

PGS.TS. NGUYỄN HỮU CÔNG (*Chủ biên*)
PGS.TS. NGUYỄN THANH HÀ - ThS. NGUYỄN PHƯƠNG HUY
ThS. NGÔ PHƯƠNG THANH

KỸ THUẬT
ĐO ĐẾM ĐIỆN NĂNG
(Sách chuyên khảo)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
NĂM 2013

MÃ SỐ: $\frac{01-10}{\text{ĐHTN-2013}}$

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI GIỚI THIỆU	7
Chương I - MÁY BIẾN DÒNG, BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG	9
1.1. Đại cương về máy biến đổi đo lường.....	9
1.1.1. Giới thiệu tổng quan.....	9
1.1.2. Cấu tạo và những đặc trưng đo lường cơ bản của máy biến dòng và biến áp đo lường.....	10
1.2. Máy biến dòng, biến áp đo lường.....	17
1.2.1. Phân loại chung.....	17
1.2.2. Máy biến dòng đo lường.....	17
1.2.3. Máy biến áp đo lường.....	21
1.3. Kiểm định máy biến dòng, biến áp đo lường.....	24
1.3.1. Tổng hợp các phương pháp xác định sai số.....	24
1.3.2. Nguyên lý cấu tạo thiết bị kiểm định máy biến dòng và biến áp đo lường.....	26
1.3.3. Kiểm định máy biến áp đo lường.....	28
1.3.4. Kiểm định máy biến dòng trong mạch bảo vệ.....	32
Chương II - ĐO CÔNG SUẤT TRONG MẠCH XOAY CHIỀU	36
2.1. Đo công suất tác dụng trong mạch một pha.....	36
2.2. Đo công suất tác dụng trong mạch 3 pha.....	39
2.2.1. Tổng quát.....	39
2.2.2. Các phương pháp đo công suất tác dụng.....	40
2.3. Đo công suất phản kháng.....	46
2.3.1. Tổng quát.....	46
2.3.2. Các phương pháp đo công suất phản kháng.....	47

Chương III - ĐO NĂNG LƯỢNG TÁC DỤNG VÀ PHẢN KHÁNG	51
3.1. Công tơ điện cảm ứng	51
3.1.1. Khái niệm dụng cụ đo cảm ứng	51
3.1.2. Nguyên lý làm việc và cấu tạo chung của cơ cấu đo cảm ứng	51
3.1.3. Công tơ cảm ứng một pha	56
3.1.4. Sai số cơ bản và đường cong phụ tải của công tơ	77
3.1.5. Sai số phụ của công tơ	86
3.1.6. Công tơ cảm ứng ba pha	90
3.2. Công tơ điện tử	93
3.2.1. Nguyên tắc của phép đo điện năng	93
3.2.2. Ứng dụng đo đếm theo biểu giá	96
3.2.3. Cấu hình, thông tin và lưu trữ số liệu	102
3.3. Kiểm định công tơ	106
3.3.1. Phạm vi áp dụng	106
3.3.2. Các phép kiểm định	106
3.3.3. Phương tiện kiểm định	107
3.3.4. Điều kiện kiểm định	108
3.3.5. Tiến hành kiểm định	110
3.3.6. Xử lý chung	119
Chương IV - MẠCH ĐO LƯỜNG	119
4.1. Tổng quát	120
4.2. Phân tích mạch và sơ bộ kiểm tra mạch đo lường	120
4.3. Xây dựng đồ thị véc tơ	137
4.3.1. Dùng óátmét một pha hoặc $\cos\phi$ mét	137
4.3.2. Dùng hộp bộ đo lường VAF – 85M hoặc 4303	141
4.4. Các trường hợp đặc biệt	142
4.5. Các sơ đồ mạch đo lường Y đủ được sử dụng phổ biến	144
Chương V - HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐỌC CÔNG TƠ TỪ XA	172
5.1. Tổng quan hệ thống AMR	172
5.1.1. Lịch sử phát triển	172

5.1.2. Kiến trúc chung của AMR.....	176
5.1.3. Các phần tử chính trong hệ thống AMR.....	181
5.1.4. Lợi ích và những khó khăn khi triển khai công nghệ AMR	183
5.2. Phân loại các hệ thống AMR theo môi trường truyền thông ...	186
5.2.1. Một số môi trường truyền thông cho AMR	186
5.2.2. Các tiêu chí lựa chọn môi trường truyền thông cho AMR	186
5.2.3. Triển khai AMR dựa trên mạng điện thoại công cộng (PSTN)....	188
5.2.4. Triển khai AMR thông qua truy nhập di động GSM.....	192
5.2.5. AMR trên kênh vô tuyến công suất thấp (Low power Radio)	196
5.2.6. AMR trên kênh vô tuyến công suất lớn (High power Radio).	199
5.2.7. AMR qua kênh truyền thông điện lực Power line communications.....	201
5.3. Hệ thống AMR qua đường dây điện lực hạ thế CollectricTM	205
5.3.1. Giới thiệu Công nghệ	205
5.3.2. Bộ tập trung – Concentrator	206
5.3.3. Thiết bị phát từ xa một chiều – RTU.....	207
5.3.4. Thiết bị đo xa 2 chiều PRTU	207
5.3.5. Máy tính cầm tay	209
5.3.6. Main Computer	210
5.3.7. Các thiết bị khác.....	210
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	216

LỜI GIỚI THIỆU

Đo đếm điện năng là một yêu cầu quan trọng của ngành điện lực. Bất kì một Công ty điện lực nào thì chỉ tiêu kinh doanh cũng được đặt ra hàng đầu, chỉ tiêu kinh doanh có hai vấn đề là giá thành và tổn thất. Cuốn sách này cung cấp kiến thức cơ bản về thiết bị và phương pháp đo đếm điện năng nhằm mục đích giới thiệu cho bạn đọc nắm được cách lắp đặt, vận hành và quản lý việc kinh doanh điện nhằm quản lý được tổn thất thương mại. Nội dung tài liệu tập trung phân tích nguyên lý của công tơ cảm ứng và công tơ điện tử, nguyên lý của các bộ biến đổi điện áp và dòng điện; từ đó chỉ ra những vấn đề dẫn đến sai số; phân tích kỹ nguyên lý phương pháp và các sơ đồ cơ bản đo công suất và năng lượng trên hệ thống điện hiện nay.

Ngoài ra, việc ứng dụng các công nghệ cao vào quản lí điện năng sẽ giảm chi phí nhân công và đặc biệt sẽ giảm được tổn thất thương mại trong quá trình truyền tải. Vì vậy tài liệu cũng giới thiệu hệ thống tự động đọc công tơ điện từ xa và truyền thông qua đường dây điện lực (AMR). Hệ thống này mới được thử nghiệm tại một vài công ty Điện lực và nó còn mới mẻ đối với ngành điện.

Cuốn sách chuyên khảo này phục vụ cho sinh viên các ngành Hệ thống điện, Điều khiển và tự động hóa, Kỹ thuật điện,... của các trường Đại học, Cao đẳng. Ngoài ra, tài liệu cũng giúp ích cho các cán bộ kỹ thuật đang vận hành, quản lý hệ thống điện và cán bộ có quan tâm đến lĩnh vực đo công suất và năng lượng điện.

Tài liệu này được viết với kinh nghiệm nhiều năm đã giảng dạy về đo lường điện ở trường đại học, đồng thời đã trao đổi với các cán bộ kỹ thuật đang vận hành trong thực tế để đảm bảo tính sát thực của các thiết bị đo, các phương pháp và sơ đồ đo đếm công suất và năng lượng điện.

Tuy các tác giả đã có nhiều cố gắng khi biên soạn, nhưng tài liệu sẽ không tránh khỏi những khiếm khuyết. Chúng tôi mong nhận được sự đóng góp ý kiến của quý đồng nghiệp và các bạn sinh viên để lần tái bản sau được hoàn thiện hơn. Mọi góp ý xin được gửi về Nhà xuất bản Đại học Thái nguyên; địa chỉ: phường Tân Thịnh, thành phố Thái Nguyên.

Tác giả

Chương I

MÁY BIẾN DÒNG, BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG

1.1. Đại cương về bộ biến đổi đo lường

1.1.1. Giới thiệu tổng quan

Bộ biến đổi đo lường được định nghĩa là thiết bị cung cấp một đại lượng ở đầu ra có mối liên hệ xác định với đại lượng ở đầu vào. Ví dụ: Máy biến dòng, máy biến áp, cặp nhiệt điện, v.v...

Trong thực tiễn đo lường điện thường có nhu cầu phải biến đổi các đại lượng điện cần đo thành các đại lượng điện có giá trị tương ứng lớn hay nhỏ hơn tùy yêu cầu đo. Các bộ biến đổi đo lường điện thường được phân thành hai loại: Thụ động và chủ động.

- Loại thụ động: Được cấu thành từ các phần tử thụ động như: Điện trở, tụ điện, cuộn cảm, v.v... Đặc trưng cơ bản của nó là công suất tín hiệu đầu ra bao giờ cũng nhỏ hơn công suất tín hiệu đầu vào. Có thể sơ bộ liệt kê danh mục các loại này bao gồm: Sun, biến trở, phân áp, phân dòng kiểu điện dung hoặc điện cảm, máy biến dòng, máy biến áp, v.v... Chức năng chính của chúng là biến đổi các đại lượng đo là dòng điện và điện áp, đồng thời làm nhiệm vụ phân cách mạch điện.

- Loại chủ động: Là loại ngoài biến đổi giá trị đại lượng đo, nó còn làm tăng công suất tín hiệu đầu ra so với công suất tín hiệu đầu vào, các bộ biến đổi kiểu này bao gồm: Các bộ khuếch đại đo lường, các bộ tạo nguồn chủ động và biến đổi dòng điện.

Kết cấu của các bộ biến đổi đo lường có thể là riêng biệt hoặc kết hợp với các phương tiện đo và cũng có thể thêm vào những chức năng khác. Trường hợp tách riêng biệt thì những đặc trưng đo lường được

tiêu chuẩn hoá và không phụ thuộc vào các đặc trưng của phương tiện đo và dĩ nhiên là việc kiểm tra những bộ biến đổi đó sẽ được thực hiện hoàn toàn theo các chức năng riêng.

Đặc trưng đo lường quan trọng nhất của các bộ biến đổi là hệ số biến đổi danh nghĩa S , được xác định bằng tỷ số của tín hiệu đầu ra X_R trên tín hiệu đầu vào X_V .

$$S = \frac{X_R}{X_V} \quad (1.1)$$

Sự khác biệt giữa hệ số biến đổi thực S_T và hệ số biến đổi danh nghĩa S sẽ đặc trưng cho sai số của các bộ biến đổi. Sai số tương đối của bộ biến đổi được tính theo công thức sau:

$$\delta = \frac{|S_T - S|}{S} \cdot 100(\%) \quad (1.2)$$

Trong thực tế, khi sử dụng các bộ biến đổi đo lường kiểu thụ động, người ta thường dùng khái niệm tỷ số biến đổi K thay cho hệ số biến đổi S .

$$K = \frac{1}{S} \quad (1.3)$$

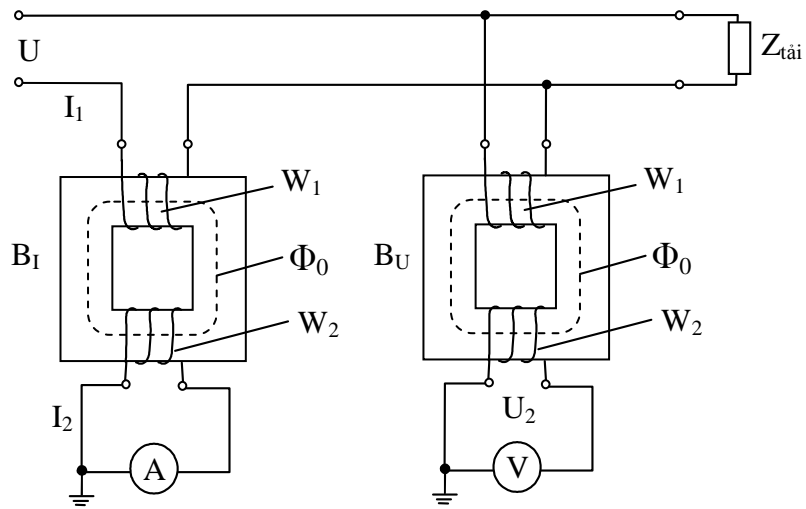
1.1.2. Cấu tạo và những đặc trưng đo lường cơ bản của máy biến dòng và biến áp đo lường

Để phục vụ cho việc đo đếm điện năng, bên cạnh các công tơ điện còn sử dụng các loại thiết bị phụ khác là máy biến dòng và máy biến áp đo lường.

Máy biến dòng và máy biến áp đo lường gọi tắt là B_I và B_U , là những bộ biến đổi dòng điện và điện áp cần đo thành những dòng điện, điện áp có giá trị tương ứng theo một tỷ lệ nhất định đã được chuẩn hoá để phục vụ cho nhu cầu đo và mở rộng giới hạn các phương tiện đo, đảm bảo an toàn cho người sử dụng và các trang thiết bị khác. Ngoài ra chúng còn được sử dụng vào chức năng của mạch bảo vệ.

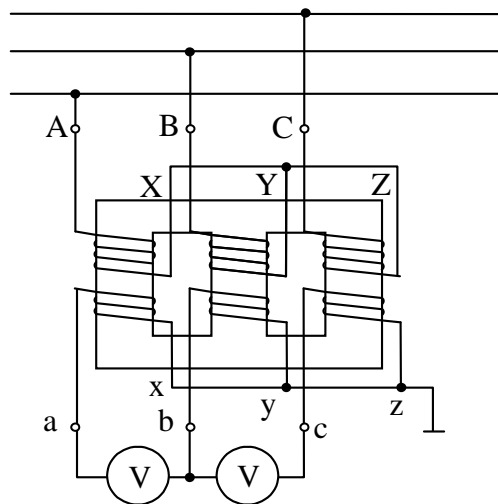
B_I và B_U thông dụng thường là loại có một hệ số biến đổi (một vào, một ra) và có cấu tạo đơn giản gồm: Một cuộn dây sơ cấp W_1 và

một cuộn dây thứ cấp W_2 cách điện với nhau, đặt chung trên một lõi sắt từ. Như vậy khi đóng điện sẽ có chung một dòng từ thông Φ_0 chạy qua (hình 1.1)



Hình 1.1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo và cách đấu B_I , B_U trong mạch đo

Để dùng riêng cho mạch điện 3 pha, người ta còn chế tạo B_U ba pha gồm có số lượng các cuộn sơ cấp và thứ cấp khác nhau, trên hình 1.2 là trường hợp minh họa của một B_U ba pha có 3 cuộn dây sơ cấp và 3 cuộn dây thứ cấp.



Hình 1.2. Sơ đồ cấu tạo nguyên lý và cách đấu B_U 3 pha

Để tăng độ cách điện và giảm độ tăng nhiệt, đối với những loại B_U có điện áp sơ cấp trên 1 kV người ta sử dụng dầu biến thế làm dung môi cách điện. Quan hệ giữa điện áp và số vòng của B_U được thể hiện qua đẳng thức:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (1.4)$$

Trong đó: w_1 và w_2 là số vòng của các cuộn dây sơ và thứ cấp.

Còn ở B_I quan hệ giữa dòng điện và số vòng dây (gọi là Ampe-vòng) được thể hiện như sau:

$$I_1 w_1 = I_2 w_2 \quad (1.5)$$

Theo (1.5) thì tỷ lệ giữa dòng điện trong cuộn dây và số vòng của cuộn dây đo luôn có một tỷ lệ tương quan hài hoà giữa cuộn sơ và thứ cấp, điều này có nghĩa là những B_I có dòng sơ cấp I_1 lớn hơn dòng thứ cấp I_2 theo một tỷ lệ nào đó thì số vòng dây trong cuộn sơ cấp w_1 phải nhỏ hơn số vòng dây trong cuộn thứ cấp w_2 theo tỷ lệ tương ứng với tỷ lệ dòng điện, ứng với qui luật này thì tiết diện dây trong cuộn cũng phải khác nhau và nó phụ thuộc vào giá trị dòng điện danh định.

Những B_I có dòng sơ cấp 75 A trở lên, để tiện cho khâu lắp đặt khi đưa vào sử dụng, người ta thường sử dụng lõi sắt từ có dạng hình xuyên và số vòng dây của cuộn sơ cấp là một vòng, như vậy khi lắp đặt chỉ cần xuyên thanh cái qua lỗ hình xuyên mà không phải quấn nhiều vòng dây qua lỗ. Theo tiêu chuẩn ứng dụng tại Việt Nam thì dòng điện thứ cấp I_2 thường được tiêu chuẩn hoá là 5 A và tiết diện dây thường là như nhau cho tất cả các loại.

Trên đây đã đề cập đến số vòng dây trong từng cuộn sơ cấp và thứ cấp của B_I và B_U . Đó là yếu tố ảnh hưởng lớn tới thành phần sai số về mô đun, còn về thành phần sai số góc pha thì yếu tố quan trọng là chất lượng của lõi sắt từ.

Cách đấu dây trong mạch đo lường và điều kiện làm việc của B_I và B_U có nhiều điểm khác nhau, dưới đây liệt kê một số điểm khác nhau cơ bản:

a) Cuộn sơ cấp của B_I mắc nối tiếp trong mạch đo lường còn cuộn sơ cấp của B_U mắc song song.

b) B_I làm việc trong chế độ bình thường là chế độ xem như ngắn mạch thứ cấp, còn ở B_U ngắn mạch thứ cấp là không được phép (ngắn mạch sự cố). Ở B_U hở mạch thứ cấp là chế độ làm việc bình thường, còn B_I hở mạch thứ cấp là không được phép vì khi đó mạch thứ cấp sẽ có điện áp cao, gây nguy hiểm cho người và làm hỏng cách điện của thiết bị.

c) Cảm ứng từ ở B_I luôn thay đổi còn ở B_U là không đổi (khi điện áp ổn định).

d) Dòng điện trong cuộn thứ cấp của B_I giới hạn qui định (ví dụ loại 5A hoặc 1A) không phụ thuộc giá trị tổng trở của tải trong mạch thứ cấp, nhưng lại phụ thuộc vào dòng sơ cấp, còn ở B_U dòng điện trong cuộn thứ cấp phụ thuộc vào tổng trở của tải, và khi đó dòng thứ cấp thay đổi kéo theo sự thay đổi của dòng sơ cấp.

Riêng về sai số của cả B_I và B_U đều liên quan đến giá trị của tải trong cuộn thứ cấp.

Các phương tiện đo lường được mắc trong mạch thứ cấp của B_I và B_U , nếu không lắp lần được thì trên mặt số của các loại phương tiện này đều có qui định tỷ số biến đổi và khắc vạch theo tỷ số biến đổi đó.

$$\text{Đối với } B_I: K_I = \frac{I_1}{I_2} \quad (1.6)$$

$$\text{Đối với } B_U: K_U = \frac{U_1}{U_2} \quad (1.7)$$

Đối với các loại B_I và B_U lắp lần phải căn cứ theo số chỉ của phương tiện đo mắc trong mạch thứ cấp và tỷ số biến đổi của B_I và B_U , từ đó ta có thể biết được các giá trị của đại lượng cần đo của mạch sơ cấp.

$$I_1 = K_I I_2 \quad \text{và} \quad U_1 = K_U U_2 \quad (1.8)$$

Thông thường mỗi B_I và B_U được chế tạo có một hoặc nhiều tỷ số biến đổi, tùy thuộc vào chức năng sử dụng, những B_I và B_U dùng trong

mạch trung thể thì trong cấu tạo của chúng còn có thêm những cuộn phụ phục vụ cho mạch role bảo vệ.

Ngoài các giá trị dòng điện và điện áp danh định, tỷ số biến đổi danh nghĩa, B_I và B_U còn có những thông số quan trọng khác như dung lượng (tổng trở mạch ngoài có thể mắc vào B_I và B_U), sai số (cấp chính xác) và chúng liên quan chặt chẽ với nhau.

Một đặc trưng đo lường khác biệt và rất quan trọng khi so sánh B_I và B_U với các loại máy biến đổi đo lường khác là sai số của B_I và B_U được xác định bằng hai thành phần là: Sai số về mô đun và sai số về góc pha.

Sai số về mô đun là sai lệch tỷ số biến đổi giữa dòng điện (điện áp) sơ cấp với dòng điện (điện áp) thứ cấp tính theo % đại lượng biến đổi, thường gọi là sai số dòng (B_I) hoặc sai số điện áp (B_U). Sai số này được biểu thị bằng công thức:

$$\text{Đối với } B_I: f_I \% = \frac{KI_2 - I_1}{I_1} \cdot 100\% \quad (1.9)$$

$$\text{Đối với } B_U: f_U \% = \frac{KU_2 - U_1}{U_1} \cdot 100\% \quad (1.10)$$

Dạng tổng quát:

$$\left. \begin{aligned} f \% &= \frac{K - K_t}{K_t} \cdot 100\%; \\ K_t &= \frac{I_1}{I_2} \text{ (Đối với } B_I); \\ K_t &= \frac{U_1}{U_2} \text{ (Đối với } B_U) \end{aligned} \right\} \quad (1.11)$$

Trong đó:

$I_1(U_1)$: cường độ dòng điện (điện áp) sơ cấp.

$I_2(U_2)$: cường độ dòng điện (điện áp) thứ cấp.

K : hệ số biến đổi danh định của B_I (B_U).

K_t : hệ số biến đổi thực tế của B_I (B_U).

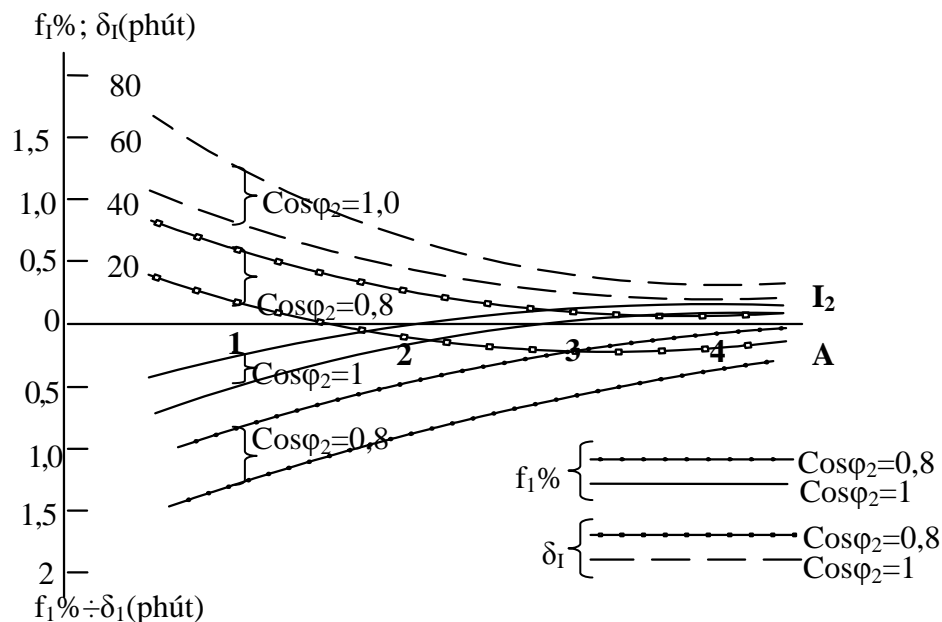
Sai số góc pha của B_I (B_U): Là góc lệch pha giữa véc tơ dòng điện (điện áp) sơ cấp với véc tơ dòng điện (điện áp) thứ cấp. Sai số góc sẽ dương nếu véc tơ dòng điện (điện áp) thứ cấp vượt pha trước véc tơ dòng (điện áp) sơ cấp và ngược lại, sai số góc sẽ âm nếu véc tơ dòng điện (điện áp) thứ cấp chậm pha so với véc tơ dòng điện (điện áp) sơ cấp.

Sai số góc biểu thị bằng phút (') hoặc radian (rad) hay centi Radian.

Cả hai thành phần sai số đều do tổn hao năng lượng trong lõi sắt từ và các cuộn dây gây ra, chúng phụ thuộc chủ yếu vào dòng điện (điện áp) sơ cấp và tải của mạch thứ cấp.

Đối với các phép đo công suất và năng lượng điện, ngoài sai số do tỷ số biến đổi của B_I và B_U , thành phần sai số góc cũng đóng vai trò quan trọng vì chúng có ảnh hưởng đến thành phần góc lệch pha.

Sự phụ thuộc giữa sai số của B_I và B_U vào tải trong mạch thứ cấp và đặc tính của tải được trình bày trên hình 1.3 và 1.4.

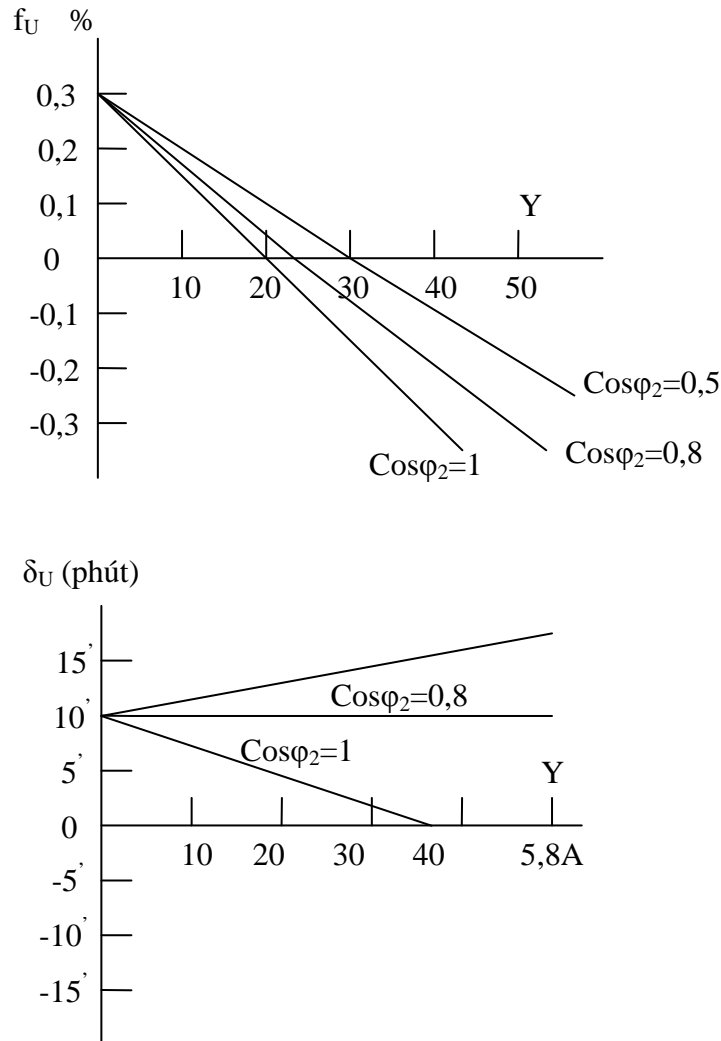


Hình 1.3. Sai số dòng và sai số góc của B_I

Trên hình 1.3 là đồ thị sai số dòng điện f_I và sai số góc δ_I ở những giá trị khác nhau của tải mắc trong mạch thứ cấp (trường hợp ở tải

1,8 Ω và 0,6 Ω), ở các chế độ dòng thứ cấp khác nhau và ở những đặc tính khác nhau của tải, ở đây trình bày hai trường hợp điển hình khi $\cos\varphi = 1$ và $\cos\varphi = 0,8$.

Tương tự như vậy đối với B_U trên hình 1.4 là đồ thị sai số điện áp f_U và sai số góc δ_U ở những giá trị khác nhau của tải Y mắc trong mạch thứ cấp (trường hợp ở các giá trị tải Y từ 0 đến 50 VA) và ở những đặc tính khác nhau của tải, ở đây trình bày 3 trường hợp điển hình khi $\cos\varphi = 1$, $\cos\varphi = 0,8$ và $\cos\varphi = 0,5$.



Hình 1.4. Sai số điện áp và sai số góc B_U

1.2. Máy biến dòng, biến áp đo lường

1.2.1. Phân loại chung

Theo tiêu chuẩn về đặc trưng kỹ thuật, B_I và B_U được chế tạo thành hai loại chính dùng trong đo lường và dùng trong mạch bảo vệ, nếu phân loại theo mục đích sử dụng thì cũng có thể phân làm 2 loại: loại dùng trong phòng thí nghiệm và loại lắp đặt tĩnh tại.

Loại dùng trong phòng thí nghiệm: Thường có cấp chính xác cao và có nhiều tỷ số biến đổi, chúng được dùng để thực hiện các phép đo đếm, thử nghiệm, ngoài ra còn dùng làm chuẩn để kiểm định các loại B_I (B_U) có cấp chính xác thấp hơn.

Loại lắp đặt tĩnh: Thường có cấp chính xác thấp hơn, được sử dụng trong các tủ bảng điện ở các trạm điện phục vụ cho khâu đo đếm ở các lộ nguồn tải điện và cấp điện cho các ngành kinh tế quốc dân.

Nếu phân loại B_I và B_U dùng trong mạch bảo vệ, chúng thuộc nhóm lắp đặt tĩnh tại, có ký hiệu cấp chính xác riêng. Thông thường để tiện cho việc sử dụng và lắp đặt người ta chế tạo theo đặc trưng kỹ thuật riêng cho mục đích bảo vệ nhưng lại kết hợp chung trong cùng một B_I , B_U đo lường. Trong trường hợp này sẽ có một cuộn sơ cấp và hai cuộn thứ cấp, cuộn dùng cho mạch đo lường sẽ có công suất chịu tải (dung lượng) nhỏ hơn nhưng cấp chính xác cao hơn còn cuộn dùng cho mục đích bảo vệ có dung lượng lớn hơn nhưng cấp chính xác thấp hơn.

Do những đặc trưng kỹ thuật rất đặc thù ở chức năng của mạch bảo vệ, ở đây người ta chủ yếu quan tâm nhiều đến sai số hỗn hợp ở ngưỡng giới hạn dòng danh định và vì thường sử dụng sơ đồ tương đương để xác định loại sai số này.

1.2.2. Máy biến dòng đo lường

1.2.2.1. Máy biến dòng đo lường lắp đặt tĩnh

Theo TCVN 5928 – 1995 (IEC 185 - 1996) máy biến dòng có cấp chính xác 0,1; 0,2; 0,5; 1; 3; 5.

Cường độ dòng sơ cấp nằm trong dãy số từ 1 A đến 40.000 A, cường độ dòng thứ cấp là 5 A hoặc 1 A và 2 A. Tải mạch thứ cấp nằm

trong dãy số (2,5; 5; 10; 15; 30) VA; ngoài ra còn có loại B_I được chế tạo với tải thứ cấp nằm trong dãy số (40); (50); (60); (75); (100) VA ở hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$ (số trong ngoặc là những giá trị tải điện cảm, mạng tĩnh).

B_I tính tại thường được chế tạo với hệ số biến đổi làm việc ở tần số 50 hoặc 60 Hz. Người ta thường phân biệt B_I cao thế và B_I hạ thế mà điểm khác nhau cơ bản là độ cách điện giữa các cuộn dây với nhau và với vỏ máy và điện áp danh định của máy. Giá trị điện áp này nằm trong dãy số từ 0,66 kV đến 750 kV.

Thông số kỹ thuật của B_I qui định ở bảng 1.1.

Bảng 1.1

Cấp chính xác B _I	$\frac{I}{I_n}100$ (%)	Giới hạn sai số cho phép			Tải mạch thứ cấp Cosφ = 0,8L (%)
		Dòng điện	Góc		
		(%)	Phút	radian	
0,1	10	± 0,25	± 10	± 0,30	25 - 100
	20	± 0,2	± 8	± 0,24	
	100 - 120	± 0,1	± 5	± 0,15	
0,2	10	± 0,50	± 20	± 0,60	25 - 100
	20	± 0,35	± 15	± 0,45	
	100 - 120	± 0,2	± 10	± 0,3	
0,5	10	± 1,0	± 60	± 1,8	25 - 100
	20	± 0,75	± 45	± 1,35	
	100 - 120	± 0,5	± 30	± 0,9	
1	10	± 2	± 120	± 3,6	25 - 100
	20	± 1,5	± 90	± 2,7	
	100 - 120	± 1	± 60	± 1,8	
3	50 - 120	± 3	Không qui định		50 - 100
5	50 - 150	± 5	Không qui định		50 - 100

Chú thích

Riêng với B_I dùng trong phòng thí nghiệm có cấp chính xác cao hơn 0,1 sai số được xác định ở những giá trị qui định trong bảng 1.1 và ngoài ra còn thêm ở giá trị dòng điện từ 5 % đến 100 % dòng danh định và phạm vi giới hạn của tải như sau:

- Giá trị tải từ 25 % đến 100 % tải danh định với hệ số công suất bằng 0,8 cảm kháng.
- Giá trị từ 5 % đến 10 % từ danh định hệ số công suất bằng 1.

1.2.2.2. Máy biến dòng đo lường dùng trong phòng thí nghiệm

Thường được chế tạo với các cấp chính xác 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2, v.v...

Để đơn giản hoá và thống nhất, ở Việt Nam cũng như nhiều nước trên thế giới đều áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế IEC.

Đối với các B_I dùng trong phòng thí nghiệm có cấp chính xác cao hơn 0,1 người ta căn cứ theo các thông số kỹ thuật ứng với cấp chính xác qui định trong bảng 1 rồi nhân thêm với hệ số thập phân tương ứng với cấp chính xác đó.

Ví dụ: Nếu ta cần thông số kỹ thuật của B_I trong phòng thí nghiệm có cấp chính xác 0,02 phải lấy các thông số kỹ thuật ứng với cấp chính xác 0,2 trong bảng rồi nhân với hệ số 0,1.

B_I dùng trong phòng thí nghiệm thường có nhiều tỷ số biến đổi, người ta thực hiện bằng cách đơn giản là thay đổi số vòng dây cuộn sơ cấp. Loại B_I này có nhiều giá trị dòng sơ cấp, những giá trị này được chọn trong dãy số từ $(0,1 \div 800)$ A và từ $(1 \div 60)$ kA.

Giá trị dòng thứ cấp được định mức là 5 A tuy nhiên cũng có một số loại được chế tạo theo nhu cầu riêng và ở một số tiêu chuẩn của các quốc gia khác, cường độ dòng thứ cấp được qui định là 1 A hoặc 2 A tần số 50 hoặc 60 Hz.

Tải của mạch thứ cấp hay còn gọi là dung lượng nằm trong dải: 2,5; 5; 10; 15 V.A.

Điện áp danh định hay điện áp làm việc của B_I là điện áp giữa cuộn sơ cấp so với cuộn thứ cấp và vỏ do nhà chế tạo qui định cho từng loại cụ thể và những giá trị điện áp này nằm trong giới hạn: (0,66; 3; 10; 35) kV.

Các thông số kỹ thuật của B_I dùng trong phòng thí nghiệm được qui định trong bảng 1.1 và nhân thêm với hệ số thập phân tương ứng với cấp chính xác của nó.

1.2.2.3. Máy biến dòng dùng trong mạch bảo vệ

Được chế tạo với các cấp chính xác 5P và 10P. Như đã trình bày ở trên, chức năng bảo vệ thường được chế tạo riêng hoặc có thể được kết hợp chung trong cùng một máy biến dòng đo lường loại lắp đặt tĩnh tại.

Ngoài ký hiệu cấp chính xác được qui định riêng, các thông số khác như: tỷ số biến đổi, dung lượng, tần số... cũng tương tự như B_I đo lường.

Đặc điểm khác biệt mà chúng ta cần lưu ý ở B_I dùng trong mạch bảo vệ có qui định 2 loại sai số là: Sai số dòng điện (sai số đo lường) ở dòng sơ cấp danh định và sai số hỗn hợp ở giới hạn dòng sơ cấp danh định. Các thông số kỹ thuật qui định trong bảng 1.2.

Bảng 1.2

Cấp chính xác	Sai số dòng điện sơ cấp danh định (%)	Sai số dòng điện sơ cấp danh định		Sai số hỗn hợp ở giới hạn dòng điện sơ cấp có cấp chính xác danh định (%)
		Phút	centiradian	
5P	± 1	± 60	$\pm 1,8$	5
10P	± 3	-	-	10

Để đơn giản hoá hãy xem ví dụ sau:

Máy biến dòng dùng trong mạch bảo vệ có ký hiệu 5P 20, tỷ lệ biến đổi 100/5.

Số 5 chỉ sai số hỗn hợp ở giới hạn dòng sơ cấp danh định

$$(20 \times 100 \text{ A}) = 200 \text{ A}$$

P chỉ máy biến dòng dùng trong mạch bảo vệ (chữ viết tắt trong Tiếng Anh: Protection)

Số 20 chỉ số lần tăng đến ngưỡng giới hạn dòng sơ cấp danh định (20 lần) là 2000 A

Khi dùng ở mạch bảo vệ, cuộn sơ cấp có khả năng chịu được dòng điện tăng đến 20 lần (2000 A) và sai số hỗn hợp ở ngưỡng giới hạn này phải nằm trong phạm vi $\pm 5 \%$.

Cũng B_I này nhưng sai số đo lường ở dòng sơ cấp danh định 100 A phải trong giới hạn $\pm 1 \%$ và $\pm 6 \%$.

1.2.3. Máy biến áp đo lường

Cũng như máy biến dòng đo lường theo mục đích sử dụng, máy biến áp đo lường phân làm hai loại: Loại lắp đặt tĩnh tại và loại dùng trong phòng thí nghiệm.

1.2.3.1. Máy biến áp đo lường lắp đặt tĩnh

Theo TCVN 6097 – 1996 (IEC 186 - 1987) máy biến áp đo lường có các cấp chính xác: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 3.

Đặc trưng kỹ thuật của B_U như sau:

- Làm việc ở lưới điện tần số 50 hoặc 60 Hz.
- Điện áp sơ cấp danh định là những giá trị nằm trong giới hạn hệ thống điện áp chuẩn được qui định theo TCVN 181 – 1996 (IEC - 38) trong dải từ 0,38 kV đến 750 kV, áp dụng cho máy biến áp ba pha hoặc giữa các pha trong hệ thống ba pha.

Điện áp thứ cấp danh định (tùy thuộc vào thực tế nơi sử dụng) thường qui định ở những giá trị tiêu chuẩn hoá và chúng được coi như giá trị chuẩn đối với máy biến áp ba pha mà máy biến áp một pha trong hệ thống một pha hoặc được nối giữa pha với pha trong hệ thống ba pha. Các giá trị đó là: 100 V (điện áp dây), $(100/\sqrt{3})$ V (điện áp pha) và $(100/3)$ V dành cho những nhu cầu đặc biệt khi có thêm cuộn phụ.

Tương tự như vậy còn có các giá trị điện áp thứ cấp danh định:

- 110 V; $110\sqrt{3}$ V và $110/3$ V.
- 115 V; $115\sqrt{3}$ V và $115/3$ V.
- 120 V; $120\sqrt{3}$ V và $120/3$ V.
- 200 V; $200\sqrt{3}$ V và $200/3$ V.
- 220 V; $220\sqrt{3}$ V và $220/3$ V.
- 230 V; $230\sqrt{3}$ V và $230/3$ V.

Như vậy, tùy thuộc vào cấu tạo và chức năng đối với máy biến áp một pha nếu sử dụng trong mạng điện áp dây sẽ ký hiệu điện áp dây hoặc là một pha đơn để sử dụng một pha với đất trong hệ thống 3 pha có điện áp sơ cấp danh định là một số nằm trong giới hạn giá trị chuẩn của điện áp sơ cấp chia cho và điện áp thứ cấp danh định phải là một trong những giá trị nêu trên chia cho $\sqrt{3}$.

Vì vậy, giá trị của tỷ số biến đổi điện áp danh định vẫn duy trì mà không bị thay đổi.

Về mặt cấu tạo có hai loại BU: Loại một pha và ba pha, riêng loại ba pha được phân ra: Loại ba pha hai cuộn dây với hai cuộn thứ cấp và loại ba pha ba cuộn dây với hai cuộn thứ cấp trong đó có một cuộn chính và một cuộn phụ.

Công suất danh định của tải mạch thứ cấp được qui định nằm trong dãy số: 5, (10), 15, (25), 30, (50), 75, (100), 150, (200), 300, (400), 500 V.A. Số trong ngoặc là những giá trị ưu tiên.

Trong điều kiện làm việc bình thường của máy biến áp đo lường, khi giá trị điện áp sơ cấp thay đổi trong phạm vi từ 0,8 đến 1,2 lần so với điện áp sơ cấp danh định, giới hạn sai số cho phép được qui định trong bảng 1.3.

Bảng 1.3

Cấp chính xác	Giới hạn sai số cho phép			Công suất tải mạch tứ cấp $\text{Cos}\varphi = 0,8$ L (%)
	Điện áp (%)	Góc		
		Phút	Centiradian	
0,1	0,1	5	0,15	$25 \div 100$
0,2	0,2	10	0,30	$25 \div 100$
0,5	0,5	20	0,60	$25 \div 100$
1,0	1,0	40	1,20	$25 \div 100$
3,0	3,0	Không qui định		$25 \div 100$

1.2.3.2. Máy biến áp đo lường dùng trong phòng thí nghiệm

B_U dùng trong phòng thí nghiệm có cấp chính xác 0,1; 0,2 và cao hơn. Với cấp chính xác trên 0,1 thì sai số điện áp và góc được xác định căn cứ theo các giá trị qui định trong bảng 3 nhân với cùng một số thập phân tương ứng với cấp chính xác và các giá trị sai số được xác định ở phạm vi và giới hạn như sau:

- Phạm vi điện áp từ 5 % đến 100 % điện áp danh định, giá trị tải từ 25 % đến 100 % tải danh định, hệ số công suất bằng 0,8 cảm kháng.
- Phạm vi điện áp từ 5 % đến 10 % điện áp danh định, hệ số công suất bằng 1 (ngoài các qui định nêu trên qui định này được áp dụng thêm cho B_U có cấp chính xác trên 0,1).
- Máy biến áp dùng trong mạch bảo vệ

B_U dùng trong mạch bảo vệ cấp chính xác 3P và 6P.

Trong phạm vi từ 5 % điện áp danh định và ở điện áp danh định nhân với hệ số điện áp danh định (1,2; 1,5 hoặc 1,9) và giá trị tải trong phạm vi từ 25 % đến 100 % tải danh định, hệ số công suất bằng 0,8 cảm kháng, các giá trị về sai số được qui định ở bảng 1.4.

Tại 2 % điện áp danh định, giá trị tải trong phạm vi từ 25 % đến 100 % tải danh định, hệ số công suất bằng 0,8 cảm kháng, các giá trị sai

số của B_U dùng trong mạch bảo vệ được phép lớn gấp 2 lần giá trị qui định trong bảng 1.4.

Bảng 1.4

Cấp chính xác	Giới hạn sai số cho phép		
	<i>Điện áp (%)</i>	<i>Góc</i>	
		<i>Phút</i>	<i>centiradian</i>
3P	3,0	120	3,5
6P	6,0	240	7,0

1.3. Kiểm định máy biến dòng, biến áp đo lường

1.3.1. Tổng hợp các phương pháp xác định sai số

Các phương pháp xác định sai số bộ biến đổi đo lường được trình bày trên hình 1.5. Phương pháp đơn giản nhất trên hình 1.5a, theo đó ta phải đồng thời đo các đại lượng đầu vào và đầu ra, rồi tính sai số của bộ biến đổi theo công thức (1.1);(1.2) nêu trong mục 1.1.1. Nếu thực hiện phương pháp này ta chỉ có thể xác định được sai số biến đổi về mô đun mà không thể xác định được sai số góc khi biến đổi các đại lượng điện xoay chiều. Đây là nhược điểm chính của phương pháp này. Một nhược điểm nữa của phương pháp là không thể đo đồng thời các giá trị đại lượng đầu ra và đầu vào trên cùng một phương tiện đo nên cũng gây ra sai số phép đo.

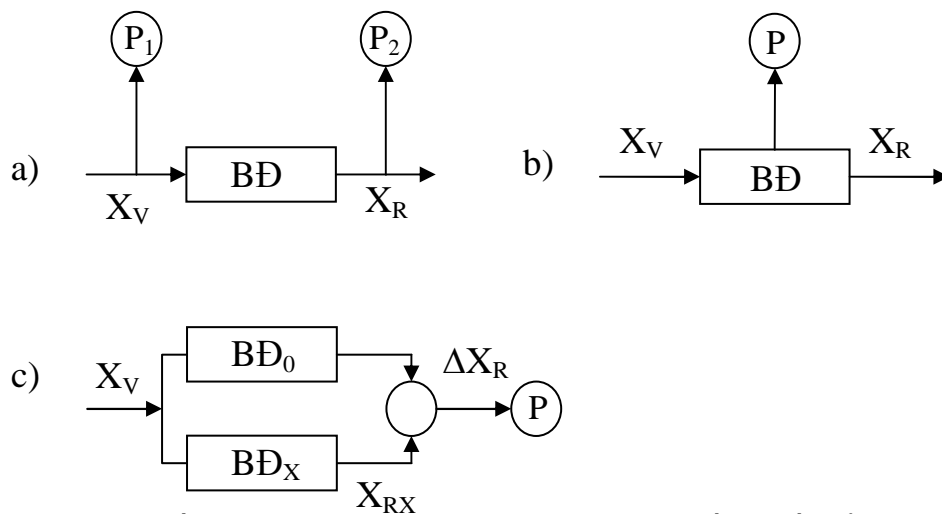
Ở một số bộ biến đổi khác ta có thể đo trực tiếp hệ số biến đổi hoặc thông qua các hàm biến đổi có liên quan đến các đại lượng biến đổi ví dụ điện trở của Sun. Trong trường hợp này ta chỉ cần sử dụng một phương tiện đo là đủ. Phương pháp được trình bày trên hình 1.5b.

Phương pháp tối ưu và phổ cập hiện nay là sử dụng các bộ biến đổi chuẩn đi cùng thiết bị so sánh tạo nên thiết bị đồng bộ khi so sánh các đại lượng đầu ra của bộ biến đổi, như vậy sẽ cho phép ta đo trực tiếp giá trị các loại sai số của bộ biến đổi. Hình 1.5c trình bày nguyên lý của phương pháp, theo đó các đại lượng đầu vào X_V sẽ đồng thời được

đưa vào bộ biến đổi chuẩn và bộ biến đổi cần kiểm định, các bộ biến đổi này phải có cùng một tỷ số biến đổi. Thiết bị so sánh sẽ làm nhiệm vụ so sánh đại lượng đầu ra X_R của các bộ biến đổi và xác định độ sai lệch ΔX_R giữa bộ biến đổi chuẩn và bộ biến đổi cần kiểm định theo tỷ lệ tương quan với sai số của bộ biến đổi cần kiểm định. Độ sai lệch sẽ được đo bằng dụng cụ đo đặc biệt đã được khắc vạch sẵn theo các giá trị sai số.

Phương pháp này đòi hỏi phải sử dụng hợp bộ đo lường tương đối phức tạp nhưng nó đảm bảo được chất lượng cũng như năng suất của việc kiểm định.

Nguyên lý và phương pháp thực hiện sẽ được trình bày cụ thể trong phần dưới đây.



Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý của phương pháp xác định sai số bộ biến đổi

Các ký hiệu trên hình vẽ:

P: phương tiện đo

BĐ: bộ biến đổi

X_V, X_R : tín hiệu đầu vào, ra

Không phân biệt B_I (B_U) dùng trong phòng thí nghiệm hay lắp đặt tĩnh tại, B_I (B_U) sử dụng ở mạch hạ thế, khi kiểm định phải sử dụng một trong các loại thiết bị kiểm định chuyên dụng như sau:

- Kiểu P 599, AIT hoặc K 507 do CHLB Nga sản xuất.
- Kiểu TG, DST hoặc ATS của hãng KDK Nhật Bản.
- Thiết bị của hãng Tellex Thụy Sĩ hoặc Zera CHLB Đức.
- Thiết bị của hãng AVO International (Hoa Kỳ).

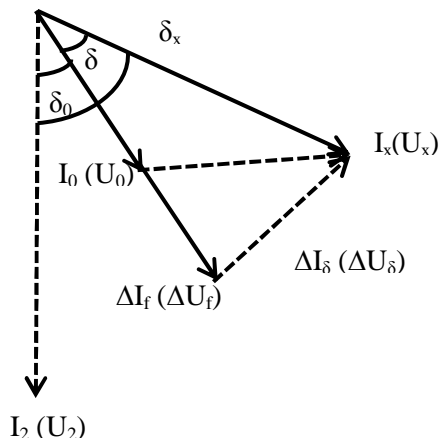
1.3.2. Nguyên lý cấu tạo thiết bị kiểm định máy biến dòng và biến áp đo lường

Khi so sánh hai véc tơ dòng điện (điện áp) dạng tổng quát của phép so sánh, ta có:

$$\overline{\Delta I} = \overline{I_x} - \overline{I_0} \quad (1.12)$$

Để đơn giản hoá và thuận tiện cho việc so sánh, ta áp dụng phương pháp chiếu trục, phép so sánh được thực hiện trên hai trục tọa độ vuông góc nhau.

Trong đó có một trục đồng pha (trục sai số %) và một trục lệch pha 90° (trục sai số góc pha).



Hình 1.6a .Đồ thị véc tơ thể hiện nguyên lý đo

Căn cứ theo trục tọa độ, ta có:

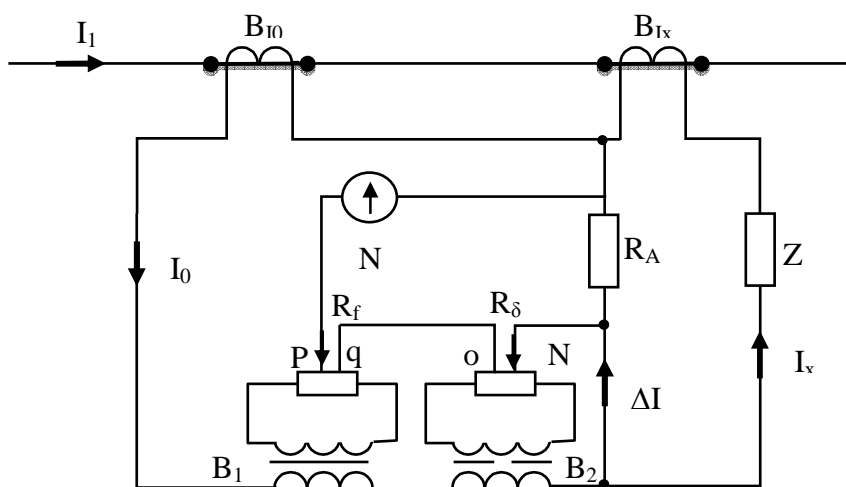
$$\overline{\Delta I} = \overline{\Delta I_f} + \overline{\Delta I_\delta} \quad (1.13)$$

Đây là hai thành phần sai số cần quan tâm.

Thiết bị kiểm định máy biến dòng và máy biến áp đo lường được cấu tạo dựa trên cơ sở lý thuyết vừa nêu.

Trên thiết bị này người ta áp dụng phương pháp đo vi sai, so sánh $B_I (B_U)$ cần kiểm định, gọi tắt là $B_I (B_U)$ kiểm và $B_I (B_U)$ chuẩn có cùng một tỷ số biến đổi. Thiết bị kiểm $B_I (B_U)$ gồm 2 thành phần chính: Thành phần đồng pha với $B_I (B_U)$ chuẩn và thành phần lệch pha 90° với $B_I (B_U)$ chuẩn.

Thành phần lệch pha 90^0 với B_I (B_U) chuẩn để xác định sai số góc (phút góc hoặc Radian).



Hình 1.6b . Sơ đồ nguyên lý khi kiểm định máy biến dòng

B_{IO}: Máy biến dòng chuẩn

B_{IX}: Máy biến dòng kiểm

Z: Hộp tạo tải để tạo tải trong mạch thứ cấp của biến dòng kiểm

N: Chỉ thị không

R_A : Điện trở vi sai

R_f : Biến trở đồng pha (khắc độ theo %)

R_δ : Biến trở lệch pha 90° (khắc độ theo phút góc)

B₁: Biện pháp ngăn cách

B₂: Biến áp dịch pha.

Để kiểm định được $B_I (B_U)$ ngoài thiết bị kể trên, điều kiện tiên quyết là phải có $B_I (B_U)$ chuẩn có cùng một tỷ số biến đổi như $B_I (B_U)$ kiểm. Tuy nhiên với sự phát triển kỹ thuật và ứng dụng công nghệ cao ngày nay người ta đã chế tạo ra các bộ bù tỷ số biến đổi hoặc bù bằng phần mềm, khi so sánh trên máy so sử dụng các bộ vi xử lý nhằm hạn chế đến mức tối đa việc phải sử dụng nhiều chuẩn $B_I (B_U)$.

Thành phần ΔI_δ của hiệu số các dòng điện ΔI lệch pha $1/4$ chu kỳ (90°) so với dòng điện I_0 , nó tỷ lệ với tang của góc lệch pha giữa các véc tơ I_x và I_0 .

Góc δ là hiệu số giữa các sai số góc của B_I chuẩn và B_I kiểm.

Tỷ số giữa thành phần ΔI_δ so với dòng I_0 biểu thị bằng đơn vị phút góc (khi góc δ rất nhỏ và dòng I_0 và I_x gần bằng nhau) sẽ đúng bằng giá trị góc δ .

$$\delta = \delta_x - \delta_0 = \frac{360.60.\Delta I_\delta}{2\pi.I_0} = 3438 \frac{\Delta I_\delta}{I_0} \quad (1.14)$$

Sai số góc sẽ dương nếu dòng I_x vượt pha so với dòng I_0 và nếu âm nếu dòng I_x chậm pha so với I_0 .

Thiết bị kiểm định $B_I (B_U)$ đo được các thành phần của ΔI vừa nêu trên và cho phép tính toán được hiệu số của các sai số dòng điện và góc của B_I chuẩn và B_I kiểm, biểu thị bằng % và phút, trực tiếp trên thang đo của thiết bị.

Nhờ bộ dịch pha T_2 độ giảm điện thế trên biến trở R_δ lệch pha so với dòng I_0 một góc 90° .

Giá trị và dấu của điện áp trên các biến trở phụ thuộc vào vị trí con trượt trên biến trở đã khắc vạch và tạo ra trên biến trở đồng pha.

$$U_{PO} = \pm A. I_0. R_f \quad (1.15)$$

Còn trên biến trở lệch pha 90° :

$$U_{NO} = \pm B. I_0. R_\delta \quad (1.16)$$

Trong đó A và B là các hệ số tỷ lệ.

Khi kiểm định máy biến dòng, ta xoay các núm vặn của 2 biến trở để đạt được trạng thái cân bằng (không có dòng qua bộ chỉ thị không) khi đó, điện áp trên điện trở vi sai $\Delta I \cdot R_A$ cân bằng với các điện áp của điện trở R_f và R_δ ở trạng thái cân bằng đó ta có điện áp U_{PO} cân bằng với thành phần đồng pha của dòng I_0 .

$$\Delta I_f \cdot R_A = \pm A \cdot I_0 \cdot R_f \quad (1.17)$$

Và nếu điện áp U_{NO} cân bằng với thành phần điện áp lệch pha 90 của dòng I_0

$$\Delta I_\delta \cdot R_A = \pm B \cdot I_0 \cdot R_\delta \quad (1.18)$$

Như vậy ở trạng thái cân bằng, sai số dòng điện biểu thị bằng % được xác định theo công thức.

$$f\% = \frac{\Delta I}{I_0} \cdot 100\% = \pm A \frac{R_f}{R_A} \cdot 100\% \quad (1.19)$$

Sai số góc biểu thị bằng đơn vị góc được xác định theo công thức :

$$\delta = \frac{\Delta I_\delta}{I_0} \cdot 3438 = \pm B \frac{R_\delta}{R_A} \text{ (phút)} \quad (1.20)$$

Từ các công thức (1.19) và (1.20) ta thấy các giá trị điện trở R_f và R_δ của các biến trở trong thiết bị khi ở trạng thái cân bằng sẽ tỷ lệ với các giá trị sai số dòng điện f và sai số góc δ .

Như vậy khi khắc vạch các thang đo của thiết bị ứng với các giá trị điện trở vừa nêu trên sẽ cho phép đọc kết quả trực tiếp là hiệu các sai số dòng điện và góc của B_I chuẩn và B_I kiểm định.

1.3.3. Kiểm định máy biến áp đo lường

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị kiểm định máy biến áp đo lường trình bày trên hình 1.6. Cuộn sơ cấp của B_U chuẩn và B_U kiểm được mắc song song với nhau. Các B_U này phải có cùng một tỷ số biến đổi. Cuộn thứ cấp của chúng được mắc đối nhau qua bộ phân áp R_2 .

$$\delta = \delta_x - \delta_0 = 3438 \frac{\Delta U_\delta}{U_0} \quad (1.22)$$

Để kiểm định các máy biến áp đo lường, người ta cũng sử dụng mạch đo như trong sơ đồ kiểm định máy biến dòng đo lường bao gồm máy biến thế T_1 với biến trở R_f và bộ dịch pha T_2 với biến trở R_δ . Mạch đo này được liên kết với mạch thứ cấp của B_U chuẩn qua biến thế phụ T_3 và qua đó tạo ra được sự cân bằng điện áp trên các biến trở và điện áp sụt trên bộ phân áp R_2 .

Nhờ điện trở R_1 , mắc song song với tụ điện C trong mạch sơ cấp của biến thế phụ mà dòng thứ cấp của nó sẽ trùng pha với điện áp thứ cấp của B_U chuẩn U_0 . Vì thế nên pha của điện áp trên biến trở R_f và pha của điện áp thứ cấp của B_U chuẩn cũng sẽ trùng nhau.

Nếu biểu thị K là tỷ số giữa điện áp sơ cấp và dòng thứ cấp của biến thế phụ T_3 , thì khi đạt được sự cân bằng mạch đo trên các biến trở ta có.

$$U_{PO} = \pm \frac{U_0}{K} A.R_f \quad (1.23)$$

$$\text{Và } U_{NO} = \pm \frac{U_0}{K} B.R_\delta \quad (1.24)$$

Trong thực tế, hiệu điện áp trên bộ phân áp R_2 là rất nhỏ và bằng n lần so với U_0 . Do vậy khi mạch đo cân bằng thì sai số về điện áp (tính theo %) và sai số góc (tính theo phút góc) sẽ được xác định theo công thức.

$$f = \frac{\Delta U_f}{U} 100 = \pm A \frac{n}{K} R_f \quad (1.25)$$

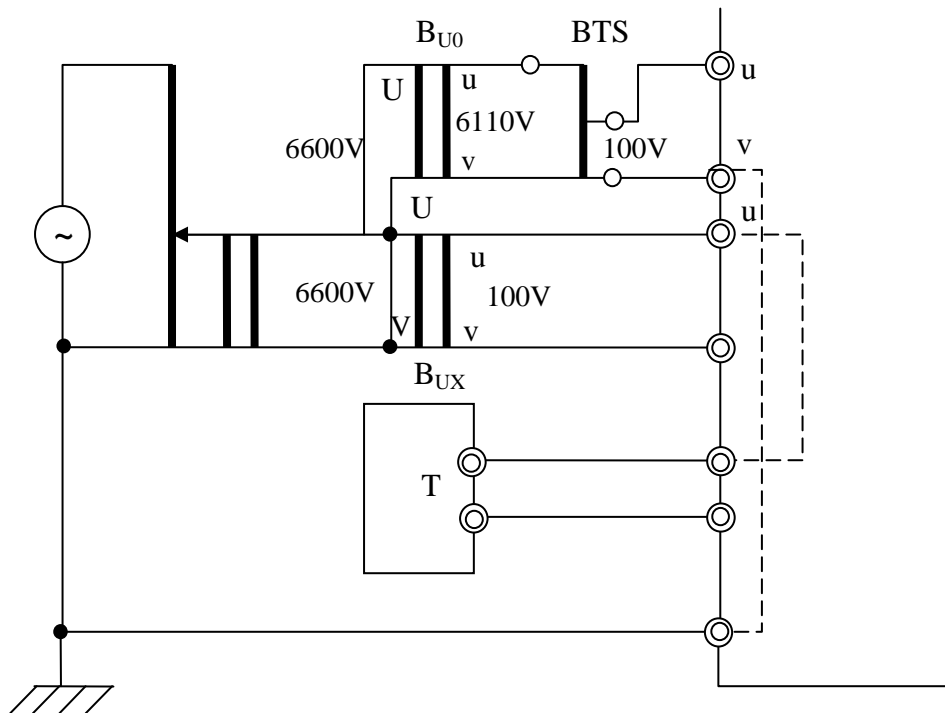
$$\delta = \frac{\Delta U_\delta}{U_0} 3438 = \pm B \frac{n}{K} R_\delta \quad (1.26)$$

Trong đó n là giá trị phân áp so với U_0 , được xác lập trên bộ phân áp R_2

Như vậy khi mạch đo cân bằng và đạt được cân bằng tỷ lệ:

$\frac{1}{R_\Delta} = \frac{n}{K}$ thì cũng chính trên thang đo mà theo đó ta xác định được các

loại sai số khi kiểm định máy biến dòng, ta cũng sẽ xác định được hiệu các sai số về điện áp và góc của B_U chuẩn và B_U kiểm định.



Hình 1.7. Sơ đồ mạch bù tỷ số biến đổi chuẩn, không cộng thêm sai số phụ

Ký hiệu trên sơ đồ:

B_{U0} : máy biến áp chuẩn.

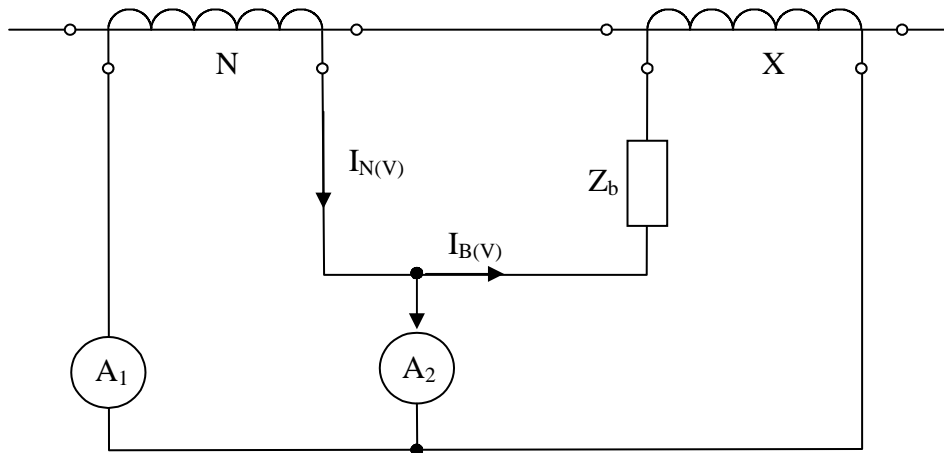
B_{UX} : máy biến áp kiểm định.

T: hộp tải chuẩn.

BTS: bộ bù tỷ số biến đổi.

Ứng dụng kỹ thuật vi xử lý. Việc bù sự chênh lệch tỷ số giữa B_I (B_U) chuẩn hoặc B_I (B_U) kiểm bằng phần mềm trong chế độ kiểm tự động đã cho phép không cần bắt buộc phải dùng chuẩn có cùng một hệ số biến đổi. Tuy nhiên hướng này chỉ có thể thực hiện trên các loại bàn kiểm có máy so kiểu điện tử, ứng dụng kỹ thuật vi xử lý và chạy theo chương trình do nhà chế tạo biên soạn.

theo sơ đồ nguyên lý trình bày trong hình 1.9, bằng cách so sánh với một B_I chuẩn có cùng tỷ số biến đổi như B_I kiểm định. Yêu cầu kỹ thuật đặt ra là sai số hỗn hợp của B_I chuẩn trong điều kiện bất lợi nhất không được vượt quá 0,2 % .



Hình 1.9. Sơ đồ đo trực tiếp để xác định sai số hỗn hợp

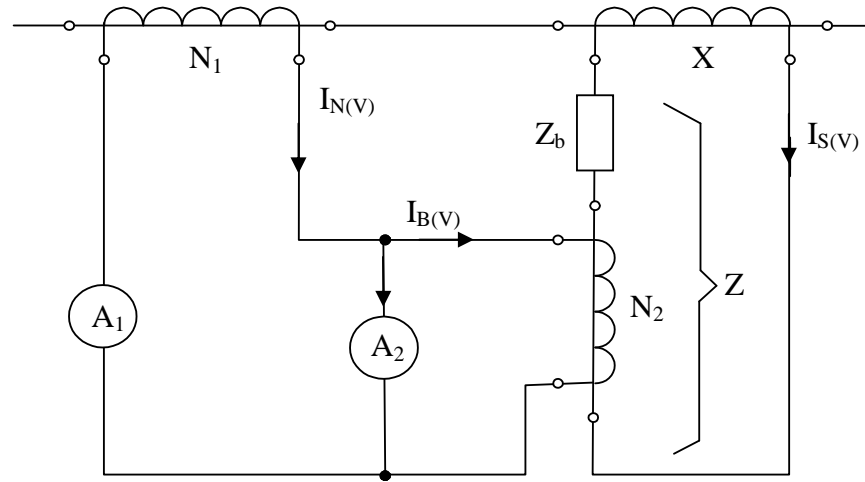
Để xác định sai số hỗn hợp bằng phương pháp đo trực tiếp, ta phải thực hiện theo sơ đồ nguyên lý trên hình 1.9. Theo sơ đồ này Ampe mét A_1 đo dòng thứ cấp I_s (N) của B_I chuẩn N và cũng là để kiểm tra dòng sơ cấp I_p . Ampe mét A_2 đo dòng điện I_c là dòng gây sai số hỗn hợp và cũng chính là giá trị hiệu dụng của độ chênh lệch giữa dòng thứ cấp I_s (N) của B_I chuẩn N và dòng thứ cấp I_s (X) của B_I kiểm định X. Sai số hỗn hợp được xác định theo công thức.

$$\delta_{HH} \% = \frac{I_c}{I_s(N)} \times 100\% \quad (1.27)$$

Ta có nhận xét là nếu theo cách này, B_I chuẩn phải có khả năng chịu trong cùng một điều kiện kiểm tra ở giới hạn của ngưỡng dòng sơ cấp như B_I kiểm định. Đây cũng chỉ là sơ đồ lý thuyết vì trong thực tế việc thực hiện theo sơ đồ này là không thể vì rất ít có B_I chuẩn nào vừa đảm bảo độ chính xác cao trong khi lại phải có khả năng cùng chịu quá tải lớn như khả năng chịu quá tải khi tăng dòng sơ cấp nên ngưỡng giới hạn dòng sơ cấp danh định của biến dòng bảo vệ. Theo qui định đã nêu

ở trên, ở điều kiện kiểm tra, sai số của B_I chuẩn không được vượt quá 0,2 % là điều kiện khó thực hiện.

Do vậy khi xác định sai số hỗn hợp người ta thường sử dụng một sơ đồ đo tương tự để thay thế. Sơ đồ nguyên lý này được trình bày trên hình 1.10.



