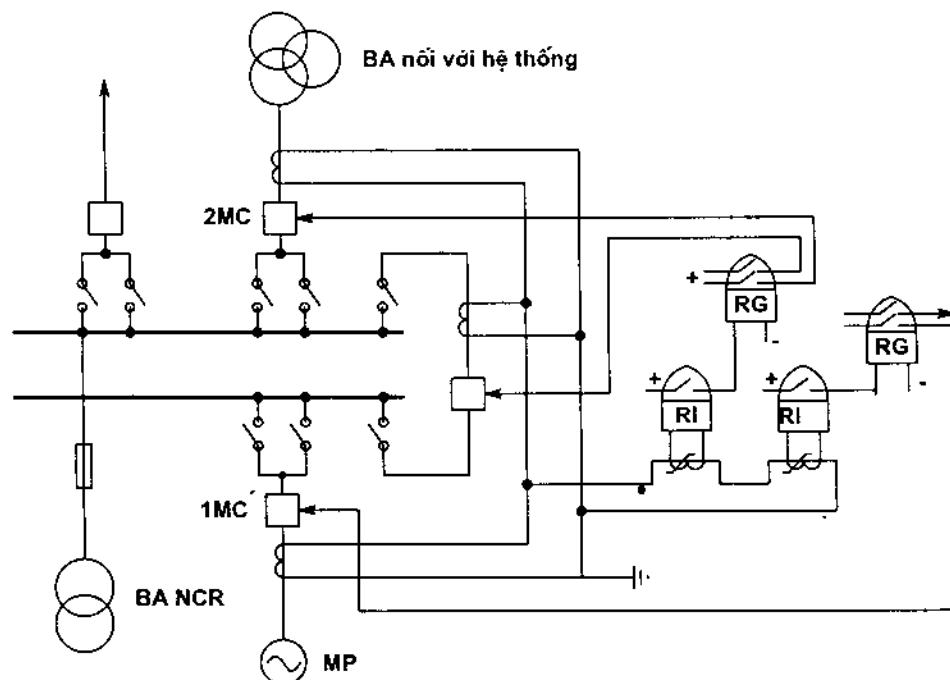
Giá trị lớn nhất trong số các giá trị trên sẽ được chọn làm giá trị tính toán.



Hình 12.6. a) Sơ đồ bảo vệ so lèch toàn phần thanh cái ; b) Sơ đồ bảo vệ so lèch toàn phần hệ thanh cái kép

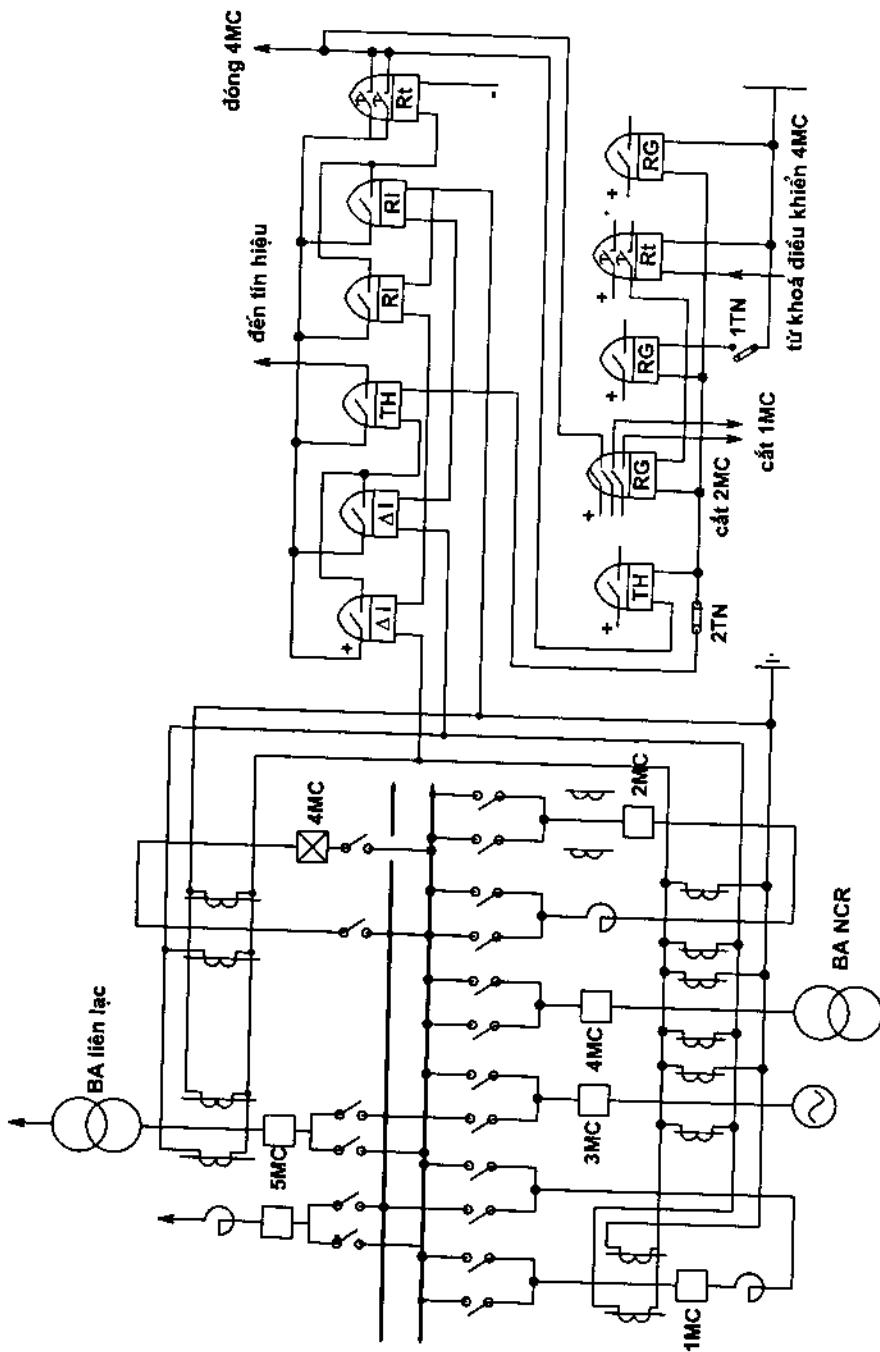
### 12.5.2. Bảo vệ so lèch không toàn phần

Sơ đồ bảo vệ so lèch không toàn phần được dùng để bảo vệ thanh cái điện áp máy phát có nhiều phân tử nối vào thanh cái (hình 12.7). Các máy biến dòng chỉ đặt trên các phân tử nối thanh cái với nguồn (mạch máy phát, máy biến áp, máy cắt phân đoạn,



Hình 12.7. Sơ đồ bảo vệ so lèch không toàn phần hệ thanh cái  
 BA NCR – máy biến áp nhu cầu riêng ; MP – máy phát

máy cắt liên lạc). Trên hình 12.8 biểu thị sơ đồ bảo vệ so lèch không hoàn toàn cho hệ thanh cái điện áp máy phát (ngay trên đầu ra của máy phát).



Để thuận tiện cho việc thử nghiệm trong sơ đồ có bố trí cơ cấu đóng cắt thử nghiệm 1TN và 2TN. Khi cơ cấu 2TN đóng thì cực âm của nguồn thao tác một chiều sẽ được đưa đến các role ở đầu ra của bảo vệ mà không qua cơ cấu thử. Dòng khởi động của bảo vệ được xác định theo điều kiện chính định từ dòng ngắn mạch sau cuộn kháng điện hoặc sau máy biến áp nhu cầu riêng (BA NCR). Ngoài dòng ngắn mạch, khi tính toán dòng khởi động cần phải xét cả dòng làm việc lớn nhất qua phân đoạn thanh cái

$$I_{kd} = k_{tc}(I_{k.M} + k_{pt}I_{lv.M}) \quad (12.14)$$

$k_{tc}$  – hệ số tin cậy, thường lấy bằng 1,2 ;

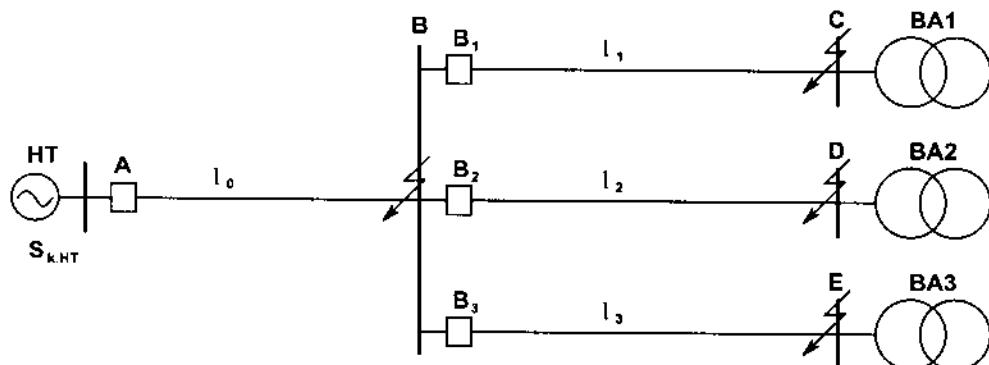
$I_{k.M}$  – dòng ngắn mạch lớn nhất có thể xảy ra ;

$I_{lv.M}$  – dòng làm việc lớn nhất của phân đoạn thanh cái, có xét đến tự động đóng dự phòng ;

$k_{pt}$  – hệ số tính đến sự gia tăng của phụ tải do sự thay đổi của điện áp, thường lấy bằng 1,2.

## 12.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 12.1.** Hãy tính toán bảo vệ cho đường dây 110 kV với sơ đồ cho trên hình 12.9.



Hình 12.9. Sơ đồ mạng điện ví dụ 12.1

Công suất ngắn mạch trên thanh cái A của hệ thống là  $S_{k,HT} = 1248$  MVA, hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$  ; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,6$  ; khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là  $a = 5$  m. Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là  $v = 30$  m/s, thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0,05$ s, phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0,5$ s.

Số liệu của các đoạn dây cho trong bảng sau

Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D	B <sub>3</sub> E
l, km	95	76	57	68
dây dẫn	ACO.300	ACO.185	ACO.240	ACO.185
r <sub>0</sub> , Ω/km	0,1	0,17	0,12	0,17
x <sub>0</sub> , Ω/km	0,4	0,406	0,401	0,406
máy biến áp		TRDN.10000/110	TRDN.25000/110	TRDN.10000/110

*Giai :* Trước hết ta xác định dòng điện làm việc chạy trên các đoạn dây :

Căn cứ vào mã hiệu của máy biến áp có thể xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{BC} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 52,49 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd1

Dòng điện chạy trên đoạn dây AB bằng tổng các dòng điện của các đoạn dây phía sau

$$I_{AB} = I_{BC} + I_{BD} + I_{BE} = 52,49 + 131,22 + 52,49 = 236,2 \text{ A}$$

Điện trở của các đoạn dây

$$R_{AB} = l_0 \cdot r_{0,AB} = 95 \cdot 0,1 = 9,5 \Omega$$

$$X_{AB} = l_0 \cdot x_{0,AB} = 95 \cdot 0,4 = 38 \Omega$$

$$Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + X_{AB}^2} = \sqrt{9,5^2 + 38^2} = 39,17 \Omega$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd.1.

Điện trở hệ thống

$$X_{HT} = \frac{U^2}{S_{k,HT}} = \frac{110^2}{1248} = 9,7 \Omega ;$$

Điện trở ngắn mạch tại tính đến thanh cái B

$$Z_{kB} = \sqrt{R_{AB}^2 + (X_{HT} + X_{AB})^2} = \sqrt{9,5^2 + (9,7 + 38)^2} = 48,37 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm trên thanh cái B

$$I_{k,B}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{kB}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 48,64} = 1,306 \text{ kA} = 1306 \text{ A}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd1.

a) *Bảo vệ dòng điện cực đại*

Căn cứ vào dòng làm việc trên các đoạn dây ta chọn máy biến dòng sao cho dòng định mức sơ cấp lớn hơn dòng làm việc ( $I_{1,BI} > I_{IVM}$ ). Các máy biến dòng được măc theo sơ đồ hình sao có hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$  ; Dự định chọn role số với hệ số trở về  $k_{tv} = 0,98$

Đối với bảo vệ A ta chọn biến dòng có  $I_{1,BI1} = 400$ , dòng định mức thứ cấp  $I_{n2} = 5 \text{ A}$ , tức hệ số biến dòng là  $n_{i1} = 400/5 = 80$ . Dòng khởi động của role bảo vệ A

$$I_{kdR1} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_{i1}} k_{sd} k_{mm} I_{IVM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 80} \cdot 1,1 \cdot 6 \cdot 236,2 = 5,78 \text{ A} ;$$

Chọn role số với dòng đặt của role là  $I_{dR} = 5,8 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{5,8 \cdot 80}{1} = 464 \text{ A} ;$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{kl,min}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot I_{kB}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot 1306}{464} = 2,45 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd1.

**b) Bảo vệ cắt nhanh**

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kd.RCN} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{kB} = \frac{1,2}{80} \cdot 1.1306 = 19,59 \text{ A} ;$$

Chọn role số với dòng đặt của role  $I_{dRCN} = 20 \text{ A}$  ;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{20 \cdot 80}{1} = 1600 \text{ A.}$$

Tỷ lệ vùng tác động cắt nhanh

$$m\% = \frac{100}{Z_d} \left( \frac{E}{I_{kdCN}} - X_{ht} \right) = \frac{100}{39,17} \left( \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 1,6} - 9,7 \right) = 76,57\% > 30\%$$

Như vậy là bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd1

**c) Bảo vệ khoảng cách**

\* Vùng I của bảo vệ A

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ A

$$Z_{kd.1.A} = k_1 \cdot (Z_{AB} + 0,5R_{qdAB})$$

$$R_{qdAB} = \frac{28700(a + v \cdot t_k)}{I_{kB}^{1,4}} = \frac{28700(5 + 30 \cdot 0,05)}{1306^{1,4}} = 8,10 \Omega$$

$$Z_{kd.1.A} = 0,8 \cdot (39,17 + 0,5 \cdot 8,1) = 34,58 \Omega$$

Chọn máy biến điện áp có  $U_{n1} = 110 \text{ kV}$  và  $U_{n2} = 100 \text{ V}$ , tức hệ số biến áp là  $n_u = 1100$ .

Điện trở khởi động của role

$$Z_{kd.R.A} = Z_{kd.1.A} \frac{n_i}{n_u} = 34,58 \cdot \frac{80}{1100} = 2,51 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d.R1.A} = 2,4 \Omega$

Điện trở thực tế của bảo vệ khoảng cách sẽ là

$$Z_{kd.KCI.A} = Z_{d.R1.A} \frac{n_u}{n_i} = 2,4 \cdot \frac{1100}{80} = 33 \Omega$$

Độ nhạy của bảo vệ khoảng cách vùng 1

$$k_{nh} = \frac{Z_{AB}}{Z_{kd.KC.II}} = \frac{39,17}{33} = 1,23$$

\* Vùng II của bảo vệ A

Trong số các đoạn dây phía sau đoạn AB đoạn BD có giá trị điện trở nhỏ nhất vì vậy điện trở khởi động của vùng 2 của bảo vệ A sẽ là :

$$\begin{aligned} Z_{kd.2..A} &= k_2(Z_{AB} + k_1(Z_{BD} + 0,5R_{hq.BD})) \\ &= 0,7(39,17 + 0,8.(23,86 + 0,5.14,15)) = 48,66 \Omega \\ R_{qd.BD} &= \frac{28700(a + v.t_k)}{I_{k.D}^{1,4}} = \frac{28700(5 + 30.0,05)}{877^{1,4}} = 14,15 \Omega \end{aligned}$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{kd.R.2.A} = Z_{kd.2.A} \frac{n_i}{n_u} = 48,66 \frac{80}{1100} = 3,54 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d.R} = 3,5 \Omega$

Điện trở thực tế của bảo vệ khoảng cách sẽ là

$$Z_{kd.B.II.2} = Z_{d.R.II.2} \frac{n_u}{n_i} = 3,5 \frac{1100}{80} = 48,125 \Omega$$

Bảo vệ B

Điện trở khởi động vùng I của bảo vệ B<sub>I</sub>

$$Z_{kd.1.BI} = k_1.(Z_{BC} + 0,5Z_{hq.BC}) = 0,8.33,45 + 0,5.24,47 = 36,55 \Omega$$

Điện trở khởi động của role

$$Z_{kd.R.BI} = Z_{kd.1.BI} \frac{n_i}{n_u} = 36,55 \frac{20}{1100} = 0,664 \Omega$$

Ta chọn điện trở đặt của role là  $Z_{d.R} = 0,5 \Omega$

Điện trở thực tế của bảo vệ khoảng cách sẽ là

$$Z_{kd.B.I2} = Z_{d.R.I2} \frac{n_u}{n_i} = 0,5 \frac{1100}{20} = 27,5 \Omega$$

Thời gian tác động của bảo vệ vùng 2 là

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 0,05 + 0,5 = 0,55 \text{ s}$$

Tính tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng vd1.

Bảng vđI.

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÍ DỤ 12.1.

Bảo vệ	tham số tính toán					bảo vệ dòng cực đại				
	S, MVA	I <sub>lvM</sub> , A	Z <sub>k</sub> , Ω	I <sub>k</sub> , kA	n <sub>i</sub>	I <sub>kdr</sub> , A	I <sub>d</sub> , A	I <sub>kdBV</sub> , A	k <sub>nh</sub>	
A		236.19	48,64	1,31	80,00	5,78	5,80	464,00	2,45	
B <sub>1</sub>	10	52.49	81,69	0,78	20,00	5,14	5,20	104,00	6,50	
B <sub>2</sub>	25	131.22	72,42	0,88	40,00	6,43	6,50	260,00	2,93	
B <sub>3</sub>	10	52.49	78,20	0,81	20,00	5,14	5,20	104,00	6,79	
	bảo vệ cắt nhanh					bảo vệ khoảng cách vùng I				
	I <sub>kdr</sub> , A	I <sub>d.R</sub> , A	I <sub>bvCN</sub> , A	m%	Z, Ω	Z <sub>kdr.R</sub> , Ω	Z <sub>d</sub> , Ω	Z <sub>kdr.VI</sub> , Ω	k <sub>nh</sub>	
A	46,64	47,00	940,00	76,57	39,1	0,61	0,50	27,50	1,23	
B <sub>1</sub>	26,31	26,50	1060,00	56,59	33,45	0,90	0,70	19,25	1,24	
B <sub>2</sub>	48,73	49,00	980,00	47,28	23,86	0,55	0,40	22,00	1,36	
B <sub>3</sub>	19,59	20,00	1600,00	54,03	29,93	2,51	2,40	33,00	1,19	

**Bài 12.2.** Đường dây 22 kV (hình 12.10) có chiều dài 16,7 km, được làm bằng dây dẫn AC.95, công suất ngắn mạch của hệ thống là  $S_{k,ht} = 112,5$  MVA, dòng điện làm việc cực đại  $I_{lvMax} = 236A$ . hệ số tín cậy lấy bằng 1,2 ; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,6$ . Hãy tính toán bảo vệ quá dòng điện dùng role kỹ thuật số 7SJ512 với đặc tính thời gian phụ thuộc, thời gian đặt cho ngưỡng thấp là  $t_{I>} = 0,12s$  và thời gian đặt cho ngưỡng cao là  $t_{I>>} = 0,05s$ .

**Giải :** Trước hết ta cần xác định dòng điện ngắn mạch. Tra sổ tay thiết kế, ứng với mã hiệu dây dẫn AC-95, ta tìm được  $r_0 = 0,34$  và  $x_0 = 0,384 \Omega/km$  (bảng 4.pl). Chọn cấp điện áp cơ bản là  $U_{cb} = 22$  kV, ta xác định điện trở của các phần tử mạng điện trong hệ đơn vị có tên :

$$\text{Điện trở hệ thống : } X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{22^2}{112,5} = 4,3 \Omega ;$$

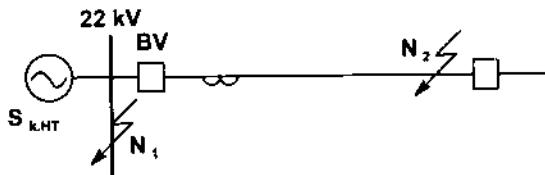
$$\text{Điện trở đường dây : } R_d = r_0 \cdot l = 0,34 \cdot 16,7 = 5,678 \Omega ;$$

$$X_d = x_0 \cdot l = 0,384 \cdot 16,7 = 6,41 \Omega ;$$

$$\text{Tổng trở của đường dây : } Z_d = \sqrt{R_d^2 + X_d^2} = \sqrt{5,678^2 + 6,41^2} = 8,565 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch :

$$Z_K = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{5,678^2 + (4,3 + 6,41)^2} = 12,13 \Omega ;$$



Hình 12.10. Sơ đồ mạng điện bài toán 12.2

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm  $N_1$  :  $I_{k1} = \frac{S_{k,HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{112,5}{\sqrt{3}22} = 2,95 \text{ kA}$  ;

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm  $N_2$  :  $I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{22}{\sqrt{3}12,13} = 1,047 \text{ kA}$  ;

Chọn máy biến dòng loại 4MA74 có  $I_{1BI} = 400 \text{ A}$ ,  $I_{2BI} = 5 \text{ A}$ , tức là hệ số biến dòng  $n_i = 400/5 = 80$ , dự định mắc máy biến dòng theo sơ đồ sao thiểu, nên hệ số sơ đồ  $k_{sd} = 1$ . Chọn role số bảo vệ quá dòng với hệ số trở về là 0,98.

Dòng khởi động ngưỡng dưới của bảo vệ quá dòng

$$I_{kdl>} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98} 1.1.6.236 = 453,12 \text{ A} ;$$

Bội số dòng khởi động ngưỡng dưới

$$I_{>} = \frac{I_{kdl>}}{I_{n1.BI}} = \frac{453,12}{400} = 1,133$$

Dòng khởi động ngưỡng cao được xác định theo biểu thức

$$I_{kdl>>} = k_{tc} k_{sd} I_{k.2} = 1,2.1.1047 = 1257 \text{ A} ;$$

Bội số dòng khởi động ngưỡng cao

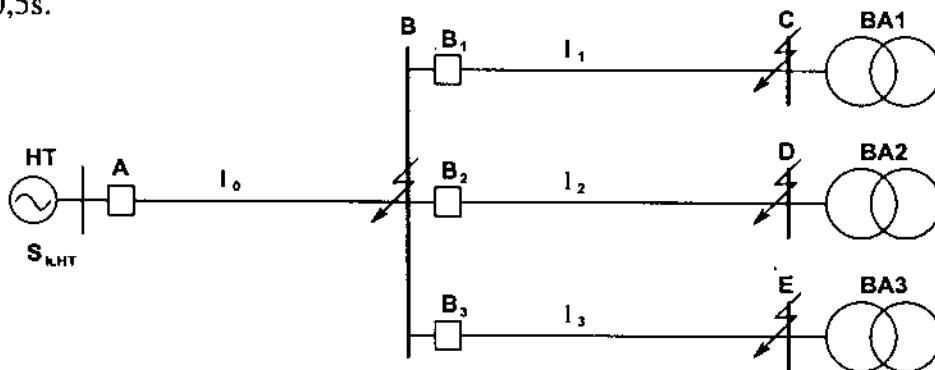
$$I_{>>} = \frac{I_{kdl>>}}{I_{n1.BI}} = \frac{1257}{400} = 3,142$$

Các giá trị cài đặt của role 7SJ512 như sau :

địa chỉ	tham số đặt	chú thích
1101	CT STARPN = TOWARDS LINE	Biến dòng mắc hình sao, hướng đường dây
1103	Un PRIMARY = 22 kV	Điện áp định mức 22 kV
1105	In PRIMARY = 400 A	Dòng định mức sơ cấp của biến dòng
1201	O/C PHASES=ON	Kích hoạt chức năng bảo vệ quá dòng pha
1202	I>> = 3.142	Giá trị đặt ngưỡng cao (bội số $I/I_n$ )
1203	t-I>> = 0.05s	Thời gian ngưỡng cao
1211	CHARACTER=NORMAL INVERSE	Đặc tính dốc chuẩn ngưỡng thấp
1214	I> = 1.133	Giá trị đặt ngưỡng thấp (bội số $I/I_n$ )
1215	t-I> = 0.12s	Thời gian ngưỡng thấp
6202	SIGNAL RELAY 1 = Trip I>	Gán hàm cắt ngưỡng thấp cho role tín hiệu 1
6202	SIGNAL RELAY 2 = Trip I>>	Gán hàm cắt ngưỡng cao cho role tín hiệu 2
6401	TRIP RELAY 1 = Trip I>	Gán hàm cắt ngưỡng thấp cho role cắt 1
6402	TRIP RELAY 2 = Trip I>>	Gán hàm cắt ngưỡng cao cho role cắt 2
6403	TRIP RELAY 3 = Gen.Trip	Gán hàm cắt tổng cho role cắt 3
7812	CHARACTER PH = INVERSE TIME	Chọn bảo vệ với đặc tính phụ thuộc

**Bài tập 12.1.** Hãy tính toán bảo vệ cho đường dây 220 kV với sơ đồ cho trên hình 12.11.

Công suất ngắn mạch trên thanh cái A của hệ thống là  $S_{k,HT} = 2140$  MVA, hệ số tin cậy  $k_{tc} = 1,2$ ; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,5$ ; khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn là  $a = 7$  m. Tốc độ gió lớn nhất của môi trường xung quanh là  $v = 25$  m/s, thời gian tác động của bảo vệ nhanh nhất là  $t_1 = 0,04$ s, phân cấp thời gian của các bảo vệ tiếp theo là  $\Delta t = 0,5$ s.



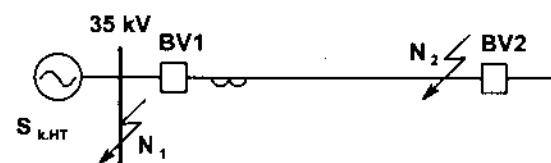
Hình 12.11. Sơ đồ mạng điện bài tập 12.1

Số liệu của các đoạn dây cho trong bảng sau

Đoạn dây	AB	B <sub>1</sub> C	B <sub>2</sub> D	B <sub>3</sub> E
l, km	128	86	95	135
dây dẫn	ACY.450	ACY.240	ACY.240	ACY.300
$r_0$ , $\Omega/km$	0,06	0,12	0,12	0,1
$x_0$ , $\Omega/km$	0,42	0,424	0,424	0,43
máy biến áp		TĐG.40000/220	TĐG.60000/220	TĐG.70000/220

**Bài tập 12.2.** Hãy tính toán cài đặt cho rơle quá dòng kỹ thuật số 7SJ512 với đặc tính thời gian phụ thuộc, bảo vệ cho đường dây 35 kV (hình 12.12) có chiều dài 23,4 km, được làm bằng dây dẫn AC.120, công suất ngắn mạch của hệ thống là  $S_{k,ht} = 215,8$  MVA, dòng điện làm việc cực

đại  $I_{lvMax} = 283A$ , hệ số tin cậy lấy bằng 1,2; hệ số mở máy trung bình  $k_{mm} = 1,6$ . Thời gian đặt cho ngưỡng thấp là  $t_{L>} = 0,15$ s và thời gian đặt cho ngưỡng cao là  $t_{L>>} = 0,03$ s.



Hình 12.12. Sơ đồ mạng điện bài toán 12.2

## Đáp số :

Bảng b11. Kết quả tính toán bài tập 12.1.

bảo vệ	n <sub>i</sub>	Bảo vệ dòng cực đại		Bảo vệ cắt nhanh		Bảo vệ khoảng cách		k <sub>nh</sub>
		I <sub>d</sub> , A	k <sub>nh</sub>	I <sub>d</sub> , A	m%	vùng 1	vùng 2	
A	200	5	0,88	10	75,3	4,2	6,2	2,35
B <sub>1</sub>	80,00	5	2,41	17,00	43,32	1,30		2,15
B <sub>2</sub>	120,00	6	1,55	11,00	45,89	2,10		2,20
B <sub>3</sub>	120,00	8,2	1,19	9,50	58,93	2,90		2,21

## 2. Kết quả tính toán bài tập 12.2

Tham số đặt	Dòng đặt (I/I <sub>nBI</sub> )	Thời gian, s
Nguồn thấp	1,36	0,12
Nguồn cao	3,73	0,05

## Tóm tắt chương 12

Bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha trên đường dây

Bảo vệ đường dây thường được áp dụng nhiều cấp với sự kết hợp của các loại bảo vệ khác nhau.

Bảo vệ quá dòng và bảo vệ khoảng cách được thực hiện theo nhiều cấp bảo vệ cắt nhanh và bảo vệ dòng điện cực đại có duy trì thời gian

Bảo vệ cao tần đường dây gồm bảo vệ có hướng cao tần và bảo vệ so lech pha cao tần.

Bảo vệ trong mạng điện có dòng ngắn mạch chạm đất lớn

Để cắt dòng điện ngắn mạch trong mạng điện có dòng chạm đất lớn người ta sử dụng sơ đồ bảo vệ theo nguyên lý ứng dụng dòng thứ tự không với dòng điện đi vào rơle R<sub>10</sub> được xác định

$$I_R = \frac{3I_0}{n_i} - I_{kcbL}$$

. Bảo vệ chống ngắn mạch trong mạng điện có dòng ngắn mạch chạm đất nhỏ

Thông thường đối với các loại ngắn mạch này bảo vệ chỉ đưa tín hiệu đến đèn hoặc còi. Bảo vệ có thể phản ứng theo dòng, áp hoặc hướng dòng công suất v.v...

Dòng điện khởi động của bảo vệ phải có giá trị lớn hơn dòng điện dung

$$I_{kdB} = k_{tc} \cdot I_c \Sigma = 3k_{tc} k_{d,b} \omega C_d U_f;$$

#### Bảo vệ so lệc toàn phần thanh cái

Bảo vệ so lệc toàn phần được thực hiện với các máy biến dòng đặt trên tất cả các phần tử nối với thanh cái. Dòng điện khởi động của bảo vệ được chỉnh định theo dòng điện lớn nhất trong 2 điều kiện

a) theo dòng ngắn mạch ngoài :

$$I_{kd} = k_{tc} k_{cl} K_a S_i |_{k, \text{Max.ng}}$$

b) dòng làm việc của phần tử có công suất lớn nhất

$$I_{kd} = k_{tc} |_{lv, \text{Max}}$$

#### Bảo vệ so lệc không hoàn toàn cho thanh cái

Sơ đồ bảo vệ so lệc không hoàn toàn được dùng để bảo vệ thanh cái điện áp máy phát có nhiều phần tử nối vào thanh cái. Các máy biến dòng chỉ đặt trên các phần tử nối thanh cái với nguồn. Ngoài dòng ngắn mạch, khi tính toán dòng khởi động cần phải xét cả dòng làm việc lớn nhất qua phân đoạn thanh cái :

$$I_{kd} = k_{tc} (I_{k,M} + k_{pt} |_{lv,M})$$

### Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày sơ đồ bảo vệ quá dòng cho đường dây
2. Hãy trình bày sơ đồ bảo vệ khoảng cách cho đường dây
3. Hãy trình bày bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất trên đường dây có dòng ngắn mạch chạm đất lớn
4. Hãy trình bày bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất trên đường dây có dòng ngắn mạch chạm đất nhỏ
5. Hãy trình bày các sơ đồ bảo vệ toàn phần cho hệ thanh cái
6. Hãy trình bày các sơ đồ bảo vệ không toàn phần cho hệ thanh cái

Modul 4

## **TỰ ĐỘNG HÓA TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**

### Chương 13

## TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ

### 13.1. ĐẠI CƯƠNG

Cùng với sự tiến bộ khoa học kỹ thuật, quá trình tự động hoá trong sản xuất nói chung và trong hệ thống điện nói riêng ngày càng đạt được nhiều thành tựu to lớn. Những thành tựu kỹ thuật-kinh tế chủ yếu là :

- Nâng cao độ tin cậy cho các thiết bị ;
- Giảm nhân lực lao động ;
- Giảm chi phí vận hành và xây dựng ;
- Giảm chi phí điện năng ;
- Nâng cao chất lượng sản phẩm ;
- Nâng cao độ tin cậy, giảm sự cố do những nhầm lẫn gây ra bởi các nhân viên vận hành ;
- Tăng tốc độ điều khiển ;
- Cải thiện chế độ và điều kiện làm việc cho người và thiết bị v.v...

Cũng như tất cả các ngành công nghệ khác, ngành năng lượng luôn luôn có sự phát triển và hoàn thiện, các thiết bị, công nghệ mới luôn luôn được ứng dụng thay thế các thiết bị và công nghệ lỗi thời. Ngày nay hầu hết các công đoạn trong nhà máy điện và trạm biến áp đều đã được tự động hoá ở các mức khác nhau. Mức độ tự động hoá phụ thuộc vào loại nhà máy, công suất và số lượng tổ máy, loại trang thiết bị chính và thiết bị phụ trợ v.v... Có thể liệt kê một số quá trình tự động điều khiển cơ bản như sau :

- Tự động điều chỉnh tần số và phân bố tối ưu công suất tác dụng giữa các tổ hợp làm việc song song hoặc giữa các nhà máy điện ;
- Tự động hoà đồng bộ và tự đồng bộ máy phát ;
- Tự động khử từ trường ở chế độ sự cố ;
- Tự động sa thải phụ tải theo tần số ;
- Tự động đóng nguồn dự phòng ;
- Tự động đóng lại đường dây ;
- Tự động khởi động và dừng tổ máy phát ;
- Tự động điều chỉnh nhiệt độ, áp suất trong nồi hơi ;
- Tự động kiểm tra chế độ làm việc của các thiết bị điện v.v...

\* Những yêu cầu chính của sơ đồ tự động hóa

- Đơn giản đến mức có thể ;
- Làm việc tin cậy chắc chắn ;
- Tốc độ thực hiện nhanh ;
- Điều chỉnh chính xác theo ngưỡng yêu cầu ;
- Hiệu quả cao v.v...

Quá trình tự động hóa luôn được bắt đầu từ sự thu thập thông tin. Các thiết bị dùng để thu nhận tín hiệu được gọi là cảm biến. Các cảm biến điện làm việc theo nguyên lý của các role mà đã được xét đến ở chương 3. Một số loại cảm biến không điện thông dụng dùng trong các sơ đồ tự động điều khiển được xét trong chương 4.

## 13.2. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT VÀ PHỤ TẢI

### 13.2.1. Đặc tính cơ bản của tổ hợp máy phát

Trong quá trình vận hành, phụ tải của nhà máy điện luôn thay đổi phụ thuộc vào chế độ làm việc của các hộ dùng điện, sự thay đổi này làm cho mômen cần đổi với trục của máy phát thay đổi, nếu công suất của máy phát không đổi thì tốc độ quay của máy phát sẽ thay đổi và cùng với nó là tần số thay đổi. Tần số thay đổi sẽ dẫn đến thay đổi hàng loạt các tham số chế độ của hệ thống điện. Theo quy định, độ lệch của tần số không được vượt quá  $\pm 0,1\%$  ở chế độ làm việc bình thường và  $\pm 0,2\%$  ở chế độ sự cố, dao động tần số không được vượt quá 0,4%.

