

## MỤC LỤC

<b>1</b>	<b>Tính toán sơ bộ.....</b>	<b>3</b>
1.1	Tính dòng điện tải $I_b$ .....	3
1.1.1	Dòng điện định mức của tải .....	3
1.1.2	Dòng điện làm việc của tải.....	3
1.1.3	Dòng điện tải trong các dây dẫn.....	4
1.2	Lựa chọn CB .....	6
<b>2</b>	<b>Tính toán kích thước dây dẫn.....</b>	<b>7</b>
2.1	Lựa chọn máy biến áp .....	7
2.2	Tính toán lựa chọn dây dẫn.....	8
2.3	Tính toán độ sụt áp.....	10
2.3.1	Phương pháp 1: tra bảng .....	10
2.3.2	Phương pháp 2: Tính theo các công thức lý thuyết.....	11
2.3.3	Bảng tính toán độ sụt áp trên dây dẫn: .....	12
<b>3</b>	<b>Tính toán lựa chọn CB theo dòng ngắn mạch.....</b>	<b>13</b>
3.1	Tính toán dòng ngắn mạch 3 pha lớn nhất.....	13
3.2	Kiểm tra khả năng cắt dòng ngắn mạch của CB.....	15
3.3	Kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn.....	15
<b>4</b>	<b>Lựa chọn bộ bảo vệ động cơ .....</b>	<b>18</b>
4.1	Lựa chọn bộ bảo vệ động cơ (Rờ le nhiệt, CB và Contactor): .....	19
4.2	Kiểm tra việc phối hợp CB, Contactor và Rờ le nhiệt.....	20
4.3	Lựa chọn CB và bộ khởi động động cơ: .....	21
<b>5</b>	<b>Tính toán bù công suất.....</b>	<b>21</b>
5.1	Tính toán lượng công suất cần bù .....	21

5.2	Chọn tụ bù và kiểu bù .....	22
<b>6</b>	<b>Lựa kiểm tra sự bảo vệ chọn lọc của CB .....</b>	<b>23</b>
6.1	Kiểm tra điều kiện bảo vệ chọn lọc của CB: .....	23
6.2	Kiểm tra áp dụng kỹ thuật cascading: .....	27
<b>7</b>	<b>Bảo vệ điện giật gián tiếp.....</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Lựa chọn thiết bị đóng cắt 22kV và bảo vệ máy biến áp .....</b>	<b>31</b>
8.1	Thiết kế máy biến áp có một lộ vào 22kV .....	32
8.2	Thiết kế hai lộ vào 22 kV:.....	40
<b>9</b>	<b>Tính toán bằng phần mềm Ecodial .....</b>	<b>41</b>
<b>10</b>	<b>Kết luận.....</b>	<b>46</b>

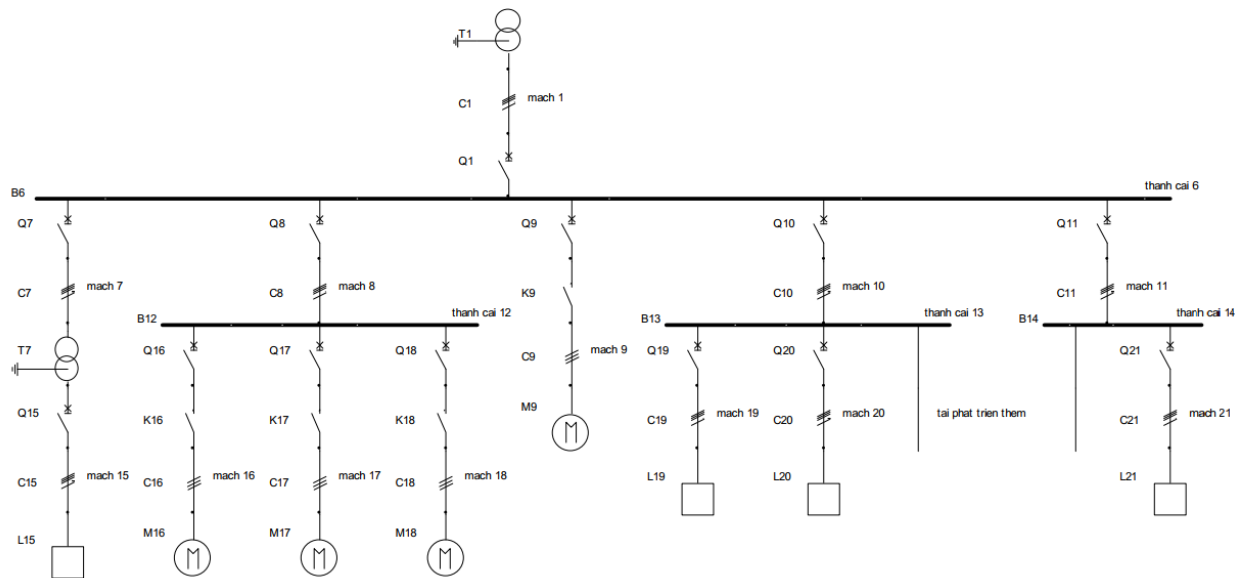
## DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 1. 1: Bảng tra hệ số đồng thời.....	4
Hình 2. 1: Bảng tra hệ số K để tính toán độ sụt áp.....	11
Hình 2. 2: Bảng tra tính toán độ sụt áp.....	11
Hình 3. 1: Bảng tra tổng trở máy biến áp dựa vào công suất .....	13
Hình 3. 2: Bảng tra hệ số K để kiểm tra độ bền nhiệt .....	16
Hình 3. 3: Biểu đồ năng lượng tích trữ trong CB.....	16
Hình 3. 4: Biểu đồ tích trữ năng lượng trong CB.....	17
Hình 4. 1: Bảng tra sự kết hợp giữa Contactor và Rờ le nhiệt .....	20
Hình 5. 1: Bảng tra tụ bù dựa vào công suất MBA.....	22
Hình 5. 2: Bảng tra dây dẫn cho tụ bù.....	23
Hình 6. 1: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc .....	24
Hình 6. 2: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc .....	25
Hình 6. 3: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc .....	26
Hình 6. 4: Bảng tra kiểm tra kỹ thuật Cascading .....	28
Hình 7. 1: Bảng tra thời gian ngắt của CB .....	29
Hình 7. 2: Bảng tra tiết diện dây PE.....	30
Hình 7. 3: Bảng tra tripping curve của CB.....	31
Hình 8. 1: Bảng tra thông số cầu chì .....	33
Hình 8. 2: Đồ thị khả năng chịu dòng theo thời gian của cầu chì .....	34
Hình 9. 1: Tủ đóng cắt SM6.....	36
Hình 9. 2: Tủ vận hành tự động SM6.....	36
Hình 9. 3: Tủ cầu chì SM6 .....	37
Hình 9. 4: Tủ CB SM6.....	38
Hình 9. 5: Tủ CB SM6.....	39
Hình 9. 6: Sơ đồ đi dây cho tủ SM6 của hệ thống.....	40