Hình 1.10. Sơ đồ tương đương thay thế phương pháp đo trực tiếp để xác định sai số hỗn hợp

Trong đó, thay cho việc sử dụng một B_I chuẩn của sơ đồ trước, ta phải sử dụng hai B_I chuẩn N_1 và N_2 và chúng phải đáp ứng các điều kiện kỹ thuật sau đây:

- Dòng sơ cấp của B_I chuẩn N_1 phải có cùng giới hạn như giới hạn dòng sơ cấp của B_I kiểm định.
- Dòng sơ cấp của B_I chuẩn N_2 phải có cùng giá trị như giới hạn dòng thứ cấp của B_I kiểm định.
- Tỷ số biến đổi của B_I chuẩn N_2 nhân với tỷ số biến đổi của B_I kiểm phải bằng tỷ số biến đổi của B_I chuẩn N_1 ;
- Cấp chính xác của B_I chuẩn N_1 và N_2 phải là 0,1 hoặc cao hơn.
- Giá trị tải của B_I chuẩn N_1 và B_I chuẩn N_2 không được nhỏ hơn giá trị qui ước bằng giá trị điện áp trên cuộn thứ cấp khi xác định sai số

hỗn hợp, trong điều kiện bất lợi nhất khi I_C tương ứng với giới hạn sai số hỗn hợp của B_I kiểm X nhân với giới hạn dòng thứ cấp của chúng.

Thành phần trở kháng Z_b phải chọn sao cho tổng giá trị dẫn xuất tải của B_I kiểm Z_b phải phù hợp với trở kháng cuộn sơ cấp của B_I chuẩn N_2 và liên quan với nó là trở kháng cuộn thứ cấp.

Trong sơ đồ trên hình 1.10 Ampe mét A_1 đo lường thứ cấp $I_S(N_1)$ của B_I chuẩn N_1 và cũng để kiểm tra dòng sơ cấp I_P . Ampe mét A_2 đo dòng I_C là dòng gây sai số hỗn hợp và cũng chính là giá trị hiệu dụng của độ chênh lệch giữa dòng thứ cấp $I_S(N_1)$ của B_I chuẩn N_1 và dòng thứ cấp $I_S(N_2)$ của B_I chuẩn N_2 .

Sai số hỗn hợp được xác định theo công thức:

$$\delta_{HH} \% = \frac{I_C}{I_S(N_1)} \times 100\% \quad (1.28)$$

Ví dụ: Kiểm định B_I bảo vệ loại 5P20 có tỷ số biến đổi 400/5 $K_X = 80$

- Điều kiện kiểm định: $I_P(x) = 8000 \text{ A}$ (ngưỡng dòng sơ cấp B_I kiểm định X tăng lên 20 lần: $400 \text{ A} \times 20 = 8000 \text{ A}$; $I_S(x) = 100 \text{ A}$ (dòng thứ cấp của B_I kiểm X tăng 20 lần: $5 \text{ A} \times 20 = 100 \text{ A}$).

- Chọn B_I chuẩn N_1 loại có tỷ số biến đổi 10000/5 (hoặc 8000/5)

Như vậy $K_{N1} = 2000$ (hoặc 1600)

Tính $K_{N2} \times 80 = 2000$ (hoặc $K_{N2} \times 1600$)

Như vậy phải chọn $K_{N2} = 25$ (hoặc 20)

Ta chọn B_I chuẩn N_2 có tỷ số 125/5 (hoặc 100/5)

Các con số trong ngoặc là số liệu có thể được lựa chọn theo một cách khác nhưng không tối ưu bằng.

Sau khi thực hiện việc kiểm tra, ví dụ Ampe mét A_2 đo được dòng điện $I_C = 0,25 \text{ A}$

Như vậy sai số hỗn hợp được xác định là: $\delta\% = \frac{0,25}{5} \times 100\% = 5\%$

2.1. Đo công suất tác dụng trong mạch một pha

Đối với mạch một chiều, công suất tác dụng được xác định căn cứ vào việc đo dòng điện và điện áp trên tải. Căn cứ vào số chỉ của Ampe mét và Vôn mét, công suất tác dụng được tính.

$$P = UI \quad (2.1)$$

Đối với mạch điện xoay chiều một pha, công suất tác dụng được tính.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u_t i_t dt = UI \cos \varphi \quad (2.2)$$

Trong đó:

u_t, i_t : giá trị tức thời của điện áp và dòng điện.

U, I : trị hiệu dụng của điện áp và cường độ dòng điện.

φ : góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện hay còn gọi là góc tải.

Trong thực tế sử dụng để đo công suất mạch một chiều và xoay chiều, ta thường dùng các loại Oát mét sau đây:

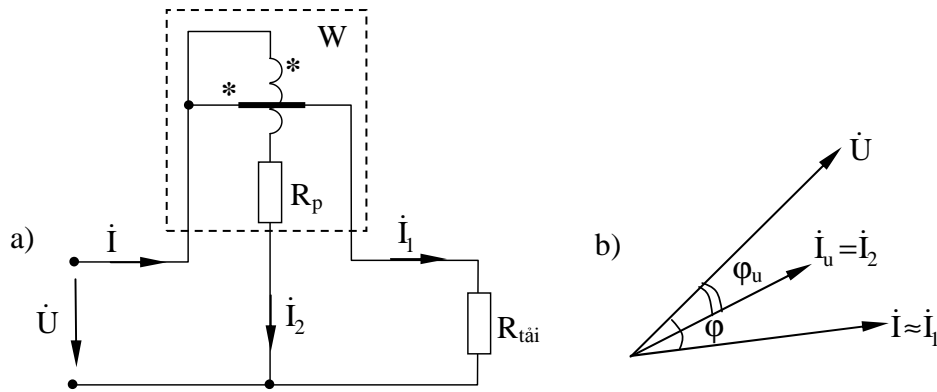
- Oát mét kiểu điện động là loại đạt độ chính xác cao, đo được công suất tác dụng một chiều và xoay chiều, dải tần số đến 2000 Hz.
- Oát mét kiểu sắt điện động thường được sử dụng ở những nơi tĩnh tại, cấp chính xác thấp, đo được công suất tác dụng xoay chiều tần số công nghiệp, nếu dùng để đo công suất mạch một chiều sẽ có sai số lớn do hiện tượng từ trễ.
- Oát mét kiểu cảm ứng, chỉ dùng ở mạch điện xoay chiều, cấp chính xác thấp.

Ngoài ra còn có Oát mét điện tử và Oát mét kiểu nhiệt điện thường được sử dụng để đo công suất ở giải tần số cao.

Khi sử dụng Oát mét kiểu điện động để đo công suất tác dụng ở mạch điện xoay chiều, ngoài sai số do điện năng tiêu thụ ở mạch dòng và mạch áp còn phải kể tới sai số do góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện qua cuộn áp như hình 2.1 (Ký hiệu góc lệch đó là φ_u)

Thành phần sai số góc này biểu thị bằng công thức .

$$\gamma_P\% = k.\varphi_u \operatorname{tg}\varphi.100\%$$



Hình 2.1. a) Sơ đồ mắc Oát mét điện động

b) Đồ thị véc tơ dòng điện của Oát mét

Điều này cho thấy rằng: sai số khi dùng Oát mét điện động phụ thuộc vào cấu trúc của Oát mét (φ_u) và tính chất của phụ tải ($\operatorname{tg}\varphi$). Do vậy khi đo phải chọn loại Oát mét có hệ số công suất danh định phù hợp với đối tượng đo.

Chú ý:

- Góc quay $\alpha = K_1 S \cos\varphi$, nếu ta đổi đầu 1 trong 2 cuộn dây dòng hoặc áp, thì góc lệch pha $\varphi' = \varphi \pm \pi$, đó $\alpha' = K_1 S \cos\varphi' = -\alpha$. Oát mét sẽ quay theo chiều ngược lại, vì vậy ta nói rằng Oát mét có cực tính, các đầu dây cùng cực tính thường được đánh dấu (*) để nối chúng với nhau

- Góc quay α của Oát mét tỉ lệ với công suất tác dụng trên phụ tải song thang chia độ của Oát mét thường không chia theo đơn vị công suất mà chia thành một số vạch nhất định. Giá trị của mỗi vạch chia được đặc trưng bởi hệ số của Oát mét C_W :

$$C_{wk} = \frac{U_{dmk} I_{dmk}}{\alpha_{dm}} \quad (2.3)$$

Trong đó:

U_{dmk} , I_{dmk} : điện áp và dòng điện định mức ứng với thang đo thứ k nào đó.

α_{dm} : số vạch trên chia trên toàn thang đo.

Oát mét điện động có thể có nhiều giới hạn đo, mỗi giới hạn có một hệ số C_w tương ứng. Công suất đo được tính bằng tích của hệ số C_w trên thang đo tương ứng với số vạch chia mà kim chỉ thị thể hiện

$$P = C_{wk} \cdot \alpha$$

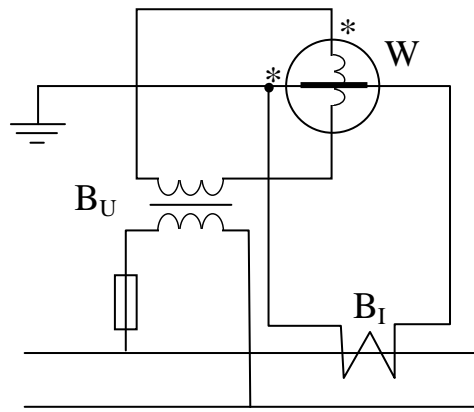
- Để loại trừ khả năng quá tải của cuộn dòng và cuộn áp, khi đo nên sử dụng thêm Ampe mét và Vôn mét để theo dõi.

Ngoài sai số cơ bản, khi Oát mét làm việc ở điều kiện không tiêu chuẩn, các đại lượng ảnh hưởng vượt quá giá trị tiêu chuẩn quy định, sẽ xuất hiện thêm sai số phụ do các đại lượng ảnh hưởng gây nên. Đối với Oát mét, đại lượng ảnh hưởng quan trọng nhất là nhiệt độ và tần số, lý do là: Khi nhiệt độ môi trường thay đổi, các chi tiết và linh kiện ở mạch áp như: điện trở, điện cảm sẽ thay đổi làm thay đổi giá trị dòng điện trong mạch áp; các loại lò xo, dây treo cũng bị biến dạng dẫn đến những sai số phụ khác.

Tần số lưới điện thay đổi cũng gây nên sai số phép đo vì phần lớn các chi tiết ở dụng cụ đo được chế tạo bằng kim loại, chúng lại nằm trong từ trường biến thiên do các cuộn tĩnh gây ra nên khi tần số thay đổi sẽ xuất hiện thêm những dòng điện cảm ứng, gây tổn thất. Các tổn thất này có thể coi như một mạch rẽ song song của cuộn tĩnh.

Đối với những dụng cụ đo dùng cho mạch điện xoay chiều, để loại trừ sai số phụ, người ta hạn chế đến mức tối đa việc sử dụng các chi tiết bằng vật liệu sắt từ như các loại ốc vít giữ cuộn dây được thay bằng đồng, chiều quấn cuộn dây, cách đặt và sắp xếp các cuộn dây theo hướng cũng được chú ý.

Thông thường Oát mét được chế tạo theo những giới hạn đo đã được tiêu chuẩn hoá như dòng điện đến 10 A, điện áp trên 600 V. Để đo được công suất mạch điện xoay chiều có cường độ dòng điện trên 10 A và điện áp trên 600 V người ta phải sử dụng thêm các thiết bị phụ là các máy biến dòng và biến áp đo lường ký hiệu là B_I



Hình 2.2. Mắc Oát mét qua B_I và B_U

và B_U . Theo quy định sử dụng thì cấp chính xác của B_I và B_U bao giờ cũng phải cao hơn cấp chính xác của Oát mét. Khi đo gián tiếp ta phải tính toán sai số theo nguyên tắc tính sai số của hàm khi biết các sai số của đối số [1].

Sơ đồ đấu dây khi đo gián tiếp được trình bày trên hình 2.2. Trong trường hợp này công suất đo được sẽ bằng tích của số chỉ Oát mét P_w với hệ số biến đổi của B_I và B_U (K_I và K_U)

$$P = P_w \cdot K_I \cdot K_U \quad (2.4)$$

2.2. Đo công suất tác dụng trong mạch 3 pha

2.2.1. Tổng quát

Đối với mạch ba pha đối xứng, công suất tổng của cả mạch là:

- Theo đại lượng pha:

$$P_{3pha} = P_A + P_B + P_C = 3U_f I_f \cos \varphi \quad (2.5a)$$

- Theo đại lượng dây:

$$P_{3pha} = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi \quad (2.5b)$$

Trong đó:

P_A, P_B, P_C : công suất ở từng pha A, B, C.

I_d, U_d : dòng điện và điện áp dây.

I_f, U_f : dòng điện và điện áp pha.

φ : góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp pha.

Trường hợp tổng quát, mạch 3 pha không đối xứng, công suất tác dụng trong mạch điện 3 pha có giá trị bằng tổng công suất tác dụng trong từng pha:

$$\begin{aligned} P_{3pha} &= P_A + P_B + P_C = \\ &= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \end{aligned} \quad (2.6)$$

Riêng trong mạch 3 pha 3 dây công suất tác dụng có thể biểu thị bằng một trong ba biểu thức sau đây:

$$P_{3pha} = U_{AC} I_A \cos \varphi_1 + U_{BC} I_B \cos \varphi_2 \quad (2.7)$$

$$P_{3pha} = U_{AB} I_A \cos \varphi_3 + U_{CB} I_C \cos \varphi_4 \quad (2.8)$$

$$P_{3pha} = U_{BA} I_B \cos \varphi_5 + U_{CA} I_C \cos \varphi_6 \quad (2.9)$$

Trong đó: A, B, C chỉ thứ tự pha;

$\varphi_1, \dots, \varphi_6$ là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp tương ứng.

Trong mạch điện 3 pha, công suất tác dụng được đo bằng Oát mét. Số lượng Oát mét và sơ đồ đấu dây phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Mạch 3 pha 3 dây hay 3 pha 4 dây;
- Mạch 3 pha đối xứng hay không đối xứng;
- Sơ đồ đấu dây của tải là tam giác hay hình sao.

Ta xét một số phương pháp sử dụng Oát mét để đo công suất tác dụng.

2.2.2. Các phương pháp đo công suất tác dụng

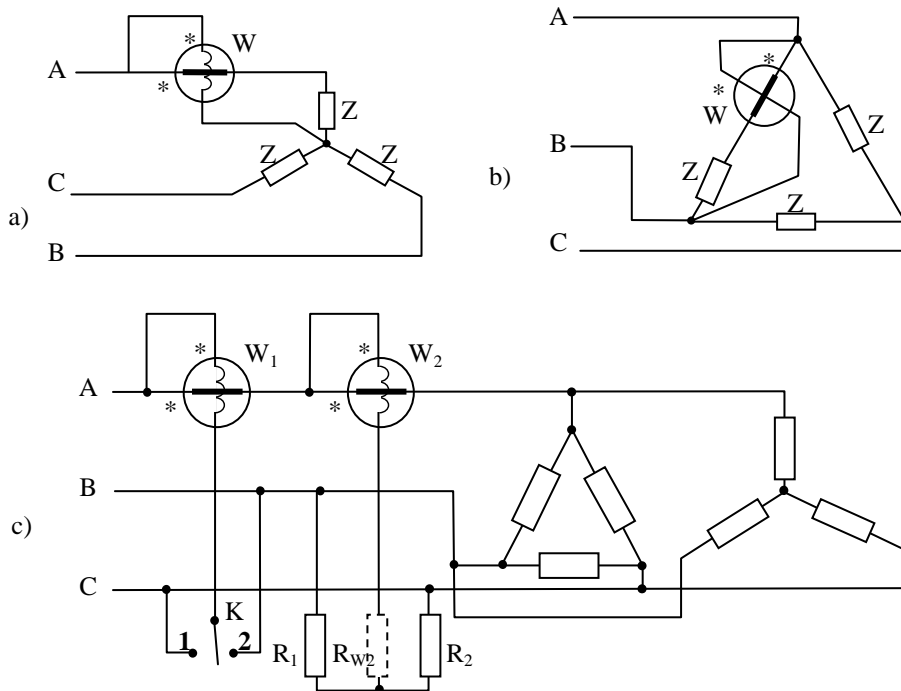
2.2.2.1. Mạch 3 pha đối xứng, phương pháp dùng một Oát mét một pha

Áp dụng cho cả mạch 3 pha 3 dây hoặc 3 pha 4 dây với điều kiện là mạch 3 pha phải đối xứng. Trên hình 2.3 (a, b, c) trình bày các phương án khác nhau, tùy thuộc vào kiểu đấu tải là tam giác hay hình sao để chọn phương án cho thích hợp.

Trong mạch 3 pha có điểm trung tính, công suất tác dụng được xác định theo sơ đồ hình 2.3a. Tương tự như vậy là cách đo công suất áp dụng cho tải kiểu tam giác (hình 2.3b). Cả hai trường hợp trên Oát mét đều chỉ công suất của một pha. Muốn tính được công suất cả mạch 3 pha phải nhân với hệ số 3.

Trong trường hợp không có điểm trung tính có thể đo công suất bằng 2 cách trình bày trên hình 3.3.c.

Cách 1: Dùng Oát mét W_1 và công tắc chuyển mạch K để đưa lần lượt điện áp dây U_{AB} , U_{AC} vào cuộn áp của W_1



Hình 2.3. Sơ đồ đo công suất tác dụng mạch 3 pha dùng 1 Oát mét

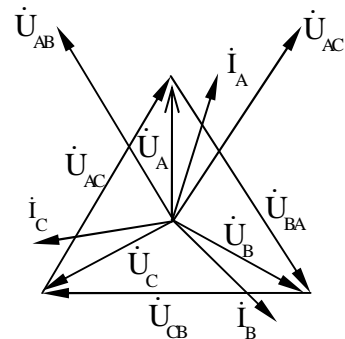
Mạch dòng chỉ có một dòng điện I_A chạy qua. Đồ thị véc tơ được trình bày trên hình 3.4a ta có biểu thức công suất đo được ở các vị trí của công tắc.

- Vị trí 1:

$$\begin{aligned} P1_{W1} &= U_{AC} I_A \cos(30^\circ - \varphi) \\ &= U_d I_d \cos(30^\circ - \varphi) \quad (2.10) \end{aligned}$$

- Vị trí 2:

$$P2_{W1} = U_{AB} I_A \cos(30^\circ + \varphi)$$



Hình 2.4

$$= U_d I_d \cos(30^\circ + \varphi) \quad (2.11)$$

Công suất tác dụng của mạch 3 pha bằng tổng các chỉ số của Oát mét ở hai vị trí.

$$\begin{aligned} P_{3pha} &= P_{1W1} + P_{2W1} = 2U_d I_d \cos\varphi \cos 30^\circ \\ &= \sqrt{3} U_d I_d \cos\varphi \end{aligned} \quad (2.12)$$

Cách 2: Đo công suất 1 pha bằng Oát mét W_2 bằng cách tự tạo điểm trung tính giả để đưa điện áp pha vào cuộn áp cho Oát mét W_2

Điều kiện tạo ra trung tính giả là: $R_1 = R_2 = R_{W2}$ với R_{W2} là giá trị điện trở mạch áp của Oát mét W_2 .

Công suất tác dụng của cả mạch 3 pha sẽ là.

$$P_{3pha} = 3UI \cos\varphi = 3P_{W2} \quad (2.13)$$

2.2.2.2. Mạch 3 pha 3 dây – phương pháp dùng 2 Oát mét một pha hoặc Oát mét 3 pha 2 phần tử

Trên hình 2.5 trình bày 3 sơ đồ đấu Oát mét. Căn cứ các biểu thức (2.7), (2.8) và (2.9) ta nhận thấy mọi sơ đồ ở đây đều đồng nhất và có thể sử dụng bất kỳ sơ đồ nào ở đây để đo công suất tác dụng.

Xét công suất tức thời trong mạch ba pha là.

$$p_{3pha} = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C. \quad (2.14)$$

Đối với mạch ba pha ba dây, vì không có dây trung tính nên dòng điện trung tính bằng không nghĩa là:

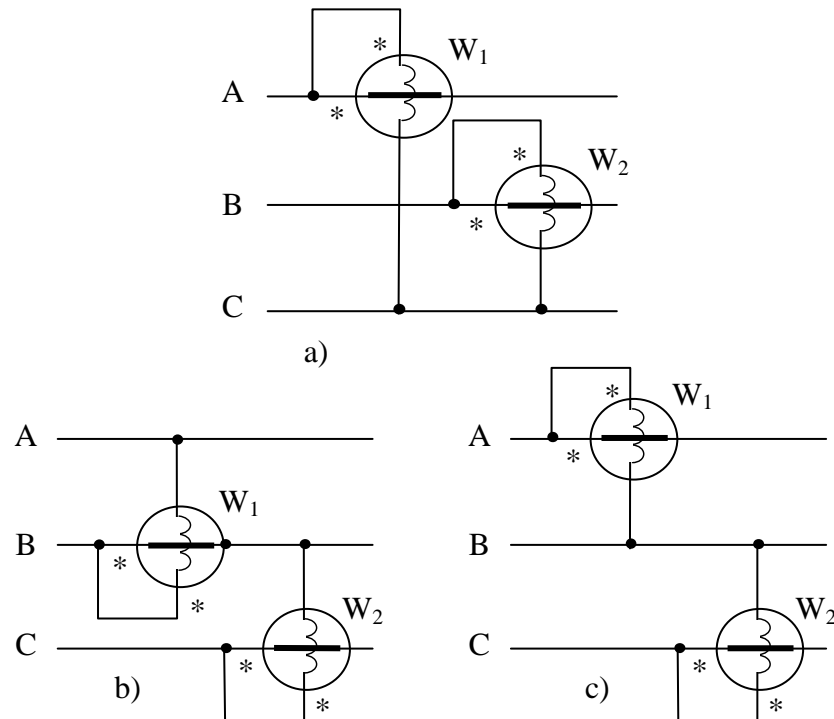
$$i_A + i_B + i_C = 0 \Rightarrow i_C = -(i_A + i_B).$$

$$\begin{aligned} \text{Vậy: } p_{3pha} &= u_A i_A + u_B i_B - u_C (i_A + i_B) \\ &= u_A i_A + u_B i_B - u_C i_A - u_C i_B \\ &= i_A (u_A - u_C) + i_B (u_B - u_C) \\ &= i_A u_{AC} + i_B u_{BC}. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Vậy công suất tác dụng ba pha là.

$$P_{3f} = U_{AC} I_A \cos(\dot{U}_{AC}, \dot{I}_A) + U_{AB} I_A \cos(\dot{U}_{AB}, \dot{I}_A) = P_{W1} + P_{W2} \quad (2.16)$$

Như vậy ta có thể dùng hai Oát mét một pha có các sơ đồ như hình 2.5 để đo công suất trong mạch ba pha. Thực tế cũng dựa trên nguyên tắc này người ta chế tạo Oát mét ba pha hai phần tử.



Hình 2.5. Sơ đồ đo công suất tác dụng 3 pha 3 dây bằng 2 Oát mét 1 pha

Ta cần chú ý rằng công suất tác dụng của mạch 3 pha 3 dây không phụ thuộc vào sơ đồ đấu của tải là tam giác hay hình sao và đặc tính của tải có đối xứng hay không. Công suất này luôn luôn bằng tổng đại số của số chỉ 2 Oát mét đầu theo 1 trong các sơ đồ hình 2.5.

Điều đáng chú ý là nếu sử dụng 2 Oát mét có cùng số vạch chia và giá trị vạch chia như nhau thì trong trường hợp tải đối xứng và mang tính chất thuần trở, số chỉ của 2 Oát mét sẽ như nhau và bằng một nửa công suất tác dụng của cả mạch, còn nhìn chung, số chỉ của hai Oát mét sẽ khác nhau, kể cả khi tải đối xứng mà không thuần trở. Đồ thị về sự phụ thuộc giữa số chỉ của từng Oát mét và công suất tác dụng của cả mạch 3 pha vào đặc tính của tải được trình bày ở hình 2.6.

Căn cứ theo đồ thị và tương ứng với các biểu thức nêu trên ta thấy, nếu phụ tải đối xứng và mang tính điện cảm thì ở các góc của hệ số công suất các Oát mét có số chỉ như sau:

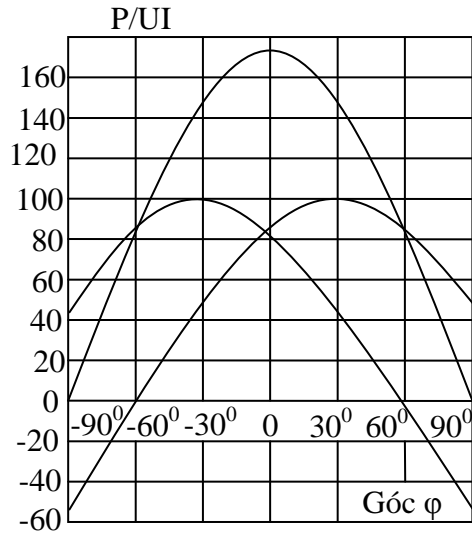
+ $\cos\varphi = 1$ ($\varphi = 0^\circ$): hai Oát mét có số chỉ như nhau, bằng $0,866U_d I_d$

+ $\cos\varphi > 0,5$ ($\varphi < 60^\circ$): hai Oát mét đều có số chỉ dương.

+ $\cos\varphi = 0,5$ ($\varphi = 60^\circ$): Oát mét thứ nhất chỉ 0, Oát mét thứ hai chỉ $0,866U_d I_d$

+ $\cos\varphi < 0,5$ ($\varphi > 60^\circ$): Oát mét thứ nhất chỉ số chỉ âm

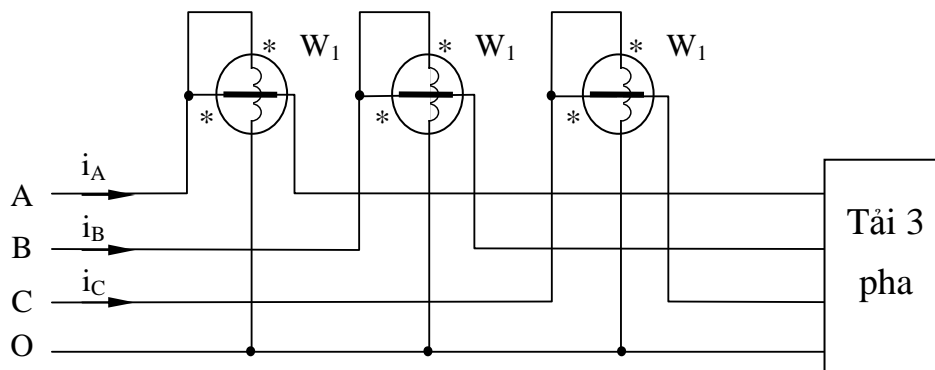
+ $\cos\varphi = 0$ ($\varphi = 90^\circ$): hai Oát mét có số chỉ bằng nhau về giá trị nhưng Oát mét thứ nhất có số chỉ âm.



Hình 2.6

2.2.2.3. Mạch 3 pha 4 dây, phương pháp 3 Oát mét một pha hoặc Oát mét 3 pha 3 phần tử

Sơ đồ đấu dây trình bày ở hình 2.7. Công suất tác dụng của cả mạch bằng tổng công suất tác dụng của từng pha:



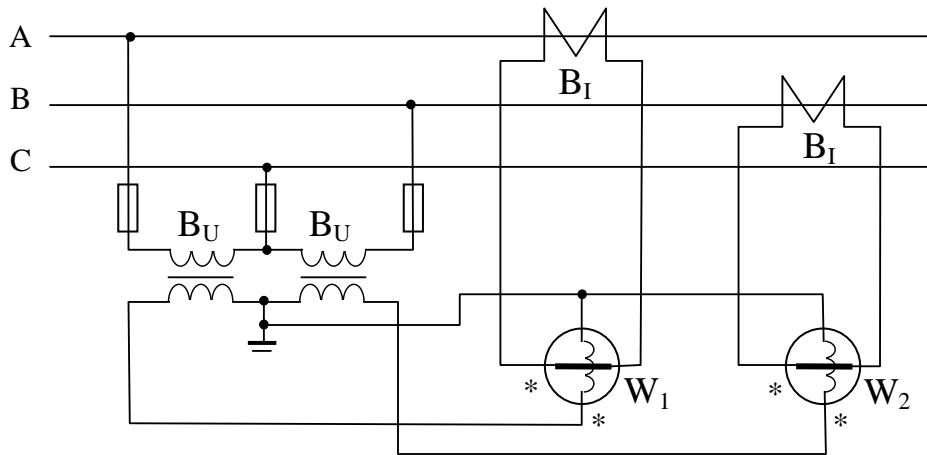
Hình 2.7. Sơ đồ đo công suất tác dụng mạch 3 pha bằng 3 Oát mét 1 pha

$$P_{3pha} = P_A + P_B + P_C$$

$$= U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \quad (2.17)$$

Ở đây mỗi Oát mét chỉ thị công suất của một pha. Phương pháp dùng một, hai hoặc ba Oát mét áp dụng chủ yếu trong điều kiện phòng thí nghiệm. Trong thực tế sử dụng, người ta đã chế tạo ra Oát mét 3 pha loại một, hai, hoặc 3 phần tử mà nguyên lý của nó tương tự phương pháp dùng một, hai hoặc ba Oát mét nêu trên.

Loại Oát mét 3 pha một phần tử rất ít phổ cập vì loại mạch do có tải hoàn toàn đối xứng là rất hiếm. Ứng dụng rộng rãi nhất là loại Oát mét 3 pha 2 phần tử dùng trong mạch 3 pha 3 dây và Oát mét 3 pha 3 phần tử dùng trong mạch 3 pha 4 dây. Trong cấu tạo của chúng đều có chung một phần động, trên đó tác động mô men tổng hợp của tất cả các phần tử cấu thành.



Hình 2.8. Sơ đồ đấu 2 Oát mét qua B_I và B_U

Để mở rộng giới hạn đo trong mạch điện 3 pha người ta cũng sử dụng B_I và B_U như trong mạch điện một pha và công suất của cả mạch bằng số chỉ của Oát mét nhân với hệ số biến đổi B_I và B_U . Đối với mạch 3 pha cao thế, ngay cả khi cường độ dòng điện của tải không vượt quá dòng danh định, người ta vẫn phải sử dụng B_I và B_U , trong trường hợp này chúng đóng vai trò cách ly mạch đo và dụng cụ đo khỏi điện áp cao. Trên hình 2.8 trình bày sơ đồ đấu 2 Oát mét hoặc Oát mét 3 pha 2 phần tử qua B_I và B_U .

2.3. Đo công suất phản kháng

2.3.1. Tổng quát

Công suất phản kháng và điện năng phản kháng có một ý nghĩa lớn cả về mặt kỹ thuật lẫn hiệu quả kinh tế đối với việc sản xuất truyền tải và sử dụng điện năng [2]. Vì vậy việc đo đếm công suất phản kháng và điện năng phản kháng là không thể thiếu. Trong mạch điện 1 pha vì công suất phản kháng không đáng kể nên việc đo này chỉ tiến hành trong điều kiện phòng thí nghiệm theo những sơ đồ đặc biệt để nghiên cứu. Công suất phản kháng và điện năng phản kháng chỉ có ý nghĩa thực tiễn ở những hộ tiêu thụ điện 3 pha lớn.

Công suất phản kháng trong mạch điện 3 pha được xác định theo công thức.

$$Q_{3pha} = Q_A + Q_B + Q_C \quad (2.18)$$

Nếu mạch điện 3 pha đối xứng.

$$Q_{3pha} = 3 UI \sin \varphi = \sqrt{3} U_d I_d \sin \varphi \quad (2.19)$$

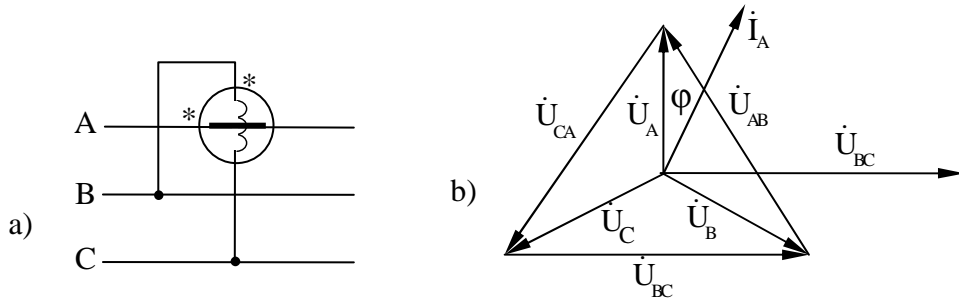
Để đo được công suất phản kháng, người ta đã chế tạo dụng cụ đo đặc biệt gọi là var mét, thực chất cấu tạo của nó không khác Oát mét, nên ta cũng có thể sử dụng Oát mét thông thường để đo công suất phản kháng theo những sơ đồ đấu dây thích hợp.

Sơ đồ đấu var mét để xác định công suất phản kháng không khác sơ đồ đấu Oát mét. Nguyên tắc chung, để xác định công suất phản kháng ta phải tạo lập được góc lệch pha giữa véc tơ dòng điện và điện áp bằng $(90^\circ - \varphi)$ trong quá trình đo, khi đó.

$$\cos(90^\circ - \varphi) = \sin \varphi \quad (2.20)$$

Hình 2.9 trình bày sơ đồ đấu dây và đồ thị véc tơ theo điều kiện vừa nêu trên.

Giả sử mạch 3 pha đối xứng và theo cách đấu như hình 2.9, trên cơ sở đồ thị véc tơ ta nhận thấy số chỉ của Oát mét sẽ tỷ lệ thuận với công suất phản kháng.



Hình 2.9

$$P_w = U_{BC} I_A \cos(U_{BC}, I_A) = U_{BC} I_A \cos(90^\circ - \varphi) \quad (2.21)$$

$$= U_{BC} I_A \sin \varphi = U_d I_d \sin \varphi = \frac{Q_{3\text{pha}}}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Suy ra: } Q_{3\text{pha}} = \sqrt{3}P_w = \sqrt{3}U_d I_d \sin \varphi \quad (2.22)$$

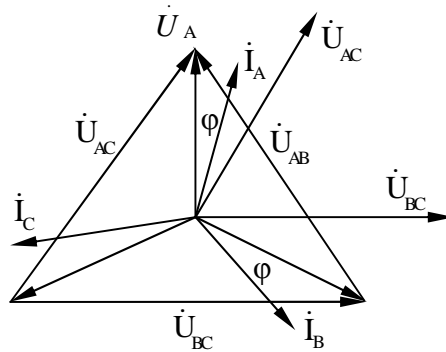
2.3.2. Các phương pháp đo công suất phản kháng

Tuỳ thuộc vào mạch đo, đặc tính của tải, chủng loại và số lượng dụng cụ đo được sử dụng, người ta thường áp dụng các phương pháp sau đây để đo công suất phản kháng.

2.3.2.1. Dùng hai Oát mét đầu theo sơ đồ đo công suất tác dụng

Chọn một sơ đồ đo công suất tác dụng bất kỳ nêu ở hình 2.5. Theo phương pháp này, nếu chọn P_{W1} là số chỉ của Oát mét vượt pha và P_{W2} là số chỉ của Oát mét chậm pha, và ta coi mạch 3 pha gần đối xứng. Ta có đồ thị véc tơ như hình 2.10. Trong đó:

$$\begin{aligned} P_{W1} &= U_{AC} I_A \cos(U_{AC}, I_A) \\ &= U_d I_d \cos(30^\circ - \varphi) \\ P_{W2} &= U_{BC} I_B \cos(U_{BC}, I_B) \\ &= U_d I_d \cos(30^\circ + \varphi) \end{aligned}$$



Hình 2.10

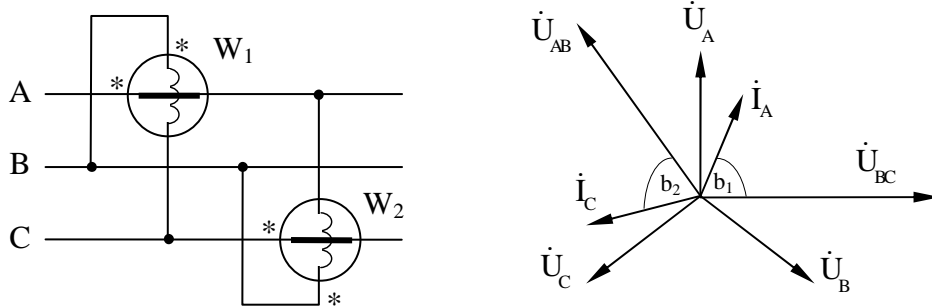
Lấy hiệu số giữa chúng:

$$\begin{aligned} P_{W1} - P_{W2} &= U_d I_d \cos(30^\circ - \varphi) - U_d I_d \cos(30^\circ + \varphi) \\ &= U_d I_d \sin \varphi = \frac{Q_{3\text{pha}}}{\sqrt{3}} \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\text{Suy ra: } Q_{3\text{pha}} = (P_{W1} - P_{W2}) \cdot \sqrt{3} \quad (2.24)$$

Như vậy để nhận được công suất phản kháng của cả mạch ta phải lấy hiệu số của số chỉ Oát mét vượt pha và số chỉ Oát mét chậm pha nhân với hệ số $\sqrt{3}$.

2.3.2.2. Phương pháp dùng 2 Oát mét đầu dòng nọ, áp kia



Hình 2.11

Đầu Oát mét theo sơ đồ trên hình 2.11, lấy tổng số chỉ của 2 Oát mét ta có.

$$\begin{aligned} P_{W1} + P_{W2} &= U_{BC} I_A \cos(\dot{U}_{BC}, \dot{I}_A) + U_{AB} I_C \cos(\dot{U}_{AB}, \dot{I}_C) \\ &= U_{BC} I_A \cos b_1 + U_{AB} I_C \cos b_2 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Từ đồ thị véc tơ ta nhận thấy nếu tải đối xứng

$$b_1 = b_2 = 90^\circ - \varphi \quad (2.26)$$

Từ đó:

$$P_{W1} + P_{W2} = 2U_d I_d \cos(90^\circ - \varphi) = 2U_d I_d \sin \varphi = \frac{2}{\sqrt{3}} Q_{3\text{pha}} \quad (2.27)$$

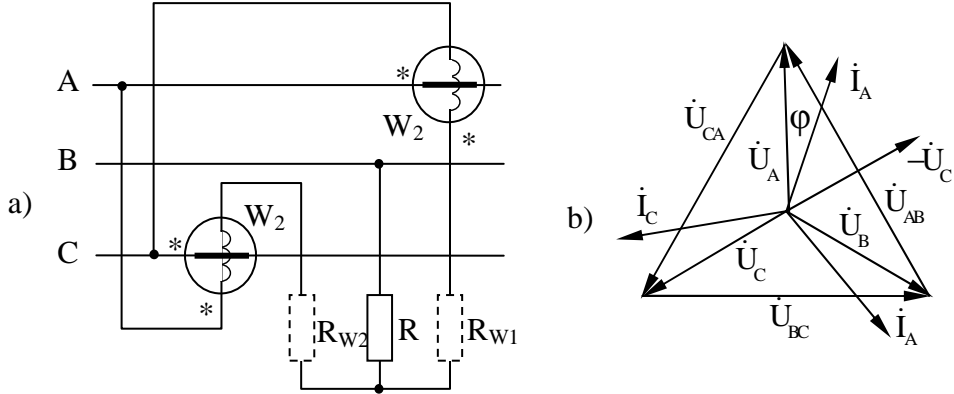
$$\text{Suy ra: } Q_{3\text{pha}} = (P_{W1} + P_{W2}) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2.28)$$

Như vậy nếu theo phương pháp này, để nhận được công suất phản kháng phải lấy tổng các số chỉ của Oát mét nhân thêm với hệ số $\sqrt{3}/2$.

Hai phương pháp vừa nêu trên chỉ dùng và áp dụng được cho mạch đo có tải đối xứng hoặc gần đối xứng.

2.3.2.3. Phương pháp dùng 2 Oát mét và tạo trung tính giả

Đầu 2 Oát mét theo sơ đồ hình 2.12.



Hình 2.12

Việc tạo điểm trung tính giả phải tuân theo điều kiện sau:

$$R = R_{W1} = R_{W2} \quad (2.29)$$

Với \$R_{W1}\$ và \$R_{W2}\$ là giá trị điện trở mạch áp của Oát mét.

Lấy tổng các số chỉ của 2 Oát mét ta có

$$P_{W1} + P_{W2} = U_C I_A \cos(60^\circ - \varphi) + U_A I_C \cos(120^\circ - \varphi) \quad (2.30)$$

$$= UI \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi - \frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi \right)$$

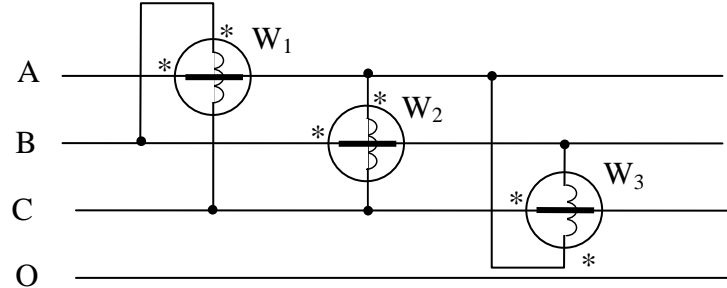
$$= \sqrt{3} UI \sin \varphi = U_d I_d \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Suy ra: } Q_{3f} = (P_{W1} + P_{W2}) \cdot \sqrt{3} \quad (2.31)$$

Theo phương pháp này muốn nhận được công suất phản kháng phải lấy tổng số chỉ của 2 Oát mét nhân thêm với hệ số $\sqrt{3}$.

2.3.2.4. Dùng 3 Oát mét

Thường áp dụng để đo công suất phản kháng trong mạch 3 pha 3 dây và 3 pha 4 dây. Đấu Oát mét theo sơ đồ hình 2.13.



Hình 2.13

Dựa theo cách chứng minh nêu ở trên hình 2.9 ta có:

$$P_{W1} = \frac{Q_{3pha}}{\sqrt{3}}; \quad P_{W2} = \frac{Q_{3pha}}{\sqrt{3}}; \quad P_{W3} = \frac{Q_{3pha}}{\sqrt{3}} \quad (2.32)$$

Lấy tổng các số chỉ của 3 Oát mét ta có:

$$P_{W1} + P_{W2} + P_{W3} = \frac{3Q_{3pha}}{\sqrt{3}}$$

$$Q_{3pha} = \frac{P_{W1} + P_{W2} + P_{W3}}{\sqrt{3}} \quad (2.33)$$

Như vậy, công suất phản kháng của cả mạch sẽ bằng tổng các số chỉ của 3 Oát mét chia cho hệ số $\sqrt{3}$.

Đáp ứng nhu cầu thực tế sử dụng, người ta đã chế tạo ra các loại var mét 2 phần tử và 3 phần tử, hoặc 2 phần tử có thêm 1 cuộn dòng phụ có kết cấu phù hợp với mạch đo, trong đó có tính cả các hệ số phải nhân thêm. Do vậy trong quá trình thực hiện phép đo công suất phản kháng, ta chỉ cần đọc kết quả trực tiếp theo var mét mà không cần phải nhân thêm với bất kỳ hệ số nào.

3.1. Công tơ điện cảm ứng

3.1.1. Khái niệm dụng cụ đo cảm ứng

Dụng cụ đo cảm ứng được dùng trong mạch điện xoay chiều và chia thành hai loại.

- Dụng cụ đo cảm ứng một từ thông
- Dụng cụ đo cảm ứng nhiều từ thông

Loại thứ nhất chỉ có một từ thông biến đổi tác động với dòng điện cảm ứng trên phần động. Loại thứ hai có nhiều từ thông tác động với các dòng điện cảm ứng do chúng sinh ra trên phần động và tạo nên mô men quay.

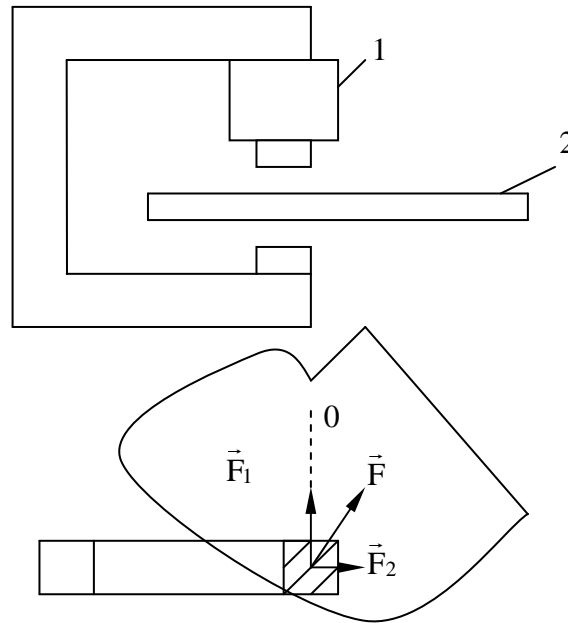
Cơ cấu đo cảm ứng một từ thông chỉ ứng dụng để chế tạo các Ampe mét, Vôn mét hoặc lôgômet. Cơ cấu đo cảm ứng nhiều từ thông có thể chế tạo Ampe mét, Vôn mét, Oát mét và công tơ điện.

Ngày nay công tơ điện kiểu cảm ứng vẫn được dùng rộng rãi để đo năng lượng điện trong mạch điện xoay chiều và đó là ứng dụng chủ yếu của cơ cấu đo cảm ứng.

3.1.2. Nguyên lý làm việc và cấu tạo chung của cơ cấu đo cảm ứng

3.1.2.1. Loại một từ thông

Hình 3.1 vẽ một dạng nguyên lý cấu tạo của cơ cấu đo cảm ứng một từ thông. Phần tĩnh gồm cuộn dây có mạch từ 1, phần động gồm đĩa quay 2 có dạng không đối xứng gắn với một trục quay, trên đó có lò xo phản, kim chỉ thị (trong hình vẽ không trình bày).



Hình 3.1. Nguyên lý cấu tạo cơ cấu đo cảm ứng một từ thông

Khi có dòng điện chạy vào cuộn dây 1 sẽ tạo nên từ thông biến thiên xuyên qua đĩa 2, do đó trên đĩa xuất hiện dòng điện cảm ứng. Do tác động tương hỗ giữa từ thông và dòng điện cảm ứng trên đĩa tạo nên lực điện từ \vec{F} . Lực \vec{F} này không qua tâm quay O của đĩa 2. Ta có thể phân tích \vec{F} thành hai lực thành phần \vec{F}_1 và \vec{F}_2 . Lực \vec{F}_1 hướng về tâm quay O nên không tạo mô men quay, còn lực \vec{F}_2 vuông góc với bán kính quay OA tạo nên mô men có tác dụng làm quay đĩa: $M_q = F_2 \cdot OA$

Lực điện từ \vec{F} có thể xác định theo biểu thức.

$$F = K\Phi I_2 \cos(\Phi, I_2), \quad (3.1)$$

với I_2 là dòng điện cảm ứng trên đĩa quay có trị số bằng.

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{K\phi}{Z_2}$$

Trong đó:

Z_2 : tổng trở của đĩa quay.

E_2 : sức điện động cảm ứng trên đĩa.

Vì E_2 chậm sau Φ một góc 90° nên.

$$\cos(\Phi, I_2) = -\sin(E_2, I_2) = -\frac{X_2}{Z_2},$$

Trong đó X_2 là điện kháng của đĩa quay.

Do đó biểu thức 3.1 có thể viết dưới dạng sau:

$$F = -K\phi^2 \frac{X_2}{Z_2} \quad (3.2)$$

Biểu thức (3.2) cho thấy mô men quay tỷ lệ với bình phương từ thông xuyên qua đĩa quay, nhưng do cấu tạo đĩa quay có hình dáng không đối xứng nên khi đĩa quay từ thông xuyên qua nó giảm dần do đó mà mô men quay không tăng lên theo quy luật trên và gần như tỷ lệ bậc nhất với dòng điện qua cuộn dây I, nghĩa là $M_q = K.I$

Ở vị trí cân bằng ta có: $M_q = M_p$

$$K.I = D.\alpha$$

Do đó phương trình đặc tính thang đo có dạng.

$$\alpha = \frac{K}{D} I$$

3.1.2.2. Loại nhiều từ thông

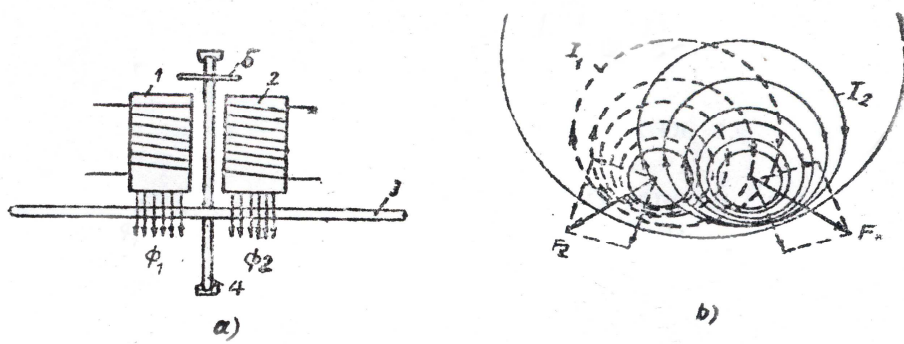
Hình 3.2 trình bày sơ đồ cấu tạo cơ cấu đo cảm ứng 2 từ thông có đĩa quay. Các phần tử cơ bản gồm có: Hai cuộn dây tĩnh 1 và 2 cho dòng điện cần đo chạy qua, đĩa quay 3, trục quay 4, và lò xo phản 5.

Khi có các dòng điện xoay chiều i_1 và i_2 chạy qua cuộn dây 1 và 2 sẽ tạo nên hai từ thông biến thiên $\Phi_1(t)$ và $\Phi_2(t)$ xuyên qua đĩa 3. Các từ thông này biến thiên theo qui luật hình sin và lệch pha nhau một góc ψ . Trị số tức thời các từ thông trên có dạng.

$$\Phi_1(t) = \Phi_{1m} \sin \omega t \quad (3.3)$$

$$\Phi_2(t) = \Phi_{2m} \sin(\omega t - \psi) \quad (3.4)$$

Trong đó: Φ_{1m} và Φ_{2m} là biên độ cực đại và ψ là góc lệch pha giữa các từ thông $\Phi_1(t)$ và $\Phi_2(t)$



Hình 3.2. Cơ cấu đo cảm ứng hai từ thông

Sự biến thiên của từ thông $\Phi_1(t)$ và $\Phi_2(t)$ sẽ sinh ra hai sức điện động cảm ứng trên đĩa quay là e_1 và e_2 . Trị hiệu dụng của e_1 và e_2 tỷ lệ với từ thông Φ_1 và Φ_2 ; góc pha của e_1 và e_2 chậm sau các từ thông tương ứng một góc 90° . Do đó trị số tức thời của sức điện động cảm ứng có dạng.

$$e_1 = C_1 f \phi_{1m} \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$e_2 = C_2 f \phi_{2m} \sin(\omega t - \psi - 90^\circ)$$

Trị số hiệu dụng của dòng điện cảm ứng trên đĩa bằng

$$I_{12} = \frac{E_1}{R_d} \text{ và } I_{22} = \frac{E_2}{R_d}$$

Trong đó R_d là điện trở tương đương của đĩa quay.

Trị số tức thời của các dòng điện cảm ứng trên đĩa là.

$$i_{12} = \frac{C_1}{R_d} f \phi_{1m} \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (3.5)$$

$$i_{22} = \frac{C_2}{R_d} f \phi_{2m} \sin(\omega t - \psi - 90^\circ) \quad (3.6)$$

Từ hình 3.2b ta thấy dòng điện cảm ứng trên đĩa i_{12} có một phần đi qua vùng từ thông $\Phi_2(t)$ và dòng điện cảm ứng i_{22} có một phần đi qua vùng từ thông $\Phi_1(t)$. Do đó dòng điện i_{12} tác động tương hỗ với từ thông $\Phi_2(t)$ sinh ra lực F_1 và dòng điện i_{22} tác động tương hỗ với từ thông

$\Phi_1(t)$ sinh ra lực F_2 và tạo nên các mô men tương ứng là $M_1 = K_1 F_1$ và $M_2 = K_1 F_2$.

Các mô men này được bố trí có chiều ngược nhau, hiệu hai mô men này làm đĩa quay.

$$M_q = M_1 - M_2 = K_1(F_1 - F_2)$$

Vì lực điện từ F tỷ lệ với dòng điện cảm ứng trên đĩa và từ thông tác động tương hỗ với nó nên ta có.

$$F = K_2 IB.$$

Biểu thức của trị số tức thời các mô men M_1 và M_2 có dạng.

$$M_1(t) = K_1 F_1(t) = K_1 K_2 i_{12} B_2(t) = K_3 i_{12} B_2(t) = K_4 i_{12} \phi_2(t)$$

$$\text{Tương tự: } M_2(t) = K_3 i_{22} B_1(t) = K_4 i_{22} \phi_1(t).$$

Thay thế các giá trị của i_{12} , i_{22} , $\Phi_1(t)$ và $\Phi_2(t)$ vào trên ta được.

$$M_q(t) = K_4 \left[\frac{C_1}{R_d} f \phi_{1m} \sin(\omega t - 90^\circ) \phi_{2m} \sin(\omega t - \psi) - \frac{C_1}{R_d} f \phi_{2m} \sin(\omega t - \psi - 90^\circ) \phi_{1m} \sin \omega t \right]$$

Biến đổi các biểu thức lượng giác ta có:

$$\begin{aligned} & \sin(\omega t - 90^\circ) \sin(\omega t - \psi) - \sin(\omega t - \psi - 90^\circ) \sin \omega t \\ &= -\cos \omega t \sin(\omega t - \psi) + \cos(\omega t - \psi) \sin \omega t = \\ &= -\frac{1}{2} [\sin(2\omega t - \psi) - \sin \psi] + \frac{1}{2} [\sin(2\omega t - \psi) + \sin \psi] = \sin \psi \end{aligned}$$

Như vậy, biểu thức trên có dạng rút gọn:

$$M_q(t) = \frac{K_5}{R_d} f \phi_{1m} \phi_{2m} \sin \psi \quad (3.7)$$

Từ (3.7) ta thấy rằng dù từ thông có dòng điện cảm ứng trên đĩa biến thiên tuần hoàn, trị số tức thời của mô men quay là một số không đổi (Trị số $M_1(t)$ và $M_2(t)$ biến thiên theo qui luật hình sin nhưng hiệu của chúng thì không đổi về dấu và trị số, do đó trị số trung bình của mô men quay cũng không đổi. Vì trị số biên độ cực đại từ thông Φ_{1m} và Φ_{2m} tỷ lệ với trị hiệu dụng của chúng Φ_1 và Φ_2 nên biểu thức mô men quay trung bình có thể viết.

$$M_q = \frac{K_6}{R_d} f\phi_1\phi_2 \sin\psi \quad (3.8)$$

Khi phần động ở vị trí cân bằng $M_q = M_p$, ta có:

$$\frac{K_6}{R_d} f\phi_1\phi_2 \sin\psi = D\alpha = K_7\alpha$$

Do đó phương trình đặc tính thang đo của dụng cụ đo cảm ứng hai từ thông có dạng.

$$\alpha = \frac{K_8}{R_d} f\phi_1\phi_2 \sin\psi \quad (3.9)$$

Từ 3.9 rút ra những nhận xét sau:

- Để tạo mô men quay cơ cấu đo cảm ứng phải có ít nhất hai từ thông biến thiên hoặc hai thành phần của một từ thông lệch pha nhau về không gian và thời gian.

- Mô men quay lớn nhất khi góc lệch pha giữa hai từ thông $\psi = 90^\circ$.

- Mô men quay của cơ cấu đo cảm ứng phụ thuộc vào tần số, $M_q = 0$ khi $f = 0$, nghĩa là cơ cấu đo cảm ứng chỉ dùng trong mạch điện xoay chiều.

- Mô men quay phụ thuộc vào nhiệt độ, nhiệt độ thay đổi làm R_d thay đổi, do đó M_q thay đổi theo. Thực nghiệm cho thấy rằng khi nhiệt độ thay đổi 10°C số chỉ của dụng cụ cảm ứng thay đổi 4 %.

3.1.3. Công tơ cảm ứng một pha

3.1.3.1. Cấu tạo

Công tơ cảm ứng một pha là loại dụng cụ đo năng lượng điện trong mạch điện xoay chiều một pha.

Tuy có hình thức cấu tạo khác nhau, song chúng đều có những chi tiết như:

- Cuộn dây điện áp 1 và cuộn dây dòng điện 2.
- Đĩa nhôm 3 và trục quay 4
- Nam châm vĩnh cửu 5 tạo mô men phản
- Cơ cấu đếm 6

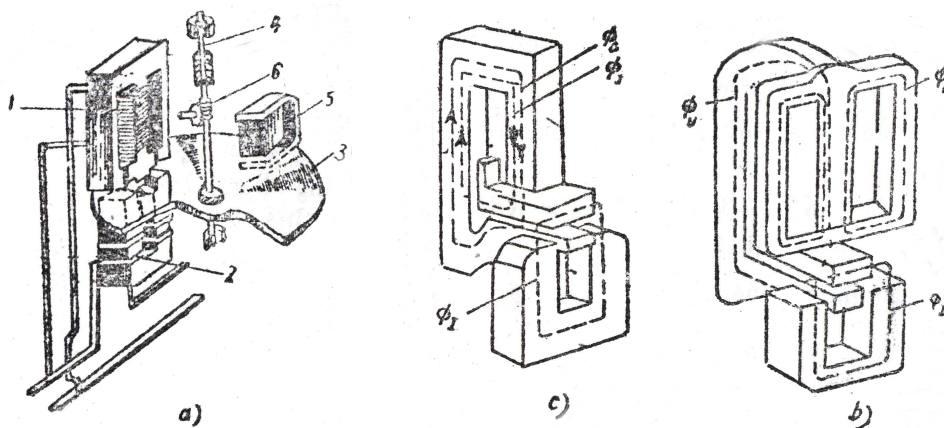
*** Cuộn dây điện áp và cuộn dây dòng điện**

Cuộn dây điện áp còn gọi là cuộn dây song song vì nó nối song song với phụ tải vào điện áp lưới điện. Cuộn dây song song có mạch từ làm bằng các lá thép kỹ thuật điện để tránh tổn hao dòng điện xoáy. Số vòng dây của nó thay đổi theo điện áp đặt vào cuộn dây ấy tức phụ thuộc điện áp định mức của công tơ. Loại điện áp định mức $U = 110V$, số vòng dây $W_U = 3000 \div 4000$ vòng, loại $U = 220V$, $W_U = 6000 \div 7000$ vòng với dây đồng có đường kính từ $0,12 \div 0,14mm$.

Cuộn dây dòng điện còn gọi là cuộn dây nối tiếp vì nó nối tiếp với phụ tải có dòng điện chảy qua. Cuộn dây nối tiếp có số vòng dây ít hơn nhiều so với cuộn dây song song, số vòng dây chừng $W_I = 20 \div 30$ vòng dây có đường kính lớn ($1,4 \div 2$) mm với dòng điện định mức của công tơ $I_{dm} = 5A$, dây lớn hơn nếu dòng điện định mức lớn hơn và số vòng dây ít hơn, đảm bảo số ampe - vòng của cuộn dây nối tiếp $W_I = (90 \div 150) AV$.

Cuộn dây nối tiếp được phân thành hai nửa có mạch từ bằng thép lá kỹ thuật điện và bố trí phía dưới đĩa quay, còn cuộn dây song song bố trí phía trên đĩa quay. Vị trí tương đối giữa hai cuộn dây này có hai phương án bố trí.

- Cuộn dây song song và nối tiếp với mạch từ của chúng cùng nằm trên mặt phẳng theo phương tiếp tuyến với đường tròn đĩa quay (hình 3.3b).



Hình 3.3. Cấu tạo của công tơ điện cảm ứng một pha và vị trí tương đối giữa các cuộn dây song song và nối tiếp

- Cuộn dây song song và nối tiếp đặt vuông góc nhau, một trong hai cuộn nằm trong mặt phẳng theo phương hướng kính của đĩa quay (hình 3.3c).

Do kết cấu mạch từ, trong cuộn dây song song từ thông $\Phi_{\Sigma U}$ do dòng điện qua cuộn dây sinh ra sẽ phân thành hai thành phần: thành phần Φ_U xuyên qua đĩa nhôm (gọi là từ thông chính hay từ thông làm việc vì có tác dụng tạo mô men quay) và từ thông Φ_L khép kín mạch không xuyên qua đĩa nhôm (gọi là từ thông phụ vì không tạo mô men quay). Sở dĩ mạch từ cuộn dây song song có cấu tạo như vậy là để tạo nên góc lệch pha giữa từ thông Φ_U của mạch song song với từ thông Φ_I của mạch nối tiếp là 90° , đó là điều kiện cần thiết số chỉ của công tơ kiểu cảm ứng tỷ lệ với lượng điện năng mà tải tiêu thụ.

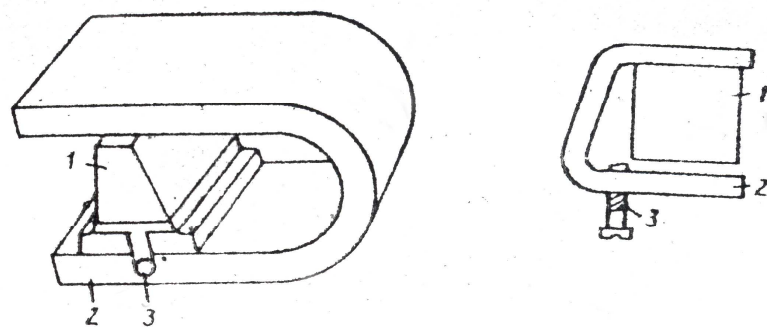
Nếu xem xét kỹ lưỡng, từ thông do cuộn dây nối tiếp sinh ra cũng phân thành hai thành phần: Từ thông làm việc Φ_I xuyên qua đĩa và từ thông không làm việc không xuyên qua đĩa Φ_S (xem hình 3.9).

Số lượng các cuộn dây song song và nối tiếp có từ 1 đến 3, công tơ 1 pha chỉ cần 1 cuộn dây song song và 1 cuộn dây nối tiếp, công tơ 3 pha dùng trong mạch điện 3 pha 3 dây có 2 cuộn song song và 2 cuộn nối tiếp, trong mạch điện 3 pha 4 dây có 3 cuộn dây song song và 3 cuộn dây nối tiếp.

*** Nam châm vĩnh cửu tạo mô men phản**

Để tạo mô men phản trong công tơ người ta dùng nam châm vĩnh cửu tương tự như việc tạo mô men cản dũa kiểu cản ứng từ trong các cơ cấu đo cơ điện. Nam châm vĩnh cửu có nhiều dạng khác nhau trên hình 3.4, mô tả cấu tạo của một dạng nam châm vĩnh cửu tạo mô men phản gồm: nam châm vĩnh cửu (1), gông từ (2) và vít điều chỉnh 3.

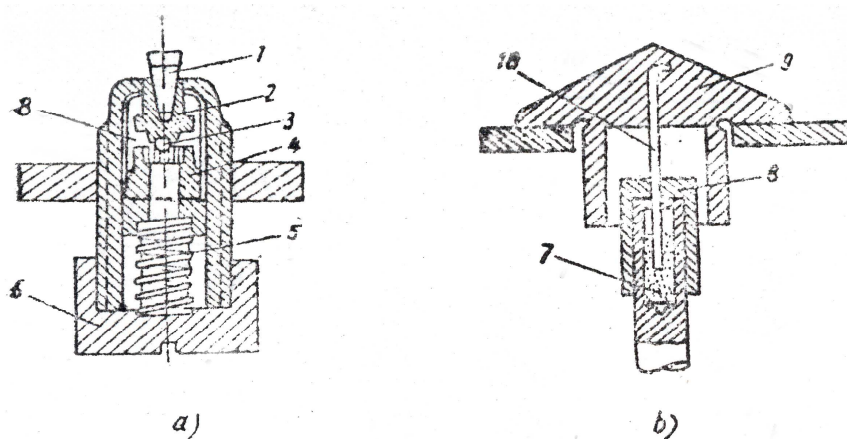
Nam châm vĩnh cửu được bắt chặt vào khung cố định của cơ cấu đo, nhưng có thể xê dịch vị trí dọc theo đường bán kính của đĩa quay và có thể điều chỉnh khe hở giữa hai cực của nam châm với đĩa quay để thay đổi mô men. Chất lượng của nam châm có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của công tơ, trong đó yêu cầu và tính ổn định từ tính theo thời gian và nhiệt độ là rất quan trọng.



Hình 3.4. Cấu tạo nam châm vĩnh cửu tạo mô men phản

* Đĩa quay và trục quay

Đĩa quay làm bằng nhôm có đường kính từ $(80 \div 100)$ mm, chiều dày đĩa $(0,5 \div 1,5)$ mm. Đĩa gắn chặt với trục quay 5 bằng phương pháp ép. Đầu trên và dưới của trục quay có gối đỡ. Gối đỡ dưới có ảnh hưởng rất nhiều đến độ chính xác của công tơ vì vậy cần có cấu tạo đặc biệt. Hình 3.5 mô tả gối đỡ dưới.



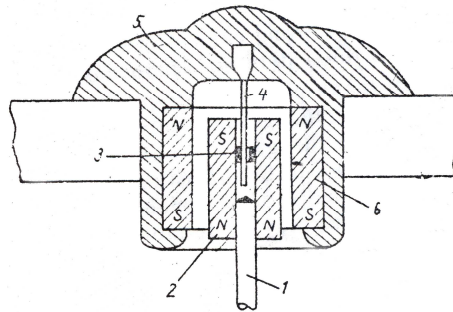
Hình 3.5. Cấu tạo gối đỡ trục quay của cơ cấu

Cấu tạo đầu dưới của trục quay 1 có dạng hình chóp nón đặt trong một ống 2 có ép chặt một viên bi dưới 3, viên bi và ống 2 tựa trên một gối đỡ 4 lõm hình cầu, nhờ có lò xo 5 và lắp đỡ 6 có ren, ta có thể điều chỉnh trục quay và phân động lên xuống. Trong buồng B có chứa dầu

bôi trơn đầu trục quay để giảm ma sát giữa trục và gối đỡ. Viên bi 3 có kích thước nhỏ để giảm ma sát, nhưng không thể quá nhỏ vì quá nhỏ ứng suất tác dụng trên gối đỡ 4 vượt quá ứng suất giới hạn cho phép làm trụ đỡ chóng hỏng. Thường bán kính viên bi bằng 0,5 mm.

Gối đỡ trên không chịu lực như gối đỡ dưới, nó có tác dụng định vị trục quay, ma sát giữ đầu trục và gối đỡ tương đối nhỏ. Cấu tạo gối đỡ trên hình 3.5b. Đầu trên trục quay có khoan một lỗ 7 để chứa dầu bôi trơn, nắp 8 có lỗ phía trên bắt chặt vào đầu trục quay, bên ngoài nắp 8 và nắp 9 có gắn một kim cố định 10 chui qua lỗ của nắp 8 và nằm trong lỗ 7.

Cấu tạo gối đỡ của trục công tơ như trên ma sát lớn, nên sai số lớn. Để loại trừ sai số do ma sát giữa đầu trục và gối đỡ, nhằm nâng cao độ chính xác của công tơ điện, ngày nay người ta dùng gối đỡ kiểu nam châm treo (hình 3.6).