Nhằm ổn định tần số người ta áp dụng nhiều biện pháp và cơ cấu khác nhau để làm cân bằng công suất của động cơ sơ cấp và phụ tải của máy phát. Điều đó sẽ được đảm bảo nếu ở mọi thời điểm duy trì được đẳng thức

$$M_{dc} - M_F = M_{qt} \frac{d\omega}{dt} \quad (13.1)$$

$M_{dc}$ ,  $M_F$ ,  $M_{qt}$  – mômen quay của động cơ, của máy phát và mômen quán tính của phần tử quay.

Công suất của động cơ sơ cấp phụ thuộc vào tốc độ quay

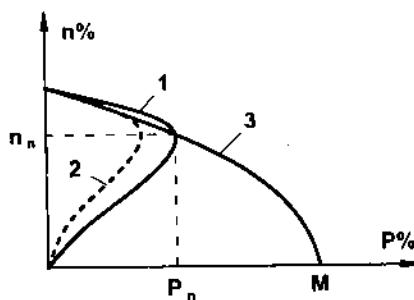
$$P_{dc} = M_{dc} \frac{2\pi n}{60} \quad (13.2)$$

$n$  – số vòng quay trong một phút.

Từ đó 
$$n = \frac{60 \cdot P_{dc}}{2\pi M_{dc}} \quad (13.3)$$

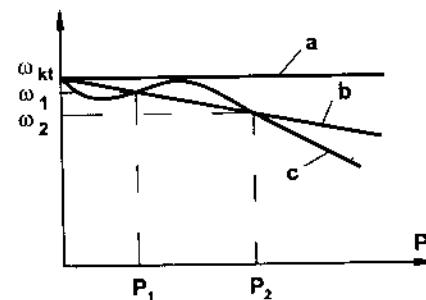
Khi giảm tốc độ quay, đầu tiên công suất sẽ tăng vì sự gia tăng tương đối của mômen lớn hơn sự giảm tương đối của tốc độ quay, sau đó khi đã đạt đến giá trị cực đại, công suất lại bắt đầu giảm do cường độ giảm của  $n$  nhiều hơn. Quan hệ phụ thuộc giữa tốc độ quay và công suất của tổ hợp máy phát gọi là đặc tính cơ bản của tổ hợp, nó được thể hiện trên hình 13.1

Từ hình 13.1 ta thấy đối với tổ hợp làm việc độc lập, để có vận tốc không đổi khi chuyển động cơ sang các chế độ khác nhau cần phải có hệ thống tự động điều chỉnh lượng mômen. Đặc tính điều chỉnh tốc độ quay phụ thuộc vào phụ tải để giữ tần số không đổi gọi là đặc tính á tĩnh (đường a hình 13.2). Sự điều chỉnh á tĩnh không cho phép phân bố phụ tải đơn vị giữa các tổ hợp làm việc song song. Để có thể phân bố phụ tải tác dụng một cách đơn vị ổn định giữa các tổ hợp làm việc song song cần phải có sự điều chỉnh tĩnh (phụ thuộc), mà ứng với mỗi giá trị công suất của tổ hợp xác lập tương ứng một giá trị xác định của tốc độ quay (đường b hình 13.2).



Hình 13.1. Đặc tính cơ bản của tổ hợp máy phát

1. khi điện áp định mức ;
  2. khi điện áp thấp hơn  $U_0$
  3. đặc tính  $n = f(M)$
- M - momen quay



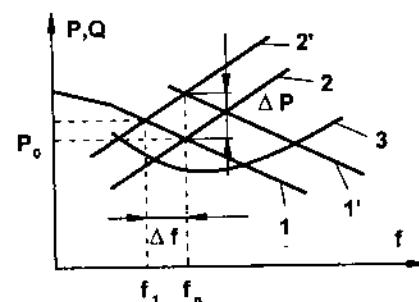
Hình 13.2. Đặc tính cơ bản của tổ hợp máy phát

- a) đặc tính á tĩnh ;
- b) đặc tính tĩnh tuyến tính ;
- c) đặc tính tĩnh phi tuyến

Sự điều chỉnh này gọi là điều chỉnh cấp 1. Điều chỉnh cấp 1 được thực hiện ngay sau khi phụ tải thay đổi để đưa tốc độ quay của máy trở lại giá trị gần với giá trị ban đầu bằng cách thay đổi lượng mômen năng đưa vào tuabin máy phát. Để đạt được giá trị tần số định mức, sau khi kết thúc quá trình điều chỉnh cấp 1 cần phải thực hiện sự điều chỉnh theo đặc tính á tĩnh gọi là điều chỉnh cấp 2. Sau khi quá trình điều chỉnh cấp 2 kết thúc sự phân bố phụ tải giữa các tổ máy có thể sẽ không đạt được tỷ lệ tối ưu vì vậy cần tiến hành điều chỉnh để phân bố lại phụ tải giữa các tổ máy, quá trình này gọi là quá trình điều chỉnh cấp 3.

### 13.2.2. Đặc tính tĩnh

Đặc tính tĩnh là mối quan hệ phụ thuộc giữa công suất và tần số của máy phát và phụ tải. Khi tần số thay đổi dẫn đến công suất tiêu thụ và công suất phát thay đổi, chẳng hạn khi tần số tăng dẫn đến sự tiêu thụ công suất tác dụng tăng, trong khi đó công suất phát của các tổ hợp máy phát lại giảm. Đặc tính tĩnh của máy phát và phụ tải được biểu thị trên hình 13.3. Mỗi quan hệ giữa công suất tác dụng với tần số  $P = \varphi(f)$  hầu như tuyến tính (đường 2 hình 13.3), độ dốc của đặc tính này phụ thuộc



Hình 13.3. Quan hệ phụ thuộc giữa phụ tải và tần số với  $U = \text{const.}$

1. Đặc tính tĩnh của máy phát ;
2. Đặc tính của phụ tải tác dụng  $P = \varphi(f)$  ;
3. Đặc tính của phụ tải phản kháng  $Q = \varphi(f)$

vào các thành phần của phụ tải. Mỗi quan hệ giữa công suất phản kháng với tần số  $Q = \varphi(f)$  tuân theo quy luật phi tuyến (đường 3).

Giả dụ ở tần số định mức  $f_n$  phụ tải có giá trị  $P_0$  (hình 13.3), khi thay đổi cơ cấu của phụ tải với một lượng  $\Delta P_{pt}$  thì đặc tính tĩnh có dạng đường 2', lúc đó tần số sẽ thay đổi một lượng  $\Delta f$ . Đặc tính tĩnh của phụ tải được đặc trưng bởi độ dốc  $k_{pt}$

$$k_{pt} = \frac{\Delta P_{pt}}{P_{pt}} : \frac{\Delta f}{f_n} \quad (13.4)$$

$P_{pt}$  – công suất của phụ tải

Độ dốc của phụ tải có giá trị trong khoảng  $1,2 \div 2,5$ .

Tương tự, khi tần số thay đổi một lượng  $\Delta f$  thì công suất phát của máy cũng sẽ thay đổi một lượng  $\Delta P_F$ , sự thay đổi này được đánh giá bởi độ dốc của đặc tính tĩnh máy phát

$$k_F = \frac{\Delta P_F}{P_F} : \frac{\Delta f}{f_n} \quad (13.5)$$

$\Delta P_F$  – lượng thay đổi công suất phát khi tần số thay đổi ;

$P_F$  – công suất định mức của máy phát.

### 13.3. SƠ ĐỒ ĐỘNG HỌC ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ

#### 13.3.1. Sơ đồ động học điều chỉnh tần số với đặc tính tĩnh

Sơ đồ động học tự động điều chỉnh tần số với đặc tính tĩnh được thể hiện trên hình 13.4. Bộ tự động điều chỉnh tần số có cấu tạo gồm các phần tử chính sau : bộ ly tâm LT cảm biến tốc độ quay của tuabin, van trượt VT, cervomotor CM. Khi máy phát làm việc, trục của bộ ly tâm LT gắn với trục tuabin cũng quay theo làm cho các quả tạ được nâng lên bởi lực ly tâm

$$F_L = k \frac{G}{g} \omega^2 \cdot r \quad (13.6)$$

$G$  – trọng lượng của quả tạ ;

$g$  – gia tốc trọng trường ;

$\omega$  – vận tốc quay của quả tạ ;

$r$  – bán kính hình tròn vòng quay của tạ ;

$k$  – hệ số tỷ lệ.

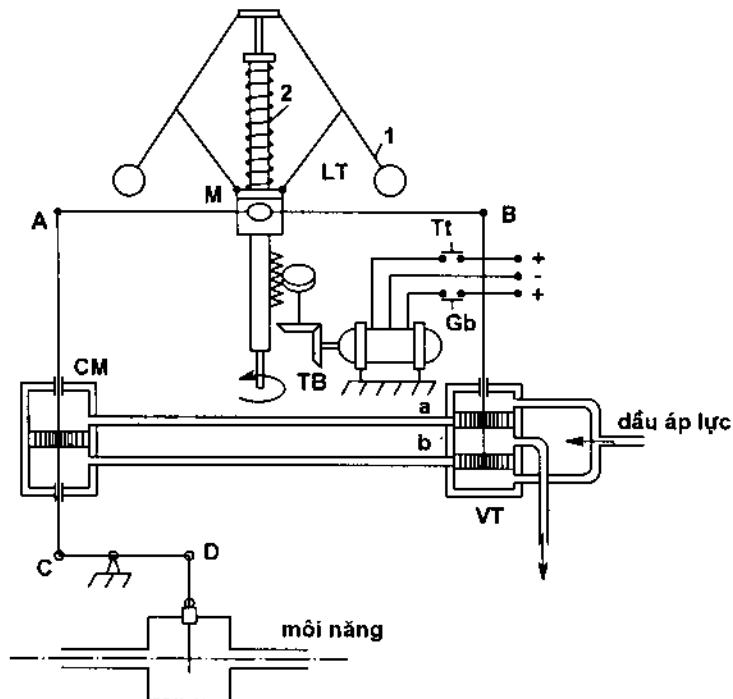
Lực ly tâm có xu hướng nâng các quả tạ đồng thời kéo theo khớp M, lực này được điều chỉnh bởi lực cản của lò xo 2. Lực cản của lò xo được chỉnh định sao cho ở trạng thái bình thường các lực tác dụng cân bằng giúp cho cánh tay đòn AB ở trạng thái cố định. Khi đó các cửa sổ a và b của van trượt ở trạng thái đóng do đó piston của cervomotor ở trạng thái cố định vì áp suất ở cả 2 phía của xilanh cân bằng nhau làm cho van chặn của cửa môi năng có độ mở cố định.

Khi tần số thay đổi, tức tốc độ quay của tuabin thay đổi, sự cân bằng lực bị phá vỡ, giả dụ phụ tải tăng từ giá trị  $P_1$  đến  $P_2$  tốc độ của tuabin giảm từ  $\omega_1$  đến  $\omega_2$ , cánh tay đòn AB quay quanh điểm A, được nối cứng với piston của cervomotor. Đầu B của cánh tay đòn bị hạ xuống làm các cửa sổ của van trượt mở ra, dầu áp lực sẽ chảy qua cửa sổ a vào phần trên của xilanh cervomotor và từ cửa sổ b vào khoang giữa của van trượt đi ra ngoài. Với sự thay đổi đó đầu C của cánh tay đòn CD bị hạ xuống, làm cho đầu D bị nâng lên, kết quả là cù a môi năng được mở rộng hơn cung cấp nhiều môi năng hơn vào tuabin làm tuabin quay nhanh hơn. Khi piston của cervomotor chuyển động xuống dưới thì đầu B sẽ chuyển lên trên cho đến khi các cửa sổ a và b của van trượt được đóng lại, lúc đó điểm A sẽ ở một vị trí cố định mới. Kết quả đó làm cho khớp M chuyển dịch xuống dưới, lực nén của lò xo giảm bớt. Như vậy với mỗi giá trị của phụ tải bộ điều chỉnh sẽ có một đặc tính tĩnh tương ứng. Khi phụ tải giảm, tốc độ quay của tuabin tăng và sự tác động của bộ điều chỉnh diễn ra theo trình tự ngược lại.

Trong quá trình vận hành cần phải thay đổi phụ tải của máy phát ở vận tốc xác định, để thực hiện điều đó người ta bố trí hệ thống điều khiển từ xa bằng cách thay đổi độ nén của lò xo để dịch chuyển đặc tính điều chỉnh trên trục ( $\omega, P$ ) lên trên hoặc xuống dưới (trên hình 13.4. Tt – tăng thêm số vòng quay, Gb – giảm bớt).

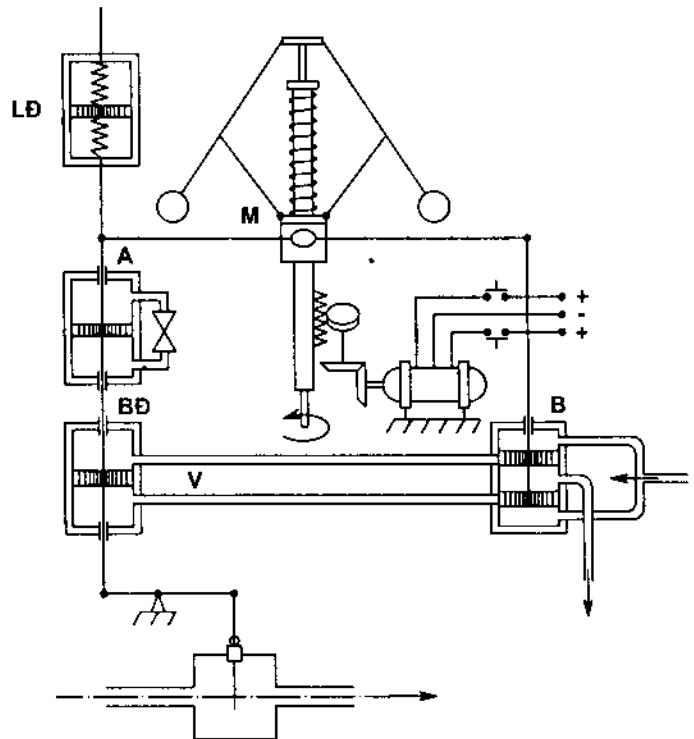
### 13.3.2. Sơ đồ động học điều chỉnh tần số với đặc tính á tĩnh

Sơ đồ động học tự động điều chỉnh tần số với đặc tính á tĩnh (hình 13.5) khác với sơ đồ đặc tính tĩnh ở chỗ đầu A của cánh tay đòn AB không phải nối trực tiếp với piston của cervomotor mà qua bộ điều hoà bằng dầu BĐ. Ngoài ra gắn với đầu A còn có một bộ lò xo điều hoà LD. Khoang trên và khoang dưới của bộ điều hoà được nối với nhau qua một ống dẫn với van điều chỉnh V. Van này có nhiệm vụ điều chỉnh tốc độ của dầu từ khoang này sang ngăn kia. Quá trình điều chỉnh được thực hiện theo 2 giai đoạn: ở giai đoạn đầu sự điều chỉnh diễn ra tương tự như quá trình điều chỉnh với đặc tính tĩnh trong khoảng thời gian  $t_1$ , sau đó cơ cấu điều hoà bắt đầu làm việc đẩy đầu A trở về trạng thái ban đầu ứng với vận tốc quay định mức sau khoảng thời gian  $t_2$  (hình 13.7.b).



Hình 13.4. Sơ đồ động học điều chỉnh tần số với đặc tính tĩnh

Khi đầu A của cánh tay dòn AB được nâng lên thì đầu B hạ xuống làm mở cửa sổ a và b của van trượt VT. Dưới áp suất của dầu piston của cervomotor chuyển dịch xuống dưới, làm tăng lưu lượng môi năng cho tuabin làm tốc độ quay tăng lên. Quá trình lặp lại cho đến khi tác động của lò xo ngừng hẳn, tức là hồi phục lại tốc độ quay định mức của tuabin.



Hình 13.5. Sơ đồ động học điều chỉnh tần số với đặc tính á tĩnh

### 13.4. QUÁ TRÌNH TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ

Quá trình tự động điều chỉnh tần số diễn ra trong ba giai đoạn : điều chỉnh cấp I, cấp II và cấp III.

#### 13.4.1. Điều tần cấp I

Quá trình tự động điều chỉnh tần số cấp I (còn gọi là điều tốc) là quá trình biến đổi tức thời công suất phát khi phụ tải thay đổi nhờ các bộ phận điều chỉnh tốc độ của tuabin trong hệ thống. Ta xét hệ thống tối giản gồm một tuabin và một máy phát, đặc tính tĩnh của máy phát và phụ tải biểu thị trên hình 13.6. Giao điểm O của đặc tính máy phát và phụ tải ứng với công suất ban đầu  $P_0$  đó là điểm cân bằng công suất xác định chế độ xác lập ở tần số định mức  $f_n$ . Giả sử yêu cầu cần tăng thêm một lượng phụ tải  $\Delta P$ , lúc đó đặc tính tĩnh của phụ tải sẽ chuyển từ đường 2 sang đường 2' ( $P_{pt} + \Delta P$ ). Điểm cân bằng công suất mới (điểm b) ứng với tần số  $f_2 < f_n$ . Để phục hồi tần số các máy phát được tự động điều chỉnh tốc độ và sẽ nhận đường đặc tính tương ứng 1', lúc đó tần số đạt giá trị  $f_1 < f_n$  (ứng với điểm cân bằng công suất a). Sở dĩ tần số  $f_1$  nhỏ hơn so với  $f_n$  vì bộ điều tốc chỉ có thể tăng thêm một lượng  $\Delta P_F < \Delta P$ . Để thích nghi, công suất thực dùng phải giảm đi một lượng  $\Delta P_{pt}$ . Như vậy quá trình điều chỉnh cấp I không cho phép phục hồi tần số ban đầu, nó chỉ làm cho tần số không giảm thấp hơn giá trị cho phép.

Tính toán điều chỉnh tần số :

Như đã biết độ dốc của các đường đặc tính phụ tải và máy phát biểu thị bởi hệ số

$$k_{pt} = \frac{\Delta P_{pt}}{P_{pt}} : \frac{\Delta f}{f_n} ; \text{ và } k_F = \frac{\Delta P_F}{P_F} : \frac{\Delta f}{f_n} ; \quad (13.7)$$

Lượng thay đổi công suất tác dụng của phụ tải khi tần số thay đổi sẽ là

$$\Delta P_{pt} = + P_{pt} \frac{\Delta f}{f_n} k_{pt} ; \quad (13.8)$$

Dấu (+) biểu thị khi tần số tăng thì công suất tiêu thụ của phụ tải tăng.

Lượng thay đổi công suất tác dụng của máy phát khi tần số thay đổi sẽ là

$$\Delta P_F = - P_F \frac{\Delta f}{f_n} k_F ; \quad (13.9)$$

Dấu (-) biểu thị khi tần số tăng thì công suất phát của máy phát giảm.

Để có thể điều chỉnh được tần số, trong nhà máy luôn luôn cần một lượng công suất dự phòng, biểu thị bởi hệ số dự phòng :

$$k_{df} = \frac{P_F}{P_{pt}} ; \quad (13.10)$$

Từ đó

$$P_F = k_{df} P_{pt} \quad (13.11)$$

Lượng công suất  $\Delta P$  thay đổi khi tần số thay đổi  $\Delta f$  sẽ là

$$\Delta P = \Delta P_F - \Delta P_{pt} = - P_{pt} \frac{\Delta f}{f_n} (k_{df} k_F + k_{pt}) ; \quad (13.12)$$

Từ đó rút ra lượng thay đổi tần số do phụ tải thay đổi một lượng  $\Delta P$  bằng

$$\Delta f = - \frac{f_n \Delta P}{P_{pt} (k_{df} k_F + k_{pt})} ; \quad (13.13)$$

Đại lượng nghịch đảo của độ dốc gọi là độ phụ thuộc của các đặc tính

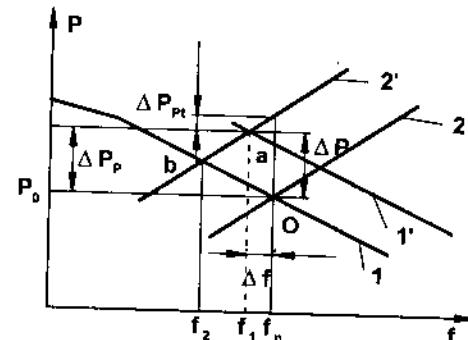
$$s = \frac{100}{k} \% ; \quad (13.14)$$

Độ dốc trung bình của các máy phát trong nhà máy được xác định bởi biểu thức

$$k_{F.tb} = \frac{\sum P_{Fi} k_{Fi}}{\sum P_{Fi}} ; \quad (13.15)$$

$P_{Fi}, k_{Fi}$  – công suất định mức và độ dốc của máy phát thứ  $i$  ;

Nếu như ở một số tổ máy đã mờ hết cửa môi năng vào rồi, thì có nghĩa là phụ tải của nó không thể tăng thêm được nữa, lúc đó hệ số  $k_F$  của chúng sẽ bằng 0 (khi tần số giảm).



Hình 13.6. Quan hệ phụ thuộc giữa phụ tải và tần số :

1. Đặc tính tĩnh của máy phát ;
2. Đặc tính của phụ tải tác dụng ;

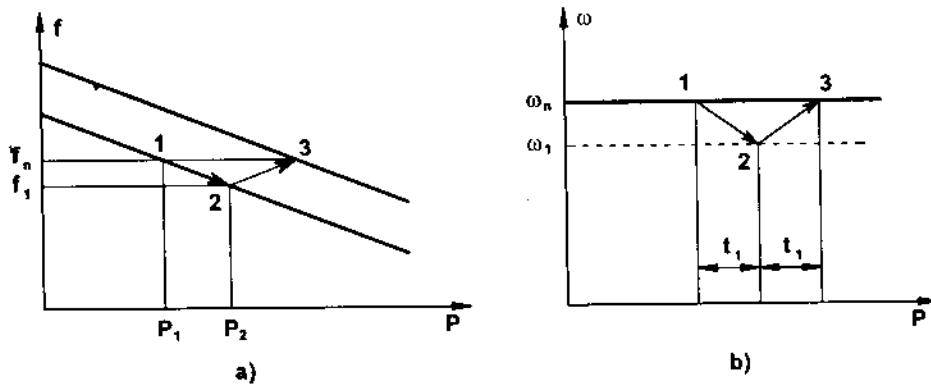
Do đó nếu dự phòng công suất càng bé thì hệ thống càng ít khả năng tự động tăng công suất khi tần số giảm. Đại lượng  $k_{F,tb}$  còn phụ thuộc cả vào dấu của đại lượng thay đổi tần số, tức là vào dấu của lượng phụ tải  $\Delta P$ . Khi tần số giảm, tức là khi phụ tải của hệ thống tăng,  $k_{F,tb}$  thấp do đó nếu không có dự phòng công suất thì khi tần số giảm không thể tức khắc nâng ngay tần số lên được.

### 13.4.2. Điều tần cấp 2

Điều tần cấp 2 còn gọi là điều chỉnh thứ cấp, là quá trình tăng công suất máy phát điều tần để đưa tần số về trị số định mức. Quá trình điều tần cấp 2 thực hiện những nhiệm vụ sau :

- Giữ tần số ở giá trị định mức khi phụ tải của các tổ hợp độc lập có đặc tính tĩnh thay đổi ;
  - thay đổi tốc độ quay của tổ máy khi đồng bộ hoá ;
  - hiệu chỉnh độ lệch khỏi giá trị định trước của công suất hoặc tần số gây ra bởi sự điều chỉnh không nhạy ;
  - phân bổ lại phụ tải giữa các tổ máy làm việc song song

Tăng công suất máy phát bằng cách tăng thêm mô năng cho tuabin, điều chỉnh tự động được thực hiện trong khoảng  $30 \div 40$  s. Trong các hệ thống nhỏ thường chỉ có một vài tổ máy làm nhiệm vụ điều tần cấp 2, còn các máy khác có đặt tự động điều chỉnh tốc độ thì chỉ tham gia trong quá trình điều tần cấp 1. Khi phụ tải tăng các máy này tạm thời tăng thêm công suất nhờ tự động điều chỉnh tốc độ. Sau khi quá trình điều tần bắt đầu, tần số tăng lên thì các máy này lại tự động giảm công suất phát. Toàn bộ công suất yêu cầu thêm sẽ chỉ do các nhà máy điều tần đảm nhận. Độ dốc của các tổ máy điều tần phải lớn hơn của các tổ máy còn lại để trong quá trình điều chỉnh sơ cấp các tổ máy điều tần nhận nhiều phụ tải hơn. Các máy điều tần được trang bị bộ điều tốc át tĩnh.

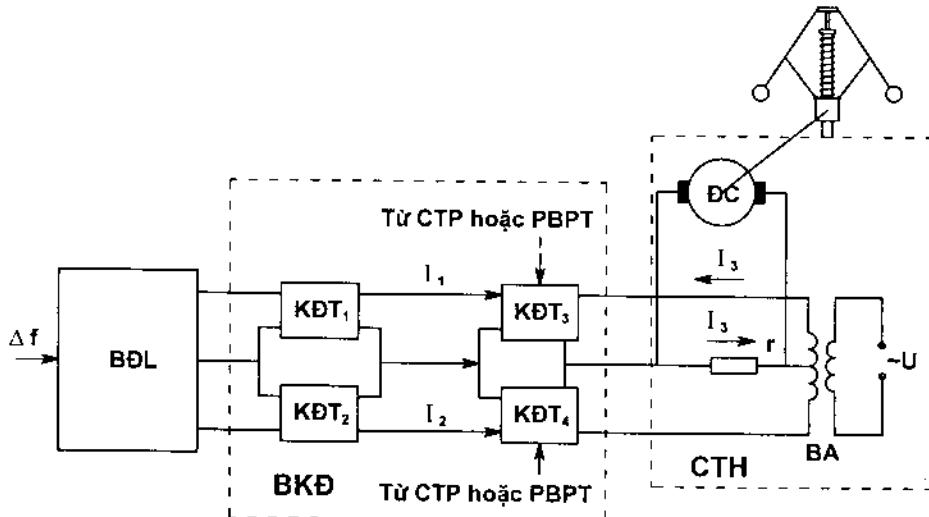


Hình 13.7. a) Sự điều tần cấp 2 ; b) Quá trình điều tần cấp 2

Bộ điều tần cấp 2 làm việc kết hợp với bộ điều tần cấp 1 và khi tần số lệch thì đưa tín hiệu đến bộ điều tần cấp 1 để khôi phục lại tần số định mức với sự thay đổi công suất. Nếu sự thay đổi tốc độ quay của tổ máy được thực hiện theo đường đặc tính tĩnh (hình 13.7), thì khi phụ tải tăng từ  $P_1$  đến  $P_2$  sự khôi phục tần số định mức được thực hiện với

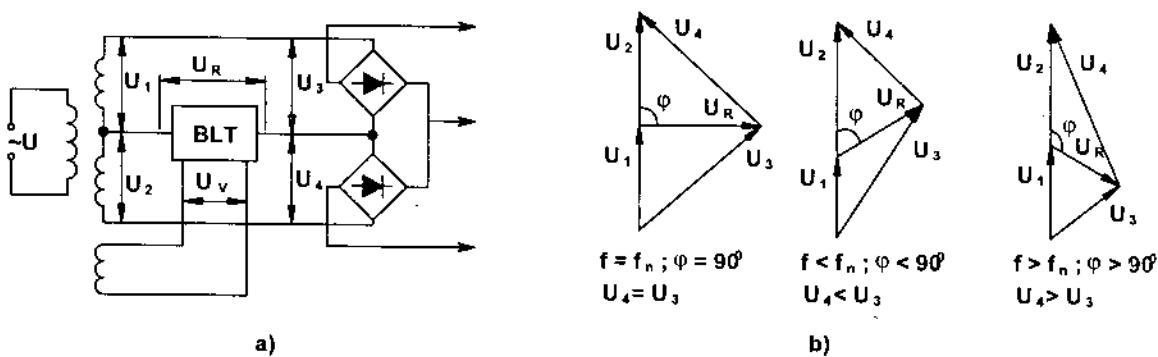
sự trợ giúp của bộ điều chỉnh cấp 2 mà làm dịch chuyển đường đặc tính song song với đặc tính của điều tần cấp 1.

Sơ đồ tự động điều tần cấp 2 với sự trợ giúp của bộ điều chỉnh lọc từ được thể hiện trên hình 13.8. Sơ đồ bao gồm các cơ cấu đo lường (BDL), bộ khuếch đại (BKĐ) và cơ cấu thừa hành (CTH).



Hình 13.8. Sơ đồ khái niệm bộ điều tần lọc từ

BDL - bộ đo lường ; BKĐ - bộ khuếch đại ; CTH - cơ cấu thừa hành ; KĐT - khuếch đại từ ; DC - động cơ điều chỉnh ; CTP - cơ cấu cho trước phụ tải ; PBPT - cơ cấu phân bổ phụ tải tác dụng



Hình 13.9. Sơ đồ cơ cấu đo tần số (a) ; Biểu đồ vectơ điện áp (b)

Sơ đồ cơ cấu đo tần số được thể hiện trên hình 13.9.a Các tham số L và C của bộ lọc tần số BLT được chọn sao cho ở chế độ làm việc bình thường với tần số định mức, góc lệch pha giữa điện áp vào  $U_V$  và điện áp ra  $U_R$  sẽ là  $\phi = 90^\circ$  (hình 13.9.b), lúc đó điện áp trên đầu ra của bộ chỉnh lưu  $U_3$  và  $U_4$  có giá trị bằng nhau. Khi tần số bị lệch khỏi giá trị định mức, vec tơ điện áp ở đầu ra của bộ lọc tần số  $U_r$  sẽ bị dịch chuyển so với vec tơ điện áp  $U_1$  và  $U_2$  góc  $\phi$  sẽ nhỏ hoặc lớn hơn  $90^\circ$ , tùy thuộc vào chiều lệch của tần số, lúc đó giá trị điện áp  $U_4$  sẽ nhỏ hoặc lớn hơn  $U_3$ . Sau khi ra khỏi bộ chỉnh lưu tín hiệu được đưa đến bộ khuếch đại từ BKĐ. Bộ khuếch đại từ gồm 2 tầng, tầng thứ nhất gồm các cuộn dây của

KDT<sub>1</sub> và KDT<sub>2</sub> nhận tín hiệu từ đầu ra của chỉnh lưu từ bộ đo tần số. Các cuộn dây tăng thứ 2 của KDT<sub>3</sub> và KDT<sub>4</sub> nhận các tín hiệu dòng tương ứng I<sub>1</sub> và I<sub>2</sub> từ KDT<sub>1</sub> và KDT<sub>2</sub>, còn các cuộn dây điện lực thì nhận nguồn từ máy biến áp, cuộn dây thứ cấp của máy biến áp này có 2 ngăn (trên sơ đồ 13.8, không chỉ mạch cung cấp cho KDT). Ở chế độ làm việc bình thường các dòng điện I<sub>1</sub> = I<sub>2</sub> và I<sub>3</sub> = I<sub>4</sub> nên trên điện trở r sẽ không có độ rơ điện áp, động cơ điều chỉnh mắc song song với điện trở này sẽ không tác động.

Khi tần số bị lệch khỏi giá trị định mức, sẽ có 1 dòng điện trị số bằng hiệu của các dòng I<sub>3</sub> – I<sub>4</sub>, chiều của dòng điện này phụ thuộc vào độ lệch của tần số về phía cao hay phía thấp, gây ra một độ rơ điện áp làm cho động cơ điều chỉnh thay đổi tốc độ của tổ hợp máy phát. Sự tác động của bộ điều chỉnh tốc độ được hiệu chỉnh bởi các tín hiệu từ cơ cấu phân bố phụ tải tác dụng hoặc cơ cấu định trước phụ tải, phụ thuộc vào sự tham gia của các tổ máy.

### 13.4.3. Điều tần cấp 3

Mục đích của điều tần cấp 3 là phân phối lại công suất theo điều kiện tối ưu. Khi xảy ra dao động công suất hệ thống điện phải làm 2 nhiệm vụ là thay đổi công suất phát để duy trì tần số bình thường và phân bổ lại công suất giữa các tổ máy theo điều kiện tối ưu. Quá trình phân bổ công suất tối ưu có thể thực hiện chậm hơn, có thể sau 15 ÷ 20 phút, hoặc sau khi tổng công suất biến đổi được 2 ÷ 4%. Điều kiện phân bổ tối ưu công suất giữa các tổ máy là sự cân bằng của suất tăng chi phí  $\epsilon = \frac{dZ}{dP}$  (đạo hàm của hàm chi phí theo công suất tác dụng Z = f(P)),

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = \dots = \epsilon_n = \text{const} \quad (13.16)$$

## 13.5. ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ TRONG TRƯỜNG HỢP SỰ CỐ

Khi vì một lý do nào đó tần số có thể bị giảm ngoài sự kiểm soát của hệ thống điều chỉnh, gây nguy hiểm cho hệ thống, ví dụ một số trường hợp tần số bị lệch quá lớn, gây ảnh hưởng nghiêm trọng như :

- Tần số nhỏ hơn 48,5 Hz chỉ cho phép kéo dài không quá 1 phút vì sự an toàn cho các cánh dài áp lực thấp của tuabin ;
- Tần số nhỏ hơn 47 Hz chỉ được kéo dài không quá 20 giây để đảm bảo năng suất cho các thiết bị phụ như máy bơm nước, quạt gió v.v...
- Tần số không được phép giảm quá 45 Hz vì ở tần số này có thể dẫn đến sự ngừng hoạt động của cả nhà máy điện, do các thiết bị phụ không thể đáp ứng được điều kiện làm việc bình thường.

Để giữ tần số trong các trường hợp này đầu tiên cần phải sa thải phụ tải. Có 3 loại phụ tải cần sa thải là :

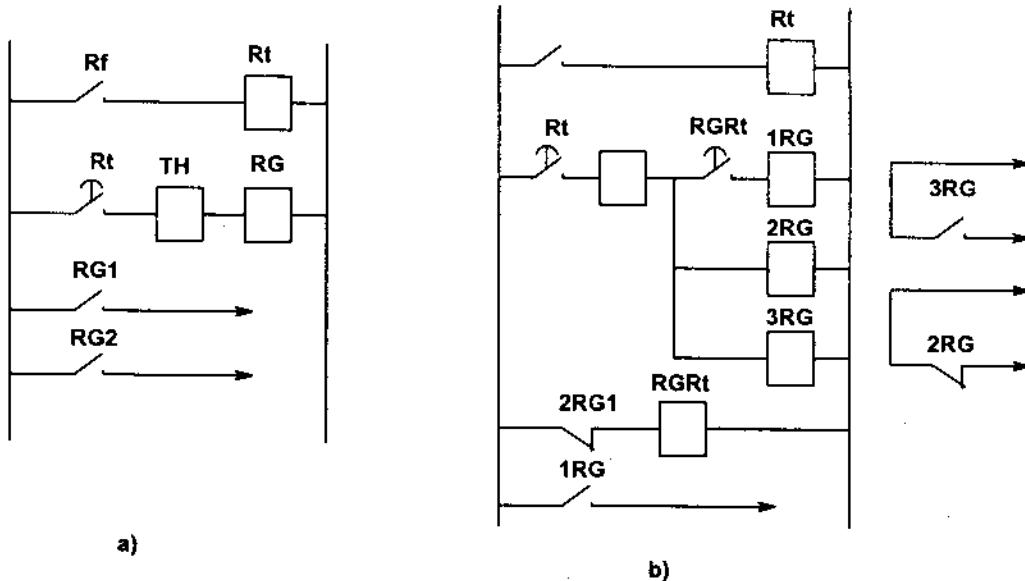
- + Loại 1 có tổng công suất cắt bằng công suất thiết hụt cao nhất có thể cắt lần lượt từng đợt : bắt đầu sa thải từ tần số 46,5 cho đến 49 Hz, các đợt cách nhau 0,1 Hz.