## DANH SÁCH BẢNG BIỂU

Bảng 1. 1: Thông số phụ tải.....	3
Bảng 1. 2: Kết quả tính toán dòng làm việc của tải.....	4
Bảng 1. 3: Tính toán lại dòng điện tải trên dây dẫn .....	5
Bảng 1. 4: Thông số dòng, dây và CB .....	6
Bảng 1. 5: Chọn lại CB cho phù hợp với máy biến áp.....	7
Bảng 2. 1: Tính toán cáp điện và busway .....	10
Bảng 2. 2: Bảng tính toán độ sụt áp trên dây dẫn:.....	12
Bảng 3. 1: Bảng tính toán tổng trở trên từng nhánh .....	14
Bảng 3. 2: Kết quả kiểm tra khả năng cắt dòng ngắn mạch của CB .....	15
Bảng 3. 3: Kết quả kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn .....	18
Bảng 4. 1: Bảo vệ phối hợp CB, Contactor và Rờ le nhiệt.....	20
Bảng 4. 2: Bảng kiểm tra đạt yêu của CB với động cơ .....	21
Bảng 4. 3: Bảo vệ phối hợp CB, Contactor và Rờ le nhiệt.....	21
Bảng 5. 1: Bảng tính toán công suất của tải .....	21
Bảng 6. 1: Bảng kiểm tra tính chọn lọc .....	27
Bảng 6. 2: Bảng kiểm tra kỹ thuật Cascading .....	29
Bảng 7. 1: Tính tổng trở dây dẫn .....	30
Bảng 7. 2: Tính dòng sự cố và kiểm tra.....	31
Bảng 9. 1: Bảng so sánh MBA tính toán và Ecodial .....	41
Bảng 9. 2: Bảng so sánh tính toán và Ecodial .....	42
Bảng 9. 3: Bảng so sánh CB tính toán và Ecodial.....	43
Bảng 9. 4: Bảng so sánh dây dẫn tính toán và Ecodial.....	45

## Đề 5: Thiết kế cung cấp điện cho hệ thống nhà máy có sơ đồ và thông số sau:



Đề 5								
Phụ tải	L15	M16	M17	M18	M9	L19	L20	L21
P <sub>đm</sub> (kW)	50	5.5	55	11	110	40	30	160

Dây dẫn	C10	C11
I <sub>b</sub> (A)	280.5	180

Dây dẫn	C1	C15	C7	C8	C9	C10	C11	C16	C17	C18	C19	C20	C21
Mã số	I	II	III	XII	XIII	VI	VII	IV	IX	X	XI	VIII	V

Phụ tải	L15	M16	M17	M18	M9	L19	L20	L21
P <sub>đm</sub> (kW)	50	5.5	55	11	110	40	30	160

Dây dẫn	C10	C11
I <sub>b</sub> (A)	280.5	180

Dây dẫn	C1	C15	C7	C8	C9	C10	C11	C16	C17	C18	C19	C20	C21
Mã số	I	II	III	XII	XIII	VI	VII	IV	IX	X	XI	VIII	V

Ký hiệu lắp đặt dây dẫn	Chiều dài (mét)	Phương pháp và điều kiện lắp đặt dây dẫn
I	56 m	Cáp điện đơn lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp, nhiệt độ môi trường 40°C
II	125 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 40°C
III	28 m	Cáp điện đơn lõi, bằng nhôm (Al), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ẩm với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35°C
IV	55 m	Cáp điện đơn lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ướt, nhiệt độ môi trường 25°C
V	40 m	Cáp điện đơn lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XPPE, đặt trong ống chôn ngầm trong đất khô với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35°C
VI	20 m	Cáp điện đơn lõi, bằng nhôm (Al), cách điện PVC, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 45°C
VII	50 m	Cáp điện đơn lõi, bằng nhôm (Al), cách điện XLPE, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ẩm với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30°C
VIII	135 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp với 3 mạch khác, nhiệt độ môi trường 45°C
IX	30 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ướt với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 25°C
X	55 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trên thang cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30°C
XI	130 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XPPE, chôn trong tường với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35°C
XII	45 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, chôn trong tường với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30°C
XIII	185 m	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30°C

# 1 Tính toán sơ bộ

## 1.1 Tính dòng điện tải $I_b$

### 1.1.1 Dòng điện định mức của tải

- Dòng điện định mức  $I_{dm}$  đối với tải 3 pha:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm} \cdot 1000}{(\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos\varphi)}$$

- Trong đó U của tải L15 là 230 (V), tất cả tải còn lại có U là 400 (V).
- Kết quả tính toán dòng định mức của tải.

Phụ tải	L15	M16	M17	M18	M9	L19	L20	L21
$P_{dm}$ (kW)	50	5.5	55	11	110	40	30	160
$\eta$ (%)	100	84	95	87	93	100	100	100
$\cos\varphi$	0.8	0.83	0.86	0.86	0.87	0.8	0.8	0.8
$I_{dm}$ (A)	156.89	11.39	97.17	21.22	196.23	72.17	54.13	288.68

Bảng 1. 1: Thông số phụ tải

### 1.1.2 Dòng điện làm việc của tải

- Trong điều kiện vận hành bình thường, công suất tiêu thụ của tải đôi khi nhỏ hơn công suất định mức do nhà sản xuất đưa ra, vì vậy hệ số sử dụng  $k_{sd}$  được nhân vào để ước tính các giá trị thực tế.

$$I_b = k_{sd} \cdot I_{dm}$$

- Hệ số này phải được áp dụng cho từng tải riêng biệt, đặc biệt chú ý đến động cơ điện, rất hiếm khi hoạt động ở chế độ đầy tải.
- Trong lắp đặt công nghiệp, hệ số này có thể được ước tính trung bình là **0,75** đối với động cơ.
- Đối với tải thường như đèn, chúng thường hoạt động tối đa công suất nên hệ số này thường là **1**.