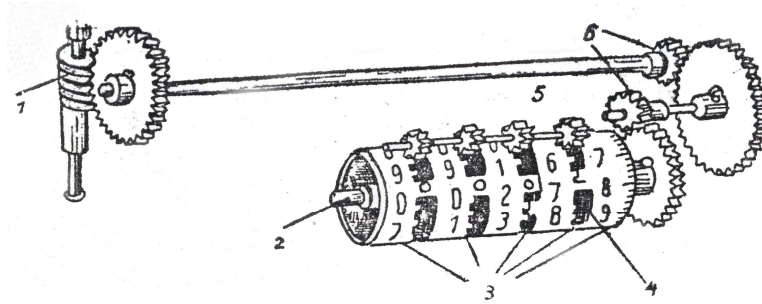


Hình 3.6. Cấu tạo gối đỡ kiểu nam châm treo của công tơ điện

Đầu trên của trục quay 1 đặt trong một nam châm hình trụ 2 (ghép chặt). Trong lòng nam châm 2 có một vòng nhỏ 3 để định vị kim 4 từ nắp 5 phía trên chui xuống. Nắp 5 làm bằng hợp kim nhôm có gắn chặt một nam châm vĩnh cửu 6 hình ống bao ngoài nam châm 2. Do sự bố trí cực tính của nam châm tĩnh 6 và nam châm quay 2 ngược nhau nên hình thành lực hút giữa 2 nam châm đó. Trọng lượng bản thân phần động có khuynh hướng kéo nam châm 2 tụt xuống nhưng nhờ có lực hút giữa nam châm 2 và 6 giữ cho phần động nằm ở vị trí cân bằng. Đầu trục quay dưới do không tỳ lên gối đỡ nên không gây nên sai số ma sát đồng thời giảm được công suất tiêu hao, nâng cao độ chính xác và tuổi thọ của công tơ.

* Bộ đếm số vòng quay của đĩa

Một trong những bộ phận quan trọng của công tơ điện là bộ đếm số vòng quay của đĩa. Bộ đếm có cấu tạo như hình 3.7.



Hình 3.7. Cấu tạo bộ đếm số vòng quay của đĩa

Bộ đếm gồm có một con lăn (thường từ 5 đến 6 con lăn) mỗi con lăn mang số từ 0 đến 9, quay tự do xung quanh một trục. Giữa các con lăn liên kết với nhau dựa trên nguyên tắc là khi một con lăn quay hết một vòng thì con lăn bên trái nó quay được một phần mười vòng. Như vậy giá trị mỗi con số trên con lăn bên trái bằng mười lần giá trị mỗi con số trên con lăn bên phải. Mỗi con số trên con lăn tận cùng bên phải có giá trị nhỏ nhất thì con lăn tận cùng bên trái mỗi con số có giá trị đơn vị lớn nhất.

Trong thời gian máy đếm làm việc chỉ có con lăn thứ nhất (tức con lăn ở tận cùng bên phải) quay liên tục các con lăn tiếp theo 2, 3, 4, 5, và 6 chỉ quay đi phần mười vòng khi con lăn trước nó quay hết một vòng. Cách cấu tạo như trên giảm nhỏ ma sát trong bộ đếm rất nhiều. Trục quay của đĩa và bộ đếm liên hệ với nhau qua hệ thống bánh xe răng khứa.

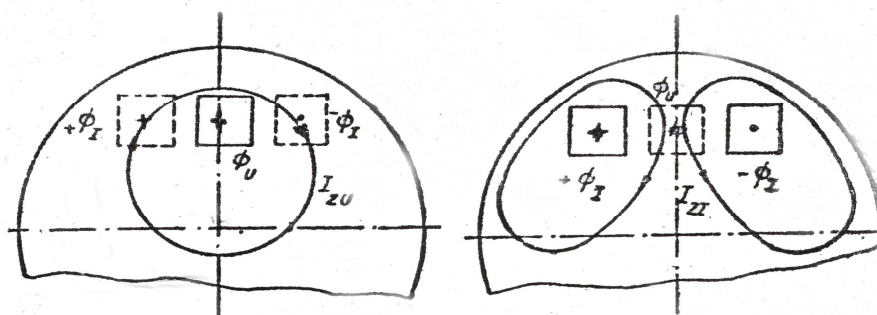
3.1.3.2. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của công tơ về cơ bản như đã trình bày ở mục trước (cơ cấu cảm ứng nhiều từ thông). Do có những đặc điểm riêng về cấu tạo và nhiệm vụ nên ta cần xét chi tiết hơn để hiểu được quá trình làm việc của nó.

* Mô men quay

Hình 3.8 mô tả cách phân bố các đường sức của cuộn dây song song Φ_U ; cuộn dây nối tiếp Φ_I và các dòng điện cảm ứng do chúng sinh ra trên đĩa quay.

Từ thông làm việc Φ_U do cuộn dây song song sinh ra xuyên qua đĩa một lần còn từ thông làm việc của cuộn dây nối tiếp xuyên qua đĩa 2 lần theo hướng ngược nhau $+\Phi_I$ và $-\Phi_I$. Các từ thông Φ_U và Φ_I tác động tương hỗ với dòng điện cảm ứng i_{2U} sinh ra hai lực điện từ cùng trị số và cùng phương, do đó có thể coi như một lực F_1 là tổng hợp lực của hai lực trên. Từ thông Φ_U tác động với dòng điện cảm ứng i_{2I} và sinh ra lực F_2 .



Hình 3.8. Phân bố đường sức từ của các dòng điện cảm ứng i_{1U} và i_{2U}

Trị số trung bình của F_1 và F_2 xác định:

$$F_1 = C_1 \Phi_I I_{2U} \cos \varepsilon_1 \quad (3.14)$$

$$F_2 = C_2 \Phi_U I_{2I} \cos \varepsilon_2 \quad (3.15)$$

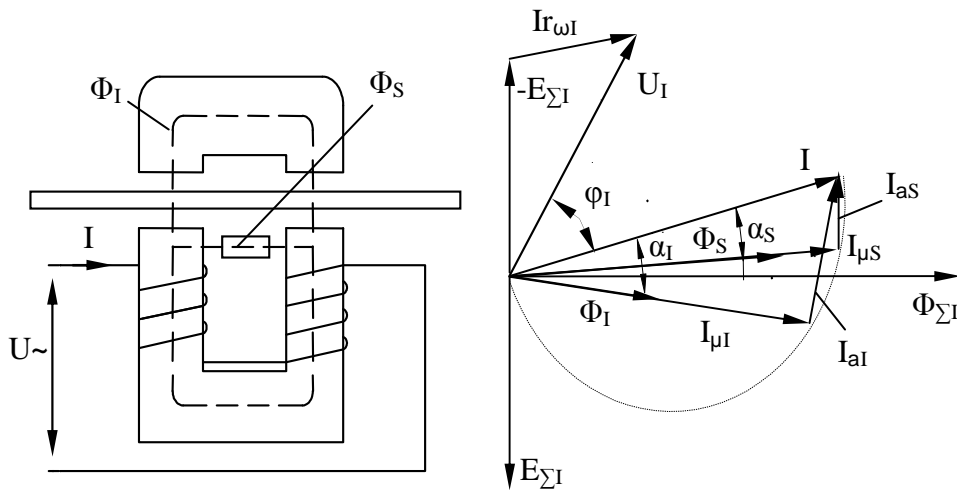
Trong đó ε_1 và ε_2 theo thứ tự là góc lệch pha giữa Φ_I và I_{2U} , giữa Φ_U và I_{2I} .

Tổng hợp lực của F_1 và F_2 tạo nên mô men quay. Để xét mối quan hệ giữa mô men quay M_q với các yếu tố sinh ra nó ta xây dựng đồ thị véc tơ của công tơ.

* Đồ thị véc tơ mạch cuộn dây nối tiếp.

Cuộn dây nối tiếp có dòng điện tải chạy qua và tạo nên từ thông $\Phi_{\Sigma I}$. Từ thông này chia thành hai thành phần: Từ thông Φ_I xuyên qua

đĩa nhôm gọi là từ thông làm việc và từ thông Φ_S không xuyên qua đĩa nhôm, gọi là từ thông tản (hình 3.9).



Hình 3.9. Đồ thị véc tơ của mạch cuộn dây nối tiếp

Giả sử véc tơ dòng điện I lệch với trục hoành một góc nào đấy. Từ thông tản Φ_S chậm sau dòng điện I một góc α_S là do có tổn hao từ trễ và dòng điện xoáy trên đường đi của Φ_S , góc α_S nhỏ, chỉ khoảng $(1 \div 2)^\circ$. Từ thông làm việc Φ_I cũng chậm sau dòng điện I một góc α_I . Góc α_I lớn hơn góc α_S vì trên đường đi của từ thông Φ_I ngoài tổn hao từ trễ, tổn hao do dòng điện xoáy (không lớn) còn có thêm tổn hao công suất tác dụng trên đĩa quay, góc α_I có trị số từ $(5 \div 15)^\circ$.

Đối với từ thông Φ_S dòng điện I có thể phân tích thành hai thành phần vuông góc nhau: Dòng điện từ hoá $I_{\mu S}$ tạo nên từ thông Φ_S và dòng điện tổn hao tác dụng $I_{a S}$.

Đối với từ thông Φ_I cũng vậy, dòng điện I có thể phân tích thành hai thành phần vuông góc nhau: Dòng điện từ hoá $I_{\mu I}$ tạo nên từ thông Φ_I và dòng điện tổn hao tác dụng $I_{a I}$. Tương tự như vậy dòng điện I có thể phân tích đối với từ thông tổng $\Phi_{\Sigma I}$ (dòng điện $I_{\mu \Sigma I}$ và $I_{a \Sigma I}$ trên hình không vẽ).

Tổng hợp hai véc tơ Φ_I và Φ_S ta được véc tơ $\Phi_{\Sigma I}$ góc giữa các từ thông Φ_I và Φ_S phụ thuộc vào góc α_S và α_I và tỷ số giữa từ thông Φ_S và Φ_I .

Sức điện động cảm ứng $E_{\Sigma I}$ chậm sau từ thông $\Phi_{\Sigma I}$ một góc 90° và có trị số xác định theo biểu thức.

$$E_{\Sigma I} = 4,44.f.W_I.\phi_{\Sigma I}$$

Trong đó:

f : tần số dòng điện qua cuộn dây.

W_I : số vòng cuộn dây nối tiếp.

Sức điện động này cân bằng với điện áp rơi trên hai cực cuộn dây.

Phương trình cân bằng điện áp như sau:

$$U_I = I_{rI} - E_{\Sigma I}$$

trong đó r_I điện trở cuộn dây nối tiếp.

Véc tơ điện áp rơi I_{rI} cùng pha với véc tơ I và $-E_{\Sigma I}$, ngược với véc tơ sức điện động $E_{\Sigma I}$ một góc 180° . Tổng hợp hai véc tơ I_{rI} và $-E_{\Sigma I}$ được véc tơ điện áp U_I . Khi dòng điện chạy qua cuộn dây nối tiếp, điện áp rơi trên cuộn dây này thường bằng $(0,1 \div 0,5)$ V. Góc lệch φ_I giữa dòng điện I và điện áp U_I quyết định bởi tỷ số giữa điện trở thuần của cuộn dây nối tiếp r_I và điện kháng của cuộn dây ấy, góc φ_I thường có trị số $(30 \div 45)^\circ$.

Tổng tổn thất công suất tác dụng trong mạch cuộn dây nối tiếp là:

$$P_I = U_I.I.\cos\varphi_I$$

Thành phần tổn thất công suất tác dụng trong cuộn dây nối tiếp:

$$P_{wI} = I^2.r_I$$

Phần còn lại là tổn thất công suất tác dụng trên đĩa quay. Từ thông làm việc Φ_I tạo nên sức điện động cảm ứng E_{2I} trên đĩa và chậm sau Φ_I một góc 90° , dòng điện cảm ứng I_{2I} tương ứng chậm sau E_{2I} một góc θ_I .

*** Đồ thị véc tơ mạch cuộn dây song song**

Sơ đồ nguyên lý cấu tạo mạch cuộn dây song song như hình 3.10a.

Từ thông tổng $\Phi_{\Sigma U}$ do dòng điện I_U chảy qua cuộn dây song song phân thành hai thành phần Φ_U và Φ_L . Từ thông $\Phi_{\Sigma U}$ chậm sau I_U một góc $\alpha_{\Sigma U}$.

Do đó tổn hao trong lõi thép của mạch từ, từ thông Φ_L chậm sau I_U một góc $\alpha_L = (1 \div 2)^\circ$. Đối với từ thông Φ_L dòng điện I_U có thể phân thành hai thành phần vuông góc nhau: Dòng điện từ hoá $I_{\mu L}$ tạo nên từ thông Φ_L và dòng điện tổn hao I_{aL} trong mạch từ của từ thông Φ_L đi qua. Tương tự như vậy đối với từ thông Φ_U , dòng điện I_U cũng có thể phân tích thành hai thành phần: $I_{\mu U}$ và I_{aU} và đối với từ thông tổng $\Phi_{\Sigma U}$ do dòng $I_{\mu \Sigma U}$ và $I_{a \Sigma U}$ cũng tương tự. Từ thông Φ_U chậm sau I_U một góc α_U .

Góc tổn hao α_U của từ thông Φ_U lớn hơn góc tổn hao α_L của từ thông Φ_L ($\alpha_U > \alpha_L$), vì phải kể thêm tổn hao công suất tác dụng trên đĩa quay.

Trong công tơ cảm ứng, Φ_L thường bằng $(3 \div 5) \Phi_U$ và góc $\alpha_U = (20 \div 25)^\circ$.

Trong cuộn dây song song từ thông $\Phi_{\Sigma U}$ tạo nên sức điện động $E_{\Sigma U}$ chậm sau nó một góc 90° có giá trị bằng.

$$E_{\Sigma U} = 4,44.f.w_U.\Phi_{\Sigma U}$$

Ta có quan hệ:
$$\vec{E}_{\Sigma U} = \vec{E}_L + \vec{E}_U$$

Trong đó: E_L và E_U là sức điện động tạo ra bởi các từ thông tương ứng là Φ_L và Φ_U .

Điện áp U đặt trên cuộn dây song song cân bằng với điện áp rơi trên cuộn dây $I_U r_U$ và sức điện động $E_{\Sigma U}$ sinh ra trong cuộn dây ấy. Do đó véc tơ U là tổng hình học các véc tơ thành phần $I_U r_U$ và $-E_{\Sigma U}$ (hình 3.10b).

Từ thông Φ_U xuyên qua đĩa và tạo nên sức điện động cảm ứng E_{2U} trên đĩa quay, E_{2U} chậm sau Φ_U một góc 90° và dòng điện cảm ứng trên đĩa quay I_{2U} chậm sau E_{2U} một góc θ_U .

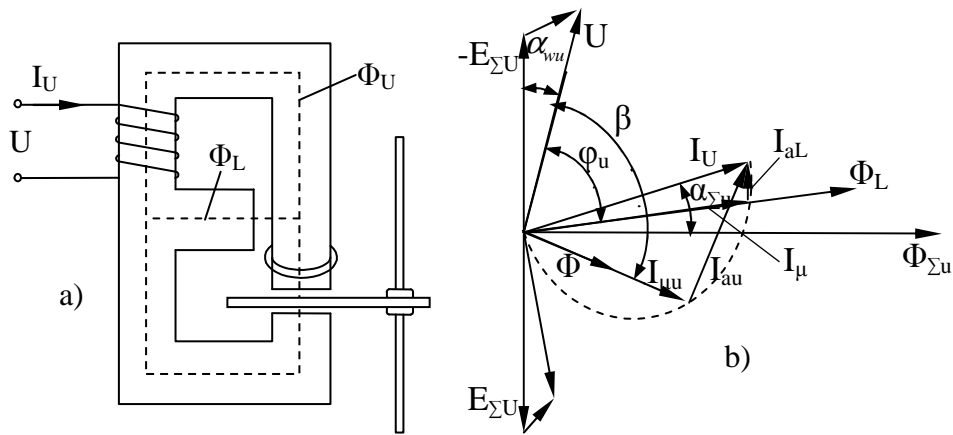
Tổng tổn thất công suất tác dụng trong mạch cuộn dây song song.

$$P_U = UI_U \cos \phi_U$$

Trong đó ϕ_U là góc lệch pha giữa U và I_U có trị số từ $(75 \div 80)^\circ$

Chế độ làm việc của cuộn dây song song quyết định bởi trị số điện áp định mức đặt trên cuộn dây ấy, còn cuộn dây nối tiếp quyết định

bởi trị số định mức của dòng điện tải qua nó. Do đó chế độ làm việc của hai cuộn dây hoàn toàn khác nhau.



Hình 3.10. Sơ đồ nguyên lý mạch cuộn dây song song và đồ thị véc tơ

Ví dụ với cuộn dây nối tiếp khi đã xác định dòng điện làm việc và tổng từ trở của mạch, từ thông tổng sinh ra trong mạch cuộn dây này bằng.

$$\Phi_{\Sigma I} = \frac{\sqrt{2} \cdot I \cdot w_I}{Z_{\Sigma c}}$$

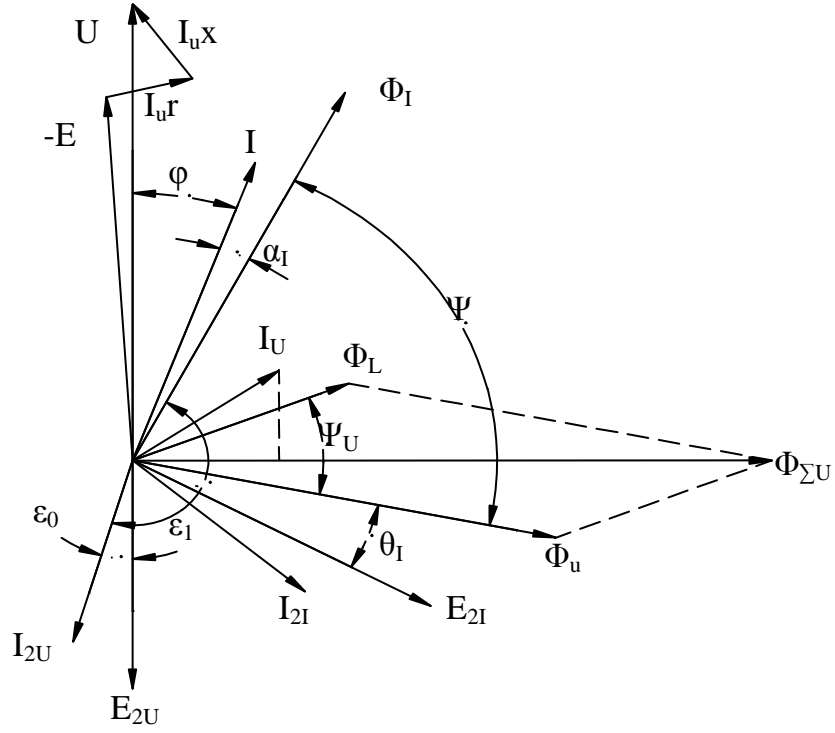
Còn trong cuộn dây song song tổng từ thông $\Phi_{\Sigma U}$ thực tế không phụ thuộc vào từ trở của mạch từ, nó được xác định từ biểu thức sau:

$$U \approx E_{2U} = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_{\Sigma U}$$

* Đồ thị véc tơ của công tơ

Tổng hợp hai đồ thị véc tơ cuộn dây song song và nối tiếp trên ta được đồ thị véc tơ của công tơ. Để tiện cho việc nghiên cứu các chế độ làm việc của nó ta bỏ qua những thành phần không cần thiết. Ví dụ đối với đồ thị véc tơ cuộn dây nối tiếp ta chỉ quan tâm các véc tơ U , I_U , $\Phi_{\Sigma U}$, Φ_U , E_{2U} và I_{2U} . Đồ thị véc tơ của công tơ được trình bày trên hình 3.11.

Xây dựng đồ thị véc tơ của công tơ cảm ứng ta giả thiết rằng tải không phải là thuần trở, dòng điện tải I chậm sau điện áp U một góc φ .



Hình 3.11. Đồ thị véc tơ của công tơ cảm ứng

Từ đồ thị véc tơ trên ta có các quan hệ sau:

- Góc hợp bởi từ thông Φ_I và I_{2U} là $\varepsilon_1 = 90^\circ + \psi + \theta_U$

- Góc hợp bởi từ thông Φ_U và I_{2I} là $\varepsilon_2 = 90^\circ - \psi + \theta_I$

Trong đó ψ là góc hợp bởi hai từ thông làm việc Φ_U và Φ_I vì vậy biểu thức (3.14) và (3.15) có thể viết.

$$F_1 = -C_1 \Phi_I I_{2U} \sin (\psi + \theta_U) \quad (3.16)$$

$$F_2 = C_2 \Phi_U I_{2I} \sin (\psi + \theta_I), \quad (3.17)$$

Từ các biểu thức trên cho thấy F_1 và F_2 có trị số khác dấu, chúng có chiều đối nhau. Tổng hợp lực của F_1 và F_2 làm đĩa quay có giá trị bằng.

$$F = C_2 \Phi_U I_{2I} \sin (\psi - \theta_I) + C_1 \Phi_I I_{2U} \sin (\psi + \theta_U) \quad (3.18)$$

Các dòng điện cảm ứng trên đĩa quay I_{2U} và I_{2I} tỷ lệ với các từ thông tương ứng Φ_U và Φ_I và tỷ lệ với tần số f của dòng điện lưới.

$$I_{2U} = C_U f \Phi_U$$

$$I_{2I} = C_I f \Phi_I$$

Trong đó C_U và C_I là hệ số tỷ lệ liên quan với kích thước của đĩa quay và cách bố trí các cực từ.

Thay các giá trị của I_{2U} và I_{2I} vào (3.18) ta được.

$$F = C_2 C_f \Phi_I \Phi_U \sin(\psi - \theta_I) + C_1 C_U f \Phi_I \Phi_U \sin(\psi + \theta_U)$$

Một cách gần đúng xem $\theta_I = \theta_U = \theta$ và do các từ thông phân bố đối xứng nên ta có thể viết.

$$C_2 C_I = C_1 C_U = C_f$$

Sau khi đơn giản và biến đổi biểu thức trên có dạng:

$$F = C_f \Phi_I \Phi_U \sin \psi \cos \theta \quad (3.19)$$

Giả sử rằng $\cos \theta$ là hằng số, mô men quay đo lực F tác động lên đĩa quay có dạng:

$$N_q = C_f \Phi_I \Phi_U \sin \psi \quad (3.20)$$

Vì $U \approx E = 4,44 f W_U \Phi_{\Sigma U}$ và $\vec{\Phi}_{\Sigma U} = \vec{\Phi}_U + \vec{\Phi}_L$.

Nên ta có: $U \approx C_3 . f . \Phi_U$

$$\text{Từ đó:} \quad \Phi_U = \frac{U}{C_3 . f} \quad (3.21)$$

Trong cuộn dây nối tiếp, từ thông Φ_I tỷ lệ với dòng điện I chảy qua cuộn dây ấy:

$$\Phi_I = C_4 I. \quad (3.22)$$

Từ thông Φ_I tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I nếu mạch từ cuộn dây nối tiếp làm việc trong đoạn đường thẳng của đường cong từ hoá khi I biến thiên từ 0 đến I_{dm} . Muốn vậy mạch từ cuộn dây nối tiếp thường có tiết diện lớn, làm bằng vật liệu có độ thẩm từ cao và phần mạch từ có lõi thép ngắn.

Thay các giá trị của Φ_U và Φ_I từ (3.21) và (3.22) vào biểu thức mô men quay (3.20) ta được.

$$M_q = C_5 . U . I . \sin \psi. \quad (3.23)$$

Muốn cho mô men quay của công tơ tỷ lệ với công suất tiêu hao của tải $P = UI \cos \varphi$, nghĩa là để có quan hệ sau:

$$M_q = KP = KUI \cos\varphi \quad (3.24)$$

Thì thoả mãn điều kiện: $\sin\psi = \cos\varphi$.

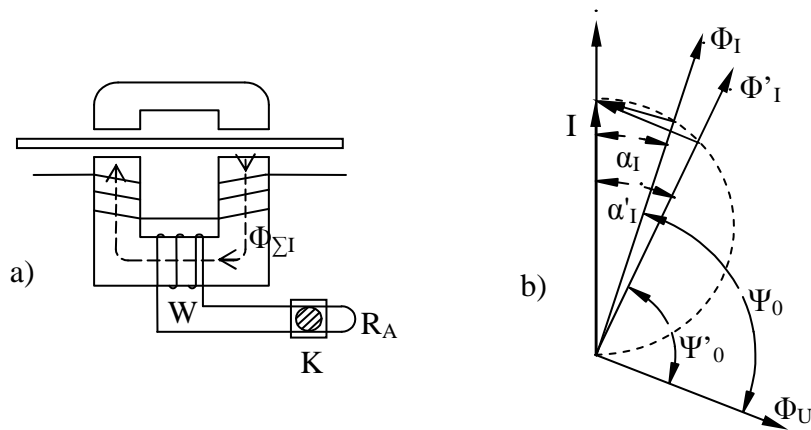
Muốn vậy cơ cấu đo của công tơ phải cấu tạo sao cho.

$$\Psi = 90^\circ - \varphi \quad (3.25)$$

Với φ là góc lệch pha giữa dòng điện I và điện áp U , phụ thuộc vào tính chất phụ tải và không phụ thuộc cấu tạo công tơ. Với phụ tải xác định, $90^\circ - \varphi$ là một số không đổi, do đó để thoả mãn điều kiện (3.25) ta phải điều chỉnh góc ψ , góc hợp bởi từ thông Φ_U và Φ_I . Điều chỉnh góc ψ có liên quan đến sự phân bố lại từ thông Φ_U và Φ_L trong cuộn dây song song và từ thông Φ_I và Φ_S trong cuộn dây nối tiếp.

Để điều chỉnh góc ψ ta nêu hai biện pháp sau:

*** Điều chỉnh góc ψ bằng vòng ngắn mạch trên mạch từ cuộn dây nối tiếp**



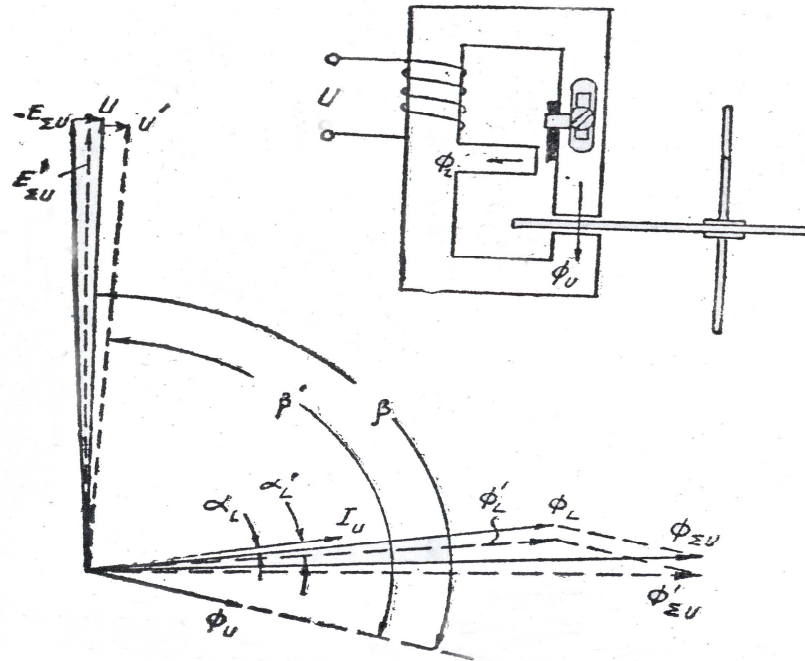
Hình 3.12. Mạch từ cuộn dây nối tiếp của vòng ngắn mạch điều chỉnh

Hình 3.12 mô tả cấu tạo mạch từ cuộn dây nối tiếp có vòng ngắn mạch điều chỉnh góc ψ và đồ thị véc tơ của Φ_I và Φ_U .

Trên mạch từ cuộn dây nối tiếp có vòng ngắn W_{nm} khép kín bằng một điện trở tải R_A . Xê dịch vít K trị số điện trở nối với vòng ngắn mạch thay đổi làm thay đổi tổn thất công suất tác dụng trong mạch từ của từ thông $\Phi_{\Sigma I}$ và từ thông làm việc Φ_I dẫn đến thay đổi góc lệch α_1 giữa dòng điện I qua cuộn dây nối tiếp và từ thông làm việc Φ_I .

Khi tổn thất công suất tác dụng tăng, góc α_I tăng và do đó góc ψ giữa Φ_I và Φ_U giảm.

*** Điều chỉnh góc ψ bằng cách thay đổi tổn hao trên mạch từ thông Φ_L .**



Hình 3.13. Mạch từ cuộn dây song song có điều chỉnh khe hở mạch từ của từ thông Φ_L

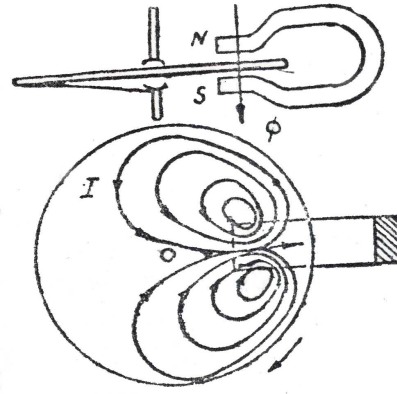
Để thực hiện điều này ở khe hở mạch từ của từ thông Φ_L người ta đặt một tấm đồng có thể xê dịch vị trí để thay đổi độ rộng khe hở đó, có nghĩa là thay đổi từ trở của mạch từ này.

Từ trở thay đổi tổn hao do công suất trên đường đi của từ thông Φ_L thay đổi do đó làm cho góc lệch α_L giữa dòng điện I_a và từ thông Φ_I thay đổi. Với Φ_U không đổi, góc α_L tăng nên góc lệch giữa $\Phi_{\Sigma U}$ và I_U tăng làm cho véc tơ $-E_{\Sigma U}$ và véc tơ điện áp U quay theo chiều kim đồng hồ một góc nào đó. Vì góc hợp bởi dòng điện I_U và từ thông Φ_U không đổi nên góc lệch ψ giữa Φ_I và Φ_U giảm. Tóm lại tổn hao tác dụng trên đường đi của từ thông Φ_L giảm sẽ làm giảm ψ .

• Mô men phản

Đĩa quay chuyển động trong khe hở giữa hai cực của nam châm vĩnh cửu. Từ thông Φ_m xuyên qua đĩa luôn luôn bị cắt ngang do đó làm xuất hiện sức điện động, và dòng điện cảm ứng trên đĩa.

Dòng điện cảm ứng tác động tương hỗ với từ thông của nam châm vĩnh cửu sinh ra mô men có chiều ngược với chiều quay của đĩa (hình 3.14).



Hình 3.14. Nguyên lý tạo mô men phản của công tơ

Mô men phản tỷ lệ với bình phương của từ thông Φ_m và tốc độ quay n của đĩa:

$$M_p = C_m \Phi_m^2 n \quad (3.26)$$

Trong đó C_m - Hệ số tỷ lệ:

Khi có điện vào cuộn dây song song và nối tiếp, mô men quay xuất hiện làm đĩa quay với vận tốc nhanh dần đều, đồng thời mô men phản M_p cũng xuất hiện và tăng tỷ lệ với tốc độ quay n của đĩa cho tới khi mô men quay cân bằng với mô men phản, đĩa quay với tốc độ đều n_0 :

$$n_0 = \frac{M_q}{C_m \Phi_m^2} \quad (3.27)$$

Gọi N là số vòng mà đĩa quay được sau thời gian t vận tốc quay đều n_0 bằng.

$$n_0 = \frac{N}{t} \quad (3.28)$$

Thay giá trị của n_0 từ (3.28) và M_q từ (3.26) vào (3.27) ta được quan hệ.

$$N = \frac{K}{C_m \Phi_m^2} P_t = K_0 P_t$$

Trong đó: $K_0 = \frac{K}{C_m \varphi_m^2}$

Nhưng $P_t = A$ là điện năng của tải tiêu thụ sau thời gian t , nên ta có thể viết.

$$A = \frac{1}{K_0} N = C_w N \quad (3.29)$$

Trong đó: $C_w = \frac{1}{K_0}$ là hằng số của công tơ.

Từ (3.29) cho thấy:

- Điện năng tiêu thụ của tải A tỷ lệ với số vòng quay N của đĩa;
- Khi hằng số của công tơ đã biết (KW.h/vòng) ta có thể tính được lượng điện năng mà tải đã tiêu thụ.

Thực tế số KW.h tải đã tiêu thụ được thể hiện bằng những con số trên bộ đếm. Như vậy bộ đếm thực hiện hai nhiệm vụ: Đếm số vòng quay của đĩa N và làm phép qui đổi từ số vòng quay N sang lượng điện năng A .

Thông thường trên mặt số công tơ có ghi giá trị K_0 . Tùy theo cấu tạo của bộ đếm, K_0 có những trị số khác nhau: 1200 v/KW.h, hoặc 2400 v/KW.h, v.v..

Các trị số này được xác định với điện áp, dòng điện định mức của công tơ và $\cos\varphi = 1$. Để đảm bảo số chỉ của công tơ đúng với trị số điện năng phụ tải đã tiêu thụ nhất thiết trước khi sử dụng công tơ phải được kiểm tra và hiệu chỉnh.

• Mô men bù

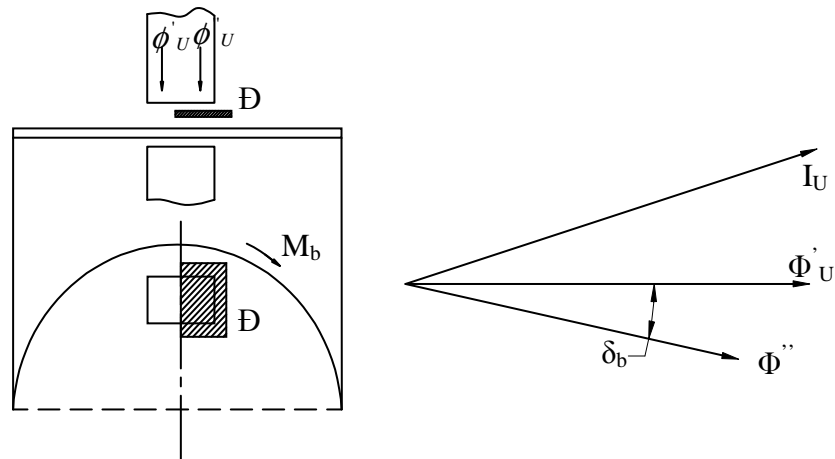
Ở trên ta nói rằng khi $M_q = M_p$ đĩa quay với vận tốc đều n_0 . Đó là điều kiện lý tưởng, còn thực tế còn có một số mô men khác tác động lên cơ cấu đo của công tơ như mô men ma sát giữa đầu trục quay và gối đỡ, mô men ma sát trong bộ đếm, v.v... do đó vận tốc quay của đĩa n khác với vận tốc lý tưởng n_0 .

Như đã biết C_w được xác định theo n_0 , khi $n \neq n_0$ hằng số C_w sẽ thay đổi, do đó số chỉ của công tơ không đúng nữa, đặc biệt khi tải thấp

sai số càng lớn, điều đó phụ thuộc vào tỷ số giữa mô men quay và mô men ma sát.

Để sai số của công tơ không lớn hơn cấp chính xác của nó khi tải biến đổi từ $(10 \div 100) \%$ tải định mức, điều cần thiết là phải duy trì cho mô men quay đủ lớn so với mô men ma sát khi tải thấp. Như vậy ở tải định mức mô men quay sẽ quá lớn, công suất tiêu hao của máy đếm tăng lên nhiều. Để khắc phục nhược điểm trên, tăng mô men quay bằng cách tạo thêm mô men phụ cùng chiều với mô men quay, gọi là mô men bù, trị số mô men bù không đổi khi tải thay đổi và có trị số bằng mô men ma sát. Tạo mô men bù có nhiều phương pháp, song phương hướng chung của các phương pháp là tạo nên một từ thông không đối xứng trong mạch từ cuộn dây song song ở phần từ thông làm việc.

Hình 3.15 trình bày một biện pháp tạo mô men bù. Trên đường đi của từ thông làm việc cuộn dây song song ta đặt một tấm đồng Đ đặt lệch tâm nối từ tâm đĩa quay đến tâm cực từ thông.



Hình 3.15. Cơ cấu tạo mô men bù bằng tấm đồng lệch

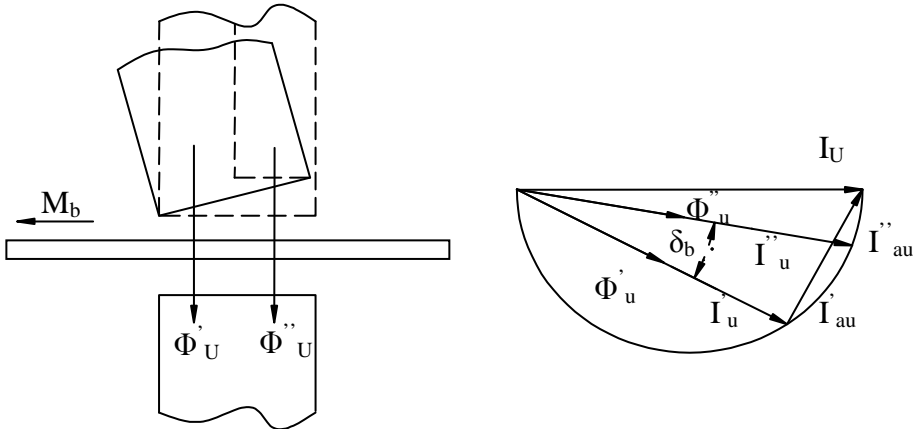
Trong trường hợp này từ thông làm việc tổng Φ_U của mạch song song có thể chia thành hai thành phần: Φ'_U và Φ''_U . Từ thông Φ''_U xuyên qua tấm đồng Đ và tạo nên một tổn thất do dòng điện xoáy trên tấm đồng ấy còn từ thông Φ'_U không qua tấm đồng. Do đó từ thông Φ''_U chậm sau dòng điện I_U một góc lớn hơn góc hợp bởi từ thông Φ'_U và I_U .

Do từ thông Φ'_U và Φ''_U lệch pha nhau một góc δ_b làm xuất hiện mô men quay, gọi là mô men bù M_b . Mô men bù tỷ lệ với tần số của dòng điện I_U , tích hai từ thông Φ'_U và Φ''_U và góc lệch pha giữa hai từ thông ấy.

$$M_b = K_b f \Phi'_U \Phi''_U \sin \delta_b \quad (3.30)$$

Cũng như bất kỳ mô men cảm ứng khác, chiều của mô men bù xác định theo thứ tự pha của từ thông: Đi từ từ thông có góc lệch pha nhỏ đến từ thông có góc lệch pha lớn hơn. Trong ví dụ trên chiều mô men quay đi từ Φ'_U đến Φ''_U .

Các từ thông thành phần để tạo mô men bù tỷ lệ với điện áp đặt vào cuộn dây song song U. Do đó M_b tỷ lệ với bình phương điện áp. Nếu trị số điện áp không đổi, trị số M_b là do vị trí tấm đồng Đ quyết định. Nếu tấm đồng Đ cố định, trị số M_b là hằng số. Từ đây cho thấy rằng do một nguyên nhân nào đó tạo nên sự không đối xứng giữa các từ thông trong mạch từ của từ thông làm việc sẽ làm xuất hiện mô men quay phụ. Ví dụ đầu cực mạch từ cuộn dây song song bị vênh (hình 3.16), từ thông làm việc Φ_U không thẳng góc với đĩa quay do đó mạch từ tương đương được thay thế như hình 3.16 (nét chấm chấm), từ thông Φ_U coi như hai từ thông Φ'_U và Φ''_U đồng thời tác động lên đĩa quay theo hướng vuông góc. Từ thông Φ''_U chậm pha nhiều hơn Φ'_U so với dòng điện I_U , do đó chúng lệch pha nhau và tạo nên mô men quay có chiều từ Φ'_U đến Φ''_U .

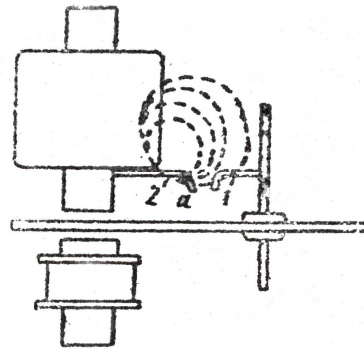


Hình 3.16. Hiện tượng cực mạch từ bị vênh

Còn nhiều nguyên nhân làm xuất hiện mô men phụ này mà ở đây chưa đề cập đến. Mô men phụ này làm cho số chỉ của công tơ không chính xác nữa, thậm chí khi dòng điện tải $I = 0$ đĩa vẫn quay, đó là hiện tượng tự quay của công tơ và gây nên sai số; cần phải chỉnh công tơ để loại trừ hiện tượng này

• Mô men chống tự quay

Tốc độ quay của đĩa tự do quay rất nhỏ, nên thực tế số chỉ của công tơ điện tăng lên không lớn. Tuy nhiên hiện tượng tự quay không thể chấp nhận được. Để khắc phục hiện tượng này trong công tơ có thêm bộ phận chống tự quay (hình 3.17).



Hình 3.17. Bộ phận chống tự quay của công tơ

Bộ phận này gồm hai thanh kim loại nhỏ 1 và 2, hai đầu đối nhau của hai thanh được uốn cong tạo thành khe hở giữa chúng. Thanh 1 gắn với trục quay, thanh 2 gắn với mạch từ cuộn dây song song. Phần từ thông tản của cuộn dây song song được khép kín mạch qua hai đầu thanh kim loại 1 và 2 khi chúng nằm ở vị trí đối nhau. Khi hai thanh 1 và 2 xa nhau từ thông tại điểm a là $150 \cdot 10^{-8}$ webe khi hai thanh gần nhau từ thông tăng lên $160 \cdot 10^{-8}$ webe. Như đã biết khi giữa hai chi tiết bằng sắt có một từ thông thì giữa chúng xuất hiện một lực hút. Theo phương trình Macxoen, lực hút này tỷ lệ với bình phương từ thông chảy qua các vật kim loại hút nhau và tỷ lệ ngược với diện tích từ thông chảy qua. Lực hút này được xác định theo biểu thức sau:

$$F = \frac{\Phi^2}{S_{\Phi} \cdot 5000^2} \cdot N \quad (3.31)$$

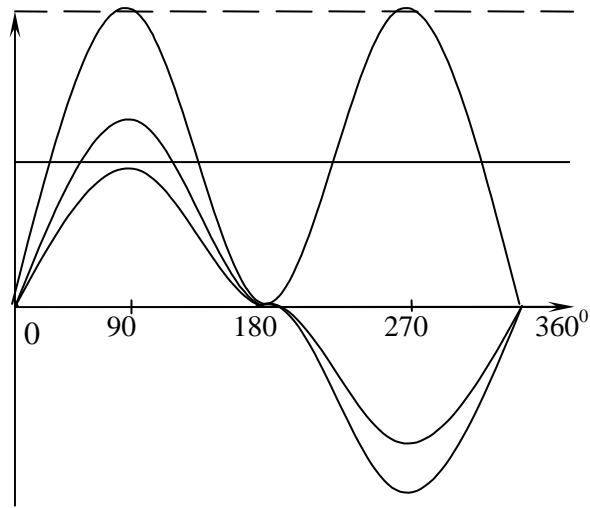
Trong đó Φ : tính bằng webe, S_{Φ} tính bằng m^2 .

Thay đổi khoảng cách giữa hai đầu thanh kim loại bằng cách uốn cong hai đầu đối nhau của hai thanh trên, lượng từ thông qua chúng sẽ thay đổi do đó thay đổi được mô men chống tự quay để sao cho cân bằng với mô men bù và không ảnh hưởng đến sai số của công tơ khi tải nhỏ.

• **Mô men tự hãm**

Khi đĩa quay các từ thông Φ_U và Φ_I bị cắt ngang qua, do đó trên đĩa xuất hiện các dòng điện cảm ứng I_{2U}' và I_{2I}' ngoài các dòng cảm ứng I_{2U} và I_{2I} do các từ thông Φ_U và Φ_I biến thiên xuyên qua đĩa gây nên. Các dòng điện cảm ứng I_{2U}' và I_{2I}' tác động tương hỗ với các từ thông Φ_U và Φ_I tạo nên các mô men phụ có chiều ngược với chiều của mô men quay, gọi là mô men tự hãm. Như vậy trong công tơ ngoài mô men phản do nam châm vĩnh cửu sinh ra còn có mô men tự hãm có tác dụng làm đĩa quay chậm lại. Hình 3.18 là đồ thị biểu diễn mô men tự hãm khi đĩa cắt ngang qua từ thông biến thiên Φ_t nào đó.

Các dòng điện cảm ứng do từ thông Φ_t sinh ra I_{2t} trùng pha với Φ_t và tác động tương hỗ với Φ_t sinh ra lực hãm F_t . Lực hãm F_t có trị số biến đổi từ 0 đến F_{tmax} với tần số bằng hai lần tần số của Φ_t . Mômen tự hãm do F_t sinh ra có trị số trung bình bằng.



Hình 3.18. Đồ thị của mô men tự hãm \dot{U}_{AB}

$$M_{thtb} = K_t \Phi_t^2 n \quad (3.32)$$

Trong đó:

K_t : hằng số

Φ_I : từ thông biến thiên.

n : tốc độ quay của đĩa nhôm.

Từ cơ sở lý luận trên, mô men tự hãm do từ thông làm việc trong mạch song song bằng.

$$M_U = K_U \Phi_U^2 n \quad (3.33)$$

Tương tự với mạch nối tiếp mô men tự hãm bằng:

$$M_I = K_I \Phi_I^2 n \quad (3.34)$$

Trong đó K_U , K_I là những hệ số phụ thuộc điện dẫn của vật liệu làm đĩa quay, vị trí tương hỗ các cực từ Φ_U và Φ_I đối với đĩa.

3.1.4. Sai số cơ bản và đường cong phụ tải của công tơ

Như đã biết công tơ được hiệu chỉnh ở chế độ tải định mức, ở điều kiện khác định mức công tơ hoạt động bình thường không gây nên sai số nếu thoả mãn hai điều kiện sau:

- Mô men quay của công tơ tỷ lệ với công suất của tải
- Chỉ có hai mô men cơ bản tác động lên phần động cơ cấu đo: mô men quay và mô men phản.

Thực tế hai điều kiện trên không thực hiện được. Ngoài hai mô men cơ bản còn có các mô men khác như mô men ma sát, mô men tự hãm, mô men bù vv... tác động lên phần động của công tơ.

Do nhiều nguyên nhân mô men quay không tỷ lệ với dòng điện tải, do đó mà tốc độ quay của đĩa không tỷ lệ với công suất của tải, nghĩa là tốc độ quay thực tế khác tốc độ quay lý tưởng n_0 , do đó gây nên sai số công tơ.

Sai số công tơ xác định theo biểu thức sau:

$$\gamma = -\gamma_{ms} + \gamma_b - \gamma_{th} - \gamma_{pt} + \gamma_{aI} - \gamma_I$$

Trong đó: γ_{ms} – sai số do ma sát

γ_b – sai số do mô men bù

γ_{th} – sai số do mô men tự hãm

γ_{pt} – sai số do tính chất phi tuyến của mạch từ cuộn dây nối tiếp.

$\gamma_{\alpha I}$ – sai số do góc từ hoá thay đổi

γ_I – sai số do trục quay bị lệch

3.1.4.1. Sai số do ma sát

Khi phần động công tơ quay xuất hiện các mô men ma sát sau:

- Mô men ma sát ở gối đỡ dưới
- Mô men ma sát ở gối đỡ trên
- Mô men ma sát trong bộ đếm
- Mô men ma sát giữa đĩa quay với không khí

Một cách gần đúng tổng mô men ma sát trong công tơ có thể biểu thị.

$$M_{ms} = a_{ms} + b_{ms}n + c_{ms}n^2 \quad (3.35)$$

Trong đó:

a_{ms} : hệ số đặc trưng cho ma sát gối đỡ và ma sát trong bộ đếm.

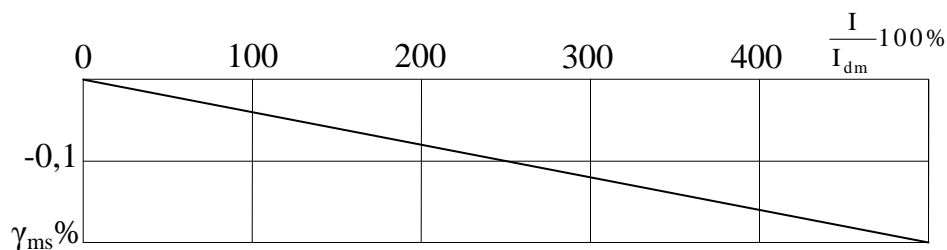
$b_{ms}n + c_{ms}n^2$: đặc trưng cho ma sát với không khí.

Sai số do ma sát của công tơ được biểu thị.

$$\gamma_{ms} \% = \frac{M_{ms}}{M_q} \cdot 100\%$$

Từ (3.35) cho thấy rằng mô men ma sát phụ thuộc tốc độ quay của đĩa n , tức phụ thuộc vào dòng điện tải I . Do đó sai số do ma sát không phải là một trị số cố định mà là một đường cong.

Hình 3.19 là đường cong sai số do ma sát của công tơ theo tải.



Hình 3.19. Đường cong sai số ma sát của công tơ

Vì mô men quay gần như tỷ lệ bậc nhất với phụ tải và mô men quay ứng với tải định mức là M_{qdm} , hệ số tải là $k = I/I_{dm}$

Sai số do ma sát có thể biểu thị dưới dạng.

$$\gamma_{ms} = -\frac{M_{ms}}{kM_{qdm}}.100\% \quad (3.36)$$

Từ đường cong sai số trên cho thấy sai số ma sát càng nhỏ nếu tải càng lớn, vì lúc này ảnh hưởng của mô men ma sát không đáng kể so với mô men quay. Sai số ma sát luôn luôn âm và có tác dụng làm đĩa quay chậm lại.

3.1.4.2. Sai số do mô men bù

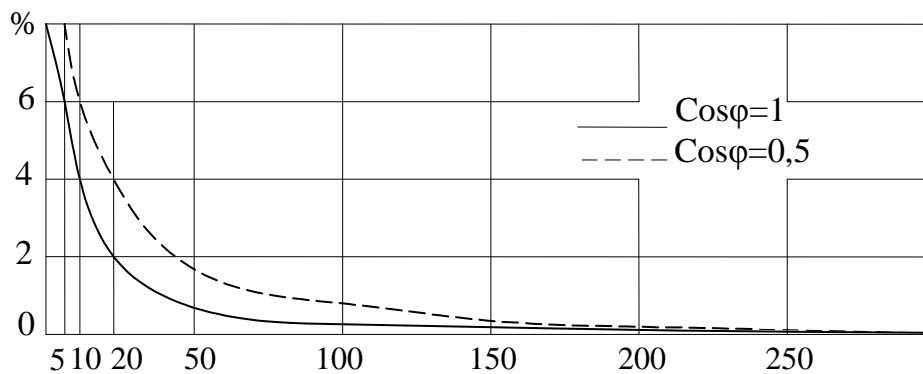
Sai số của công tơ do mô men bù được biểu thị:

$$\gamma_b \% = \frac{M_b}{M_q}.100\% = \frac{M_b}{kM_{qdm}}.100\% \quad (3.37)$$

Từ (3.37) cho thấy sai số do mô men bù thay đổi theo tải.

Dòng điện tải I càng tăng sai số bù càng giảm và ngược lại. Mô men bù có tác dụng làm đĩa quay nhanh hơn do đó sai số bù dương. (hình 3.20) là đường cong sai số bù theo tải.

Sai số bù khi $\cos\varphi = 0,5$ lớn gấp đôi khi $\cos\varphi = 1$.



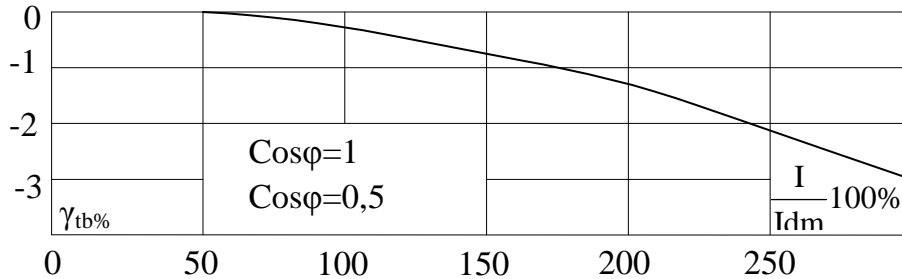
Hình 3.20. Đường cong sai số bù theo tải

3.1.4.3. Sai số do mô men tự hãm

Vì từ thông Φ_I và tốc độ quay của đĩa n gần như tỷ lệ bậc nhất với dòng điện tải I nên một cách gần đúng mô men tự hãm M_{th} tỷ lệ bậc 3 với dòng điện tải. Còn mô men quay tỷ lệ bậc nhất với dòng điện tải I

nên khi I tăng mô men tự hãm tăng rất nhanh so với mô men quay và làm cho đĩa quay chậm lại do đó xuất hiện sai số tự hãm của cuộn dây nối tiếp, sai số tự hãm được xác định:

$$\gamma_{th} \% = \frac{M_{th}}{M_q} \cdot 100\% \quad (3.38)$$



Hình 3-21. Đường cong sai số tự hãm cuộn dây nối tiếp

Đường cong sai số tự hãm γ_{th} như hình (3.21)

Sai số tự hãm không phụ thuộc $\cos\varphi$ của phụ tải vì rằng khi $\cos\varphi$ thay đổi M_q và M_{th} cũng thay đổi. Từ đường cong sai số trên thấy rằng sai số $\gamma_{th} = 0$ khi tải định mức ($k = 1$), khi $k > 1$ sai số âm và khi $k < 1$ sai số dương.

3.1.4.4. Sai số do tính chất phi tuyến của mạch cuộn dây nối tiếp

Mô men quay của công tơ tỷ lệ với từ thông làm việc của mạch cuộn dây nối tiếp Φ_I . Khi dòng điện tải thay đổi, Φ_I thay đổi, do đó M_q thay đổi và dẫn đến tốc độ quay của đĩa thay đổi.

Để công tơ làm việc chính xác cả khi tải khác định mức từ thông Φ_I phải tỷ lệ bậc nhất với dòng điện tải I. Thực tế quan hệ giữa từ thông Φ_I và dòng điện tải không hoàn toàn tuyến tính, nên quan hệ giữa tốc độ quay của đĩa và dòng điện tải không tuyến tính, do đó xuất hiện sai số.

Đó là sai số do tính chất phi tuyến của mạch cuộn dây nối tiếp gọi là sai số phi tuyến mạch từ.

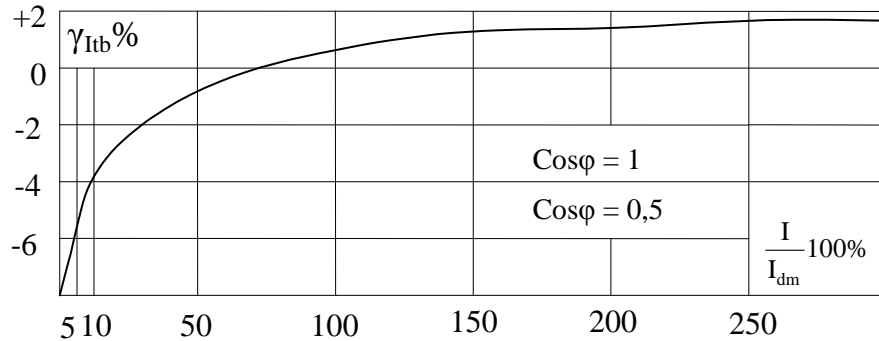
Quan hệ giữa từ thông làm việc Φ_I và dòng điện tải I được đặc trưng bằng hệ số phi tuyến p_I :

$$p_I = \frac{\Phi_I}{k\Phi_{Idm}} \quad (3.39)$$

Trong đó: Φ_I và Φ_{Idm} là từ thông làm việc của mạch cuộn dây nối tiếp ở tải đang xét và tải định mức; $k = \frac{I}{I_{dm}}$ là hệ số mang phụ tải.

Sai số phi tuyến mạch từ cuộn dây nối tiếp (hình 3.22) có thể biểu thị.

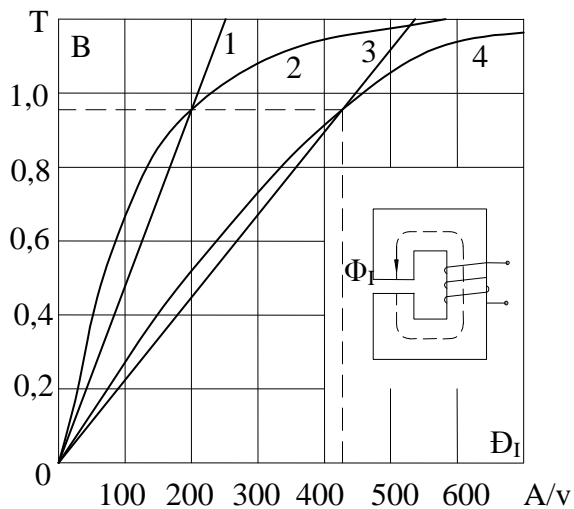
$$\gamma = (p_I - 1)100\% \quad (3.40)$$



Hình 3.22. Đường cong sai số phi tuyến mạch từ cuộn dây nối tiếp

Từ đường cong sai số trên cho thấy rằng khi $I < I_{dm}$ sai số âm và khi $I > I_{dm}$ sai số dương. Để giải thích điều này ta xét đường cong từ hoá của mạch từ cuộn dây nối tiếp (hình 3.23).

Trong đó 1 là đường cong từ hoá, 2 là đường thẳng biểu thị quan hệ giữa I và H đi qua gốc toạ độ, cắt đường 1 tại hai điểm a và b. Điểm a ứng với khi dòng điện tải $I = I_{dm}$ có trị số từ cảm $B = 0,1$ tesla. Đoạn Oa của đường cong từ hoá ứng với khi $I < I_{dm}$ và trị số I biến thiên từ 0 đến I_{dm} . Trong giai đoạn này tốc độ tăng



Hình 3.23. Đường cong từ hoá mạch từ cuộn dây nối tiếp

của B chậm hơn so với I, tức Φ_I tăng chậm hơn so với I, nên tốc độ quay n của đĩa chậm hơn so với lúc $I = I_{dm}$ do đó xuất hiện sai số âm.

Khi $I > I_{dm}$, ứng với đoạn ab, tốc độ tăng của B nhanh hơn I nên tốc độ quay của đĩa nhanh hơn lúc I_{dm} làm xuất hiện sai số dương, ứng với điểm b, ở tải này sai số bằng không và tải lớn hơn trị số này sai số lại trở nên âm.

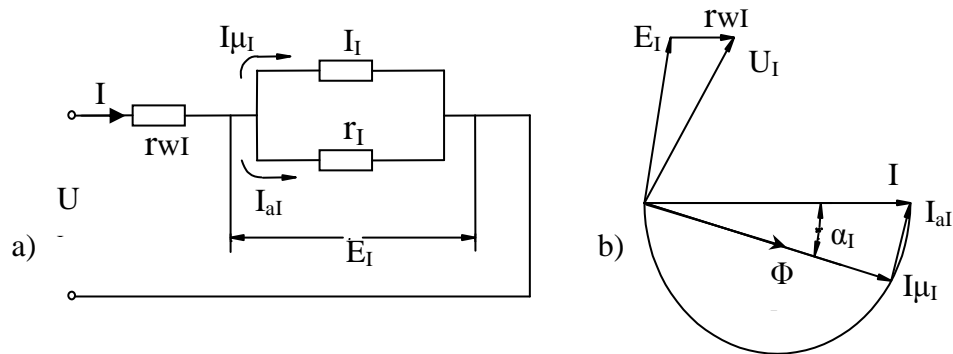
3.1.4.5. Sai số do thay đổi góc từ hoá

Quan hệ phi tuyến giữa B và H của mạch từ cuộn dây nối tiếp còn làm xuất hiện thêm hiện tượng là góc lệch pha α_I giữa dòng điện tải I và từ thông làm việc Φ_I của mạch cuộn dây nối tiếp thay đổi không tuyến tính khi dòng điện tải I thay đổi. Do đó khi tải khác định mức làm cho góc ψ giữa Φ_I và Φ_U thay đổi và dẫn đến sai số khi $\cos\varphi = 0,5$.

Hình 3.24 trình bày đồ thị véc tơ và sơ đồ thay thế của mạch cuộn dây nối tiếp. Để đơn giản khi xét ta bỏ qua từ thông không làm việc. Dòng điện qua cuộn dây nối tiếp gồm hai thành phần $I_{\mu I}$ và I_{aI} vuông góc nhau ($I_{\mu I}$ là dòng điện từ hoá và I_{aI} dòng điện tổn hao tác dụng). Do đó trong sơ đồ thay thế có điện trở r_I song song với x_I , ta có quan hệ.

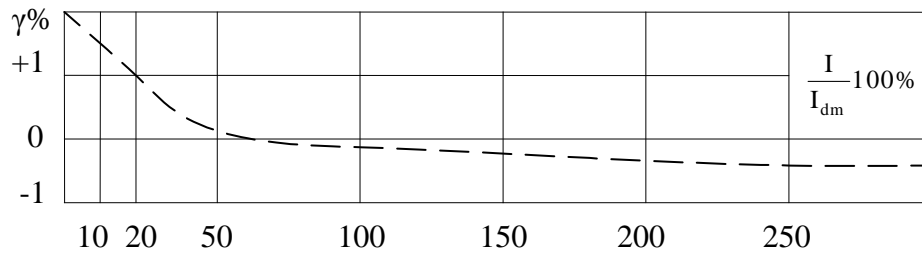
$$\operatorname{tg}\alpha_I = \frac{I_{aI}}{I_{\mu I}} = \frac{x_I}{r_I}$$

Khi dòng điện tải thay đổi do có lõi sắt trong mạch từ nên từ trở của mạch từ thay đổi dẫn đến dòng điện từ hoá $I_{\mu I}$ thay đổi và góc α_I thay đổi. Khi $I < I_{dm}$, góc ψ tăng sai số $\gamma_{\alpha I}$ dương khi $\cos\varphi = 0,5$; $I > I_{dm}$, α_I tăng, ψ giảm sai số $\gamma_{\alpha I}$ âm.



Hình 3.24. Đồ thị véc tơ và sơ đồ thay thế mạch cuộn dây nối tiếp

Hình 3.25 là đường cong sai số của công tơ do thay đổi góc từ hoá α_I .

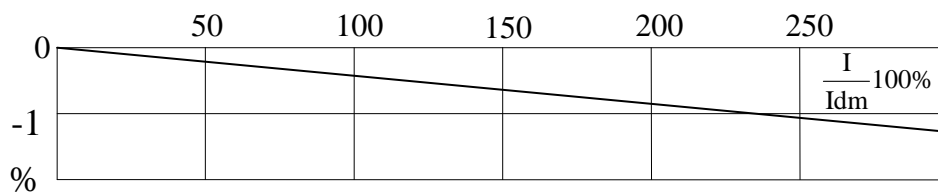


Hình 3.25. Đường cong sai số do thay đổi góc từ hoá

Từ đường cong sai số trên cho thấy sai số do góc từ hoá thay đổi không lớn tuy nhiên không thể không tìm các biện pháp để loại trừ nó. Cũng cần thấy rằng quan hệ phi tuyến giữa Φ_I và I không phải là nguyên nhân duy nhất làm cho góc α_I biến đổi không tuyến tính theo I mà còn do tổn hao trong mạch từ nối tiếp không tỷ lệ với bình phương từ thông Φ_I . Cũng như do tổn hao từ trễ nên góc α_I tăng khi dòng điện tải giảm. Khi $\cos\varphi = 0,5$ và dòng điện tải I nhỏ sẽ xuất hiện sai số âm.

3.1.4.6. Sai số do trục quay bị lệch

Khi đĩa chưa quay, trục quay nằm ở vị trí thẳng đứng, đầu dưới của trục tỳ trên phần lõm của gối đỡ dưới. Khi đĩa quay do có lực tác động lên đĩa làm lệch khỏi vị trí ban đầu, do đó khe hở giữa đĩa với đầu các cực từ của mạch cuộn dây song song và nối tiếp, giữa đĩa với nam châm vĩnh cửu thay đổi dẫn đến mô men quay và mô men phản thay đổi, nên tốc độ quay của đĩa thay đổi và làm xuất hiện sai số. Sai số do trục lệch biến đổi theo tải nên được biểu thị bằng đường cong như hình 3.26.



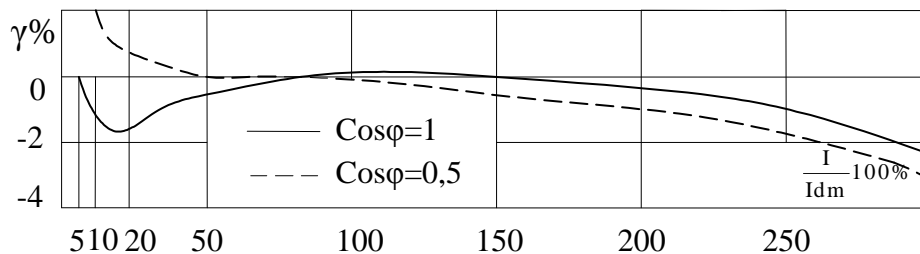
Hình 3.26. Đường cong sai số do trục lệch

Từ đường cong sai số trên đây cho thấy sai số luôn luôn âm, nó có tác dụng làm đĩa quay chậm lại và số chỉ của công tơ giảm so với trường hợp lý tưởng (ở điều kiện tính toán thiết kế)

3.1.4.7. Đường cong tải

Tổng hợp các đường cong sai số thành phần trên ta có đường cong sai số chung của công tơ gọi là đường cong tải. Trị số các sai số thành phần của công tơ cảm ứng loại CO – 2 được trình bày trong bảng 3.1.

Từ đường cong tải trên cho thấy khi tải thấp hơn định mức thành phần sai số cơ bản do tính chất phi tuyến của đường cong từ hoá mạch từ cuộn dây nối tiếp âm. Sai số này được bù bằng mô men bù tạo nên sai số dương, nhưng quan hệ giữa sai số do tính chất phi tuyến mạch từ và sai số do mô men bù khác nhau nên khả năng bù sai số trên không nhiều.



Hình 3.27. Đường cong tải của công tơ

Khi phụ tải thấp sai số âm do tính chất phi tuyến mạch từ khi $\cos\varphi = 0,5$ cũng như khi $\cos\varphi = 1$, còn sai số do mô men bù khi $\cos\varphi = 0,5$ tăng gấp đôi, do đó sai số chung khi tải thấp là dương.

Sai số do ma sát ít ảnh hưởng đến đặc tính của đường cong tải nói chung và trong phạm vi tải thấp nói riêng vì rằng thành phần không đổi theo tải của mô men ma sát hoàn toàn được bù bởi mô men bù, còn thành phần biến đổi theo tải của mô men ma sát ảnh hưởng không rõ rệt đến sai số của công tơ.