+ Loại 2 : chinh định ở tần số 49,2 Hz, các đợt cách nhau  $5 \div 10$  giây, đợt cuối 60 giây làm nhiệm vụ đưa tần số lên cao hơn 49,2 Hz sau khi loại 1 cắt xong. Công suất cắt của tải loại 2 thường bằng 40% loại 1 ;

+ Loại 3 : sẽ tác động nếu loại 1 không thể ngăn cản được nguy cơ xảy ra sụt áp trong hệ thống.

Việc sa thải phụ tải được thực hiện bởi cơ cấu tự động sa thải phụ tải theo tần số (TSP). Nhiệm vụ của các cơ cấu này là ngăn chặn sự suy sụp tần số khi thiếu công suất phát. Một số cơ cấu tự động điều chỉnh tần số tác động với độ trễ rất lớn vì vậy thời gian tác động của bộ tự động sa thải phụ tải cũng phải lớn hơn quán tính của TSP để loại trừ trường hợp phụ tải bị cắt trong trường hợp có dự phòng công suất.

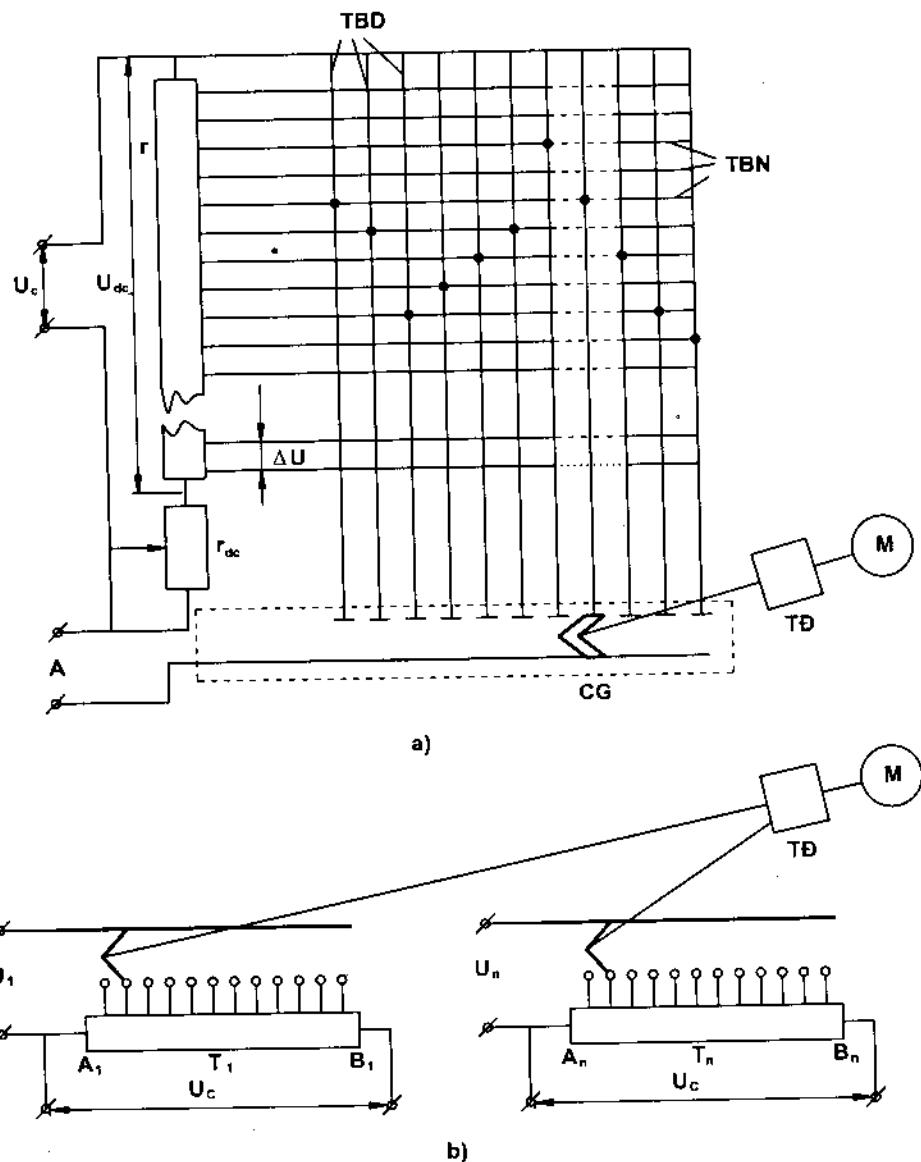
Sơ đồ tự động sa thải phụ tải không có tự động đóng lại được thể hiện trên hình 13.10.a. Khi tần số giảm quá giá trị khởi động, role tần số đóng tiếp điểm Rf của mình cấp điện cho role thời gian Rt, sau một khoảng thời gian trễ role Rt đóng tiếp điểm cấp nguồn cho role trung gian RT và role tín hiệu TH, role RG đóng tiếp điểm cấp nguồn cho cuộn cắt máy cắt của nhóm phụ tải ít quan trọng, đồng thời tiếp điểm thứ 2 của nó đưa tín hiệu đi khoá tự động đóng lại TDL để sau khi cơ cấu tự động sa thải phụ tải TSP tác động, phụ tải sẽ không được đóng lại nữa.



**Hình 13.10.** Sơ đồ nguyên lý tự động sa thải phụ tải theo tần số (TSP)  
a) với khóa TDL ; b) với TDL sau khi tần số được khôi phục

Sơ đồ tự động sa thải phụ tải theo tần số có tự động đóng lại được thể hiện trên hình 13.10.b. Khi tần số giảm quá giá trị số khởi động, role tần số sẽ khép tiếp điểm Rf để đóng cuộn dây của role thời gian Rt vào mạch, sau một khoảng thời gian xác định role Rt đóng tiếp điểm cấp nguồn cho các role trung gian 1RG, 2RG và 3RG. Role 1RG sẽ cắt máy cắt, role 2RG sẽ cắt nguồn thao tác của mạch tự động đóng lại TDL để cho TDL chỉ đợi sau khi tần số được khôi phục. Đồng thời tiếp điểm thứ 2 của role 2RG cũng cắt mạch

của role RGRt, sau khoảng thời gian  $0,8 \div 1$  giây role này sẽ mở tiếp điểm RGRt ngắt mạch của role 1RG để cắt xung đến máy cắt. Điều đó cho phép đóng bằng tay máy cắt đã cắt trong trường hợp tiếp điểm của role tần số đóng quá lâu vì nguyên nhân nào đó. Role 3RG sẽ thay đổi nắc trờ về của role tần số. Tự động đóng lại chỉ có thể thực hiện sau khi tiếp điểm của role tần số đã mở, tức là sau khi tần số được khôi phục và role 2RG trở về trạng thái ban đầu.



**Hình 13.11** Sơ đồ cơ cấu cho trước phụ tải CTP (a) và cơ cấu phân bố phụ tải tác dụng PBPT  
 (b) TBD – tấm bản dọc ; TBN – tấm bản ngang ; TD – hộp truyền động ; DC – động cơ ;  
 CG – cổ góp dạng chổi

Sơ đồ cơ cấu cho trước phụ tải (CTP) được thể hiện trên hình 13.11.a. Cơ cấu gồm 48 tấm bản dọc (TBD) (các serie cuối cùng có 96 tấm) và tấm bản ngang (TBN), được liên kết với nhau bởi các giác cắm đặt tại các điểm chéo nhau của các tấm bản. Các tấm

bản ngang được nối với các ngăn của chiết áp r, được cấp điện từ nguồn ổn áp  $U_c$ . Từ các tấm bản dọc điện áp được đưa ra đầu A đến cuộn dây của khuếch đại từ qua các chổi của cổ góp CG, các chổi này được di chuyển bởi một động cơ với sự trợ giúp của hộp truyền động TD. Với các liên kết giữa các tấm bản ngang và dọc cho phép nhận được đồ thị phụ tải với các cấp sau mỗi 30 phút (hoặc 15 phút đối với serie mới). Toàn bộ giá trị điện áp điều chỉnh  $U_{dc}$  của chiết áp ứng với công suất định mức của máy phát hoặc của trạm điện. Giá trị điện áp giữa 2 tấm bản cạnh nhau  $\Delta U$  sẽ là giá trị tối thiểu có thể thay đổi công suất mà thường được chọn trong khoảng  $(0,01 \div 0,02)P_F$ .

Cơ cấu phân bố phụ tải tác dụng của tổ máy (PBPT) (hình 13.11.b) dùng để phân phối tối ưu phụ tải giữa các tổ máy làm việc song song. Nó có cấu tạo gồm một số chiết áp với con chạy được di chuyển bởi một động cơ qua hộp truyền động (hình 13.11.b). Các chiết áp được cung cấp bởi một ổn áp  $U_c$ . Có thể nhận được giá trị điện áp bất kỳ trong giới hạn giữa 2 đầu  $A_i$  và  $B_i$ . Giá trị điện áp  $U_{AB}$  trên mỗi chiết áp tỷ lệ với công suất của các tổ máy trong giới hạn hợp lý từ  $P_{min}$  đến  $P_{max}$  của chúng. Điện áp trên đầu ra của chiết áp tỷ lệ với góc quay của rotor, mà phụ thuộc vào tần số hoặc công suất tác dụng. Vì con chạy của các chiết áp có liên kết cứng với nhau nên khi phụ tải tăng tất cả các tổ máy làm việc song song đều nhận được một độ tăng phụ tải như nhau. Để có được đặc tính cho trước của độ tăng tương đối phụ tải của tổ máy nào đó, cần phải điều chỉnh điện trở của chiết áp tương ứng sao cho phù hợp với quy luật biến đổi của phụ tải của tổ máy đó.

### 13.6. VÍ DỤ VÀ BÀI TẬP

**Ví dụ 13.1** : Hệ thống điện có tổng phụ tải là  $P_{pt} = 2400 \text{ MW}$  với độ dốc  $k_{pt} = 1,6$  ; đột nhiên phụ tải tăng thêm 100 MW. Hãy tính độ lệch tần số khi

- a) không có điều tốc ;
- b) có điều chỉnh tần số với  $k_F = 20$  ;
- c) Như trường hợp b, nhưng chỉ có 70 % công suất tham gia điều tốc.

Biết công suất dự trữ nóng của hệ thống là  $P_{df} 670 \text{ MW}$ .

**Giải :** a) Độ lệch tần số khi không có điều tốc

$$\Delta f = - \frac{f_n \Delta P}{P_{pt} k_{pt}} = - \frac{50.100}{2400.1,6} = - 1,3 \text{ Hz} ;$$

b) Khi có điều tốc :

Tổng công suất của hệ thống kể cả dự trữ

$$P_F = P_{pt} + P_{df} = 2400 + 670 = 3070 \text{ MW}$$

Hệ số dự phòng

$$k_{df} = \frac{P_F}{P_{pt}} = \frac{3070}{2400} = 1,28 ;$$

Độ lệch tần số

$$\Delta f = - \frac{f_n \Delta P}{P_{pt} (k_{df} k_F + k_{pt})} = - \frac{50.100}{2400.(1,28.20 + 1,6)} = - 0,077 \text{ Hz} ;$$

c) Khi chỉ có 70% công suất tham gia điều tốc :

$$k_{F.tb} = 0,7 \cdot k_F = 0,7 \cdot 20 = 14 ;$$

Độ lệch tần số

$$\Delta f = - \frac{50.100}{2400.(1,28.14 + 1,6)} = - 0,107 \text{ Hz.}$$

**Ví dụ 13.2 :** Hệ thống điện có 5 tổ máy phát, trong đó 2 tổ máy có công suất  $P_F = 200 \text{ MW}$  với độ dốc  $k_{F1} = 17,5$  ; Các tổ còn lại có  $P_F = 300 \text{ MW}$  với  $k_{F2} = 18,5$ . Phụ tải của hệ thống là  $P_{pt} = 1150 \text{ MW}$  với  $k_{pt} = 1,6$ . Khi phụ tải tăng lên làm cho tần số giảm đi 0,3% so với giá trị định mức.

a) Hãy cho biết lượng công suất thay đổi bao nhiêu ;

b) Các máy phát tham gia điều tần cấp I sẽ phải thay đổi công suất thế nào ?

**Giải :** Trước hết xác định hệ số dự phòng của hệ thống

$$k_{df} = \frac{P_{F\Sigma}}{P_{pt}} = \frac{2.200 + 3.300}{1150} = 1,13$$

Độ dốc trung bình

$$k_{F.tb} = \frac{\sum P_F k_F}{\sum P_F} = \frac{2.200.17,5 + 3.300.18,5}{2.200 + 3.300} = 18,19 ;$$

Giá trị tần số giảm so với định mức

$$\Delta f = - \frac{\Delta f \% \cdot f_n}{100} = - \frac{0,3.50}{100} = - 0,15 \text{ Hz}$$

Lượng công suất thay đổi

$$\Delta P = \Delta f \frac{P_{pt} (k_{df} \cdot k_{F.tb} + k_{pt})}{f_n} = 0,15 \frac{1150(1,13.18,19 + 1,6)}{50} = 76,47 \text{ MW}$$

Lượng tăng công suất phát của các tổ máy 200 MW sẽ là

$$\Delta P_F = - P_F \frac{\Delta f}{f_n} k_F = - 200 \frac{(-0,15)}{50} 17,5 = 10,5 \text{ MW} ;$$

Mỗi tổ máy 300 MW sẽ phát thêm

$$\Delta P_F = - 300 \frac{(-0,15)}{50} 18,5 = 16,65 \text{ MW} ;$$

Đây là công suất tăng tạm thời do tần số giảm, khi tần số đã được điều chỉnh lên giá trị yêu cầu thì các tổ máy này lại phát công suất như cũ.

**Bài tập 13.1 :** Hệ thống điện có tổng phụ tải là  $P_{pt} = 1850$  MW với độ dốc  $k_{pt} = 1,55$  ; đột nhiên phụ tải tăng thêm 90 MW. Hãy tính độ lệch tần số khi

- a) không có điều tốc ;
- b) có điều chỉnh tần số với  $k_F = 18,5$  ;
- c) Như trường hợp b, nhưng chỉ có 70 % công suất tham gia điều tốc.

Biết công suất dự trữ nóng của hệ thống là 850 MW.

**Bài tập 13.2 :** Hệ thống điện có 6 tổ máy phát, trong đó 3 tổ máy có công suất  $P_{F1} = 150$  MW với độ dốc  $k_{F1} = 17$  ; Các tổ còn lại có  $P_{F2} = 200$  MW với  $k_{F2} = 19$ . Phụ tải của hệ thống là  $P_{pt} = 1150$  MW với  $k_{pt} = 1,6$ . Khi phụ tải tăng lên làm cho tần số giảm đi 0,25% so với giá trị định mức.

- a) Hãy cho biết lượng phụ tải tăng lên bao nhiêu ?
- b) Các máy phát tham gia điều tần cấp I sẽ phải thay đổi công suất thế nào ?

**Đáp số :**

**13.1.** a)  $\Delta f = -0,157$  Hz ; b)  $\Delta f = -0,057$  Hz ; c)  $\Delta f = -0,071$  Hz ;

**13.2.** a)  $\Delta P = 50,96$  MW ; b)  $\Delta P_{F1} = 6,375$  MW ;  $\Delta P_{F2} = 9,5$  MW

## Tóm tắt chương 13

Công suất của động cơ sơ cấp phụ thuộc vào tốc độ quay

$$P_{dc} = M_{dc} \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

Đặc tính điều chỉnh tốc độ quay phụ thuộc vào phụ tải để giữ tần số không đổi gọi là đặc tính á tĩnh. Sự điều chỉnh á tĩnh không cho phép phân bố phụ tải đơn vị giữa các tổ hợp làm việc song song.

Để có thể phân bố phụ tải tác dụng một cách đơn vị ổn định giữa các tổ hợp làm việc song song cần phải có sự điều chỉnh tĩnh, mà ứng với mỗi giá trị công suất của tổ hợp xác lập tương ứng một giá trị xác định của tốc độ quay.

Đặc tính tĩnh của phụ tải được đặc trưng bởi độ dốc  $k_{pt}$

$$k_{pt} = \frac{\Delta P_{pt}}{P_{pt}} : \frac{\Delta f}{f_n}$$

Độ dốc của đặc tính tĩnh máy phát

$$k_F = \frac{\Delta P_F}{P_F} : \frac{\Delta f}{f_n}$$

Quá trình tự động điều chỉnh tần số diễn ra trong ba giai đoạn : điều chỉnh cấp I, II và cấp III.

**Điều tần cấp I**

Quá trình tự động điều tần cấp I là quá trình biến đổi tức thời công suất phát khi phụ tải thay đổi nhờ các bộ phận điều chỉnh tốc độ của tuabin trong hệ thống.

Lượng thay đổi công suất tác dụng của phụ tải khi tần số thay đổi sẽ là

$$\Delta P_{pt} = + P_{pt} \frac{\Delta f}{f_n} k_{pt}$$

Lượng thay đổi công suất tác dụng của máy phát khi tần số thay đổi sẽ là

$$\Delta P_F = - P_F \frac{\Delta f}{f_n} k_F$$

Lượng công suất  $\Delta P$  thay đổi khi tần số thay đổi  $\Delta f$  sẽ là

$$\Delta P = \Delta P_F - \Delta P_{pt} = - P_{pt} \frac{\Delta f}{f_n} (k_{df} k_F + k_{pt})$$

Lượng thay đổi tần số do phụ tải thay đổi một lượng  $\Delta P$  bằng

$$\Delta f = - \frac{f_n \Delta P}{P_{pt} (k_{df} k_F + k_{pt})}$$

*Điều tần cấp 2* là quá trình tăng công suất máy phát điều tần để đưa tần số về trị số định mức. Quá trình này được thực hiện bởi một vài máy phát có trang bị cơ cấu điều tần á tĩnh.

*Điều tần cấp 3* được thực hiện với mục đích là phân phối lại công suất theo điều kiện tối ưu.

Điều kiện phân bổ tối ưu công suất giữa các tổ máy là sự cân bằng của suất tăng chi phí

$$\varepsilon = \frac{dZ}{dP} = \text{const}$$

*Điều chỉnh tần số trong trường hợp sự cố* được thực hiện bằng cách sa thải phụ tải để ngăn chặn sự suy sụp tần số khi thiếu công suất phát

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày các đặc tính cơ bản của tổ máy phát và phụ tải
2. Hãy trình bày sơ đồ động học điều chỉnh tần số
3. Hãy trình bày quá trình điều chỉnh cấp 1
4. Hãy trình bày quá trình điều chỉnh cấp 2 và cấp 3
5. Hãy trình bày quá trình điều chỉnh tần số ở chế độ sự cố

## Chương 14

# TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP

### 14.1. ĐẠI CƯƠNG

#### 14.1.1. Đặc điểm tự động điều chỉnh điện áp

Khác với tần số, giá trị điện áp tại các điểm khác nhau của hệ thống sẽ có giá trị khác nhau, thêm vào đó, yêu cầu về độ lệch điện áp cho phép đối với các hộ dùng điện khác nhau cũng khác nhau. Điều đó làm phức tạp hóa quá trình tự động điều chỉnh điện áp. Để duy trì mức điện áp cần thiết cho các hộ dùng điện có thể thực hiện bằng cách tự động điều chỉnh kích từ, tự động điều áp dưới tải, điều hoà công suất phản kháng v.v... Điều chỉnh kích từ được thực hiện ngay tại các nhà máy điện nên thường gọi là điều chỉnh trung tâm, còn các loại điều chỉnh khác được thực hiện tại các trạm biến áp, các trạm phân phối hoặc tại các điểm nút khác nhau của hệ thống điện, gọi là điều chỉnh phân tán.

Các sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ hiện đại đóng một vai trò quan trọng không chỉ để ổn định điện áp mà còn tăng độ ổn định chế độ làm việc song song của các nhà máy điện, cho phép khôi phục nhanh điện áp sau khi loại trừ sự cố ngắn mạch và tăng độ tin cậy, chắn chắn của các bảo vệ role. Ngoài ra sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ còn cho phép tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân bổ phụ tải phản kháng giữa các tổ máy và các nhà máy điện làm việc song song trong hệ thống.

#### 14.1.2. Các loại sơ đồ điều tự động chỉnh điện áp

Phân biệt 2 nguyên lý làm việc của các sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ, loại thứ nhất dự trên cơ sở thay đổi dòng điện kích từ bằng cách đưa vào mạch kích từ một biến trở ; Loại thứ hai dựa trên nguyên lý bổ xung vào dòng điện kích từ một thành phần dòng điện tỷ lệ với sự biến đổi của điện áp hoặc dòng điện của stator. Loại thứ nhất thuộc loại điều chỉnh điện cơ, còn loại thứ hai thuộc loại điện từ hoặc điện tử. Đại diện của nhóm thứ nhất là điều chỉnh biến trở, điều chỉnh than điện trở, điều chỉnh xung – điện trở. Đại diện của nhóm thứ hai là cơ cấu điều chỉnh phức hợp. Trong số các cơ cấu điều chỉnh kể trên thì cơ cấu điều chỉnh phức hợp được sử dụng rộng rãi hơn cả, do nó có ưu điểm là không cần bộ phận chuyển động. Tuy nhiên cơ cấu này cũng có một vài nhược điểm là mức độ tăng dòng kích từ thấp, tốc độ điều chỉnh chậm.

#### 14.1.3. Phạm vi sử dụng cơ cấu điều chỉnh với đặc tính tĩnh và á tĩnh

Như đã biết, nhiệm vụ cơ bản của điều chỉnh kích từ không chỉ là ổn định điện áp trên các đầu cực của máy phát, mà còn phân bố tối ưu công suất phản kháng giữa các tổ máy phát làm việc song song. Việc thực hiện các nhiệm vụ này phụ thuộc một mặt vào đặc tính của chính các cơ cấu điều chỉnh, mặt khác vào sơ đồ liên hệ tương hỗ giữa các máy phát với nhau. Các cơ cấu điều chỉnh kích từ có thể có đặc tính tĩnh hoặc á tĩnh. Đặc

tính tinh biểu thị sự biến đổi của điện áp máy phát phụ thuộc vào sự biến đổi của phụ tải, còn với đặc tính á tính, sự biến đổi của điện áp không phụ thuộc vào phụ tải của các tổ máy độc lập.

Ở chế độ làm việc song song của các máy phát khi chúng được trang bị các cơ cấu điều chỉnh á tính, điện áp trên thanh cái chung được giữ ở mức cố định, nhưng dòng kích từ của mỗi tổ máy có thể khác nhau. Khi đó một số tổ máy có thể bị quá tải phản kháng, còn số khác thì lại non tải. Vì vậy để phân bố tối ưu công suất phản kháng giữa các tổ máy cần phải trang bị cho chúng các cơ cấu điều chỉnh với đặc tính tinh. Đối với các tổ máy có cơ cấu điều chỉnh á tính, để có thể phân bố tối ưu công suất phản kháng cần phải có thêm các cơ cấu ổn dòng hoặc bù dòng.

Để phân bố hợp lý phụ tải phản kháng giữa các tổ máy phát làm việc song song, các cơ cấu điều chỉnh với đặc tính tinh của các tổ máy độc lập phải có mức điều chỉnh và độ nhạy giống nhau (hệ số tinh và điện áp không tải giống nhau). Nếu các hệ số tinh của các tổ máy khác nhau thì lượng thay đổi của phụ tải sẽ tỷ lệ nghịch với giá trị của hệ số tinh.

Giả sử có 2 tổ máy làm việc song song với các đặc tính điều chỉnh tương ứng I và II (hình 14.1) ở chế độ làm việc bình thường các tổ máy có phụ tải phản kháng là  $I_{X1} = I_{X2}$ . Các điểm  $A_1, B_1$  và  $A_2, B_2$  biểu thị giới hạn thay đổi của điện áp  $\Delta U$  mà cơ cấu điều chỉnh không thể phản ứng. Cũng chính các điểm này biểu thị giới hạn thay đổi phụ tải phản kháng mà cơ cấu điều chỉnh không thể phản ứng. Dễ dàng nhận thấy khi phụ tải phản kháng của trạm điện tăng lên một giá trị  $\Delta I_X = \Delta I_{X1} + \Delta I_{X2}$ , điện áp trên thanh cái giảm đi một lượng  $\Delta U$ , còn dòng điện phản kháng trong các máy phát tăng không đều nhau, tức là  $\Delta I_{X1} \neq \Delta I_{X2}$ . Từ hình 14.1, ta có thể dễ dàng nhận thấy ở đường đặc tính dốc khả năng thay đổi của phụ tải nhỏ hơn ở đường đặc tính thoái.

Đối với các máy phát làm việc song song qua máy biến áp hoặc cuộn kháng điện cần phải dùng các cơ cấu điều chỉnh với đặc tính á tính. Khi sự phân bố phụ tải phản kháng giữa các máy phát thay đổi so với tỷ lệ đã định, điện áp trên các máy phát quá tải sẽ tăng, còn điện áp trên các máy phát giảm tải sẽ giảm. Trong trường hợp này ta nhận được

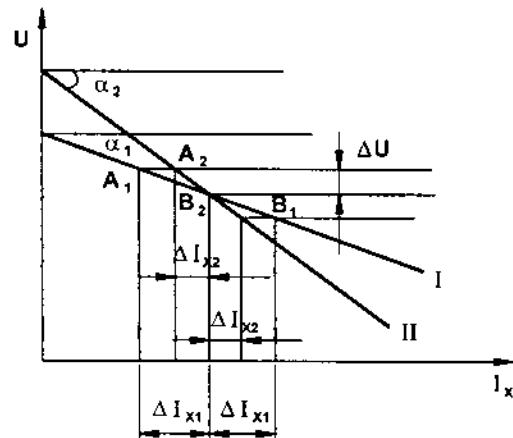
$$U_{F1} = U_{TC} + jI_{X,BA1}X_{BA1} \text{ và } U_{F2} = U_{TC} + jI_{X,BA2}X_{BA2} \quad (14.1)$$

$U_F$  – điện áp trên máy phát

$U_{TC}$  – điện áp trên thanh cái

$I_{X,BA}$  – dòng điện phản kháng của máy biến áp ;

$X_{BA}$  – điện trở phản kháng của máy biến áp.



Hình 14.1. Ảnh hưởng của độ dốc đường đặc tính của bộ điều chỉnh đối với sự phân bố công suất giữa các tổ máy làm việc song song

Cơ cấu điều chỉnh kích từ sẽ hướng tới ổn định điện áp trên các cực của máy phát, làm giảm kích từ của máy phát thứ nhất và tăng kích từ của máy phát thứ hai, điều đó dẫn đến sự phân bố hợp lý phụ tải phản kháng giữa chúng. Cần chú ý là sự phân bố phụ tải này chỉ có thể đạt được khi ở mỗi máy phát có cơ cấu điều chỉnh kích từ riêng phản ứng theo sự thay đổi của điện áp trên cực của chính máy phát.

Khi các máy phát làm việc song song với hệ thống công suất lớn, điện áp trên cực của chúng ít phụ thuộc vào dòng kích từ tương ứng. Trong trường hợp này các máy phát cần phải được trang bị cơ cấu điều chỉnh kích từ với đặc tính tĩnh, vì sự ổn định điện áp trên các cực máy phát có liên quan chặt chẽ với sự thay đổi của phụ tải của bản thân máy phát.

## 14.2. SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH KÍCH TỪ THEO NGUYÊN LÝ ỔN DÒNG VÀ BÙ DÒNG

Sơ đồ cho phép nhận được đặc tính tĩnh của các cơ cấu điều chỉnh á tĩnh với hệ số tĩnh dương hoặc âm được thể hiện trên hình 14.2. Sơ đồ điều chỉnh kích từ theo nguyên lý ổn dòng (hình 14.2.a) có đường đặc tính biến thiên của điện trên cực máy phát dốc xuống, tức là điện áp giảm theo sự tăng của dòng điện phản kháng. Sơ đồ này cho phép phân bố ổn định công suất phản kháng giữa các tổ máy phát làm việc song song trên cùng một thanh cái. Sơ đồ theo nguyên lý bù dòng (hình 14.2.b) có đường đặc tính điện áp dốc lên, tức là điện áp tăng theo sự tăng của dòng điện phản kháng. Sơ đồ này được áp dụng để ổn định điện áp trên thanh cái nhà máy điện khi các máy phát và máy biến áp được kết nối theo khối. Cả hai sơ đồ được trang bị cơ cấu điều chỉnh kích từ với đặc tính tĩnh có mức tĩnh thiếu.

Điện áp trên cơ cấu đo của bộ điều chỉnh  $U_{dc}$  khác với điện trên cực máy phát (quy về phía thứ cấp của BU) một giá trị bằng độ rơi điện áp trên điện trở phụ  $r_f$  bởi dòng điện thứ cấp  $I_2$  của máy biến dòng BI, tỷ lệ với dòng phụ tải của máy phát. Giá trị của  $U_{dc}$  được xác định theo biểu thức

$$U_{dc} = U_2 \pm I_2 \cdot r_f - I_{2,U} \cdot r_f. \quad (14.2)$$

$U_2$  – điện áp thứ cấp của máy biến áp đo lường BU

$I_2$  – dòng điện thứ cấp của biến dòng BI ;

$I_{2,U}$  – dòng điện chạy trong mạch thứ cấp của BU ;

$r_f$  – giá trị điện trở phụ.

Vì giá trị của dòng  $I_{2,U}$  của mạch áp rất nhỏ so với dòng  $I_2$  của BI nên có thể bỏ qua thành phần điện áp rơi ( $I_{2,U} \cdot r_f \approx 0$ ), lúc đó

$$U_{dc} = U_2 \pm I_2 \cdot r_f \quad (14.3)$$

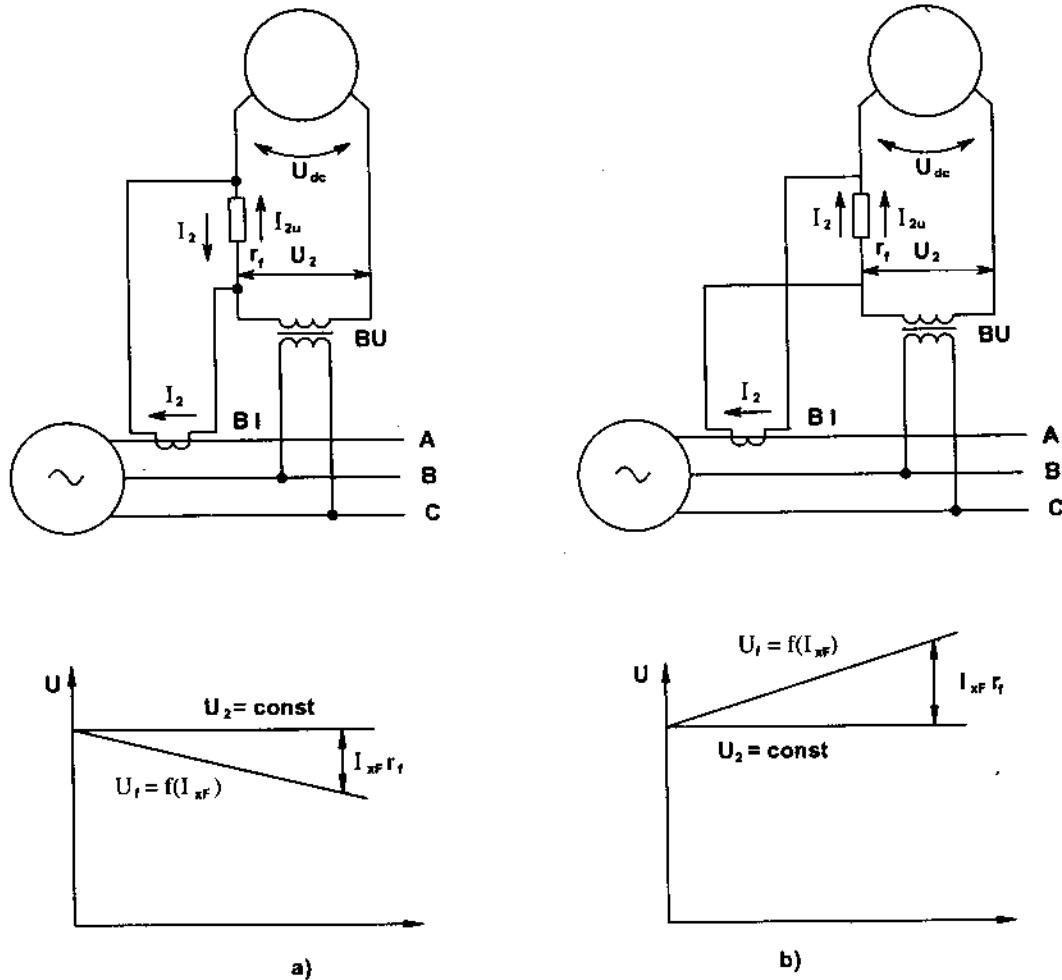
Do vector điện áp thứ cấp  $U_2$  trùng với vector độ rơi điện áp do thành phần phản kháng của dòng điện thứ cấp  $I_2$  của pha A trên điện trở phụ  $r_f$  nên có thể biểu thị biểu thức (14.3) dưới dạng

$$U_{dc} = \frac{U_F}{n_u} \pm \frac{I_{X,F} \cdot r_f}{n_i} \quad (14.4)$$

$I_{X,F}$  – thành phần phản kháng của dòng điện trong cuộn dây máy phát ;

$U_F$  – điện áp dây trên cực máy phát ;

$n_u, n_i$  – hệ số biến áp và hệ số biến dòng



Hình 14.2. Sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ theo nguyên lý ổn dòng (a) và bù dòng (b)

Trên cơ sở biểu thức (14.4) có thể nhận được đặc tính phụ thuộc giữa điện áp trên cực máy phát và dòng điện phản kháng của phụ tải :

– Đối với sơ đồ ổn dòng (hình 14.2.a)

$$U'_F = U'_{0,F} - I'_{X,F} \cdot r_f \quad (14.5)$$

– Đối với sơ đồ bù dòng (hình 14.2.b)

$$U'_F = U'_{0,F} + I'_{X,F} \cdot r_f \quad (14.6)$$

Từ đó, tương ứng ta có

– Đối với sơ đồ ổn dòng

$$I'_{X.F} = \frac{U'_{0.F} - U'_{F}}{r_f} \quad (14.7)$$

– Đối với sơ đồ bù dòng

$$I'_{X.F} = \frac{U'_{F} - U'_{0.F}}{r_f} \quad (14.8)$$

$I'_{X.F}$  – thành phần phản kháng của dòng điện máy phát quy về phía thúc áp của máy biến dòng ;  
 $U'_{0.F}$  và  $U'_{F}$  – điện áp máy phát khi không tải, tức khi  $I'_{X.F} = 0$  và khi có phụ tải  $I'_{X.F}$ .