- Kết quả tính toán dòng làm việc của tải

Phụ tải	L15	M16	M17	M18	M9	L19	L20	L21
$I_{dm}$ (A)	125.51	11.386	97.167	21.22	196.23	57.735	43.301	230.94
$k_{sd}$	1	0.75	0.75	0.75	0.75	1	1	1
$I_b$ (A)	156.89	8.54	72.88	15.92	147.17	72.17	54.13	288.68

Bảng 1. 2: Kết quả tính toán dòng làm việc của tải

### 1.1.3 Dòng điện tải trong các dây dẫn

- Một vấn đề khá phổ biến là hoạt động đồng thời của tất cả các tải được lắp đặt của một hệ thống nhất định không bao giờ xảy ra trong thực tế và thực tế này được tính đến để tính toán bằng cách sử dụng một hệ số  $k_{dt}$ .

Type of load	Assumed loading factor
Distribution - 2 and 3 circuits	0.9
Distribution - 4 and 5 circuits	0.8
Distribution - 6 to 9 circuits	0.7
Distribution - 10 or more circuits	0.6
Electric actuator	0.2
Motors $\leq 100$ kW	0.8
Motors $> 100$ kW	1.0

Hình 1. 1: Bảng tra hệ số đồng thời

- Theo tài liệu Shneider ta thấy dây dẫn **C1** phân phối tới 5 mạch khác nên chọn  $k_{dt}(C1)=0,8$ ; dây dẫn **C7** phân phối tới 1 mạch nên  $k_{dt}(C7)=1$ ; dây dẫn **C8** phân phối tới 3 mạch nên  $k_{dt}(C8)=0,9$ ; dây dẫn **C9** phân phối tới 1 mạch nên  $k_{dt}(C9)=1$ ; dây dẫn **C10** phân phối tới 2 mạch nên  $k_{dt}(C10)=0,9$ ; dây dẫn **C11** phân phối tới 1 mạch nên  $k_{dt}(C11)=1$ ; dây **C15, C19, C20, C21** chọn  $k_{dt}=1$  vì là tải thông thường; dây dẫn **C16, C17, C18, C9** chỉ gồm 1 tải nên  $k_{dt}=1$ .
- Dòng điện tải trên dây dẫn:  $I_{b\ tổng} = k_{dt} \sum I_{bi}$

Dây dẫn	$k_{dt}$	$I_b$ (A)	Hàm
C1	0.8	701.32	$(C7+C8+C9+C10+C11)*0.8$
C7	1	90.21	$156.89*230/400$
C8	0.9	70.09	$(6.832+58.304+12.736)*0.9$
C9	1	147.17	

C10	0.9	280.5	Giả thiết cho
C11	1	288.68	
C15	1	156.89	
C16	1	8.54	8.54*1
C17	1	72.88	72.88*1
C18	1	15.92	15.92*1
C19	1	72.17	
C20	1	54.13	
C21	1	288.68	

*Bảng 1. 3: Tính toán lại dòng điện tải trên dây dẫn*

## 1.2 Lựa chọn CB

Dây dẫn	$I_b$ (A)	$I_n$ (A)	Tên CB	Tên trip unit	Hệ số chỉnh dòng quá tải	$I_r$ (A)	$I_{cu}$ (kA)
C <sub>1</sub>	701.32	800	Compact NS800L	Micrologic P	0.9	720	150
C <sub>7</sub>	90.21	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	0.9	90	18
C <sub>8</sub>	70.09	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	0.7	70	18
C <sub>9</sub>	147.17	160	Compact NSX160	Micrologic 2.2	0.9	144	18
C <sub>10</sub>	280.5 (cho)	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	0.7	280	40
C <sub>11</sub>	288.68	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	0.7	280	40
C <sub>15</sub>	156.89	160	Compact NSX160	Micrologic 2.2	1	160	18
C <sub>16</sub>	8.54	25	Compact NSXm25	TM-G	0.4	10	6
C <sub>17</sub>	72.88	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	0.7	60	18
C <sub>18</sub>	15.92	25	Compact NSXm25	TM-G	0.6	15	6
C <sub>19</sub>	72.17	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	0.7	70	18
C <sub>20</sub>	54.13	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	0.6	60	18
C <sub>21</sub>	288.68	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	0.7	280	40

Bảng 1. 4: Thống số dòng, dây và CB

## 2 Tính toán kích thước dây dẫn

### 2.1 Lựa chọn máy biến áp

- Công suất biểu kiến cung cấp cho mạch (**MBA T1**):

$$S_1 = I_b(C1) \cdot \sqrt{3} \cdot U = 701,32 \cdot \sqrt{3} \cdot 400 = 485889 \text{ (VA)} = 485,9 \text{ (kVA)}$$

- Công suất biểu kiến cho **MBA T7**:

$$S_7 = I_b(C7) \cdot \sqrt{3} \cdot U = 90,21 \cdot \sqrt{3} \cdot 400 = 62.499 \text{ (VA)} = 62,5 \text{ (kVA)}$$

- Chọn máy biến áp T1 có công suất biểu kiến 500 kVA, T7 có công suất biểu kiến 100 kVA.

Dây dẫn	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>n</sub> (A)	Tên CB	Tên trip unit	Hệ số chỉnh định dòng quá tải	I <sub>r</sub> (A)
C <sub>1</sub>	722	800	Compact NS800L	Micrologic P	0.9	720
C <sub>7</sub>	144	160	Compact NSX160N	TM-D	0.9	144
C <sub>15</sub>	250	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	0.6	240