Bảng 3.1

Sai số thành phần	Hệ số phụ tải m									
	Cosφ	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Sai số ma sát γ_{ms}	Cosφ = 1	-2,0	-1,0	-0,5	-0,2	-0,1	-0,07	-0,05	-0,04	-0,03
	Cosφ= 0,5	-0,5	-2,0	-1,0	-0,4	-0,2	-0,17	-0,1	-0,07	-0,06
Sai số do tính chất phi tuyến γ_{pt}	Cosφ = 1	-6,1	-4,5	-3,0	-1,3	0	+0,8	+1,2	+1,3	+1,2
	Cosφ= 0,5	-	-4,5	-3,0	-1,3	0	+0,8	+1,2	+1,3	+1,2
Sai số do mô men bù γ_b	Cosφ = 1	+7,6	+3,8	+1,9	+0,76	+0,38	+0,25	+0,19	+0,15	+0,13
	Cosφ= 0,5	-	+7,6	+3,8	+1,52	+0,76	+0,51	+0,38	+0,3	+0,25
Sai số do thay đổi góc từ hoá $\gamma_{\alpha l}$	Cosφ = 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cosφ= 0,5	-	+1,5	+1,0	+0,45	0	-0,25	-0,4	-0,45	-0,4
Sai số do tự hãm γ_{th}	Cosφ = 1	0	0	-0,01	-0,08	-0,35	-0,8	-1,38	-2,15	-3,1
	Cosφ=0,5	0	0	-0,01	-0,08	-0,35	-0,8	-1,38	-2,15	-3,1
Sai số do trục quay lệch γ_l	Cosφ = 1	-0,02	-0,04	-0,08	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2
	Cosφ= 0,5	-0,02	-0,04	-0,08	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2
Tổng sai số $\sum \gamma$	Cosφ = 1	-0,52	-0,74	-1,69	-1,02	-0,57	-0,42	-0,81	-1,64	-3,0
	Cosφ= 0,5	-	+1,56	+0,71	0	-0,19	-0,51	-1,1	-2,07	-3,31

Trong phạm vi tải lớn hơn định mức do mô men tự hãm có ảnh hưởng quyết định nên sai số của công tơ âm. Một phần sai số này được bù bởi sai số dương do tính chất phi tuyến khi $k > 1$. Tuy nhiên nếu không có biện pháp đặc biệt, mức độ bù sẽ không đủ. Vì vậy ở một phạm vi tải nào đó đặc tính của đường cong tải là do sai số mô men tự hãm quyết định. Thực tế khi tải lớn sai số là như nhau khi $\cos\varphi = 1$ và $\cos\varphi = 0,5$.

3.1.5. Sai số phụ của công tơ

Sai số cơ bản của công tơ được xác định khi điện áp, tần số, nhiệt độ định mức ở những tải và hệ số $\cos\varphi$ khác nhau và được biểu diễn bằng đường cong tải của công tơ. Khi công tơ làm việc ở điều kiện khác định mức sẽ xuất hiện các sai số phụ. Điện áp, tần số, nhiệt độ thay đổi dẫn đến mô men quay, mô men tự hãm, mô men bù thay đổi làm tốc độ quay của đĩa thay đổi, khác với khi làm việc ở chế độ định mức.

Những ảnh hưởng của Φ_U và Φ_I đến các mô men trên không như nhau, thay đổi theo phụ tải và hệ số $\cos\varphi$. Giả sử, do một nguyên nhân nào đó Φ_I tăng, mô men quay M_q tăng, sai số phụ dương, từ thông Φ_I tăng đồng thời làm mô men tự hãm M_{th} tăng, đĩa quay chậm lại sai số phụ sẽ âm. Khi phụ tải thấp (I/I_{dm} nhỏ) tốc độ quay n của đĩa nhỏ nên tác dụng của mô men tự hãm M_{th} không đáng kể, vì vậy nguyên nhân chính gây nên sai số phụ là do mô men quay và mô men bù do đó sai số phụ dương. Khi phụ tải lớn (I/I_{dm} lớn), mô men tự hãm M_{th} lớn đáng kể [$M_{th} = F(n)$] và nguyên nhân chính gây nên sai số phụ là do M_{th} nên sai số phụ âm.

Như phần trên đã trình bày một trong những điều kiện đảm bảo cho công tơ làm việc đúng là hiệu chỉnh cho $\psi = 90^\circ - \varphi$.

Vì $M_q = K f \Phi_U \Phi_I \sin\psi$, sự thay đổi của Φ_I và Φ_U sẽ gây nên sai số phụ về biên độ và pha. Người ta thường xét sai số này khi $\psi = 90^\circ$ (ứng với $\varphi = 0$) và $\psi = 30^\circ$ (ứng với $\varphi = 60^\circ$).

Ví dụ: Khi ψ giảm đi 1° , với $\varphi = 0$ mô men quay giảm đi một lượng.

$$\frac{\sin 89^\circ - \sin 90^\circ}{\sin 89^\circ} \cdot 100\% = -0,02\%$$

Với $\varphi = 60^\circ$ thì mô men quay sẽ giảm

$$\frac{\sin 29^\circ - \sin 30^\circ}{\sin 30^\circ} \cdot 100\% = -0,77\%$$

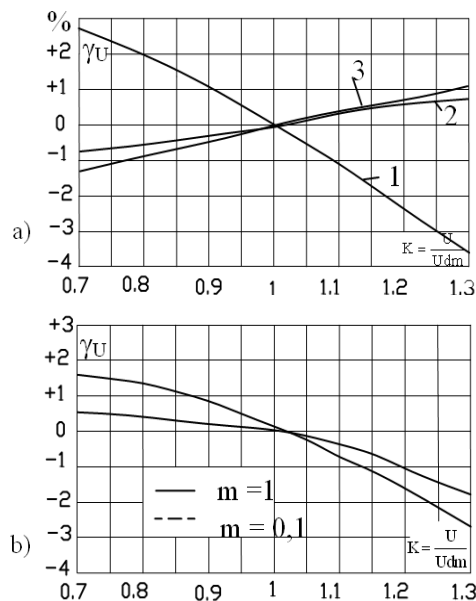
Từ ví dụ trên cho thấy khi $\varphi = 60^\circ$ sai số lớn hơn khi $\varphi = 0$ do đó khi $\varphi = 60^\circ$ phải xét đến sai số do ψ thay đổi. Bây giờ ta xét đến ảnh hưởng của từng yếu tố.

3.1.5.1. Ảnh hưởng của điện áp

Điện áp khác định mức làm mô men tự hãm M_{th} thay đổi: Khi U tăng từ thông làm việc cuộn dây áp Φ_v tăng ($\Phi_U = U/Cf$), M_{th} tăng ($M_{th} = K\Phi_U^2 n$) nhanh hơn so với mô men M_q tăng nên sai số phụ âm (đường cong 1 hình 3.28). Mô men bù $M_b = KU^2$, khi U tăng mô men bù tăng nhanh hơn M_q nên sai số phụ dương (đường cong 2). Sai số này rõ rệt khi phụ tải thấp.

Điện áp U thay đổi, I thay đổi theo nhưng do tính chất phi tuyến của đường cong từ hoá mạch từ cuộn dây dòng điện nên Φ_I thay đổi không tuyến tính theo U, nghĩa là mô men quay không thay đổi theo tỷ lệ bậc nhất với U, điều đó dẫn đến sai số phụ.

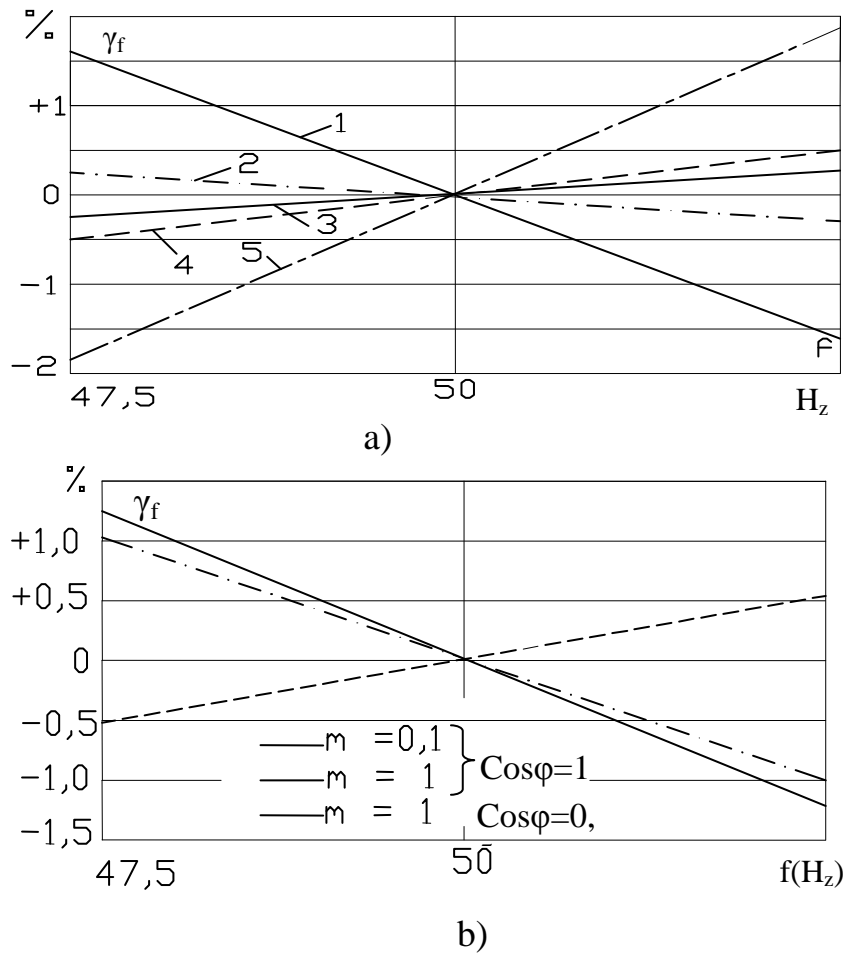
Đối với mạch từ cuộn dây điện áp vì $\Phi_L > \Phi_U$ nhưng tiết diện mạch từ như nhau do đó mạch từ có Φ_L đi qua chóng bão hoà hơn. Nên khi U tăng, từ trở mạch từ có Φ_L đi qua tăng và từ trở có Φ_U đi qua giảm nên từ thông Φ_L giảm và từ thông làm việc Φ_U tăng do đó mô men quay tăng làm xuất hiện sai số dương (đường cong 3). Thường thì sai số do mô men tự hãm nên khi U tăng sai số phụ âm và khi U giảm sai số phụ dương.



Hình 3.28. Đường cong sai số phụ do điện áp

3.1.5.2. Ảnh hưởng của tần số

Khi tần số khác tần số định mức các từ thông Φ_L , Φ_U , mô men tự hãm M_{th} và mô men bù M_b thay đổi làm tốc độ quay của đĩa khác với khi f định mức do đó xuất hiện sai số phụ (hình 3.29).



Hình 3-29. Đường cong sai số phụ của công tơ CO-2 do tần số

- Khi tần số thay đổi, tổn hao trong mạch từ của Φ_U và Φ_L thay đổi, từ trở của mạch từ trên cũng thay đổi, nên có sự phân bố lại từ thông Φ_U và Φ_L . Khi f tăng, Φ_U giảm và góc ψ tăng, với $\varphi = 0$, I lớn, sai số phụ dương và khi I nhỏ sai số phụ âm. Ngoài ra khi tần số thay đổi từ 90

thông tổng $\Phi_{\Sigma U}$ thay đổi dẫn đến Φ_U thay đổi nhưng không nhiều, nguyên nhân chính làm Φ_U thay đổi đáng kể là do tổn hao trong mạch từ có Φ_U đi qua (đường cong 1 trên hình 3.29a).

- Khi tần số f tăng, trở kháng của đĩa quay tăng, góc θ_I (E_{2I} , I_{2I}) tăng, tổn hao trong mạch từ của Φ_I tăng (I_{aI} tăng) dòng từ hoá $I_{\mu I}$ giảm, từ thông Φ_I giảm, mô men quay giảm gây sai số phụ âm (đường cong 2 trên hình 3.29a).

- Tần số f tăng, Φ_U giảm, mô men bù $M_b = C_f \Phi_u^2$ giảm xuất hiện sai số phụ âm (đường cong 3 trên hình 3.29a).

- Tần số f tăng, Φ_U giảm, do đó mô men tự hãm $M_{th} = C \Phi_U^2 n$ giảm, xuất hiện sai số phụ dương (đường cong 4 trên hình 3.29a).

Ngoài sai số về biên độ đã xét trên, khi tần số thay đổi còn làm các góc α_I , α_U , φ_U và α_{wU} thay đổi (đồ thị véc tơ hình 3.11) do đó dẫn đến ψ thay đổi làm xuất hiện sai số về pha do tần số (đường cong 5 trên hình 3.29a)

Tổng hợp các sai số phụ do tần số, ta có đường cong sai số phụ của công tơ khi tần số thay đổi ứng với các phụ tải và $\cos\varphi$ khác nhau (hình 3.29b).

3.1.5.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Nhiệt độ thay đổi làm thay đổi điện trở đĩa quay, điện trở vòng ngắn mạch của mạch từ Φ_I , điện trở cuộn dây điện áp, từ thông Φ_m của nam châm tạo mô men cản. Những thay đổi trên làm xuất hiện sai số phụ về biên độ và về pha.

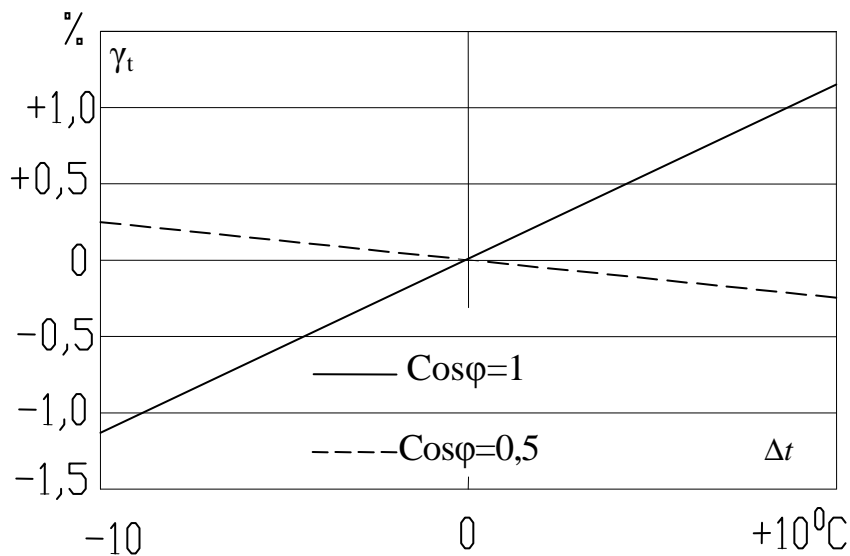
Khi nhiệt độ tăng, từ thông của nam châm vĩnh cửu giảm, ở nhiệt độ Curi nam châm vĩnh cửu mất từ tính. Do Φ_m giảm mô men cản ($M_c = C \Phi_m^2 n$), do đó xuất hiện sai số phụ dương, sai số này không phụ thuộc $\cos\varphi$.

Nhiệt độ tăng, điện trở đĩa quay tăng, tổn thất công suất tác dụng trên đường đi của Φ_I giảm do đó góc $\alpha_I(\Phi_I, I)$ giảm, dòng từ hoá $I_{\mu I}$ tăng, Φ_I tăng, nên sai số phụ dương.

Nhiệt độ tăng, tổn hao công suất tác dụng trên đường đi của Φ_U giảm, từ trở của mạch Φ_U và Φ_L đều giảm, nhưng từ trở của mạch từ Φ_L giảm ít hơn do đó có sự phân bố lại từ thông Φ_L và Φ_U , kết quả là Φ_U tăng, làm xuất hiện sai số phụ nhiệt độ dương.

Nhiệt độ tăng, điện trở cuộn dây điện áp tăng, thành phần điện áp rơi trên cuộn dây ấy $I_u.r$ tăng, làm góc ψ giảm, M_q giảm theo (mức độ giảm thay đổi theo $\cos\varphi$); dòng I_U giảm do đó Φ_U giảm, kéo theo M_q giảm kết quả làm đĩa quay chậm đi, gây sai số phụ nhiệt độ âm.

Hình 3.30 là đường cong sai số nhiệt độ với $\cos\varphi = 1$ và $\cos\varphi = 0,5$ của công tơ loại CO – 2.

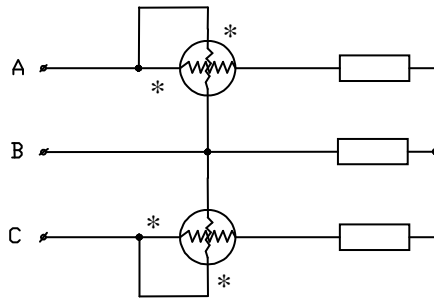


Hình 3.30. Sai số nhiệt độ công tơ CO-2

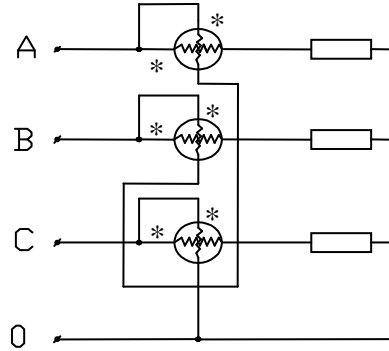
3.1.6. Công tơ cảm ứng ba pha

Để đếm điện năng trong mạch điện ba pha, người ta có thể dùng công tơ một pha và mắc theo sơ đồ tương ứng với mạch điện (hình 3.31) sơ đồ nối dây công tơ một pha đo điện năng trong mạch điện 3 pha 3 dây và hình 3.32 trong mạch điện 3 pha 4 dây.

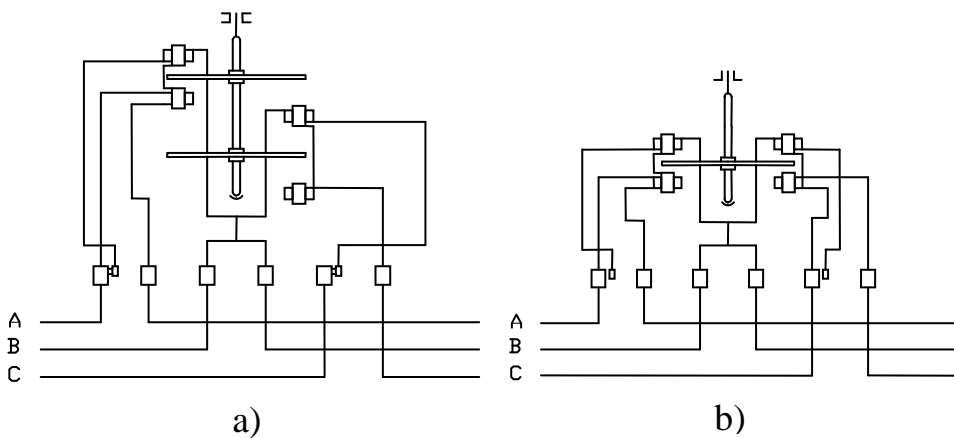
Để thuận tiện hơn người ta chế tạo công tơ 3 pha dựa trên cơ sở các công tơ cảm ứng một pha hợp thành phù hợp với mạch điện 3 pha tương ứng như hình 3.31 và 3.32. Như vậy công tơ 3 pha có hai loại: loại một gồm hai cơ cấu đo cảm ứng một pha; loại hai gồm ba cơ cấu đo cảm ứng một pha. Mô men quay của mỗi cơ cấu đo cùng tác động lên phần quay chung. Mô men quay tổng bằng tổng các mô men của từng cơ cấu đo. Bộ đếm số vòng quay của đĩa như của công tơ điện một pha.



*Hình 3.31. Sơ đồ nối dây
Công tơ một pha đo điện
năng trong mạch điện ba
pha ba dây*



*Hình 3.32. Sơ đồ nối dây
công tơ một pha đo điện
năng trong mạch điện
3 pha 4 dây*

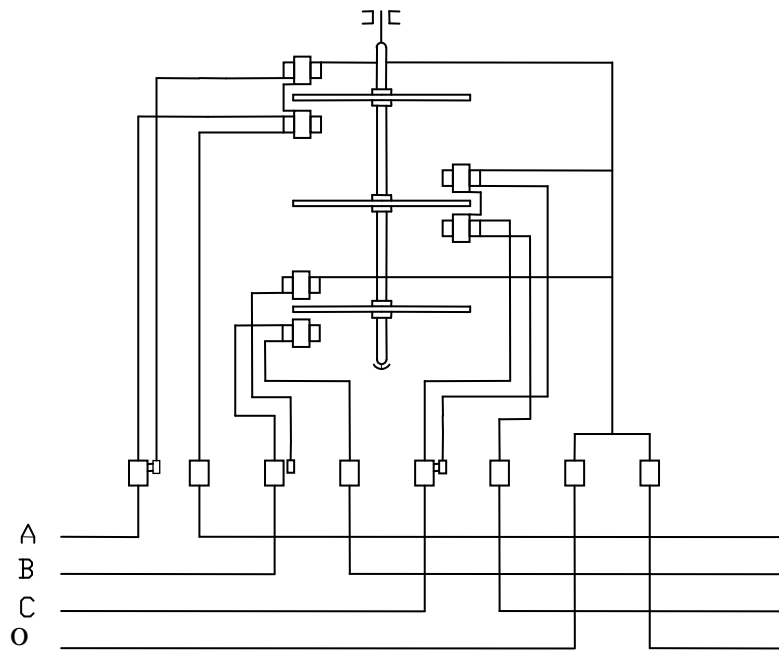


*Hình 3.33. Cấu tạo công tơ điện 3 pha 2 phần tử:
a) Cơ cấu đo có 2 đĩa quay; b) Cơ cấu đo có 1 đĩa quay*

Cấu tạo công tơ ba pha hai phần tử có thể có một hoặc hai đĩa quay (hình 3.33) loại một đĩa quay kích thước gọn, nhẹ, nhưng sai số phụ lớn hơn do tác động tương hỗ của các phần tử đối với đĩa quay. Vì vậy loại này không được sử dụng rộng rãi. Công tơ ba pha hai phần tử hai đĩa quay (ví dụ loại CA3 – HA, CA3 – H43) được sản xuất hàng loạt ở Liên Xô.

Công tơ 3 pha có 3 phần tử, có thể có hai hoặc ba đĩa quay (hình 3.34) cả hai loại này đều được sản xuất rộng rãi (ví dụ loại CA4 – T4 và CA4 – H45 của Liên Xô). Công tơ hai phần tử dùng trong mạch điện 3 pha 4 dây.

Sai số của công tơ 3 pha 2 phần tử không phụ thuộc vào sự cân bằng pha của tải và sự đối xứng của điện áp, nhưng khi mắc dây cần phải theo đúng thứ tự pha như sự chỉ dẫn của nhà máy chế tạo đã ghi trên mặt số của công tơ.



Hình 3.34. Công tơ điện cảm ứng 3 pha 3 phần tử

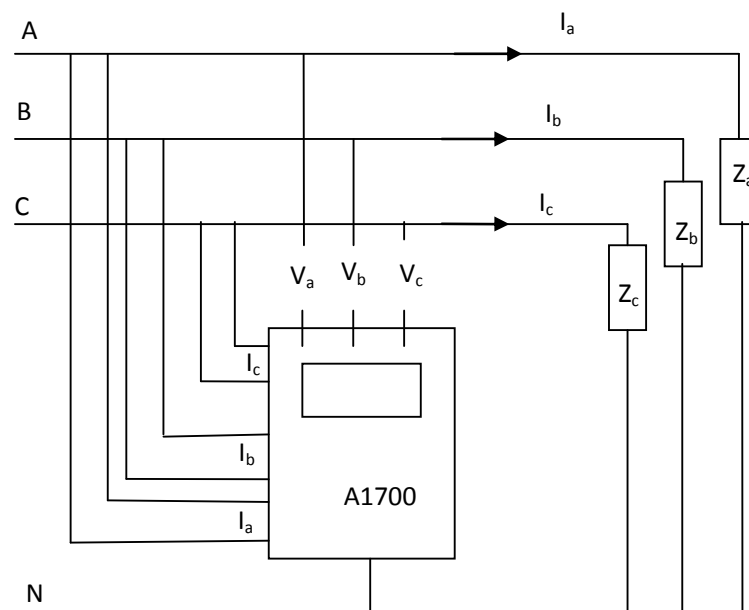
Công tơ 3 pha nhiều phần tử được chế tạo với các cấp điện áp định mức là 127 V, 220 V và 380 V, dòng điện định mức 5, 10 và 15 A mắc trực tiếp vào lưới điện. Những công tơ điện kết hợp với máy biến điện áp có điện áp định mức 100 V và $I_{dm} = 5$ A.

3.2. Công tơ điện tử

3.2.1. Nguyên tắc của phép đo điện năng

3.2.1.1. Đo đếm điện năng

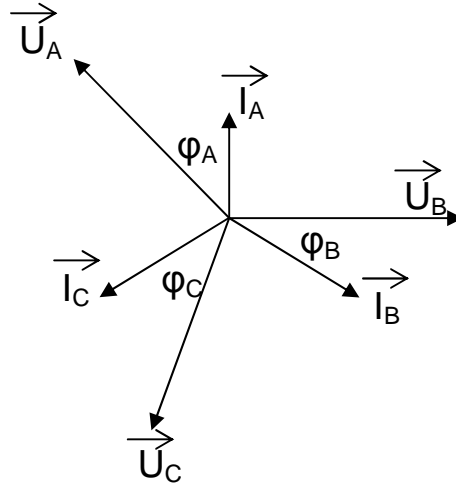
Nguyên tắc đo đếm điện năng sử dụng công tơ PPM có thể được mô tả dựa trên sự nghiên cứu mạch điện 3 pha 4 dây. Hình 3.35 mô tả sơ đồ đấu dây điển hình của công tơ đo đếm điện năng thông qua máy biến dòng điện.



Hình 3.35: Sơ đồ trong hệ thống 3 pha – 4 dây

Sơ đồ véc tơ (hình 3.36) biểu diễn mối quan hệ giữa các dòng điện và điện áp của các pha.

Với $U_A, I_A; U_B, I_B; U_C, I_C$, là các điện áp và dòng điện của các pha A, B, C.



Hình 3.36. Sơ đồ véc tơ trong hệ thống 3 pha – 4 dây

Giá trị công suất tại bất cứ thời điểm nào cũng có thể xác định bằng công thức sau:

$$p = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c$$

Với u và i là các giá trị tức thời của điện áp và dòng điện tại thời điểm t . Giá trị điện năng tiêu thụ trong một khoảng thời gian sẽ bằng tích phân của giá trị công suất trong khoảng thời gian đó và có thể biểu diễn dưới dạng toán học như sau:

$$E = \int_{T1}^{T2} p dt$$

Với dạng sóng của dòng điện và điện áp coi như là tuyệt đối hình sin, theo lý thuyết đã biết. Giá trị công suất có thể được xác định bằng công thức.

$$P = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$

Công tơ PPM sẽ đo được giá trị công suất từ phép đo dạng số giá trị dòng điện và điện áp của từng pha tại các khoảng thời gian riêng lẻ. Tích của giá trị công suất đo được này với khoảng thời gian sẽ cho ta giá trị điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian đó. Các giá trị điện năng đếm được trong các khoảng thời gian này sẽ được tính tích lũy vào bộ giá trị điện năng tổng dưới dạng đơn vị Wh hoặc KWh.

3.2.1.2. Đo điện năng phản kháng

Một phép đo quan trọng khác của phép đo điện năng là đo đếm điện năng phản kháng. Giá trị của điện năng này phụ thuộc vào góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp. Khi tại $\cos\varphi = 1$ tức các véc tơ dòng điện và điện áp trùng nhau, giá trị của điện năng phản kháng sẽ bằng 0. Tại $\cos\varphi = 0$ tức véc tơ dòng điện và điện áp vuông góc với nhau, lúc này mọi giá trị điện năng tiêu thụ đều là điện năng phản kháng và điện năng tác dụng sẽ bằng 0. Giá trị công suất phản kháng, thường được xác định bằng $UI \sin\varphi$ với U và I là các giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện và φ là góc lệch pha giữa chúng.

Khác với công tơ cơ khí, thực hiện phép đo điện năng phản kháng bằng cách thực hiện các phần tử đo bằng tổ hợp dòng điện của pha này với các điện áp của pha khác, công tơ điện tử PPM thực hiện phép đo này bằng kỹ thuật số. Giá trị lấy mẫu của điện áp được nhân với giá trị lấy mẫu của dòng điện nhưng được diễn ra chậm sau 90° , sau đó nhân với khoảng thời gian tính được giá trị của điện năng phản kháng tiêu thụ trong khoảng thời gian này. Phép đo này có độ chính xác cao và đồng thời có thể đo được cả với hệ thống 1 pha hoặc 3 pha.

3.2.1.3. Đo điện năng với cả 4 góc phần tư của tải

Cơ sở của phép đo điện năng tác dụng và phản kháng thực hiện trong công tơ PPM là lấy mẫu của dạng sóng dòng điện và điện áp và nhân các giá trị đó với nhau và với khoảng thời gian tính toán.

Phép đo có thể độc lập với góc pha, sau đó sẽ xác định thông qua sự khác biệt trong vòng 360° giữa điện áp và dòng điện. Điều này cung cấp khả năng đo đếm điện năng theo cả 4 góc phần tư của tải.

Điện năng tác dụng và phản kháng có thể được xác định theo hai chiều thu hoặc phát, đồng thời trường hợp điện năng phản kháng cũng có thể tùy theo tải điện cảm hoặc tải điện dung. Công tơ PPM sẽ xác định góc phần tư của điện năng phản kháng tương đối so với điện năng tác dụng, và sẽ tính tích lũy các giá trị điện năng vào các bộ ghi thích hợp. Có 4 bộ ghi điện năng của công tơ PPM như dưới đây:

- Điện năng tác dụng nhận
- Điện năng tác dụng phát
- Điện năng phản kháng nhận
- Điện năng phản kháng phát

3.2.1.4. Đo điện năng biểu kiến

Một đại lượng khác cũng thường xuyên được yêu cầu đo đếm điện năng là điện năng biểu kiến.

Giá trị này được xác định bằng cách nhân các giá trị của điện áp và dòng điện với nhau: $S = UI$ với U và I là các giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện.

Giá trị này tính tích phân theo thời gian sẽ xác định được lượng điện năng biểu kiến trong khoảng thời gian đó.

Công tơ điện tử PPM đo giá trị điện năng biểu kiến bằng cách xác định biên độ của véc tơ tổng của các thành phần điện năng tác dụng và phản kháng. công suất biểu kiến là một đại lượng vô hướng, do đó nó không phụ thuộc vào góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp.

Trong một số các ứng dụng chỉ yêu cầu xác định công suất biểu kiến tại duy nhất 1 góc phần tư của tải, bởi vì ví dụ như đối với các phụ tải có hệ số công suất về phía tải điện dung không bao giờ xảy ra. Trong trường hợp này, nếu điều này xảy ra $\cos\varphi$ sẽ tự động đặt bằng 1.

3.2.2. Ứng dụng đo đếm theo biểu giá

3.2.2.1. Tổng quát

Biểu giá là mối quan hệ giữa điện năng tiêu thụ và giá điện theo đơn vị tương ứng với khoảng thời gian dùng điện đã được xác định. Trong trường hợp đơn giản nhất, giá tiền điện trên đơn vị (KWh) là không đổi trong toàn bộ khoảng thời gian tính toán hoá đơn. Trong trường hợp khác, giá tiền điện theo đơn vị sẽ thay đổi theo khoảng thời gian sử dụng điện. Công tơ điện tử PPM có một số đặc điểm có thể lập chương trình được phục vụ cho khả năng đo đếm điện năng theo nhiều biểu giá, nó cho phép công tơ có thể đo đếm điện năng vào những bộ

ghi riêng biệt ứng với những khoảng thời gian sử dụng nhất định trong ngày (gọi là các bộ ghi biểu giá). Công tơ điện tử PPM có khả năng cung cấp lớn nhất tới 16 bộ ghi biểu giá để phục vụ cho mục đích này. Các bộ ghi này có thể tùy chọn khi cài đặt chương trình để đo các đại lượng như điện năng tác dụng, phản kháng hay biểu kiến.

Thêm vào khả năng đo đếm điện năng theo các biểu giá điện khác nhau, việc đo giá trị công suất cực đại cũng luôn luôn được áp dụng cho mục đích biểu giá.

Công suất cực đại là giá trị công suất lớn nhất diễn ra trong các khoảng thời gian tích phân của mỗi chu kỳ tính toán hoá đơn. Khoảng thời gian tích phân điển hình là 30 hoặc 15 phút và chính là khoảng thời gian tính toán giá trị công suất. Trong trường hợp khoảng thời gian tích phân bằng 30 phút, giá trị công suất trung bình trong khoảng thời gian đó sẽ gấp đôi lượng điện năng đếm được trong cùng khoảng thời gian. Với khoảng thời gian tích phân bằng 15 phút, giá trị công suất trung bình sẽ lớn gấp 4 lần lượng điện năng đếm được. Khoảng thời gian tính toán hoá đơn là khoảng thời gian giữa hai lần tính toán tiền điện gần nhau nhất, điển hình là 1 tháng. Giá trị công suất cực đại có thể được ghi lại trong công tơ PPM với bất cứ loại công suất tùy chọn nào khi cài đặt chương trình như KW, Kvar, hoặc KV.A. Thời gian và ngày tháng xảy ra công suất cực đại cũng được ghi lại vào bộ nhớ của công tơ, và có tới 8 bộ ghi giá trị công suất cực đại có thể được sử dụng trong công tơ PPM. Do khả năng có thể lập trình được nên nếu cần thiết giá trị công suất cực đại có thể xác định riêng rẽ đối với các khoảng thời gian sử dụng khác nhau trong ngày. Với một số phiên bản của công tơ PPM, có khả năng ghi lại hai giá trị lớn nhất kế tiếp của giá trị công suất cực đại.

Có hai phương pháp để xác định công suất cực đại, đó là các phương pháp khoảng thời gian cố định và phương pháp khoảng thời gian trượt. Khi tính toán bằng phương pháp khoảng thời gian cố định, giá trị công suất tính toán được trong mỗi khoảng thời gian tích phân sẽ được so sánh với giá trị công suất của các chu kỳ tích phân trước và giá

trị lớn nhất sẽ được ghi lại như là giá trị công suất cực đại. Ví dụ như các khoảng thời gian tính toán có thể là 00,00; 00,30; 01,00; v.v... Một biện pháp khác là phương pháp khoảng thời gian trượt. Phương pháp này tính toán giá trị công suất trong các khoảng thời gian tích phân bao gồm cả các khoảng thời gian phụ của khoảng thời gian tích phân của chu kỳ trước. Ví dụ khoảng thời gian tích phân là 30 phút với khoảng thời gian phụ bằng 5 phút sẽ được xác định tại các khoảng thời gian từ 09,00 đến 09,30; đến 09,05; đến 09,35; 09,10 đến 09,40, v.v...

3.2.2.2. Các đặc điểm biểu giá

- Ngày tính hoá đơn

Là ngày kết thúc giai đoạn tính toán hoá đơn hiện tại và sử dụng để tính toán tiền điện đối với khách hàng. Mọi giá điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian tính toán hoá đơn này sẽ được lưu vào bộ ghi các giá trị trong quá khứ để sử dụng cho việc kiểm tra và lưu trữ số liệu. Thông thường quá trình kết thúc tính toán hoá đơn diễn ra tại thời điểm 24,00 giờ.

- Chu kỳ tính hoá đơn

Là khoảng thời gian giữa hai ngày tính toán hoá đơn liên tiếp.

- Kết thúc chu kỳ tính toán hoá đơn

Kết thúc của mỗi chu kỳ tính toán hoá đơn được xác định bởi ngày tháng và thời gian khi các thông số điện năng tiêu thụ được ghi lại cho việc tính toán hoá đơn tiền điện. Đối với công tơ PPM, có thể thực hiện kết thúc chu kỳ tính toán hoá đơn bằng các thao tác như sau:

- Bằng cách đặt lại thời gian và ngày tháng cho công tơ
- Bằng tín hiệu xung vào từ bên ngoài đối với đầu vào kết thúc chu kỳ tính toán hoá đơn
- Qua cổng truyền thông tin nối tiếp của công tơ PPM
- Thông qua cổng giao tiếp bằng quang học của công tơ
- Bằng cách ấn phím Reset trên bề mặt công tơ

- Các bộ ghi điện năng theo biểu giá

Công tơ điện tử PPM có tối đa 16 bộ ghi điện năng theo biểu giá. Các bộ ghi này có thể được kích hoạt hoặc không tùy theo khoảng thời gian đã lập chương trình. Tại khoảng thời gian kích hoạt của mỗi biểu giá, các giá trị điện năng (KW.h, Kvar.h, hoặc KV.A.h) sẽ được tích lũy vào các bộ ghi điện năng tương ứng.

Công tơ điện tử PPM phải được lập chương trình để thiết lập các khoảng thời gian tương ứng với các biểu giá điện theo yêu cầu. Có thể có hơn một bộ ghi điện năng theo biểu giá có thể được kích hoạt trong cùng một khoảng thời gian.

- Các thời gian chuyển đổi

Thời gian chuyển đổi xác định thời điểm trong ngày khi các bộ ghi điện năng theo biểu giá được kích hoạt và kết thúc việc cập nhật số liệu. Các thời gian này thường được phân thành các khoảng thời gian 30 và 15 phút tương tự như các khoảng thời gian tích phân.

Công tơ PPM có khả năng lưu giữ đến 96 thời điểm chuyển đổi. Điều đó tạo khả năng có thể đạt được nhiều biểu giá cho các ngày khác nhau trong tuần. Ví dụ như các biểu giá áp dụng đối với ngày làm việc và ngày nghỉ cuối tuần.

- Các mùa

Các biểu giá có thể được áp dụng khác nhau đối với các mùa trong năm. Khoảng thời gian được xác định bởi ngày bắt đầu và ngày kết thúc sẽ xác định mùa mà sẽ áp dụng cách tính các biểu giá đối với mùa đó. Điều này còn bao gồm cả các biểu giá được áp dụng trong từng ngày. Công tơ có tối đa 12 mùa.

- Các ngày đặc biệt

Trong mỗi mùa có thể có những ngày đặc biệt ví dụ như ngày nghỉ lễ công cộng mà đối với ngày đó phải áp dụng những biểu giá tính toán đặc biệt. Các ngày đặc biệt này có thể được lập chương trình để xác định như những ngày ngoại lệ. Công tơ có tối đa 64 ngày ngoại lệ.

- Khoảng thời gian tích phân

Khoảng thời gian tích phân là khoảng thời gian để xác định giá trị công suất trung bình trong khoảng thời gian đó. Thông thường, khoảng thời gian này bằng 30 phút hoặc 15 phút.

- Công suất trung bình.

Là giá trị công suất tiêu thụ trong khoảng thời gian tích phân. Nó được tính toán bằng cách chia điện năng tiêu thụ (KW.h, Kvar.h, hoặc KV.A.h) cho khoảng thời gian tích phân (tính bằng giờ)

- Công suất cực đại.

Công suất cực đại là giá trị công suất lớn nhất ghi lại đối với các đại lượng công suất nhất định như KW, Kvar hoặc KV.A, trong khoảng thời gian tính toán hoá đơn. Công tơ PPM có thể ghi lại được tới 8 giá trị công suất cực đại ứng với các đại lượng xác định. Đối với mỗi đại lượng này, đối với một số phiên bản của công tơ, có thể ghi lại được hai giá trị lớn nhất kế tiếp của giá trị cực đại này.

Giá trị công suất cực đại có thể được ghi lại theo 2 cách, phương pháp khoảng thời gian cố định và phương pháp khoảng thời gian trượt.

- Tính công suất theo phương pháp khoảng thời gian cố định:
Phương pháp này tính toán giá trị công suất trong từng khoảng thời gian tích phân cố định. Ví dụ 30 phút
- Phương pháp khoảng thời gian trượt: Phương pháp này tính toán giá trị công suất trong các khoảng thời gian tích phân bao gồm cả các khoảng thời gian phụ của khoảng thời gian tích phân của chu kỳ trước, ví dụ khoảng thời gian tích phân 30 phút với khoảng thời gian phụ bằng 5 phút sẽ được xác định tạo các khoảng thời gian như từ 09,00 đến 09,30; 09,05 đến 09,35; 09,10 đến 09,40, v.v...

- Các bộ ghi chỉ số tích lũy

Các bộ ghi chỉ số tích lũy là các bộ ghi lại các chỉ số của giá trị điện năng tổng như KW.h nhận, KW.h phát, Kvar.h nhận, Kvar.h phát

và KV.A.h. Không giống các bộ ghi chỉ số theo biểu giá chỉ được kích hoạt tại các khoảng thời gian nhất định, bộ ghi tổng luôn luôn được kích hoạt và ghi lại giá trị điện năng tổng.

- Công suất cực đại tích lũy

Tại thời điểm cuối của mỗi chu kỳ tính toán hoá đơn, giá trị công suất cực đại sẽ được ghi bỏ xung vào bộ ghi công suất cực đại tích lũy.

3.2.2.3. Mạch duy trì thời gian

Một phần quan trọng của quá trình vận hành của công tơ PPM là vấn đề duy trì thời gian. Để duy trì thời gian chính xác, bản thân công tơ PPM có chứa một đồng hồ và lịch thời gian. Đồng hồ này được thực hiện bằng dao động tinh thể. Đồng thời nó cũng có khả năng tùy chọn là lấy ngay tần số của nguồn điện để làm cơ sở cho vận hành của đồng hồ. Trong trường hợp mất nguồn điện cung cấp, đồng hồ sẽ vẫn duy trì được hoạt động và thời gian thực bởi mạch điện duy trì được nuôi bằng pin sẽ tự động được đưa vào làm việc.

Tại một số quốc gia có yêu cầu cần phải điều chỉnh lại đồng hồ cho mục đích tiết kiệm điện ban ngày vào mùa hè. Điều này có thể thực hiện bằng cách điều chỉnh cho đồng hồ chạy sớm lên vào đầu mùa và chỉnh lại giờ đúng vào cuối mùa. Công tơ PPM có thể thực hiện điều này một cách tự động bằng cách lập chương trình tại những ngày đó. Khoảng thời gian điều chỉnh đồng hồ có thể là 1 hoặc 2 giờ.

3.2.2.4. Cập nhật dữ liệu

Công tơ PPM có khả năng theo tùy chọn là lưu giữ lại các giá trị công suất tính được trong các khoảng thời gian tích phân. Giá trị công suất này có thể tùy chọn khi lập chương trình như KW, Kvar hoặc KV.A. Khả năng lưu giữ số liệu giới hạn bằng 450 ngày đối với việc khảo sát chỉ một đại lượng với khoảng thời gian tích phân bằng 30 phút, tương đương với 21600 số liệu đọc. Công tơ có khả năng lưu giữ các thông số của nhiều đại lượng, tuy nhiên số lượng lưu giữ bị hạn chế bởi số đại lượng khảo sát và khoảng thời gian tích phân. Ví dụ, công tơ sẽ

chỉ lưu giữ được các số liệu trong khoảng thời gian 90 ngày khi đăng ký lưu giữ các số liệu của 5 đại lượng. Với việc khảo sát một đại lượng nhưng với khoảng thời gian tích phân bằng 15 phút cũng sẽ chỉ lưu giữ được số liệu trong 225 ngày

3.2.3. Cấu hình, thông tin và lưu trữ số liệu

3.2.3.1. Tổng quát

Công tơ điện tử được thiết lập cấu hình bằng lập chương trình. Việc lập chương trình có thể được thực hiện thông qua cổng truyền số liệu bằng quang học hoặc qua cổng truyền thông tin nối tiếp.

Cổng truyền số liệu quang học cũng có thể được sử dụng để đọc số liệu ở trong công tơ với mục đích tính toán hoá đơn. Việc lập chương trình hoặc đọc số liệu cũng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị lập trình cầm tay (Ký hiệu HHU) sử dụng cổng giao tiếp bằng quang học, hoặc nối trực tiếp với máy tính cá nhân với phương pháp tương tự.

Cổng truyền số liệu nối tiếp RS232 có thể sử dụng để truy nhập công tơ PPM từ xa thông qua đường dây thông tin. Đường dây thông tin có thể là mạng lưới điện thoại công cộng, đường truyền vô tuyến điện hoặc đường dây nối trực tiếp. Cổng truyền RS232 như là một giao diện ghép nối thông tin, là một trong những điểm quan trọng hàng đầu trong việc cập nhật số liệu. Nó cũng có thể sử dụng để lập chương trình và đọc số liệu với cách tương tự như sử dụng cổng giao tiếp bằng quang học.

Công tơ điện tử PPM cũng có những đặc điểm thuộc phần cứng và các đặc điểm về bảo mật mà có thể lập trình được và hiển thị thông qua các cổng truyền số liệu. Chúng bao gồm các role đầu ra, các tín hiệu đầu vào phụ trợ, hiển thị, phát tín hiệu cảnh báo, v.v... Những điều này bổ sung với tùy chọn về biểu giá sẵn có để thiết lập các cấu hình làm việc hoàn chỉnh cho công tơ.

3.2.3.2. Các hệ thống phụ trợ

Công tơ điện tử PPM cùng một số các thiết bị bên ngoài và hệ thống phần mềm phụ trợ tạo nên môi trường phục vụ việc truyền tin, lập chương trình, đọc và hiển thị số liệu

- **Phần mềm chủ (Power Master Unit Software)**

Phần mềm chủ là một bộ phần mềm chạy trên máy tính cá nhân và cho phép lập chương trình các đặc điểm về biểu giá và tùy chọn phần cứng cho công tơ điện tử PPM. Người ta vận hành thông qua hệ thống các menu để thiết lập các thông số vận hành cho công tơ. Giao diện truyền số liệu có thể nối trực tiếp từ máy tính cá nhân PC qua cổng truyền số liệu quang học hoặc qua một thiết bị lập trình trung gian cầm tay (HHU) có thể mang theo tại hiện trường. Một biện pháp khác để ghép nối là thực hiện qua đường dây để truy nhập từ xa thông qua Modem. Phương pháp nối modem thông dụng nhất là sử dụng modem tự động trả lời lệnh gọi đến từ máy tính tại trung tâm. Modem này có thể lắp đặt nằm ngay dưới nắp booc của công tơ.

- **Phần mềm tại trung tâm (Central Station Software)**

Một bộ phần mềm riêng biệt chạy trên máy tính cá nhân để có thể đọc các thông số trong công tơ PPM thông qua đường dây thông tin. Phần mềm này có khả năng thực hiện công việc này hoặc tự động hoặc được chọn bằng tay. Số liệu được đọc ra và lưu trữ trong các cơ sở giữ liệu tương ứng để có thể hiển thị và phân tích tình trạng làm việc của công tơ.

Khi đọc số liệu ra từ công tơ, sẽ có một bản thông báo được thực hiện tự động về các lỗi, hư hỏng về kết nối và bất cứ vấn đề hệ thống khác. Điều này giúp cho quá trình phân tích tình trạng làm việc và công việc bảo dưỡng công tơ. Ta cũng có thể đọc các số liệu sử dụng thiết bị lập chương trình cầm tay (HHU). Các số liệu này có thể được nạp vào hệ thống cơ sở dữ liệu của trạm trung tâm trong trường hợp không thể truy nhập từ xa được hoặc không có sẵn đường truyền.

- **Phần mềm CHIRPS**

Khi sử dụng thiết bị lập trình cầm tay (HHU), bộ phần mềm CHIRPS (Hệ thống đọc và lập chương trình cầm tay thông dụng) được sử dụng. Nó cung cấp các lệnh và cấu trúc dữ liệu cho phép có thể lập chương trình cho nhiều loại công tơ của các nhà chế tạo khác nhau bằng nhiều loại thiết bị lập trình cầm tay khác nhau.

Để lập chương trình hoặc đọc dữ liệu từ một công tơ hoặc một nhóm công tơ của một nhà chế tạo nào đó. Người vận hành sử dụng phần mềm chủ của nhà sản xuất này để thiết lập một Scheme đối với các công tơ tùy theo từng yêu cầu cụ thể.

Scheme của mỗi hoặc một nhóm công tơ xác định cấu trúc của việc đọc và lập chương trình được áp dụng cho 1 hoặc 1 nhóm công tơ. Các Scheme công tơ được chuẩn bị để nhập số liệu vào phần mềm chủ. Nó được thực hiện dưới dạng các menu chạy trong môi trường Windows. Một hệ thống các số liệu nhập vào mà chúng sẽ xác định các thông số sẽ được đọc ra từ công tơ, ví dụ như các biểu giá, giá trị công suất cực đại, v.v... và các thông số sẽ được lập chương trình vào công tơ như thời gian bắt đầu và kết thúc của mỗi biểu giá, mỗi mùa, v.v... Các chỉ dẫn này sẽ được tự động định dạng dưới dạng CHIRPS file, và các file này sẽ được truyền vào thiết bị lập trình cầm tay để có thể lập chương trình cho các công tơ.

Thiết bị lập trình cầm tay chạy CHIRPS như một hệ điều hành và có thể biên dịch các file đo để truyền và nhận số liệu từ các công tơ. Trong trường hợp sử dụng công tơ PPM, việc truyền số liệu từ PC sang thiết bị lập trình cầm tay(HHU) sử dụng phần mềm có tên là OMS-TRAN.

Có nhiều loại thiết bị lập trình cầm tay có thể chạy với môi trường CHIRPS. Giao diện kết nối của HHU với công tơ được thực hiện bằng đầu đọc quang học. Cùng một lúc mỗi thiết bị HHU có thể lưu giữ được các số liệu của nhiều công tơ. Trong quá trình lập chương trình truyền

và đọc số liệu hệ điều hành CHIRPS đầu tiên sẽ nhận dạng hăng chế tạo công tơ, kiểu công tơ và số chế tạo của công tơ trong chế độ đang nhập, sau đó nó sẽ dựa vào các cơ sở dữ liệu được đặt cho công tơ này và tiến hành truyền số liệu. Nghi thức truyền số liệu giữa HHU và công tơ PPM là FLAG IEC 1107.

Trong đa số các trường hợp, việc truyền số liệu sẽ được thực hiện tự động với việc hiển thị tại thời điểm cuối cùng của việc truyền số liệu để báo hiệu việc truyền đã hoàn thành. Ta cũng có khả năng thực hiện việc nhập dữ liệu tại chế độ bằng tay, tại chế độ này dữ liệu được nhập trực tiếp từ bàn phím ví dụ như đặt lại thời gian và ngày tháng cho công tơ, hoặc xem các thông số cần thiết, v.v... Trong phần lớn các thao tác dữ liệu được truyền vào công tơ sẽ được đòi hỏi cho việc đọc số liệu của công tơ, do đó các số liệu đó sẽ được truyền lại tới HHU. Nó sẽ được nhận dạng và lưu trữ vào file dữ liệu. Công việc cuối cùng là truyền số liệu đọc được của công tơ từ HHU sang PC trong thư mục Master Unit và được phục vụ cho việc quản lý, kiểm tra và lập hoá đơn hoặc báo cáo thông qua việc sử dụng phần mềm Master Unit.

Thiết bị lập chương trình cầm tay HHU sẽ đòi hỏi các danh sách khi giao tiếp với công tơ. Công tơ sẽ đưa ra các thông báo trả lời. Mức truy nhập này được giữ trong các file có đuôi .SOD. Sẽ có một .SOD file đối với một nhà sản xuất liệt kê các kiểu của công tơ sẵn có trong CHIRPS.

Khi đã đạt được thủ tục truy nhập, thiết bị HHU sẽ nhập các số liệu phù hợp vào công tơ đã khai báo mã nhận dạng. Các cơ sở dữ liệu nạp vào công tơ được lưu trong các file có đuôi .REF, chứa các dữ liệu với các thông tin mà mỗi công tơ cần nạp để lập chương trình và đọc số liệu. Các cơ sở dữ liệu cần nạp sẽ được lưu trong file .REF còn các file có đuôi .INS sẽ chứa các thông tin quy chiếu. Nó sẽ xác định các thao tác sẽ được thực hiện đối với công tơ như nạp biểu giá mới, đọc số liệu, v.v... Các phần này được truyền tới công tơ sử dụng nghi thức truyền

tin FLAG. Khi đó công tơ sẽ trả lời bằng các thông số cần đọc hoặc sẽ thực hiện các chương trình yêu cầu. Các dữ liệu được đọc ra từ công tơ sẽ được lưu dưới các file có đuôi .RES. Nếu hồ sơ phụ tải được yêu cầu đọc từ công tơ ra để khảo sát nó sẽ được lưu với file có đuôi .BUD. Cuối cùng, các file .RES và .BUD có thể được nạp vào PC để khảo sát và lưu trữ số liệu.

- **Phần mềm CHIRPS truy nhập từ xa**

Phần mềm CHIRPS truy nhập từ xa chạy dưới môi trường Windows và cho phép các trạm trung tâm có thể liên lạc được với công tơ điện tử PPM qua đường dây thông tin.

Phần mềm CHIRPS truy nhập từ xa, phần mềm chủ và phần mềm trạm trung tâm phải được cài đặt trên cùng một máy PC.

Truy nhập CHIRPS từ xa thông qua chức năng truyền số liệu của phần mềm chủ. Các cơ sở dữ liệu chứa đựng các dữ liệu về phần cấu hình, chương trình cài đặt và các số liệu đọc ra được chọn lọc để tải vào công tơ PPM.

3.3. Kiểm định công tơ

Công tơ điện xoay chiều – Quy trình kiểm định (Alternating - current watt-hour meters - Methods and means of verification).

3.3.1. Phạm vi áp dụng

Văn bản kỹ thuật này qui định qui trình kiểm định các loại công tơ điện xoay chiều kiểu cảm ứng loại một pha, ba pha một biểu giá và nhiều biểu giá dùng để đo điện năng tác dụng và điện năng phản kháng cấp chính xác 0,5; 1; 2 làm việc ở lưới điện tần số từ 45 Hz đến 60 HZ.

Văn bản kỹ thuật này không áp dụng cho công tơ có chỉ thị điện năng cực đại và công tơ có bộ cảm biến xung.

3.3.2. Các phép kiểm định

Phải lần lượt tiến hành các phép kiểm định ghi trong bảng 3.2.

Bảng 3.2

TT	Tên phép kiểm định	Theo điều mục của QTKĐ	Chế độ kiểm định		
			Ban đầu	Định kỳ	Sau SC
1	Kiểm tra bên ngoài	7.1	+	+	+
2	Kiểm tra kỹ thuật	7.2(1)	+		+
3	Kiểm tra đo lường	7.3			
3.1	Kiểm tra không tải	7.3.1	+	+	+
3.2	Kiểm tra ngưỡng độ nhảy	7.3.2	+	+	+
3.3	Kiểm tra hằng số công tơ và cơ cấu đếm	7.3.3	+	+	+
3.4	Kiểm tra sai số cơ bản	7.3.4	+	+	+
3.5	Kiểm tra khả năng chuyển mạch thời gian	7.3.5(2)	+	+	+
3.6	Kiểm tra chỉ số điện năng của các biểu giá	7.3.6(2)	+	+	+
3.7	Kiểm tra độ trôi của đồng hồ thời gian thực	7.3.7(2)	+	+	+

Chú thích : (1) Không bắt buộc áp dụng khi kiểm tra định kỳ ;

(2) Chỉ áp dụng với công tơ nhiều biểu giá

3.3.3. Phương tiện kiểm định

Sai số phép đo để xác định giá trị thực của điện năng không vượt quá 1/4 giới hạn sai số cho phép của công tơ kiểm. Bởi vậy phương tiện kiểm định công tơ phải thỏa mãn các điều kiện sau.

3.3.3.1. Phải sử dụng những phương tiện chuẩn

Quy định sử dụng những phương tiện chuẩn ghi trong bảng 3.3.

Bảng 3.3

Cấp chính xác của công tơ kiểm	Cấp chính xác của phương tiện kiểm (không thấp hơn)			
	<i>Oát mét chuẩn</i>	<i>Thiết bị đo thời gian (s)(*)</i>	<i>Công tơ chuẩn</i>	<i>Máy biến dòng đo lường (viết tắt TI)</i>
0,5	-	-	0,1	0,05
1	0,1	0,01	0,2	0,1
2	0,2 (**)	0,1 (**)	0,5	0,2

Chú thích

(*) Phải sử dụng thiết bị đo thời gian loại điện tử tự động đếm theo số vòng quay của đĩa công tơ, không cần công tắc bấm.

(**) Để kiểm định công tơ cấp chính xác 2 cho phép sử dụng đồng hồ bấm dây có giá trị độ chia không quá 0,2 s và Oát mét cấp chính xác 0,5.

3.3.3.2. Giá trị độ chia của công tơ chuẩn

Công tơ chuẩn phải có giá trị độ chia nhỏ hơn 5 lần giá trị độ chia của công tơ kiểm.

Số vòng quay của công tơ chuẩn phải đọc được đến 0,01 vòng.

3.3.3.3. Phương tiện xác định giá trị dòng điện và điện áp định mức

Để xác định được giá trị dòng điện và điện áp định mức, phải sử dụng Ampe mét và Vôn mét có cấp chính xác thấp nhất 1,5 khi kiểm định công tơ cấp chính xác 1 và 2 và thấp nhất là 1 khi kiểm định công tơ có cấp chính xác 0,5.

3.3.4. Điều kiện kiểm định

- Khi tiến hành kiểm định phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

+ Nhiệt độ môi trường: $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;

+ Độ ẩm tương đối của không khí (RH): $\leq 80\%$

- Để kiểm định công tơ cấp chính xác 1 và 2 trong dải tần số 45 Hz đến 65 Hz (loại trừ dải tần số qui định trong bảng 3.3) cho phép đưa thêm số hiệu chỉnh tần số lưới điện. Số hiệu chỉnh này do nhà chế tạo qui định.

Bảng 3.4

Điều kiện kiểm định	Giá trị tiêu chuẩn	Độ lệch cho phép đối với cấp chính xác của công tơ kiểm		
		0,5	1	2
1. Nhiệt độ	Nhiệt độ tiêu chuẩn	$\pm 1^{\circ}C$	$\pm 2^{\circ}C$	$\pm 2^{\circ}C$
2. Vị trí đặt	Thẳng đứng	$\pm 0,5^{\circ}$	$\pm 0,5^{\circ}$	$\pm 0,5^{\circ}$
3. Điện áp	Giá trị danh định	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
4. Tần số	Giá trị danh định	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,3\%$	$\pm 0,5\%$
5. Dạng sóng	Hình sin	Hệ số méo phi tuyến không được quá		
		2%		3%
6. Cảm ứng từ trường ngoài ở tần số danh định	$\leq 0,5mT$	Cảm ứng từ trường ngoài gây ra sự thay đổi sai số không được quá		
		0,1%	0,2%	0,3%

- Đối với công tơ 3 pha phải đảm bảo thêm những điều kiện sau đây:
 - + Sơ đồ mạch kiểm định và thứ tự pha phải phù hợp với qui định trên sơ đồ đấu dây của công tơ kiểm.
 - + Độ lệch của điện áp pha và điện áp dây so với giá trị trung bình không được vượt quá
 - 1 % đối với công tơ cấp chính xác 1 và 2
 - 0,5 % đối với công tơ cấp chính xác 0,5.

+ Độ lệch của các dòng điện pha và dòng điện dây so với giá trị trung bình không được vượt quá:

2 % đối với cấp chính xác 1 và 2.

1 % đối với cấp chính xác 0,5.

+ Độ lệch pha giữa dòng điện và điện áp pha tương ứng không phụ thuộc và tần số công suất, không vượt quá 2^0 .

- Đối với công tơ có bộ số kiểu tang trống, khi kiểm tra ngắn hạn, chỉ được phép có một tang trống quay.

- Khi kiểm định ban đầu, trước khi tiến hành xác định sai số cơ bản, phải để công tơ làm việc ở chế độ tải định mức trong thời gian:

4 h đối với công tơ cấp chính xác 0,5.

2 h đối với công tơ cấp chính xác 1.

1 h đối với công tơ cấp chính xác 2.

Khi kiểm định định kỳ và bất thường cho phép để công tơ làm việc ở chế độ tải định mức trong thời gian ít nhất 30 phút.

3.3.5. Tiến hành kiểm định

Tiến hành kiểm định công tơ theo phương pháp:

- Phương pháp công suất - thời gian.

- Phương pháp so sánh trực tiếp với công tơ chuẩn.

Thực hiện bằng cách đóng tải ngắn hạn để đếm số vòng quay của đĩa nhôm công tơ hoặc đóng tải dài hạn để tính theo bộ số của công tơ.

3.3.5.1. Kiểm tra bên ngoài

Phải kiểm tra bên ngoài theo các yêu cầu sau đây:

- Kẹp chì phải còn nguyên vẹn (trong trường hợp kẹp chì bị hỏng phải ghi rõ tình trạng vào biên bản trước khi tiến hành kiểm định).

- Kết cấu phải phù hợp với những qui định nêu trong điều 1.4 TCVN 5411 – 91: Công tơ điện năng tác dụng kiểu cảm ứng, yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.

- Nhãn hiệu phải phù hợp với những qui định nêu trong điều 1.3 TCVN 5411 – 91.

3.3.5.2. Kiểm tra kỹ thuật

Kiểm tra độ bền cách điện được tiến hành theo các yêu cầu sau đây:

Các mức điện áp tiến hành kiểm định được quy định trong bảng 3.5.

Điện áp kiểm tra phải là hình sin có tần số trong phạm vi giới hạn giữa 45 Hz và 65 Hz. Thời gian chịu điện áp kiểm tra là 1 phút. Công suất của thiết bị cấp nguồn cao áp cho việc kiểm tra không được nhỏ hơn 500 V.A.

Trong quá tình kiểm tra cách điện giữa mạch điện chịu kiểm tra với đế công tơ (mục A trong bảng 3.5) thì những mạch điện không chịu kiểm tra phải được nối với đế công tơ.

Trong quá trình kiểm tra cách điện giữa mạch điện chịu kiểm tra với đất (mục C trong bảng 3.5) thì những mạch phụ có điện áp dưới 40 V phải được nối đất.

Bảng 3.5

Mức điện áp kiểm tra (Giá trị hiệu dụng)	Điều kiện kiểm tra và nơi đặt điện áp kiểm tra
2 kV <i>Cho các tiểu mục a,b,c,d</i>	<i>A) Vỏ và nắp hộp đấu dây phải được tháo ra</i> <i>Điện áp kiểm tra được đặt vào đế công tơ với:</i> a) Từng mạch dòng nếu trong trạng thái công tơ làm việc thì những mạch này được cách điện với các mạch khác (*). b) Từng mạch áp hoặc tập hợp tất cả các mạch áp có điểm đầu chung nếu trong trạng thái công tơ làm việc thì những mạch này được cách điện với các mạch khác (*).

Mức điện áp kiểm tra (Giá trị hiệu dụng)	Điều kiện kiểm tra và nơi đặt điện áp kiểm tra
500 V <i>Cho tiểu mục e</i>	<p>c) Từng mạch phụ có điện áp trên 40 V hoặc tập hợp tất cả các mạch phụ có điểm đầu chung.</p> <p>d) Từng hợp bộ các cuộn dây dòng hoặc áp của một hoặc cùng một cơ cấu đo nếu trong trạng thái công tơ làm việc thì những hợp bộ này được cách điện với các mạch khác (**).</p> <p>e) Từng mạch phụ có điện áp dưới 40 V.</p>
600 V hoặc gấp đôi giá trị điện áp định mức đấu vào cuộn áp của công tơ trong điều kiện tiêu chuẩn nếu giá trị điện áp này vượt quá 30 V.	<p>B) <i>Nắp hộp đấu dây phải tháo ra và công tơ nằm trong vỏ nếu vỏ làm bằng kim loại</i></p> <p>Điện áp kiểm tra đặt vào mạch dòng và mạch áp của từng phần tử đo được nối với nhau khi công tơ làm việc, việc đấu điện này có thể tạm thời tách ra cho mục đích kiểm tra (***)</p>
2kV	<p>C) <i>Công tơ nằm trong vỏ được đậy nắp, nắp hộp đấu dây được đậy lại</i></p> <p>Điện áp kiểm tra đặt vào giữa đất với mạch dòng, mạch áp và mạch phụ có điện áp trên 40 V đã được đấu nối với nhau.</p>
	D) <i>Thử nghiệm bổ xung đối với công tơ điện có vỏ cách điện bảo vệ cấp II</i>

Mức điện áp kiểm tra (Giá trị hiệu dụng)	Điều kiện kiểm tra và nơi đặt điện áp kiểm tra
4 kV cho tiểu mục a	a) Điện áp kiểm tra đặt vào giữa đất với các mạch dòng, mạch áp và mạch phụ có điện áp trên 40 V đã được đấu nối với nhau.
2 kV cho tiểu mục b	b) Điện áp kiểm tra đặt vào giữa vỏ công tơ với đất.
40 kV cho tiểu mục c	c) Điện áp kiểm tra đặt vào giữa các phần mạng điện đã được nối điện với nhau trong vỏ công tơ và với các phần mang điện cũng đã được nối điện với nhau ngoài vỏ công tơ có khả năng chạm tới (****). d) Quan sát sự tuân thủ các điều kiện áp dụng cho vỏ cách điện bảo vệ cấp II.

Chú thích:

- Việc tách cầu nối giữa cuộn dây dòng và cuộn dây áp để kiểm tra cách điện chưa hoàn toàn đủ để khẳng định khả năng đạt được độ cách điện khi chịu điện áp kiểm tra 1 kV. Việc kiểm tra các tiểu mục a và b là áp dụng chung cho các loại công tơ có sử dụng chung với các máy biến dòng và biến áp đo lường đồng thời cũng áp dụng cho các công tơ đặc biệt có các cuộn dòng và cuộn áp riêng.

- Những mạch điện là đối tượng phải kiểm tra theo tiểu mục a và b sẽ không phải là đối tượng kiểm tra theo tiểu mục d. Trong trường hợp mạch áp của công tơ 3 pha có điểm đấu chung khi công tơ làm việc điểm chung này sẽ được duy trì cho việc kiểm tra và tất cả các mạch điện của các sơ đồ đo sẽ là đối tượng của các phép kiểm tra đơn lẻ.

- Phép kiểm tra đánh thủng cách điện chưa phải là hoàn toàn tuyệt đối nhưng đó cũng đủ là cơ sở để xác định khả năng phóng điện bề mặt khi các phần tử kết nối được để mở.

- Nếu không có nghi ngờ gì về phép thử tiểu mục c thì không cần thiết phải tiến hành kiểm tra tiểu mục d của mục D.

3.3.5.3. Kiểm tra đo lường

Công tơ điện xoay chiều được kiểm tra đo lường theo trình tự nội dung, phương pháp và yêu cầu sau đây:

a. Kiểm tra tỷ số truyền và cơ cấu đếm

Kiểm tra theo điều 2.12.5 TCVN 5411 – 91. trong quá trình kiểm tra, tang trống cuối cùng phải được quay ít nhất 1 vòng.

b. Kiểm tra tự quay

Khi công tơ có điện trong mạch dòng (để hở mạch), đĩa công tơ không được quay quá 1 vòng ở bất kỳ giá trị điện áp nào trong phạm vi giới hạn 80 % đến 100 % điện áp định mức.

c. Kiểm tra ngưỡng độ nhạy

Đĩa công tơ phải quay đủ 1 vòng và tiếp tục quay liên tục ở điện áp định mức, tần số danh định và hệ số công suất bằng 1 với giá trị dòng điện không vượt quá giá trị theo dòng điện định mức (I_n) tương ứng với cấp chính xác qui định trong bảng 3.6.

Bảng 3.6

Loại công tơ	Hệ số công suất	Cấp chính xác		
		0,5	1,0	2,0
Một biểu giá, không có chỉ tiết chống quay ngược	1	$0,003 I_n$	$0,004 I_n$	$0,005 I_n$
Tất cả các loại khác	1	$0,004 I_n$	$0,004 I_n$	$0,005 I_n$

Trong quá trình kiểm tra ngưỡng độ nhạy, đối với công tơ có bộ số kiểu tang trống, không tiến hành kiểm tra ở trạng thái cả hai tang trống cùng quay.

d. Xác định sai số cơ bản

- Phải xác định sai số cơ bản của công tơ ở những giá trị phụ tải qui định trong bảng 3.7. Sai số của công tơ kiểm không được vượt quá các giới hạn sai số qui định cho từng cấp chính xác. Đối với công tơ 3 pha phải xác định sai số ở cả hai chế độ kiểm toàn phần và kiểm

từng phần tử. Khi kiểm từng phần tử vẫn phải cấp đủ điện áp định mức và đúng thứ tự pha cho tất cả các phần tử.