Sơ đồ bù dòng cho phép tăng điện áp trên thanh cái của nhà máy điện khi phụ tải phản kháng tăng và cũng có thể áp dụng để ổn định điện áp của các hộ dùng điện mắc trực tiếp từ thanh cái điện phương áp máy phát.

### 14.3. SƠ ĐỒ PHỨC HỢP TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH KÍCH TỪ MÁY PHÁT (compaun)

Cơ cấu phức hợp không có bộ phận cơ cho phép điều chỉnh theo dòng điện phụ tải, nó làm việc theo nguyên lý bổ xung một lực từ hoá bởi dòng điện chỉnh lưu lấy từ mạch thứ cấp của máy biến dòng, đặt trên mạch của các cuộn dây stator máy phát.

Sơ đồ đơn giản của cơ cấu điều chỉnh phức hợp được thể hiện trên hình 14.3. Cấu tạo của nó gồm máy biến dòng lắp trong mạch của cuộn dây stator và nhóm chỉnh lưu xelen nối theo sơ đồ cầu 3 pha. Dòng điện chỉnh lưu được đưa đến cuộn dây kích từ bổ xung cho để thay đổi kích từ của máy phát khi phụ tải thay đổi. Để tạo ra hiệu ứng điều chỉnh cần phải tạo ra một điện áp trên cực ra của chỉnh lưu lớn hơn một chút so với điện áp của kích từ. Giá trị tối thiểu của dòng điện trong mạch stator mà tạo ra được điện áp như vậy gọi là ngưỡng phức hợp  $I_{min}$  hay ngưỡng nhạy của cơ cấu phức hợp (hình 14.3.b). Trước ngưỡng này điện áp của máy phát sẽ giảm khi dòng điện phụ tải tăng, còn sau ngưỡng, điện áp máy phát sẽ tăng cùng với sự tăng của dòng điện phụ tải phụ thuộc vào hệ số công suất  $\cos\phi$ .

\* *Ưu điểm của cơ cấu phức hợp :*

Cơ cấu phức hợp là thiết bị đơn giản, làm việc hoàn toàn tự động, chắc chắn, tin cậy và hầu như không cần đến sự chăm sóc. Sơ đồ phức hợp điều chỉnh kích từ cho phép :

- Cải thiện đường đặc tính ngoài của máy phát đồng bộ, vì khi phụ tải tăng cơ cấu phức hợp sẽ làm tăng dòng điện kích từ .
- Tăng cường kích từ khi mở máy các động cơ có công suất lớn, do đó sẽ giảm nhẹ điều kiện mở máy và ngăn không cho điện áp giảm nhiều.

\* *Nhược điểm của cơ cấu phức hợp :*

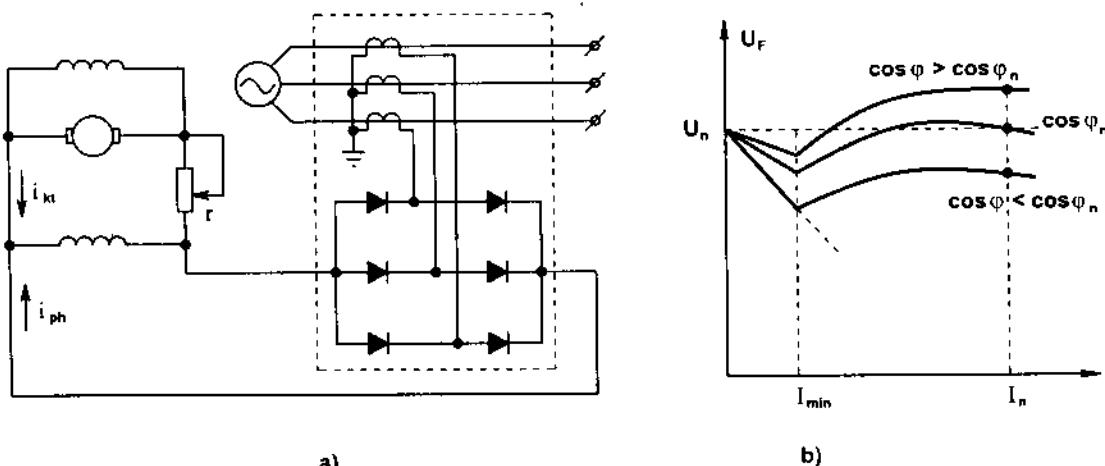
Tuy có những ưu điểm rất quý giá nhưng sơ đồ phức hợp cũng có một số nhược điểm là

- Không thể đảm bảo ổn định điện áp khi có ngắn mạch xa hoặc khi điện áp của máy phát giảm quá  $10 \div 15\%$  giá trị định mức, vì ở sơ đồ này sự tăng cường kích từ phụ thuộc



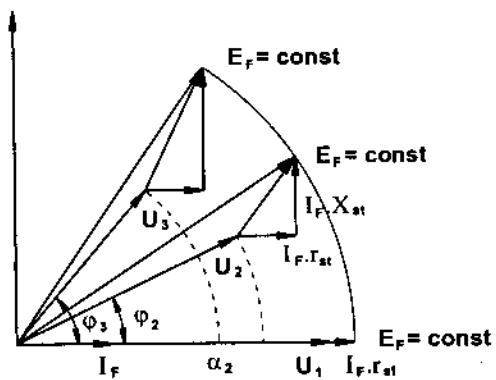
vào giá trị của dòng điện trong cuộn dây stator. Khi có ngắn mạch xa giá trị của dòng điện không đủ để đảm bảo sự gia tăng đến ngưỡng kích từ.

– Không thể đảm bảo ổn định điện áp khi phụ tải thay đổi quá nhiều, đặc biệt là độ ổn định của điện áp phụ thuộc nhiều vào hệ số  $\cos\varphi$ . Với cùng một giá trị dòng điện trong mạch stator nhưng khi hệ số  $\cos\varphi$  khác nhau, điện áp trên cực máy phát sẽ khác nhau (hình 14.3.b). Sở dĩ như vậy là vì dòng điện bù kích từ tỷ lệ với dòng điện toàn phần trong mạch stator chứ không phải là thành phần phản kháng.



Hình 14.3. Sơ đồ cơ cấu điều chỉnh phức hợp compaun (a) ;  
và đường đặc tuyến ngoài của máy phát ứng với các hệ số  $\cos\varphi$  khác nhau (b)

Trên hình 14.4. biểu thị biểu đồ vector điện áp và dòng điện của máy phát phụ thuộc vào hệ số công suất  $\cos\varphi$ . Từ biểu đồ hình 14.4. dễ dàng nhận thấy khi suất điện động  $E_F$  có giá trị không đổi, với cùng một dòng điện stator máy phát  $I_F$ , nhưng với các giá trị hệ số  $\cos\varphi$  khác nhau thì giá trị điện áp  $U_F$  sẽ khác nhau ( $U_1 > U_2 > U_3$ ).

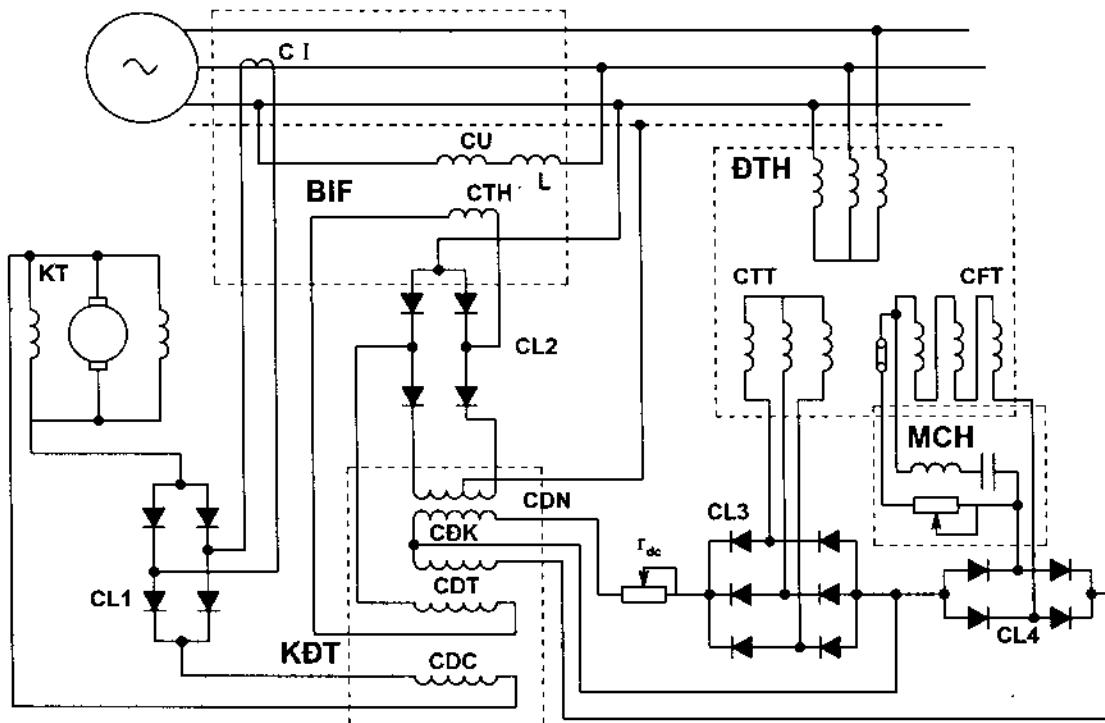


Hình 14.4. Biểu đồ vector điện áp và dòng điện máy phát với sđ  $E_F = \text{const}$  khi hệ số  $\cos\varphi$  có giá trị khác nhau

#### 14.4. SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP BẰNG CƠ CẤU PHỨC HỢP VỚI CORRECTOR ĐIỆN ÁP

Để khắc phục các nhược điểm của sơ đồ phức hợp đơn giản, người ta áp dụng sơ đồ phức hợp có bổ xung thêm cơ cấu hiệu chỉnh điện áp (corrector). Sơ đồ này được thể hiện trên hình 14.5. Bộ phận chính của cơ cấu là máy biến dòng phức hợp từ hoá (BIF). Máy

này có 2 cuộn dây sơ cấp : cuộn thứ nhất gọi là cuộn dòng (CI), mắc nối tiếp trong mạch cuộn dây stator của máy phát, cuộn thứ 2 gọi là cuộn áp (CU), được mắc song song trong mạch, cuộn dây này được cung cấp bởi điện áp dây của máy phát qua cuộn cảm có khe hở không khí L. Cuộn dòng CI có thể mắc vào một, hai hoặc cả ba pha của máy phát, phụ thuộc vào đặc tính điều chỉnh cần có.



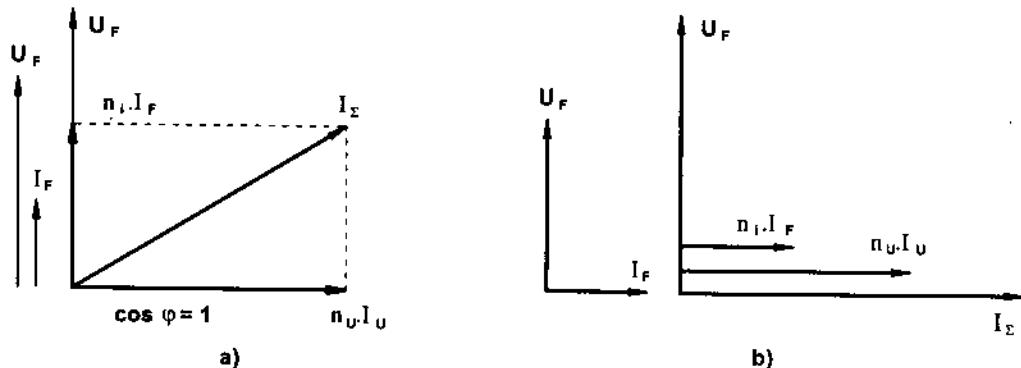
Hình 14.5. Sơ đồ nguyên lý cơ cấu phức hợp có hiệu chỉnh điện áp (corrector)

BIF – máy biến dòng pha phức hợp từ hoá ; CI – cuộn dòng ; CU – cuộn áp ; CL – bộ chỉnh lưu xelen ; KDT – bộ khuếch đại từ ; ĐTH – bộ đo tín hiệu ; CDK – cuộn dây điều khiển của KDT ; CDN – cuộn dây phản hồi ngoài của KDT ; CDT – cuộn dây phản hồi trong của KDT ; CDC – cuộn dây phản hồi của bộ điều chỉnh ; CTH – cuộn từ hoá ; CTT – cuộn dây của phân tử tuyến tính ; CFT – cuộn dây của phân tử phi tuyến ; MCH – mạch cộng hưởng.

Suất điện động trong cuộn thứ cấp của BIF sẽ bằng tổng vector của 2 suất điện động : một tỷ lệ với dòng điện, còn thành phần kia tỷ lệ với điện áp máy phát. Dòng điện ra từ BIF được là bằng bởi chỉnh lưu selen CL1 và được đưa đến cuộn kích từ KT của máy phát. Sự từ hoá BIF được thực hiện bởi dòng điện đi từ bộ khuếch đại từ KDT qua chỉnh lưu CL2 và cuộn dây từ hoá CTH. Về phần mình KDT được điều khiển bởi bộ đo tín hiệu ba pha ĐTH. Hai cơ cấu này hợp thành bộ hiệu chỉnh điện áp. Sơ đồ nối cuộn song song CU của BIF được chọn sao cho dòng điện trong mạch thứ cấp của nó tăng khi hệ số công suất của phụ tải máy phát giảm.

Biểu đồ vector dòng và áp của cơ cấu phức hợp ba pha được thể hiện trên hình 14.6. Nếu phụ tải thuần túy thì vector dòng điện của stator máy phát  $I_F$  hoàn toàn trùng với vector của điện áp cùng tên (hình 14.6.a). Dòng điện tổng hợp ở đầu ra của BIF tỷ lệ

với tổng vector các dòng sơ cấp  $n_i I_F$  và  $n_U I_U$  ( $n_i$  và  $n_U$  là hệ số biến đổi của cuộn dòng và cuộn áp của BIF,  $I_U$  – dòng điện trong cuộn áp). Nếu phụ tải thuần cảm kháng thì dòng điện tổng sẽ là tổng đại số. Như vậy cơ cấu phức hợp sẽ trung hoà ảnh hưởng của hệ số  $\cos\varphi$  của phụ tải.



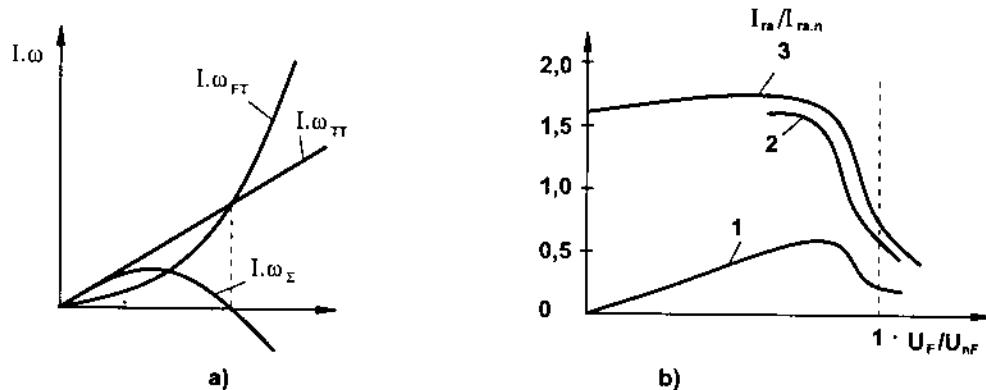
Hình 14.6. Biểu đồ vector dòng và áp của máy biến dòng phức hợp pha khi phụ tải thuần tác dụng và khi phụ tải thuần cảm kháng

Cơ cấu đo của bộ hiệu chỉnh được thực hiện dưới dạng máy biến áp bảo hoà 3 pha với 2 cuộn dây thứ cấp : cuộn của phần tử tuyến tính và của phần tử phi tuyến cung cấp cho các chỉnh lưu CL3 và CL4. Cuộn dây của phần tử tuyến tính là cuộn dây thứ cấp của máy biến áp có độ từ tản cao, bởi vậy dòng điện ở đầu ra của chỉnh lưu CL3 tỷ lệ thuận với điện áp máy phát  $U_F$ . Dòng điện sóng hài bậc 3 chạy qua cuộn dây của phần tử phi tuyến mắc theo hình tam giác hở có giá trị nhỏ khi điện áp thấp và tăng nhanh cùng với sự bão hoà mạch từ của máy biến áp khi điện áp tăng. Các dòng điện sau khi qua các chỉnh lưu CL3 và CL4 sẽ đến khuếch đại từ KĐT. Sức từ động tổng hợp của 2 cuộn dây KĐT bằng hiệu sức từ động của cuộn tuyến tính và cuộn phi tuyến của bộ đo tín hiệu, vì các cuộn dây này được mắc ngược chiều nhau, tức là

$$I \cdot \omega_{\Sigma} = I \cdot \omega_{tt} - I \cdot \omega_{pt}$$

Ở chế độ bình thường, sức từ động tuyến tính bằng sức từ động phi tuyến  $I \cdot \omega_{tt} = I \cdot \omega_{pt}$ , nhưng khi điện áp của máy phát lệch khỏi giá trị cho trước thì sự cân bằng về sức từ động bị phá vỡ. Xuất hiện một sức từ động phụ trong mạch từ của KĐT dẫn đến dòng điện ở đầu ra của bộ điều chỉnh phức hợp giảm hoặc tăng, giữ cho điện áp máy phát ổn định. Trên hình 14.7, biểu thị đặc tính của hiệu chỉnh điện áp điện từ. Khi điện áp máy phát tăng, dòng điện trong cuộn phi tuyến CFT tăng nhanh hơn so với dòng điện trong cuộn tuyến tính CTT, do đó sức từ động tổng  $I \cdot \omega_{\Sigma}$  tăng. Sức từ động này có hướng trùng với hướng của sức từ động sinh ra bởi các cuộn dây phản hồi ngoài CDN và cuộn dây phản hồi trong CDT của khuếch đại từ KĐT. Do đó dòng điện trên đầu ra của khuếch đại từ KĐT tăng rất nhiều, dẫn đến mức độ từ hoá của BIF tăng. Ngược lại khi điện áp giảm, sức từ động tổng  $I \cdot \omega_{\Sigma}$  sẽ có dấu khác và sẽ làm giảm sức từ động điều khiển của KĐT, làm cho mức độ từ hoá của BIF giảm. Mức từ hoá giảm sẽ cải thiện sự liên hệ biến áp

giữa các cuộn dây của BIF. Như vậy khi điện áp thay đổi sẽ làm thay đổi mức từ hoá của BIF, làm cho dòng điện điều hoà trên đầu ra của bộ điều chỉnh thay đổi tương ứng để giữ cho điện áp ở mức xác định.



Hình 14.7. Đặc tính điều chỉnh điện áp của bộ hiệu chỉnh điện từ

- a) Đặc tính suất từ động phụ thuộc vào điện áp máy phát ;
  - b) Sự phụ thuộc của dòng điện ở đầu ra của bộ điều chỉnh vào điện áp máy phát và hệ số  $\cos\varphi$  1 – khi không tải ; 2 – khi  $\cos\varphi = 1$  và 3 – khi  $\cos\varphi = 0$
- $I_{ra,n}$  và  $U_{nF}$  – dòng điện ra và điện áp của máy phát ở chế độ định mức

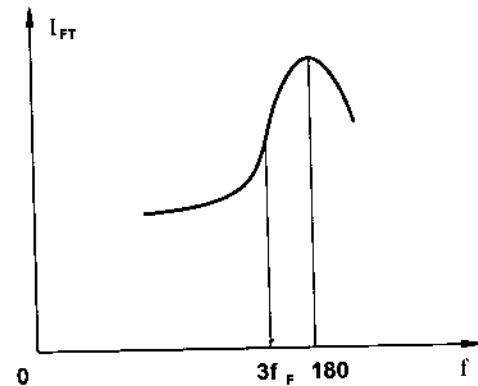
Ở chế độ không tải hoặc khi dòng điện phụ tải nhỏ, dòng điện chỉ có ở cuộn áp của BIF. Suất từ động của cuộn dây này được chọn sao cho có thể điều chỉnh được điện áp máy phát khi không tải. Khi điện áp tụt nhanh, hoặc khi có ngắn mạch, dòng từ hoá của BIF giảm xuống đến gần 0, làm cải thiện chế độ liên hệ biến áp của các cuộn dây BIF, đồng thời do suất từ động của các cuộn dây tăng, dòng điện kích từ của máy phát tăng đến ngưỡng gia tăng kích từ. Sự thay đổi mức điện áp ổn định được thực hiện bởi điện trở  $r_{dc}$  mắc trong mạch của cuộn điều khiển KDT điện trở này cho phép điều chỉnh trong giới hạn  $\pm 7,5\%$ .

Để chỉnh định mức hiệu chỉnh, trong KDT có bố trí các cuộn dây phản hồi ngược đối với dòng điện ra của KDT (CDN, CDT) và đối với dòng điện ra của bộ điều chỉnh (CDC). Độ cong của các đặc tính điều chỉnh (hệ số tĩnh  $k_c$ ) được thiết lập bằng cách chọn quan hệ phụ thuộc của sức từ động của cuộn phản hồi CDC và dòng điện ra của bộ điều chỉnh. Sự thay đổi cực tính của phản hồi ngược sẽ dẫn đến sự thay đổi dấu của hệ số tĩnh (thay đổi chiều uốn của đường đặc tính). Hệ số này có thể điều chỉnh được trong giới hạn  $\pm 6\%$ . Sự phản hồi ngược cho phép nâng cao độ chính xác và độ ổn định của điều chỉnh điện áp.

Ở chế độ làm việc độc lập, điện áp của máy phát phụ thuộc rất nhiều vào tần số, vì khi tần số thay đổi sẽ dẫn đến điện trở cảm kháng của cuộn dây phản hồi ngoài (CDN) của KDT thay đổi, do đó dòng điện từ hoá của KDT sẽ thay đổi tỷ lệ nghịch với tần số. Ví dụ khi tần số tăng, điện trở  $X$  của cuộn dây CDN cũng sẽ tăng làm cho dòng điện từ hoá KDT giảm, còn dòng điện trên đầu ra của bộ điều chỉnh sẽ tăng, dẫn đến làm tăng điện áp máy phát. Để loại trừ sự ảnh hưởng của tần số đối với điện áp máy phát, người ta đưa thêm vào sơ đồ một mạch cộng hưởng MCH mắc trong phần tử phi tuyến của bộ điều

tín hiệu ĐTH. Tần số cộng hưởng được chỉnh định ở mức 180 Hz giữ cho điện áp với độ chính xác đến  $\pm 1\%$  khi tần số thay đổi trong phạm vi  $\pm 4\%$ .

Trên hình 14.8, biểu thị sự phụ thuộc của dòng điện trong phần tử phi tuyến của bộ đo tín hiệu và sự thay đổi của tần số. Ở tần số 180 Hz điện trở cảm kháng của mạch cộng hưởng bù toàn bộ điện trở dung kháng, nên dòng điện chạy qua mạch cộng hưởng có giá trị cực đại. Ở chế độ tần số bình thường sức từ hoá của cuộn điều khiển phần tử phi tuyến (ứng với điểm có tần số 150 Hz trên đường đặc tính hình 14.8) bằng sức từ hoá của phần tử tuyến tính. Khi tần số lệch khỏi giá trị định mức, không chỉ làm thay đổi điện áp trên cực máy phát mà còn làm thay đổi cả sức từ hoá của cuộn dây điều khiển của phần tử phi tuyến. Kết quả là dòng điện trên đầu ra của bộ điều chỉnh cũng thay đổi làm ổn định điện áp máy phát. Ví dụ khi tần số tăng dòng điện trên đầu ra của phần tử phi tuyến tăng, do đó bộ điều chỉnh tác động làm giảm dòng điện kích từ.



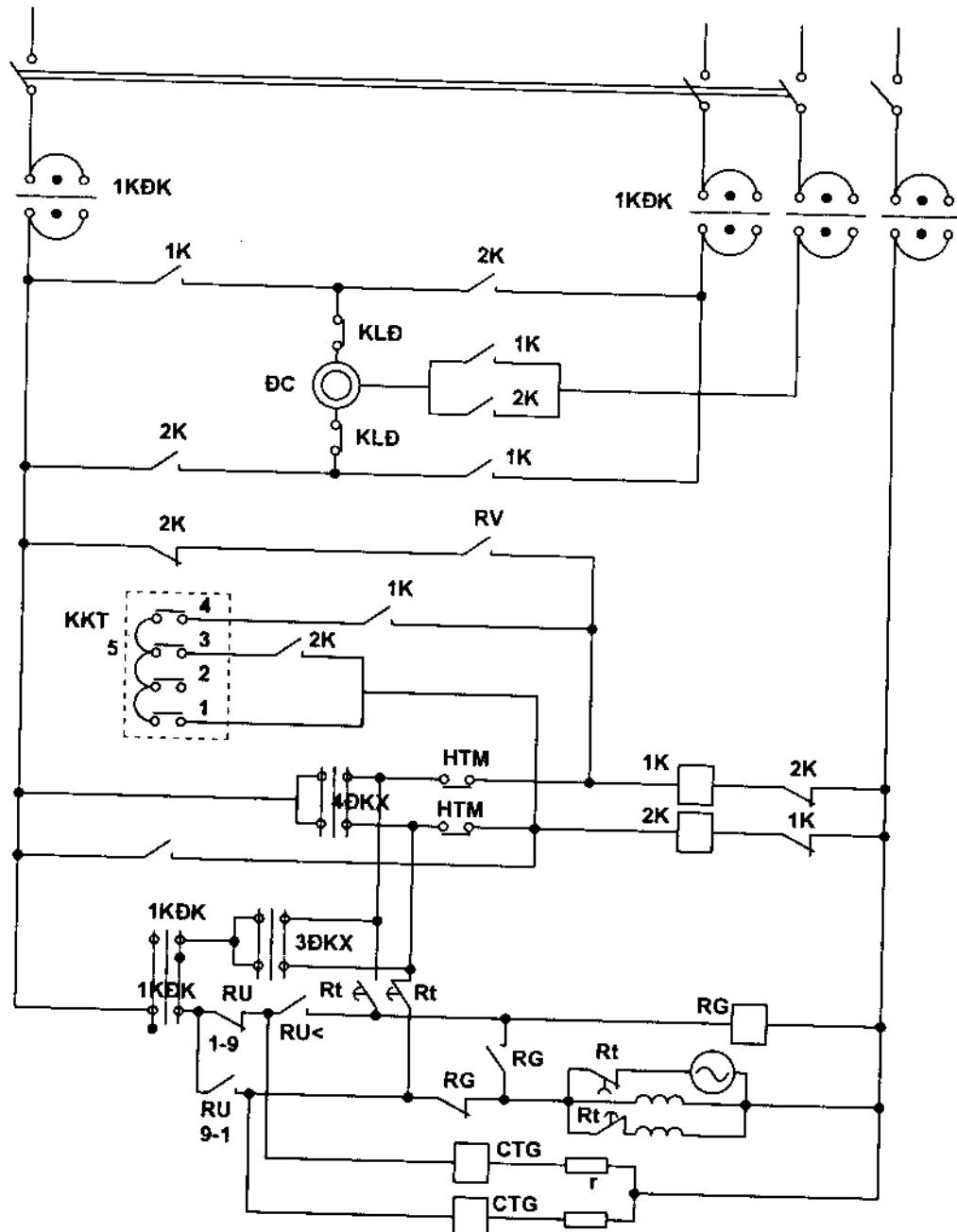
Hình 14.8. Đặc tính tần số của phần tử phi tuyến bộ hiệu chỉnh điện áp

#### 14.5. TỰ ĐỘNG ĐIỀU ÁP DƯỚI TẢI

Ở các trạm biến áp để điều chỉnh điện áp người ta sử dụng cấu tự động điều áp dưới tải, mà một trong các sơ đồ nguyên lý của nó được thể hiện trên hình 14.9. Để đưa sơ đồ vào trạng thái sẵn sàng hoạt động, khoá điều khiển 1KĐK được đặt ở vị trí "tự động", lúc đó role điện áp RU được mắc vào điện áp kiểm tra. Nếu điện áp này bằng điện áp đặt của role thì RU sẽ tác động, mở tiếp điểm thường đóng RU 1-9. Khi điện áp thấp thì tiếp điểm 1-9 sẽ đóng, còn khi điện áp cao thì tiếp điểm 9-1 đóng. Giả dụ khi điện áp giảm, role RU đóng tiếp điểm 1-9 và role điện áp cực tiểu đóng tiếp điểm RU<, cuộn dây của role trung gian RG được cấp nguồn, role này tác động đưa nguồn đến cho role thời gian Rt, role này tác dụng đóng tiếp điểm sau một khoảng thời gian trễ đưa điện đến cho cuộn dây của khởi động từ 1K, khởi động từ 1K đóng tiếp điểm của mình và qua tiếp điểm của khoá kiểm tra KKT để tự duy trì, đồng thời đóng các tiếp điểm 1K ở mạch động lực của động cơ vào các pha A, B, C, động cơ hoạt động làm cho trống quay của bộ khoá kiểm tra KKT và cơ cấu chuyển mạch về phía giảm hệ số biến áp, tức là về phía tăng điện áp cho các hộ dùng điện (trên hình 14.9 ngược chiều kim đồng hồ). Cứ mỗi nắc chuyển trống quay kiểm tra KKT lại thực hiện đúng một vòng và cắt mạch khởi động từ bằng tiếp điểm 5-4 của mình. Nếu điện áp đã được phục hồi thì tiếp điểm 1-9 sẽ mở ra, động cơ được cắt và được hãm với sự trợ giúp của role kiểm tra tốc độ RV.

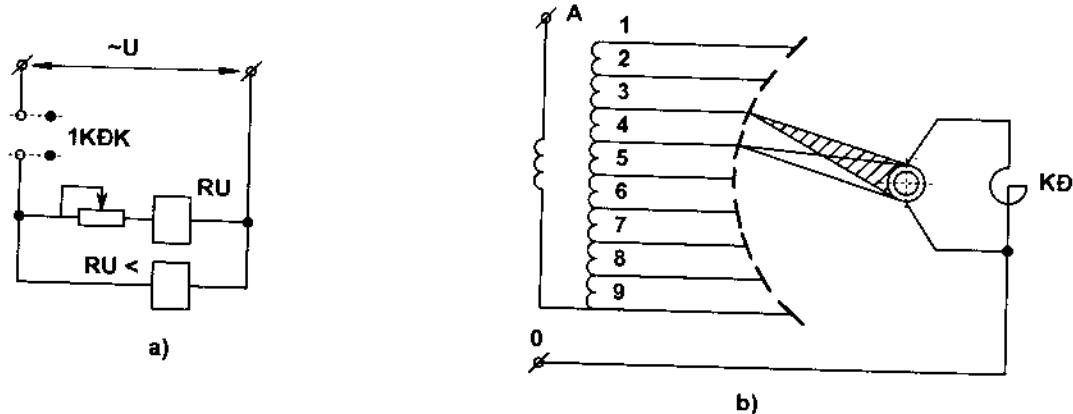
Quá trình hãm diễn ra như sau: ở thời điểm ban đầu khi khởi động động cơ, tiếp điểm của role kiểm tra vận tốc nằm trong mạch cấp nguồn cho khởi động từ 2K được đóng lại, sau đó ngay khi khởi động từ 1K cắt mạch, thì khởi động từ 2K lập tức tác động tạo nên sự quay ngược làm hãm động cơ. Khi điện áp tăng các tiếp điểm RU 9-1 đóng

lại, lúc đó khởi động từ 2K được đóng vào mạch làm cho động cơ quay theo chiều ngược lại. Để các tiếp điểm của relay điện áp RU đóng tin cậy, người ta mắc cuộn dây tự giữ CRT vào các mạch tương ứng. Các cụm tiếp điểm 3ĐKX và 4ĐKX được sử dụng để điều khiển từ xa. Khi điều khiển bằng tay thì bộ khoá liên động KLĐ ở động cơ được mở ra để đảm bảo an toàn.



**Hình 14.9.** Sơ đồ nguyên lý hoạt động tự động điều chỉnh điện áp dưới tải của máy biến áp  
 KDK – khoá điều khiển ; K – khởi động từ ; KLD – khoá liên động ; RV – role tốc độ ;  
 KKT – khoá kiểm tra ; HTM – tiếp điểm hành trình của máy cắt ;  
 CTG – cuộn dây tự giữ. ; ĐKX – khoá điều khiển từ xa.

Sơ đồ nối các cơ cấu đo và sơ đồ cơ cấu thừa hành tự động điều chỉnh điện áp dưới tải được thể hiện trên hình 14.10. Để quá trình chuyển nắc không làm hỏng mạch điện sơ cấp, bộ chuyển mạch được chế tạo với 2 chổi quét và cuộn kháng điện KĐ để hạn chế dòng điện chạy trong mạch. Quá trình chuyển nắc được thực hiện như sau: đầu tiên chổi quét thứ nhất được chuyển sang nắc bên cạnh, nối tắt các vòng dây qua cuộn kháng điện KĐ, sau đó chổi quét thứ hai cũng được chuyển sang vị trí mới.



**Hình 14.10.** Sơ đồ nối các cơ cấu đo (a) và sơ đồ cơ cấu thừa hành tự động điều chỉnh điện áp dưới tải (b).  
KĐ – cuộn kháng điện

Nếu điện áp khôi phục được giá trị đã định thì quá trình chuyển nắc sẽ kết thúc, trong trường hợp ngược lại thì các chổi quét sẽ tiếp tục lặp lại các chuyển động sang nắc tiếp theo. Khi các chổi quét đã đạt đến vị trí của nắc cuối cùng thì tiếp điểm cuối hành trình của máy cắt HTM sẽ được mở ra và động cơ sẽ bị dừng lại. Trong sơ đồ điều khiển truyền động người ta bố trí một role thời gian  $R_t$  với mục đích ngăn chặn không cho bộ chuyển mạch tác động khi có sự dao động điện áp tức thời. Thời gian trễ được đặt trong khoảng từ chục giây đến vài phút. Trong sơ đồ cũng có bố trí khoá điện áp cực tiểu  $R_U <$  để ngắt mạch khi điện áp giảm quá lớn, đến mức không thể điều chỉnh được.