Bảng 1. 5: Chọn lại CB cho phù hợp với máy biến áp

## 2.2 Tính toán lựa chọn dây dẫn

Dây dẫn	Ký hiệu	Điều kiện lắp đặt dây dẫn	Code	K1	K2	K3	K4	Kt	Ir	Iz=Ir/Kt	Sph mm <sup>2</sup>
C1	I	Cáp điện đơn lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp, nhiệt độ môi trường 40C	C	0.91	1	1	0.7	0.637	720	1130.3	3 dây 185mm <sup>2</sup>
C7	III	Cáp điện đơn lõi, bằng nhôm (Al), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ẩm với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35C	A1	0.91	1	1	0.55	0.501	144	287.7	5 dây 25mm <sup>2</sup>
C8	XII	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, chôn trong tường với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30 <sup>0</sup> C	A2	1	0.93	1	0.88	0.818	70	85.5	2 dây 16mm <sup>2</sup>
C9	XIII	Cáp điện đa lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30 <sup>0</sup> C	E	1	1	1	0.88	0.880	144	163.6	1 dây 50mm <sup>2</sup>
C10	VI	Cáp điện đơn lõi, bằng nhôm (Al), cách điện PVC, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 2	E	0.87	1	1	0.57	0.496	280	564.6	2 dây 150mm <sup>2</sup>

		mạch khác, nhiệt độ môi trường 45C									
<b>C11</b>	VII	Cáp điện <b>đơn</b> lõi, bằng nhôm (Al), cách điện XLPE, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ẩm với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30C	E	0.87	1	1	0.57	0.496	280	564.6	2 dây 95 mm <sup>2</sup>
<b>C15</b>	II	Cáp điện <b>đa</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 40C	F	0.91	1	1	0.88	0.801	240	299.7	1 dây 95 mm <sup>2</sup>
<b>C16</b>	IV	Cáp điện <b>đơn</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ướt, nhiệt độ môi trường 250C	D1	1	0.95	1.05	0.65	0.648	10	15.4	1 dây 1.5mm <sup>2</sup>
<b>C17</b>	IX	Cáp điện <b>đa</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trong ống chôn ngầm trong đất ướt với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 25C	C	1	0.95	1.05	0.65	0.648	60	92.5	1 dây 25mm <sup>2</sup>
<b>C18</b>	X	Cáp điện <b>đa</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện PVC, đặt trên thang cáp cùng với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 30°C	E	1	1	1	0.88	0.880	15	17.0	1 dây 1.5mm <sup>2</sup>

<b>C19</b>	XI	Cáp điện <b>đa</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XPLE, chôn trong tường với 1 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35°C	A2	0.96	1	1	0.85	0.816	70	85.8	1 dây 25mm <sup>2</sup>
<b>C20</b>	VIII	Cáp điện <b>đa</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XLPE, đặt trong máng (khay) cáp với 3 mạch khác, nhiệt độ môi trường 45°C	D1	0.87	1	1	0.77	0.670	60	89.6	1 dây 25mm <sup>2</sup>
<b>C21</b>	V	Cáp điện <b>đơn</b> lõi, bằng đồng (Cu), cách điện XPLE, đặt trong ống chôn ngầm trong đất khô với 2 mạch khác, nhiệt độ môi trường 35°C	D1	1	0.8	1	0.55	0.440	280	636.4	2 dây 150mm <sup>2</sup>

Bảng 2. 1: Tính toán cáp điện và busway

## 2.3 Tính toán độ sụt áp

### 2.3.1 Phương pháp 1: tra bảng

Có thể tránh được các phép toán dựa vào việc tra bảng dưới mà chỉ cần biết các thông số:

- Loại tải: tải động cơ khi hoạt động bình thường  $\cos\varphi = 0.8$ , khi khởi động  $\cos\varphi = 0.35$  hoặc đèn chiếu sáng có  $\cos\varphi = 1$ .
- Loại mạch: 1 pha hay 3 pha.

Khi đó độ sụt áp có thể tính theo công thức sau:

- $\Delta U = K \cdot I_b \cdot L$
- K: hệ số tra bảng
- $I_b$  (A): dòng điện đầy tải.
- L (km): chiều dài của cáp.

Copper cables							Aluminium cables						
c.s.a. in mm <sup>2</sup>	Single-phase circuit			Balanced three-phase circuit			c.s.a. in mm <sup>2</sup>	Single-phase circuit			Balanced three-phase circuit		
	Motor power		Lighting	Motor power		Lighting		Motor power		Lighting	Motor power		Lighting
	Normal service	Start-up		Normal service	Start-up			Normal service	Start-up		Normal service	Start-up	
	cos $\varphi$ = 0.8	cos $\varphi$ = 0.35	cos $\varphi$ = 1	cos $\varphi$ = 0.8	cos $\varphi$ = 0.35	cos $\varphi$ = 1		cos $\varphi$ = 0.8	cos $\varphi$ = 0.35	cos $\varphi$ = 1	cos $\varphi$ = 0.8	cos $\varphi$ = 0.35	cos $\varphi$ = 1
1.5	25.4	11.2	32	33	9.7	27							
2.5	15.3	6.8	19	13.2	5.9	16							
4	9.6	4.3	11.9	8.3	3.7	10.3	6	10.1	4.5	12.5	8.8	3.9	10.9
6	6.4	2.9	7.9	5.6	2.5	6.8	10	6.1	2.8	7.5	5.3	2.4	6.5
10	3.9	1.8	4.7	3.4	1.6	4.1	16	3.9	1.8	4.7	3.3	1.6	4.1
16	2.5	1.2	3	2.1	1	2.6	25	2.50	1.2	3	2.2	1	2.6
25	1.6	0.81	1.9	1.4	0.70	1.6	35	1.8	0.90	2.1	1.6	1.78	1.9
35	1.18	0.62	1.35	1	0.54	1.2	50	1.4	0.70	1.6	1.18	0.61	1.37
50	0.89	0.50	1.00	0.77	0.43	0.86	70	0.96	0.53	1.07	0.83	0.46	0.93
70	0.64	0.39	0.68	0.55	0.34	0.59	120	0.60	0.37	0.63	0.52	0.32	0.54
95	0.50	0.32	0.50	0.43	0.28	0.43	150	0.50	0.33	0.50	0.43	0.28	0.43
120	0.41	0.29	0.40	0.36	0.25	0.34	185	0.42	0.29	0.41	0.36	0.25	0.35
150	0.35	0.26	0.32	0.30	0.23	0.27	240	0.35	0.26	0.31	0.30	0.22	0.27
185	0.30	0.24	0.26	0.26	0.21	0.22	300	0.30	0.24	0.25	0.26	0.21	0.22
240	0.25	0.22	0.20	0.22	0.19	0.17	400	0.25	0.22	0.19	0.21	0.19	0.16
300	0.22	0.12	0.16	0.19	0.18	0.14	500	0.22	0.20	0.15	0.19	0.18	0.13