Bảng 3.7

Chế độ kiểm tra	Điện áp (V)	Phụ tải % I_{dd}	PF	Giới hạn sai số đối với công tơ cấp chính xác ($\pm \%$)			
				0,5	1	2	3
Kiểm tra toàn phần (đối với công tơ 1 pha hoặc công tơ 3 pha)	U_{dd}	I_{max}	1	0,5	1,0	2,0	3
		100	1	0,5	1,0	2,0	3
		100	0,5L	0,8	1,0	2,0	3
		50	1	0,5	1,0	2,0	3
		$50^{(2)}$	0,5L	0,8	1,0	2,0	3
		10	1	0,5	1,0	2,0	3
		$5^{(1)}$	1	1,0	1,5	2,5	3
Kiểm tra từng phần (đối với công tơ 3 pha)	U_{dd}	100	1	1,5	2,0	3,0	4
		100	0,5I	1,5	2,0	3,0	4
		$20^{(1)}$	1	1,5	2,0	3,0	4

Chú thích:

⁽¹⁾: Không bắt buộc khi kiểm định định kỳ.

⁽²⁾: Không thực hiện khi kiểm định công tơ 1 pha.

L: miền điện cảm

- Phương pháp công suất - thời gian.

Khi chế độ phụ tải không thay đổi, công suất hoàn toàn ổn định, lượng điện năng ghi nhận được qua công tơ kiểm được xác định như sau:

$$W = P.t \quad (3.41)$$

Trong đó:

P : công suất điện tiêu thụ trên phụ tải, [W].

t: thời gian tiêu thụ điện, [s].

Nếu công suất hoàn toàn ổn định, sai số của công tơ kiểm tính theo thời gian, biểu thị bằng % được xác định theo công thức.

$$\delta\% = \frac{t_0 - t}{t} \times 100\% \quad (3.42)$$

Trong đó: t là thời gian chuẩn đọc được trên thiết bị chuẩn đo thời gian ứng với N vòng quay của đĩa công tơ.

t_0 là thời gian để đĩa công tơ quay được N vòng mà không có sai số, là thời gian do nhà chế tạo thiết lập trên cơ sở tính toán theo công thức.

$$t_0 = \frac{C.N}{P} [s] \quad (3.43)$$

Với N là số vòng quay của đĩa công tơ (vòng); P là công suất danh định ở phụ tải đang tiến hành kiểm tra (W); C là hằng số của công tơ (W.s/vòng).

- Phương pháp so sánh với công tơ chuẩn.

Công tơ chuẩn được mắc trực tiếp với công tơ kiểm hoặc qua B_1 có nhiều hệ số biến đổi.

+ Khi mắc trực tiếp phải so sánh số chỉ điện năng hoặc số vòng quay của công tơ chuẩn với công tơ kiểm. Sai số của công tơ kiểm biểu thị bằng % được xác định theo công thức:

Nếu so sánh theo số chỉ điện năng

$$\delta\% = \frac{W - W_0}{W_0} \cdot 100\% \quad (3.44)$$

Trong đó: W là số chỉ điện năng tính bằng hiệu số giữa số chỉ cuối và số chỉ đầu của bộ số công tơ kiểm ở chế độ đóng tải dài hạn; hoặc chỉ số điện năng ứng với số vòng quay của đĩa công tơ ở chế độ đóng tải dài hạn (kW.h hoặc W.s);

W_0 là số chỉ điện năng đọc được ở công tơ chuẩn (kW.h hoặc W.s).

Nếu so sánh với số vòng quay của đĩa công tơ

$$\delta\% = \frac{CN - C_0 N_0}{C_0 N_0} \times 100\% \quad (3.45)$$

Trong đó:

N: số vòng quay của công tơ kiểm (vòng).

N₀: số vòng quay của công tơ chuẩn (vòng).

C: hằng số của công tơ kiểm (Ws/vòng).

C₀: là số vòng quay của công tơ chuẩn (Ws/vòng).

Nếu công tơ chuẩn mắc qua B_I phải nhân số chỉ điện năng hoặc hằng số C₀ với hệ số biến đổi K_I. Trong trường hợp này phải dùng B_I có cường độ dòng sơ cấp bằng cường độ dòng điện ở phụ tải đang tiến hành kiểm định và đảm bảo cho công tơ chuẩn đo ở cùng một góc lệch pha và đo cùng một lượng điện năng như công tơ kiểm (cân bằng tải).

Căn cứ vào tỷ số truyền ghi trên mặt số công tơ để tính hằng số của công tơ. Cách tính hằng số công tơ được qui định trong bảng 3.8.

Bảng 3.8

Tỷ số truyền		Hằng số công tơ (W.s/v)
A v/(kW.h)	(A vòng = 1kW.h)	$\frac{3600.100}{A}$
A W.h/v	(A W.h = 1 vòng)	3600.A
A kWh/v	(A kW.h = 1 vòng)	3600.1000.A

Cho phép kiểm định theo phương pháp định lượng đối với những công tơ kiểm có khắc vạch chia độ thập phân trên đĩa và công tơ chuẩn có chức năng kiểm tra theo phương pháp này. Số vòng quay đĩa công tơ kiểm tra phải là 10 N vòng (N = 1, 2, 3...).

Khi xác định sai số của công tơ kiểm, trong trường hợp cần tính đến cả sai số của công tơ chuẩn, phải cộng đại số các sai số theo công thức:

$$\delta'\% = \delta\% + \delta_0\% \quad (3.46)$$

Trong đó:

δ%: sai số % tính theo công thức (3.41) hoặc (3.42)

δ₀%: sai số % của công tơ chuẩn ở chế độ phụ tải tiến hành kiểm định.

3.3.5.4. Kiểm định công tơ có nhiều biểu giá

- Tỷ số truyền và cơ cấu đếm phải được kiểm tra từng biểu giá ở dòng điện định mức hoặc ở dòng điện cực đại, $\cos\varphi = 1$ theo điều mục của quy trình kiểm định.

- Xác định sai số cơ bản theo điều mục ở biểu giá cơ bản. Ở những biểu giá khác cho phép chỉ xác định sai số ở giá trị phụ tải 100% và 10 % dòng điện định mức, $\cos\varphi = 1$.

- Kiểm tra khả năng làm việc của role chuyển đổi biểu giá (role điện từ chuyển đổi bộ số) theo điều 2.10 TCVN 5411- 91.

a. Kiểm tra chuyển mạch thời gian

Phương pháp kiểm tra: Thay đổi “thời gian thực” của đồng hồ thời gian trong công tơ phù hợp với biểu giá cần kiểm tra. Để nhận biết được thời điểm chuyển biểu giá công tơ phải căn cứ vào tên của biểu giá đã qui ước trên công tơ. Thực hiện kiểm tra theo qui trình sau:

- Đặt lại thời gian của đồng hồ thời gian trong công tơ gần với thời điểm chuyển biểu giá của biểu giá cần kiểm tra.

- Giám sát công tơ và xác định thời điểm chuyển biểu giá cần kiểm tra, đồng thời ghi nhận lại thời điểm này.

- Lặp lại các bước trên cho mỗi thời điểm chuyển biểu giá cần kiểm tra tiếp theo.

- Sau khi kiểm tra xong phải đặt lại thời gian theo nguồn tín hiệu thời gian chuẩn.

- Nếu tất cả các chuyển mạch thời gian đã cài đặt được kích hoạt tương ứng với các biểu giá thì kết luận biểu giá đã được cài đặt đúng và chức năng chuyển mạch thời gian là đạt yêu cầu.

b. Kiểm tra độ trôi thời gian

Thực hiện kiểm tra theo trình tự sau:

- Xác định sai lệch δ_{T1} của đồng hồ thời gian trong công tơ với nguồn tín hiệu thời gian chuẩn.

- Duy trì đồng hồ thời gian trong công tơ trong khoảng thời gian tối thiểu 2 ngày.

- Kết thúc quá trình kiểm tra, ghi nhận lại thời khắc của đồng hồ thời gian trong công tơ và theo nguồn tín hiệu thời gian chuẩn, đồng thời xác định sai lệch δ_{T2} .

- Xác định độ trôi thời gian tích lũy trong khoảng thời gian kiểm tra

$$\delta_T = \delta_{T2} - \delta_{T1}$$

- Tính độ trôi thời gian theo ngày (24 h) độ trôi thời gian cho phép lớn nhất theo ngày được nhà chế tạo qui định trong thuyết minh kỹ thuật của mỗi loại công tơ và không được quá 2,5 s/d.

- Sau khi kiểm tra, hiệu chuẩn xong, phải đặt lại thời gian theo nguồn tín hiệu thời gian chuẩn.

c. Kiểm tra sai số thời gian thực

Phương pháp kiểm tra: So sánh bằng phương pháp nghe và nhìn số chỉ của đồng hồ thời gian trong công tơ với nguồn tín hiệu thời gian chuẩn. Hiệu của hai số chỉ phải thỏa mãn yêu cầu: Trong khoảng thời gian của một chu kỳ kiểm định, vào bất cứ thời điểm nào trong chu kỳ, khi công tơ đang vận hành, số chỉ của đồng hồ thời gian trong công tơ hoặc thời điểm chuyển mạch thời gian của các biểu giá đã được cài đặt không được sai khác với nguồn tín hiệu thời gian chuẩn quá 15 phút.

3.3.6. Xử lý chung

- Công tơ điện xoay chiều đạt các yêu cầu qui định trong mục tiến hành kiểm định được kẹp chì, dán tem và cấp giấy chứng nhận kiểm định.

- Công tơ điện xoay chiều không đạt một trong các yêu cầu kiểm định trong mục tiến hành kiểm định thì không cấp giấy chứng nhận kiểm định đồng thời xoá dấu kiểm định cũ (nếu có).

- Chu kỳ kiểm định: 05 năm đối với công tơ điện 1 pha

- 02 năm đối với công tơ điện 3 pha.

4.1. Tổng quát

Mục đích đo lường là một trong ba yếu tố quyết định đảm bảo cho khâu đo đếm điện năng đúng đắn và chính xác.

Ở những điểm đo phía hạ thế (sau các máy biến áp điện lực), thông thường người ta ít sử dụng các loại thiết bị phụ, nếu có thì chủ yếu là các máy biến dòng đo lường B_I . Do đó ít bị nhầm lẫn, vì mạch đo đơn giản, dễ kiểm tra và dễ phát hiện sai sót.

Việc kiểm tra ở đây là thứ tự pha điện áp, ta dựa vào các phần tử của công tơ đo đếm điện năng, nếu thứ tự pha sai có thể gây sai số phụ đến $\pm 0,5 \%$. Khi kiểm tra cần lưu ý đến cực tính của B_I và các cực điểm đầu, điểm tiếp xúc ở các đầu nối, nếu điểm đầu có tiếp xúc kém có thể dẫn đến hở mạch B_I gây cháy và chập mạch đo lường.

Ở những điểm đo đặt ở phía cao thế (trên 1kV), người ta sử dụng nhiều thiết bị phụ là các B_I và B_U cao thế thường đặt ở ngoài trạm, ở cách xa các tủ, bảng điện nơi có lắp đặt công tơ, các loại đồng hồ đo điện và các loại mạch bảo vệ. Mạch điện ở đây rất phức tạp, dễ có những sai sót nhầm lẫn trong mạch đấu dây, ngoài ra do phải đảm bảo cấp điện liên tục, các thiết bị luôn ở trạng thái vận hành nên rất khó tiếp cận mạch sơ cấp của các B_I và B_U .

4.2. Phân tích mạch và sơ bộ kiểm tra mạch đo lường

Những nguồn cấp điện có điện áp trên 1000 V thường là loại mạch 3 pha 3 dây. Để đo điện năng tác dụng, người ta thường sử dụng loại công tơ 3 pha 3 phần tử hoặc 3 pha 2 phần tử. Ở đây chúng ta chỉ

đề cập đến những sơ đồ mạch đo lường phức tạp có thể có và phương pháp phát hiện các lỗi trong mạch đo lường loại 3 pha 3 dây. Trường hợp nêu dưới đây là tương đối phổ cập trong hệ thống đo đếm điện năng ở Việt Nam.

Loại công tơ 3 pha 2 phần tử thường có 7 đầu đấu dây, 4 đầu cho các mạch dòng điện và 3 đầu cho mạch điện áp. Nếu không kể đến trường hợp đấu nhầm lẫn B_I và B_U và dây dẫn bị đứt thì chỉ riêng việc chuyển đổi các tổ hợp dây dẫn đến 7 đầu đấu dây về mặt lý thuyết đã có 5040 sơ đồ đấu. Trong thực tiễn số sơ đồ đấu là có hạn nhưng cũng đạt đến con số hàng vài chục sơ đồ.

Cũng cần lưu ý rằng việc phát hiện sai sót trong sơ đồ đấu dây khi công tơ đang vận hành là điều rất khó khăn vì trong phần lớn các trường hợp đấu sai mạch đo lường thì đĩa công tơ vẫn quay và quay đúng hướng qui định, trong khi đó thì sai số phạm phải lại rất lớn, có khi tới hàng trăm phần trăm.

Để đánh giá được số lượng các sơ đồ đấu có thể có, ta cho rằng các dây dẫn từ B_I và B_U đến công tơ đã được xác định và các dây dẫn từ B_U đến đúng các đầu đấu điện áp trên công tơ. Cơ sở để có thể sơ bộ khẳng định điều đó là dựa theo đồng hồ chỉ thị các điện áp từ B_U , và cũng loại trừ các trường hợp đấu sai các cuộn thứ cấp của B_I hay nói cách khác là 1 phần tử trong công tơ chỉ đấu vào cuộn thứ cấp của một B_I .

Trên công tơ, 4 đầu đấu dây của mạch dòng được đấu đến hai B_I và 3 đầu đấu dây của mạch áp được đấu đến hai B_U (đấu theo sơ đồ tam giác hở).

Trong mạch dòng điện có thể có 8 tổ hợp đấu, được xác định theo số lần chuyển đổi 4 và 2, cụ thể như sau:

1. $V_A - R_A; V_C - R_C$
2. $V_A - R_A; R_C - V_C$
3. $R_A - V_A; V_C - R_C$
4. $R_A - V_A; R_C - V_C$
5. $V_C - R_C; V_A - R_A$
6. $V_C - R_C; R_A - V_A$

$$7. \quad R_C - V_C; \quad V_A - R_A$$

$$8. \quad R_C - V_C; \quad R_A - V_A$$

Ký hiệu:

A và C chỉ pha dòng điện

V (vào) ứng với đầu vào cực tính () trên đầu cực tính của B_I*

R (ra) ứng với đầu ra trên đầu cực tính của B_I .

Trong mạch điện áp có thể có 6 tổ hợp đầu dây:

3 khi thuận pha A-B-C; B-C-A; C-A-B

Và 3 khi ngược pha A-C-B; C-B-A; B-A-C

Khi đầu B_U xét về cực tính có 4 trường hợp đầu cuộn thứ cấp theo mối tương quan với cuộn sơ cấp.

Như vậy khi đầu công tơ với B_I và B_U số sơ đồ mạch đo lường có thể có là: $8 \times 6 \times 4 = 192$

Để loại bỏ dần được những sơ đồ đầu mạch đo lường sai, bằng những dụng cụ đo đơn giản, chúng ta có thể loại bỏ những sai sót trước hết trong mạch điện áp.

Để làm được điều đó, đầu tiên phải xác định được pha ở giữa là pha phải nối đất trong các cuộn thứ cấp của B_U (để thống nhất, ta qui ước pha giữa là pha B và cần lưu ý thêm là chỉ áp dụng khi đầu B_U theo sơ đồ Δ hở). Ta dùng Vôn mét có thang đo (100 ÷ 250) V, một đầu đầu vào điểm tiếp đất (vỏ của tủ, bảng điện, v.v...), đầu kia đo lần lượt điện áp trên các đầu đầu dây điện áp của công tơ được dẫn từ các cuộn thứ cấp của B_U đến. Điện áp của dây tiếp đất nối với vỏ phải bằng không, dây này phải được nối với đầu đầu dây của pha B trên công tơ. Sau khi xác định được pha giữa của mạch điện áp, số sơ đồ đầu có thể có sẽ giảm xuống còn $8 \times 2 \times 4 = 64$ trong số này 32 sơ đồ theo chiều thứ tự thuận A-B-C và 32 sơ đồ theo chiều thứ tự ngược C-B-A.

Tổng hợp toàn bộ sơ đồ mạch đo lường có thể có khi đầu công tơ trong trường hợp thứ tự thuận và đồ thị véc tơ của chúng được trình bày trên hình từ 4.1 đến 4.8.

Để tiện cho việc trình bày trên hình vẽ và tránh nhầm lẫn ta qui ước:

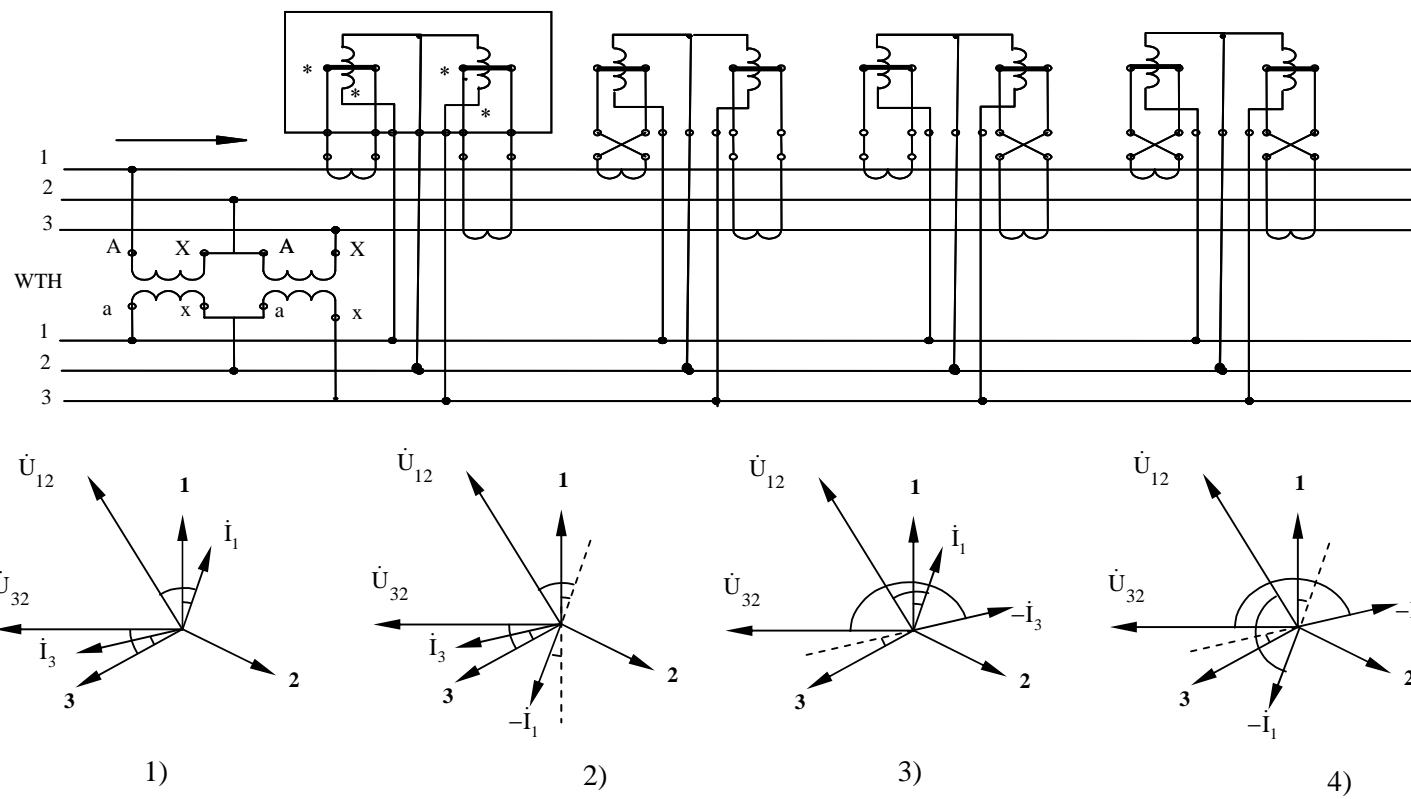
Ký hiệu pha A-B-C bằng 1-2-3

- Cực tính của B_I là:
 - Cuộn sơ cấp:
 - L_1 : đầu vào (*) - Luôn ở phía bên trái
 - L_2 : đầu ra - Luôn ở phía bên phải
 - Cuộn thứ cấp:
 - I_1 : đầu vào (*)
 - I_2 : đầu ra
- Cực tính của B_U là:
 - Cuộn sơ cấp:
 - A: đầu vào (*)
 - X: đầu ra
 - Cuộn thứ cấp:
 - a: đầu vào (*)
 - x: đầu ra

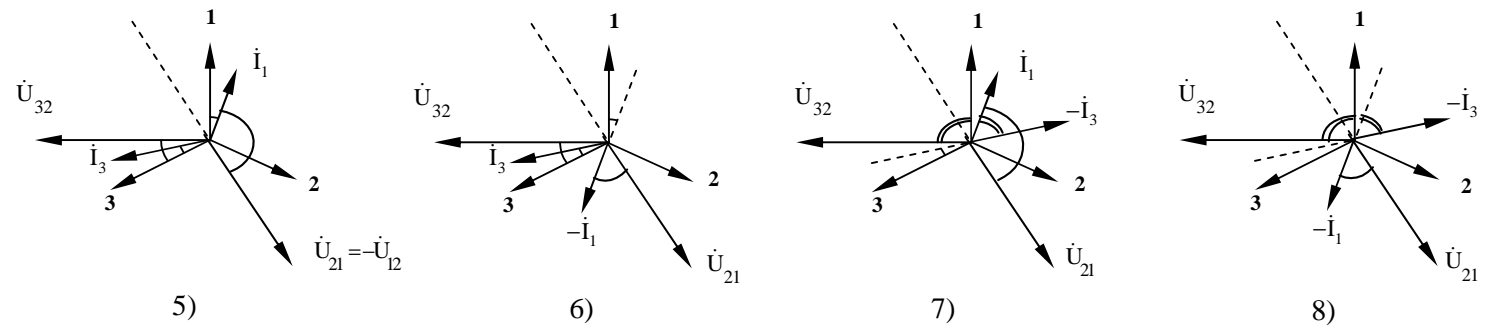
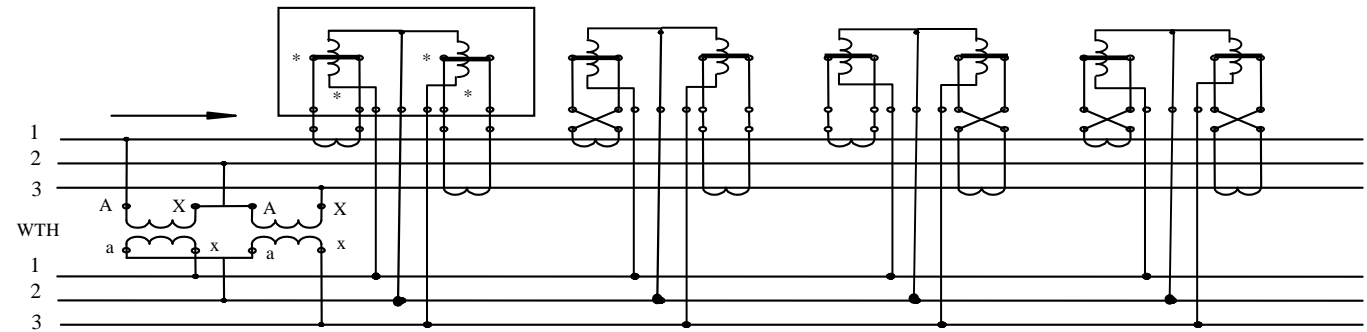
Cho rằng dòng điện và điện áp ở phụ tải là ổn định và đối xứng, trên cơ sở đồ thị véc tơ ta có hàm lượng giác ứng với góc lệch pha vào từng phần tử đo của từng sơ đồ đấu dây được trình bày trong bảng 4.1 (số thứ tự tương ứng với số sơ đồ). Chúng tỷ lệ thuận với mô men quay của đĩa công tơ.

Trong 32 sơ đồ mạch đo lường có thể có theo chiều thuận, chỉ có 4 sơ đồ đúng, đó là các sơ đồ 4.1-1; 8.2-6; 4.3-11 và 4.4-16.

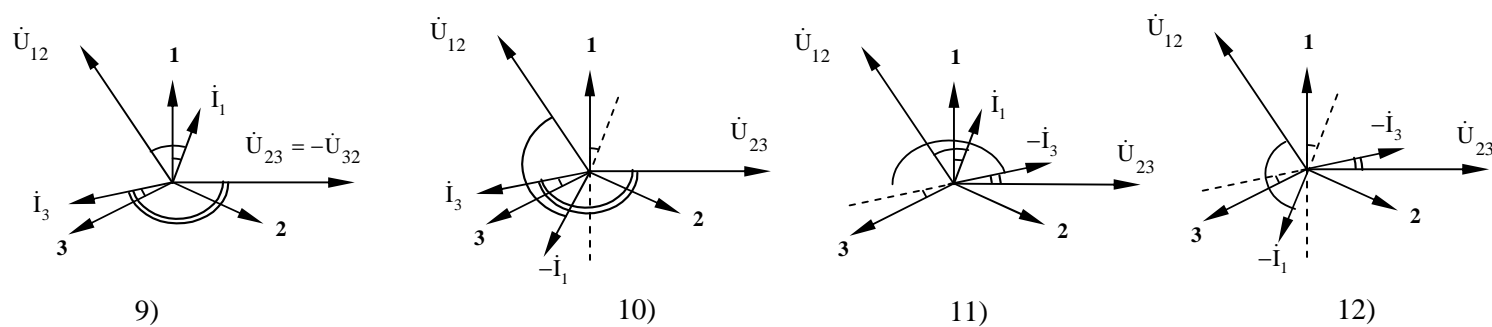
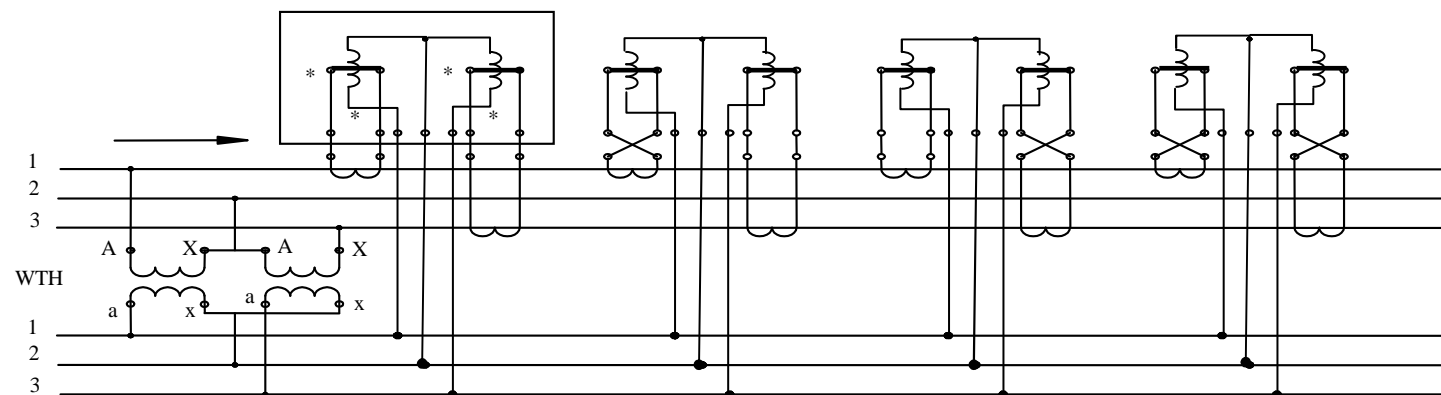
Tổng hợp 32 sơ đồ mạch đo lường theo chiều ngược thứ tự pha cũng tương tự như trên nếu thay đổi ký hiệu điện áp thành C-B-A (từ trên xuống) đồng thời thay đổi luôn cả ký hiệu ở các véc tơ điện áp từng cực. Tuy nhiên 32 sơ đồ này chỉ đề cập đến hiểu biết về lý thuyết, trong thực tế khi đấu mạch, bằng cách dùng đồng hồ kiểm tra thứ tự pha, ta dễ dàng loại bỏ ngay được 32 sơ đồ sai này.



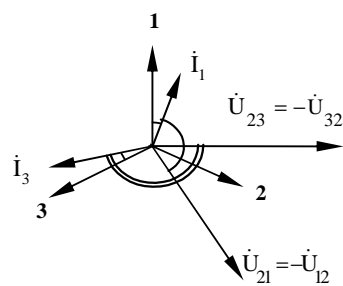
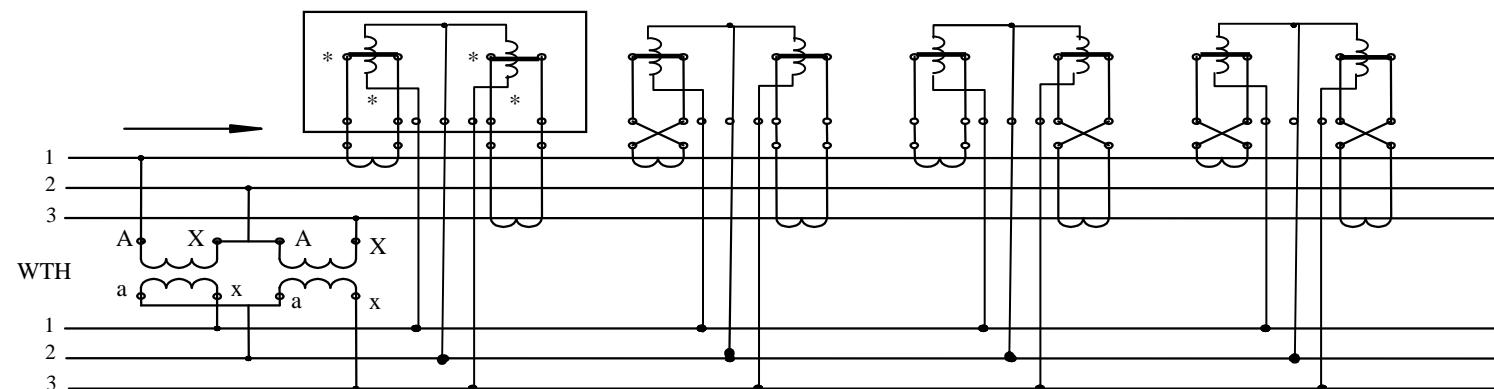
Hình 4.1. Sơ đồ mạch đo lường khi đấu đúng cực tính B_U



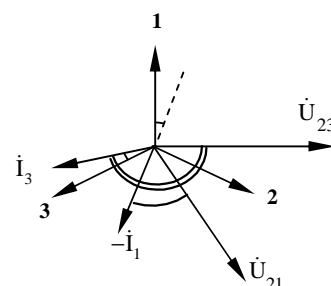
Hình 4.2. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo cực tính của B_U mắc vào điện áp chậm pha



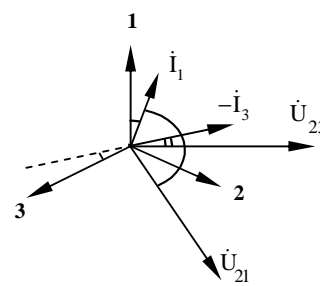
Hình 4.3. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo cực tính của B_U mắc vào điện áp sớm pha



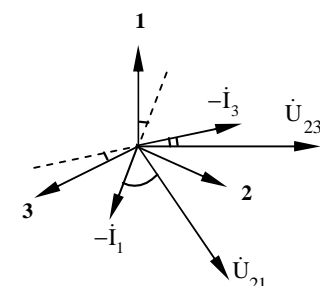
13)



14)

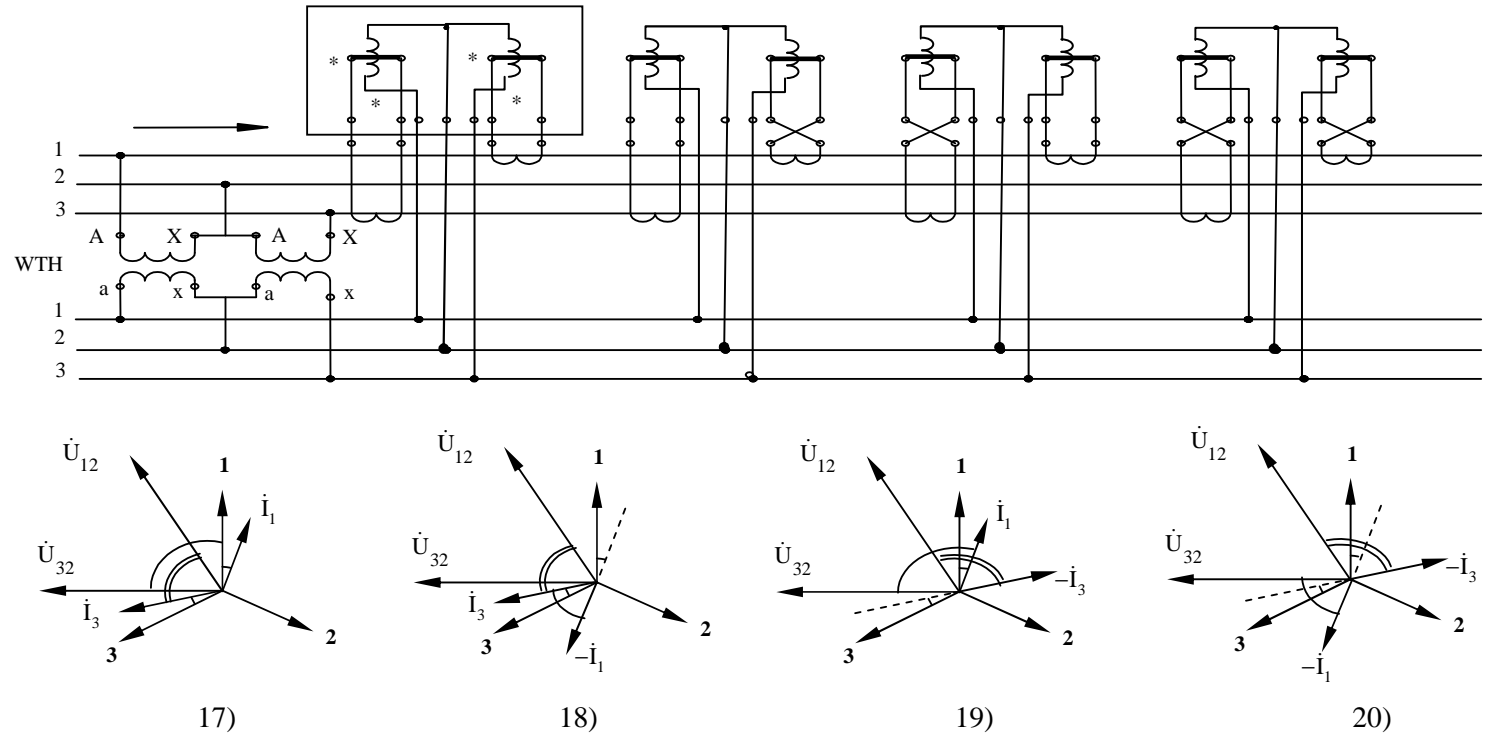


15)

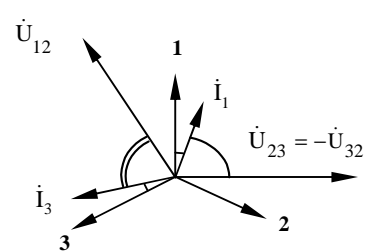
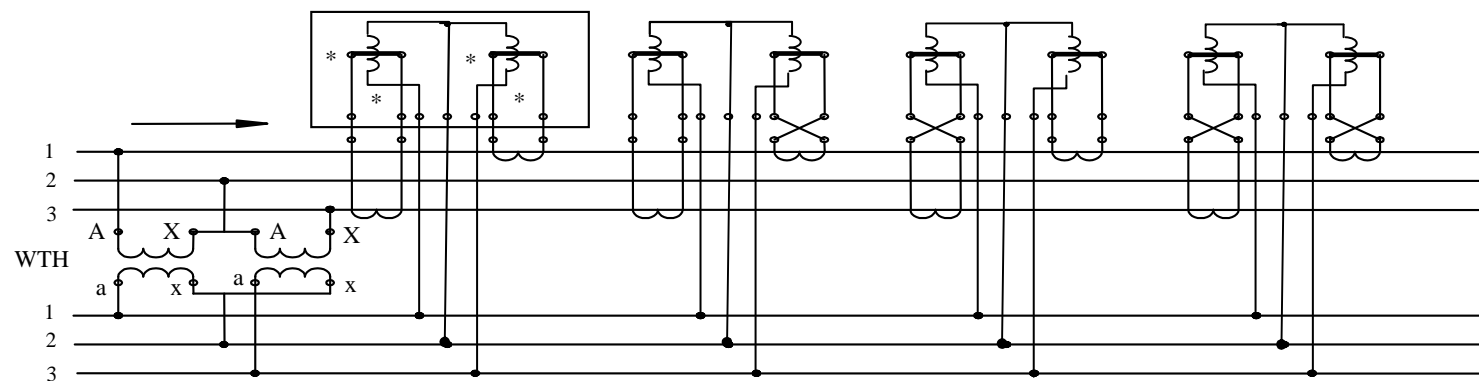


16)

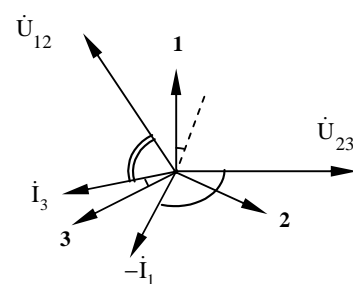
Hình 4.4. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo cực tính của cả B_U



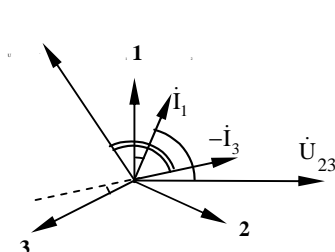
Hình 4.5. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo đúng cực tính của B_U và không phù hợp về pha với B_I



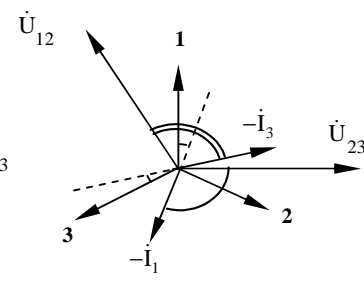
25)



26)

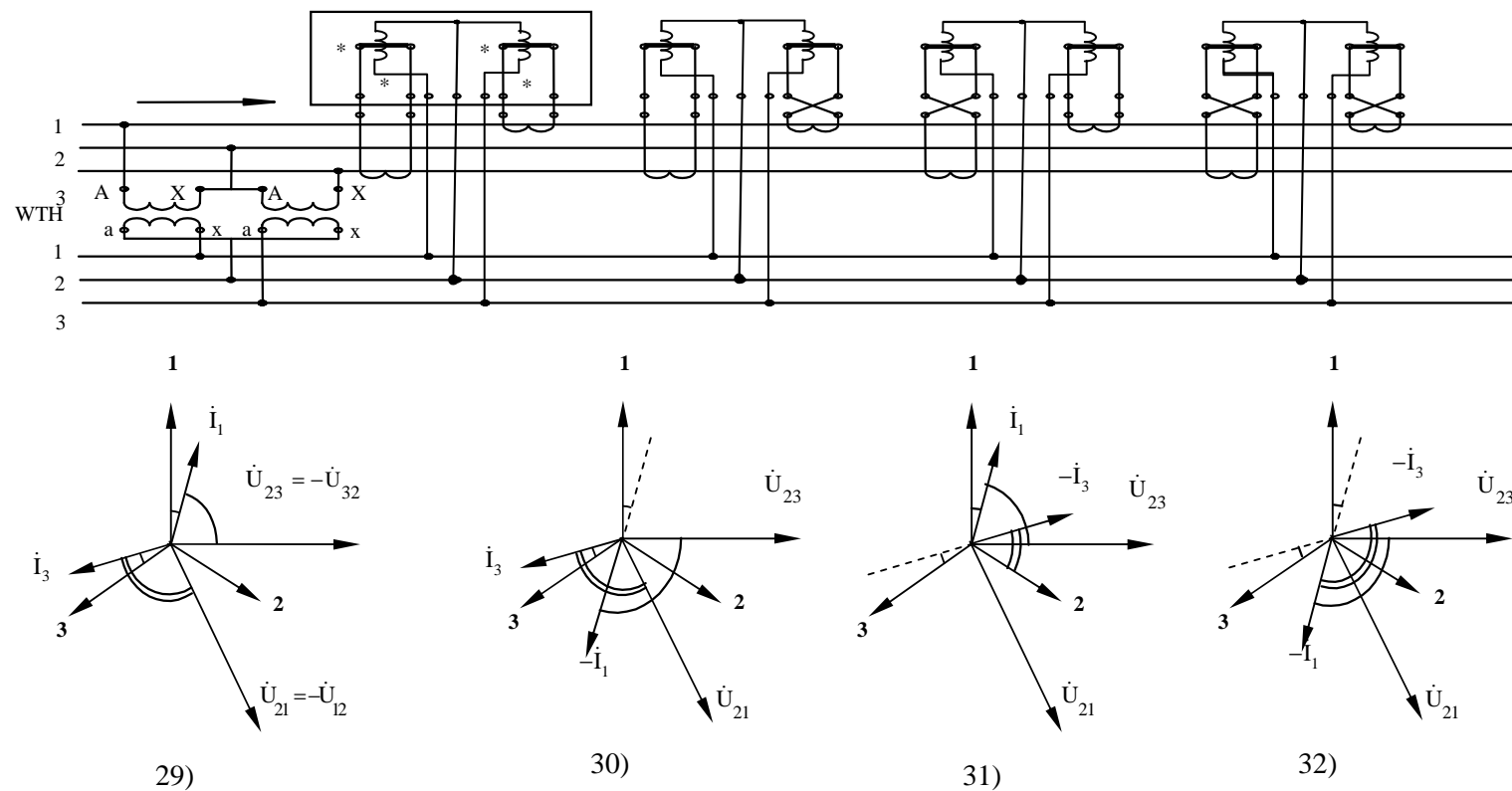


27)



28)

Hình 4.7. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo cực tính của B_U mắc vào điện áp vượt pha và không phù hợp về pha với B_I



Hình 4.8. Sơ đồ mạch đo lường khi đảo cực tính của cả hai B_U và không phù hợp về pha với B_I

Tiếp đến dùng Vôn mét đo điện áp ở các cặp đầu cực đầu dây điện áp: A – B; B – C; A – C.

Nếu điện áp giữa các pha bằng nhau khoảng $(100 \div 110)$ V thì từ những sơ đồ đã đề cập đến, ta loại bỏ tiếp được 16 sơ đồ có đảo cực tính của các B_U (đó là các sơ đồ ở các hình 4.2 – 5, 6, 7, 8; hình 4.3 – 9, 10, 11, 12, 14; 4.6 – 21, 22, 23, 24; hình 4.7 – 25, 26, 27, 28) chi tiết cụ thể trình bày ở phần dưới (hình 4.11 a và b).

Trên các hình từ 4.1 đến 4.8, ta có thể tìm được chỉ số giá trị hàm lượng giác góc lệch pha của tải tỷ lệ với tổng các mô men quay của công tơ (để tiện cho khâu biến đổi ta phải sử dụng công thức $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta \pm \sin\alpha \cdot \sin\beta$). Kết quả tính toán được thể hiện ở bảng 4.1.

Bảng 4.1. Giá trị góc lệch pha

SỐ SƠ ĐỒ	GIÁ TRỊ GÓC LỆCH PHA
1	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3} \cos \varphi$
2	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = +\sin \varphi$
3	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$
4	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sqrt{3} \cos \varphi$
5	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = +\sin \varphi$
6	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3} \cos \varphi$
7	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sqrt{3} \cos \varphi$
8	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$
9	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$
10	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sqrt{3} \cos \varphi$
11	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3} \cos \varphi$

12	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = +\sin \varphi$
13	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sqrt{3} \cos \varphi$
14	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(150^\circ + \varphi) = -\sin \varphi$
15	$\cos(150^\circ - \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = +\sin \varphi$
16	$\cos(30^\circ + \varphi) + \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3} \cos \varphi$
17	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = 0$
18	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = +2 \sin \varphi$
19	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = -2 \sin \varphi$
20	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = 0$
21	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = -2 \sin \varphi$
22	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = 0$
23	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = 0$
24	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = +2 \sin \varphi$
25	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = +2 \sin \varphi$
26	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = 0$
27	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = 0$
28	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = -2 \sin \varphi$
29	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = 0$
30	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ + \varphi) = -2 \sin \varphi$
31	$\cos(90^\circ - \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = +2 \sin \varphi$
32	$\cos(90^\circ + \varphi) + \cos(90^\circ - \varphi) = 0$

Thông thường khi có tải, đĩa công tơ quay theo chiều mũi tên qui ước trên mặt số công tơ, từ đây ta loại tiếp thêm 10 sơ đồ nữa là những sơ đồ tạo ra mô men quay mang cực tính âm (trong trường hợp này đĩa công tơ quay ngược chiều qui ước) và những sơ đồ không tạo ra mô men quay, hay nói cách khác mô men được tạo ra bằng không (đĩa công tơ không quay), đó là các sơ đồ.

4.1-3, 4; 4.4-13, 14; 4.5-17, 19, 20 và 4.8-29, 30, 32.

Như vậy số sơ đồ có thể có giảm xuống còn 6. Đó là các sơ đồ 4.1-1, 2; 4.4-15, 16; 4.5-18 và 4.8-31. Trong số này chỉ có 2 sơ đồ đúng là 4.1-1 và 4.4-16.

Để tiếp tục phân tích và kiểm tra sơ đồ mạch đấu, ta làm một phép chuyển đổi vị trí điện áp pha đầu và cuối trên công tơ (pha A và pha C). Nếu sơ đồ đấu đúng thì ở trạng thái cân bằng tải ở các pha, đĩa công tơ phải dừng quay, phép chuyển đổi trên đây được chứng minh trên hình 4.9 và ta tiến hành xây dựng đồ thị véc tơ. Từ đồ thị véc tơ, ta thấy mô men quay của phần tử đo thứ nhất tỷ lệ thuận với công suất:

$$P = U_{AB} I_C \cos(90^\circ - \varphi) \quad (4.1)$$

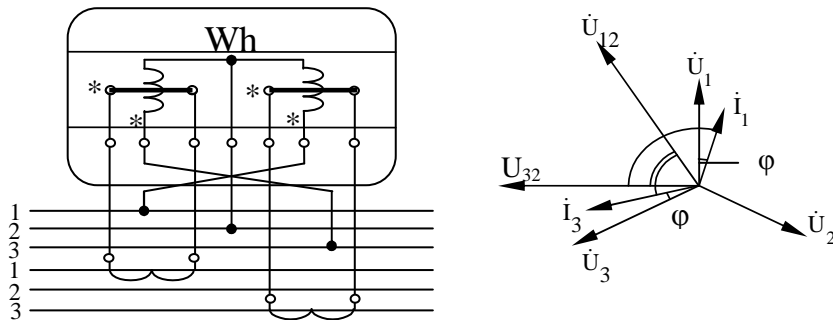
và của phần tử đo thứ hai:

$$P_2 = U_{CB} I_A \cos(90^\circ + \varphi) \quad (4.2)$$

Khi cân bằng tải $I_A = I_C = I$ Và điện áp pha đối xứng $U_{AB} = U_{CB} = U_d$

Ta có $P_1 = U_d I \sin\varphi$ và $P_2 = -U_d I \sin\varphi$ (4.3)

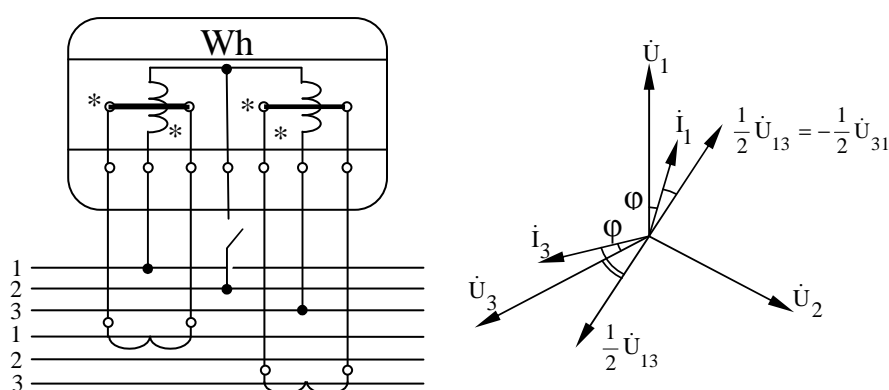
Điều này có nghĩa các mô men quay bằng nhau và ngược chiều



Hình 4.9. Sơ đồ kiểm tra mạch bằng cách đảo các pha điện áp vào và cuối công tơ

quay với nhau.

Có thể tiến hành thêm một phép kiểm tra nữa mà không cần dụng cụ đo bằng cách: Đếm số vòng quay của đĩa công tơ trong một khoảng thời gian nhất định. Khoảng thời gian này được xác định bằng đồng hồ đếm dây hoặc đồng hồ đeo tay, còn số vòng quay tùy chọn nhưng phải là một số chẵn. Sau đó ta ngắt điện áp pha giữa (pha B – pha nối đất vào công tơ) rồi tiếp tục đếm số vòng quay của đĩa công tơ trong cùng một khoảng thời gian như đã đếm ở trên. Khi điện áp pha đối xứng và không có dao động ở các phụ tải, nếu sơ đồ mạch đấu đúng thì số vòng quay đếm được lần sau phải bằng một nửa so với lần trước. Phép kiểm tra trên đây được thể hiện qua đồ thị véc tơ ở hình 4.10.



Hình 4.10. Sơ kiểm tra mạch bằng cách ngắt điện áp giữa (pha B)

Khi ngắt điện áp pha giữa (pha B), điện áp dây U_{AC} đặt trên các cuộn dây điện áp của cả hai phần tử đo, các cuộn dây này mắc nối tiếp với nhau và mỗi cuộn gánh chịu một nửa điện áp dây.

Từ đồ thị véc tơ, ta thấy mô men quay của các phần tử tỷ lệ thuận với công suất.

$$P_1 = 0,5U_{AC}I_A \cos(30^\circ - \varphi) \quad (4.4)$$

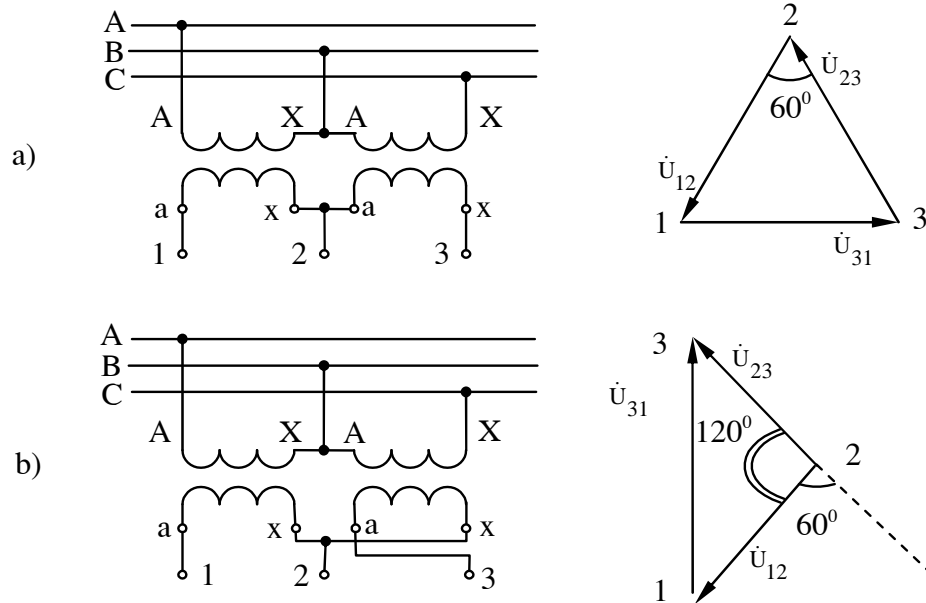
$$P_2 = 0,5U_{AC}I_C \cos(30^\circ + \varphi) \quad (4.5)$$

Khi tải cân bằng, mô men quay tổng sẽ tỷ lệ thuận với công suất như sau:

$$P = 0,5U_d I (\cos 30^\circ \cdot \cos \varphi + \sin 30^\circ \cdot \sin \varphi + \cos 30^\circ \cdot \cos \varphi - \sin 30^\circ \cdot \sin \varphi)$$

$$P = \frac{\sqrt{3}U_d I \cos \varphi}{2} \quad (4.6)$$

Như vậy trong trường hợp ngắt điện áp pha giữa (pha B) mô men quay tổng của công tơ sẽ chỉ bằng một nửa so với trường hợp bình thường (pha B không bị ngắt).



Hình 4.11. Đồ thị véc tơ điện áp đầu theo sơ đồ tam giác hở

a) Đầu đúng cực tính, b) Đảo một cực tính ở một B_U

Khi đo điện áp trên các đầu đầu dây điện áp pha A, B, C của công tơ, nếu một điện áp, thông thường là giữa các pha đầu và cuối khoảng 173 V ($\sqrt{3} \cdot 100V$) điều đó chứng tỏ một trong các B_U có cực tính của cuộn thứ cấp không còn phù hợp với cực tính cuộn sơ cấp. Điều này cũng thấy rõ qua đồ thị véc tơ trên hình 4.11-a và 4.11-b. Sơ đồ mạch 4.7, trong tất cả những sơ đồ này chỉ có hai sơ đồ đúng là 4.2-6 và 4.3-11. Cho nên phải chú ý thay đổi lại cực tính cuộn thứ cấp của các B_U cho phù hợp cực tính các B_I của sơ đồ mạch thực tế và phải kiểm tra lại toàn bộ mạch đo.

Trên đây chúng ta đã khảo sát toàn bộ sơ đồ mạch đo lường có thể có trong thực tế. Đây là cơ sở để chúng ta so sánh, đối chiếu và sửa đổi lại cho đúng với mạch cơ bản trong quá trình đấu mạch và kiểm tra mạch. Đồng thời cũng là cơ sở giúp chúng ta tính toán những tổn thất trong quá trình sử dụng công tơ mắc sai mạch đo lường.

Nếu bằng những phương tiện đo đơn giản (đồng hồ thứ tự pha, Vôn mét, đồng hồ bấm dây) và bằng những phương pháp đơn giản (ngắt pha giữa, đảo pha đầu, cuối, v.v...) vẫn không khẳng định được mức độ đúng của mạch đo lường, đặc biệt ở những điểm đo có phụ tải ở các pha không cân bằng và biến động phức tạp, chúng ta phải sử dụng những phương tiện đo chuyên dụng để xây dựng được đồ thị véc tơ trực tiếp khi công tơ đang vận hành trên lưới điện.

4.3. Xây dựng đồ thị véc tơ

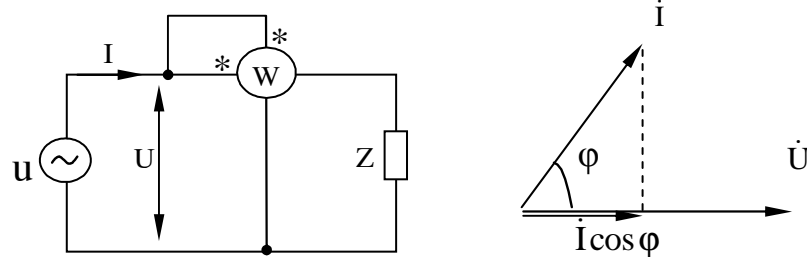
Xây dựng đồ thị véc tơ là phương pháp cơ bản để xác định mức độ đúng đắn của mạch đo lường từ B_I , B_U đến các phương tiện đo Oát mét, $\cos\varphi$ mét, công tơ đo điện năng tác dụng và phản kháng...

Chúng ta có thể sử dụng một trong các phương tiện đo sau đây để xây dựng đồ thị véc tơ.

- Hỗn hợp đo lường VAF – 85M
- Oát mét một pha hoặc đồng hồ đo góc lệch pha kiểu F – 5781 loại có 4 miền đo

Dưới đây sẽ trình bày các phương pháp xây dựng đồ thị véc tơ.

4.3.1. Dùng Oát mét một pha hoặc $\cos\varphi$ mét



Hình 4.12. Sơ đồ đo công suất tác dụng một pha bằng Oát mét

Oát mét mắc trong mạch đo công suất ở phụ tải trình bày trên hình 4.12. Nếu mắc mạch đúng, các đầu cực dòng và áp cùng cực tính của Oát mét (có dấu *) đều đấu vào phía nguồn cấp điện. Công suất đo được sẽ bằng.

$$P = UI \cos \varphi$$

Trong đó thành phần $I \cos \varphi$ là hình chiếu véc tơ dòng điện I trên véc tơ điện áp U .

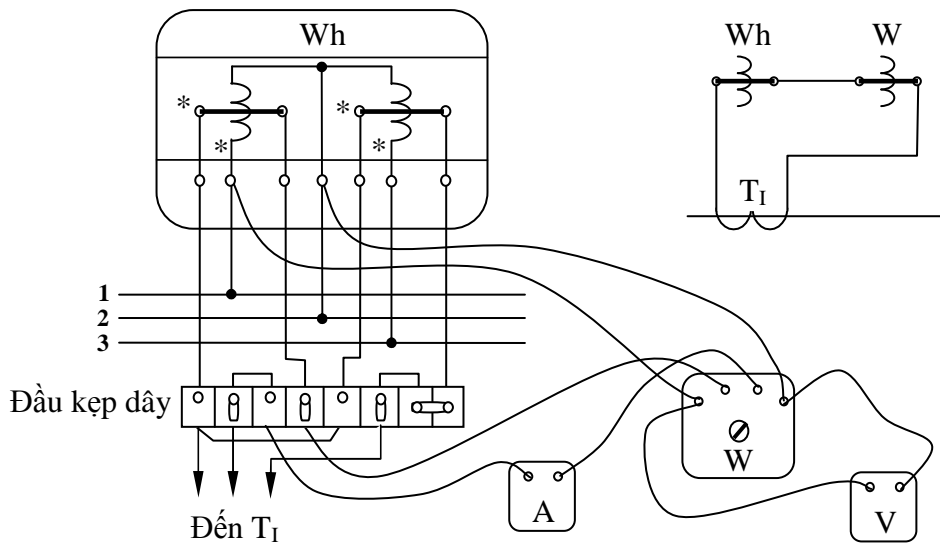
Đối với các góc từ 90^0 đến -90^0 , $\cos \varphi$ sẽ dương và số chỉ của Oát mét cũng dương. Điều đó đúng cho cả trường hợp mang phụ tải đặc tính điện cảm hoặc điện dung. Đối với các góc $\varphi = 90^0$ và $\varphi = -90^0$ số chỉ của Oát mét sẽ bằng không. Nếu góc φ lớn hơn $\pm 90^0$ thì $\cos \varphi$ sẽ âm và số chỉ của Oát mét cũng sẽ âm (kim chỉ của Oát mét sẽ quay ngược chiều điếm không trên thang đo sang bên trái) trong trường hợp này, phải đổi lại cực tính của Oát mét mới đọc được số chỉ.

Nếu điện áp và dòng điện ổn định thì số chỉ của Oát mét sẽ tỷ lệ thuận với giá trị $\cos \varphi$ của phụ tải hoặc hình chiếu của véc tơ dòng điện trên véc tơ điện áp. Số chỉ âm của Oát mét tương ứng với trường hợp giá trị âm (ngược chiều) hình chiếu của véc tơ dòng điện hoặc qui đổi thành giá trị dương (thuận chiều) của hình chiếu véc tơ dòng điện nó quay véc tơ này một góc 180^0 . Căn cứ vào sự thay đổi chỉ thị của Oát mét khi thay đổi góc lệch pha φ ở chế độ dòng và điện áp ổn định, người ta đã đặt cơ sở cho phương pháp dùng Oát mét để lấy đồ thị véc tơ, nhờ đó mà xác định vị trí véc tơ dòng điện (pha của nó) và véc tơ điện áp đã có.

Để làm được điều này, trước hết dùng đồng hồ chỉ thứ tự pha xác định thứ tự pha trên các đầu đầu dây điện áp của công tơ. Sau đó đấu mạch điện theo sơ đồ hình 4.13.

Khi đấu mạch cần chú ý đến cực tính của cuộn dây dòng điện và điện áp trên Oát mét (đầu vào có ký hiệu *) phải phù hợp với đầu vào và đầu ra của từng phần tử đo trên công tơ và cực tính của cuộn thứ cấp của B_I , B_U . Công tắc chuyển đổi cực tính của Oát mét phải ở vị trí cực

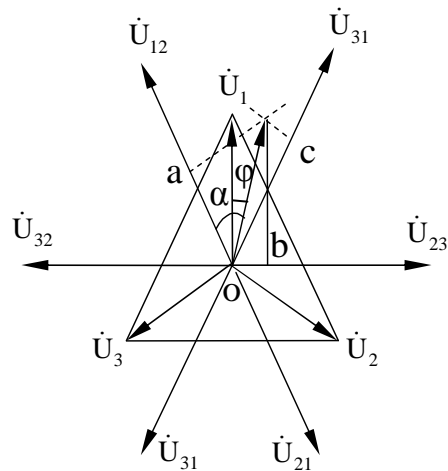
tính thuận. Việc đấu Oát mét vào mạch đo dòng điện thực hiện ngay trên các đầu kẹp dây có sẵn trong các tủ bảng điện mà không cần ngắt mạch thứ cấp của B_1 .



Hình 4.13. Sơ đồ đấu Oát mét vào mạch để lấy đồ thị véc tơ

Theo nguyên tắc cuộn dây dòng điện đầu nối tiếp và cuộn dây điện áp đấu song song theo đúng cực tính, lần lượt đấu Oát mét vào từng phần tử đo của công tơ.

Trước hết đấu vào phần tử đo thứ nhất, sau khi đấu đúng cuộn dòng điện, cuộn điện áp của Oát mét lần lượt đấu vào pha điện áp AB rồi BC trên các đầu đầu dây điện áp của công tơ. Như vậy ta đã đưa điện áp U_{AB} , U_{BC} vào Oát mét, và ghi nhận số chỉ của Oát mét trong từng trường hợp. Xây dựng đồ thị véc tơ trên giấy kẻ ly, với các véc tơ điện áp pha U_A, U_B, U_C , U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} và các véc tơ điện áp ngược chiều U_{BA}, U_{CB}, U_{AC} (hình 4.14)



Hình 4.14. Xây dựng đồ thị véc tơ theo số chỉ của Oát mét

Trên các trục véc tơ điện áp tương ứng đã đưa vào Oát mét với điểm gốc là điểm 0 của các trục và điểm cuối là các số chỉ của Oát mét, ta có được hình chiếu của một véc tơ điện áp tương ứng. Từ các điểm cuối ta kẻ những đường vuông góc với véc tơ điện áp. Điểm cắt của các đường thẳng vuông góc này sẽ xác định vị trí của véc tơ dòng điện.

Ví dụ: Khi đấu Oát mét vào phần tử đo thứ nhất của công tơ, với điện áp U_{AB} số chỉ là 80 vạch chia với điện áp U_{BC} số chỉ là 40 vạch chia. Ta lần lượt đặt đoạn oa (80 vạch) trên véc tơ điện áp U_{BC} . Điểm cắt của 2 đường thẳng vuông góc kẻ từ những điểm cuối (80 vạch và 40 vạch) sẽ xác định vị trí véc tơ dòng điện A. Chúng ta làm thêm một phép kiểm tra nữa bằng cách đưa vào Oát mét điện áp U_{CA} , trong trường hợp này số chỉ của Oát mét sẽ âm nên phải đảo công tắc chuyển cực tính từ (+) sang (-). Hoặc không đảo công tắc, phải đảo lại đầu đầu dây điện áp vào Oát mét, có nghĩa là ta đã chuyển điện áp U_{CA} thành U_{AC} . (Ghi nhận trong trường hợp này số chỉ của Oát mét sẽ là âm nếu tính theo U_{CA} và dương nếu tính theo U_{AC}). Ví dụ nếu Oát mét chỉ 120 vạch, ta đặt tiếp đoạn oc (120 vạch) trên véc tơ điện áp U_{AC} . Đường thẳng vuông góc với véc tơ U_{AC} từ điểm cuối oc sẽ rơi đúng vào điểm cắt của 2 đường thẳng vuông góc trước.

Ở phần tử đo thứ nhất, dòng điện I_A không đổi với điện áp U_{AB} , trên đồ thị của véc tơ ta gắn liền véc tơ I_A với véc tơ điện áp U_{AB} và góc giữa các véc tơ này là $\alpha = 30^\circ + \varphi$.

Tiếp đến ta đấu Oát mét vào phần tử thứ hai của công tơ và làm tương tự như trên, ta sẽ xác định được góc pha giữa dòng điện I_C với điện áp U_{CB} .

So sánh đồ thị véc tơ nhận được với các đồ thị véc tơ nêu trên các hình từ 4.1 đến 4.8. Sơ đồ mạch đấu công tơ sẽ đúng nếu đồ thị véc tơ phù hợp với một trong các sơ đồ hình 4.1-1, hình 4.2-6, hình 4.3-11 hoặc hình 4.4-16. Nếu không phù hợp, trên cơ sở phân tích mạch, dựa vào đồ thị véc tơ nhận được và đối chiếu với những đồ thị véc tơ trên các hình từ 4.1 đến 4.8 để tìm ra chỗ sai sót rồi khôi phục lại mạch cho đúng.

4.3.2. Dùng hộp bộ đo lường VAF – 85M hoặc 4303

Đây là phương tiện đo chuyên dụng để lấy đồ thị véc tơ trực tiếp trên công tơ đang vận hành mà không cần ngắt mạch điện. Thao tác đơn giản và nhanh.

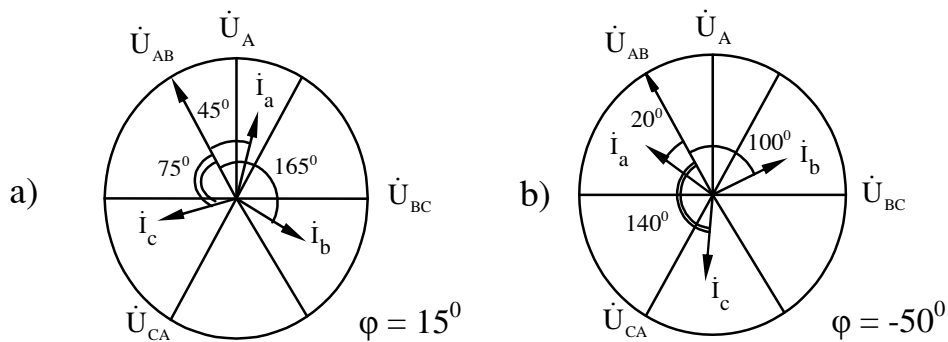
Nếu sử dụng VAF85, trước hết phải xác định điểm gốc O của trục toạ độ lấy đồ thị véc tơ bằng cách đưa cùng một điện áp, có cùng cực tính, rồi điều chỉnh và đặt điểm O ở đĩa chia độ ứng với vị trí O của kim chỉ thị.

Tiếp đến phải xác định thứ tự pha của điện áp đưa vào công tơ, rồi sau đó dùng kim đo dòng đi kèm để xác định vị trí của véc tơ dòng điện của từng phần tử đo tương ứng với véc tơ điện áp U_{AB} .