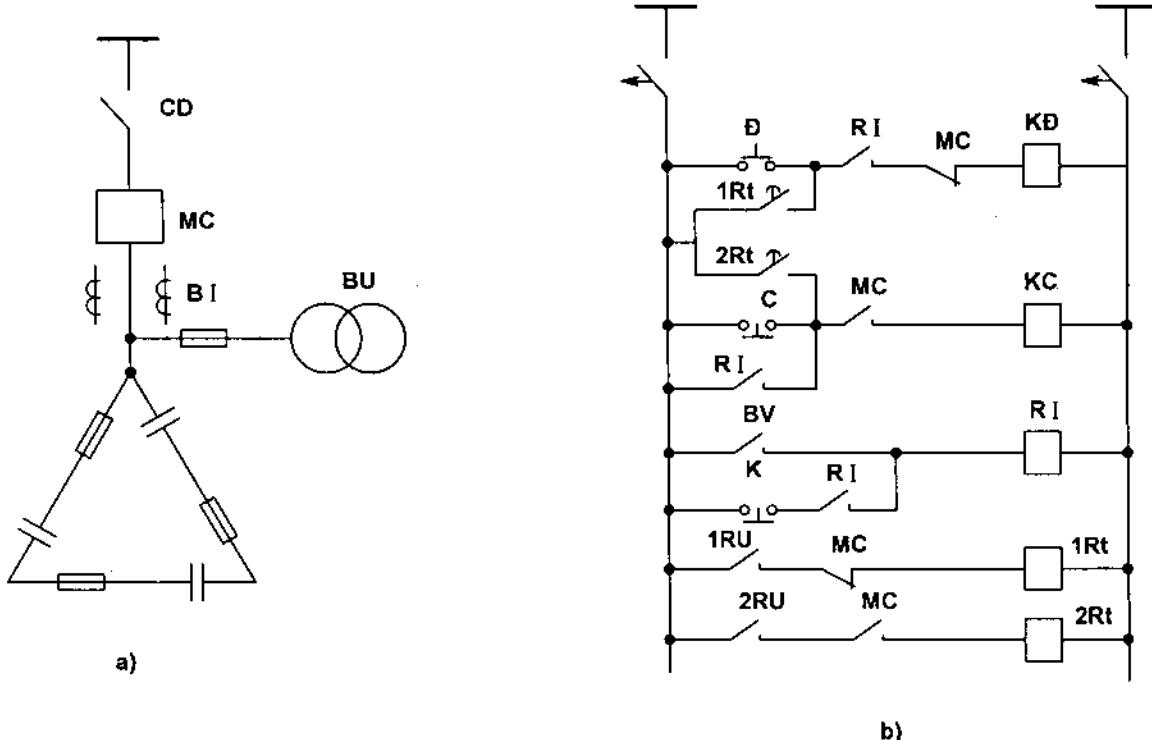
## 14.6. TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG TỤ BÙ

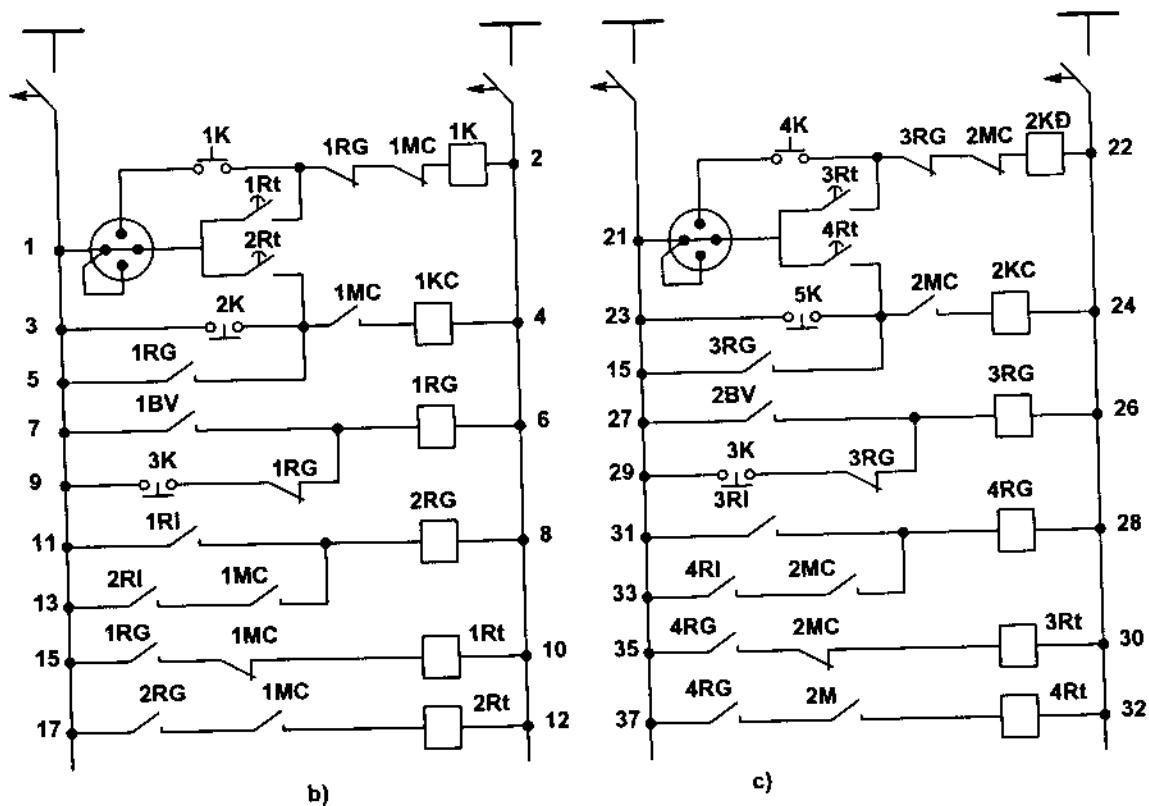
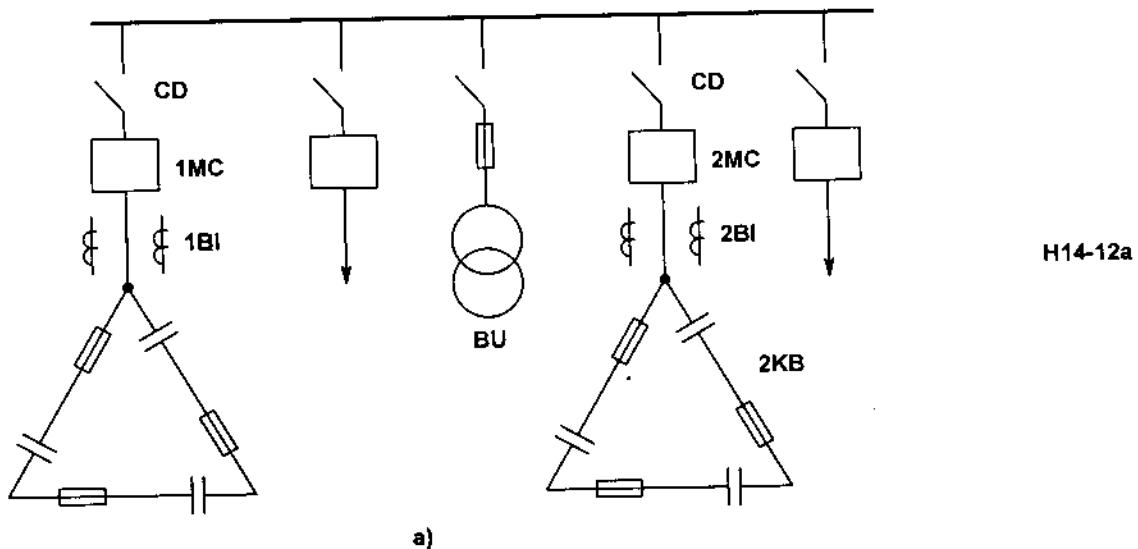
Như đã biết, để nâng cao mức điện áp trong mạng điện người ta thường áp dụng phương pháp bù công suất phản kháng. Ứng với mỗi giá trị của phụ tải cần một dung lượng bù công suất phản kháng nhất định. Trong thực tế do phụ tải luôn luôn thay đổi nên việc điều chỉnh dung lượng tụ bù thích hợp rất khó khăn. Một số nguyên lý tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù thường được áp dụng là bù theo điện áp, theo dòng điện làm việc, theo hệ số công suất, theo thời gian, theo hướng dòng công suất phản kháng v.v... Dưới đây chúng ta xét một số sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù cơ bản nhất.

### 14.6.1. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo điện áp (hình 14.11)

Bộ phận nhận tín hiệu điều chỉnh gồm 2 role điện áp 1RU và 2RU, role 1RU cho biết điện áp thấp cần đóng thêm số lượng tụ, còn role 2RU cho biết điện áp quá cao, cần phải

cắt bớt tụ. Để tránh tác động nhầm khi có sự dao động điện áp, một role thời gian 1Rt được bố trí cho phép trì hoãn tác động đến 2 phút.





Hình 14.12. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo tín hiệu dòng điện

a) Sơ đồ mắc tụ bù; b) Sơ đồ khai triển mạch điều khiển

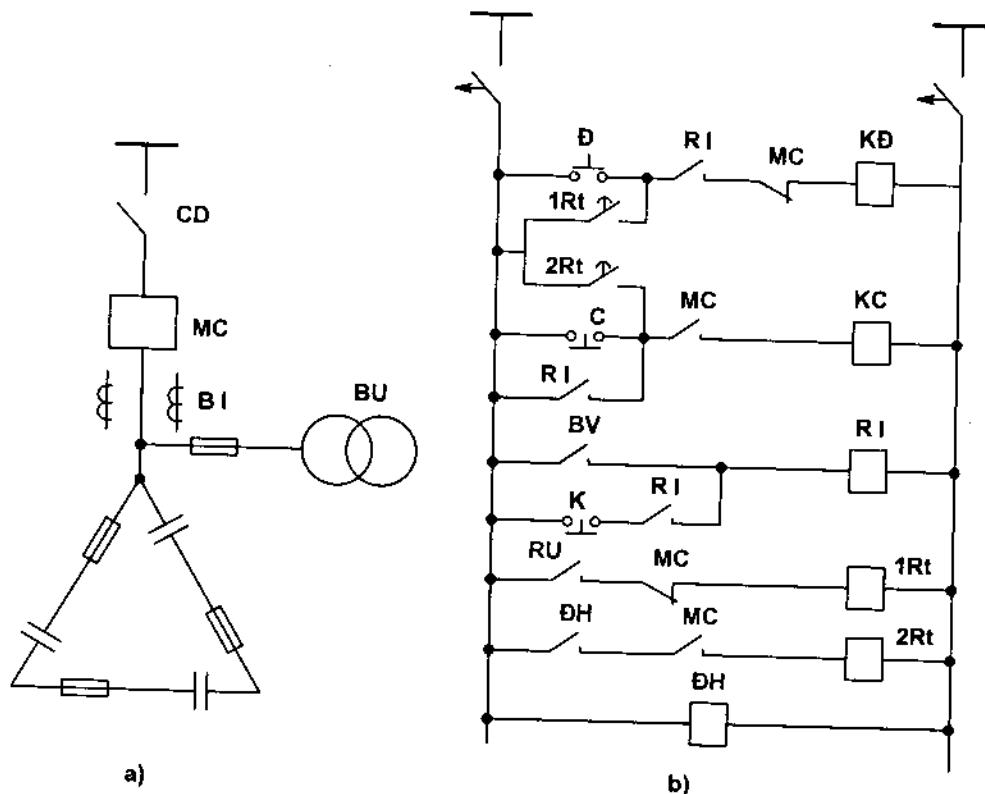
Khi phụ tải tiếp tục tăng quá ngưỡng khởi động của role 1RI, role này sẽ tác động đóng tiếp điểm của mình ở mạch 13-8 cấp điện cho role trung gian 2RG, role này khi tác động sẽ đóng tiếp điểm ở mạch 17-10 cấp điện cho role thời gian 2Rt. Sau một khoảng

thời gian trễ role 2Rt khép tiếp điểm ở mạch 1-4 đưa tín hiệu đi đóng máy cát 1MC đưa bộ tụ KB1 vào làm việc.

Khi phụ tải giảm quá ngưỡng khởi động của role dòng 2RI, role này sẽ khởi động đóng tiếp điểm của mình ở mạch 13-8, do lúc này máy cát 1MC đang đóng nên tiếp điểm liên động của nó ở mạch này cũng đóng, nguồn sẽ được cung cấp đến role trung gian 2RG, role này đóng tiếp điểm của mình ở mạch 17-12 cấp điện cho role thời gian 2Rt, sau một khoảng thời gian trễ role 2Rt sẽ đóng tiếp điểm của mình ở mạch 1-4 để cấp điện cho cuộn cắt KC cắt máy cát 1MC để loại bộ tụ KB1 ra khỏi mạng điện. Tương tự đối với bộ tụ 2KB, khi phụ tải giảm quá ngưỡng khởi động của role 4RI thì role này tác động đóng tiếp điểm của mình ở mạch 33-28, do lúc này tiếp điểm 2MC đóng nên nguồn được cung cấp cho role trung gian 4RG role này đóng tiếp điểm của mình ở mạch 37-32 cấp điện cho role thời gian 4Rt, sau một khoảng thời gian trễ role 4Rt sẽ đóng tiếp điểm của mình ở mạch 21-24 để cấp điện cho cuộn cắt 2KC cắt máy cát 2MC để loại bộ tụ KB2 ra khỏi mạng điện.

#### 14.6.3. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo nguyên lý thời gian

Sơ đồ tự động điều khiển dung lượng tụ bù theo thời gian được thể hiện trên hình 14.13. Thời gian đặt của chương trình đóng ngắt được bố trí dựa trên đồ thị phụ tải. Để thời điểm đã định tiếp điểm của đồng hồ ĐH được đóng lại cấp nguồn cho role thời gian 1Rt,

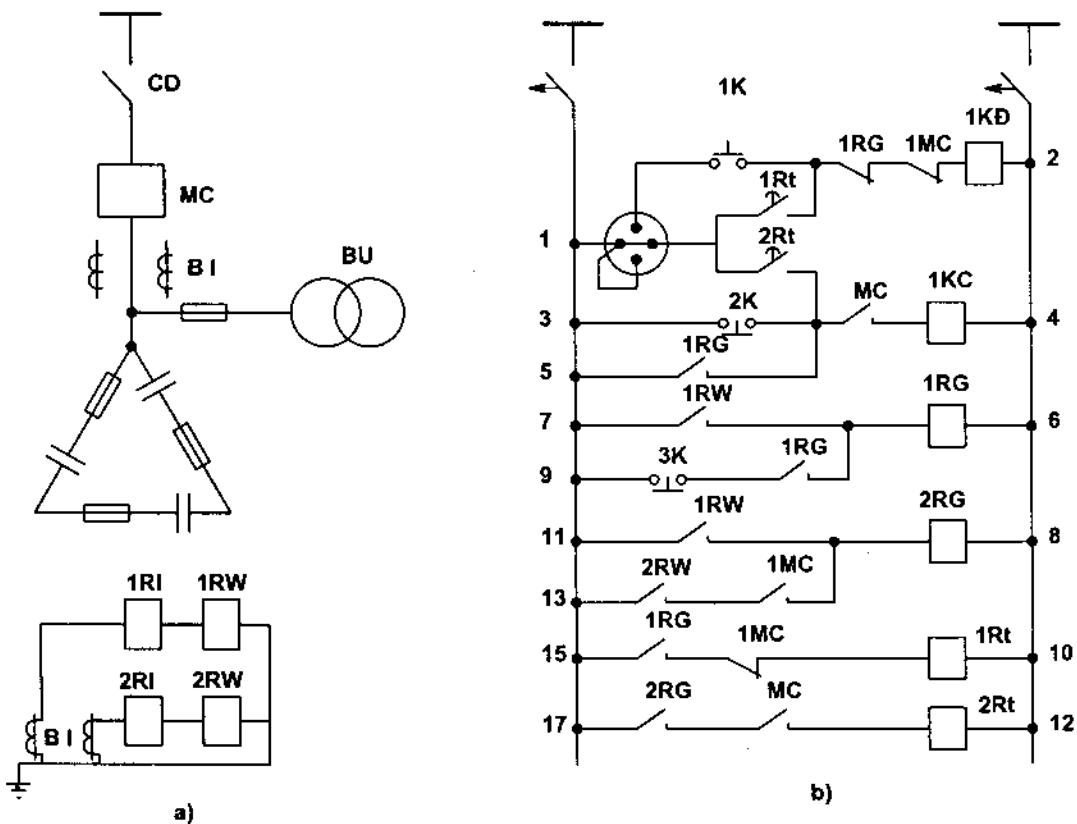


**Hình 14.13. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo thời gian**  
 a) Sơ đồ mắc thiết bị ; b) Sơ đồ khai triển mạch điều khiển

sau một khoảng thời gian trễ role này khép tiếp điểm cấp nguồn cho cuộn đóng KĐ đưa một số tụ điện vào làm việc. Nếu tụ đang làm việc mà thời gian cắt đã đến thì tiếp điểm của đồng hồ ĐH sẽ kép lại cấp nguồn cho role thời gian 2Rt, role này sẽ khép tiếp điểm sau một khoảng thời gian trễ để cấp nguồn cho cuộn cắt KC, loại bỏ một số tụ ra khỏi mạng điện. Như vậy dung lượng công suất phản kháng luôn luôn được điều chỉnh theo sự trình tự thời gian đã xác định. Thường thì người ta kết hợp các nguyên lý hoạt động khác nhau của sơ đồ điều khiển dung lượng tụ bù như nguyên lý dòng, áp và thời gian.

#### 14.6.4. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo hướng dòng công suất phản kháng

Sơ đồ tự động điều khiển dung lượng tụ bù theo hướng dòng công suất phản kháng được thể hiện trên hình 14.14. Khi hướng công suất phản kháng đi từ thanh cái hệ thống về trạm thì role công suất 1RW đóng tiếp điểm ở mạch 7-6 để cấp điện cho role trung gian 1RG, role này khi tác động sẽ đóng tiếp điểm ở mạch 15-10 cấp điện cho role thời gian 1Rt. Sau một khoảng thời gian trễ role 1Rt khép tiếp điểm ở mạch 1-2 đưa tín hiệu đi đóng máy cắt MC đưa bộ tụ KB vào làm việc.



**Hình 14.14.** Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo tín hiệu dòng điện  
a) Sơ đồ mắc thiết bị ; b) Sơ đồ khai triển mạch điều khiển

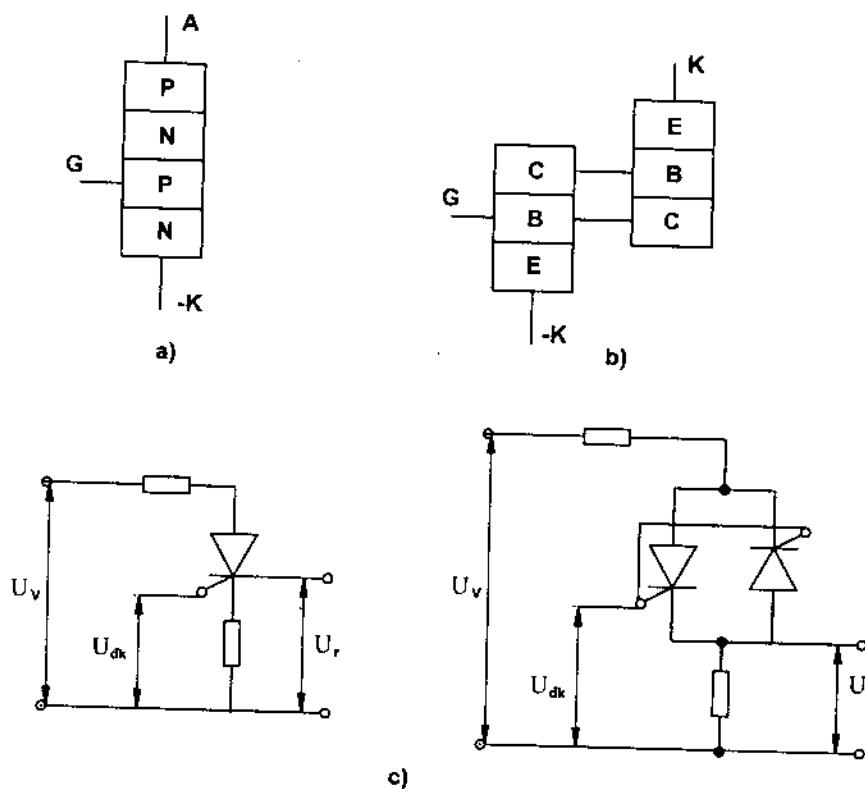
Khi hướng dòng công suất phản kháng đi từ thanh cái trạm biến áp vào hệ thống thì role 2RW sẽ tác động, đóng tiếp điểm của mình ở mạch 13-8, do lúc này máy cắt MC



đang đóng nên tiếp điểm liên động của nó ở mạch này cũng đóng, nguồn sẽ được cung cấp đến role trung gian 2RG, role này đóng tiếp điểm của mình ở mạch 17-12 cấp điện cho role thời gian 2Rt, sau một khoảng thời gian trễ role 2Rt sẽ đóng tiếp điểm của mình ở mạch 1-4 để cấp điện cho cuộn cắt KC cắt máy cắt 1MC để loại bộ tụ KB ra khỏi mạng điện.

#### 14.6.5. Sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù bằng thyristor

Hiện nay trong sản xuất đã có nhiều loại thiết bị bù công suất phản kháng được điều khiển bởi thyristor SVC (Stastic Var Compensator). Khác với chỉnh lưu thông thường, thyristor cho dòng điện đi qua ở trạng thái mở, ngoài điều kiện điện áp thuận chiều còn cần có điện áp điều khiển. Có thể coi thyristor như là một bộ ghép nối một transistor NPN và một transistor PNP (hình 14.15.a). Khi cực G được đặt một xung điện áp dương hơn cực K, mạch sẽ thông và dòng điện sẽ chạy từ Anod sang Katod, dòng điện này được duy trì cả khi tín hiệu đặt vào cực G bị ngắt. Nếu ghép 2 thyristor ngược chiều nhau (hình 14.15.b) thì có thể khống chế được trị số hiệu dụng của dòng điện đi qua một cách liên tục nhờ thay đổi góc mở  $\alpha$ . Sơ đồ nguyên lý của thyristor được thể hiện trên hình 14.15.c. Khi  $\alpha = 0$  thì mạch mở và dòng điện đạt giá trị cực đại, khi  $\alpha = 180^\circ$  thì mạch bị đóng dòng điện  $I = 0$ . Như vậy nhờ việc điều chỉnh góc  $\alpha$  có thể đóng mở van của thyristor mà không cần dùng đến máy cắt. Thiết bị SVC tác động hầu như tức thời, phản ứng rất nhạy đối với sự thay đổi của điện áp.



Hình 14.15. Sơ đồ nguyên lý của thyristor

## Tóm tắt chương 14

### Các loại sơ đồ điều tự động chỉnh điện áp

Phân biệt 2 nguyên lý làm việc của các sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ, loại thứ nhất dựa trên cơ sở thay đổi dòng điện kích từ bằng cách đưa vào mạch kích từ một biến trở ; Loại thứ hai dựa trên nguyên lý bổ xung vào dòng điện kích từ một thành phần dòng điện tỷ lệ với sự biến đổi của điện áp hoặc dòng điện của stator

#### Phạm vi sử dụng cơ cấu điều chỉnh với đặc tính tĩnh và á tĩnh

Đặc tính tĩnh biểu thị sự biến đổi của điện áp máy phát phụ thuộc vào sự biến đổi của phụ tải, còn với đặc tính á tĩnh, sự biến đổi của điện áp không phụ thuộc vào phụ tải của các tổ máy độc lập.

Khi sự phân bố phụ tải phản kháng giữa các máy phát thay đổi so với tỷ lệ đã định, điện áp trên các máy phát quá tải sẽ tăng, còn điện áp trên các máy phát giảm tải sẽ giảm.

#### Sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ theo nguyên lý ổn dòng và bù dòng

Giá trị của  $U_{dc}$  được xác định theo biểu thức

$$U_{dc} = \frac{U_F}{n_u} \pm \frac{I_{X,F \cdot r_f}}{n_i}$$

– Đối với sơ đồ ổn dòng

$$U'_F = U'_{0,F} - I'_{X,F \cdot r_f}$$

– Đối với sơ đồ bù dòng

$$U'_F = U'_{0,F} + I'_{X,F \cdot r_f}$$

#### Sơ đồ phức hợp tự động điều chỉnh kích từ máy phát (compaun)

Cơ cấu phức hợp không có bộ phận cơ cho phép điều chỉnh theo dòng điện phụ tải, làm việc theo nguyên lý bổ xung một lực từ hóa bởi dòng điện chính lưu lấy từ mạch thứ cấp của máy biến dòng, đặt trên mạch của các cuộn dây stator máy phát.

#### Sơ đồ tự động điều chỉnh điện áp bằng cơ cấu phức hợp có hiệu chỉnh điện áp

Suất điện động trong cuộn thứ cấp của máy biến dòng phức hợp từ hóa (BIF) bằng tổng vector của 2 suất điện động : một tỷ lệ với dòng điện còn cái kia tỷ lệ với điện áp máy phát. Sự từ hóa BIF được thực hiện bởi dòng điện đi từ bộ khuỷu chênh từ KĐT. Về phần mình KĐT được điều khiển bởi bộ đo tín hiệu ba pha của cơ cấu đo tín hiệu ĐTH. Hai cơ cấu này hợp thành bộ hiệu chỉnh điện áp.

Cơ cấu đo tín hiệu ĐTH gồm 2 phần tử : tuyến tính và phần tử phi tuyến. Ở chế độ bình thường sức từ động tuyến tính bằng sức từ động phi tuyến  $I \cdot \omega_{tt} = I \cdot \omega_{pt}$ , nhưng khi điện áp của máy phát lệch khỏi giá trị cho trước thì sự cân bằng về sức từ động bị phá vỡ. Xuất hiện một sức từ động phụ trong mạch từ của KĐT dẫn đến dòng điện ở đầu ra của bộ điều chỉnh phức hợp giảm hoặc tăng, giữ cho điện áp máy phát ổn định.



## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy cho biết những vấn đề chung về điều chỉnh điện áp : đặc điểm, loại sơ đồ điều chỉnh, phạm vi sử dụng cơ cấu tĩnh và á tĩnh
2. Hãy trình bày các sơ đồ tự động điều chỉnh điện áp theo nguyên lý ổn dòng và bù dòng
3. Hãy trình bày sơ đồ phức hợp tự động điều chỉnh kích từ máy phát
4. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh điện áp bằng cơ cấu phức hợp với corrector điện áp
5. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh điện áp dưới tải
6. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo tín hiệu điện áp
7. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo tín hiệu dòng điện
8. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo thời gian
9. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù theo hướng dòng công suất phản kháng
10. Hãy trình bày sơ đồ tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù bằng thyristor

## Chương 15

# TỰ ĐỘNG KHỬ TỪ TRƯỜNG VÀ TỰ ĐỘNG HOÀ ĐỒNG BỘ MÁY PHÁT

### 15.1. ĐẠI CƯƠNG

Khử từ trường (còn gọi là dập từ trường) là biện pháp quan trọng để hạn chế những hư hỏng trong máy phát khi xảy ra ngắn mạch. Khi có hiện tượng ngắn mạch bên trong máy phát, việc cắt nó ra khỏi hệ thống vẫn chưa thể bảo vệ an toàn chống sự phá huỷ sau đó, vì nếu kích từ còn tồn tại mà máy phát vẫn quay thì dòng ngắn mạch vẫn được tiếp tục gửi đến nơi bị sự cố. Cơ cấu tự động khử kích từ (TKKT) sẽ cho phép nhanh chóng loại bỏ kích từ khỏi máy phát và như vậy sẽ giảm dòng điện ngắn mạch, ngăn ngừa sự phá hoại của nó. Trong trường hợp cần thiết, cơ cấu tự động khử kích từ giúp nhanh chóng thiết lập kích từ cho máy phát (khi máy tự hoà đồng bộ), đồng thời cơ cấu tự động khử kích từ cũng cho phép ngăn ngừa sự quá áp có thể xảy ra trong cuộn dây máy phát khi phụ tải giảm đột ngột hoặc khi tăng đột ngột tốc độ quay của máy phát.

Việc đóng các tổ máy phát vào làm việc song song, còn gọi là tự động hoà đồng bộ đòi hỏi những điều kiện nghiêm ngặt như đồng pha, cùng tần số (cùng vận tốc  $\omega_1=\omega_2$ ), cùng giá trị hiệu dụng của điện áp v.v... Khi đưa một tổ máy phát vào làm việc song song với hệ thống hoặc các tổ máy phát khác, thường xuất hiện sự đột biến của dòng điện và công suất cân bằng mà đôi khi có thể gây hư hỏng cho máy phát (phá hỏng cuộn dây stator, làm vỡ trực v.v..). Ngoài ra, sự tăng đột biến của dòng điện sẽ dẫn đến sự sụt áp trong mạng điện và có thể làm dừng các động cơ đang hoạt động, thậm chí có thể làm mất đồng bộ của các máy phát đang làm việc. Vì vậy hoà các tổ máy phát vào làm việc song song cần phải được tiến hành sao cho tại thời điểm đóng, sự tăng của dòng điện không vượt quá giá trị cho phép. Tốc độ hoà đồng bộ có ý nghĩa thực tế rất lớn, vì vậy để loại trừ hoặc ngăn ngừa sự cố và thiết lập chế độ làm việc bình thường của hệ thống cần phải đóng nhanh các máy phát dự phòng.

### 15.2. SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG KHỬ TỪ TRƯỜNG

Một trong các giải pháp khử từ trường đơn giản là mắc vào mạch kích từ một công tắc tơ mà cho phép tự động ngắt mạch kích từ đồng thời với việc cắt máy của máy phát. Tuy nhiên việc cắt đột ngột mạch điện một chiều sẽ dẫn đến sự xuất hiện suất điện động tự cảm lớn mà có thể dẫn đến sự phá huỷ cách điện của các cuộn dây kích từ. Bởi vậy khi khử từ trường cần tiến hành đưa vào mạch của cuộn dây kích từ một điện trở hoặc một suất điện động tác động ngược chiều. Một số phương pháp khử từ trường thông dụng được thể hiện trên hình 15.1 :

– Đưa điện trở vào mạch kích từ của bộ kích thích và của cuộn kích từ máy phát (hình 15.1.a) ;

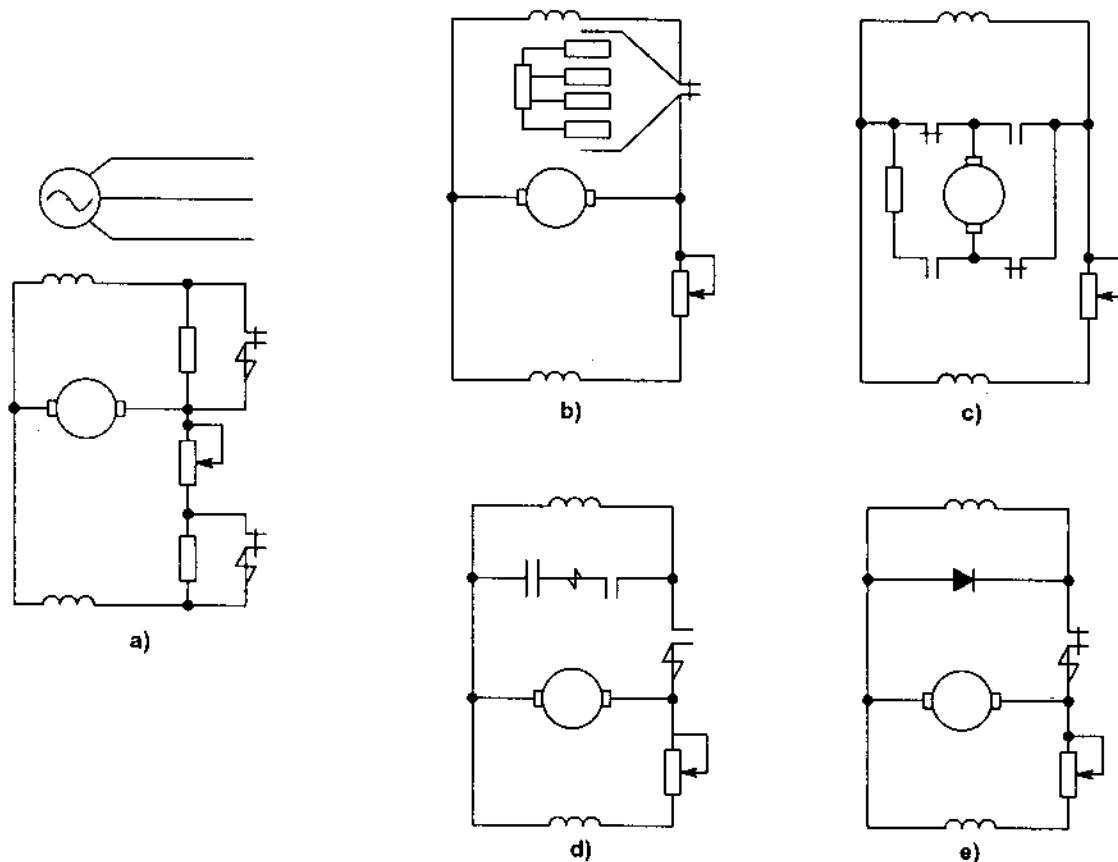
– Đóng cuộn kích từ máy phát vào ngän dập hô quang (hình 15.1.b) ;

– Chuyển cuộn kích từ máy phát sang mạch kích thích ngược (hình 15.1.c) ;

– Chuyển cuộn kích từ sang mạch điện dung (hình 15.1.d) ;

– Chuyển cuộn kích từ sang mạch diod (hình 15.1.e) ; v.v...

Trong số đó 2 phương pháp đầu được áp dụng nhiều hơn cả.