Hình 2. 1: Bảng tra hệ số K để tính toán độ sụt áp

### 2.3.2 Phương pháp 2: Tính theo các công thức lý thuyết

Circuit	Voltage drop ( $\Delta U$ )	
	in volts	in %
Phase/phase	$\Delta U = 2 I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{U_n}$
Phase/neutral	$\Delta U = 2 I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{V_n}$
Balanced 3-phase: 3 phases (with or without neutral)	$\Delta U = \sqrt{3} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) L$	$\frac{100 \Delta U}{U_n}$

Hình 2. 2: Bảng tra tính toán độ sụt áp

#### Nhận xét:

- Phương pháp 1 đơn giản hơn, ít tính toán hơn và có độ chính xác thực tế cao hơn so với phương pháp 2.
- Phương pháp 2 cần tính toán nhiều thông số của đường dây: R, L, X. Điều này có thể gây sai sót nhiều hơn so với phương pháp 1.
- Kết quả của phương pháp 2 thường sẽ lớn hơn so với phương pháp 1, điều này sẽ gây hao phí khi thiết kế.
- Vì vậy trong phần tính toán độ sụt áp sẽ chọn phương pháp 1: tra bảng để thực hiện.

## 2.3.3 Bảng tính toán độ sụt áp trên dây dẫn:

Dây dẫn	Mã hiệu	Sph (mm <sup>2</sup> )	Ib (A)	K (V/A/km)	L (km)	$\Delta U$ (V)	$\Sigma \Delta U$ (V)	$\Sigma \Delta U\%$	Sph (hiệu chỉnh)
C1	I	555	701.32	0.1189	0.056	4.67	4.67	1.17	555
C7	III	125	90.21	0.52167	0.028	1.32	5.99	1.50	125
C8	XII	32	70.09	1.2	0.045	3.78	8.45	2.11	32
<b>C9</b>	XIII	50	147.17	0.77	0.185	20.96	25.63	6.41	50
C10	VI	300	280.5	0.22	0.02	1.23	5.9	1.48	300
C11	VII	190	288.68	0.35	0.05	5.05	9.72	2.43	190
C15	II	95	156.89	0.43	0.125	8.43	11.88	5.17	95
<b>C16</b>	IV	1.5	8.54	33	0.055	15.50	23.95	5.99	1.5
<b>C17</b>	IX	25	72.88	1.4	0.03	3.06	11.51	2.88	25
<b>C18</b>	X	1.5	15.92	33	0.055	28.89	37.34	9.34	1.5
C19	XI	25	72.17	1.6	0.13	15.01	20.91	5.23	25
C20	VIII	25	54.13	1.6	0.135	11.7	17.6	4.40	25
C21	V	300	288.68	0.14	0.04	1.62	11.34	2.84	300

Bảng 2. 2: Bảng tính toán độ sụt áp trên dây dẫn:

Kiểm tra sụt áp khi khởi động động cơ có công suất lớn nhất (động cơ M9 ứng với dây C9):

- Sụt áp trên dây C9 khi khởi động M9:

$$\Delta U_9 = 0.43 \times (5 \times 147.17) \times 0.185 = 58.54 \text{ (V)}$$

- Sụt áp trên dây C1 khi khởi động M9:

$$\Delta U_1 = 4.67 \times \frac{701.32 + 4 \times 147.17}{701.32} = 8.6 \text{ (V)}$$

- Phần trăm sụt áp khi khởi động M9:

$$\Delta U\% = \frac{58.54 + 8.6}{400} \cdot 100\% = 16.78 \%$$

➔ Giải pháp để giảm sụt áp khi khởi động: giảm dòng khởi động bằng cách:

- Dùng biến tần để tăng dần U cho động cơ.
- Đổi cách đấu dây nguồn cho động cơ  $\Delta \rightarrow Y$

- Dùng động cơ nhỏ khác để quay động cơ.

### 3 Tính toán lựa chọn CB theo dòng ngắn mạch

#### 3.1 Tính toán dòng ngắn mạch 3 pha lớn nhất

Tính toán điện trở dây:

$$R = \frac{23.7 \Omega \text{mm}^2 / \text{km}}{S(\text{mm}^2)}, \text{ đối với dây đồng}$$

$$R = \frac{37.6 \Omega \text{mm}^2 / \text{km}}{S(\text{mm}^2)}, \text{ đối với dây nhôm}$$

Tính toán điện kháng dây: điện kháng dây là không đáng kể đối với dây có tiết diện nhỏ hơn 50 mm<sup>2</sup>. Trong những trường hợp không có thông tin gì ta chọn  $X=0.08 (\Omega/\text{km})$

Rated Power (kVA)	Oil-immersed				Cast-resin			
	Usc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)	Usc (%)	Rtr (mΩ)	Xtr (mΩ)	Ztr (mΩ)
100		37.9	9.5	70.6	6	37.0	99.1	105.8
160	4	16.2	41.0	44.1	6	18.6	63.5	66.2
200	4	11.9	33.2	35.3	6	14.1	51.0	52.9
250	4	9.2	26.7	28.2	6	10.7	41.0	42.3
315	4	6.2	21.5	22.4	6	8.0	32.6	33.6
400	4	5.1	16.9	17.6	6	6.1	25.8	26.5
500	4	3.8	13.6	14.1	6	4.6	20.7	21.2
630	4	2.9	10.8	11.2	6	3.5	16.4	16.8
800	6	2.9	12.9	13.2	6	2.6	13.0	13.2
1000	6	2.3	10.3	10.6	6	1.9	10.4	10.6
1250	6	1.8	8.3	8.5	6	1.5	8.3	8.5
1600	6	1.4	6.5	6.6	6	1.1	6.5	6.6
2000	6	1.1	5.2	5.3	6	0.9	5.2	5.3

Fig. G37 Resistance, reactance and impedance values for typical distribution 400V transformers (no-load voltage = 420 V) with MV windings ≤ 20 kV

Hình 3. 1: Bảng tra tổng trở máy biến áp dựa vào công suất

Để tính dòng sự cố ta sử dụng công thức: 
$$I_{sc} = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$$

Riêng dòng sự cố tại Q15 ta sử dụng công thức: 
$$I_{sc} = \frac{220}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$$