Căn cứ theo số chỉ và miền đặc tính L, C ta xây dựng được đồ thị véc tơ.

Ví dụ 1: Hình 4.15a là đồ thị véc tơ cho pha A và pha B tải mang tính chất cảm, pha C tải mang tính dung, dòng điện các pha đo được $I_a\{5(A);45^0\}$, $I_b\{4(A);165^0\}$, $I_c\{5(A);75^0\}$

Ví dụ 2: Hình 4.15b là đồ thị véc tơ cho pha A và pha c tải mang tính chất dung, pha B tải mang tính cảm, dòng điện các pha đo được $I_a\{5(A);20^0\}$, $I_b\{4(A);100^0\}$, $I_c\{5(A);140^0\}$



Hình 4.15. Xây dựng đồ thị véc tơ dùng hộp bộ đo lường VAF-85M

4.4. Các trường hợp đặc biệt

Như chúng ta đã đề cập ở trên, nếu sơ đồ mạch đo lường sai sẽ dẫn đến hậu quả là mô men của công tơ sẽ âm và đĩa công tơ sẽ quay ngược chiều qui định.

Ở đây chúng ta xét đến trường hợp rất ít khi xảy ra nhưng có trong thực tế đó là sơ đồ mạch đúng nhưng đĩa công tơ vẫn quay ngược chiều qui định.

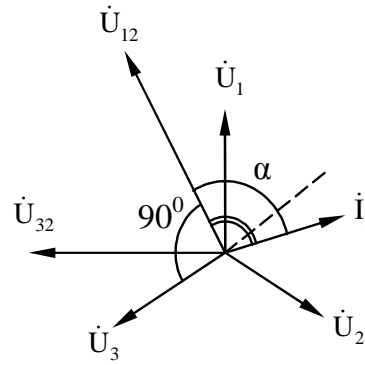
Đối với công tơ ba pha đo điện năng tác dụng, hướng quay của đĩa công tơ đúng hướng qui định bởi thành phần góc lệch pha ($\cos\varphi$) ở các phụ tải.

Trong giới hạn thay đổi góc lệch pha từ 90^0 đến -90^0 $\cos\varphi$ sẽ dương, chiều quay của đĩa công tơ đúng hướng qui định và không thay đổi hướng cho dù có sự thay đổi đặc tính của tải từ hoàn toàn mang tính điện cảm sang hoàn toàn mang tính điện dung.

Giá trị âm của $\cos\varphi$, tức là khi $\varphi > \pm 90^0$ tương ứng với sự chuyển đổi hướng truyền điện năng. Dù vậy đối với công tơ ba pha đo điện năng tác dụng, trường hợp đĩa công tơ quay ngược chỉ có khi có sự chuyển đổi hướng truyền tải điện năng. Đối với các hộ sử dụng điện không có nguồn phát phụ, trường hợp này được loại trừ.

Sự thay đổi hướng truyền tải điện năng vẫn có ở những hệ thống mạng lưới truyền tải điện thì được liên kết bởi nhiều nguồn cấp điện. Khi có sự thay đổi nguồn cấp điện năng hoặc khi có sự cố dẫn đến trường hợp phải đổi nguồn cấp điện ở những hệ thống mạng kiểu liên kết này (ví dụ ở điểm đầu nguồn ranh giới giữa các miền, giữa các sở điện lực hoặc giữa các chi nhánh), người ta đều dự phòng việc cấp điện theo hai hướng để phục vụ cho việc đo đếm chính xác. Ở đó phải lắp đặt hai công tơ có bộ phận chống quay ngược để đo đếm được riêng rẽ lượng điện năng được cấp từ mỗi hướng (mỗi công tơ chỉ ghi nhận cho một hướng, khi thay hướng khác, 1 công tơ sẽ ghi nhận, còn 1 công tơ bị quay ngược, nhờ có bộ phận chống quay ngược nên đĩa không quay, và khi đổi hướng sẽ quay lại).

Đối với các công tơ đo đếm điện năng ở mạng điện 3 pha 3 dây, hiện tượng đĩa công tơ quay ngược khi hướng truyền tải điện năng vẫn đúng, chỉ có thể xảy ra trong trường hợp $\cos\varphi$ ở phụ tải nhỏ hơn 0,5, khi đó có khả năng đứt mạch điện áp vượt pha U_{BC} (theo thứ tự A, B, C), ví dụ cháy cầu chì của B_U hoặc tải chỉ có ở pha điện áp U_{AB} và $\cos\varphi$ lại nhỏ hơn 0,5 (khả năng quá tải).



Hình 4.16. Đồ thị véc tơ của trường hợp tải chỉ có ở 1 pha, $\cos\varphi < 0,5$ (đĩa công tơ quay ngược)

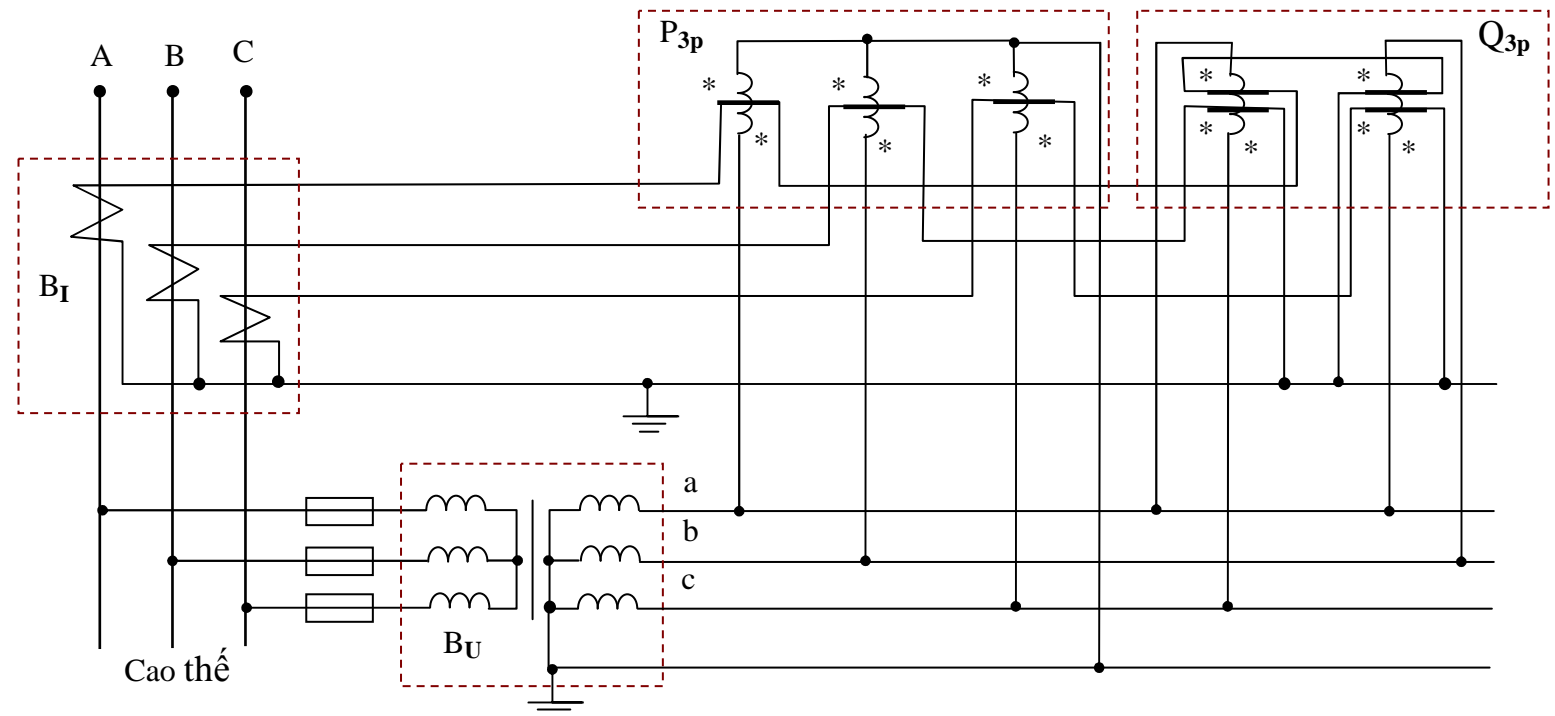
Từ đồ thị véc tơ hình 4.16, ta thấy góc lệch pha α giữa véc tơ điện áp U_{AB} và dòng điện I_A của phần tử đo chậm pha sẽ lớn hơn 90° ; $\cos\varphi$ sẽ bị âm.

- Đối với công tơ đo điện năng tác dụng ở mạch 3 pha 4 dây, trường hợp này được loại trừ.
- Đối với những công tơ đo điện năng phản kháng, hướng quay của đĩa công tơ phụ thuộc vào dấu $\sin\varphi$ của tải vì khi góc lệch pha thay đổi từ 90° đến -90° dấu của $\sin\varphi$ sẽ từ dương (+) sang âm (-), nên khi đặc tính của tải thay đổi từ điện cảm sang điện dung thì hướng quay của đĩa công tơ sẽ thay đổi theo hướng ngược lại.

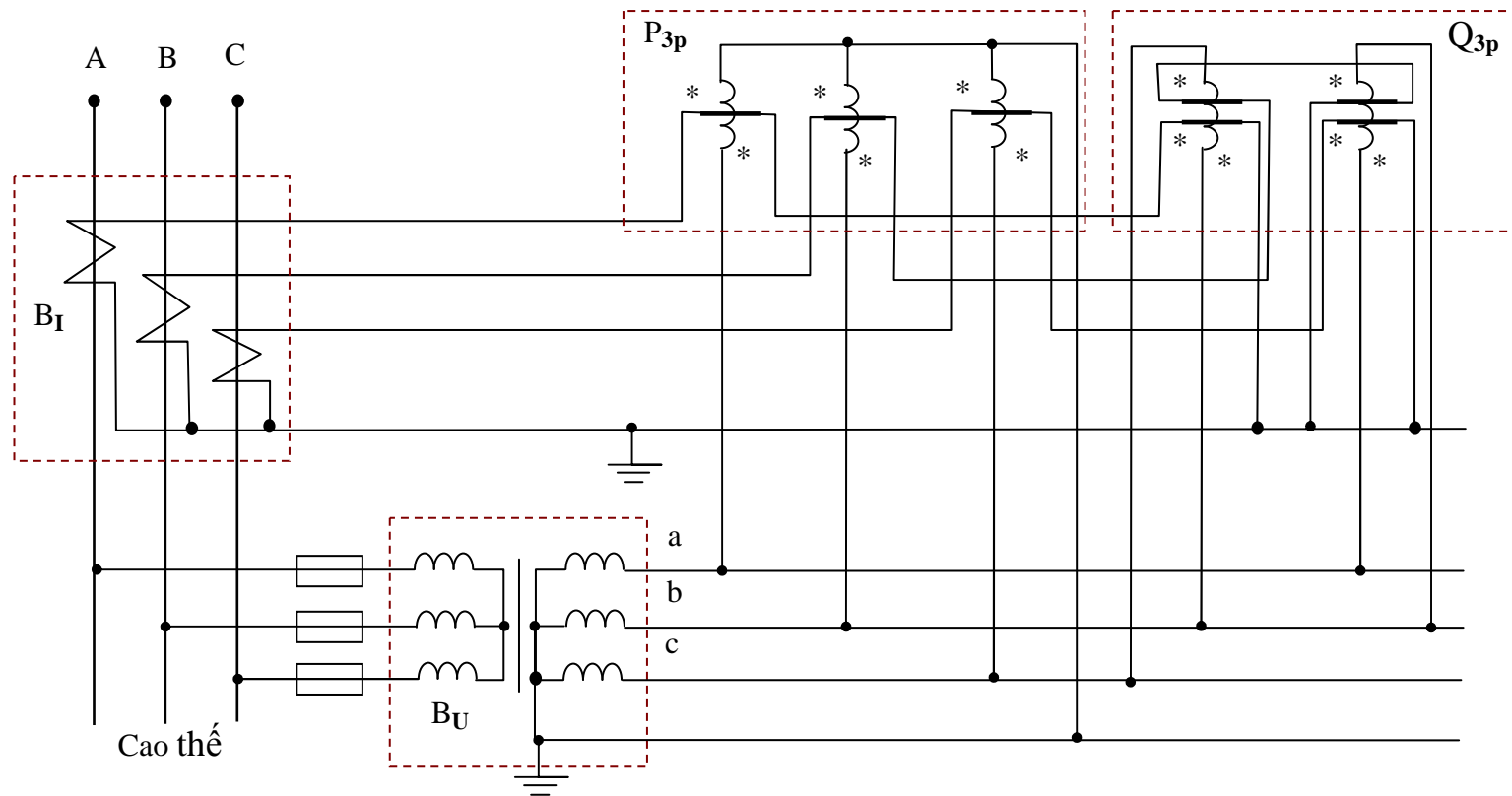
Vì vậy ở những nơi có lắp đặt công tơ đo điện năng phản kháng đặc biệt đối với các hộ tiêu thụ có lắp đặt tụ bù $\cos\varphi$ (những nơi không có mạch tự động bù phải thao tác bằng tay) thì các công tơ đo điện năng phản kháng phải có bộ phận chống quay ngược, bởi lẽ trong thời điểm thấp (đêm khuya) khi không có tải, hệ thống tụ bù điện cảm sẽ vượt qua lượng bù cần thiết nên tải sẽ mang tính điện dung do vậy đĩa công tơ sẽ quay theo hướng ngược chiều.

Khi góc lệch pha thay đổi từ 0 đến 180° , $\sin\varphi$ sẽ dương nên khi thay đổi hướng truyền tải điện năng, ở phụ tải mang tính điện cảm, hướng quay của đĩa công tơ đo điện năng phản kháng vẫn không thay đổi.

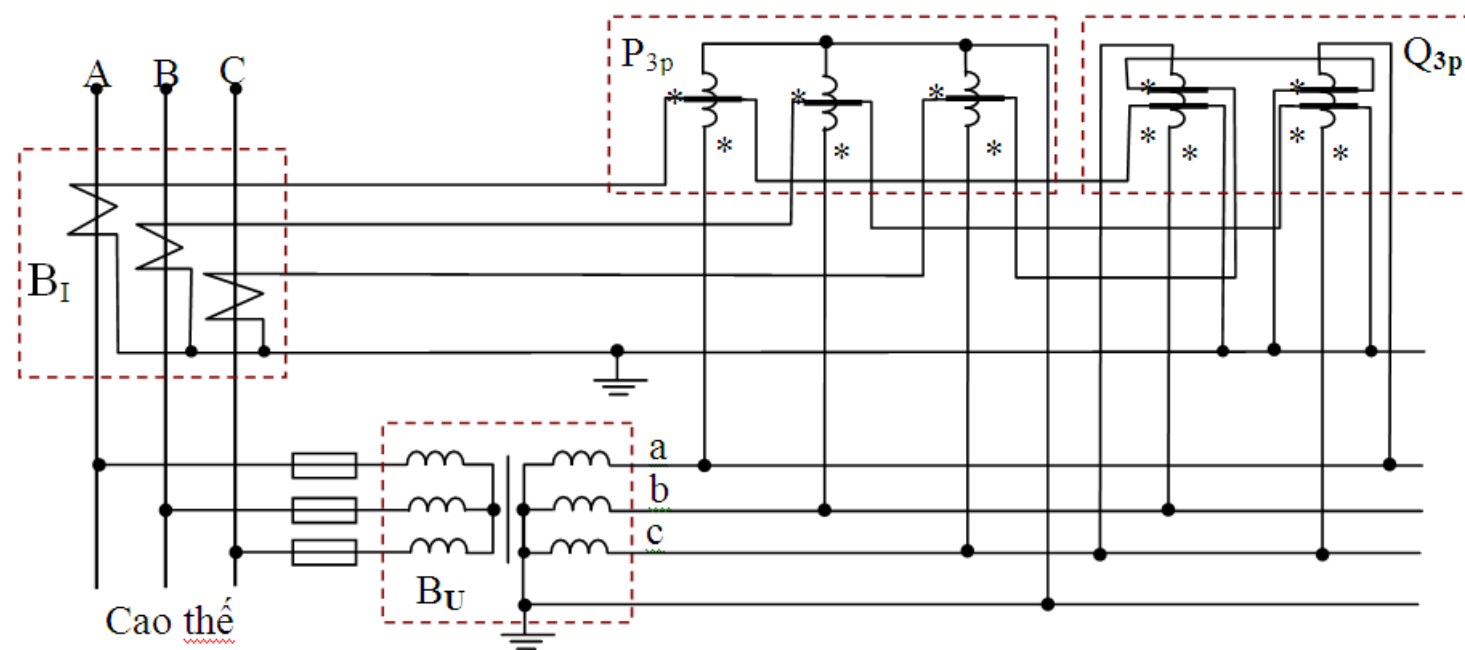
4.5. Các sơ đồ mạch đo lường Y đủ được sử dụng phổ biến



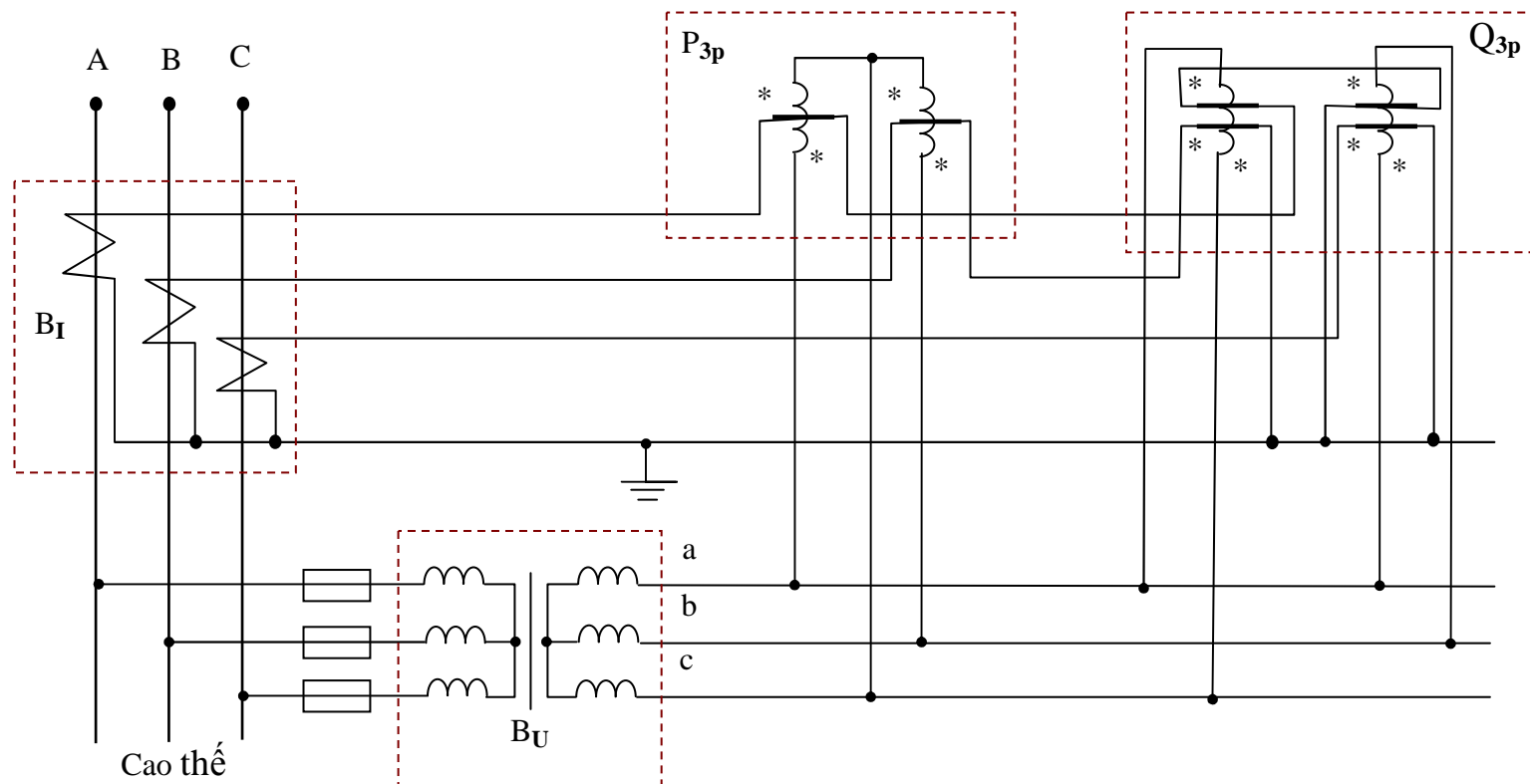
Hình 4.17. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha A



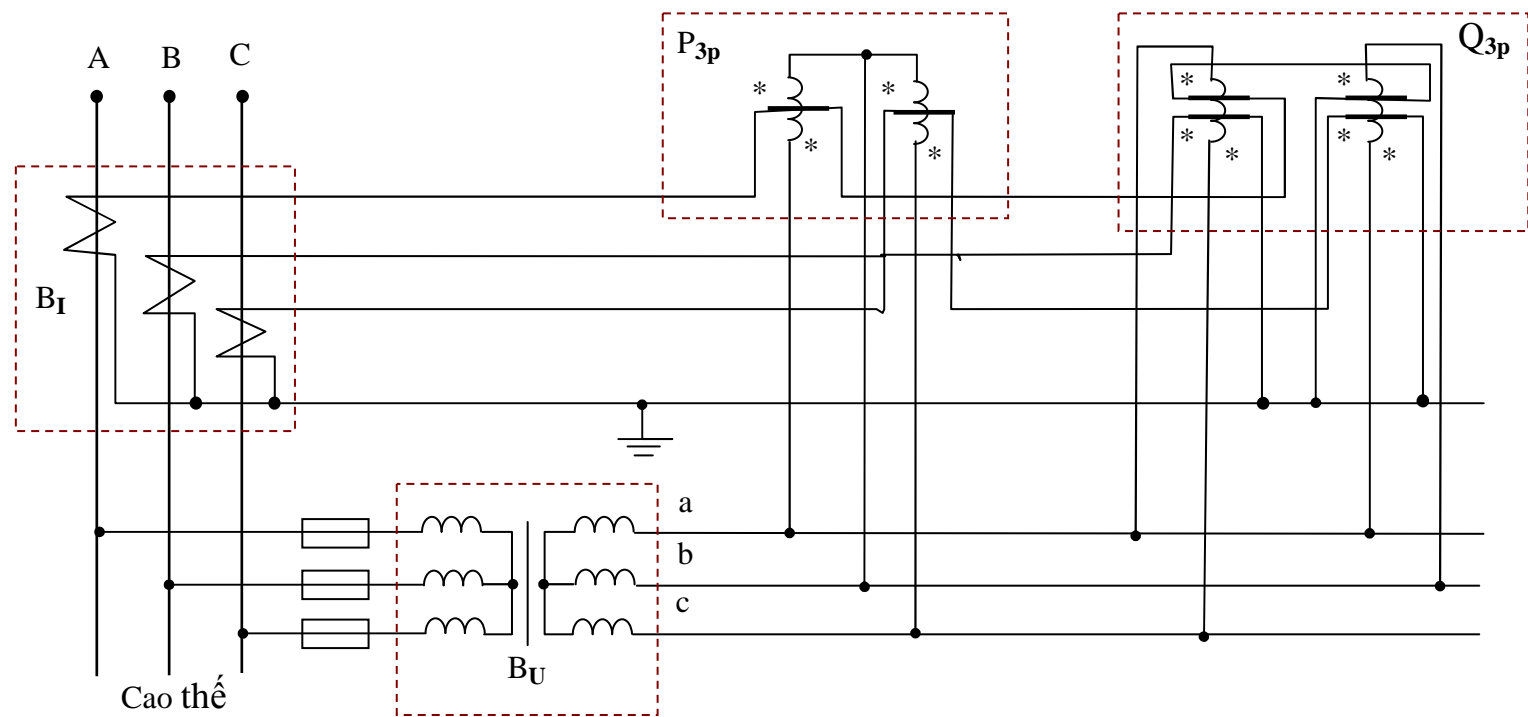
Hình 4.18. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha B



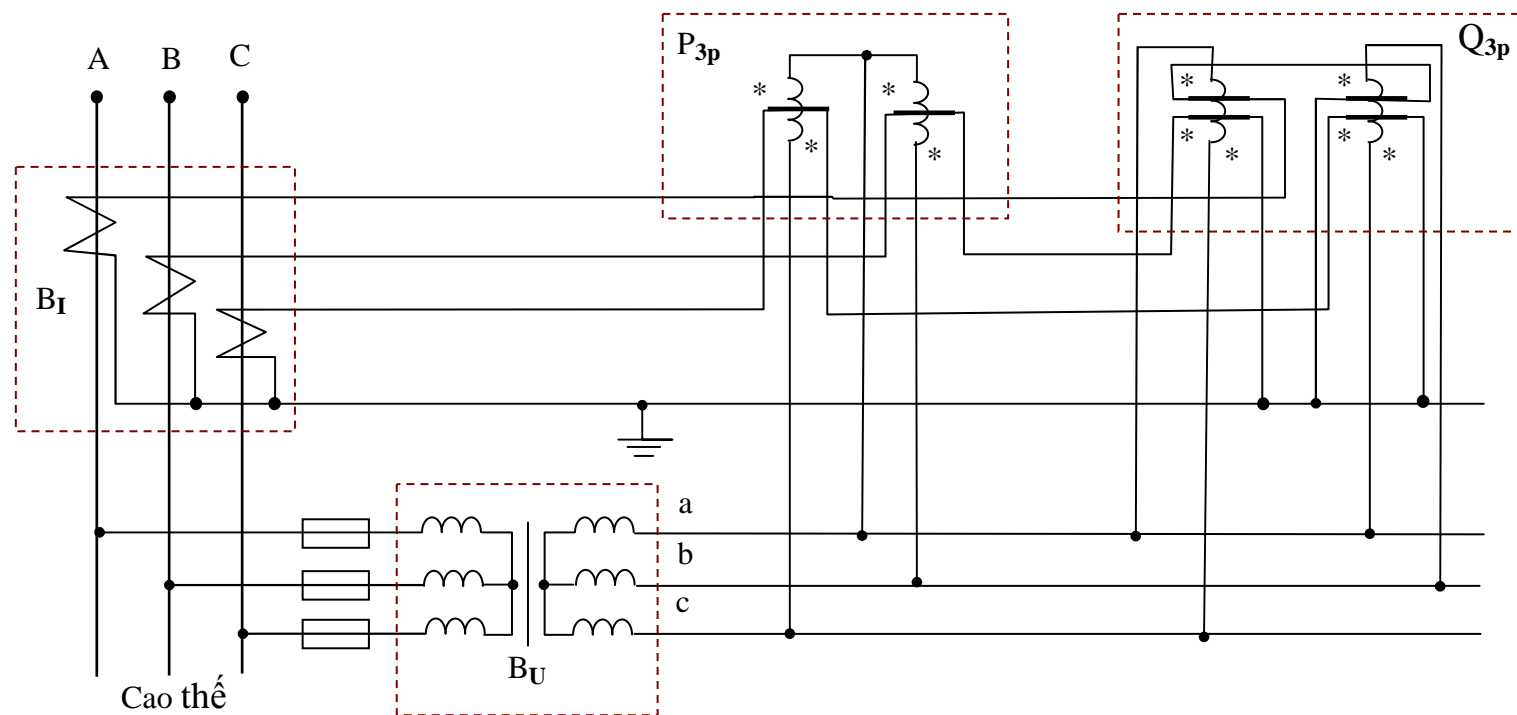
Hình 4.19. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha C



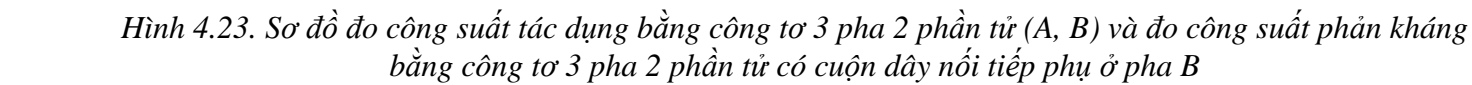
Hình 4.20. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, B) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha A

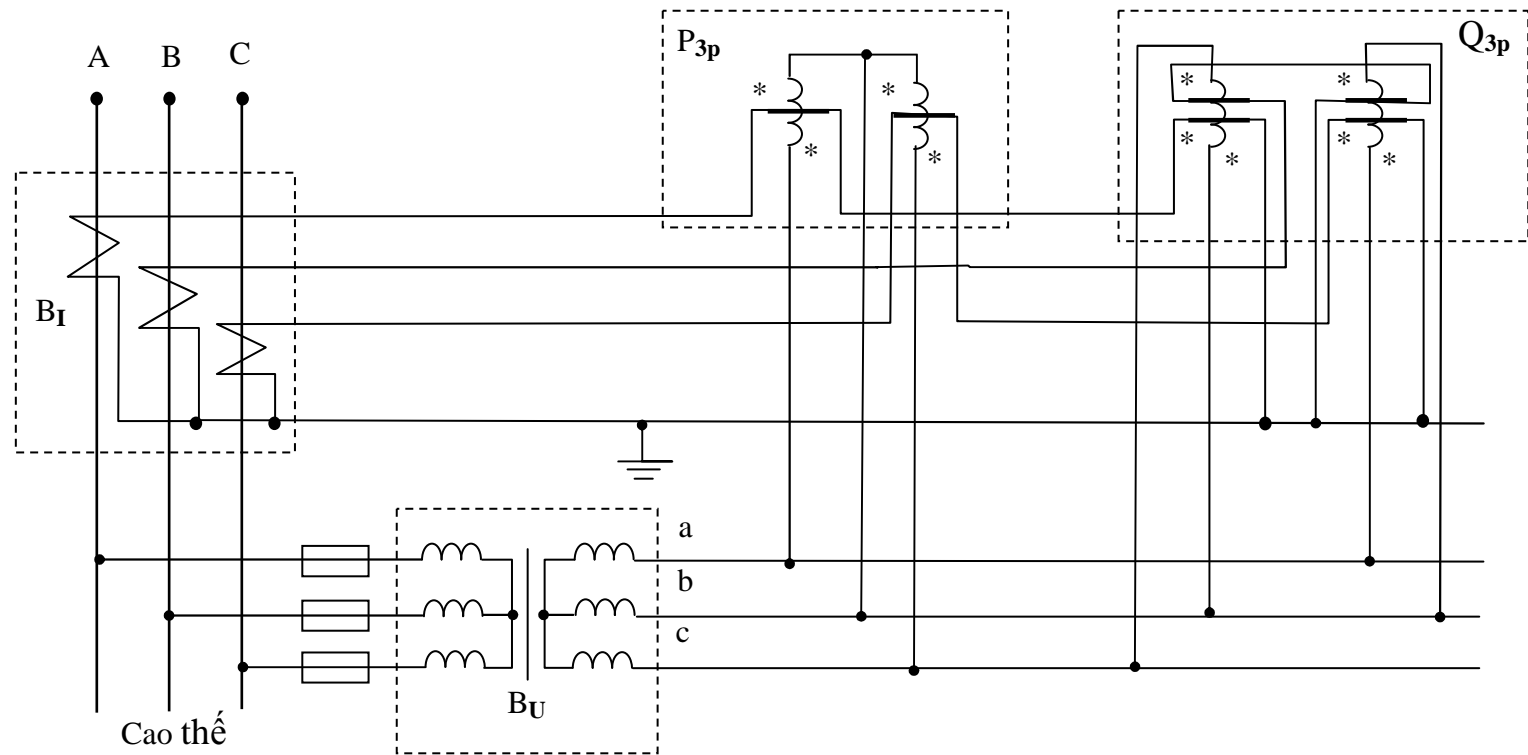


Hình 4.21. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha A

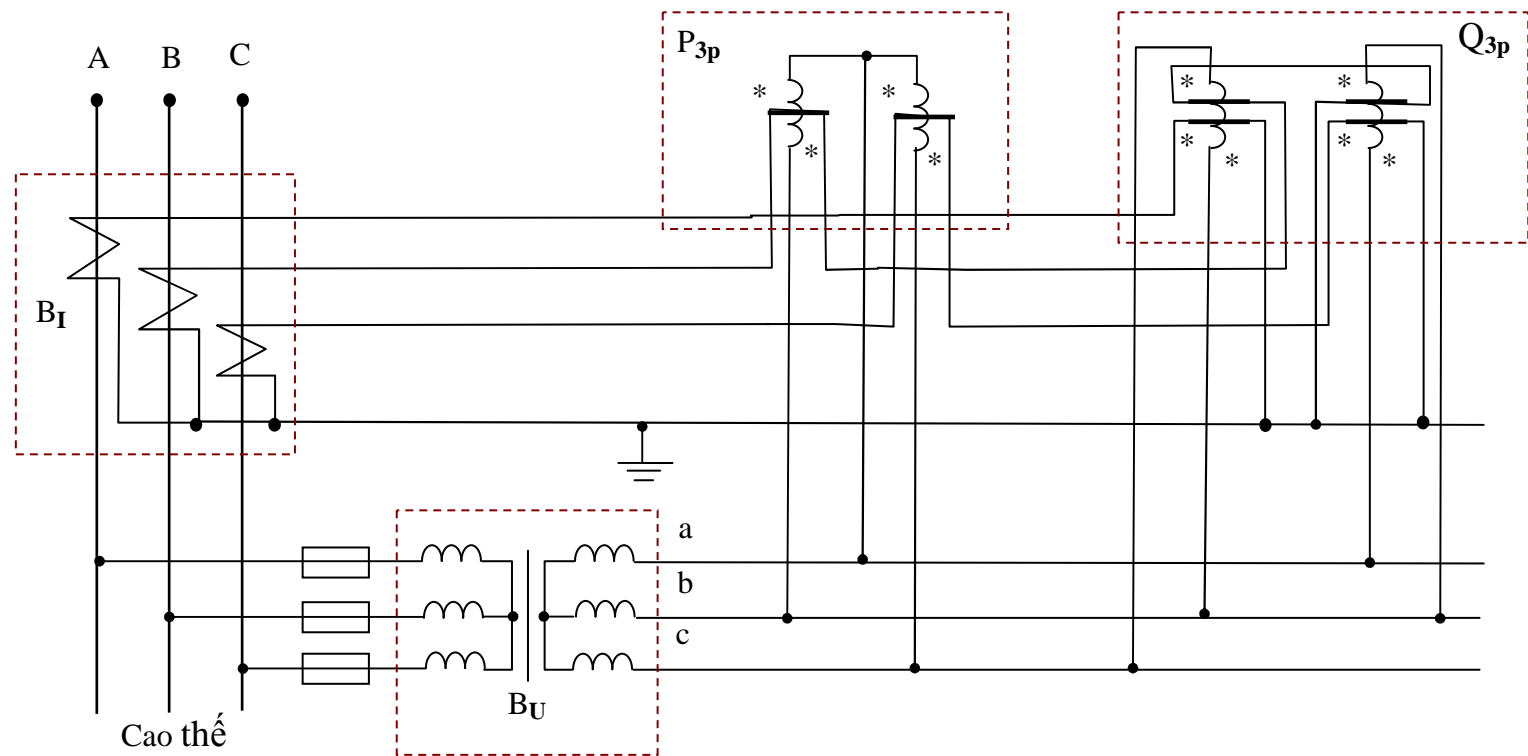


Hình 4.22. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B, C)
và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử
có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha A

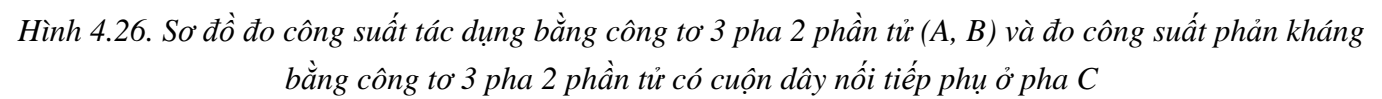


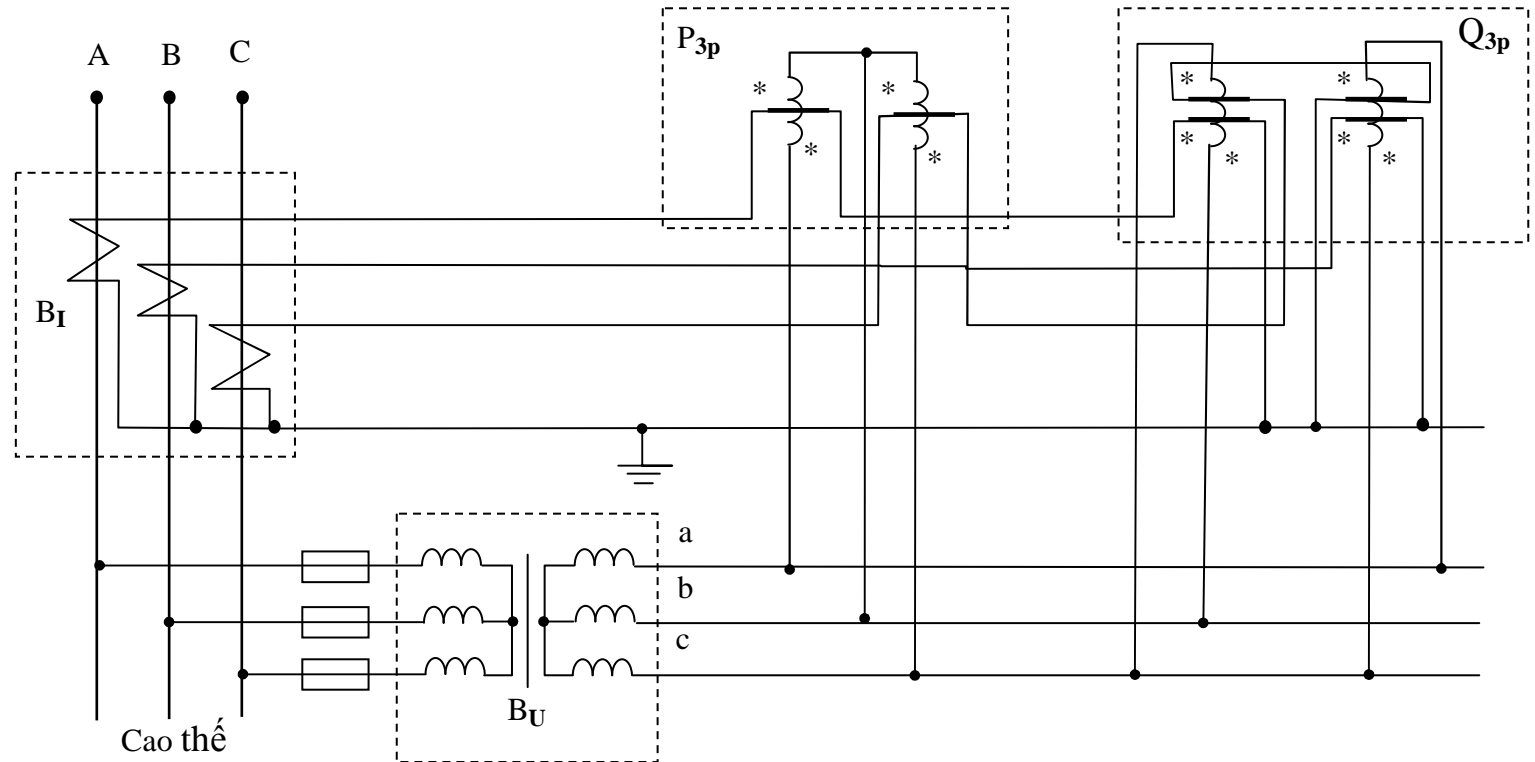


Hình 4.24. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha B

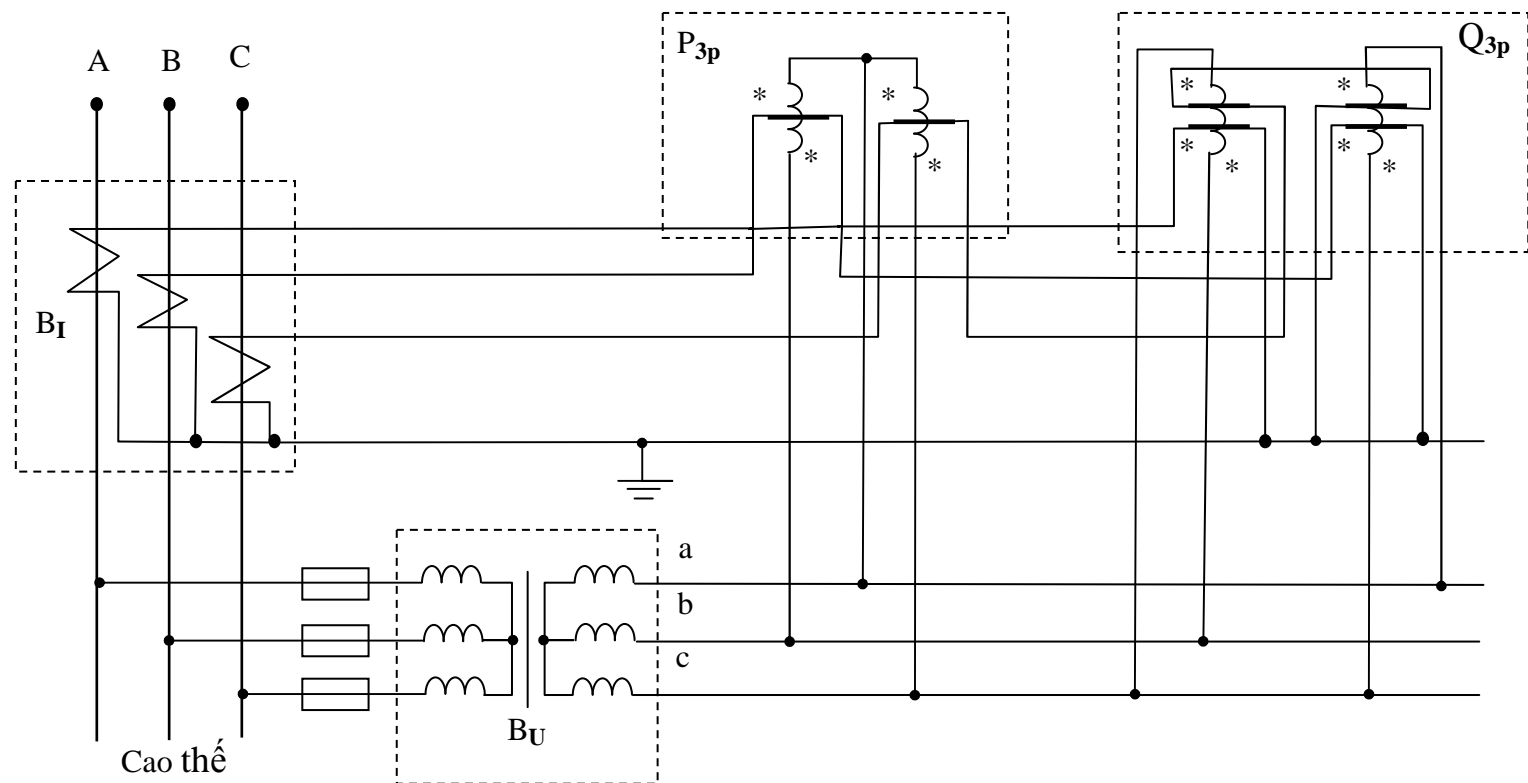


Hình 4.25. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha B

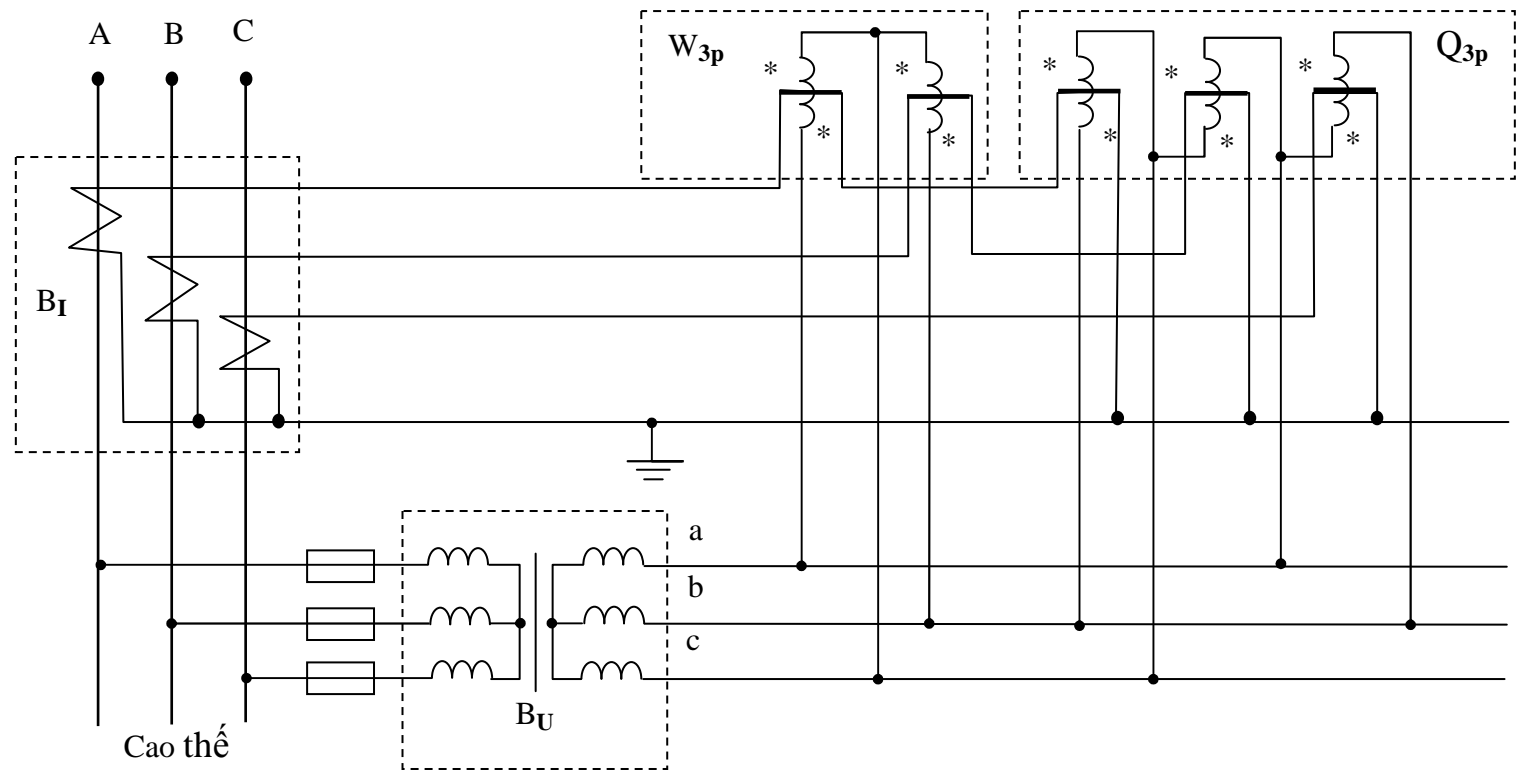




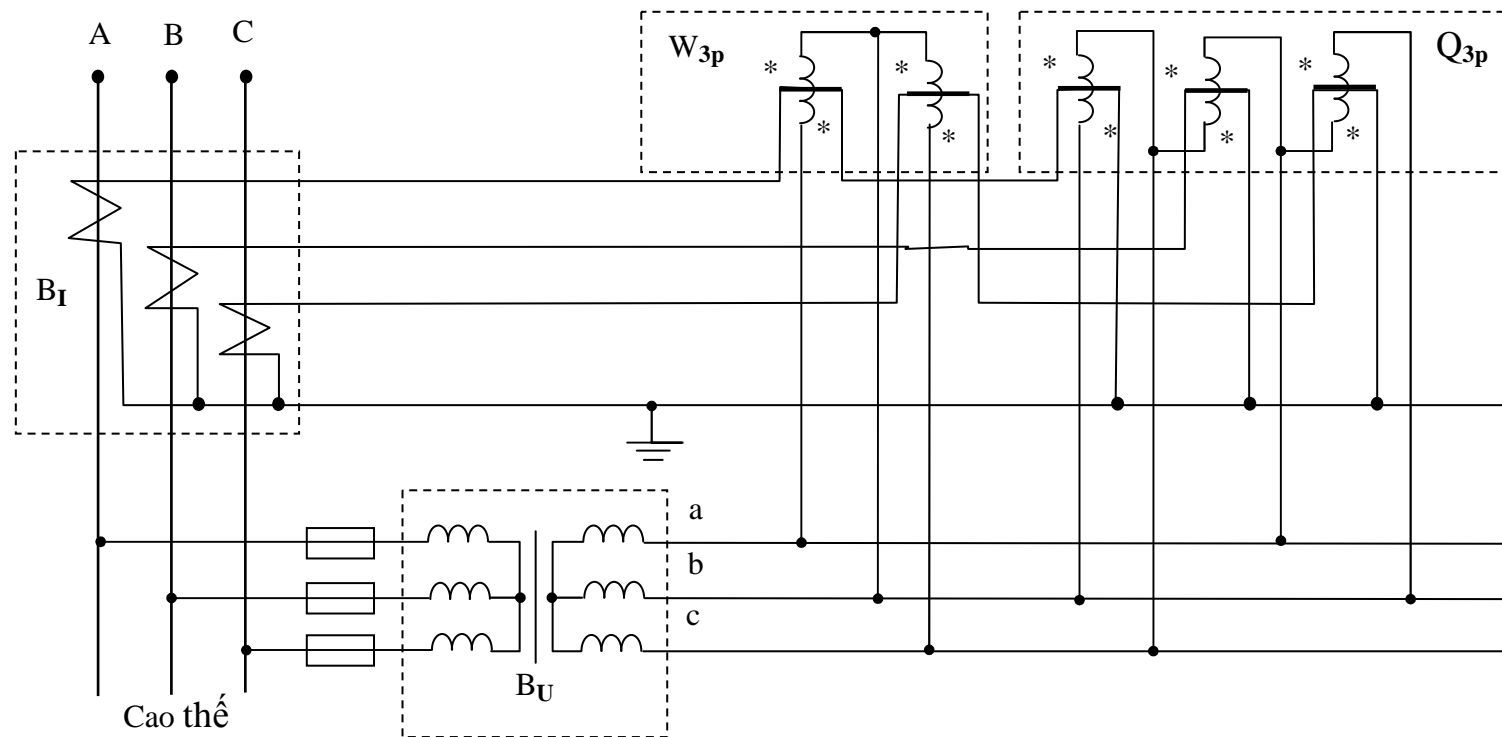
Hình 4.27. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha C



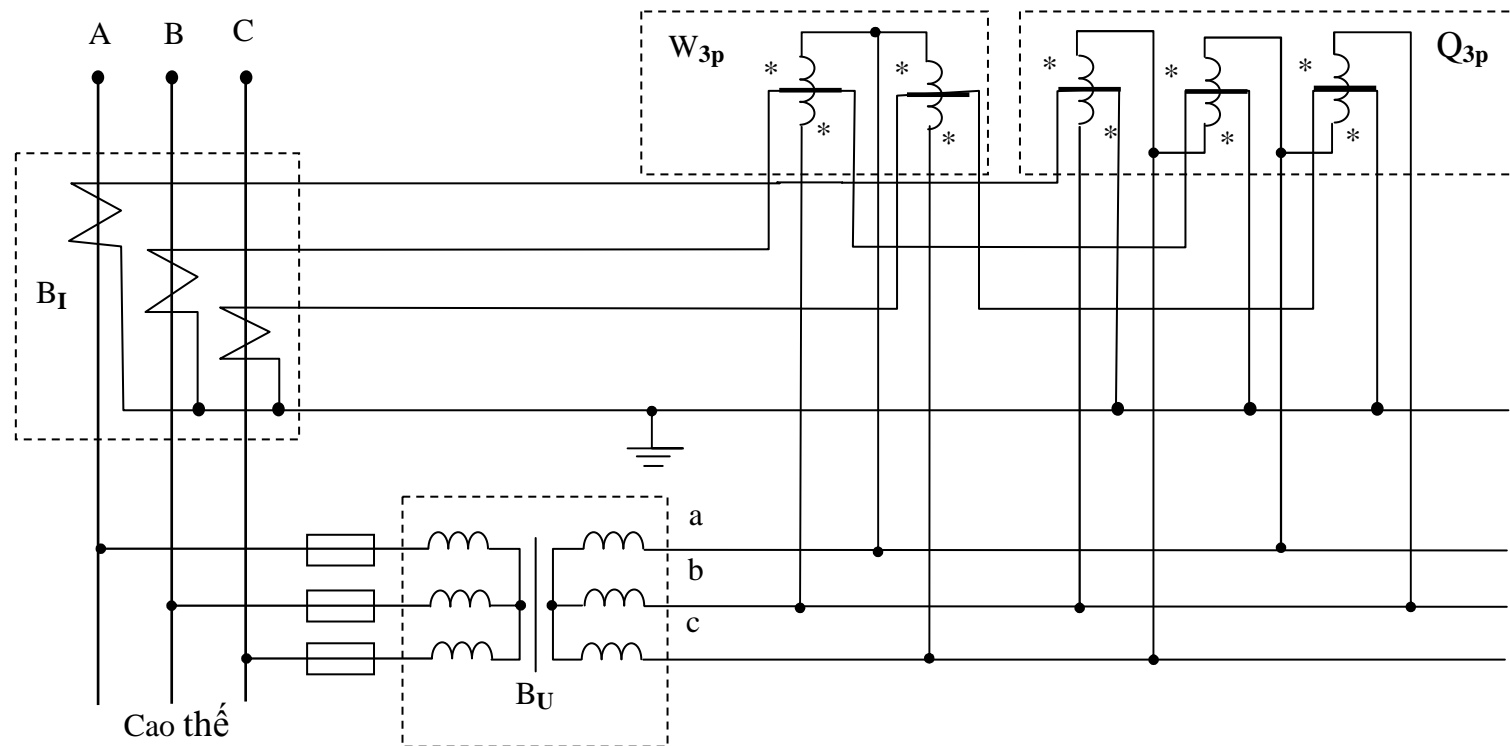
Hình 4.28. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B , C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có cuộn dây nối tiếp phụ ở pha C



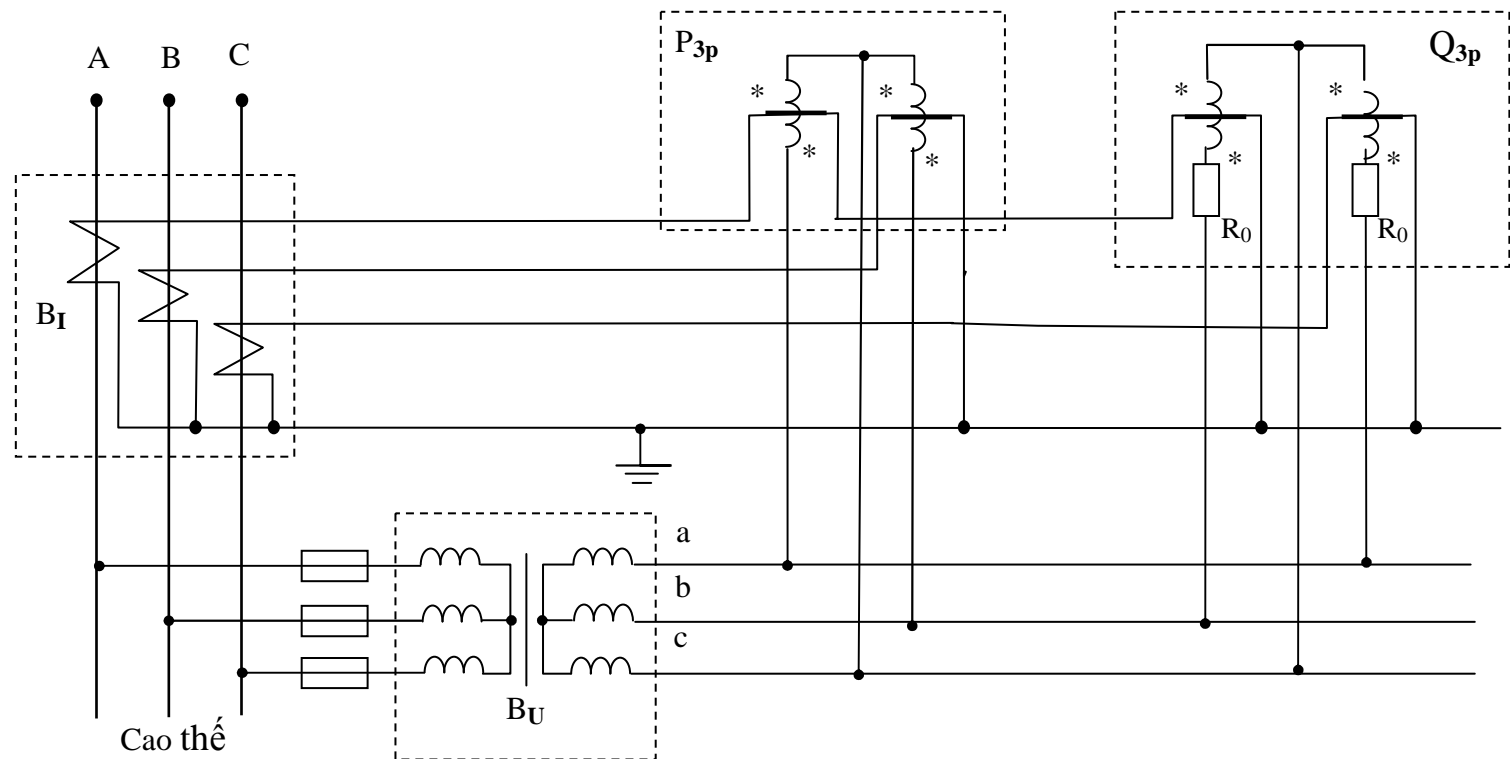
Hình 4.29. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, B) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử



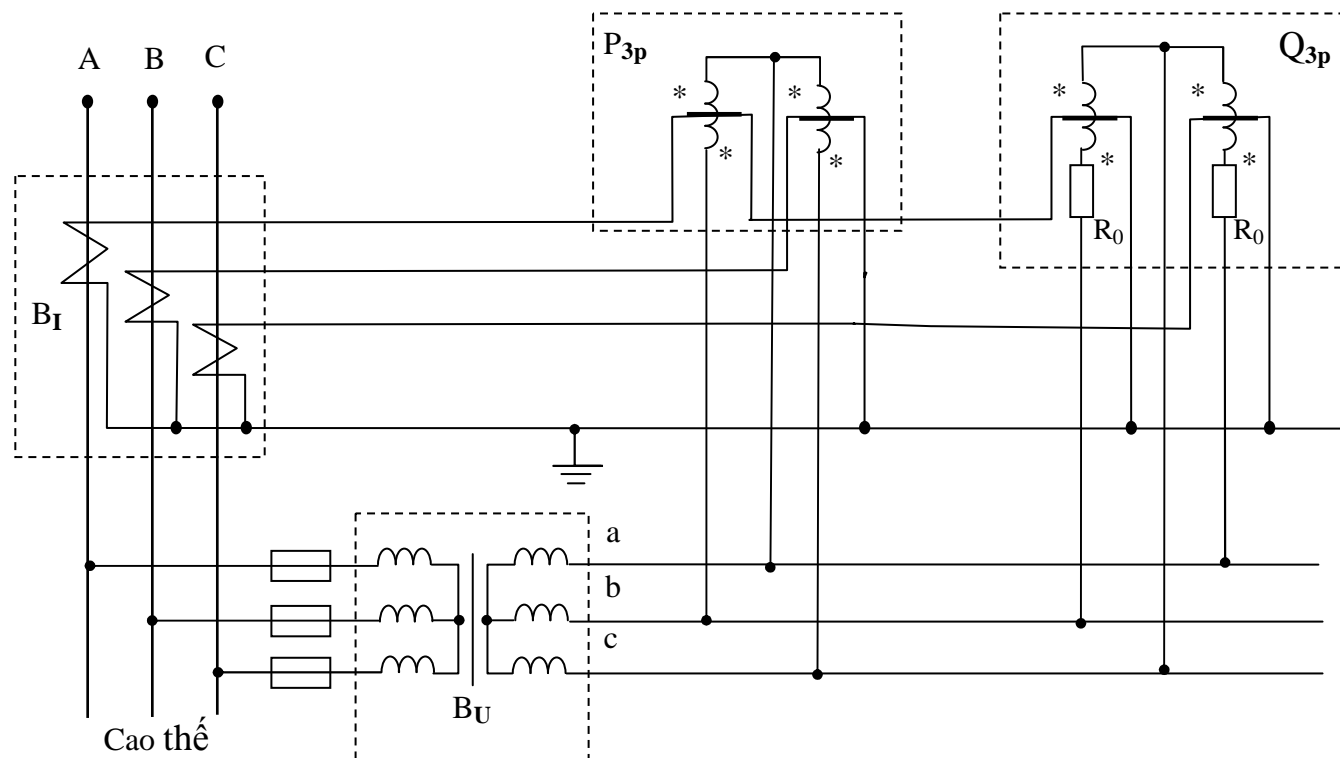
Hình 4.30. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử



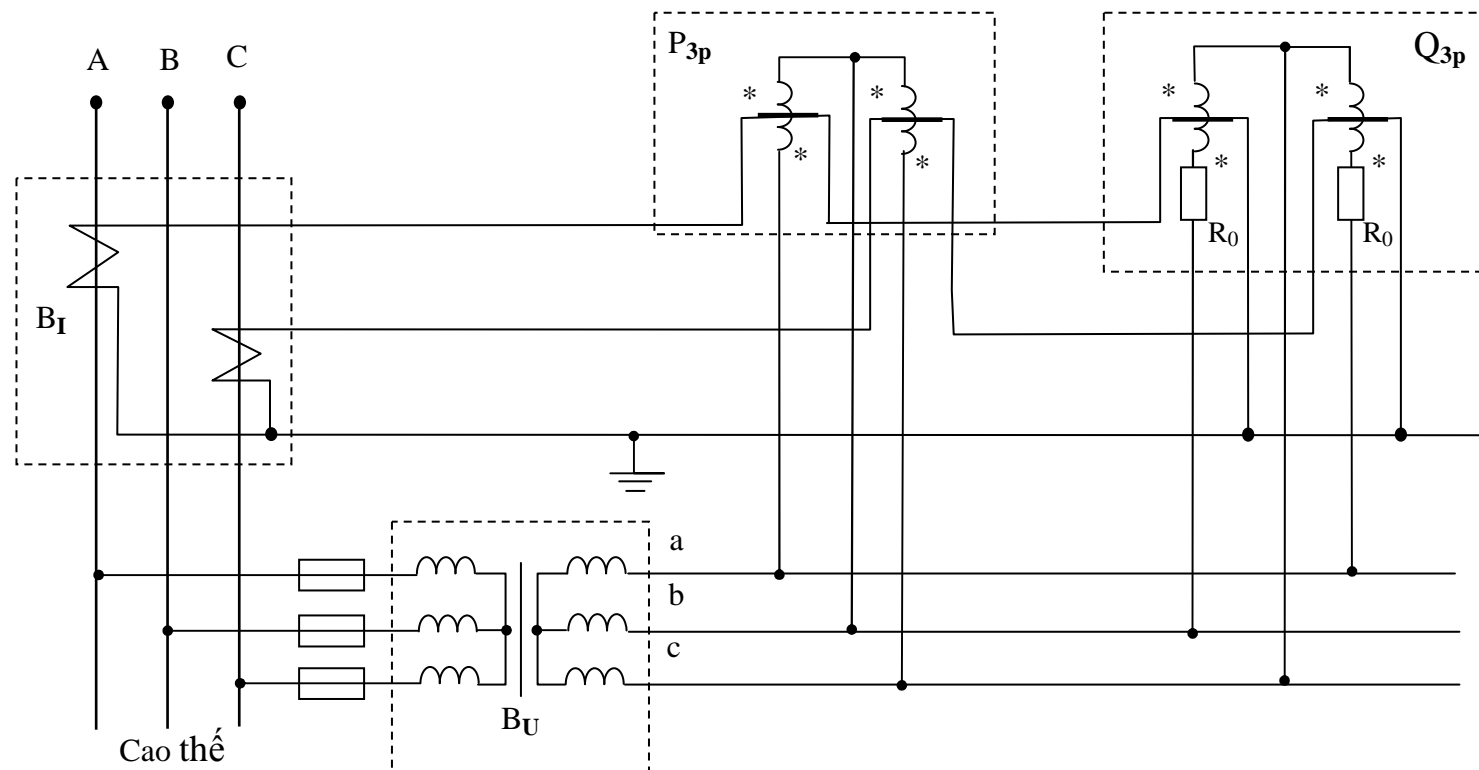
Hình 4.31. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử



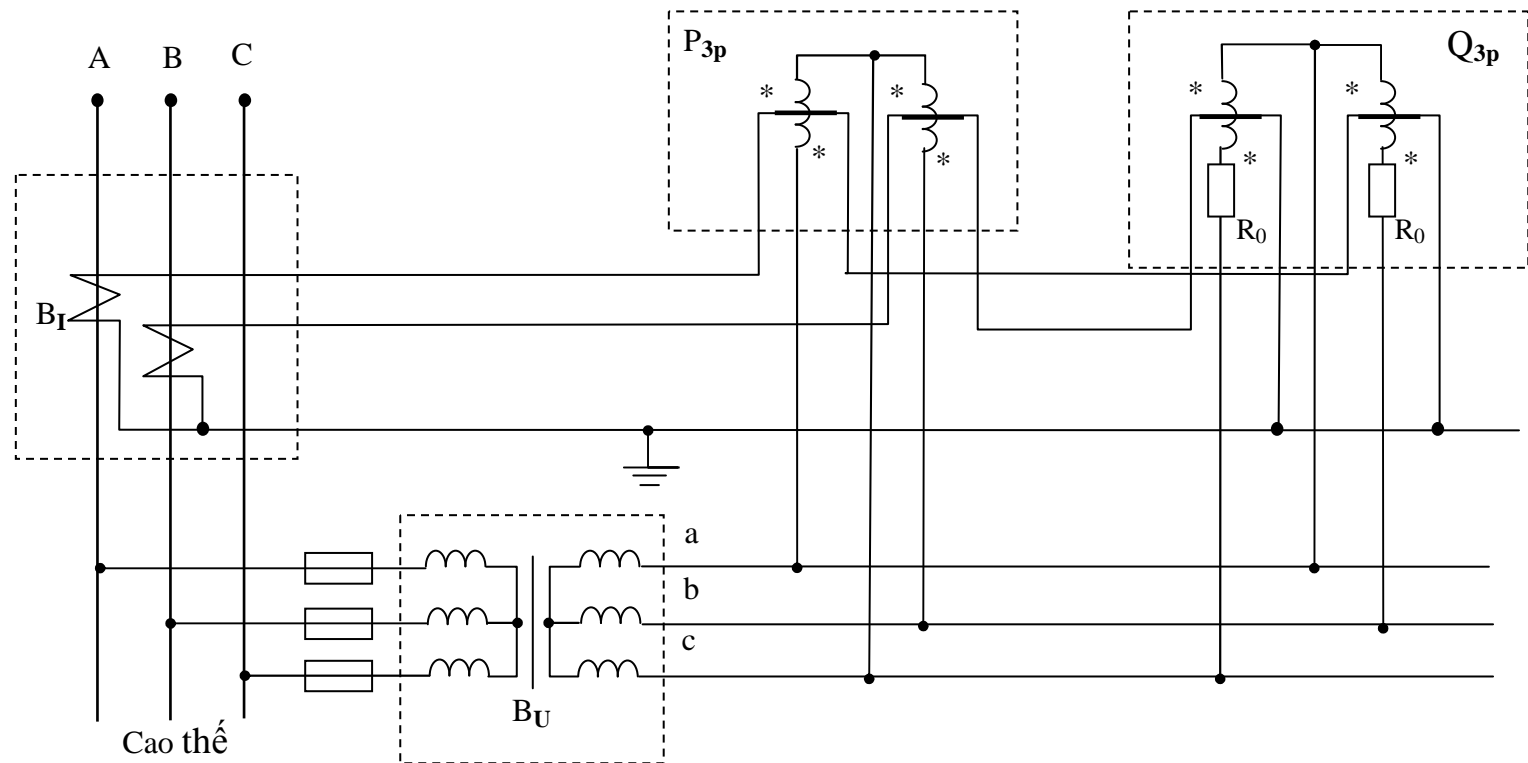
Hình 4.32. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, B) và đo công suất phản kháng 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng A, C)