**Hình 15.1.** Sơ đồ nguyên lý các cơ cấu khử từ trường

a) Đưa điện trở vào mạch kích từ của bộ kích thích và của cuộn kích từ máy phát ;

b) Đóng cuộn kích từ máy phát vào ngän dập hô quang

c) Chuyển cuộn kích từ máy phát sang mạch kích thích lắp ngược ;

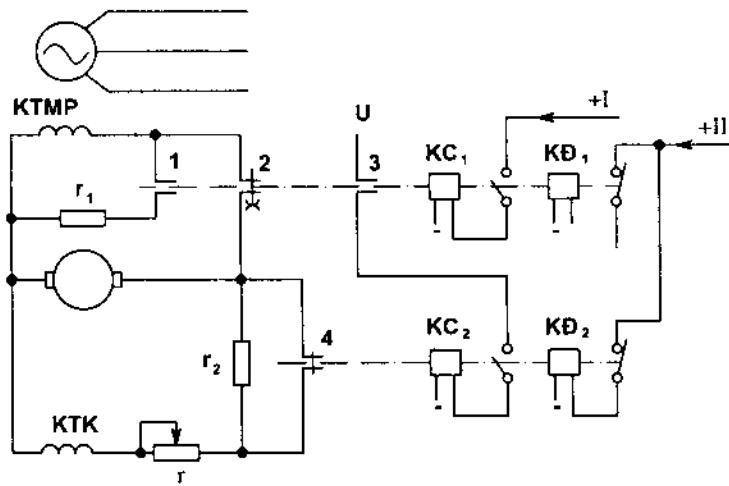
d) Chuyển cuộn kích từ sang mạch điện dung ;

e) Chuyển cuộn kích từ sang mạch diod ;

Sơ đồ nguyên lý cơ cấu tự động khử từ trường với dòng thao tác một chiều theo phương pháp đưa điện trở vào mạch kích từ được thể hiện trên hình 15.2. Khi sự cố xuất hiện trong máy phát các bảo vệ sẽ tác động cắt máy cắt và cấp nguồn cho cuộn cắt của aptomat khử từ trường KC<sub>1</sub>. Khi aptomat khử từ trường tác động, đầu tiên các tiếp điểm 1 được đóng lại đưa điện trở  $r_1$  vào mạch song song với cuộn dây kích từ của máy phát, sau

đó với một thời gian trễ nhất định, các tiếp điểm thường đóng 2 sẽ mở ra để ngắt bộ kích từ ra khỏi mạch. Đồng thời các tiếp điểm 3 được đóng lại để cấp nguồn cho cuộn cắt  $KC_2$  của công tắc từ mắc trong mạch kích từ của bộ kích thích. Công tắc từ này sẽ mở tiếp điểm 4 để đưa điện trở  $r_2$  vào mạch kích từ của bộ kích thích (KTK). Cuộn dây kích từ của máy phát được chuyển sang điện trở  $r_1$  mà không có sự hở mạch, do đó tránh được sự xuất hiện quá điện áp nguy hiểm trong cuộn dây kích từ.

Khi máy phát được đóng vào mạng thì đồng thời các tín hiệu đóng cũng được đưa đến các cuộn dây của áptomat khử từ trường  $KD_1$  và  $KD_2$ . Cuộn  $KD_1$  sẽ chuyển mạch của cuộn dây kích từ của máy phát (KTMP) từ điện trở  $r_1$  sang bộ kích thích, còn cuộn đóng  $KD_2$  sẽ nối tắt điện trở  $r_2$ . Khi đó máy phát sẽ nhanh chóng nhận kích từ. Giá trị điện trở  $r_1$  thường lớn hơn điện trở của cuộn dây kích từ máy phát gấp  $4 \div 5$  lần, còn điện trở  $r_2$  gấp 10 lần điện trở của cuộn KTK.



trong đó :

$E_d'' = E_{d1}'' = E_{d2}''$  – suất điện động siêu quá độ dọc trực của các máy phát ;

$x_{d1}''$ ,  $x_{d2}''$  – điện trở siêu quá độ dọc trực của các máy phát ;

$x_{ht}$  – điện trở tương đương của hệ thống điện ;

$\theta$  – góc lệch pha giữa  $E_{d1}''$  và  $E_{d2}''$ .

Dòng điện cân bằng đạt giá trị cực đại khi  $\sin \frac{\theta}{2} = 1$ , tức là

$$i_{cb,max} = \frac{5,1E_d''}{x_{d1}'' + x_{d2}'' + x_{ht}} \quad (15.2)$$

Nếu máy phát được đóng vào làm việc song song với hệ thống có công suất vô cùng lớn, thì có thể coi  $x_{d2}'' + x_{ht} = 0$ , lúc đó

$$i_{cb,max} = \frac{5,1E_d''}{x_{d1}''} \quad (15.3)$$

Có thể dễ dàng nhận thấy rằng khi đóng máy phát vào làm việc song song với hệ thống có công suất vô cùng lớn, giá trị của dòng cân bằng có thể đạt hơn gấp 2 lần dòng điện ngắn mạch tại đầu cực máy phát, còn khi đóng máy phát vào làm việc song song với máy phát khác cùng công suất thì dòng cân bằng có thể đạt giá trị bằng dòng ngắn mạch trên đầu cực máy phát.

### 15.3.2. Phương pháp tự đồng bộ

Phương pháp tự đồng bộ được thực hiện theo trình tự sau : Máy phát được đóng vào với từ trường kích thích đã dập tắt, tức là  $U_1 \approx 0$ . Sự đột biến của dòng điện cân bằng có thể đạt giá trị

$$i_{cb} = \frac{1,8\sqrt{2}E_d''}{x_{d1}'' + x_{d2}'' + x_{ht}} \quad (15.4)$$

Khi đóng máy phát vào làm việc song song với hệ thống công suất vô cùng lớn thì

$$i_{cb} = \frac{1,8\sqrt{2}E_d''}{x_{d1}''} \quad (15.5)$$

Dòng điện cân bằng mang tính điện cảm, nên nó sẽ không gây sự đột biến của công suất tác dụng, tuy nhiên nó có thể gây nguy hiểm cho cuộn dây của stator bởi lực điện động khá lớn. Giá trị hiệu dụng của dòng điện cân bằng được xác định theo biểu thức

$$I_{cb} = \frac{U_{ht}}{x_d + x_{ht}} \quad (15.6)$$

$U_{ht}$  – điện áp của hệ thống nơi máy phát được mắc song song ;

$x_d$  – điện trở quá độ dọc trực của máy phát.

Nếu so sánh các biểu thức (15.1) và (15.2) với (15.4) và (15.5), ta dễ dàng nhận thấy giá trị cực đại của dòng cân bằng theo phương pháp tự đồng bộ nhỏ hơn 2 lần so với phương pháp hoà đồng bộ chính xác. Điều đó cho thấy phương pháp tự đồng bộ cho phép làm việc nhẹ nhàng hơn nhiều so với phương pháp hoà đồng bộ chính xác.

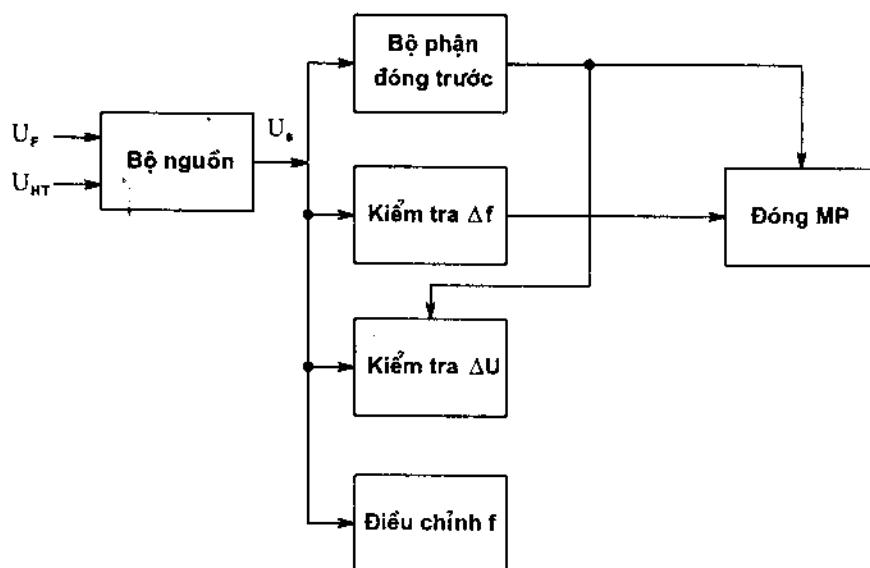
Máy phát được hoà đồng bộ vào làm việc song song được thực hiện khi không tải. Đầu tiên điện trở dập tắt được đóng vào mạch của cuộn dây rôtor bởi aptomat khử từ trường và đưa cơ cấu tự động điều chỉnh kích từ vào làm việc. Trong trường hợp không có cơ cấu này thì biến trở trong mạch kích từ phải đặt ở vị trí ứng với chế độ không tải. Sau đó máy phát được khởi động với sự trợ giúp của động cơ sơ cấp (tuabin) ở trạng thái không kích thích. Khi tốc độ đạt đến  $96 \div 98\%$  tốc độ đồng bộ, thì đóng máy phát vào làm việc song song và cho kích thích liền sau đó, máy phát sẽ tự đạt đến tốc độ đồng bộ.

Ưu điểm cơ bản của phương pháp tự đồng bộ là :

- thao tác đơn giản ;
- loại trừ khả năng đóng nhầm ;
- thời gian đóng nhanh (khoảng  $3 \div 5$  giây so với phương pháp hoà đồng bộ chính xác là  $5 \div 10$  phút).

#### 15.4. SƠ ĐỒ HOÀ ĐỒNG BỘ MÁY PHÁT ĐIỆN

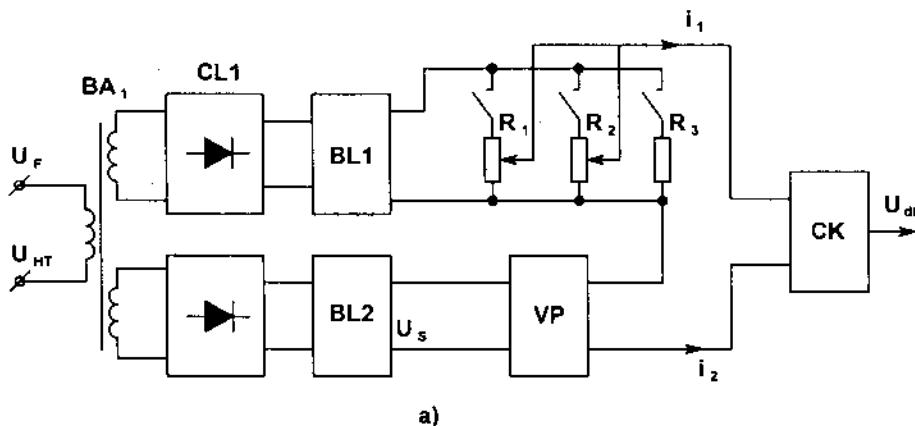
Các thiết bị cơ bản của sơ đồ tự động hoà đồng bộ (hình 15.3) gồm : 1 – Bộ nguồn có nhiệm vụ tạo ra điện áp phách để so sánh ; 2 – Bộ phận đóng trước để tạo điều kiện cho máy phát chuẩn bị được đóng vào đúng thời điểm ; 3 – Bộ phận kiểm tra tần số máy phát và hệ thống ; 4 – Bộ phận kiểm tra điện áp của máy phát và hệ thống ; 5 – Bộ phận điều chỉnh tần số và điện áp và 6 – Bộ phận đóng máy phát.



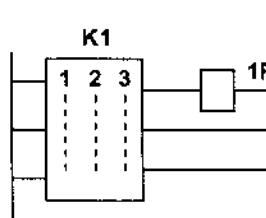
Hình 15.3. Sơ đồ cấu trúc tự động hoà đồng bộ máy phát

### 15.4.1. Bộ phận đóng trước

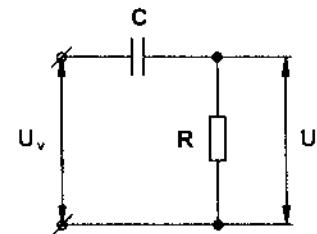
Sơ đồ của bộ phận đóng trước (hình 15.4) gồm máy biến áp trung gian  $BA_1$ , chỉnh lưu chất lượng, bộ lọc  $BL$ , cơ cấu chỉnh không CK, các điện trở  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$  cùng với các rơle trung gian 1RG, 2RG và 3RG cho phép thay đổi trị số thời gian đặt trước. Cơ cấu chỉnh không chỉ cho tín hiệu khi dòng điện ở 2 đầu vào đạt giá trị bằng nhau ( $i_1 = i_2$ ). Tín hiệu ra của bộ chỉnh không tồn tại đến cuối chu kỳ trượt.



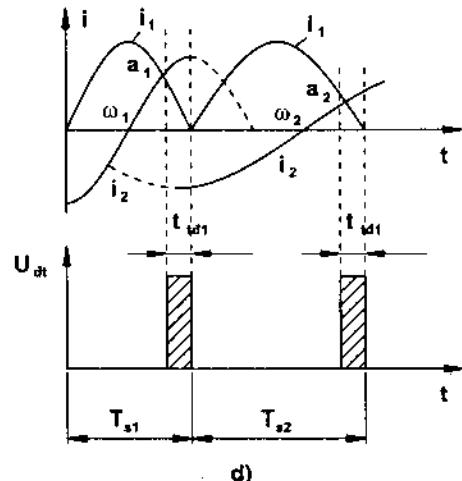
a)



b)



c)



Hình 15.4. Sơ đồ chức năng bộ phận đóng trước máy hoà đồng bộ

- Sơ đồ khối ;
- Sơ đồ nối rơle trung gian ;
- Sơ đồ phản tử vi phản ;
- Biểu đồ thời gian làm việc

Dòng điện  $i_1$  ở đầu vào của CK được xác định theo điện áp phách

$$i_1 = \frac{U_s}{R} = k_1 2.U \sin \frac{\omega_s t}{2} \text{ với } R = R_1 \div R_3 \quad (15.7)$$

Giá trị của các điện trở R được điều chỉnh bởi khoá K1.

Dòng điện  $I_2$  được xác định theo điện vào bộ vi phân

$$i_2 = -k_2 \frac{dU_s}{dt} \quad (15.8)$$

Điện áp ra của bộ chỉnh không là điện áp đóng trước

$$U_{dt} = \frac{k_1}{k_2} = \text{const} \quad (15.9)$$

Trên biểu đồ thời gian làm việc hình 15.4.c ta thấy tại thời điểm  $t = T_s - t_{dt}$  khi dòng điện  $i_1 = i_2$ , phần tử chỉnh không CK<sub>1</sub> sẽ phát tín hiệu đi đóng máy phát. Thời gian đóng trước  $t_{dt}$  là đại lượng không đổi, không phụ thuộc vào tốc độ trượt ( $t_{dt1} = t_{dt2}$ ). Như vậy tín hiệu trên đầu ra của cơ cấu chỉnh không là một dãy xung điện áp hình chữ nhật không đổi. Thời gian đóng trước  $t_{dt}$  có thể được hiệu chỉnh bởi các điện trở  $R_1 \div R_3$  mà được điều chỉnh bởi khoá chuyển mạch K1.

#### 15.4.2. Bộ kiểm tra độ lệch tần số

Sơ đồ bộ phận kiểm tra độ lệch tần số (Hình 15.5.) gồm máy biến áp trung gian BA2, bộ chỉnh lưu CL2, bộ lọc BL3, phần tử role RL, phần tử trigơ Tr1 và Tr2 ; role thời gian Rt1 và Rt2, phần tử logic KHÔNG và các điện trở  $R_4, R_5$ . Trigơ là một phần tử chuyển mạch đặc trưng bởi 2 trạng thái cân bằng điện ổn định : có hoặc không có tín hiệu ở đầu ra. Trigơ sẽ chuyển trạng thái khi có tín hiệu đưa đến, khi đã mất tín hiệu nó vẫn giữ nguyên trạng thái của mình.

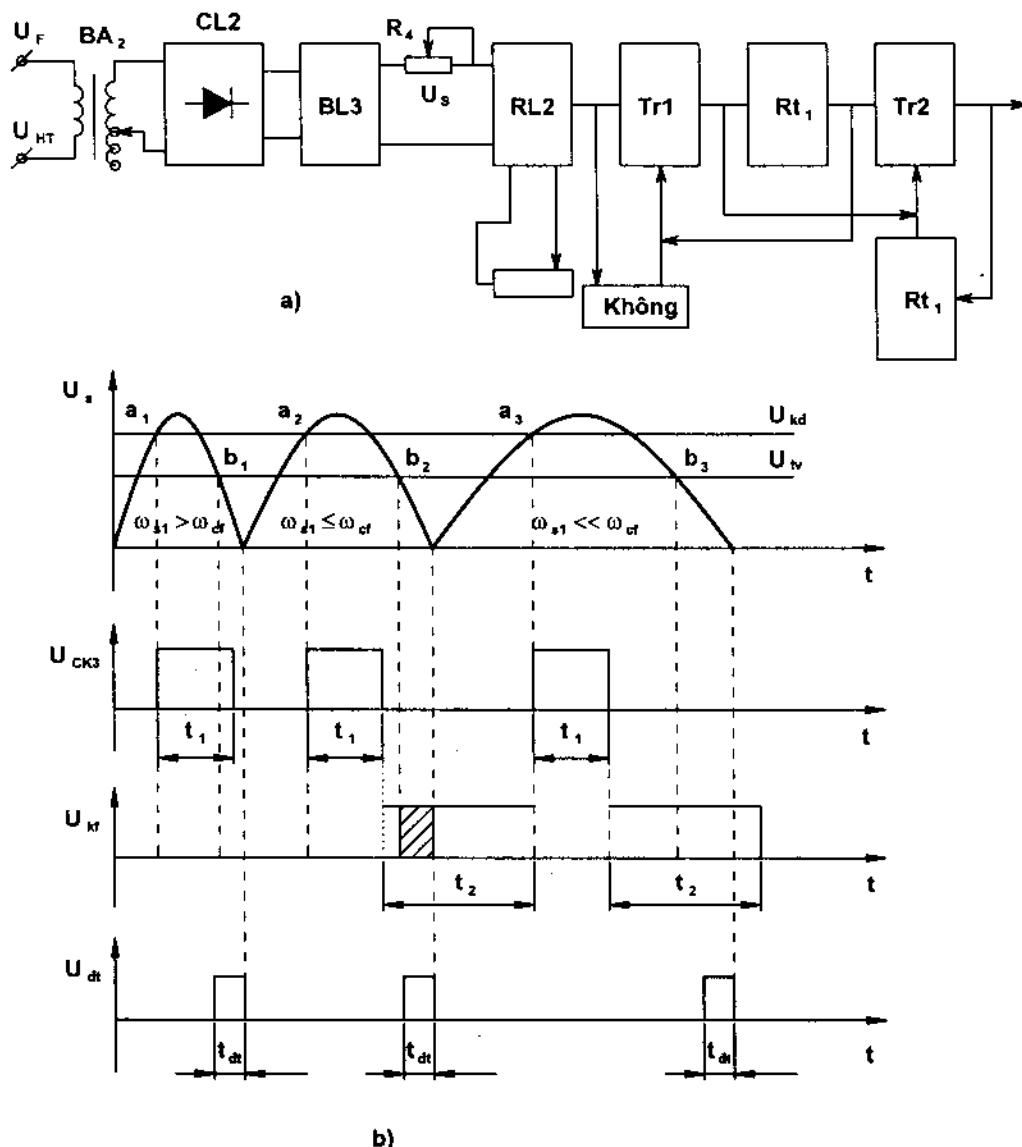
Ở đầu vào máy biến áp là điện áp máy phát  $U_{MP}$  và điện áp hệ thống  $U_{ht}$  điện áp ra sau bộ lọc BL2 là điện áp phách  $U_s$ , khi điện áp này đạt đến giá trị điện áp khởi động của role RL2 thì role sẽ tác động và duy trì cho đến khi có giá trị nhỏ hơn điện áp trở về của role ( $U_s < U_{tr}$ ). Giá trị điện áp trở về có thể điều chỉnh bằng biến trở  $R_4$  và  $R_5$ . Trên đồ thị hình 15.5.b các điểm  $a_1, a_2$  và  $a_3$  ứng với các điểm khởi động của role, còn các điểm  $b_1, b_2$  và  $b_3$  – ứng với các điểm trở về của role. Độ dài tín hiệu ở đầu ra của role tỷ lệ với chu kỳ trượt, cũng chính là độ độ lệch tần số, được kiểm tra bởi các phần tử thời gian  $t_1$  và  $t_2$ , mà được điều khiển bởi các trigơ Tr1 và Tr2.

Nguyên lý làm việc của phần tử kiểm tra tần số như sau : Khi tốc độ quay  $\omega_{s1} > \omega_{cf}$  ( $\omega_{cf}$  là tốc độ cho phép lớn nhất có thể hoà đồng bộ máy phát) thì role sẽ khởi động (tại điểm  $a_1$ ) chuyển vị trí của trigơ sang trạng thái có tín hiệu đảm bảo sự tác động của role thời gian  $t_1$ . Ứng với tốc độ này role thời gian Rt1 có thời gian duy trì là  $t_1$  sẽ không thể tác động được vì trước đó tại điểm  $b_1$  role RL2 đã trở về và đồng thời phần tử logic KHÔNG đưa tín hiệu đi giải trừ trigơ Tr1. Điện áp ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số có giá trị 0 ( $U_{kf} = 0$ ), do đó không có sự tác động của thiết bị hoà đồng bộ.

Trong phạm vi  $\omega_2 \leq \omega_{cf}$  chu kỳ trượt sẽ lớn hơn so với trường hợp đầu. Với khoảng thời gian giữa 2 điểm  $a_2$  và  $b_2$  role thời gian Rt1 làm việc thành công, tín hiệu ở đầu ra

của nó sẽ trigơ Tr1 sang trạng thái không tín hiệu còn trigơ Tr2 sang trạng thái có tín hiệu. Tr2 là trigơ đặt ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số, điện áp ở đầu ra của nó  $U_{kf}$  được chuyển đến bộ phận đóng của thiết bị hoà đồng bộ. Độ dài của tín hiệu đầu ra có thể nhỏ hơn  $t_2$  nếu sau khi bộ phận kiểm tra độ lệch tần số làm việc, mà quá trình trượt vẫn chưa chấm dứt.

Trong vùng tốc độ trượt cho phép điện áp  $U_{kf}$  và điện áp  $U_{dt}$  ở đầu ra của bộ phận đóng trước có một vùng trùng nhau (vùng gạch chéo). Tại vùng này sẽ có tín hiệu đưa đến đóng máy cắt hoà đồng bộ. Khi  $\omega_3 \ll \omega_{cf}$  thì bộ phận kiểm tra tần số sẽ khoá thiết bị hoà đồng bộ.

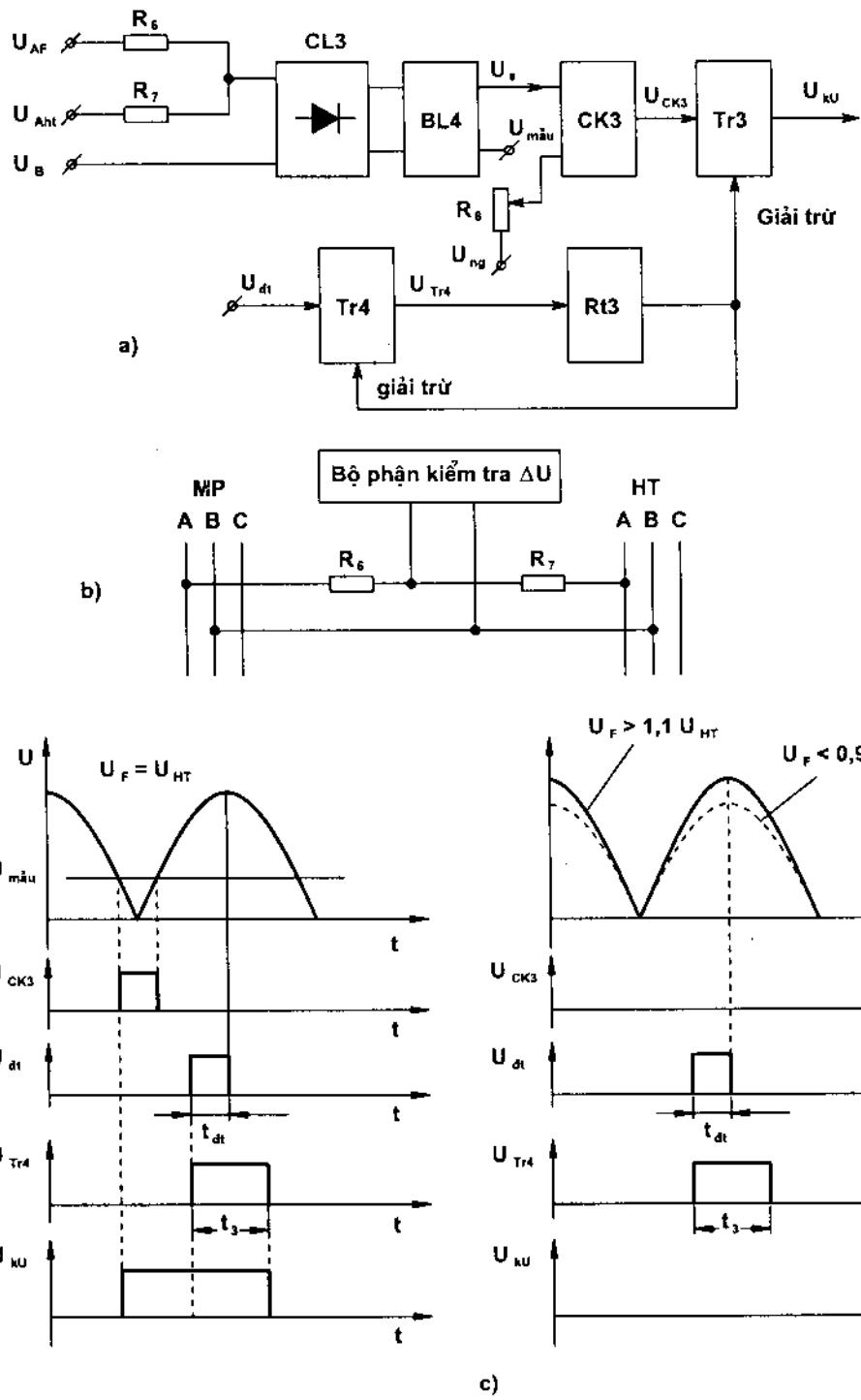


Hình 15.5. Sơ đồ bộ phận kiểm tra độ lệch tần số

a) Sơ đồ chức năng ; b) Biểu đồ thời gian làm việc

### 15.4.3. Bộ kiểm tra độ lệch điện áp

Sơ đồ của bộ phân kiểm tra độ lệch điện áp (hình 15.6) gồm chỉnh lưu CL3, bộ lọc BL4, cơ cấu chỉnh không CK3, trigor Tr4, role thời gian Rt3. Trên đầu vào của phần



Hình 15.6. Bộ phân kiểm tra độ lệch điện áp hoà đồng bộ

a) Sơ đồ khối chức năng ; b) Sơ đồ nối điện áp phách ; c) Biểu đồ thời gian làm việc

tử kiểm tra độ lệch điện áp là điện áp phách  $U_s$  lấy giữa điểm phân áp R6-R7 với điện áp pha B (điện áp phách này lệch so với điện áp phách từ pha A và điện áp hệ thống  $U_{HT}$  một góc  $180^\circ$ ).

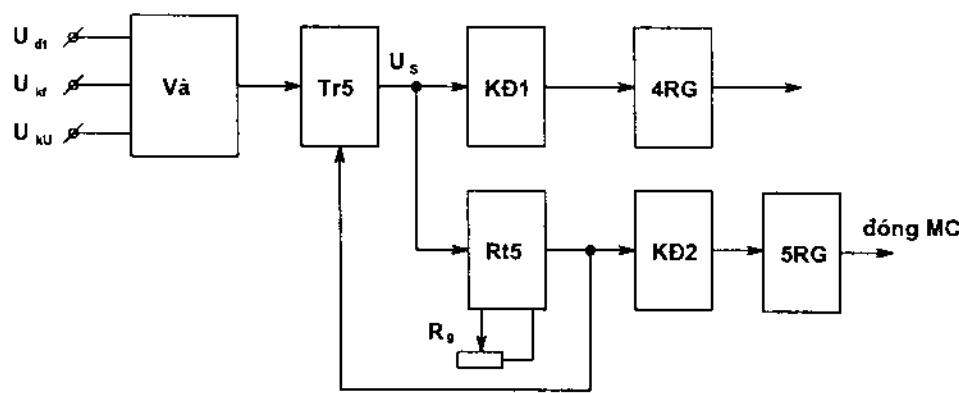
Điện áp phách được đưa đến một đầu vào của cơ cấu chỉnh không CK3, ở đầu vào thứ 2 của nó là điện áp mẫu  $U_{mẫu}$  lấy từ bộ nguồn  $U_{ng}$ , điện áp mẫu được chỉnh định bởi biến trở R8.

Nếu điện áp máy phát bằng điện áp của hệ thống ( $U_F = U_{HT}$ ) hoặc sự sai lệch giữa chúng nằm trong giới hạn cho phép (điểm a trên hình 15.6.c), thì cơ cấu chỉnh không CK3 sẽ khởi động đưa tín hiệu trên đầu ra của CK3 đó là điện áp  $U_{CK3}$ . Tại điểm b tín hiệu này sẽ bị mất đi, trigơ Tr3 ghi nhận sự khởi động của CK3, tín hiệu ở đầu ra của trigơ Tr3 là điện áp  $U_{kU}$ , tín hiệu ra được giới hạn bởi role thời gian Rt3 mà được điều khiển bởi trigơ Tr4 theo tín hiệu từ bộ phận đóng trước  $U_{dt}$ . Thời gian  $t_3$  của role Rt3 được tính toán đủ để đảm bảo cho thiết bị đóng làm việc chắc chắn.

Nếu độ lệch giữa  $U_F$  và  $U_{HT}$  vượt quá giá trị cho phép thì điện áp phách sẽ lớn hơn điện áp mẫu ( $U_s > U_{mẫu}$ ), cơ cấu chỉnh không sẽ không khởi động, điện áp ở đầu ra  $U_{kU} = 0$ , lúc đó bộ phận đóng sẽ bị khoá.

#### 15.4.4. Bộ phận đóng

Sơ đồ chức năng bộ phận đóng được thể hiện trên hình 15.7, bao gồm phần tử logic VÀ, trigơ Tr5, khuếch đại KD1 và KD2, role trung gian 4RG, phần tử thời gian Rt5 và role trung gian giới hạn xung đóng 5RG. Tín hiệu vào của phần tử VÀ là các điện áp  $U_{dt}$ ,  $U_{kf}$  và  $U_{kU}$ , tín hiệu ra sẽ xuất hiện khi đóng thời gian tại cả 3 điện áp trên và được ghi nhận bởi trigơ Tr5 và role thời gian Rt5. Mạch tín hiệu đi đóng role đầu ra 4RG và role giới hạn xung đóng máy cắt MC, gồm Rt5, KD2 và role trung gian 5RG. Khi tín hiệu đi đóng máy cắt được phát đi thì role thời gian Rt5 cũng khởi động, sau một khoảng thời gian duy trì  $t_6$  của Rt5, role 5RG tác động đưa tín hiệu hoà đóng bộ. Khi máy phát đã được đóng, cơ cấu hoà đóng bộ sẽ tự tách ra khỏi mạng.



Hình 15.7. Sơ đồ khái niệm bộ phận đóng máy cắt

## Tóm tắt chương 15

**Sơ đồ tự động khử từ trường :** Cơ cấu tự động khử từ cho phép nhanh chóng loại bỏ khử từ khỏi máy phát và như vậy sẽ giảm dòng điện ngắn mạch, ngăn ngừa sự phá hoại của nó. Trong trường hợp cần thiết cơ cấu tự động khử từ giúp nhanh chóng thiết lập khử từ cho máy phát (khi máy tự hòa đồng bộ), đồng thời nó cũng cho phép ngăn ngừa sự quá áp có thể xảy ra trên cuộn dây máy phát khi phụ tải giảm đột ngột hoặc khi tăng nhanh tốc độ quay của máy phát.

Một số phương pháp khử từ trường thông dụng là :

- Đưa điện trở vào mạch khử từ của bộ kích thích và của cuộn khử từ máy phát ;
- Đóng cuộn khử từ máy phát vào ngắn đập hồ quang
- Chuyển cuộn khử từ máy phát sang mạch khích thích ngược
- Chuyển cuộn khử từ sang mạch điện dung
- Chuyển cuộn khử từ sang mạch diod (hình 15.1.e) ; v.v...

### **Phương pháp hòa đồng bộ chính xác**

Các máy phát sau khi được kích thích và khởi động đạt đến tốc độ đồng bộ, thời điểm đóng được thực hiện với các điều kiện :

- Tốc độ quay của máy phát  $\omega_{MP}$  bằng tốc độ quay của các máy đang hoạt động  $\omega_{HT}$  ;
- Điện áp máy phát và của hệ thống đồng pha và có cùng trị số hiệu dụng  $U_{MP} = U_{HT}$

### **Phương pháp tự đồng bộ**

Đầu tiên điện trở dập tắt được đóng vào mạch của cuộn dây rotor bởi aptomat khử từ trường và đưa cơ cấu tự động điều chỉnh khử từ vào làm việc. Sau đó máy phát được khởi động với sự trợ giúp của động cơ sơ cấp (tuabin) ở trạng thái không kích thích. Khi tốc độ đạt đến  $96 \div 98\%$  tốc độ đồng bộ, thì đóng máy phát vào làm việc song song và cho khử từ liên sau đó, máy phát sẽ tự đạt đến tốc độ đồng bộ.

### **Sơ đồ hòa đồng bộ máy phát điện**

Các thiết bị cơ bản của sơ đồ tự động hòa đồng bộ gồm : 1 – Bộ nguồn có nhiệm vụ tạo ra điện áp phách để so sánh ; 2 – Bộ phận đóng trước để tạo điều kiện cho máy phát chuẩn bị được đóng vào đúng thời điểm ; 3 – Bộ phận kiểm tra tần số máy phát và hệ thống ; 4 – Bộ phận kiểm tra điện áp của máy phát và hệ thống ; 5 – Bộ phận điều chỉnh tần số và điện áp và 6 – Bộ phận đóng máy phát.

#### **Bộ phận đóng trước**

Dòng điện  $i_1$  ở đầu vào của cơ cấu chỉnh không CK được xác định theo điện áp phách

$$i_1 = \frac{U_s}{R} = k_1 2U \sin \frac{\omega_s t}{2} \text{ với } R = R_1 + R_3$$

Dòng điện  $i_2$  được xác định theo điện vào bộ vi phân

$$i_2 = -k_2 \frac{dU_s}{dt}$$

Khi dòng điện  $i_1 = i_2$ , phần tử chỉnh không CK sẽ phát tín hiệu đi đóng máy phát.

#### Bộ kiểm tra độ lệch tần số

Khi tốc độ quay  $\omega_{s1} > \omega_{cf}$  ( $\omega_{cf}$  là tốc độ cho phép lớn nhất có thể hoà đồng bộ máy phát) thì rơle sẽ khởi động (tại điểm a<sub>1</sub>) chuyển vị trí của relay sang trạng thái có tín hiệu đảm bảo sự tác động của rơle thời gian R<sub>t1</sub>. Điện áp ở đầu ra của bộ phận kiểm tra độ lệch tần số có giá trị 0 ( $U_{kf} = 0$ ), do đó không có sự tác động của thiết bị hoà đồng bộ.

Trong phạm vi  $\omega_2 \leq \omega_{cf}$  chu kỳ trượt sẽ lớn hơn so với trường hợp đầu, điện áp ở đầu ra của bộ kiểm tra tần số  $U_{kf}$  được chuyển đến bộ phận đóng của thiết bị hoà đồng bộ. Trong vùng tốc độ trượt cho phép điện áp  $U_{kf}$  và điện áp  $U_{dt}$  ở đầu ra của bộ phận đóng trước có một vùng trùng nhau sẽ có tín hiệu đưa đến đóng máy cắt hoà đồng bộ.

Khi  $\omega_3 < \omega_{cf}$  thì bộ phận kiểm tra tần số sẽ khoá thiết bị hoà đồng bộ.