Dây	R(mΩ)	X(mΩ)	CB	R <sub>T</sub> (mΩ)	X <sub>T</sub> (mΩ)	I <sub>sc</sub> (kA)
MV network	0.35	0.351				
T1	3.8	13.6				
T7	37.9	9.4				
C1	2.39	4.48	Q1	6.54	18.43	11.81
C7	8.42	2.24	Q7	6.54	20.67	10.65
C8	33.33	0	Q8	6.54	18.43	10.65
C9	87.69	14.8	Q9	6.54	33.23	10.65
C10	2.51	1.6	Q10	6.54	20.03	10.96
C11	9.89	4	Q11	6.54	22.43	10.65
C15	31.18	10	Q15	52.51	29.72	2.11
C16	869.00	0	Q16	39.87	18.43	5.26
C17	28.44	0	Q17	39.87	18.43	5.26
C18	869.00	0	Q18	39.87	18.43	5.26
C19	123.24	0	Q19	9.05	20.03	10.51
C20	127.98	0	Q20	9.05	20.03	10.51
C21	3.16	3.2	Q21	16.43	22.43	8.31

Bảng 3. 1: Bảng tính toán tổng trở trên từng nhánh

### 3.2 Kiểm tra khả năng cắt dòng ngắn mạch của CB

Dây dẫn	In	CB	Trip unit	Ir (A)	Isc <sub>max</sub> (kA)	Icu (kA)
C <sub>1</sub>	800	Compact NS800L	Micrologic P	720	11.81	150
C <sub>7</sub>	160	Compact NSX160	Micrologic 2.2	144	10.65	18
C <sub>8</sub>	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	70	10.65	18
C <sub>9</sub>	160	Compact NSX160	Micrologic 2.2	144	10.65	18
C <sub>10</sub>	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	280	10.96	40
C <sub>11</sub>	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	280	10.65	40
C <sub>15</sub>	400	Compact NSX400	Micrologic 2.2	240	2.11	40
C <sub>16</sub>	25	Compact NSXm25	TM-G	10	5.26	6
C <sub>17</sub>	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	60	5.26	18
C <sub>18</sub>	25	Compact NSXm25	TM-G	15	5.26	6
C <sub>19</sub>	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	70	10.51	18
C <sub>20</sub>	100	Compact NSX100	Micrologic 2.2	60	10.51	18
C <sub>21</sub>	400	Compact NSX400	Micrologic 2.3	280	8.31	40

Bảng 3. 2: Kết quả kiểm tra khả năng cắt dòng ngắn mạch của CB

### 3.3 Kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn

Khi thời gian của dòng điện ngắn mạch ngắn (tối đa là vài giây đến năm giây), tất cả nhiệt lượng sinh ra được coi là vẫn còn trong vật dẫn, làm cho nhiệt độ của nó tăng lên. Quá trình gia nhiệt được cho là đoạn nhiệt, một giả định đơn giản hóa việc tính toán và đưa ra kết quả xấu nhất, tức là nhiệt độ dây dẫn cao hơn nhiệt độ thực tế xảy ra, vì trong thực tế, nhiệt lượng sẽ tỏa ra dây dẫn và truyền vào lớp cách điện.

Trong khoảng thời gian từ 5 giây trở xuống, mối quan hệ  $I^2t < k^2S^2$  đặc trưng cho thời gian tính bằng giây mà trong đó một dây dẫn S (tính bằng mm<sup>2</sup>) có thể được phép cho dòng điện I, trước khi nhiệt độ của nó đạt đến mức có thể làm hỏng lớp cách điện xung quanh

The factor k is given in **Fig. G52** below.

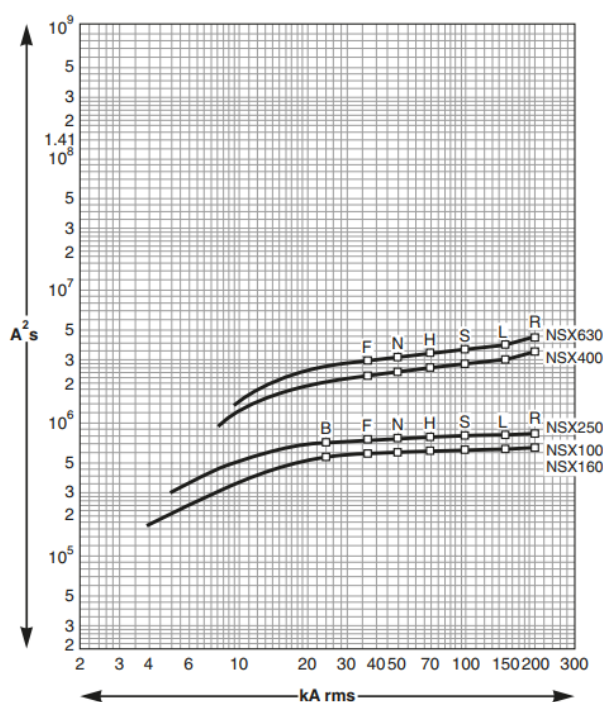
		Conductor insulation			
		PVC $\leq 300 \text{ mm}^2$	PVC $> 300 \text{ mm}^2$	EPR XLPE	Rubber 60 °C
Initial temperature °C		70	70	90	60
Final temperature °C		160	140	250	200
Conductor material	Copper	115	103	143	141
	Aluminium	76	68	94	93