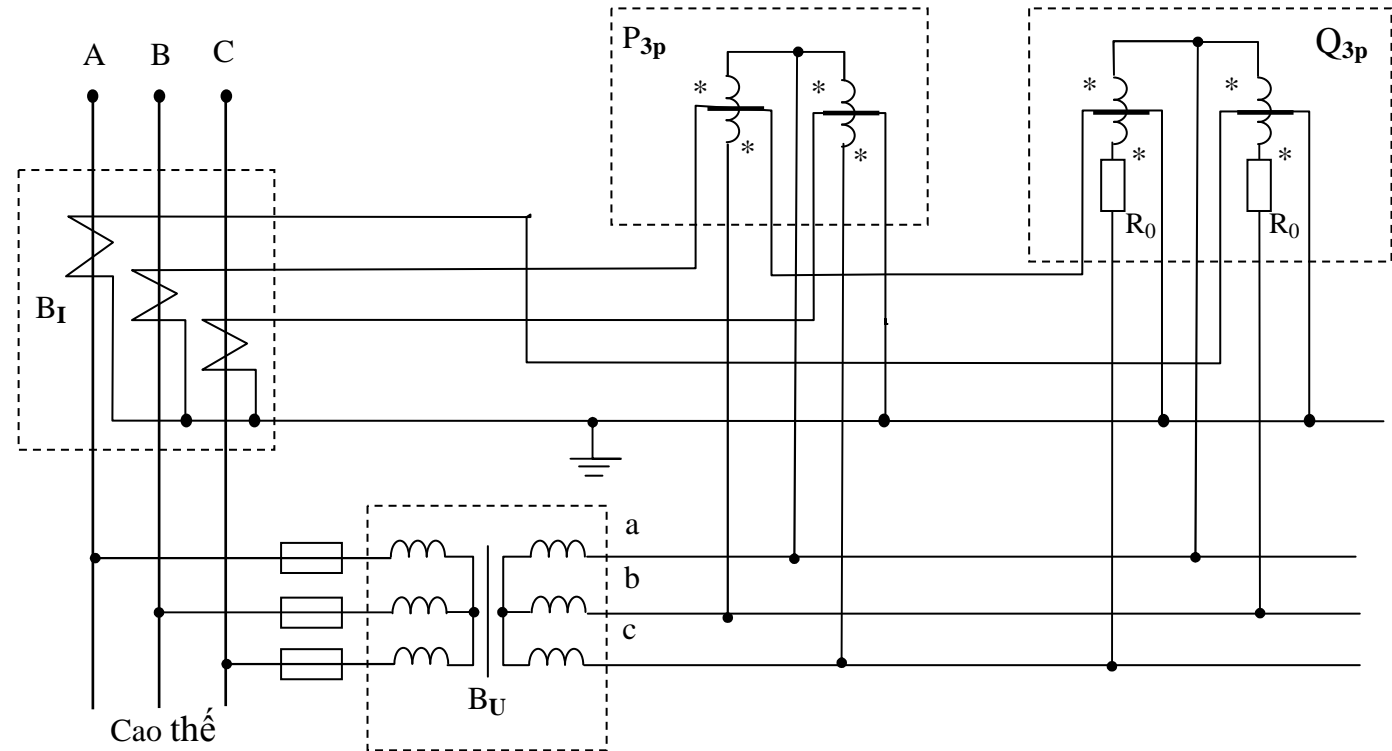
Hình 4.33. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng A, C)



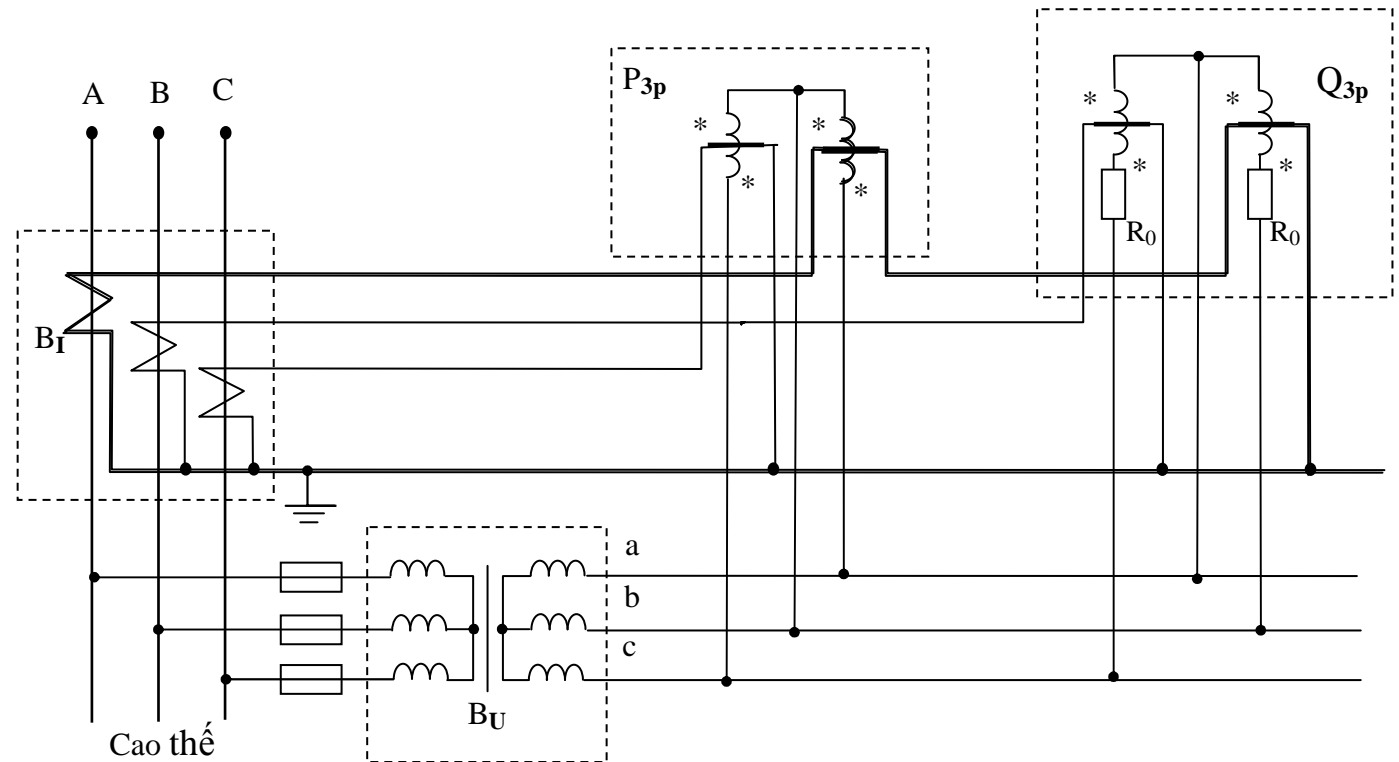
Hình 4.34. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng A, C)



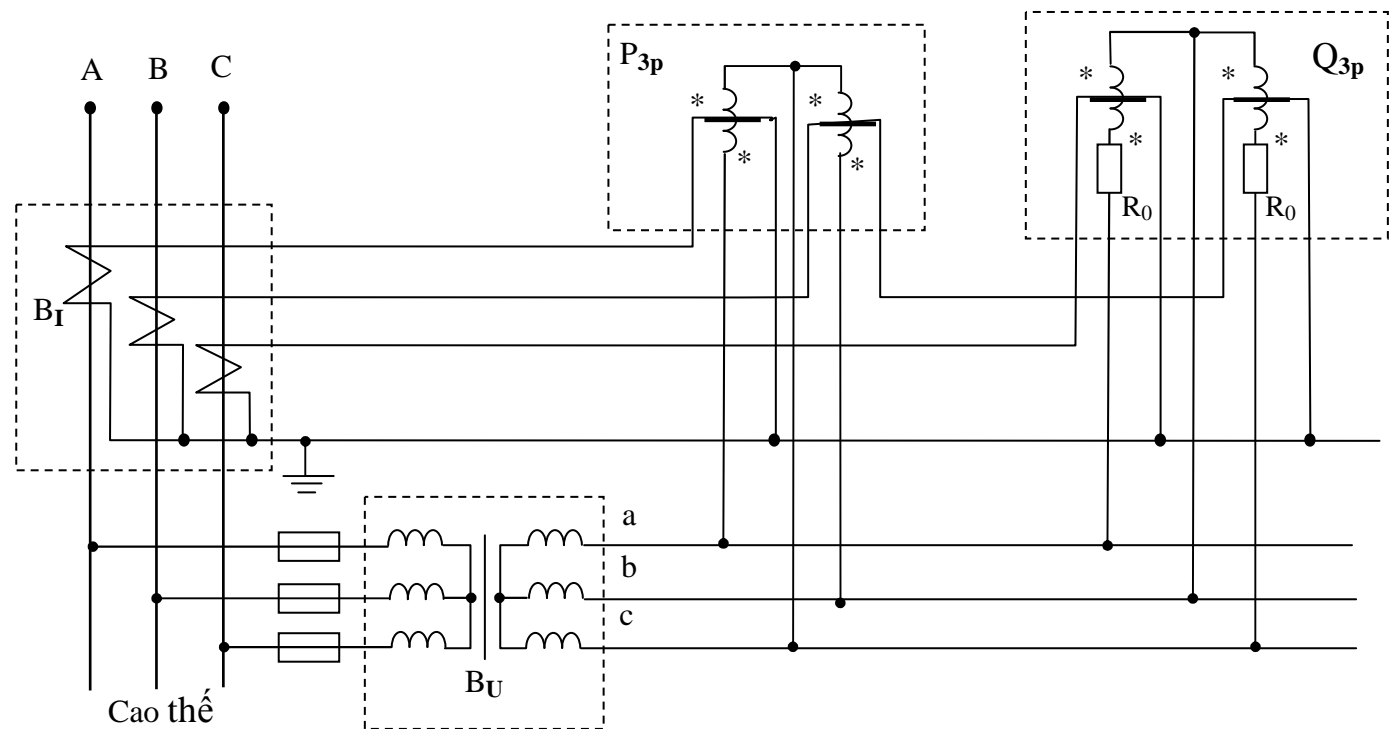
Hình 4.35. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, B) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng B, A)



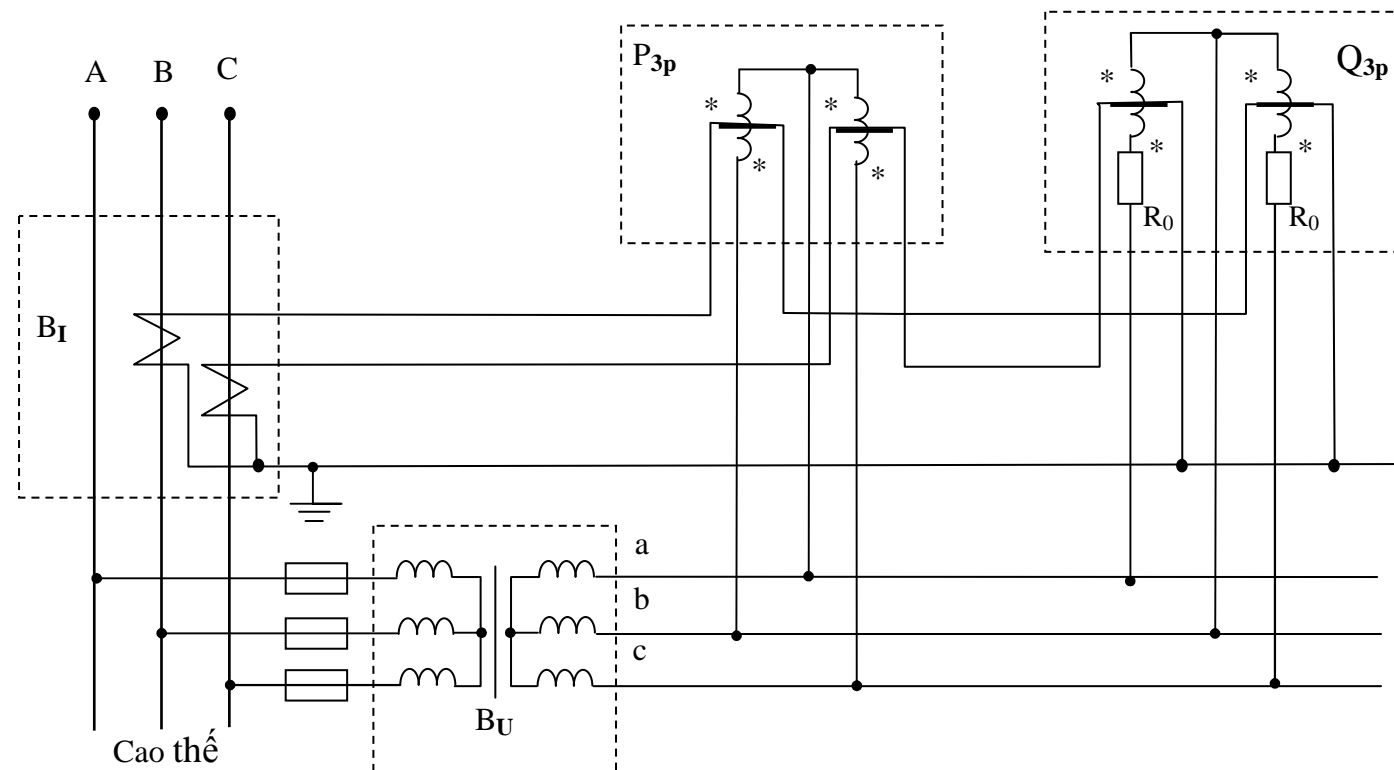
Hình 4.36. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng B, A)



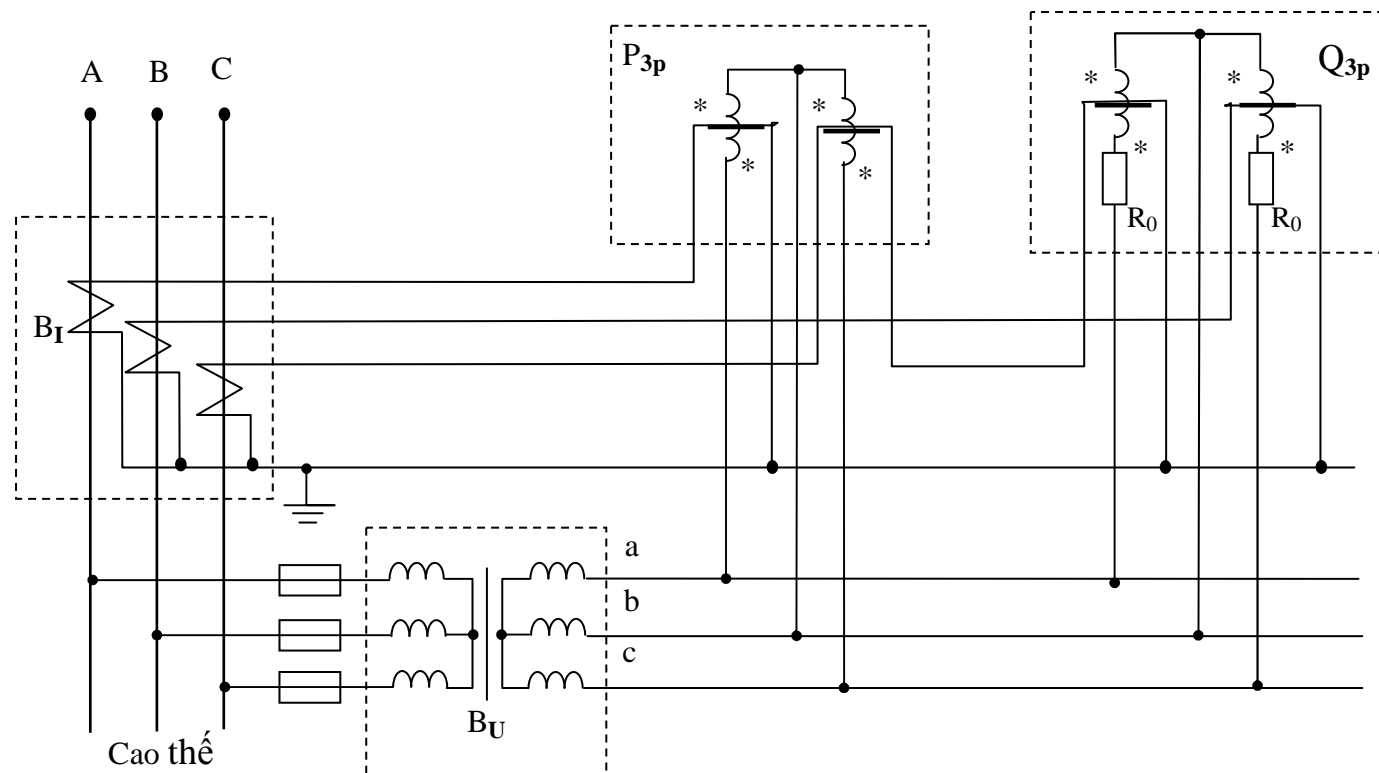
Hình 4.37. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (C, A) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng B, A)



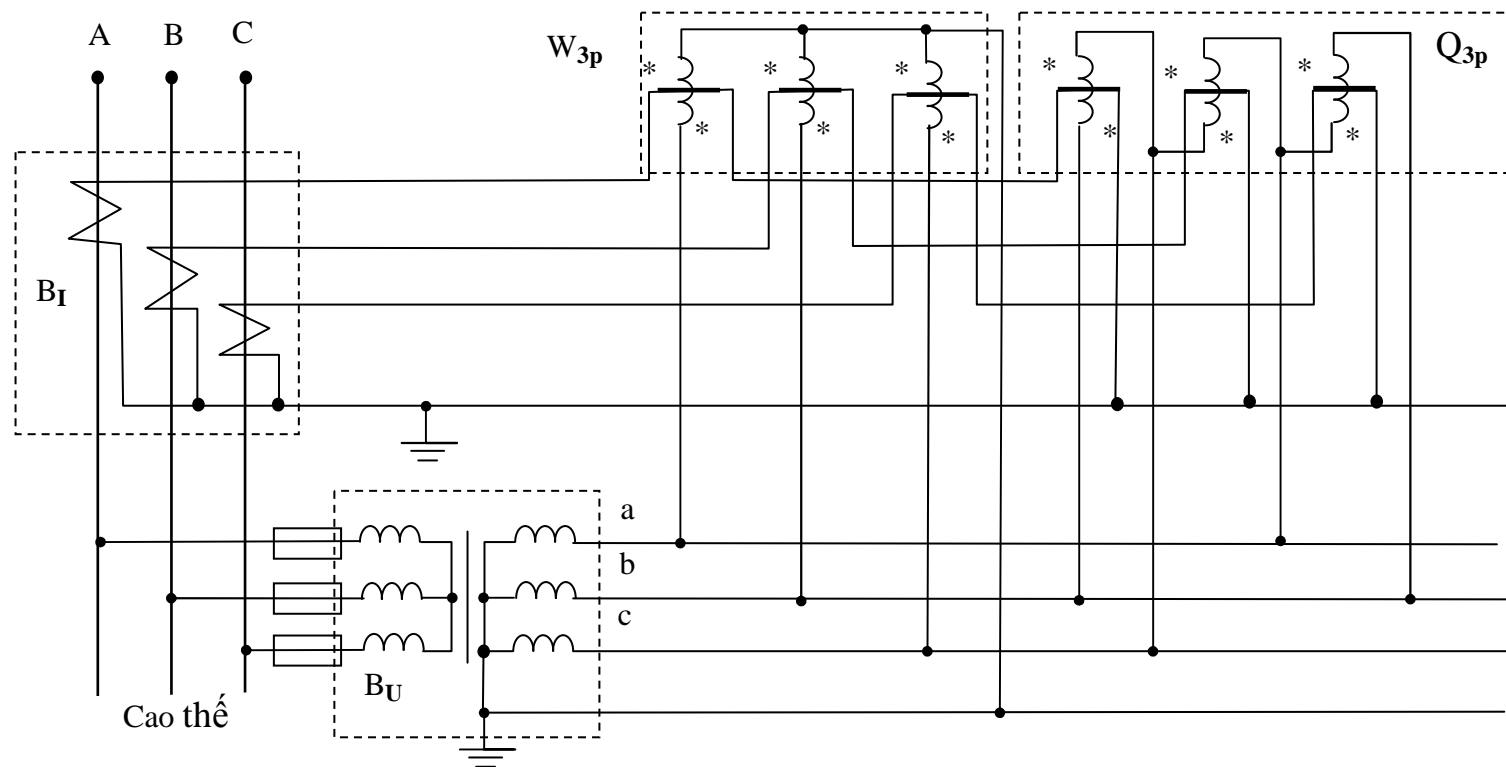
Hình 4.38. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, B) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng C, B)



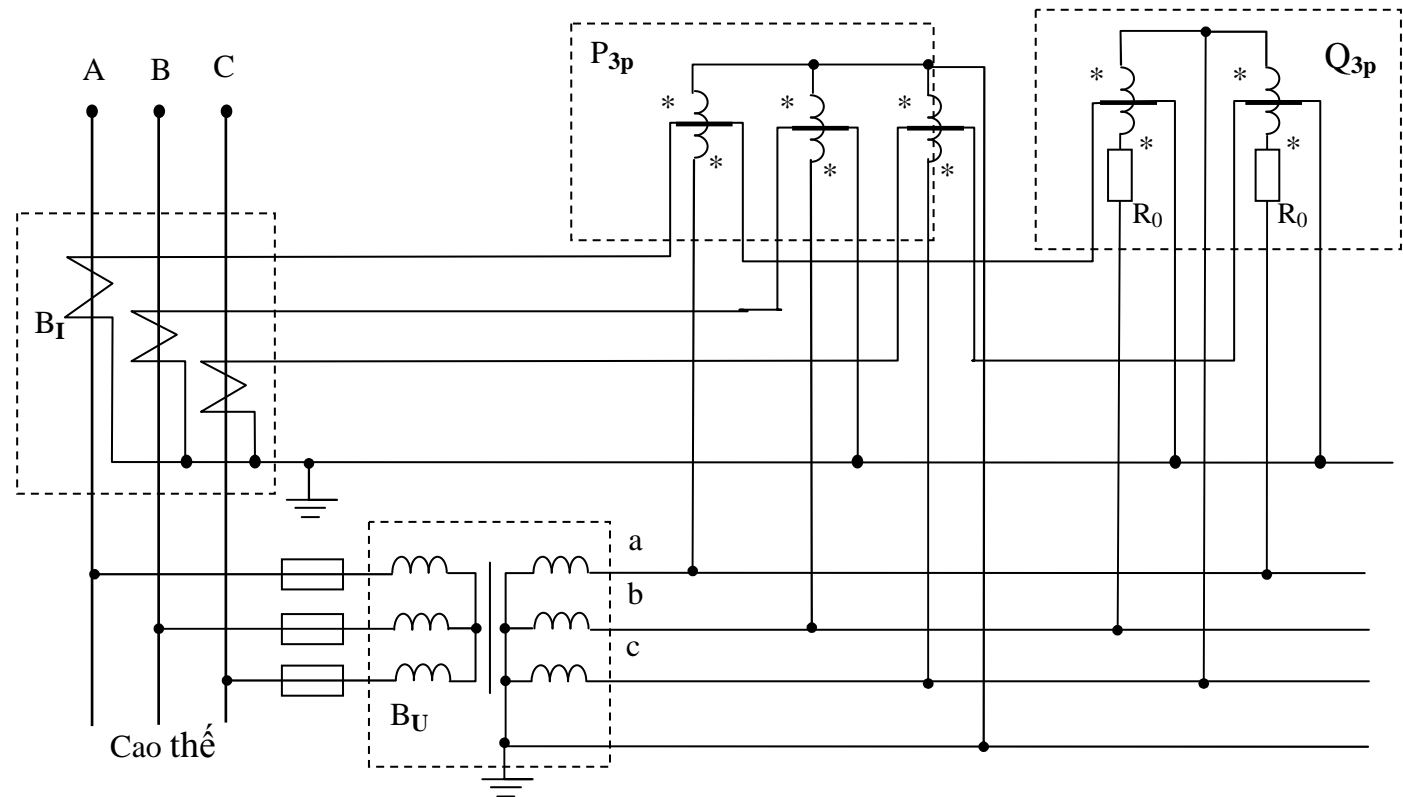
Hình 4.39. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (B, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng C, B)



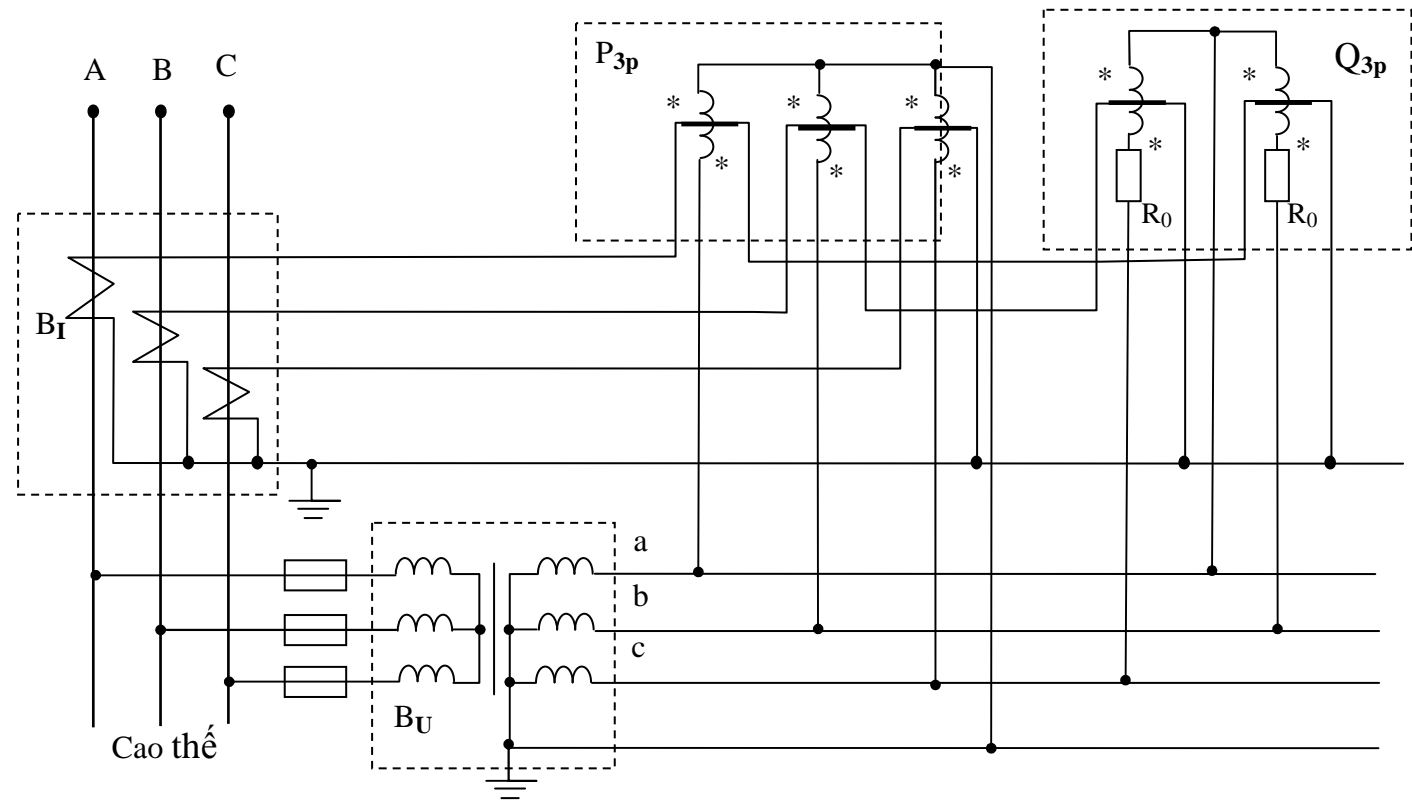
Hình 4.40. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử (A, C) và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng C, B)



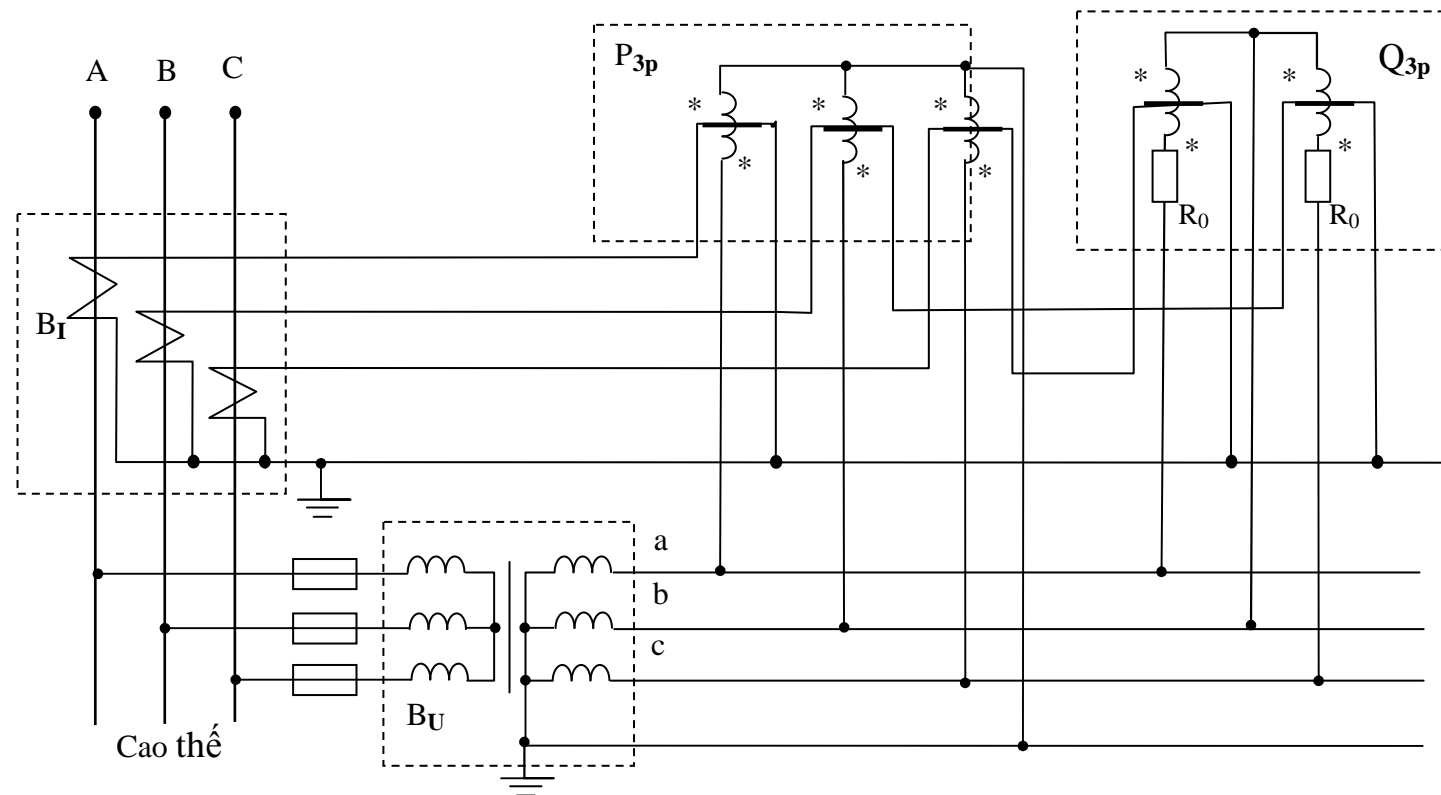
Hình 4.41. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử



Hình 4.42. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng A, C)



Hình 4.43. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng B, A)



Hình 4.44. Sơ đồ đo công suất tác dụng bằng công tơ 3 pha 3 phần tử và đo công suất phản kháng bằng công tơ 3 pha 2 phần tử có R_0 tạo góc lệch pha 60° (cuộn dòng C, B)

Chương V

HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐỌC CÔNG TƠ TỪ XA
(AUTOMATED METER READING - AMR)

5.1. Tổng quan hệ thống AMR

5.1.1. Lịch sử phát triển

5.1.1.1. Khái niệm AMR

Hệ thống tự động đọc công tơ (AMR) đề cập đến việc thu thập từ xa các dữ liệu tiêu thụ từ người sử dụng điện với mục tiêu quy hoạch, kiểm soát và giám sát mức tiêu thụ điện của công ty phân phối. Ngoài ra, hệ thống của AMR cho phép tiết kiệm chi phí và lao động, thực hiện việc đo đạc một cách chính xác hơn và cũng có khả năng thực hiện nhiều chức năng khác nhau với tiện ích không chỉ cho các nhà cung cấp điện, mà còn cho người sử dụng điện.

Hệ thống AMR hiện đại dựa trên thông tin hai chiều giữa các nhà phân phối và khách hàng của mình. AMR thường được phân loại theo các loại hình công nghệ truyền thông. AMR có thể sử dụng đường truyền cho điện thoại, radio, đường điện lực (PLC) 0.4/22 kV, 0.4/6 kV hoặc mạng GSM. Các hệ thống thông tin liên lạc hai chiều này không chỉ đưa ra một phương pháp để trao đổi dữ liệu tiêu thụ, mà còn có thể cung cấp các dịch vụ giá trị gia tăng, báo cáo gián đoạn và lỗi, tự động phân phối điện năng, hiệu chuẩn đo từ xa và phát hiện các hành vi trộm cắp điện.

Với AMR, các công ty phân phối có thể có được các phép đo chính xác hơn và trong thời gian thực, điều này mang lại những cải tiến cho hoạt động của công ty trong lĩnh vực mô hình phụ tải, quản lý phân phối, báo cáo mất điện và cung cấp các dịch vụ khách hàng. Đó là lý do

tại sao sự xâm nhập của các hệ thống AMR được tăng lên nhanh chóng trong những năm qua và sẽ tiếp tục phát triển trong tương lai, khi các công ty phân phối nhiều có kế hoạch lắp đặt hệ thống AMR.

Về bản chất, AMR là một quá trình lưu lại việc đọc các công tơ năng lượng dựa trên kỹ thuật số. Quá trình này giúp loại bỏ phương pháp truyền thống sử dụng “Giấy và bút” cùng với các lỗi liên quan khi đọc/ghi/xử lý các dữ liệu đo bằng nhân công. AMR cũng làm cho việc ghi dữ liệu trở nên nhanh chóng và tiết kiệm về thời gian và do đó phù hợp với tiêu chí của tự động hóa. AMR ra đời kể từ khi đồng hồ đo năng lượng trở nên thông minh với việc triển khai các vi điều khiển trong chúng.

AMR đã được phát triển trong bốn thập kỷ qua và có thể được phân thành hai loại dựa vào khoảng cách giữa các trạm đo đọc và các đồng hồ mục tiêu. Loại đầu tiên là AMR nội hạt trong đó cần có một công nhân kỹ thuật đi để đọc chỉ số công tơ với một thiết bị cầm tay. Loại thứ 2 là AMR từ xa, trong đó công tơ được điều khiển từ văn phòng trung tâm bằng cách sử dụng modem thích hợp để thu thập dữ liệu từ khoảng cách xa. Yếu tố phân biệt đầu tiên của hai loại AMR chính là khả năng truyền thông của công tơ.

AMR lần đầu tiên được thử nghiệm bởi tổng công ty AT&T (Tổng công ty điện báo điện thoại Mỹ) phối hợp với một nhóm các nhà phân phối điện từ năm 1968 tại Mỹ. Đó là một thử nghiệm thành công, sau đó AT&T triển khai cung cấp dịch vụ AMR dựa trên đường truyền điện thoại. Tuy nhiên, nhìn từ quan điểm kinh tế, dự án này không mang lại lợi nhuận. Sau chín năm, năm 1977, một phân ban nghiên cứu sử dụng tiện ích thông tin được thành lập tại Rockwell International để phát triển một hệ thống phân phối truyền thông. Tiếp đó, trong năm 1984, General Electric mua lại từ Rockwell International bản quyền để thương mại hóa dự án của họ liên quan đến việc thiết kế một mạng phân bố thông tin cho AMR. Thời kỳ hiện đại của AMR bắt đầu vào năm 1985, khi một số dự án quy mô lớn được thực hiện. Tổng công ty cung cấp nước và khí ga Hackensack là công ty đầu tiên thực hiện việc đưa công nghệ AMR vào các nhiệm vụ đo đạc nước khí, tương ứng.

Năm 1986, hệ thống AMR dựa trên thông tin vô tuyến đã được cài đặt cho 450000 khách hàng. Trong năm 1987, tổng công ty Điện Philadelphia đã lắp đặt hàng ngàn thiết bị AMR để truy cập đến các đồng hồ điện mà trước đây không thể tiếp cận.

Đến thời điểm hiện tại, nhờ các tiến bộ kỹ thuật có được về điện tử, linh kiện vi xử lý và thông tin liên lạc, một hệ thống AMR hiện đại có thể cho phép nhận được thông tin hữu ích hơn và rất có lợi cho công ty phân phối. Ngoài ra, hệ thống này cũng cho phép cung cấp nhiều dịch vụ bổ sung. Công nghệ mới này còn được gọi là Smart Integrated Metering System – Hệ thống đo lường tích hợp thông minh (Smart IMS), nhưng ý tưởng cơ bản của phép đo điện từ xa là chung cho cả AMR và các hệ thống thông minh.

5.1.1.2. Tình hình triển khai các hệ thống Smart Integrated Metering System (Smart IMS) trên toàn thế giới

Dự án quy mô lớn nhất triển khai đồng hồ thông minh tính đến năm 2010 đã được thực hiện bởi Enel SpA, một nhà cung cấp điện nổi tiếng tại Ý với hơn 27.000.000 khách hàng. Việc tích hợp toàn bộ của công nghệ này cho tất cả khách hàng được thực hiện trong năm năm giữa 2001 và 2005. Thông tin liên lạc giữa các thành phần của hệ thống là dựa trên một đường điện hạ thế cung cấp bởi tổng công ty Echelon. Trong dự toán được đưa ra trong nhiều tài liệu khác nhau, tổng chi phí của dự án là khoảng 2,1 tỷ Euro và các khoản tiết kiệm mà Enel đang nhận được trong hoạt động là 500 triệu Euro mỗi năm, với một khả năng hoàn vốn là bốn năm.

Tại Canada, Hội đồng Năng lượng Ontario ở Ontario đã và đang tiến hành đưa công nghệ đồng hồ thông minh vào một cuộc sống đất nước hiện nay. Chính phủ đã đặt mục tiêu triển khai đồng hồ thông minh cho 800000 ngôi nhà và các doanh nghiệp nhỏ vào cuối năm 2007 và toàn tỉnh vào cuối năm 2010.

Công ty cung cấp điện và ga Thái bình dương tại California (PG&E) đã có kế hoạch triển khai 10.3 triệu đồng hồ đo điện và khí thông minh vào cuối năm 2012 cho tất cả các khách hàng của mình. Bằng cách sử dụng công nghệ đồng hồ thông minh, PG&E dự định

nâng cao khả năng phát hiện và trả lời mất điện. Tại Hoa Kỳ, chi phí gây ra do mất điện gián đoạn lên tới hơn 100 tỷ đô la mỗi năm. Theo Viện nghiên cứu điện năng (EPRI), California có tổng thất lớn nhất liên quan đến mất điện và gián đoạn với tổng chi phí từ 13,2-20,4 tỷ đô la/năm.

Từ năm 2004, Ủy ban các dịch vụ thiết yếu của tiểu bang Victoria, Australia (ESC) đã đưa ra các chương trình mã hóa thiết bị điện cho khách hàng và cung cấp điện công nghiệp cho toàn tiểu bang nhằm từng bước lắp đặt đồng hồ điện tử cho các khách hàng điện Victoria. Theo một thời gian biểu triển khai được đăng trên một tạp chí của ESC với tiêu đề "Bắt buộc triển khai đồng hồ điện tử cho khách hàng điện", bắt đầu từ năm 2006 cho tới năm 2013 các công tơ điện phải được lắp đặt cho tất cả các doanh nghiệp nhỏ và các hộ dân cư. ESC dự báo rằng trong vòng bảy năm kể từ khi bắt đầu thay thế hơn một triệu khách hàng lớn nhỏ sẽ phải nâng cấp đồng hồ.

Trong tháng 11 năm 2005, nhà cung cấp năng lượng Meridian Energy tại New Zealand giới thiệu cách sử dụng đồng hồ thông minh ở khu vực miền trung tâm vịnh Hawkes cho hơn 1.000 hộ dân. Việc truyền thông giữa các thiết bị sử dụng công nghệ sóng radio và các công nghệ di động. Theo dự kiến, nhà cung cấp sẽ cài đặt trên 6300 đồng hồ thông minh vào cuối năm 2006, như một phần của thử nghiệm bắt đầu.

Sau khi tiến hành một phân tích một cách chi tiết chi phí-lợi ích về tác động AMR đối với quốc gia, trong tháng 9 năm 2006 chính phủ Hà Lan đã đưa ra một chính sách theo đó bắt đầu từ năm 2008 tất cả các khách hàng dân cư sẽ nhận được một đồng hồ thông minh và kể từ thời điểm đó, hai nhà cung cấp Continuum và Oxxio đã được thực hiện một số dự án thí điểm thực hiện AMR. Các đồng hồ thông minh đo điện, khí đốt và giao tiếp thông qua PLC và GSM/GPRS.

Tại Thụy Điển nghiên cứu đầu tiên liên quan đến AMR bắt đầu vào năm 2001. Năm 2003, để kích thích sự phát triển của công nghệ thông minh, chính phủ Thụy Điển bắt buộc các công ty lưới điện phải có kế hoạch đọc đồng hồ hàng tháng cho tất cả người sử dụng điện

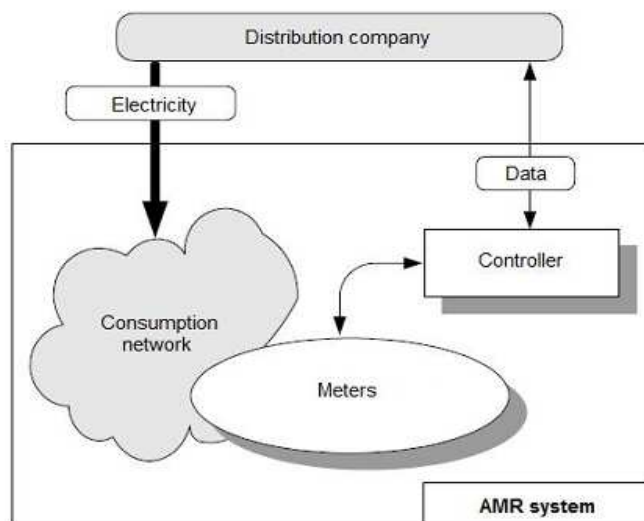
trước năm 2010. Kể từ đó, các khoản đầu tư trong lĩnh vực này đã tăng trưởng với một tốc độ nhanh hơn chính phủ dự kiến.

Chính phủ Phần Lan cũng đề nghị các nhà cung cấp có kế hoạch triển khai đồng hồ thông minh cho 80 phần trăm dân cư vào cuối năm 2013. Theo báo cáo từ VaasaETT tháng 10 năm 2008, một cố vấn năng lượng tại Helsinki thấy rằng trung bình năng lượng tiết kiệm nhờ sử dụng đồng hồ thông minh hiển thị trong nhà là 10,3%. Việc lắp đặt đồng hồ là tự nguyện và được cung cấp bởi các nhà cung cấp Vattenfal, Fortum, Vantaa Energy.

5.1.2. Kiến trúc chung của AMR

5.1.2.1. Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động

Hệ thống AMR được thiết kế giao tiếp với khách hàng đầu cuối trong môi trường mạng điện lưới 0,4 kV một pha hoặc ba pha. Hệ thống được dùng để thu thập các dữ liệu điện tiêu thụ từ các tòa nhà riêng biệt khu dân cư (ví dụ như một gia đình và nhà chung cư), văn phòng, công nghiệp các doanh nghiệp và các cơ sở công cộng cho các trung tâm quản lý tiêu thụ điện. Hình 5.1 minh họa nguyên lý cơ bản của quá trình truyền thông giữa một công ty phân phối và khách hàng thông qua hệ thống AMR.

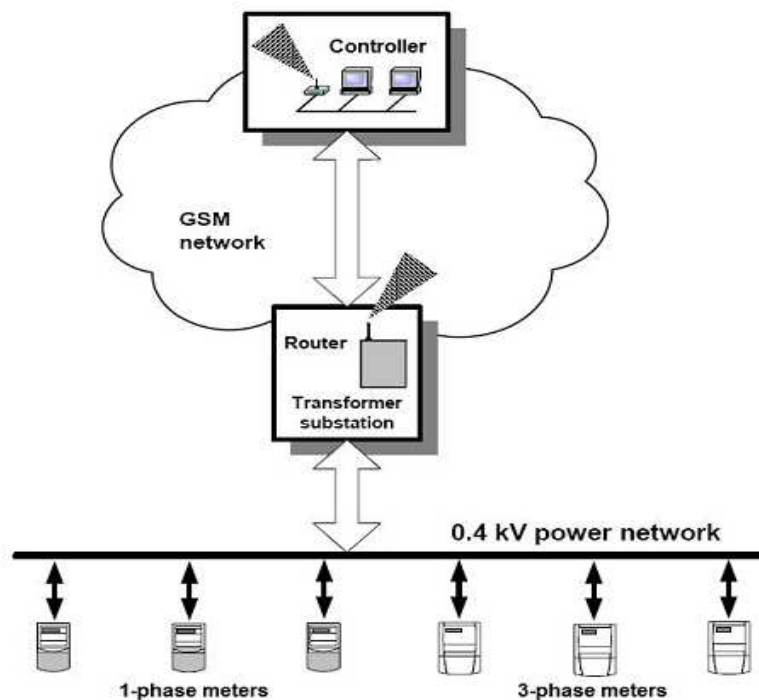


Hình 5.1. Nguyên lý cơ bản của quá trình truyền thông

giữa một công ty phân phối và khách hàng thông qua hệ thống AMR

Phạm vi sử dụng của AMR bị hạn chế bởi kích thước của trung tâm hành chính, thị xã, khu vực nông thôn, hoặc khu vực. Các lĩnh vực ứng dụng có thể được mở rộng bằng cách tăng số đơn vị đồng hồ. Một bộ điều khiển có thể xử lý và lưu trữ dữ liệu cho khoảng một triệu công tơ. Một số đơn vị điều khiển có thể được tích hợp bên trong bộ điều khiển ở một mức cao hơn.

Các công tơ chuyển dữ liệu đo được đến một bộ định tuyến trong trạm biến áp thông qua các liên kết thông tin liên lạc, ví dụ thông qua PLC. Router thực hiện chức năng thu thập dữ liệu và lưu trữ tạm thời, nó có thông tin hai chiều với một bộ điều khiển nhằm thu thập dữ liệu và lưu trữ lâu dài được cài đặt trong trạm biến áp. Dựa trên thông tin này các nhà cung cấp điện có thể đưa ra các quyết định nhằm tự động hóa quá trình phân phối. Phương thức truyền tải dữ liệu giữa một công tơ và bộ điều khiển được thể hiện trong hình 5.2.



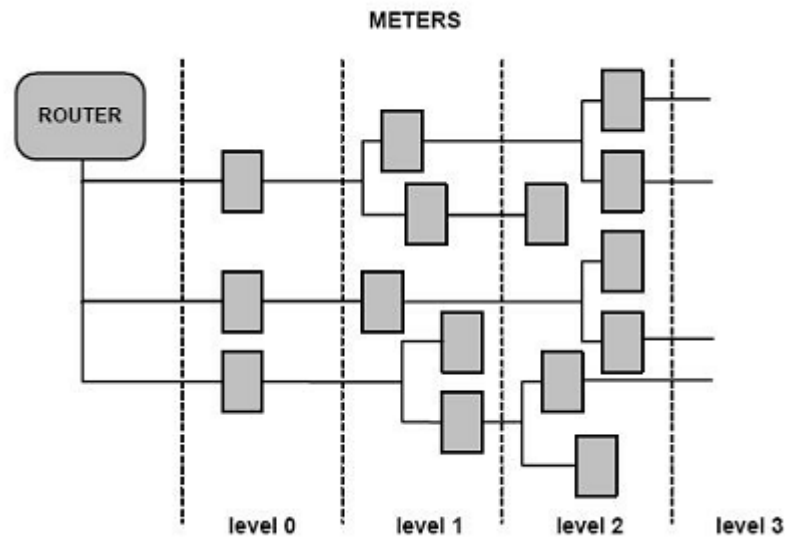
Hình 5.2. Phương thức truyền tải dữ liệu trong AMR

Trong một số cấu trúc mạng, phạm vi hoạt động của một Router là không đủ. Trong trường hợp như vậy, thông tin liên lạc giữa đồng hồ và router phải được dựa trên một nguyên tắc định địa chỉ nhiều mức như trong hình 5.3.

Với các công tơ được trang bị với công nghệ AMR, các tín hiệu analog của dòng điện và điện áp được chuyển thành tín hiệu số. Công suất, năng lượng tiêu thụ và một số các thông số khác được tính toán dựa trên thông tin này. Tất cả các dữ liệu được được lưu trữ trong một bộ nhớ không mất dữ liệu và có thể được đọc từ xa. Căn cứ vào việc thiết lập giá điện và dịch vụ giá trị gia tăng, các đồng hồ có thể tính toán giá trị điện cho mỗi đầu cuối. Các đồng hồ điện có thể có một màn hình hiển thị cung cấp một giao diện người dùng thân thiện giữa các hệ thống và khách hàng, cho thông tin về mức tiêu thụ điện trong cả theo dạng kWh và theo tiền mặt. Hơn nữa, tùy theo tình hình, đồng hồ có thể cắt điện phân phối cho một khách hàng bởi một role tích hợp bên trong. Các tình huống này có thể là:

- Người tiêu dùng đã phá vỡ các điều kiện của hợp đồng tiêu thụ điện với nhà cung cấp
- Các điều kiện của mạng không cho phép phân phối điện do các tình huống khẩn cấp.
- Bộ điều khiển đã gửi một tín hiệu để cắt điện.

Trong các đồng hồ đo điện cũng có một phương pháp đo lường dòng lệch pha. Dòng lệch pha là sự chênh lệch giữa giá trị dòng điện khi không dẫn và giá trị dòng điện trong pha dẫn. Nhờ các công tơ ba pha phương pháp này cho phép quản lý cân bằng tải. Đo lường dòng lệch pha và quản lý cân bằng công suất là hai cách có thể phát hiện hành vi trộm cắp điện.



Hình 5.3. Định địa chỉ nhiều mức trong AMR

5.1.2.2. Các yêu cầu cần thiết cho hệ thống AMR

Tại thời điểm hiện tại các tiêu chuẩn giao tiếp cụ thể cho AMR chưa được thiết lập. Điều này có nghĩa là ít nhất các trang thiết bị được lắp đặt tại các đầu cuối sử dụng điện phải có một chức năng tải về phần mềm để cung cấp một cơ hội cho các tiêu chuẩn cập nhật trong tương lai. Đó là lý do tại sao có một số khuyến nghị cho các yếu tố khác nhau của AMR, được trình bày dưới đây.

a. Khuyến nghị cho mạng truyền thông

Cấu trúc của mạng truyền thông phụ thuộc mạnh mẽ vào môi trường truyền là lựa chọn để kết nối các thành phần của hệ thống AMR. Các môi trường truyền thông như đường dây điện thoại, mạng GSM hoặc Internet cần yêu cầu bổ sung hệ thống dây điện tại cơ sở khách hàng và trong trường hợp mạng GSM, các modem vô tuyến đặc biệt với anten phù hợp sẽ được sử dụng. Hơn nữa, các loại phương tiện truyền thông thông tin liên lạc không được bảo vệ chống lại các truy cập của khách hàng có liên quan làm thay đổi các thông số của mạng và có thể dẫn đến các kết nối bị gián đoạn và không thể quản lý được một hệ thống AMR.

Để tránh những vấn đề trên, việc truyền thông qua đường dây điện lực PLC được khuyến khích sử dụng. Quá trình truyền thông này được cung cấp bởi mạng điện phân bố hiện tại do đó mạng lưới hỗ trợ một thiết bị thay thế 1:1. Tuy nhiên, hiện tượng suy hao đường truyền và một mức độ nhiễu là thích hợp để phân phối trên mạng điện áp thấp. Các kết quả đo đạc chi tiết và các thử nghiệm trong lĩnh vực này đã chỉ ra rằng hiệu quả tốt nhất của truyền thông PLC có thể đạt được nếu:

- Sử dụng các công nghệ trải phổ cho phép có được các phép điều chế dư thừa và ổn định.
- Sử dụng băng tần giữa 9 và 95 kHz để tránh hiện tượng suy giảm tín hiệu (EN50065 tiêu chuẩn châu Âu (CENELEC): tín hiệu trên lưới điện áp thấp được ấn định dải tần từ 3 đến 148,5 kHz.
- Mỗi thiết bị đầu cuối được sử dụng như là một repeater cho thiết bị đầu cuối khác.
- Trạm biến áp điện lực (hoặc một số trạm tương đương) được sử dụng như là một lớp tập trung dữ liệu thứ 2.

b. Khuyến nghị cho các thiết bị đầu cuối

Các đồng hồ đo điện và các đơn vị chuyển mạch tải thuộc về các thiết bị đầu cuối trong hệ thống AMR. Các đơn vị chuyển mạch tải cung cấp một chức năng tích hợp giám sát điện áp đầu ra và điện áp đầu vào cho các rơ le và phát ra các tín hiệu cảnh báo tương ứng trong các tình huống có lỗi. Thiết bị đầu cuối phải cho phép cung cấp một cơ hội để được hiệu chuẩn và để có thể để cập nhật các chức năng từ xa. Các chức năng sau được khuyến nghị cho đồng hồ đo điện như một phần của hệ thống AMR:

- Có một số thanh ghi chứa biểu giá cho hoạt động tiêu thụ năng lượng tùy thuộc vào thời gian, ngày hoặc/và tiêu chuẩn tải thực tế.
- Có một số thanh ghi cho việc phân phát năng lượng, điều này có thể hữu ích trong trường hợp tạo ra các mạng phân bố.

- Thanh ghi lưu giữ công suất tiêu thụ / công suất phân phát.
- Tạo ra các cơ cấu tải nhằm thực hiện các phân tích sâu về hành vi tiêu thụ.
- Ghi lại các trường hợp suy giảm điện áp và gián đoạn nguồn cung cấp.
- Cần có một cầu dao để ngắt kết nối khách hàng với lưới điện trong trường hợp vượt quá công suất tiêu thụ giới hạn hoặc không ký hợp đồng.
- Có các khe cắm bổ sung trong đồng hồ cho các ứng dụng trong tương lai .
- Việc thiết kế các đồng hồ đo điện được sử dụng trong hệ thống AMR phải dựa trên những tiêu chuẩn quốc tế .

c. Khuyến nghị cho các bộ tập trung dữ liệu trong các trạm biến áp

Các bộ tập trung dữ liệu giám sát các đồng hồ đo điện theo nguyên tắc “chủ-tớ” và dành một băng tần cụ thể cho mục đích này trong trường hợp sử dụng đường truyền PLC . Bộ tập trung dữ liệu phải cung cấp các kết nối giữa bộ phát hiện ngắn mạch và phát hiện lỗi mất và kiểm soát các thiết bị chuyển mạch dựa trên một cấp kỹ thuật số. Nó có thể xử lý các giá trị analog đầu vào của các thiết bị đo dòng điện và điện áp. Việc đo lường chất lượng của một tải phải được thực hiện theo tiêu chuẩn EN50160 châu Âu (CENELEC): Các đặc điểm điện áp của lưới điện được cung cấp bởi hệ thống phân phối công cộng. Bộ tập trung dữ liệu phải phát hiện hành vi trộm cắp và sau đó ngắt kết nối này của khách hàng khỏi lưới điện.

5.1.3. Các phần tử chính trong hệ thống AMR

5.1.3.1. Công tơ điện tử

Các điều kiện tiên quyết cơ bản quy định chất lượng của hệ thống AMR là khả năng của các công tơ điện tử trong việc thực hiện các giao

tiếp điện tử. Đa số các công tơ điện tử có cấu tạo dựa trên quá trình truyền thông dưới khuôn dạng quang học giữa một cặp cô lập khối phát và khối thu. Vì được ứng dụng với mục đích cụ thể nên công tơ điện tử phải lấy năng lượng từ các nguồn phụ trợ sao cho vẫn có thể giao tiếp trong thời gian mất điện.

5.1.3.2. Thiết bị giao tiếp truyền thông (trong trạm biến áp)

Thiết bị giao tiếp truyền thông là một thiết bị thông minh hai công nhằm xử lý, lưu trữ và giao tiếp với các luồng dữ liệu dựa trên nhu cầu của các mạng các nhân được kết nối ở hai đầu của nó. Như tên của thiết bị cho thấy, việc lựa chọn của khối này phụ thuộc vào các phương tiện thông tin truyền thông được lựa chọn. Ví dụ điển hình là các modem PSTN liên kết mạng điện hạ thế với mạng PSTN.

5.1.3.3. Môi trường truyền thông.

Để vận chuyển dữ liệu từ các đồng hồ năng lượng tới các máy chủ PC cần thiết có một phương tiện truyền thông truyền thông. Bản thân môi trường truyền thông đã chứa các thành phần phụ phức tạp như các mạch vòng thuê bao ở hai phía, hàng loạt các thiết bị chuyển mạch thông minh, các đường trung kế dựa trên một loạt các thành phần như vi ba, cáp quang hay VSATS. Có hai cách phân loại rộng của phương tiện truyền là mạng chuyển mạch kênh và mạng chuyển mạch gói. Trong khi hầu hết các ứng dụng cũ làm việc trên mạng chuyển mạch kênh thì hiện tại mạng chuyển mạch gói đang nổi lên nhanh chóng và đó là nơi mà các công nghệ truyền thông đang hướng tới.

5.1.3.4. Thiết bị giao tiếp truyền thông (ngoài trạm biến áp)

Thiết bị này có chức năng tương tự như mô tả trong 5.1.3.2. Tuy nhiên, có thể có trường hợp một mạng AMR điển hình được thiết lập với môi trường giao diện trong biến áp là PSTN và bên ngoài là thiết bị tương thích GSM tùy theo sự lựa chọn. Công suất của thiết bị giao diện

ngoài trạm là một vấn đề phức tạp. Các nhà cung cấp thường "mượn" năng lượng từ ổ cắm điện của người tiêu dùng để phục vụ cho mục đích trước mắt nếu người dùng cho phép. Do đó, sự lựa chọn tốt nhất là lấy nguồn cho thiết bị giao diện phương tiện truyền thông từ các mạch đo điện áp. Việc cung cấp điện cho thiết bị phương tiện truyền thông giao diện đi kèm trong các tùy chọn khác nhau như 110 Volts, 240 Volts. Đối với khách hàng bị nghi ngờ ta cần sắp xếp cho một pin hỗ trợ cung cấp điện cho các thiết bị giao tiếp môi trường truyền.

5.1.3.5. Máy tính với phần mềm điều khiển AMR.

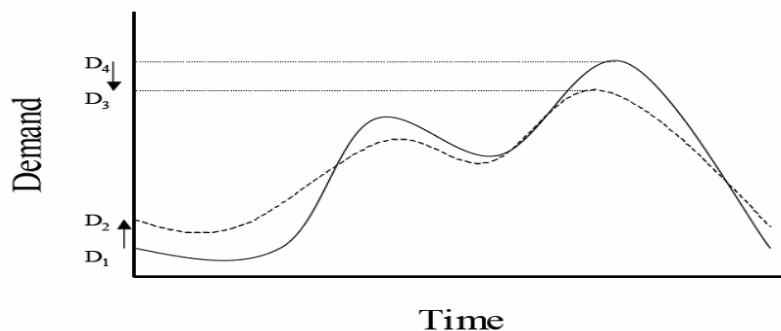
Trung tâm của các trạm đọc công tơ từ xa là phần mềm đọc công tơ được lưu giữ trong máy tính tại trạm. Phần mềm này có các chức năng để quay các số mục tiêu, thiết lập một cuộc gọi dữ liệu, thu thập các số liệu từ việc đọc đồng hồ và đóng phiên làm việc. Các phiên bản hiện đại của phần mềm có khả năng sắp đặt một lịch trình đọc đồng hồ và sẽ quay số, thu thập các số liệu từ đồng hồ mục tiêu tại ngày và giờ xác định.

5.1.4. Lợi ích và những khó khăn khi triển khai công nghệ AMR

Các thành phần sau đây có thể được xem như có vai trò trong hoạt động thị trường cung cấp năng lượng: người sử dụng năng lượng, chủ sở hữu mạng lưới, công ty đo lường, chính phủ, đơn vị phát điện, nhà cung cấp và truyền tải điện, nhà phân phối và bán lẻ. Nhiều quốc gia không phân biệt giữa chủ sở hữu mạng lưới và công ty đo. Việc sử dụng AMR có thể cung cấp lợi ích cho tất cả mọi thành phần trong thị trường.

Theo kỳ vọng chính sách của chính phủ, lợi ích chính cho các khách hàng sử dụng điện nhờ việc áp dụng AMR bao gồm khả năng để điều tiết năng lượng tiêu thụ của chính khách hàng tùy thuộc vào trong/ngoài giờ cao điểm của toàn bộ lưới điện năng lượng tiêu thụ. Công nghệ AMR cho phép người dùng năng lượng có thể trả chi phí thực tế cho điện năng tiêu thụ ở các thời điểm mà họ thực sự sử dụng

nó. Theo kết quả, một khách hàng thường sử dụng ít năng lượng hơn trong thời gian cao điểm có thể tăng năng lượng sử dụng và sẽ phải chi phí trả ít hơn trong thời gian không cao. Ngược lại, một người tiêu dùng người tiêu thụ năng lượng trong thời gian cao điểm sẽ phải trả thêm tiền. Trong trường hợp này hành vi thông minh của một nhóm khách hàng sẽ dẫn đến làm mịn đường cầu về điện (Hình 5.4). Nhờ vào việc đọc dữ liệu tự động, khách hàng không còn cần phải ở nhà chờ đợi các chuyến thăm định kỳ của nhân viên ngành điện. Các công nghệ AMR hiện đại còn cung cấp cho khách hàng một tùy chọn để họ có thể quản lý tài khoản trực tuyến thông qua một trang web đặc biệt.



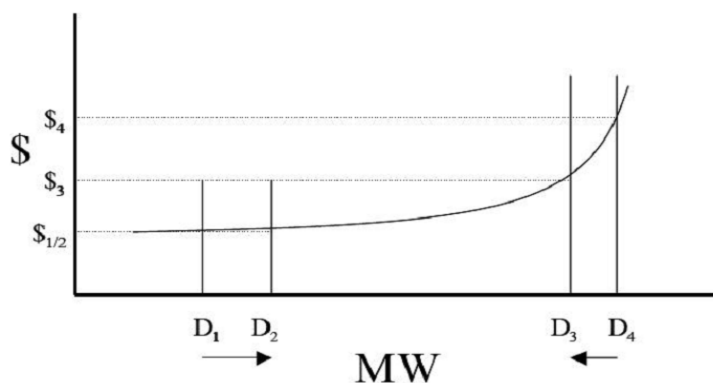
Hình 5.4. Đường cầu về điện của khách hàng

Hành vi có ý thức của khách hàng trong hoặc ngoài thời gian cao điểm trong một quy mô lớn có thể dẫn đến tăng cường sức mạnh cho các hệ thống năng lượng toàn bộ đất nước:

- Độ tin cậy của việc cung cấp năng lượng sẽ được cải thiện;
- Công suất yêu cầu sẽ thấp;
- Mất mát trên toàn bộ hệ thống sẽ thấp hơn;
- Quản lý của việc cung cấp năng lượng sẽ được dễ dàng hơn;
- Việc gia tăng định kỳ của các khoản trả cho năng lượng điện sẽ thấp hơn.

Ta luôn mong muốn chi phí cho năng lượng điện sẽ tăng lên trong thời gian ngoài giờ cao điểm (từ \$1 tới \$2) và giảm trong giai đoạn cao

điểm (từ \$4 đến \$3). Nhưng bản chất của một đường cong giá cung cấp nói lên rằng giá tăng trong thời gian ngoài cao điểm có thể sẽ là ít hơn giá giảm trong thời gian cao điểm (hình 5.5)



Hình 5.5. Đường cong yêu cầu thay đổi theo tải

Khi có một kiến thức toàn diện về một khách hàng và một nhóm khách hàng của một tải điện, các nhà bán lẻ và nhà cung cấp có thể giảm thiểu rủi ro của họ, nâng cao tính chính xác của hồ sơ dự thầu cung cấp tại thị trường tại chỗ. Bằng cách này, họ tránh mua năng lượng tại các thời kỳ cao điểm và có thể kiểm soát chi phí của họ. Sử dụng AMR như là một gateway vào nhà của khách hàng, nhà cung cấp có thể cung cấp cho người dùng cuối các dịch vụ bổ sung như dịch vụ thông tin khách hàng (CIS), tự động quản lý công tơ (AMM), biểu giá theo thời gian sử dụng (TOU), dịch vụ giá trị gia tăng.

Công nghệ AMR cho phép các công ty phân phối có được cách nhìn tổng quan thực tế và chính xác hơn về tổng tiêu thụ năng lượng trong khu vực hoạt động của họ. Nhờ đó, các công ty phân phối có thể xác định các khu vực nghi ngờ nơi năng lượng tiêu thụ cao hơn dự kiến. Bằng cách này, hệ thống AMR cung cấp cho nhà phân phối một công cụ để phát hiện hành vi trộm cắp điện và xáo trộn điện lưới. Sử dụng AMR cũng dẫn đến giảm chi phí cũng đọc công tơ và những chuyến thăm định kỳ của một nhân viên đọc công tơ là không còn cần thiết. Sử

dụng kết quả đo trong thời gian thực của AMR tạo điều kiện cho một quá trình lập dự toán các hóa đơn. Khách hàng có quan sát và quản lý tiêu thụ năng lượng của mình và làm giảm khả năng tranh chấp giữa các công ty phân phối và người sử dụng cuối của nó.

5.2. Phân loại các hệ thống AMR theo môi trường truyền thông

5.2.1. Một số môi trường truyền thông cho AMR

Các phương tiện truyền thông khác nhau ở việc xử lý trong các hệ thống AMR là:

- **Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (PSTN)** Sử dụng các cặp dây trong mạch vòng thuê bao và dựa trên dịch vụ điện thoại.
- **Vô tuyến nội hạt (WLL):** Nhóm môi trường truyền thông loại này bao gồm:
 - Mạng di động toàn cầu (GSM) mà còn gọi là điện thoại di động.
 - Mạng đa truy nhập phân chia theo mã hoặc CDMA.
- **Kênh vô tuyến dành riêng:** Kết nối vô tuyến dành riêng được sử dụng cho AMR nhằm thực hiện những ứng dụng đo quan trọng như đo các đồng hồ tổng hoặc cho nhiệm vụ theo dõi từ xa.
- **Cáp quang/cáp đồng trục:** Tùy chọn này được sử dụng cho việc giám sát các trạm biến áp phụ nơi tải dữ liệu đủ lớn và phù hợp với các chi phí.