#### Bộ kiểm tra độ lệch điện áp

Nếu điện áp máy phát bằng điện áp của hệ thống ( $U_F = U_{HT}$ ) hoặc sự sai lệch giữa chúng nằm trong giới hạn cho phép, thì sẽ có tín hiệu ra  $U_{ku}$  để đóng máy phát.

Nếu độ lệch giữa  $U_F$  và  $U_{HT}$  vượt quá giá trị cho phép thì điện áp phách sẽ lớn hơn điện áp mẫu, cơ cấu chỉnh không sẽ không khởi động, điện áp ở đầu ra  $U_{ku} = 0$ , lúc đó bộ phận đóng sẽ bị khoá.

#### Bộ phận đóng

Khi các điện áp  $U_{dt}$ ,  $U_{kf}$  và  $U_{ku}$  xuất hiện đồng thời trên đầu vào của phần tử VÀ thì tín hiệu sẽ được phát đi để đóng máy cắt MC. Khi máy phát đã được đóng, cơ cấu hoà đồng bộ sẽ tự tách ra khỏi mạng.

## Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày các sơ đồ tự động dập tắt từ trường máy phát
2. Hãy so sánh hai phương pháp hoà đồng bộ máy phát
3. Hãy trình bày sơ đồ khởi và các tính năng của các phần tử trong sơ đồ tự động hoà đồng bộ máy phát
4. Hãy trình bày sơ đồ cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ phận đóng trước
5. Hãy trình bày sơ đồ cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ phận kiểm tra tần số
6. Hãy trình bày sơ đồ cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ phận kiểm tra điện áp
7. Hãy trình bày sơ đồ cấu trúc và nguyên lý hoạt động của bộ phận đóng máy phát

## Chương 16

# TỰ ĐỘNG ĐÓNG LẠI VÀ TỰ ĐỘNG ĐÓNG DỰ PHÒNG

### 16.1. ĐẠI CƯƠNG

Theo kinh nghiệm thực tế có đến trên 80% sự cố trên đường dây thuộc loại sự cố thoáng qua. Sau khi được cắt ra khỏi mạng điện, cách điện của phân tử bị sự cố lại nhanh chóng được phục hồi và có thể sẵn sàng làm việc bình thường. Phương pháp đóng lại đường dây cho phép giảm đi đáng kể thiệt hại do sự cố gây nên. Việc đóng lại mạng điện có thể được thực hiện một, hai hoặc thậm chí tới ba lần.

Yêu cầu cơ bản đối với tự động đóng lại là tác động nhanh để đáp ứng được thời gian mất điện nhỏ nhất đến mức có thể, tránh được thiệt hại không đến mức tối đa. Thời gian mất điện càng ít thì khả năng phục hồi chế độ làm việc bình thường của các hộ dùng điện càng dễ dàng. Mặt khác, thời gian mất điện cũng phải đủ lớn để quá trình dập ion hoá của khoảng hồ quang được thực hiện giúp cho việc phục hồi điện áp được dễ dàng. Thời gian dập ion hoá của khoảng phóng điện phụ thuộc vào cấp điện áp : đối với mạng điện 220 kV thời gian này khoảng  $t_{ion} = 0,3$  s, đối với lưới 110 kV – 0,15 s và lưới 35 kV – 0,07 s.

Máy cắt có trang bị tự động đóng lại phải đủ chắc chắn, tin cậy vì trong một khoảng thời gian ngắn nó phải cắt dòng điện ngắn mạch liên tục nhiều lần.

Tự động đóng lại phải trở về ngay trạng thái ban đầu sau khi đã tác động để chuẩn bị cho lần đóng sau.

Tự động đóng lại chỉ thực hiện đúng số lần đã định.

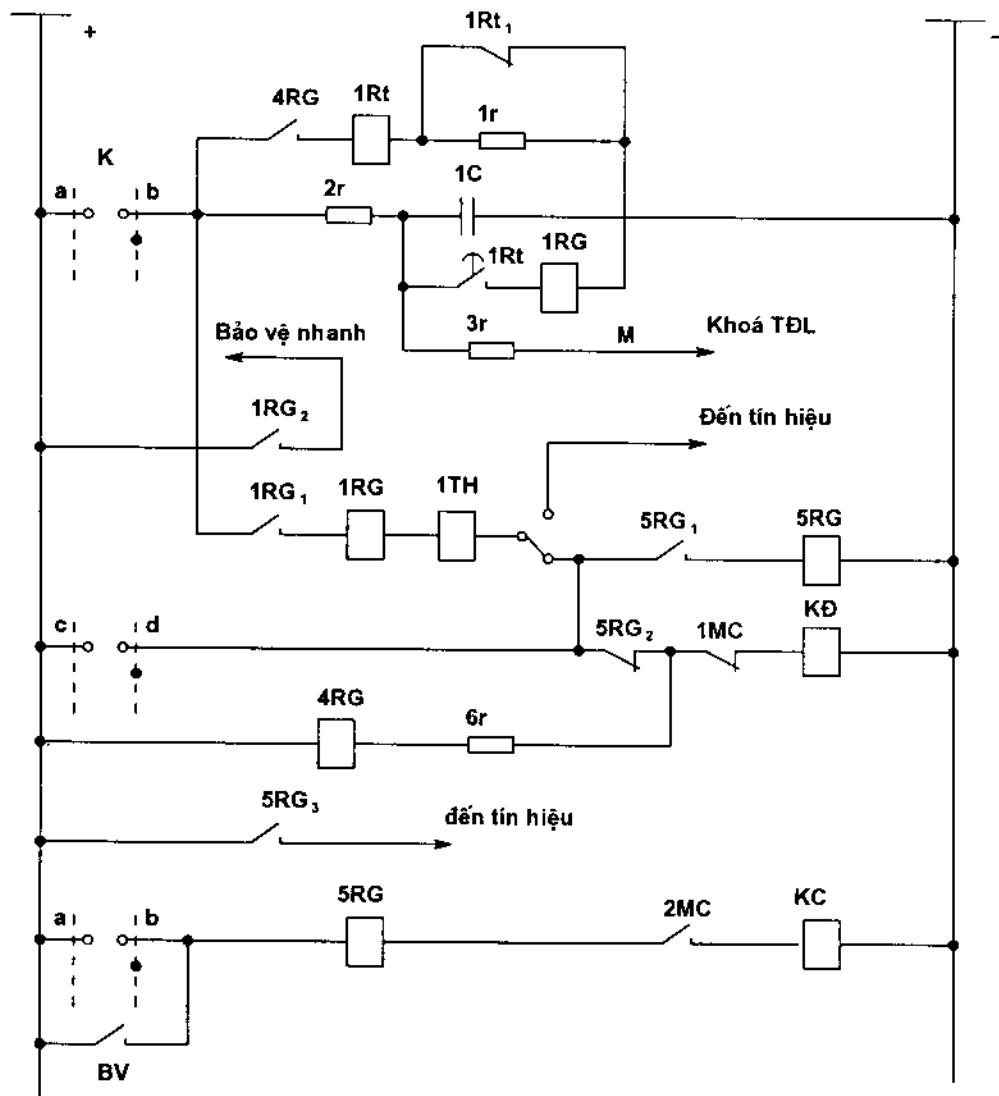
Tự động đóng lại không được thực hiện khi thao tác bằng tay.

### 16.2. SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG ĐÓNG LẠI ĐƯỜNG DÂY MỘT NGUỒN CUNG CẤP

#### 16.2.1. Sơ đồ tự động đóng lại một lần

Sơ đồ tự đóng lại một lần được thể hiện trên hình 16.1. Khi đóng khoá chuyển mạch K các tiếp điểm ab được đóng lại. Giả sử có sự cố xảy ra trên đường dây, bảo vệ role sẽ tác động làm cắt máy cắt, do đó tiếp điểm liên động 1MC của máy cắt sẽ đóng lại cấp nguồn cho role trung gian 4RG, khi đó xảy ra sự mất tương thích giữa trạng thái máy cắt và khoá điều khiển (tiếp điểm c-d mở). Tiếp điểm 4RG đóng mạch cấp nguồn cho role thời gian 1Rt, role này liền mở tiếp điểm thường đóng 1Rt<sub>1</sub> đưa điện trở 1r vào mạch của role thời gian 1Rt, cụm tiếp điểm thường mở thứ 2 được khép lại sau một thời gian trễ, đóng role trung gian 1RG vào mạch song song với tụ điện 1C. Dưới tác dụng của điện năng từ tụ điện 1C, role trung gian 1RG tác động và tự duy trì cho đến khi khoá liên động

1MC của máy cắt được mở ra. Sau khi máy cắt đóng thì role trung gian 4RG sẽ bị mất nguồn và dẫn đến role thời gian 1Rt cũng sẽ trở về trạng thái ban đầu.



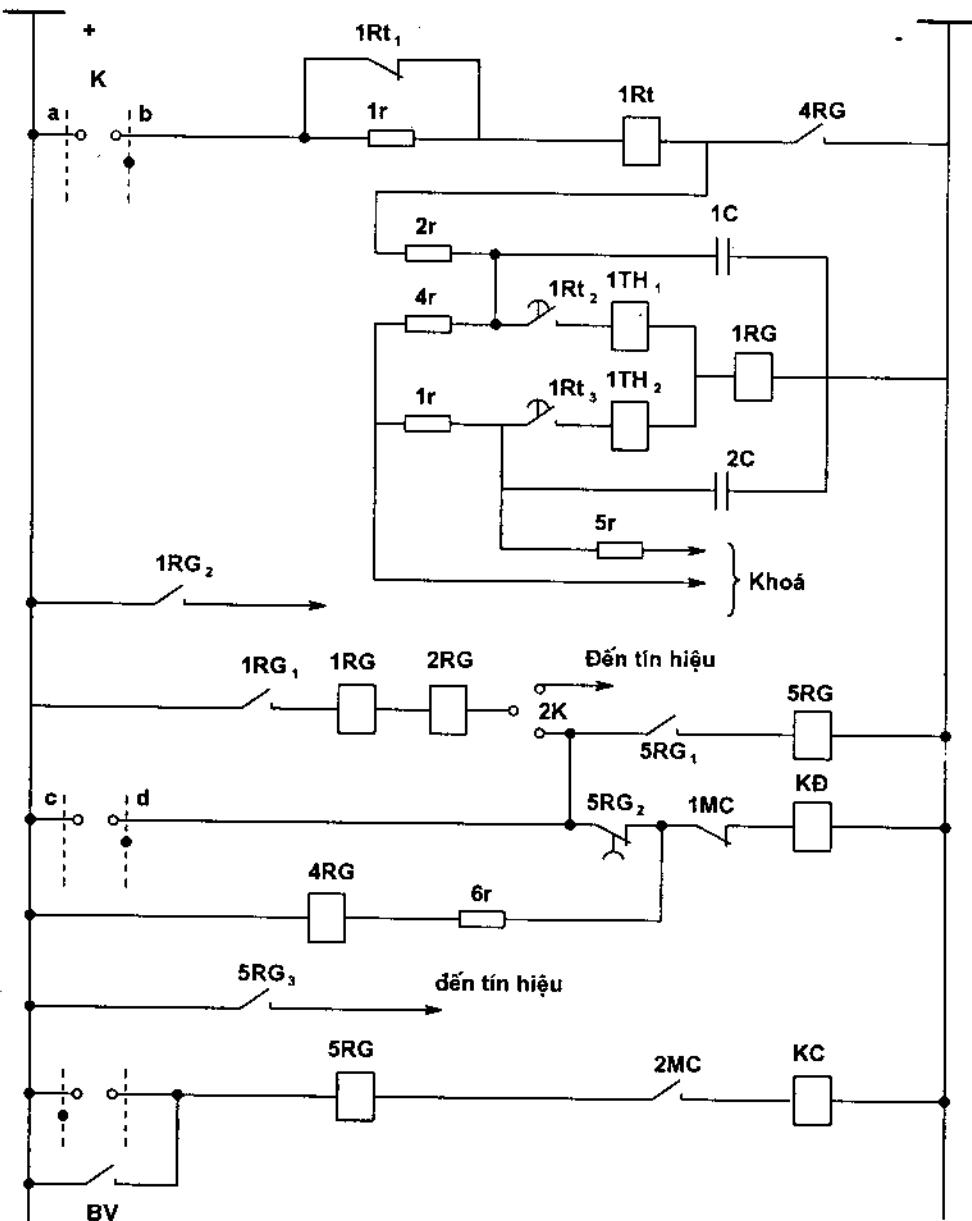
Hình 16.1. Sơ đồ tự động đóng lại một lần  
KĐ – cuộn đóng ; KC – cuộn cắt ; TDL – tự động đóng lại

Tụ điện 1C sau khi đã phỏng điện cho cuộn dây của role 1RG sẽ chỉ được nạp lại sau một khoảng thời gian xác định khi máy cắt đã đóng lại, vì vậy tự động đóng lại chỉ có thể thực hiện được một lần. Thời gian nạp của tụ điện được xác định bởi điện trở 2r, còn thời gian tác động của tự động đóng lại TDL được chỉnh định bởi role thời gian 1Rt. Role trung gian 5RG có nhiệm vụ ngăn chặn sự đóng ngắt mạch nhiều lần khi có sự sai sót trong sơ đồ, (chẳng hạn như tiếp điểm 1RG<sub>1</sub> bị cháy), bằng cách mở tiếp điểm 5RG<sub>2</sub> ở mạch của cuộn đóng KĐ. Trong trường hợp đó qua cuộn đóng của role 5RG sẽ có dòng điện chạy qua khi bảo vệ role BV tác động (mạch cuộn cắt KC). Sự tự duy trì của role trung gian 5RG được thực hiện chỉ sau khi TDL bởi cuộn dây 5RG khác (mạch 1RG<sub>1</sub>).

Nếu máy cắt được cắt bằng lệnh thao tác (không phải vì nguyên nhân ngắn mạch) bằng khoá điều khiển K thì cơ cấu TDL sẽ được cắt ra, tụ điện sẽ phóng điện qua điện trở  $2r$ , bởi vậy sẽ không có sự tác động đóng lại. Nếu lệnh cấm được thực hiện từ xa thì điểm 8 sẽ được đấu vào cực âm, lúc đó tụ điện sẽ phóng qua điện trở  $3r$ . Tín hiệu về sự làm việc của TDL được thực hiện bởi role 1TH.

### 16.2.2. Sơ đồ tự động đóng lại hai lần

Sơ đồ tự động đóng lại hai lần được thể hiện trên hình 16.2. Nguyên lý tác động của sơ đồ này cũng tương tự như sơ đồ tự động đóng lại một lần. Khi tiếp điểm  $1RG_1$  đóng sẽ



Hình 16.2. Sơ đồ tự động đóng lại hai lần

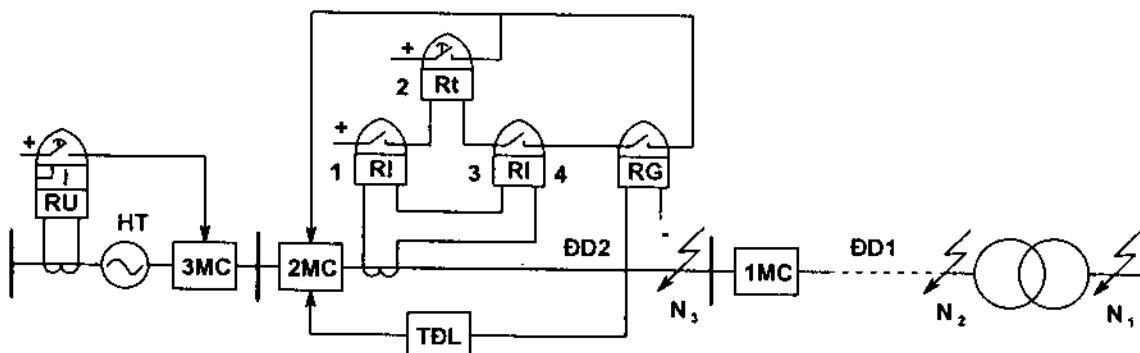
dưa tín hiệu đóng máy cắt. Nếu TDL không thành công ngay ở lần đóng đầu tiên thì bảo vệ role lại cắt đường dây và TDL được đưa vào hoạt động. Vì tụ 1C đã phóng hết điện ở lần thứ nhất nên ở lần thứ 2 role 1RG được khởi động bởi tụ 2C ngay khi tiếp điểm 1Rt<sub>3</sub> được khép lại sau một khoảng thời gian trễ. Nếu ở lần đóng thứ 2 TDL cũng không thành công thì role 1RG sẽ không thể khởi động được nữa vì lúc đó các tụ 1C và 2C đều chưa kịp nạp.

### 16.3. PHỐI HỢP TỰ ĐÓNG LAI VỚI BẢO VỆ ROLE

Cơ cấu tự động đóng lại được thực hiện trên cơ sở tác động của bảo vệ role, vì vậy cần phải có sự phối hợp chặt chẽ với nó. Nếu không phối hợp đúng giữa TDL và bảo vệ role thì có thể xảy ra sự thiếu chọn lọc của bảo vệ. Điều đó xảy ra trong trường hợp do thời gian không điện của TDL quá nhỏ, bảo vệ trước đó chưa kịp trở về trạng thái ban đầu (ví dụ bảo vệ 3 trên hình), khi đó nếu TDL không thành công thì BV3 tiếp tục đếm thời gian từ khi sự cố bắt đầu xảy ra và sẽ tác động cắt máy cắt sớm hơn so với sự tác động của BV2. Để khắc phục điều đó, thời gian không điện của TDL  $t_{0d}$  phải chọn lớn hơn thời gian trở về của BV3  $t_{tvBV3}$  hoặc thời gian tác động của BV3  $t_{BV3}$  phải được chọn không chỉ tính đến thời gian tác động của BV2  $t_{BV2}$ , mà cả của TDL  $t_{TD}$  nữa, tức là  $t_{0d} > t_{tv.BV3}$  hoặc  $t_{BV3} > t_{BV2} + t_{TD}$ . Tuy nhiên như vậy sẽ tăng sẽ làm tăng tổng thời gian của các bảo vệ ở gần nguồn. Điều này có thể khắc phục bằng cách sử dụng sơ đồ bảo vệ role tác động nhanh trước hoặc sau TDL.

### 16.3.1. Sơ đồ bảo vệ tác động nhanh trước TĐL

Sơ đồ kết hợp bảo vệ tác động nhanh trước TDL được thể hiện trên hình 16.3. Bảo vệ dòng điện cực đại nhiều vùng làm việc với thời gian được chọn theo nguyên tắc tăng dần về phía nguồn. Để tăng cường sự chọn lọc cho bảo vệ có thời gian duy trì của đường dây 2, một bảo vệ cắt nhanh hoặc bảo vệ dòng cực đại không có thời gian trễ (role 3) và TDL được bổ xung vào sơ đồ. Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn sao cho bảo vệ không phản ứng đối với dòng điện ngắn mạch xảy ra sau máy biến áp (tại điểm  $N_1$ ).



**Hình 16.3.** Sơ đồ tư động đóng lại tác động nhanh trước TDJ

Khi ngắn mạch xảy ra trên đường dây 1 và đường dây 2 bảo vệ cắt nhanh (role 3) sẽ tác động sau đó nó bị loại ra bởi tiếp điểm thường đóng của role trung gian RG mở ra, vì role này được cấp nguồn từ TDL. Nếu ngắn mạch tự tiêu tan thì máy cắt 2MC sau khi TDL tác động vẫn giữ nguyên trạng thái đóng và sự cung cấp điện được phục hồi cho toàn mạng. Nếu ngắn mạch vẫn tồn tại thì đoạn sự cố được cắt ra bởi bảo vệ dòng điện cực đại với một thời gian trễ.

Sơ đồ bảo vệ cắt nhanh trước TDL cho phép chỉ cần đặt cơ cấu TDL ở đoạn đầu nguồn, nhưng cũng chính vì vậy mà việc áp dụng nó cho mạng điện có phân đoạn đường dây sẽ không phù hợp. Việc cắt dòng ngắn mạch với một thời gian trễ là một hạn chế của sơ đồ này.

### 16.3.2. Sơ đồ bảo vệ tác động nhanh sau TDL

Sơ đồ kết hợp bảo vệ tác động nhanh sau TDL chỉ khác sơ với sơ đồ bảo vệ tác động nhanh trước TDL ở sự làm việc của role trung gian 4, cụ thể là tiếp điểm của role thường mở chứ không phải là thường đóng. Khi có ngắn mạch tại điểm N3 của đường dây 2, đầu tiên bảo vệ tác động với một thời gian trễ máy cắt 2MC được cắt ra. Sau đó TDL tác động đóng 2MC đồng thời role trung gian 4RG khởi động đóng tiếp điểm thường mở của mình đưa bảo vệ cắt nhanh vào hoạt động. Nếu ngắn mạch vẫn tồn tại thì bảo vệ cắt nhanh sẽ cắt máy cắt 2MC không có thời gian trễ. Khi có ngắn mạch tại điểm N<sub>2</sub> hoặc N<sub>1</sub> của đường dây 1 máy cắt 1MC sẽ cắt mạch.

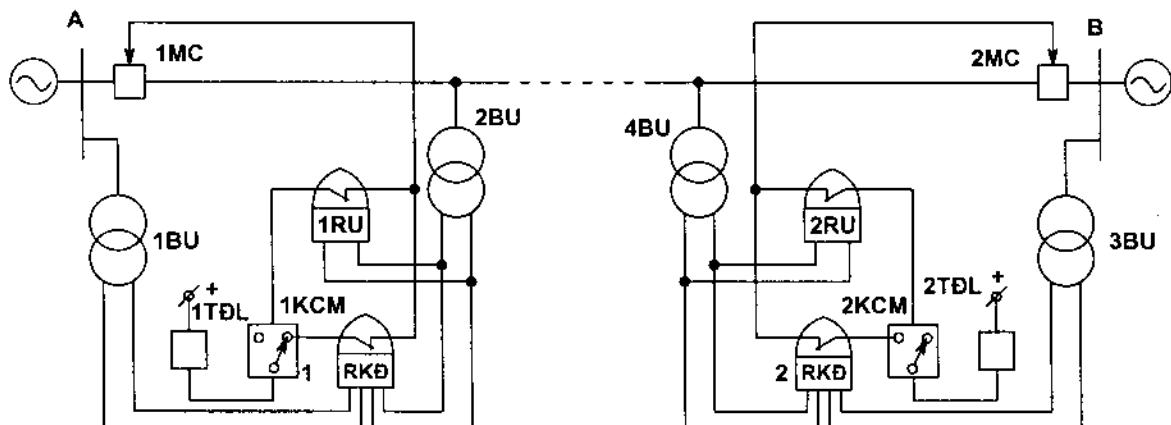
Nhược điểm cơ bản của sơ đồ bảo vệ cắt nhanh sau TDL là thời gian cắt đoạn sự cố lớn do phải tính đến thời gian của bảo vệ dòng điện cực đại và thời gian tác động của TDL. Khi thời gian cắt dòng ngắn mạch lớn thì sự cố không bền vững có thể chuyển sang bền vững. Ngoài ra sau thời gian cắt bảo vệ các động cơ dí bộ đã bị dừng và chúng sẽ khởi động lại sau khi TDL tác động làm cho dòng điện trong mạch tăng lên có thể lại dẫn đến sự cắt mạch bởi bảo vệ dòng điện cực đại.

## 16.4. TỰ ĐỘNG ĐÓNG LẠI ĐƯỜNG DÂY 2 NGUỒN CUNG CẤP

Cơ cấu tự động đóng lại đường dây 2 nguồn cung cấp có một số đặc điểm khác biệt là nó chỉ được phép tác động sau khi các máy cắt ở cả 2 phía đường dây đã được cắt, đặc điểm thứ 2 là nếu điện áp ở 2 phía của đường dây không đồng bộ tại thời điểm TDL thì có thể sẽ dẫn đến sự tăng vọt của dòng điện, làm ảnh hưởng đến các thiết bị. Chính vì lẽ đó mà cơ cấu TDL ở đường dây 2 nguồn cung cấp cần phải được trang bị thêm bộ phận kiểm tra đồng bộ của điện áp.

Sơ đồ TDL đường dây 2 nguồn cung cấp với bộ kiểm tra sự đồng bộ của điện áp được thể hiện trên hình 16.4. Các thiết bị TDL được đặt trên cả 2 đầu đường dây. Khi xảy ra ngắn mạch, các máy cắt 1MC và 2MC sẽ cắt, đường dây không còn điện làm cho role 1RU sẽ đóng tiếp điểm đưa tín hiệu đến bộ phận 1TDL làm máy cắt 1MC đóng trở lại. Nếu ngắn mạch tiêu tan thì đường dây sẽ lại được cấp điện. Role kiểm tra đồng bộ 2RKĐ

nhận tín hiệu từ máy biến áp 1BU và 2BU, sẽ đóng tiếp điểm khi điện áp đồng bộ làm 2TDL khởi động đóng máy cắt 2MC. Với sơ đồ này thì máy cắt 1MC thường phải làm việc nhiều hơn máy cắt 2MC. Để khắc phục người ta đặt TDL có các role RKĐ ở cả 2 phía, lúc đó TDL ở phía nào đóng trước cũng được tùy thuộc vào vị trí của khoá chuyển mạch KCM.



**Hình 16.4.** Sơ đồ nguyên lý tự động đóng lại đường dây có 2 nguồn cung cấp  
TDL – cơ cấu tự động đóng lại ; RKĐ – rôle kiểm tra đồng bộ ; KCM – khoá chuyển mạch

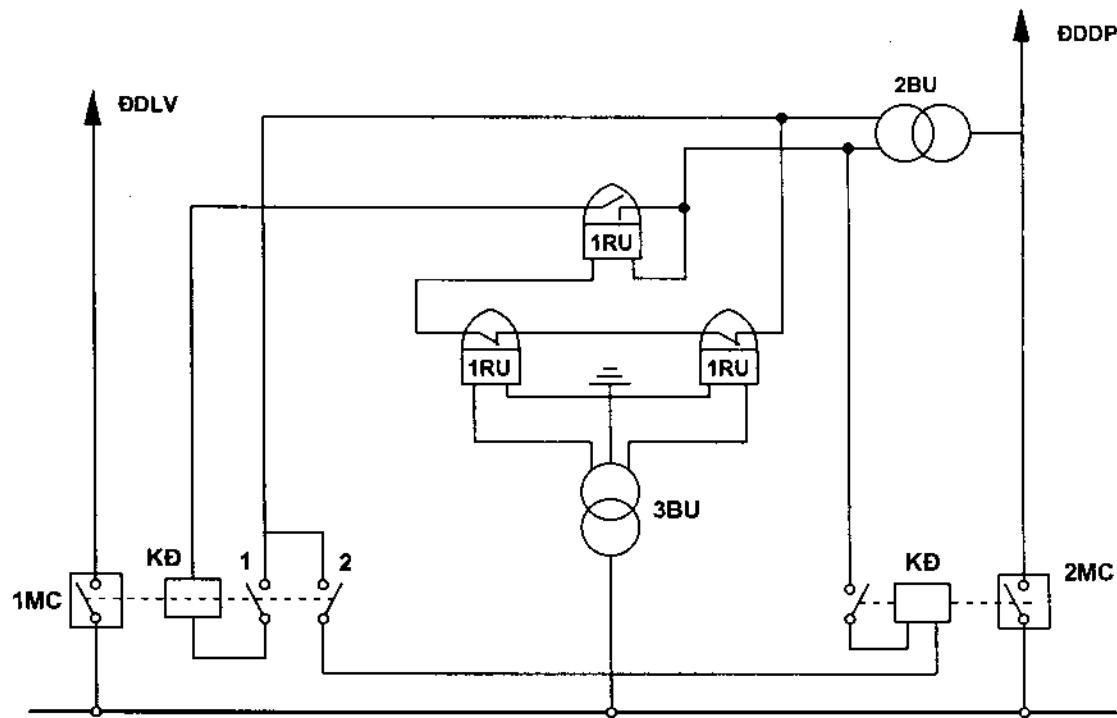
## 16.5. SƠ ĐỒ TỰ ĐỘNG ĐÓNG DỰ PHÒNG NGUỒN CUNG CẤP

Tự động đóng dự phòng (TĐD) là một trong những biện pháp hữu hiệu nâng cao độ tin cậy cung cấp điện của hệ thống. Sơ đồ tự động đóng dự phòng rất đa dạng, tuy nhiên với bất cứ loại sơ đồ nào cũng phải đảm bảo yêu cầu là tác động nhanh và tin cậy. Không phụ thuộc vào sự cố, tự động đóng dự phòng phải tác động nhanh, thời gian đóng dự phòng bị hạn chế bởi 2 yếu tố : Phải lớn hơn thời gian tác động bảo vệ của phần tử tiếp theo nhưng phải nhỏ đến mức có thể để ít làm ảnh hưởng đến sự tự khởi động của các động cơ.

### 16.5.1. Sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây

Sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây (hình 16.5) gồm 2 máy biến điện áp BU, trong đó máy 1BU được mắc vào thanh cái của trạm phân phối, còn máy thứ 2 được mắc vào đường dây dự phòng. Máy 1BU cung cấp cho rôle điện áp 1RU để kiểm tra sự hiện diện của điện áp trên thanh cái. Trong sơ đồ được bố trí 2 rôle điện áp 1RU để tránh sự tác động nhầm của cơ cấu TĐD trong trường hợp một cầu chì bị cháy.

Khi điện áp trên thanh cái bị mất, rôle 1RU sẽ tác động đưa rôle thời gian  $Rt$  vào mạch của biến điện áp 2BU. Rôle thời gian tác động đóng tiếp điểm của mình cấp điện cho cuộn cắt KC của máy cắt 1MC, máy cắt này được cắt ra. Tiếp điểm 1 của khoá liên động được mở ra, còn tiếp điểm 2 được đóng vào. Khi tiếp điểm 2 đóng thì nguồn được cấp cho cuộn đóng của máy cắt 2MC, máy cắt này đóng nguồn dự phòng, đưa điện vào thanh cái.



**Hình 16.5.** Sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây  
DDLV- đường dây làm việc ; DDDP- đường dây dự phòng ; KĐ - cuộn đóng ; KC - cuộn cắt

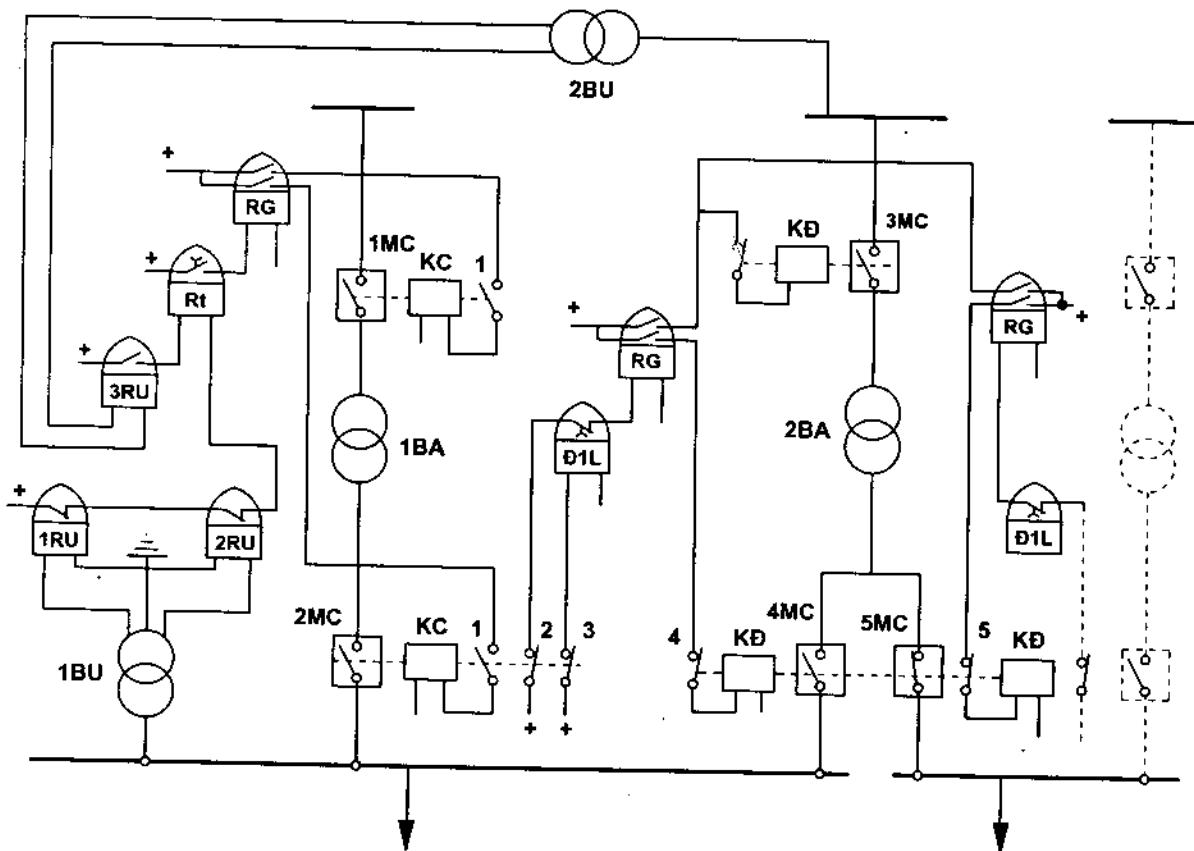
### 16.5.2. Sơ đồ tự động đóng dự phòng máy biến áp

Sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây (hình 16.6) gồm có role đóng 1 lần Đ1L có độ trễ và role trung gian 2RG. Ở chế độ làm việc bình thường máy biến áp 1BA làm việc, còn máy biến áp 2BA đóng vai trò dự phòng. Máy biến điện áp 1BU mắc trên thanh cái A cấp điện cho các role điện áp 1RU và 2RU có tiếp điểm thường đóng. Máy 2BU mắc trên thanh cái dự phòng B cấp điện cho role 3RU có tiếp điểm thường mở.

Khi thanh cái A mất điện các role 1RU và 2RU sẽ khép tiếp điểm cấp nguồn cho role thời gian Rt, sau một thời gian trễ role thời gian đóng tiếp điểm cấp nguồn cho role trung gian 1RG, role RG khép tiếp điểm đưa nguồn đến các cuộn cắt của máy cắt 1MC và 2MC. Máy cắt 2MC khi cắt làm mở tiếp điểm 1 và đóng các tiếp điểm 2 và 3 của KĐ liên động, khi đó role Đ1L tuy có điện nhưng tiếp điểm của nó vẫn còn mở trong một khoảng thời gian đủ để các máy cắt của máy biến áp dự phòng đóng mạch. Khi role Đ1L đóng tiếp điểm thì role trung gian 2RG sẽ tác động, đóng tiếp điểm đưa tín hiệu đến các cuộn đóng của máy cắt 3MC và 4MC của máy biến áp dự phòng để đóng các máy cắt này cấp điện dự phòng cho thanh cái. Để ngăn ngừa khả năng đóng nhầm thanh cái thứ 2 vào máy biến áp dự phòng khi thanh cái A đã được đóng điện, các máy cắt 4MC và 5MC có KĐ liên động (KĐ này không thể hiện trên sơ đồ).