**Fig. G52** Value of the constant k according to table 43A of IEC 60364-4-43

Hình 3. 2: Bảng tra hệ số K để kiểm tra độ bền nhiệt

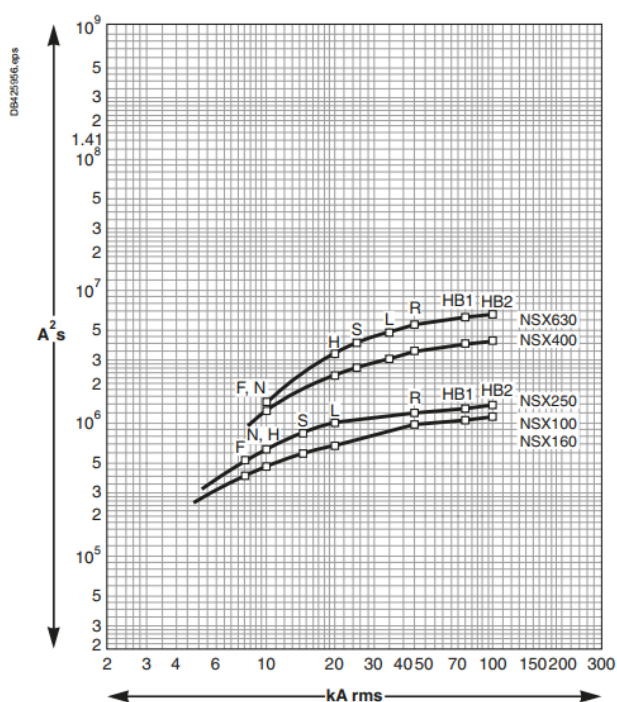
#### Voltage 400/440 V AC

Limited energy



#### Voltage 660/690 V AC

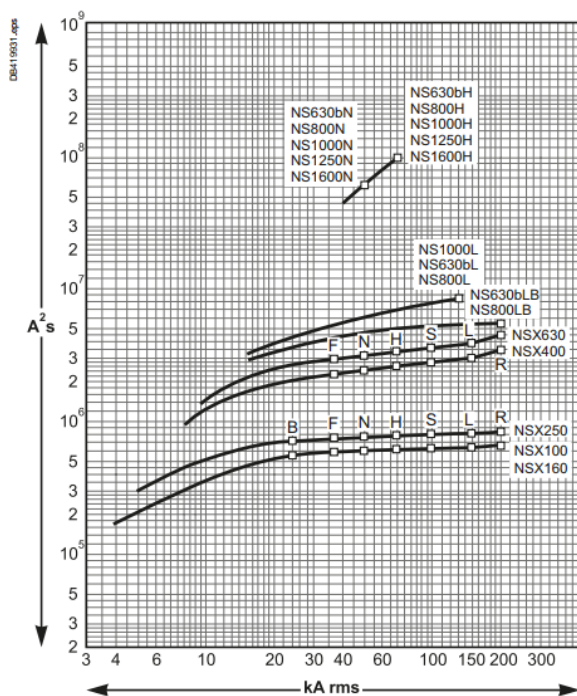
Limited energy



Hình 3. 3: Biểu đồ năng lượng tích trữ trong CB

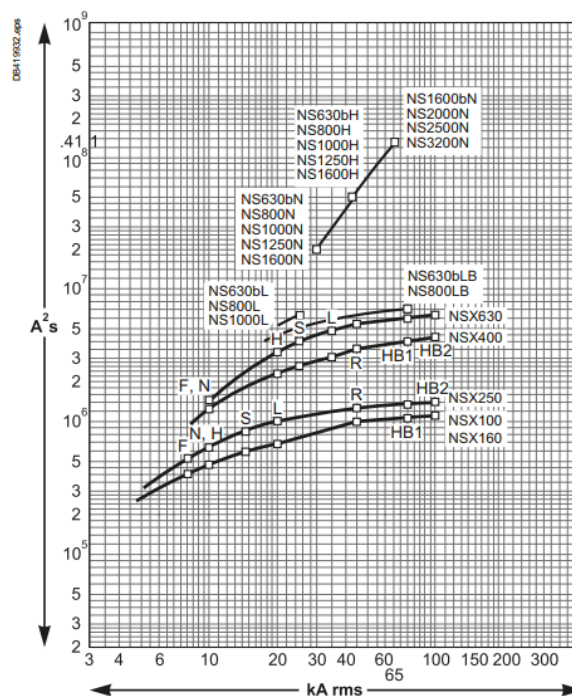
Voltage 400/440 V AC [1]

Limited energy



Voltage 660/690 V AC

Limited energy



Hình 3. 4: Biểu đồ tích trữ năng lượng trong CB

Dây dẫn	Sph (mm <sup>2</sup> )	Vật liệu dẫn điện	Cách điện	CB	Trip unit	Isc max (kA)	K	S <sup>2</sup> K <sup>2</sup> x10 <sup>6</sup>	I <sup>2</sup> t x10 <sup>6</sup>	Kết quả
C <sub>1</sub>	555	Cu	XLPE	Compact NS800L	Micrologic P	11.81	143	629.9	3	Thỏa
C <sub>7</sub>	125	Al	PVC	Compact NSX160	Micrologic 2.2	10.65	76	90.25	0.4	Thỏa
C <sub>8</sub>	32	Cu	PVC	Compact NSX100	Micrologic 2.2	10.65	115	13.54	0.5	Thỏa
C <sub>9</sub>	50	Cu	XLPE	Compact NSX160	Micrologic 2.2	10.65	143	51.12	0.4	Thỏa
C <sub>10</sub>	300	Al	PVC	Compact NSX400	Micrologic 2.3	10.96	76	519.84	2	Thỏa
C <sub>11</sub>	190	Al	XLPE	Compact NSX400	Micrologic 2.3	10.65	94	318.98	1.6	Thỏa
C <sub>15</sub>	95	Cu	XLPE	Compact NSX400	Micrologic 2.2	2.11	143	184.55	0.1	Thỏa
C <sub>16</sub>	1.5	Cu	PVC	Compact NSXm25	TM-G	5.26	115	0.03	0.001	Thỏa
C <sub>17</sub>	25	Cu	PVC	Compact NSX100	Micrologic 2.2	5.26	115	8.27	0.2	Thỏa
C <sub>18</sub>	1.5	Cu	PVC	Compact NSXm25	TM-G	5.26	115	0.03	0.001	Thỏa
C <sub>19</sub>	25	Cu	XPPE	Compact NSX100	Micrologic 2.2	10.51	143	12.78	0.4	Thỏa
C <sub>20</sub>	25	Cu	XPPE	Compact NSX100	Micrologic 2.2	10.51	143	12.78	0.4	Thỏa
C <sub>21</sub>	300	Cu	XPPE	Compact NSX400	Micrologic 2.3	8.31	143	1840.41	0.01	Thỏa

Bảng 3. 3: Kết quả kiểm tra độ bền nhiệt của dây dẫn

## **4 Lựa chọn bộ bảo vệ động cơ**

Một số đặc tính của tải động cơ khác với tải thông thường:

- Dòng khởi động lớn, gấp 5-7 lần dòng định mức.
- Số lần khởi động và tắt động lớn là lớn.
- Lựa chọn các thiết bị bảo vệ cho động cơ khó hơn vì dòng khởi động lớn.

Để phối hợp CB và Contactor ta phải tuân theo tiêu chuẩn IEC60947, để có thể phối hợp hiệu quả và an toàn nhất có thể (bảo vệ ngắn mạch và quá tải).