5.2.2. Các tiêu chí lựa chọn môi trường truyền thông cho AMR

Các đặc điểm sau đây của một phương tiện truyền thông sẽ được đánh giá khi lựa chọn các phương tiện truyền thông:

5.2.2.1. Giá cả

Các phương tiện thông tin truyền thông có hai thành phần chi phí. Đầu tiên là chi phí cố định: Đó là phí mà nhà cung cấp dịch vụ muốn thu

hồi chi phí cơ sở hạ tầng riêng của mình không phụ thuộc vào cách sử dụng. Trong khi đó, các thành phần chi phí thứ hai là chi phí biến đổi: đó là chi phí tỷ lệ thuận với thời gian sử dụng. Mô hình hiện tại của hệ thống truyền thông hoạt động trong một cách kết nối với nhau và hầu hết các bên khởi xướng cuộc gọi bị tính phí. Trong khi lựa chọn một phương tiện truyền thông để kết nối các trạm đọc công tơ, các nhà phân phối phải so sánh kỹ lưỡng các chi phí khởi xướng cuộc gọi trong mỗi cách thức lựa chọn môi trường truyền. Tương tự, các phương tiện truyền thông ở bên phía đồng hồ, nơi mà sẽ chỉ được nhận cuộc gọi, nên được lựa chọn dựa vào nhà cung cấp dịch vụ có chi phí tối thiểu cố định.

5.2.2.2. Độ tin cậy của truyền thông

Các phương tiện thông tin truyền thông cần được đáng tin cậy và cần phải đảm bảo chất lượng về mặt thời gian. Ngoài ra toàn vẹn dữ liệu của nó cần được kiểm tra bằng cách yêu cầu sửa chữa sai sót hoặc kỹ thuật nào khác được triển khai cho mục đích này.

5.2.2.3. Chống can thiệp

Một trong những ứng dụng chính của AMR là "tuần tra từ xa", theo đó một người tiêu dùng được chú ý sẽ bị theo dõi về "thời gian thực" để đảm bảo rằng người tiêu dùng không làm xáo trộn đồng hồ hoặc việc cài đặt thiết bị đo. Đối với các ứng dụng như vậy, các phương tiện truyền thông cần được lựa chọn sao cho không dễ dàng truy cập được bởi người tiêu dùng hoặc của cộng đồng chung. Ví dụ đường dây PSTN có thể bị cắt/hư hỏng hay bị lạm dụng điện bởi áp cao bởi bất kỳ ai khi nó được truy cập công cộng.

5.2.2.4. Chống được ảnh hưởng gây ra bởi môi trường hay con người

Các phương tiện thông tin truyền thông cần phải được kiểm tra bằng cách mô hình hóa tất cả các yếu tố mô hình và mô phỏng tác động của một trong những yếu tố trên lên các thành phần khác do trong môi

trường hoặc do rối loạn nhân tạo gây ra. Ví dụ về xáo trộn môi trường, một thiết bị chiếu sáng dùng trên một đường PSTN có thể làm tổn hại đến các modem kết nối ở hai kết thúc. Tương tự, một lỗi mất xảy ra tại một trạm phụ có thể gây ra sự tăng điện áp mặt đất gây thiệt hại cho các thiết bị giao diện. Nói chung, phương tiện truyền thông dựa trên không dây miễn dịch hơn đối với cả hai loại rối loạn.

5.2.2.5 Bảo mật

Các phương tiện thông tin truyền thông cần phải có đủ an ninh tại lớp vật lý và lớp liên kết dữ liệu để ngăn chặn việc nghe trộm và hoặc sửa đổi dữ liệu. Có rất nhiều nhà cung cấp dịch vụ cung cấp các cuộc gọi hạn chế mà nhờ đó một thuê bao mục tiêu không thể bị truy cập ngoại trừ người gọi đăng ký. Ngoài an ninh mạng, các nhà phân phối năng lượng nên hỏi thông tin từ các nhà cung cấp đồng hồ về các kỹ thuật an ninh năng lượng được nhúng vào trong đồng hồ đo năng lượng và các trạm đọc công tơ từ xa.

5.2.2.6 .Giao tiếp dễ dàng

Có những lựa chọn môi trường thông tin liên lạc mà hội đủ điều kiện cho các thông số khác nhưng chi phí thực hiện giao diện quá tốn kém. Ví dụ mạng AMR dựa trên Internet vẫn là một sự lựa chọn xa vời vì cần thêm các phần cứng phụ trợ cho liên kết nối.

5.2.3. Triển khai AMR dựa trên mạng điện thoại công cộng (PSTN)

Một mạng điện thoại bắt đầu từ tài sản của các thuê bao. Đó là một cặp dây đồng chạy từ điện thoại của thuê bao tới một hộp (thường được gọi là cầu lõi vào).

Mỗi dây được gọi là "Ring" và "Tip". Trong một hệ thống điện thoại hiện đại, hệ thống hoạt động cổ xưa đã được thay thế bằng tổng đài điện tử. Khi nhắc máy điện thoại, tổng đài phát hiện việc đóng mạch vòng thuê bao và cung cấp âm mời quay số sao cho bên chủ gọi hoặc modem biết rằng chuyển mạch và đường dây thuê bao đang làm việc.

Âm môi quay số chỉ đơn giản là một sự kết hợp của dao động tần số 350-hertz và một dao động tần số 440-hertz. Ở phía tổng đài, các đường dây điện thoại được kết nối vào một modul giao tiếp đường dây thuê bao. Để cung cấp một cuộc gọi đến một người nào đó trong cùng một tổng đài, các chuyển mạch đơn giản chỉ tạo ra một vòng lặp giữa các bên gọi và bị gọi. Nếu đó là một cuộc gọi đường dài, sau đó giọng nói được số hoá và kết hợp với hàng triệu tiếng nói khác/kênh dữ liệu trên mạng đường dài. Thoại/dữ liệu thường được truyền trên một đường cáp quang đến các tổng đài nằm trong khu vực bên nhận, nhưng nó cũng có thể được truyền qua vệ tinh hoặc bằng vi ba tùy thuộc vào các điều kiện lưu lượng và thuật toán chuyển mạch.

5.2.3.1. Băng thông của mạng điện thoại

Để cho phép các cuộc gọi đường dài hơn được truyền tải, các tần số truyền được giới hạn băng thông của khoảng 4.000 hertz. Tất cả các tần số trong giọng nói dưới 400 hertz và trên 3.400 hertz đều bị loại bỏ. Đó là lý do tại sao giọng nói của mọi người trên điện thoại có một âm thanh khác biệt.

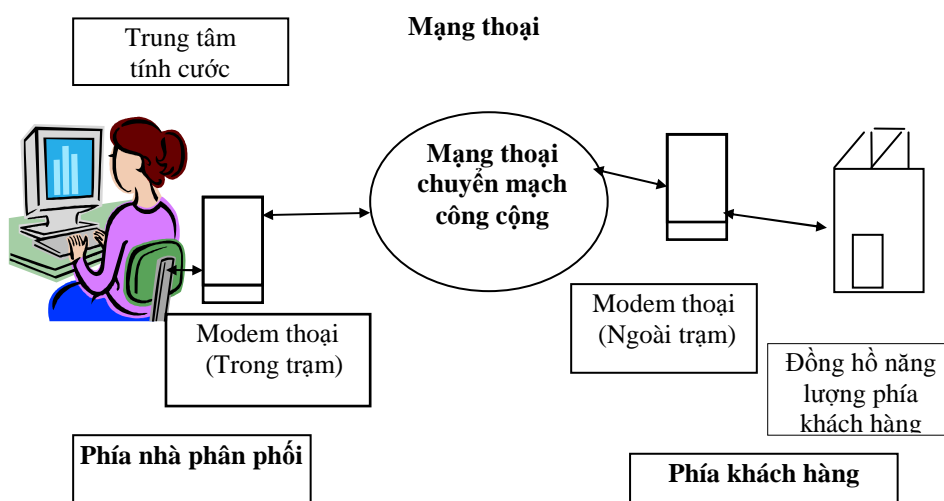
5.2.3.2. Thiết bị giao tiếp truyền thông: Modem

Thuật ngữ "modem" là viết tắt của các từ điều chế - giải điều chế. Một modem thường được sử dụng để gửi dữ liệu số trên một đường điện thoại. Theo quy định, bất cứ khi nào một mạng lưới kỹ thuật số (Các máy tính đọc công tơ của nhà phân phối điện) giao tiếp với một đường dây điện thoại analog hoặc ngược lại thì bắt buộc phải có một modem. Điều này có nghĩa rằng cũng cần thiết phải có một modem kết nối giao diện đường dây điện thoại tương tự với đồng hồ điện tử đo năng lượng mà dữ liệu ban đầu là dạng số. Định nghĩa này giải thích tại sao một modem là không cần thiết cho ISDN (mạng tích hợp thuê bao kỹ thuật số) mà như tên gọi đã chỉ ra là hệ thống kỹ thuật số. Kiểm soát các modem sử dụng phần mềm đôi khi cần thiết. Máy tính sử dụng các

lệnh AT để giao tiếp với modem. Lệnh tên AT đến từ thực tế là các "AT tiền tố" phải được đưa vào đầu của mỗi lệnh. Các lệnh AT có thể được dùng để chỉ huy các modem thực hiện các công việc khác nhau (quay số đến số quy định, ngắt kết nối đường dây, tạo bản tin trả lời của modem) và để thay đổi các thông số cấu hình modem

5.2.3.3. AMR dựa trên PSTN.

Hình 5.6 mô tả việc thiết lập một hệ thống đọc công tơ từ xa. Một trung tâm thu thập số liệu của nhà phân phối điện được kết nối với mạng điện thoại bằng cách sử dụng một modem giao diện. Để đơn giản, hình 5.6 chỉ ra một người tiêu dùng đơn lẻ một đồng hồ đo năng lượng có khả năng AMR được kết nối với modem điện thoại. Modem này được tiếp tục kết nối với mạng điện thoại địa phương.



Hình 5.5. Kiến trúc hệ thống AMR dựa trên PSTN

Phần mềm tương thích chạy tại trung tâm phân phối điện sẽ quay số điện thoại của người tiêu dùng qua modem được kết nối. Sau khi nhận được cuộc gọi, modem của đồng hồ năng lượng đáp ứng bằng tín hiệu bắt tay. Bằng cách bắt tay, các modem ở cuối hoặc quyết định tốc độ truyền, và các giao thức kiểm tra lỗi khác.

Một khi tín hiệu bắt tay được hoàn thành, trung tâm phân phối sẽ gọi lệnh đọc công tơ và từ đó dữ liệu từ công tơ được chuyển về máy tính tại trung tâm. Nếu cần thiết phải khảo sát tải công việc này cũng có thể được sắp xếp và có thể được thực hiện từ xa. Sau khi thực hiện các công việc đọc công tơ và khảo sát tải, phần mềm sẽ gửi các tín hiệu "Cảm ơn & Xong" đến công tơ của người dùng. Modem phía trung tâm sẽ ngắt đường truyền mà không lãng phí bất kỳ thời gian nào (tương đương với việc đặt máy điện thoại). Modem ở phía khách hàng cũng kết thúc sau khi nhận được tín hiệu đặt máy ở đầu xa.

5.2.3.4. Chia sẻ đường dây thoại cho AMR

Việc chia sẻ các đường dây điện thoại của người tiêu dùng để thực hiện việc đọc công tơ của các trung tâm phân phối thường hấp dẫn, nhưng, không nên được sử dụng khi nhà phân phối không nhận ra những lợi ích nguyên thủy của AMR và toàn bộ những nỗ lực này sẽ đem lại một quan niệm lầm lẫn.

5.2.3.5. Các yêu cầu chú ý khi xây dựng AMR trên PSTN

Sau đây là một trong những biện pháp cần chú ý thực hiện trong khi triển khai hệ thống AMR sử dụng PSTN:

1. Không sử dụng các loại modem nội địa hoặc thương mại nếu chúng không có khả năng sử dụng liên tục và không được bảo vệ đầy đủ tránh được các tác động xấu của môi trường và con người.
2. Việc cung cấp điện của modem nên có một cách ly ít nhất là 6KV để nó có thể chịu được các tác động thường xuyên trong môi trường công nghiệp.
3. Việc cung cấp điện cho modem cần phải có một dải điện áp rộng để cho nó hoạt động đạt yêu cầu trong khoảng -40% đến 30% của tỷ lệ điện áp. Các khách hàng có tải liên tục như máy cán, lò hồ quang có phải chú ý trong việc cung cấp điện áp đảm bảo cho modem không bị ngắt kết nối.

4. Hai dây Ring và Tip của đường dây điện thoại nên có sự bảo vệ đầy đủ chống lại quá trình tăng của dòng “sai lệch”. Ngoài ra, các modem và kết cuối đường điện thoại kết thúc phải được cách ly đầy đủ với đất.

5. Không cung cấp điện áp cho modem bằng nguồn lấy từ người tiêu dùng. Điều này sẽ làm cho việc cài đặt AMR trở nên không tin cậy. Các modem công nghiệp cho các nhà máy phải có điện áp cung cấp có thể được cấu hình cho phù hợp với yêu cầu tùy theo lĩnh vực như 240 Volts, 110 Volts và 63 vôn.

5.2.4. Triển khai AMR thông qua truy nhập di động GSM

5.2.4.1. Kiến trúc mạng GSM

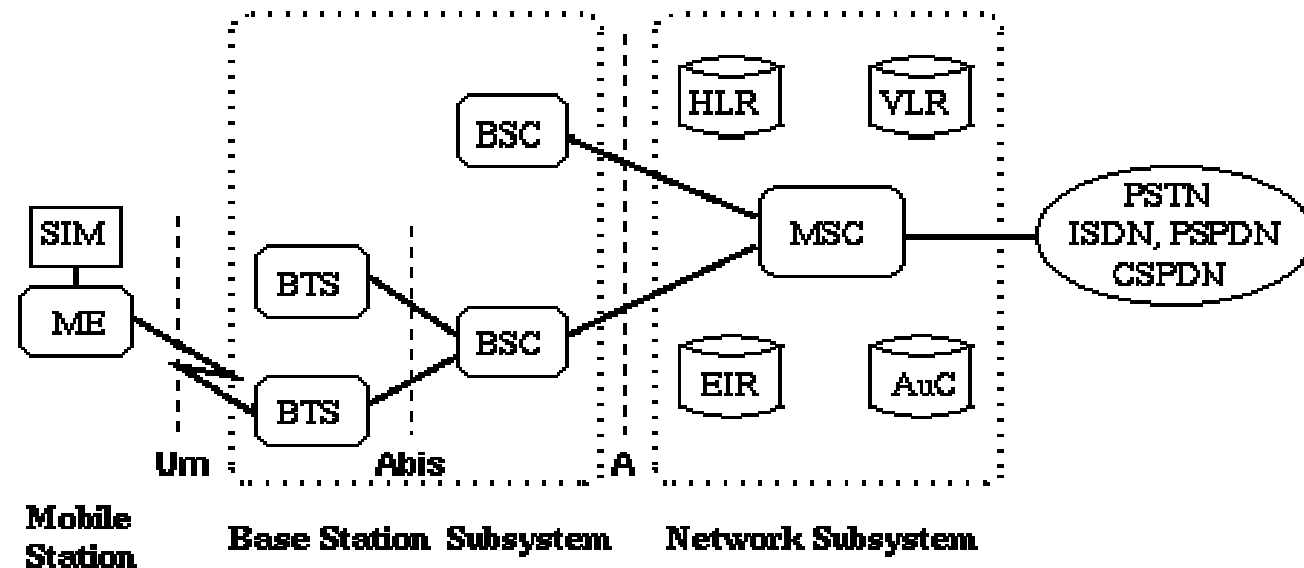
Một mạng GSM gồm một số các thực thể chức năng, có chức năng và giao diện được chuẩn hóa. Hình 5.7 cho thấy cấu hình của mạng GSM nói chung. Mạng GSM có thể được chia thành ba phần cơ bản.

1. Trạm di động (Mobile Station) là thiết bị luôn gắn với thuê bao: Gồm thiết bị di động (ME) và mô đun nhận dạng thuê bao (SIM).

2. Phân hệ trạm gốc (Base Station Subsystem) điều khiển kết nối vô tuyến với trạm di động. Phân hệ trạm gốc bao gồm các trạm thu phát gốc (BTS) và bộ điều khiển các trạm thu phát gốc (BSC)

3. Phân hệ mạng (Network Subsystem) với phần chính trong đó là trung tâm chuyển mạch các dịch vụ di động (MSC), thực hiện việc chuyển đổi các cuộc gọi giữa những người sử dụng điện thoại di động, và giữa người sử dụng mạng di động và cố định. MSC cũng xử lý các hoạt động quản lý di động.

Máy điện thoại di động và các phân hệ trạm gốc giao tiếp thông qua giao diện Um, còn được gọi là giao diện vô tuyến hoặc liên kết vô tuyến. Phân hệ trạm gốc giao tiếp với Trung tâm chuyển mạch các dịch vụ di động qua giao diện A.



SIM	Subscriber Identity Module	BSC	Base Station Controller	MSC	Mobile services Switching Center
ME	Mobile Equipment	HLR	Home Location Register	EIR	Equipment Identity Register
BTS	Base Transceiver Station	VLR	Visitor Location Register	AuC	Authentication Center

Hình 5.7. Kiến trúc mạng GSM

5.2.4.2. Trạm di động

Máy di động (MS) bao gồm một thiết bị di động (đầu cuối) và một thẻ thông minh được gọi là modul nhận dạng thuê bao (SIM). SIM cung cấp tính di động cá nhân để người dùng có thể được tiếp cận với dịch vụ thuê bao không phân biệt với bất kỳ thiết bị kết cuối nào. Bằng cách gắn thẻ SIM vào một thiết bị đầu cuối GSM, người dùng có thể nhận cuộc gọi với thiết bị đó, thực hiện cuộc gọi từ đầu cuối đó, và nhận được các dịch vụ đăng ký khác. Các thiết bị di động được xác định duy nhất nhờ nhận dạng thiết bị di động quốc tế (IMEI). Thẻ SIM chứa nhận dạng thuê bao di động quốc tế (IMSI) dùng để nhận dạng thuê bao vào hệ thống, chứa một khóa bí mật để xác thực và các thông tin khác. Các IMEI và IMSI là độc lập do đó cho phép di động cá nhân. Thẻ SIM có thể được bảo vệ chống sử dụng trái phép bởi một mật khẩu hoặc số nhận dạng cá nhân (PIN).

5.2.4.3. Phân hệ trạm gốc

Phân hệ trạm gốc gồm có hai phần, các trạm thu phát gốc (BTS) và Điều khiển trạm gốc (BSC). Các trạm thu phát gốc xác định một tế bào và thực hiện các giao thức liên kết vô tuyến với trạm di động. Trong một khu đô thị lớn cần triển khai một số lượng lớn BTS, do đó các yêu cầu cho một BTS là có tính vững chắc, độ tin cậy, tính di động, và chi phí tối thiểu. Điều khiển trạm gốc quản lý các nguồn tài nguyên vô tuyến cho một hoặc nhiều BTS. Nó xử lý các việc thiết lập các kênh radio, nhảy tần, và chuyển giao. BSC là cầu nối giữa trạm di động và Trung tâm chuyển mạch dịch vụ di động (MSC).

5.2.4.4. Phân hệ mạng

Thành phần trung tâm của phân hệ mạng là trung tâm Chuyển mạch các dịch vụ mạng di động (MSC). Nó hoạt động như một nút chuyển mạch thông thường của mạng PSTN hoặc ISDN và cung cấp tất cả các chức năng bổ sung cần thiết để xử lý một thuê bao điện thoại di động, chẳng hạn như đăng ký, xác thực, cập nhật vị trí, chuyển giao và định tuyến cuộc gọi đến một thuê bao chuyển vùng. Những dịch vụ này

được cung cấp cùng với một số các thực thể chức năng tạo thành phân hệ mạng. MSC cung cấp kết nối đến các mạng cố định (chẳng hạn như PSTN hoặc ISDN).

Thanh ghi định vị thường trú (HLR) và thanh ghi định vị tạm trú (VLR) cùng với MSC cung cấp việc định tuyến cuộc gọi và chuyển vùng khả năng của GSM. HLR bao gồm tất cả các thông tin quản lý của mỗi thuê bao đăng ký trong mạng GSM tương ứng cùng với vị trí hiện hành của điện thoại di động. Các vị trí của các điện thoại di động thường ở dạng địa chỉ báo hiệu của VLR liên kết với các trạm di động. Các thủ tục định tuyến thực tế sẽ được mô tả sau này. Chỉ có một HLR logic cho mỗi mạng di động GSM, mặc dù nó có thể được thực hiện như một cơ sở dữ liệu phân tán.

5.2.4.5. Giao tiếp truyền thông cho AMR trên GSM

Giống như đồng hồ năng lượng điện tử hoặc máy tính, GSM là một mạng truyền thông kỹ thuật số không cần một modem để kết nối với các thiết bị kỹ thuật số. Giao diện được sử dụng để giao tiếp một thiết bị kỹ thuật số với mạng GSM được gọi là một đầu cuối GSM. Một đầu cuối GSM điển hình có một thẻ SIM cố định, nguồn cấp và ăng ten. Các thiết bị đầu cuối GSM có một cổng nối tiếp mà qua đó các dữ liệu có thể được truyền qua mạng GSM. Mạng GSM hỗ trợ cả truyền âm thanh và giao tiếp số liệu. Tuy nhiên, nó cần một sự nhận biết rõ ràng riêng biệt để xử lý hai loại dịch vụ. Số thuê bao đóng một phần quan trọng trong việc xác định loại dịch vụ. Có nghĩa là theo số thoại của bạn, bạn không thể nhận được dữ liệu. Đối với dịch vụ truyền số liệu, các nhà cung cấp dịch vụ sẽ cung cấp khi được thuê bao yêu cầu. Các nhà cung cấp dịch vụ sau đó ấn định một số dữ liệu riêng biệt cho. Bất kỳ thẻ SIM chưa được kích hoạt dữ liệu sẽ không làm việc cho AMR.

Các tốc độ truyền tối đa được hỗ trợ bởi mạng di động GSM là 9.600 bps. Các thiết bị đầu cuối GSM với thẻ SIM của nó phải được cấu hình cụ thể dựa trên các đặc tính truyền thông của đồng hồ để thiết lập một AMR. Thông thường, các thông tin cần thiết là tốc độ baud, chu kỳ đọc và khung dữ liệu.

5.2.4.6. Lợi ích của việc lắp đặt AMR qua GSM

Sự cạnh tranh trong lĩnh vực điện thoại di động không dây đã làm cho khách hàng được hưởng lợi. GSM đã trở thành ứng cử viên tiềm năng cho AMR. Sau đây là những lợi ích của hệ thống GSM AMR:

1. Truyền thông không dây, không cần hệ thống dây điện phức tạp và việc thiết lập có thể được thực hiện trong vài phút. Điều này có nghĩa rằng việc cài đặt AMR có thể được cài đặt lại nếu có nghi ngờ đối với một nhóm người tiêu dùng.

2. An toàn lắp đặt và do không dây nên rất khó để phá hoại. Do đó AMR dựa GSM là rất phù hợp để theo dõi người tiêu dùng theo mùa như các ngành công nghiệp đường, sắt thép, công nghiệp hóa chất muốn trộm điện vào thời gian có nhu cầu cao.

3. Chi phí: Các nhà cung cấp dịch vụ GSM có kế hoạch giảm giá cước linh hoạt số lượng lớn cho các tổ chức mua hơn 100 kết nối. Ngoài ra còn có một thông tin hữu ích trong kế hoạch về giá gọi là CUG hay nhóm người dùng thân thiện trong đó khuyến mại cho người dùng giao tiếp trong một nhóm gần gũi. Lợi ích của CUG là tránh được việc tham gia trái phép vào nhóm do đó loại trừ khả năng cố ý làm cho các kết nối "bận rộn" trong khi can thiệp trái phép vào đồng hồ.

5.2.5. AMR trên kênh vô tuyến công suất thấp (Low power Radio)

Như trên đã chỉ ra, LPR công suất thấp có công suất đầu ra trong khoảng 1-20 dBm được triển khai để đọc các đồng hồ khó truy cập. Sở dĩ chọn các thiết bị thu phát đầu ra công suất thấp vì chi phí thấp, sẵn có, được sự chấp nhận quốc tế và tuân thủ theo các quy định.

5.2.5.1. Sơ đồ khối hệ thống AMR dựa trên LPR

Sau đây là những thành phần cần thiết AMR dựa trên kênh vô tuyến công suất thấp.

1. Modul thu phát vô tuyến cho các đồng hồ hoạt động như một cơ cấu chấp hành đối với thiết bị đọc của người đọc đồng hồ.

2. Modul thu phát trong thiết bị đọc của người đọc đồng hồ hoạt động như một cơ cấu điều khiển trong mạng truyền thông.

3. Phần mềm đặc biệt trong thiết bị đọc của người đọc đồng hồ để quản lý mạng vô tuyến và thu thập dữ liệu đọc.

5.2.5.2. Nguyên lý hoạt động

Các đồng hồ sử dụng cho AMR dựa trên LPR có một bộ thu phát vô tuyến được trang bị bên trong nó như là một phần không thể thiếu. Bộ thu phát này lấy nguồn từ đồng hồ chủ. Các đồng hồ chủ chứa các thông tin về các kênh tần số có thể được sử dụng nhà phân phối điện và thiết bị thu phát.

Các thiết bị đọc đồng hồ được kèm theo chức năng quản lý vô tuyến sao cho có thể thiết lập kết nối vô tuyến với đồng hồ và cung cấp dữ liệu về thiết bị đọc.

Có thể có nhiều đồng hồ hoạt động đồng thời trong một vùng lân cận và có thể gây ra xung đột dữ liệu. Để tránh được vấn đề này là phần điều khiển sẽ ra lệnh "quay số" đối với đồng hồ cụ thể và cùng lúc phát sóng quảng bá lệnh "im lặng" với các đồng hồ khác. Sử dụng nhảy tần, các thiết bị điều khiển vô tuyến có thể thu thập dữ liệu của các công tơ theo khuôn các gói tin. Nếu có sự cố ngắt kết nối làm mất gói tin, các gói này sẽ được yêu cầu truyền lại.

Giải pháp sử dụng sóng vô tuyến năng lượng thấp được áp dụng phổ biến tại Ấn Độ và sử dụng sáu kênh với việc nhảy tần số ngẫu nhiên. Hệ thống này được thiết kế sao cho đảm bảo hoạt động tốt trong phạm vi 100 mét trong tầm nhìn thẳng, tuy nhiên, có một số trường hợp vẫn hoạt động tốt với khoảng cách hơn 100 mét trong khi quỹ đường truyền là thấp hơn với thiết kế. Hệ thống phù hợp với các thiết bị di chuyển và do đó thành công trong việc đọc đồng hồ trong thực tế đời sống.

Hệ thống này cung cấp một cơ chế toàn diện để lựa chọn đồng hồ đo. Có ba phương thức nhận được kết nối với đồng hồ.

5.2.5.3. Các mô hình hoạt động

a. Kết nối đến một đồng hồ cụ thể

Trong chế độ này người đọc đồng hồ theo cần đảm bảo rằng đồng hồ mục tiêu ở xung quanh trong phạm vi vô tuyến. Người đọc đồng hồ sẽ nhập số serial của công tơ trên dao diện thiết bị đọc đồng hồ (MRI) của mình và nếu đồng hồ có sẵn hoặc không thấy cũng sẽ được hiển thị trên màn hình MRI với một tin nhắn cụ thể là không tìm thấy. Một khi đồng hồ được tìm thấy, người đọc đồng hồ có thể thực hiện các hoạt động giống như có sẵn trong các AMR địa phương.

b. Kết nối đến một lịch trình đọc đồng hồ

Người đọc đồng hồ chuẩn bị một lịch trình dự định đọc trong chuyến đi của mình. Lịch trình được lưu trong dụng cụ đọc đồng hồ. Những con số nối tiếp của các đồng hồ dự kiến đọc có sẵn trong vùng vô tuyến xung quanh sẽ được hiển thị trên màn MRI.

c. Tìm kiếm các đồng hồ trong vùng vô tuyến xung quanh

Hệ thống LPR có một tùy chọn cao cấp mà trong đó các đồng hồ có sẵn trong phạm vi vô tuyến có thể được xác định. Các đồng hồ xác định được hiển thị trên màn hình MRI với cờ "đọc" trong trường hợp cùng được đọc và dữ liệu đọc được hiển thị trên MRI..

5.2.4.4. Lợi ích của hệ thống AMR dựa trên LPR

Sau đây là những lợi thế khác biệt AMR dựa trên LPR:

1. Đọc được các đồng hồ không thể tiếp cận như các đồng hồ lắp đặt tại nơi cao để chống can thiệp hoặc đồng hồ tại biến áp phân phối được lắp đặt tại một chiều cao an toàn để bảo vệ nó khỏi phá hoại.
2. Đọc một loạt đồng hồ tại một khu vực công nghiệp từ một địa điểm trung tâm
3. Thiết lập một trạm theo dõi không dây cho khu vực công nghiệp/khu vực dễ bị giả mạo.
4. Thu thập đọc đồng hồ trong tài sản đã bị khóa.
5. Đọc đồng hồ ở các khu vực không an toàn hoặc bị cấm.

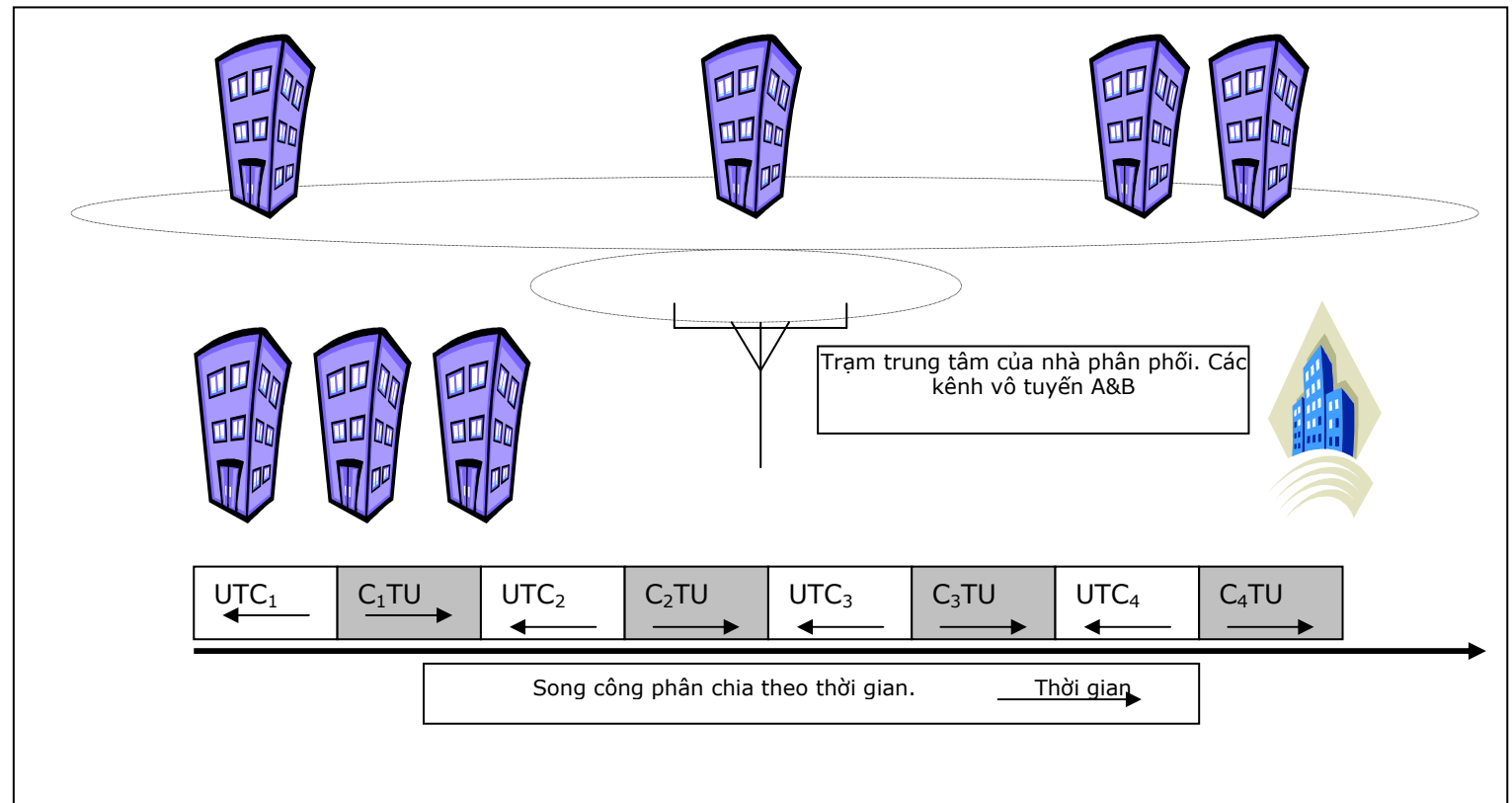
5.2.6. AMR trên kênh vô tuyến công suất lớn (High power Radio)

Trong thời gian không xa khi các ngành công nghiệp cung cấp điện (ESI) sẽ có riêng băng tần vô tuyến điện dành riêng cho AMR của họ. Các nhà cung cấp điện nhờ đó có thể kết nối với 5.000 khác hàng hàng đầu hoặc các biến áp phân phối của mình của mình trong một thành phố nhờ hệ thống AMR dựa trên sóng vô tuyến. Dù kênh vô tuyến công suất thấp hay cao đều có lợi ích của việc thiết lập kết nối ngay lập tức và cải thiện đáng kể thông lượng khi so sánh với các kết nối quay số. Những lợi ích của AMR dựa trên kênh vô tuyến công suất cao là:

1. Giảm đáng kể thời gian giữa quá trình đọc đồng hồ và phân phối hóa đơn. Điều này đem lại cải thiện lớn trong tính cước.
2. Có khả năng đọc đồng hồ tại trung tâm. Tiết kiệm về hậu cần.
3. Báo cáo hàng ngày về tiêu dùng và theo dõi vì vậy dự báo chính xác về doanh thu.
4. Báo cáo hàng ngày và trộm điện, cúp điện. Không cần phải chờ đến cuối tháng.
5. Chi phí điều hành thấp hơn khi so sánh với "giao tiếp dựa trên cơ sở hạ tầng mạng thông tin sẵn có" như PSTN / GSM / CDMA vv.

Các chức năng của AMR dựa trên kênh vô tuyến công suất cao không khác nhiều so với AMR công suất ngoại trừ trường hợp ngoại lệ sau đây:

1. Mỗi đồng hồ sẽ được trang bị với một bộ thu phát RF công suất cao. Công suất chính xác cụ thể sẽ phụ thuộc vào độ nhạy thu phát của nhà phân phối điện. Yêu cầu công suất cung cấp có thể tăng tối đa 2-3 Watt.
2. Các đồng hồ có thể có một ăng ten định hướng mà phải được gắn ở độ cao để nâng cao độ tin cậy của giao tiếp.
3. Trạm trung tâm của nhà phân phối tương ứng sẽ có một bộ thu phát mạnh, cột ăng ten và các thiết bị đọc đồng hồ cụ thể sẽ được thay thế bằng một máy tính để thu thập dữ liệu hoàn toàn tự động và tạo ra các báo cáo.



Hình 5.8. Nguyên lý của hệ thống AMR dựa trên kênh vô tuyến công suất lớn

Thành phần quan trọng để có được một thông tin hai chiều trên một kênh vô tuyến đơn là song công phân chia theo thời gian (TDD). TDD là một hình thức ghép kênh phân chia thời gian trong đó gán một khe thời gian cố định hữu ích dành cho "Nhà phân phối với khách hàng1" (UTC1) và khe thời gian tiếp theo cho "Khách hàng 1 đến nhà cung cấp" (C1TU) khi giao tiếp diễn ra. Nếu dữ liệu vượt quá một khe thời gian thì sử dụng khe tiếp theo. Khi các dữ liệu từ người tiêu dùng 1 thu được, đồng hồ thứ hai tiếp tục được địa chỉ hóa bằng cách sử dụng nhận dạng của nó (hình 5.8).

Kênh vô tuyến công suất cao có thể được cấu hình để làm việc 24 giờ một ngày và thậm chí có thể được cấu hình cho việc đọc ngẫu nhiên những nhóm khách hàng "đáng ngờ" có hành vi gian lận so với việc việc cài đặt.

Kênh vô tuyến công suất cao sẽ là một lợi ích thực sự cho các nhà phân phối và cung cấp điện. Vì vậy, các ngành công nghiệp nên nghiêm túc theo đuổi việc thành lập "thành phố AMR" dựa trên kênh vô tuyến công suất cao .

5.2.7. AMR qua kênh truyền thông điện lực Power line communications

Vấn đề trọng tâm của phân này là tìm ra một công nghệ rẻ tiền mà giá cả phù hợp có thể triển khai cho các ứng dụng đọc công tơ từ xa .Trong khi ngành công nghiệp năng lượng đã sử dụng truyền thông qua đường dây điện lực (PLC) từ lâu. PLC là hệ thống thông tin điểm tới điểm sử dụng một tần số sóng mang mà nhờ đó số liệu/giọng nói có tốc độ thấp được điều biến. PLC là rất phổ biến trong hệ thống công nghiệp của Ấn Độ và được sử dụng cho thoại khẩn cấp và mạng SCADA. Hơn nữa PLC giảm được các thiết bị đầu cuối đắt tiền gây khó khăn khi triển khai việc đọc công tơ từ xa.

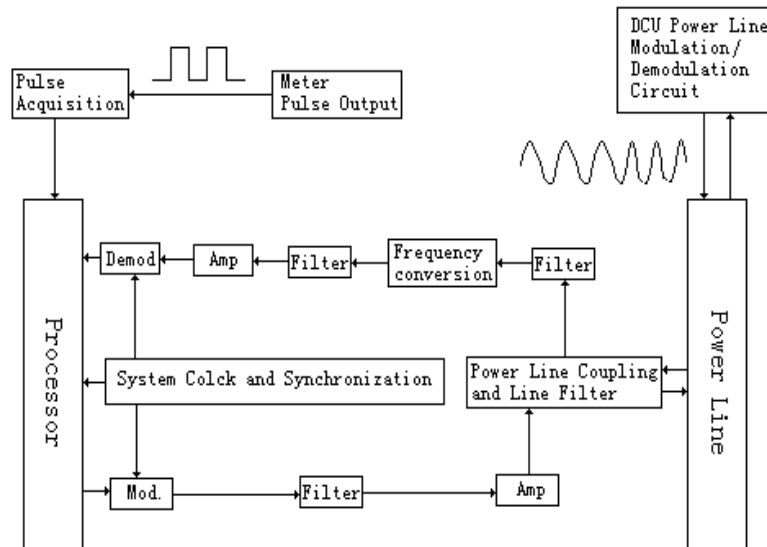
Công nghệ được thảo luận trong chương này là truyền thông qua đường điện lực dựa trên mạng lưới phân phối.

5.2.7.1. Sơ đồ khối cơ bản

Mô hình của một hệ thống AMR dựa trên PLC được giải thích ở đây (hình 5.10) áp dụng cho một kịch bản mà các đồng hồ cá nhân sẽ cung cấp số liệu của mình cho một bộ tập trung dữ liệu được cài đặt trong biến áp phân phối. Một bộ tập trung dữ liệu là cần thiết ở bên LT bởi vì hầu hết các tín hiệu PLC không thể vượt qua biến áp.

Hệ thống tự động đọc công tơ từ xa (AMR) là một hệ thống mạng điều khiển đa cấp. Hệ thống mạng bao gồm một Trạm máy chủ trung tâm (HCS), các đơn vị tập trung dữ liệu (DCU) và đơn vị giao tiếp đồng hồ (MIU).

Các thiết bị truyền thông cho hệ thống truyền thông PLC là một Modem điện lực tích hợp (PLM) truyền và nhận dữ liệu trên đường dây điện. Cả MIU và các DCU đều có các PLM. Các dòng dữ liệu nhị phân được gửi vào vào một sóng mang bằng kỹ thuật điều chế. Tín hiệu này sau đó được gửi đường dây điện nhờ PLM. Ở đầu thu, một PLM phù hợp sẽ phát hiện tín hiệu và chuyển đổi nó trở lại một luồng dữ liệu nhị phân. Các PLM hoạt động trong một chế độ bán song công hai chiều và đa truy nhập phân chia theo thời gian. Thông tin hai chiều giữa DCU và MIU là cần thiết trong việc thiết lập một kênh truyền thông phù hợp, đồng bộ hệ thống và báo cáo trạng thái.



Hình 5.9. Nguyên lý cơ bản của PLC

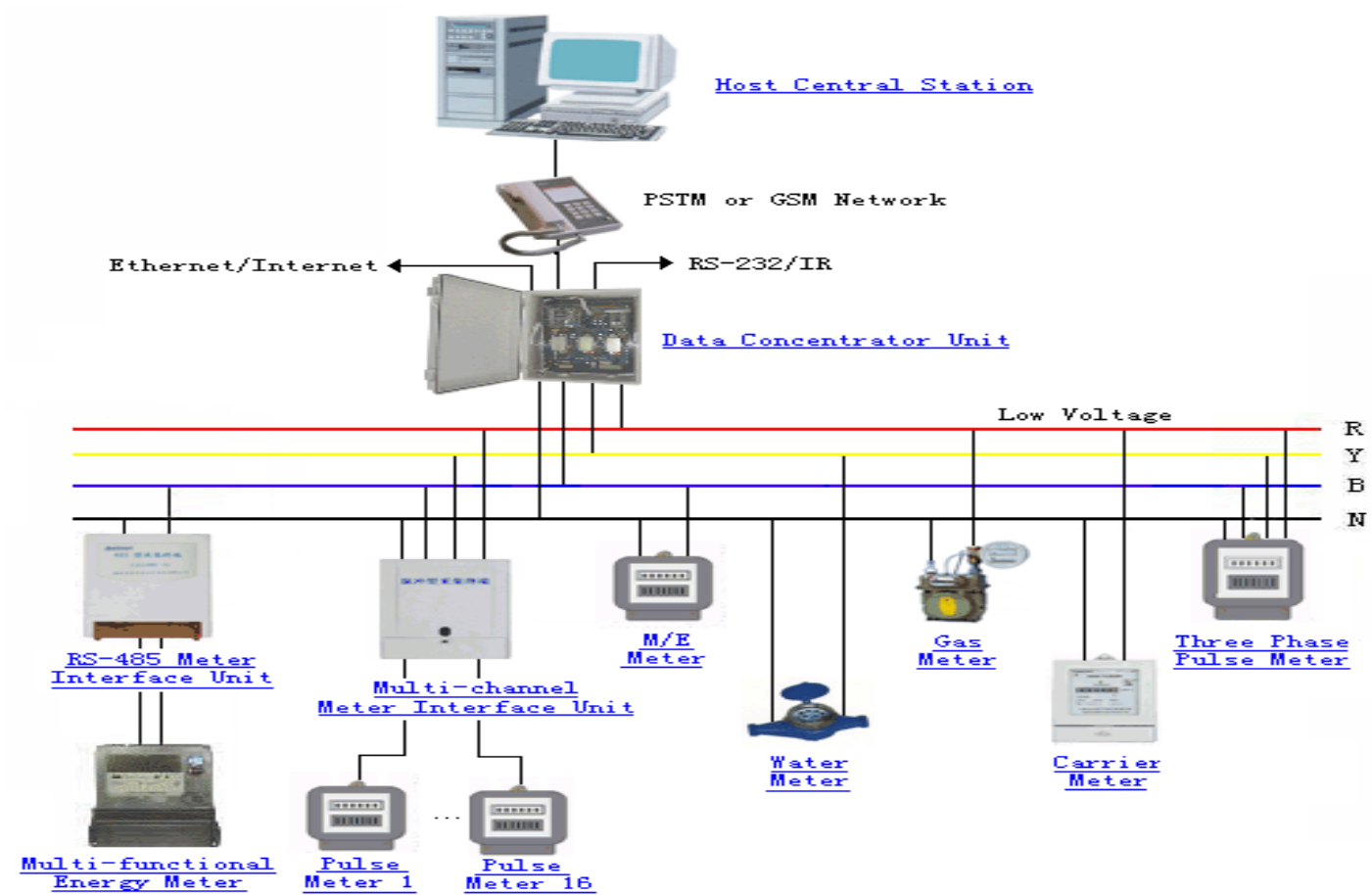
Trong AMR, tốc độ truyền dẫn không phải là một mối quan tâm lớn mà là độ tin cậy. Tốc độ truyền dữ liệu của kênh PLC được đặt ở 600 bps để đảm bảo thông tin liên lạc trên một tuyến truyền dẫn dài hơn và giảm lỗi truyền dẫn. Mỗi MIU cũng được trang bị chức năng của một bộ lặp. Nếu cần, các DCU có thể chỉ định bất kỳ một MIU nào đó trong phân hệ phụ là một trạm lặp để tăng cường khả năng liên lạc với một MIU cụ thể. Cùng với kỹ thuật nhạy cảm trong phát hiện các tín hiệu và kỹ thuật số kỹ thuật lọc nhiễu, truyền thông trên PLC có thể giảm được rất lớn ảnh hưởng của nhiễu điện và xuyên âm.

5.2.7.2. Quá trình thu thập dữ liệu đo.

MIU là một thiết bị thông minh có thể thu thập xử lý ghi dữ liệu điện năng tiêu thụ thu được từ đồng hồ đo điện. Nó lấy xung đầu ra của đồng hồ và chuyển đổi đo lường của đồng hồ sang một định dạng kỹ thuật số thích hợp cho việc xử lý dữ liệu. Vì vậy nó có thể theo dõi tải điện trong thời gian thực. MIU lưu các dữ liệu thu thập được trong bộ nhớ không mất thông tin. Tất cả dữ liệu và các thiết lập được bảo vệ chống lại việc mất điện.

Dữ liệu được lưu trữ trong MIU được truyền đến DCU thông qua đường dây điện nhờ các PLM. Quá trình liên lạc được khởi xướng bởi các DCU thăm dò các MIU bằng cách gọi địa chỉ của nó. Trong hầu hết trường hợp, giao tiếp DCU với máy chủ trung tâm ở xa thông qua một modem tiêu chuẩn thông qua mạng điện thoại hoặc GSM.

Tại Ấn Độ, rất nhiều các hệ thống PLC được thử nghiệm nhưng gặp thất bại và không đạt được đến yêu cầu mong đợi do môi trường nhiễu điện. Thứ hai, công nghệ này là nhằm cho các khách hàng một pha hoặc người tiêu dùng thu nhập mà đối với họ chi phí cho việc đọc công tơ không phải là vấn đề quan trọng. Ngay cả đối với các nhà phân phối có mạng lưới phân phối tốt nhất hệ thống PLC dựa trên các tần số cao cũng không được thực hiện.

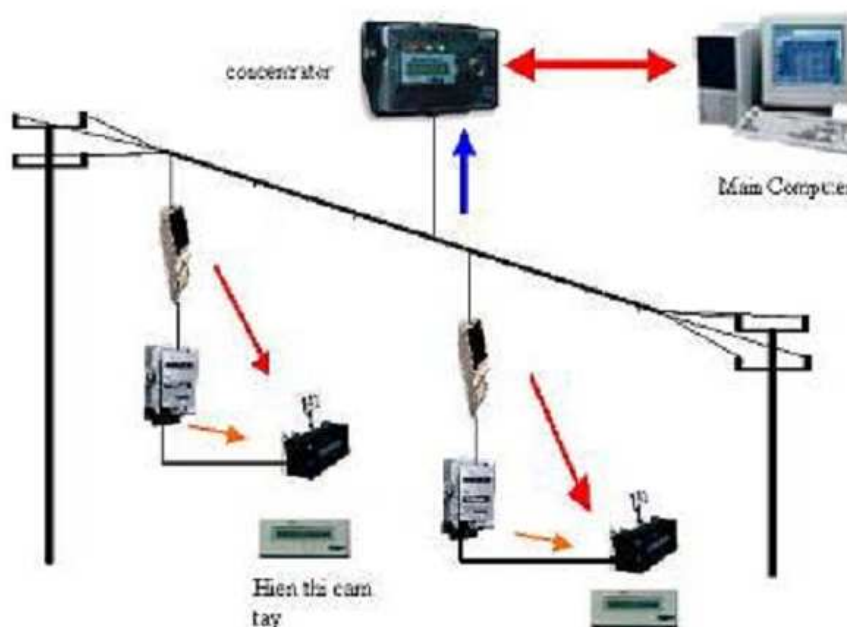


Hình 5.10. Kiến trúc mạng AMR-PLC

5.3. Hệ thống AMR qua đường dây điện lực hạ thế Collectric™

5.3.1. Giới thiệu Công nghệ

Hệ thống Collectric™ là một hệ thống đo đếm điện năng tiêu thụ một cách tự động từ xa theo thời gian thực. Hệ thống cung cấp rất nhiều ứng dụng như giám sát, quản lý lưới điện và khách hàng phục vụ cho các Công ty Điện lực cũng như các khách hàng sử dụng điện. Hệ thống Collectric™ có thể tận dụng cơ sở hạ tầng sẵn có với những công tơ cơ sẵn có. Hệ thống đã thực hiện một bước đột phá về công nghệ truyền thông trên đường điện (PLC), sử dụng hệ thống dây điện có sẵn để truyền dữ liệu theo thời gian thực giữa các khách hàng và một thiết bị thu thập và xử lý dữ liệu trung tâm. Đây là một hệ thống với kết cấu module linh hoạt, đòi hỏi một sự đầu tư ban đầu rất khiêm tốn, quá trình lắp đặt dễ dàng và nhanh chóng. Hệ thống Collectric™ bao gồm:



Hình 5.11. Hệ thống AMR Collectric™

5.3.2. Bộ tập trung – Concentrator

- Bộ tập trung là trung tâm thu nhận, xử lý dữ liệu cho tối đa 1000 thiết bị thu phát từ xa lắp đặt trên đường dây điện hạ thế. Bộ tập trung thực hiện một số chức năng sau đây:



Hình 6-12: Bộ Tập Trung

- Thu thập, tính toán và phân tích lượng điện năng tiêu thụ của khách hàng theo bảng giá (theo thời gian sử dụng thực).

- Ghi nhận các bảng giá (theo thời gian sử dụng thực) sẽ áp dụng trong tương lai, hỗ trợ các công ty Điện lực lập kế hoạch kinh doanh trong thời gian dài.

- Được thiết kế với qui trình tự kiểm tra, hỗ trợ cho việc bảo dưỡng thiết bị.

- Thực hiện định kỳ (mỗi tháng 1 lần) việc chốt chỉ số tự động và đọc các thông tin từ tất cả các thiết bị kết nối với nó

- Có thể lưu giữ số liệu tổng hợp của 6 tháng trong bộ nhớ (vòng tròn).

- Chỉ ra được pha sử dụng của từng khách hàng.

- Báo cáo về tình trạng tải của từng pha.

- Lưu báo cáo về 10 lần mất điện gần nhất.

- Lập các báo cáo kỹ thuật về lưới điện.

- Pin dự phòng Lithium cho phép hoạt động liên tục theo đồng hồ thời gian thực.

- Các báo cáo được truyền từ bộ tập trung đến máy tính trung tâm trực tiếp qua đường điện thoại và modem hoặc qua bất kỳ một phương tiện truyền dẫn tín hiệu nào khác, hoặc bằng tay qua HHU.

- Lắp đặt tại bất cứ vị trí thuận lợi nào trên lưới điện hạ thế.

- Hỗ trợ với các gói phần mềm ứng dụng theo lựa chọn như:

- ✓ Chương trình điều khiển tải.
- ✓ Sơ đồ thanh toán trả trước.
- Gửi các báo cáo về tình trạng kỹ thuật của Hệ thống

5.3.3. Thiết bị phát từ xa một chiều – RTU

Thiết bị phát từ xa, đọc và truyền số liệu trên đường điện (PLC). Thiết bị này được gắn vào bên trong công tơ cơ (1 hoặc 3 pha). Thiết bị có nhiệm vụ đọc, lưu giữ và truyền đều đặn các chỉ số đo được, số serial, các giá trị cố định đo được và tình trạng của RTU đến Bộ Tập Trung.

- Sử dụng bộ cảm ứng quang học để đọc và lập trình.
- Kích thước nhỏ gọn, có thể gắn bên trong hay bên ngoài bất cứ công tơ cơ nào.
- Lắp đặt nhanh chóng và đơn giản.
- Truyền dữ liệu một chiều tới Bộ Tập Trung qua đường dây tải điện.



Hình 6-13: RTU

- Thiết bị được cấp nguồn trực tiếp từ mạng điện, tiêu thụ điện không đáng kể.
- Có bộ nhớ lưu trữ thông tin ngay cả khi bị mất điện.
- Hỗ trợ tính nhiều mức giá tại bộ tập trung
- Cảnh báo khi đĩa công tơ quay ngược.
- Giá thành thấp.

5.3.4. Thiết bị đo xa 2 chiều PRTU

Thiết bị đo hai chiều (PRTU) thực hiện các chức năng hai chiều, không cần dây nối chỉ cần nối vào đường điện. Thiết bị này đọc thông tin truyền từ các thiết bị một chiều của công tơ để tính toán lượng điện năng tiêu thụ. Nhận lệnh quản lý từ bộ tập trung

Các tính năng sau có thể được khai thác trên thiết bị đo hai chiều theo bất cứ tổ hợp yêu cầu nào:

- Thiết bị bổ sung hai chiều có thể được gắn hoặc vào khối đầu cuối công tơ (A) hoặc ở bất kỳ vị trí nào trên cùng một đường điện ví dụ như trên bảng cầu dao của khách hàng (B).

- Thiết bị bổ sung hai chiều có thể được cung cấp với màn hình LCD hiển thị số và biểu đồ cho khách hàng biết các thông tin đa dạng (xem thiết bị hiển thị cầm tay hai chiều và thiết bị trả trước).

- Thiết bị bổ sung hai chiều hỗ trợ các hoạt động thanh toán trả trước (xem chi tiết trong phần thiết bị thanh toán trả trước 2 chiều).

- Thiết bị thanh toán trả trước bổ sung có thể nhận các dư nợ mới từ thiết bị hiển thị ở xa.

Điện cung cấp cho khách hàng có thể điều khiển từ xa bằng việc sử dụng thiết bị bổ xung hoặc với bộ phận chuyển mạch thiết kế trong hoặc bằng truyền lệnh khởi động cầu chì hiện có.

Ngoài các tính năng đã có ở công tơ một chiều thiết bị bổ sung hai chiều cho phép:

- Aptomat đóng, ngắt điện theo điều khiển của trung tâm.
- Khuếch đại tín hiệu PLC.
- Hiển thị các thông tin biểu giá cước.
- Đo mức điện áp đường dây.
- Giới hạn lượng điện năng tiêu thụ của khách hàng.



Hình 6.14: PRTU

5.3.5. Máy tính cầm tay



Hình 5.15. Máy tính cầm tay

Máy tính đa chức năng được sử dụng như bộ kết nối bằng tay giữa máy tính trung tâm tại công ty điện lực và bộ tập trung cũng như RTU (tại phía khách hàng).

Máy tính đa chức năng với phần mềm CollectricTM phù hợp hầu hết với các hoạt động của các máy tính trung tâm, nó có thể thay thế máy tính xách tay.

Liên lạc qua công quang với các thiết bị đo xa (RTU, Bộ Tập Trung).

- Lập trình các thiết bị đo xa với các thông số ban đầu
- Nạp phần mềm và các số liệu vào Bộ Tập Trung
- Đọc, lưu giữ các báo cáo từ Bộ Tập Trung.
- Đọc, lưu giữ và truyền tình trạng của các thiết bị đo xa (RTU, RFTU...).
- Dễ sử dụng, nhẹ, cầm bằng một tay như một máy tính xách tay
- Có pin Lithium dự phòng, được cung cấp với dây cắm liên lạc qua công quang.
- Có gắn sẵn đồng hồ thời gian thực.

- Có thể gắn thêm máy in nhỏ.

5.3.6. Main Computer



Hình 5.16. Main Computer

Chứa các phần mềm cần thiết cho quá trình vận hành hệ thống Collectric™. Nhận dữ liệu từ các bộ tập trung để sử dụng cho các mục đích của ngành điện.

5.3.7 Các thiết bị khác

5.3.7.1. Thiết bị Khuếch Đại - Amplifier

Thiết bị khuếch đại là thiết bị hai chiều, nhận và truyền số liệu qua đường điện PLC. Thiết bị Khuếch Đại hoạt động như một bộ lặp, khuếch đại tín hiệu được truyền từ các thiết bị đầu cuối về BTT qua đường tải điện. Thiết bị này cho phép thông tin được truyền với chất lượng tín hiệu cao trên lưới điện.



Hình 5.17. Bộ Khuếch Đại

- Là thiết bị thông tin hai chiều thực trên đường điện
- Khuếch đại tín hiệu truyền từ các thiết bị 1 chiều và 2 chiều ở xa.
- Đo và báo cáo mức điện áp đường dây
- Truyền định kỳ các số liệu và tình trạng tới Bộ Tập Trung.
- Thích hợp với lưới điện 1 pha và 3 pha.
- Điện năng tiêu thụ không đáng kể.

5.3.7.2. Thiết bị Điều khiển tải - LC100MM



Hình 5.18. Thiết bị điều khiển tải - LC100MM

- Là thiết bị đo điện điện tử có chức năng điều khiển tải - LC100-MM là một thiết bị thông tin hai chiều trên đường dây tải điện, có kết cấu khung gá theo chuẩn DIN RAIL
- Nhận và truyền dữ liệu qua đường điện đến Bộ tập trung
- Cho phép giám sát lưới điện.
- Cho phép quản lý mạng nhờ chuyển mạch 100Amp bên trong của nó.
- Hoạt động như một bộ lặp, khuếch đại tín hiệu nhận được từ các thiết bị từ xa rồi truyền về Bộ tập trung thông qua đường tải điện, có khả năng truyền thông cao tại mọi thời điểm từ các vị trí xa trên lưới điện, loại bỏ yêu cầu lắp thêm Bộ Lặp.

- Có khả năng đọc các chỉ số đồng hồ đo lượng tiêu thụ nước hoặc gas sử dụng tần số (RF) không cần giấy.
- Nhỏ nhất thế giới – với 3 mẫu gá chuẩn DIN (52.5mm).
- ICE1036 20 (80) cấp 2 thiết bị đo điện điện tử (Wh) trực tiếp.
- Đầu dây dẫn 16 mm² với 2 khe bắt vít chặt.
- Hai chiều thực trên bảng thông đường tải điện (PLC).
- Hiệu chỉnh tự động (không cần điều chỉnh cơ học).
- Tính toán lượng điện năng tiêu thụ tại thiết bị theo Thời Gian Thực ứng với nhiều biểu giá nhiều mức giá.
- Có phần tử chuyển mạch tải 100Amp bên trong.
- Có khả năng cắt điện từ xa.
- Có khả năng giới hạn từ xa nhu cầu năng lượng sử dụng tối đa của khách hàng.
- Bảo vệ tụt áp cho khách hàng.
- Có chế độ hoạt động cho dịch vụ trả trước.
- Có đồng hồ thời gian thực bên trong được cập nhập định kỳ bởi Bộ tập trung.
- Truyền một cách định kỳ tất cả dữ liệu và thông tin trạng thái đã được cập nhật đến Bộ tập trung.
- Đo và báo cáo mức điện áp đường dây.
- Có cổng quang dùng cho việc đọc và lập trình.
- Lặp lại các tín hiệu truyền tới từ các thiết bị một-chiều và hai-chiều ở xa.
- Nguồn được cấp trực tiếp từ lưới điện.
- Tiêu thụ điện năng không đáng kể.
- Có bộ nhớ lưu trữ dự phòng không bị thay đổi khi mất điện.

5.3.7.3. Đèn LED hiển thị 6 chữ số 0.1kWh (tùy chọn).

- Là thiết bị độc lập.
- Lắp đặt đơn giản và nhanh chóng.
- Giá thành thấp nên chi phí đầu tư hiệu quả

5.3.7.4. Công tơ điện tử 1 pha - RR1M



Hình 5.19. Công tơ Điện tử 1 pha - RR1M

Đã gắn sẵn thiết bị đọc từ xa và truyền các số liệu về bộ tập trung theo đường dây tải điện (PLC):

- Cho phép giám sát mạng lưới điện.
- Có thể có hoặc không có màn hình hiển thị.

Là loại công tơ có kích thước nhỏ nhất thế giới 90x17.5x60 mm (single width DIN). IEC1036 10 (40) cấp 2, công tơ điện tử đo Wh trực tiếp.

- Truyền thông một chiều trên đường Tải Điện (PLC).
- Tự động điều chỉnh.
- Truyền định kỳ dữ liệu và trạng thái tới Bộ Tập Trung.
- Cho phép tính biểu giá theo Thời Gian Thực (Ba giá).
- Có cổng quang cho việc đọc và lập trình.
- Tiêu thụ điện năng không đáng kể (0.3w).
- Được cấp nguồn trực tiếp từ điện lưới.
- Bộ nhớ lưu trữ dự phòng không thay đổi khi mất điện.
- Đèn LED hiển thị 6 số 0.1kwh (Lựa chọn).
- Là thiết bị độc lập.
- Cài đặt đơn giản và nhanh chóng.
- Giá thành thấp .

5.3.7.5. Công tơ điện tử 3 pha - RR3M



Hình 5.20. Công tơ Điện tử 3 Pha - RR3M

Là thiết bị đã gắn sẵn thiết bị Đọc Từ Xa và truyền các số liệu đọc được về Bộ Tập Trung theo đường dây Tải Điện (PLC):

- Cho phép giám sát mạng lưới điện.
- Thiết bị được thiết kế có màn hình hiển thị hoặc không có màn hình hiển thị.
- Kết nối trực tiếp với 3 pha trên lưới điện.

Là loại công tơ có kích thước nhỏ nhất thế giới: 3 pha 90X52.5X60 mm) (Tripple width DIN). IEC1036 10(40), 10(63), 20(80) cấp 2, công tơ điện tử đo Wh trực tiếp.

- Truyền thông một chiều trên đường Tải Điện (PLC).
- Tự động điều chỉnh.
- Truyền định kỳ dữ liệu và trạng thái tới Bộ Tập Trung.
- Tính toán lượng điện năng tiêu thụ theo thời gian theo từng biểu giá khác nhau.
- Có cổng quang cho việc đọc và lập trình.
- Tiêu thụ điện năng không đáng kể 0,3Wh.
- Bộ nhớ lưu trữ không thay đổi.
- Đèn LED hiển thị 6 số 0.1kwh.
- Là thiết bị độc lập.
- Cài đặt đơn giản và nhanh chóng.

5.3.7.5. Thiết bị hiển thị cầm tay - Portable Display

Thiết bị hiển thị cầm tay là một thiết bị hai chiều, nhận và truyền số liệu qua đường tải điện (PLC). Thiết bị này được cắm tại các hộ gia đình để cung cấp thông tin cho khách hàng.



Hình 6-21. Thiết bị hiển thị cầm tay

Thiết bị hiển thị cầm tay hiển thị các thông tin:

- Tổng lượng điện năng tiêu thụ.
- Biểu giá điện năng áp dụng.
- Biểu giá đang áp dụng và thời gian hết mức giá đó.
- Điện áp đường dây.
- Nhu cầu điện năng.
- Trạng thái của các bộ chuyên mạch.
- Nhu cầu điện năng tối đa cho phép.
- Đồng hồ thời gian thực.
- Các thông tin, quảng cáo khác.
- Có cổng quang dùng cho mục đích bảo dưỡng.
- Điện năng tiêu thụ thấp.
- Kích cỡ nhỏ, cắm vừa với bất cứ ổ cắm nào.
- Hiển thị các thông tin khác nhau về mạng và khách hàng.
- Đo và hiển thị mức điện áp đường dây.
- Có đồng hồ thời gian thực được cập nhập định kỳ bởi Bộ

Tập Trung.

- Có cổng quang cho các hoạt động bảo dưỡng.
- Được cấp nguồn trực tiếp từ lưới điện.
- Màn hình hiển thị tinh thể lỏng.
- Thiết bị độc lập hoàn chỉnh.
- Giá thành thấp hiệu quả đầu tư cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Hữu Công, Nguyễn Văn Chí; *Giáo trình Kỹ thuật đo lường*; Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội 2008.
- [2]. Công tơ điện xoay chiều kiểu cảm ứng - quy trình kiểm định, ĐLVN 07-2012.
- [3]. Công tơ điện xoay chiều kiểu điện tử - quy trình kiểm định, ĐLVN 39-2012.
- [4]. Biến áp đo lường – quy trình kiểm định, ĐLVN 24-2012.
- [5]. Nguyễn Ngọc Tân; *Kỹ thuật đo*; nhà xuất bản khoa học kỹ thuật 1998.
- [6]. Vũ Đăng Quang, *Kỹ thuật đo đếm điện năng*, Trung tâm đo lường quốc gia, 1995.
- [7]. Curent Sensing For Energy Meterting;
<http://www.Analog.com/energymeter>
- [8]. Energy future (2009), *APLM (Automatic Power Line Metering) - Automatic system for commercial accounting of power consumption of the residential users*. (Available on the website: http://energyfuture.ru/ackye_aplm/)
- [9]. Gallager I., Ballance J. and Adams J (1989), *The application o AMR Technique to the network*, Br.Telecom. Technol.J., 7(2), pp. 151-160.
- [10]. Ontario Energy Board (2004), *Smart Meter Implementation Plan*. (Available on the website: http://www.oeb.gov.on.ca/documents/sm_appendices_091104.pdf.)
- [11]. Power Encounter (2009), *"Smart Meters" Require to Understand Customer Behaviour*. (Available on the website:

<http://powerencounter.blogspot.com/2009/03/smart-meters-require-to-understand.html>).

[12]. Schenk A (2005), *Requirements for Automatic Metering and Information System*. 18th International conference on electricity distribution. Va Tech Sat, Austria.

[13]. Smith Bellerby Limited (2007), *Smart Metering*. (Available on the website: <http://www.smithbellerby.co.uk/newsarticle/smart-metering/769.html>)

[14]. Tele Tec, Telecommunication technologies Corporation (2012), *Smart IMS 5.0 –General description*. (Available on the website: [http://www.teletec.com.ua/doc/File/links/ Smart.IMS.5.pdf](http://www.teletec.com.ua/doc/File/links/Smart.IMS.5.pdf)).

[15]. VEGASTAR (2004), AMR collectric Oneway Manual.

KĨ THUẬT ĐO ĐẾM ĐIỆN NĂNG

Chịu trách nhiệm xuất bản

PGS.TS. NGUYỄN ĐỨC HẠNH

Tổng biên tập

PGS.TS. TRẦN THỊ VIỆT TRUNG

<i>Biên tập:</i>	NHƯ NGUYỆT
<i>Trình bày bìa:</i>	THÀNH NGUYỄN
<i>Chế bản vi tính:</i>	ĐỨC NGUYỄN
<i>Sửa bản in:</i>	ĐỨC NGUYỄN

ISBN: 978-604-915-026-5

In 1000 cuốn, khổ 16 x 24 cm, tại Doanh nghiệp tư nhân Tiến Dậu. Giấy phép xuất bản số 376-2013/CXB/01-10/ĐHTN. In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2013