Điện áp khởi động của các role 1RU và 2RU được chỉnh định sao cho hạn chế được tác động của sơ đồ khi điện áp giảm thấp trong các trường hợp ngắn mạch. Thường

giá trị điện áp khởi động của các role điện áp được lấy bằng  $30 \div 40\%$  điện áp định mức. Thời gian trễ của role thời gian  $R_t$  phải lớn hơn thời gian tác dụng của bảo vệ chống ngắn mạch.



**Hình 16.6.** Sơ đồ tự động đóng dự phòng máy biến áp  
Đ1L – role đóng một lần

### Tóm tắt chương 16

**Sơ đồ tự động đóng lại TĐL chỉ một lần** duy nhất là do điện 1C sau khi đã phóng điện cho cuộn dây của role trung gian 1RG sẽ chỉ được nạp lại sau một khoảng thời gian xác định khi máy cắt đã đóng lại.

**Sơ đồ tự động đóng lại hai lần** : Nguyên lý tác động của sơ đồ tự động đóng lại 2 lần cũng tương tự như sơ đồ tự động đóng lại một lần. Nếu TĐL không thành công ngay ở lần đóng đầu tiên thì bảo vệ role lại cắt đường dây và TĐL được đưa vào hoạt động. Vì tụ 1C đã phóng hết điện ở lần thứ nhất nên ở lần thứ 2 role 1RG được khởi động bởi tụ 2C .

**Sơ đồ bảo vệ tác động nhanh trước TĐL**

Sự kết hợp giữa TĐL và bảo vệ role được thực hiện với 2 role quá dòng : một tác động tức thời và một tác động với thời gian trễ. Khi ngắn mạch xảy ra trên đường dây thì bảo vệ cắt nhanh sẽ tác động sau đó nó bị loại ra bởi tiếp điểm thường đóng của role trung

gian RG mở ra, vì rơle này được cấp nguồn từ TĐL. Nếu ngắn mạch vẫn tồn tại thì đoạn sụp cổ được cắt ra bởi bảo vệ dòng điện cực đại với một thời gian trễ.

#### *Sơ đồ bảo vệ tác động nhanh sau TĐL*

Khi có ngắn mạch tại điểm trên đường dây, đầu tiên bảo vệ tác động với một thời gian trễ máy. Sau đó TĐL tác động đồng thời rơle trung gian 4RG khởi động đóng tiếp điểm thường mở của mình đưa bảo vệ cắt nhanh vào hoạt động. Nếu ngắn mạch vẫn tồn tại thì bảo vệ cắt nhanh sẽ cắt máy cắt 2MC không có thời gian trễ.

#### *TĐL đường dây 2 nguồn cung cấp*

Sơ đồ TĐL đường dây 2 nguồn cung cấp được trang bị thêm bộ kiểm tra sự đồng bộ của điện áp. Khi xảy ra ngắn mạch, các máy cắt ở 2 đầu dây sẽ cắt, đường dây không còn điện làm cho rơle 1RU sẽ đóng tiếp điểm đưa tín hiệu đến bộ phận 1TĐL làm máy cắt 1MC đóng trở lại. Máy cắt 2MC chỉ có thể đóng khi rơle kiểm tra đồng bộ 2RKĐ đóng tiếp điểm.

#### *Sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây*

Khi điện áp trên thanh cáp bị mất, rơle 1RU sẽ tác động đưa rơle thời gian Rt vào mạch của biến điện áp 2BU. Rơle thời gian tác động đóng tiếp điểm của mình cấp điện cho cuộn cắt KC của máy cắt 1MC, máy cắt này được cắt ra. Tiếp điểm 1 của khoá liên động được mở ra, còn tiếp điểm 2 được đóng vào. Khi tiếp điểm 2 đóng thì nguồn được cấp cho cuộn đóng của máy cắt 2MC, máy cắt này đóng nguồn dự phòng, đưa điện vào thanh cáp.

#### *Sơ đồ tự động đóng dự phòng máy biến áp*

Khi thanh cáp A mất điện các rơle 1RU và 2RU sẽ khép tiếp điểm cấp nguồn cho rơle thời gian Rt, sau một thời gian trễ rơle thời gian đóng tiếp điểm cấp nguồn cho rơle trung gian 1RG, rơle 1RG khép tiếp điểm đưa nguồn đến các cuộn cắt của máy cắt 1MC và 2MC. Máy cắt 2MC khi cắt làm mở tiếp điểm 1 và đóng các tiếp điểm 2 và 3 của khoá liên động, khi đó rơle đóng một lần Đ1L tuy có điện nhưng tiếp điểm của nó vẫn còn mở trong một khoảng thời gian đủ để các máy cắt của máy biến áp dự phòng đóng mạch. Khi rơle Đ1L đóng tiếp điểm thì rơle trung gian 2RG sẽ tác động, đóng tiếp điểm đưa tín hiệu đến các cuộn đóng của máy cắt 3MC và 4MC của máy biến áp dự phòng để đóng các máy cắt này cấp điện dự phòng cho thanh cáp.

### Câu hỏi ôn tập

1. Hãy trình bày nguyên lý hoạt động của sơ đồ tự đóng lại một lần
2. Hãy trình bày nguyên lý hoạt động của sơ đồ tự đóng lại hai lần
3. Hãy trình bày phương pháp phối hợp giữa tự động đóng lại với bảo vệ rơle
4. Hãy trình bày nguyên lý hoạt động của sơ đồ tự động đóng dự phòng đường dây
5. Hãy trình bày nguyên lý hoạt động của sơ đồ tự động đóng dự phòng máy biến áp

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Coloque. Les systems de distribution e'le'ctrique . Enjeur, constraints et solutions. 1995
2. A. Kalam, R. Coulter, A. Klebanowski, C. Biasizzo. Power system protections. Victoria University of Technology, Victoria- Australia- 1994
3. Instruction manual on protective relays by : General Electric ; Siemens ; ABB ; Gec Alsthom ; Elin ; Toshiba
4. International standard – IEC 255 Electrical relays, Geneve – 1977
5. H. Ungrad, W.Winkler, Wiszniewski. Protection techniques in electrical energy systems. Marcel Dekker, inc. New York–Basel– Hong Kong – 1995
6. J. Lewis Blacburn. Protective relaying. Principles and applications. Electrical Engineering and Electronic. Marcel Dekker, inc. New York and Basel – 1987
7. Siemens- Electrical engineering handbook, John Wiley & Sons Inc., New York – 1998
8. Siemens Inc. Relays 7SJ512, 7SJ531, 7UT513, 7SA511, 7SA513. Instruction manuals, 1996
9. Hoàng Hữu Thận, Tính toán ngắn mạch và chỉnh định rôle và trang bị tự động trên hệ thống điện , nxb KH–KT. Hà nội 2003.
10. Trần Đình Long. Bảo vệ rôle trong hệ thống điện, ĐHBK Hà nội 1990
11. Trần Đình Long. Bảo vệ các hệ thống điện, nxb KH–KT Hà nội 2000
12. Trần Quang Khánh. Hệ thống cung cấp điện, nxb KH–KT Hà nội 2005
13. Nguyễn Hồng Thái, Vũ Văn Tẩm, Rôle số – Lý thuyết và ứng dụng, nxb Giáo dục, Hà nội 2001
14. Trernobrovop N.V. Bảo vệ rôle nxb Năng lượng Moskva 1974 (tiếng Nga)
15. Sổ tay kỹ thuật điện T2 Moskva 1975 (tiếng Nga)
16. Sổ tay cung cấp điện và trang bị điện T2 Moskva 1987 (tiếng Nga)
17. Tạp chí chào hàng của các hãng : Siemens, Gec Alsthom, Melin Gerin
18. Tạp chí chào hàng của hãng SEL- Schweitzer Engineering Laboratorie, INC. 2005

## Danh mục các từ viết tắt thường dùng

Thứ tự	Viết tắt	Nghĩa là
1	BI	Máy biến dòng
2	BU	Máy biến điện áp (biến áp đo lường)
3	BIG	Máy biến dòng bảo hòa trung gian
4	BIT	Máy biến dòng trung gian
5	BUT	Máy biến điện áp trung gian
6	BIF	Máy biến dòng pha phức hợp
7	BVSL	Bảo vệ so lệch
8	BVKC	Bảo vệ khoảng cách
9	BVRL	Bảo vệ role
10	BVI>	Bảo vệ dòng điện cục đại
11	BVI>>	Bảo vệ cắt nhanh
12	BVCH	Bảo vệ có hướng
13	BVCT	Bảo vệ cao tần
14	BVTTK	Bảo vệ thứ tự không
15	CL	Chỉnh lưu
16	CTP	Cơ cấu cho trước phụ tải
17	HTĐ	Hệ thống điện
18	KĐT	Khuếch đại từ
19	MBA	Máy biến áp
20	MC	Máy cắt
21	NCR	Nhu cầu riêng
22	PBPT	Cơ cấu phân bổ phụ tải
23	RIT	Role tác động trực tiếp
24	TĐL	Tự động đóng lại
25	TKKT	Cơ cấu tự động khử kích từ

## PHỤ LỤC

Bảng 1.1. MỘT SỐ KÝ HIỆU TRONG SƠ ĐỒ BẢO VỆ ROLE VÀ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN

Chức năng	Ký hiệu	
	Hệ thống ký hiệu 1	Hệ thống ký hiệu 2
Cuộn dây role và khởi động từ		
Tiếp điểm chuyển mạch		
Tiếp điểm thường mở		
Tiếp điểm thường đóng		
Chuyển mạch		
Đóng kép		
Chuyển mạch không gián đoạn		
Tiếp điểm thường mở có thời gian đóng trễ		
Tiếp điểm thường mở có thời gian mở trễ		
Tiếp điểm thường mở có thời gian mở và đóng trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian đóng trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian mở trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian đóng và mở trễ		
Tiếp điểm có dập hồ quang		
Tiếp điểm role không điện		
Cuộn dây role thời gian trễ về trễ (a) ; khởi động trễ (b)	a) b)	
Cuộn dây role dòng cực đại (a) và áp cực tiểu (b)	a) b)	
Máy biến dòng		

Bảng 2.1.

## THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA MỘT SỐ MÁY BIẾN ĐỒNG

Loại	U <sub>n</sub> , kV	I <sub>ln</sub> , A	S <sub>n2</sub> , VA	I <sub>xk</sub> , kA (ô.d,đóng)	I <sub>ôd/s</sub> , kA	Cấp chính xác
TKM-0,5	0,5	5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 40 ; 50 ; 100 ; 200 ; 400 ; 800	20			1
ТКЛ-0,5	0,5	5 ÷ 300	20			1
ТВЛМ-10	10	20 ; 30 ; 50 ; 100 ; 150 ; 200 ; 300 ; 400 ; 600 ; 800 ; 1000 ; 1500	10	7 ; 10,6 ; 17 ; 635,2 ; 52 ;	0,94/4 ; 1,45/4 ; 2,45/4 ; 4,85/4 ;	0,5
ТПЛК-10	10	10 ÷ 1000	10	2,47 ; 3,7 ; 7,4 ; 74,5 ;	0,45/4 ; 0,67/4	0,5
ТЛМ-10-1	10	50 ÷ 1500	10	17,6 ;	2,8/3	0,5
ТШВ-24	24	10 ÷ 2400				
ТПОЛ-35	35	400	15	100	16/3	0,5
		600	20	100	24/3	
		800	30	100	32/3	
		1000	50	100	40/3	

Máy biến dòng do hãng SIEMENS chế tạo

4MA72	12	20 ÷ 2500	15	120	80/1	
4MA74	24	20 ÷ 2500	15	120	80/1	
4MA76	36	20 ÷ 2000	15	120	80/1	
4MB12	12	1500 ÷ 4000	20	120	80/1	
4MB13	24	1500 ÷ 4000	30	120	80/1	
4MB14	36	1500 ÷ 6000	30	120	80/1	
4ME12	12	5 ÷ 1200	15	120	80/1	
4ME14	24	5 ÷ 1200	20	120	80/1	
4ME16	36	5 ÷ 1200	30	120	80/1	

Bảng 3.pl.

## CÁC THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA MÁY BIẾN ĐIỆN ÁP

Loại	U <sub>n1</sub> , kV	U <sub>n2</sub> , V	S <sub>n2</sub> , ở cấp chính xác, VA		Công suất giới hạn, VA
			0,5	1	
Do hãng SIEMENS chế tạo					
4MR52	12/√3	100/√3	600		
4MR54	22/√3	100√3	600		
4MR56	35/√3	120√3	800		
4MS32	12/√3	100/√3	400		
4MS34	22/√3	100√3	400		
4MS36	35/√3	120√3	400		
Do Nga sản xuất					
HOM-10-66-Y2	10	100	75	150	630
3HOM-20-66-Y2	18/√3	100/√3	75	150	640
3HOM-24-66-Y1	24/√3	100/√3	75	150	630
3HOM-35-66-Y1	35/√3	100/√3	150	250	1200
HTMI-10-66-Y3	10	100	120	200	960
HKΦ-110-58Y1	110/√3	100/√3	400	600	2000
HKΦ-220-65T1	220/√3	100/√3	400	600	2000
HKΦ-500-Y1	500/√3	100/√3		500	2000

Bảng 4.pl. THÔNG SỐ TRUNG BÌNH CỦA 1 KM ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG LOẠI A VÀ AC

F, mm <sup>2</sup>	r <sub>0</sub> , Ω/km		Điện trở kháng và điện dẫn phụ thuộc vào cấp điện áp (kV), x <sub>0</sub> , Ω/km và b <sub>0</sub> , 1/Ω.km											
			0,38	6 ÷ 10	22		35		110		220		500	
	A	AC	x <sub>0</sub>	x <sub>0</sub>	x <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>								
25	1,25	1,28	0,35	0,412	0,426	2,64	0,438	2,59						
35	0,89	0,92	0,33	0,4	0,414	2,72	0,429	2,65	0,45					
50	0,63	0,64	0,32	0,392	0,405	2,78	0,418	2,72	0,441	2,57				
70	0,45	0,46	0,31	0,381	0,395	2,86	0,408	2,79	0,430	2,64				
95	0,33	0,34	0,30	0,37	0,384	2,94	0,403	2,85	0,423	2,69				
120	0,26	0,27	0,30	0,363	0,377	3	0,398	2,90	0,416	2,74				
150	0,21	0,21	0,30	0,357	0,371	3,05	0,391	2,96	0,409	2,78				
185	0,17	0,17							0,401	2,80	0,430	2,64		
240	0,12	0,12							0,392	2,84	0,424	2,68		
300	0,11	0,11							0,382	3,00	0,415	2,74	0,299	3,74
400	0,08	0,08								0,419	2,76	0,298	3,76	
500	0,07	0,07									0,295	3,79		
600	0,06	0,06									0,293	3,82		

**Bảng 5.1. THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA MỘT SỐ LOẠI MÁY BIẾN ÁP PHÂN PHỐI  
3 PHA 2 CUỘN DÂY**

Mã hiệu	$S_{BA}$ , kVA	Điện áp, kV	$\Delta P_o$ , kW	$\Delta P_K$ , kW	$U_k$ , %	$I_o$ , %
TM-20/6	20	6,3/0,4	0,18	0,6	5,5	9
TM-20/10	20	10,5/0,4	0,22	0,6	5,5	10
TM-30/6	30	6,3/0,4	0,25	0,85	5,5	8
TM-30/10	30	10,5/0,4	0,3	0,85	5,5	9
TM-50/6	50	6,3/0,525	0,35	1,3	5,5	7
TM-50/10	50	10,5/0,4	0,44	1,3	5,5	8
TM-100/6	100	6,3/0,525	0,6	2,4	5,5	6,5
TM-100/10	100	10,5/0,525	0,73	2,4	5,5	7,5
TM-100/35	100	35/0,525	0,9	2,4	6,5	8
TM-180/6	180	6,3/0,4	1	4,1	5,5	6
TM-180/10	180	10,5/0,4	1,2	4,1	5,5	7
TM-180/35	180	35/0,4	1,5	6	5,5	8
TM-320/6	320	6,3/0,4	1,6	6,2	5,5	6
TM-320/10	320	10,5/0,4	1,9	6,2	5,5	7
TM-320/35	320	35/0,4	2,3	9,4	5,5	7,5
TM-560/6	560	6,3/0,4	2,5	9,4	5,5	6
TM-560/10	560	10,5/0,4	3,35	9,4	5,5	6,5
TM-560/35	560	35/0,4	3,35	9,4	5,5	6,5
TC-180/10	180	10,5/0,4	1,6	3	5,5	4
TC-320/10	320	10,5/0,4	2,6	4,9	5,5	3,5
TC-560/10	560	10,5/0,5	3,5	7,4	5,5	3
TC-750/10	750	10,5/0,4	4	8,8	5,5	2,5
TCM-20/6,3	20	6,3/0,4	0,15	0,51	4,5	9,5

Mã hiệu	S <sub>BA</sub> , kVA	Điện áp, kV	ΔP <sub>o</sub> , kW	ΔP <sub>K</sub> , kW	U <sub>k</sub> , %	I <sub>o</sub> , %
TCM-20/10	20	10,5/0,4	0,15	0,51	4,5	9,5
TCM-35/6,3	35	6,3/0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-35/10	35	10,5/0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-60/6,3	60	6,3/0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-60/10	60	10,5/0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-100/6,3	100	6,3/0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-100/10	100	10,5/0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-180/35	180	35/0,525	0,8	3,2	4,5	6
TCM-180/6,3	180	6,3/0,525	0,8	3,2	4,5	6
TCM-320/6,3	320	6,3/0,525	1,35	4,85	4,5	5,5
TCM-320/10	320	10,5/0,525	1,35	4,85	4,5	5,5
TCM-560/6,3	560	6,3/0,525	2	7,2	4,5	5
TM-560/10	560	10,5/0,525	2	7,2	4,5	5
TM-750/6	750	6,3/0,525	4,1	11,9	5,5	6
TM-1000/10	1000	10,5/06,3	4,9	15,9	5,5	5
TM-1000/35	1000	35/10,5	5,1	15,9	5,5	5,5
TM-1800/35	1800	35/10,5	8	24	6,5	5
TM-3200/10	3200	10/6,3	8,3	37	5,5	5
TM-3200/35	3200	35/10,5	11,5	37	7	4,5
TM-5600/10	5600	10/6,3	18	56	5,5	4
TM-5600/35	5600	38,5/10,5	18,5	57	7,5	4,5
TM-5600/35	7500	38,5/11	24	75	7,5	3,5
TM-10000/35	10000	38,5/12	29	92	7,5	3



Bảng 6.1. THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA MÁY BIẾN ÁP 3 PHA 2 CUỘN DÂY

Loại máy	S <sub>n</sub> , MVA	U <sub>n1</sub> , kV	U <sub>n2</sub> kV	ΔP <sub>o</sub> , kW	ΔP <sub>K</sub> , kW	U <sub>k</sub> , %	I <sub>o</sub> , %
110 kV							
TMH	2,5	110	6,6 ; 11 ; 22	5	22	10,5	1,5
TДН	4,0	115	6,6 ; 11 ; 22				
TДН	6,3			10	50		1,0
ТРДН	10			14	60		0,9
ТРДН	16			21	85	10,5	0,85
ТРДН	25			29	120	10,5	0,8
ТРДНС	32			35	145	10,5	0,75
ТДН	40			42	175	10,5	0,7
ТРДНС	63			59	260	10,5	0,65
ТРДНС	80	115	10,5 ; 13,8	70	315	10,5	0,6
ТДН	125	121		120	520	10,5	0,55
ТДН	200	121		170	700	10,5	0,5
ТДН	250	121		200	790	10,5	0,5
ТДН	400	121	15,7 ; 22	230	1350	10,5	0,8
220 kV							
ТДГ	31,5	220	11	115	220	14	4,2
ТДГ	40	220	11	125	350	14	4,2
ТДГ	60	242	13,8	125	390	14	4
ТД	70	230	10,5	75	260	10,6	0,6
ТДГ	80	240	10,5 ; 13,8	80	320	11	0,6
ТДГ	90	240	10,5 ; 13,8	255	400	12,2	3,8
ТДГ	125	242	10,5 ; 13,8	115	380	11	0,5
ТДГ	180	242	13,8 ; 15,75	320	760	12	3,2
500 kV							
ТД	206	525	15,75 ; 20	145	700	13	0,35
ТД	250	525	13,8 ; 15,75	205	600	13	0,45
ТД	400	525	15,75 ; 20	320	800	13	0,4
ТД	630	525	15,75 ; 20	420	1300	14	0,35

Bảng 7.pl. THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP 3 PHA 3 CUỘN DÂY CÔNG SUẤT  $S_N$  (MVA)

Loại máy	$S_n$	Điện áp, kV			H.tổn, kW		U <sub>k</sub> %			I <sub>o</sub> %
		U <sub>C</sub>	U <sub>T</sub>	U <sub>H</sub>	$\Delta P_o$	$\Delta P_K$	C-T	C-H	T-H	
Điện áp sơ cấp 110 kV										
TMTГ	5,6	121	38,5	11	30	69,5	17	10,5	6	5
TMT	6,3	121	38,5	11	32	65	17	10,5	6	4,8
TMTH	6,3	115	38,5	11	13	52	10,5	17	6	1
TMTГ	7,5	121	38,5	11	35	82	17	10,5	6	4,6
TMTH	10	115	22	6,6	23	80	10,7	17	6	1,1
ТДТН	15	121	38,5	11	47	72	17	10,5	6	5
ТДТН	16	115	38,5	11	23	100	10,5	17	6	5
ТДТНГ	20	115	38,5	11	45	127	17	10,5	6	3,5
ТДТНШ	25	115	38,5	11	31	140	10,5	17,5	6,6	0,7
ТДТНГ	31,5	115	27,5	11	125	260	17,4	10,5	6,2	5
ТДТН	40	115	38,5	11	43	200	10,5	17,7	6,5	0,6
ТДТН	60	115	38,5	13,5	190	355	17,5	10,5	7	3
ТДТНГ	75	115	38,5	10,5	210	450	20	12	7,5	4
ТДТНГ	80	115	38,5	11	115	390	11	18	6,5	1,6
Điện áp sơ cấp 220 kV										
ТДТНГ	25	230	22 ; 38,5	11	41	135	12,5	20	6,5	1,2
ТДТНГ	40	230	22 ; 38,5	11	54	240	12,5	22	9,5	1,1
ТДТНГ	63	230	22 ; 38,5	11	75	320	12,5	24	10,5	1

Bảng 8. Pt. THAM SỐ KỸ THUẬT CỦA MỘT SỐ LOẠI ROLE KỸ THUẬT SỐ

Tham số	Role dòng điện Model EOGR								
	Loại	SP		Loại	SS		Loại	DS	
		1	2		1	2		1(T)	2(T)
Dòng điện đất, A	01	0,3 ÷ 2	0,2 ÷ 2	06	0,5 ÷ 6	0,5 ÷ 6	06	0,5 ÷ 6	0,5 ÷ 6
	10	1 ÷ 12	1 ÷ 12	30	3 ÷ 30	3 ÷ 30	30	3 ÷ 30	3 ÷ 30
	20	-	5 ÷ 25	60	-	5 ÷ 60	60	-	5 ÷ 60
Thời gian, s	10			1 ÷ 50			1 ÷ 50		
U, V	180 ÷ 250			180 ÷ 250			180 ÷ 250		
Phạm vi điều chỉnh áp, V	Role điện áp Model								
	Loại	EVR			Loại	EOVR		Loại	ÉUVR
		Quá áp	Thấp áp	Quá áp		Thấp áp			
	220	220 ÷ 300	160 ÷ 220	110		110 ÷ 150		110	70 ÷ 110
	380	380 ÷ 460	300 ÷ 380	220		220 ÷ 300		220	160 ÷ 220
	415	415 ÷ 500	340 ÷ 415	380		380 ÷ 400		380	300 ÷ 380
Thời gian, s	OVR : 0,5 ÷ 2 ; O-time : 1 ÷ 5				R-time : 0,2 ÷ 30 ; O-time : 0,2 ÷ 10				

Bảng 9. pt. THAM SỐ KỸ THUẬT CỦA ROLE KỸ THUẬT SỐ KIỂU SEL CỦA MỸ

mã hiệu	chức năng	U <sub>v</sub> , V		I <sub>v</sub> , A với dòng định mức				giá, \$	
		I. tục	10 sec	I <sub>n</sub> =5 A		I <sub>n</sub> =1 A			
				I.tục	1 sec	I.tục	1 sec		
SEL-421	BV, tự động, kiểm tra	300	600	15	500	3	100	6600	
SEL-311A	BVKC pha và KC đất	150	365	15	500	3	100	1800	
SEL-311B	BVKC có đóng lại	150	365	15	500	3	100	3000	
SEL-311C	BVKC có đóng lại CT	150	365	15	500	3	100	4200	
SEL-311L	BV so lệch ĐĐ	150	365	15	500	3	100	5750	
SEL-351	BVQD có hướng	300	600	15	500	3	100	2650	
SEL-501	BVQD vạn năng	24,48,125		15	250	3	100	1200	
SEL-551	BVQD có đóng lại	24,48,125		15	250	3	100	797	
SEL-387A	BVQD & SL	24 ÷ 220		15	500	3	100	950	
SEL-387E	BVSL& điện áp	300	600	15	500	3	100	5500	
SEL-587	BVSL	24 ÷ 125		15	250	3	100	1977	
SEL-587	BVSL thanh cái	300	600	15	500	3	100	6500	
SEL-749	BV động cơ	100 ÷ 250		15	250	3	150	1200	

## MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
<b>Modul 1. NHỮNG VẤN ĐỀ CƠ BẢN VỀ BẢO VỆ ROLE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA</b>	5
<i>Chương 1</i>	
<b>ĐẠI CƯƠNG VỀ BẢO VỆ ROLE</b>	
1.1. Khái niệm chung	6
1.2. Các phép logic dùng trong bảo vệ role	10
1.3. Các yêu cầu cơ bản đối với bảo vệ role	12
1.4. Các nguyên lý cơ bản thực hiện bảo vệ role	14
1.5. Tóm lược về tính toán ngắn mạch	19
1.6. Ví dụ và bài tập	23
<i>Chương 2</i>	
<b>NGUỒN THAO TÁC</b>	
2.1. Khái niệm chung	27
2.2. Nguồn thao tác xoay chiều	27
2.3. Nguồn thao tác chỉnh lưu	28
2.4. Nguồn thao tác bằng tụ tích điện	30
2.5. Nguồn thao tác một chiều	31
2.6. Đánh giá và so sánh các nguồn thao tác	34
<i>Chương 3</i>	
<b>ROLE VÀ MÁY BIẾN ĐỔI ĐO LƯỜNG</b>	
3.1. Đại cương	36
3.2. Role điện từ (electromagnetic relay)	36
3.3. Role tĩnh (static relay)	41
3.4. Role kỹ thuật số	44
3.5. Máy biến dòng	49
3.6. Máy biến điện áp	54
<i>Chương 4</i>	
<b>CÁC PHẦN TỬ TỰ ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN</b>	
4.1. Cảm biến không điện, dùng trong các sơ đồ tự động điều khiển	58
4.2. Khuếch đại từ	61
4.3. Bộ lọc các thành phần đối xứng	67
4.4. Thiết bị điều khiển logic khả trình – PLC	68

**Modul 2 : CÁC NGUYÊN LÝ THỰC HIỆN BẢO VỆ ROLE**

69

*Chương 5***BẢO VỆ QUÁ DÒNG ĐIỆN**

5.1. Đại cương	72
5.2. Bảo vệ dòng điện cực đại	72
5.3. Bảo vệ cắt nhanh	83
5.4. Sơ đồ bảo vệ quá dòng điện dùng role kỹ thuật số	89
5.5. Đánh giá bảo vệ quá dòng	91
5.6. Ví dụ và bài tập	92

*Chương 6***BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CÓ HƯỚNG**

6.1. Nguyên lý tác động	110
6.2. Role công suất	112
6.3. Tính toán bảo vệ có hướng	116
6.4. Sơ đồ thực hiện bảo vệ có hướng	119
6.5. Đánh giá và phạm vi áp dụng của bảo vệ có hướng	122
6.6. Ví dụ và bài tập	122

*Chương 7***BẢO VỆ SO LỆCH**

7.1. Đại cương	127
7.2. Nguyên lý tác động của bảo vệ so lệch	127
7.3. Các biện pháp nâng cao độ nhạy trong bảo vệ so lệch	130
7.4. Role bảo vệ so lệch	134
7.5. Tính toán bảo vệ so lệch	138
7.6. Ví dụ và bài tập	141

*Chương 8***BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH**

8.1. Nguyên lý tác động	151
8.2. Đặc tính thời gian và vùng tác động của bảo vệ khoảng cách	153
8.3. Sơ đồ thực hiện bảo vệ khoảng cách	155
8.4. Role điện trở	156
8.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhạy của bảo vệ khoảng cách	162
8.6. Đánh giá và phạm vi áp dụng của bảo vệ khoảng cách	164
8.7. Ví dụ và bài tập	164

<i>Chương 9</i>	
BẢO VỆ CAO TẦN VÀ VÔ TUYẾN	
9.1. Đại cương	181
9.2. Bảo vệ có hướng dùng khoá cao tần	182
9.3. Bảo vệ so lệch pha cao tần	184
9.4. Đánh giá bảo vệ cao tần	190
<b>Modul 3 : BẢO VỆ CÁC PHẦN TỬ HỆ THỐNG ĐIỆN</b>	<b>191</b>
<i>Chương 10</i>	
BẢO VỆ MÁY PHÁT VÀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN	
10.1. Đại cương	194
10.2. Bảo vệ chống sự cố phân tinh máy phát điện	194
10.3. Bảo vệ chống ngắn mạch chạm masse trong mạch kích từ	199
10.4. Bảo vệ chống chế độ làm việc không bình thường của máy phát	200
10.5. Sơ đồ bảo vệ máy phát	202
10.6. Bảo vệ động cơ điện	205
10.7. Ví dụ và bài tập	210
<i>Chương 11</i>	
BẢO VỆ MÁY BIẾN ÁP	
11.1. Đại cương	215
11.2. Bảo vệ chống sự cố trong máy biến áp	216
11.3. Bảo vệ trạm biến áp $35 \div 220$ kV không dùng máy cắt phía sơ cấp	222
11.4. Bảo vệ dòng điện thứ tự không cho máy biến áp	224
11.5. Thực hiện sơ đồ bảo vệ máy biến áp	225
11.6. Bảo vệ khối máy phát và máy biến áp	227
11.7. Ví dụ và bài tập	228
<i>Chương 12</i>	
BẢO VỆ ĐƯỜNG DÂY VÀ THANH CÁI	
12.1. Đại cương	237
12.2. Bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha trên đường dây	237
12.3. Bảo vệ chống ngắn mạch chạm đất	241
12.4. Bảo vệ đường dây phân phối	244
12.5. Bảo vệ thanh cái	244
12.6. Ví dụ và bài tập	247
	325

## Modul 4 : TỰ ĐỘNG HOÁ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

248

*Chương 13*

## TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH TẦN SỐ

13.1. Đại cương	257
13.2. Các đặc tính của máy phát và phụ tải	258
13.3. Sơ đồ tự động điều chỉnh tần số	260
13.4. Quá trình tự động điều chỉnh tần số	262
13.5. Điều chỉnh tần số trong trường hợp sự cố	266
13.6. Ví dụ và bài tập	269

*Chương 14*

## TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP

14.1. Đại cương	273
14.2. Sơ đồ tự động điều chỉnh kích từ theo nguyên lý ổn dòng và bù dòng	275
14.3. Sơ đồ phức hợp tự động điều chỉnh kích từ máy phát (compaun)	277
14.4. Sơ đồ tự động điều chỉnh điện áp bằng cơ cấu phức hợp với corrector điện áp	278
14.5. Tự động điều áp dưới tải	282
14.6. Tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù	284

*Chương 15*

## TỰ ĐỘNG KHỬ TỪ TRƯỜNG VÀ TỰ ĐỘNG HOÀ ĐỒNG BỘ MÁY PHÁT

15.1. Đại cương	292
15.2. Sơ đồ tự động khử từ trường	292
15.3. Các phương pháp hoà đồng bộ	294
15.4. Sơ đồ hoà đồng bộ máy phát điện	296

*Chương 16*

## TỰ ĐỘNG ĐÓNG LẠI VÀ TỰ ĐỘNG ĐÓNG DỰ PHÒNG

16.1. Đại cương	304
16.2. Sơ đồ tự động đóng lại đường dây một nguồn cung cấp	304
16.3. Phối hợp tự đóng lại với bảo vệ role	307
16.4. Tự động đóng lại đường dây 2 nguồn cung cấp	308
16.5. Sơ đồ tự động đóng dự phòng nguồn cung cấp	309

*Tài liệu tham khảo**Danh mục các từ viết tắt thường dùng* 314*Phụ lục**Mục lục* 323

*Chịu trách nhiệm xuất bản :*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI  
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập VŨ DƯƠNG THỦY

*Biên tập và sửa bản in :*

TRẦN TRỌNG TIẾN

*Trình bày bìa :*

BÙI QUANG TUẤN

*Ché bản :*

MINH CHÂU

---

**BẢO VỆ ROLE VÀ TỰ ĐỘNG HOÁ HỆ THỐNG ĐIỆN**

**Mã số: 7B624M5 - DAI**

In 1.500 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xí nghiệp in Hà Tây.  
Số XB: 595/25 - 05. In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2005.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ

HEVOBCO

Địa chỉ : 25 Hàn Thuyên, Hà Nội



## TÌM ĐỌC SÁCH THAM KHẢO CỦA NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

1	Tính toán thiết kế thiết bị điện tử công suất	Trần Văn Thịnh
2	Giáo trình lý thuyết mạch điện	Lê Văn Bảng
3	Máy điện trong thiết bị tự động	Nguyễn Phúc Hải
4	Công nghệ chế tạo máy điện và máy biến áp	Nguyễn Đức Sỹ
5	Sửa chữa máy điện và máy biến áp	Nguyễn Đức Sỹ
6	Kỹ thuật điện	Đặng Văn Đào
7	Trang bị điện - điện tử (Máy công nghiệp dùng chung)	Lê Văn Doanh
8	Trang bị điện - điện tử (Máy gia công kim loại)	Vũ Quang Hồi
9	Trang bị điện tử công nghiệp	Nguyễn Thị Liên Anh
10	Rơle số lý thuyết và ứng dụng	Nguyễn Mạnh Tiến
11	Kỹ thuật đo lường các đại lượng vật lí tập 1 & tập 2	Vũ Quang Hồi
		Vũ Văn Tẩm
		Phạm Thượng Hán

*Bạn đọc có thể mua tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở địa phương hoặc  
các Cửa hàng của Nhà xuất bản Giáo dục :*

Tại Hà Nội : 25 Hàn Thuyên hoặc 187 Giảng Võ ;

Tại Đà Nẵng : 15 Nguyễn Chí Thanh ;

Tại Thành phố Hồ Chí Minh : 240 Trần Bình Trọng - Quận 5.



8934980545409



Giá: 42.000đ