Phân loại động cơ AC:

- AC-1: Tải mang tính trở, tải chiếu sáng (hoặc mang ít tính cảm).
- AC-2: Động cơ rotor dây quấn: khởi động cắt dòng
- AC-3: Động cơ lồng sóc: khởi động và tắt động cơ khi đang chạy.
- AC-4: Động cơ lồng sóc: yêu cầu khởi động và hãm động cơ nhanh (nhích). Thiết bị mang tải nặng.

→ Trong sơ đồ thiết kế trên, 4 động cơ M9, M16, M17 và M18 thuộc loại động cơ AC-3.

### **4.1 Lựa chọn bộ bảo vệ động cơ (Rò le nhiệt, CB và Contactor):**

Có ba loại phối hợp bảo vệ:

- Type 1: Khi xảy ra sự cố thì không nguy hiểm cho người, tuy nhiên contactor hoặc relay có thể bị hư hại, cần sửa chữa trước khi khởi động lại động cơ.
- Type 2: Khi xảy ra sự cố thì không nguy hiểm cho người, contactor có thể bị hàn dính nhẹ dễ dàng tách ra, chỉ cần kiểm tra đơn giản trước khi khởi động lại.
- Bảo vệ hoàn toàn (Total coordination): Khi xảy ra sự cố thì không nguy hiểm cho người, không có hư hại gì, có thể khởi động lại ngay lập tức.

Trong bài thiết kế này, chúng ta sẽ sử dụng kiểu thiết kế Type 2.

Ta sẽ dựa vào tài liệu “Complementary technical information guide” để tiến hành lựa chọn cho phối hợp giữa CB, Contactor và Rò le nhiệt.

Motors Rated power P(kW)	Guide values of operational current in amps at :			Circuit breakers			Contactors <sup>[2]</sup>		Thermal o/l relays	
	380V	400V	le max	Type	rat(A)	Irm(A) <sup>[3]</sup>	Type	Type	Irth <sup>[1]</sup>	
0.18	0.63	0.6	1	GV4L or GV4LE	2	14	LC1-D09	LRD-05	0.63/1	
0.25	0.89	0.85	1	GV4L or GV4LE	2	14	LC1-D09	LRD-05	0.63/1	
0.37	1.16	1.1	1.6	GV4L or GV4LE	2	22	LC1-D09	LRD-06	1/1.6	
0.55	1.58	1.5	2	GV4L or GV4LE	2	26	LC1-D09	LRD-06	1.6/2.5	
0.75	2.00	1.9	2	GV4L or GV4LE	2	26	LC1-D09	LRD-07	1.6/2.5	
1.1	2.8	2.7	3.5	GV4L or GV4LE	3.5	46	LC1-D25	LRD-08	2.5/4	
1.5	3.8	3.6	7	GV4L or GV4LE	7	56	LC1-D32A + GV1L3	LRD-08	1.6/8	
2.2	5.2	4.9	7	GV4L or GV4LE	7	84	LC1-D32A + GV1L3	LRD-10	1.6/8	
3	6.8	6.5	7	GV4L or GV4LE	7	91	LC1-D40A	LRD-12 <sup>[5]</sup>	5.5/8	
4	8.9	8.5	10	GV4L or GV4LE	12.5	138	LC1-D65A	LRD-14 <sup>[5]</sup>	7 /10	
5.5	12.1	11.5	12.5	GV4L or GV4LE	12.5	163	LC1-D65A	LRD-313	9/13	
7.5	16.3	15.5	18	GV4L or GV4LE	25	250	LC1-D65A	LRD-318	12/18	
10	20	19	25	NSX100-MA	25	250	LC1-D80	LRD 3321	12/18	
				GV4L or GV4LE	25	325	LC1-D65A	LRD-325	17/25	
				NSX100-MA	25	325	LC1-D80	LRD 3322	17/25	
11	23	22	25	GV4L or GV4LE	25	325	LC1-D65A	LRD-325	17/25	
				NSX100-MA	25	450	LC1-D80	LRD 3322	17/25	
				GV4L or GV4LE	50	450	LC1-D65A	LRD-332	23/32	
15	31	29	32	NSX100-MA	50	450	LC1-D80	LRD-33 53	23/32	
				GV4L or GV4LE	50	550	LC1-D65A	LRD-340	30/40	
				NSX100-MA	50	550	LC1-D80	LRD-33 55	30/40	
22	43	41	50	GV4L or GV4LE	50	650	LC1-D65A	LRD-350	37/50	
				NSX100-MA	50	650	LC1-D80	LRD-33 57	37/50	
				GV4L or GV4LE	80	880	LC1-D65A	LRD-365	48/65	
30	58	55	65	NSX100-MA	100	900	LC1-D80	LRD-33 59	48/65	
				GV4L or GV4LE	80	1040	LC1-D80	LRD-33 63	63/80	
				NSX100-MA	100	1100	LC1-D80	LRD-33 63	63/80	
45	84	80	100	GV4L or GV4LE	115	1380	LC1-D115	LRD-5367	60/100	
				NSX100-MA	100	1300	LC1-F115	LR9-F5367		
				NSX100-MA	100	1300	LC1-D115	LR9-F53 67	60/100	
55	102	97	115	GV4L or GV4LE	115	1495	LC1-F115	LR9-F53 67		
							LC1-D115	LR9D-5369	90/150	
							LC1-F115	LR9-F5369	90/150	
75	139	132	150	NSX160-MA	150	1950	LC1-D150	LR9-D53 69	90/150	
							LC1-F150	LR9-F53 69	90/150	
							LC1-D150	LR9-D53 69	90/150	
90	168	160	185	NSX250-MA	220	2420	LC1-F185	LR9-F53 71	132/220	
				NSX250-MA	220	2860	LC1-F225	LR9-F53 71	132/220	
				NSX400-Micrologic 1.3M	320	3500	LC1-F265	LR9-F53 71	132/220	
132	242	230	265	NSX400-Micrologic 1.3M	320	3500	LC1-F265	LR9-F73 75	200/330	
				NSX400-Micrologic 1.3M	320	4160	LC1-F330	LR9-F73 75	200/330	

Hình 4. 1: Bảng tra sự kết hợp giữa Contactor và Rò le nhiệt

Động cơ	Công suất (kW)	$I_n = I_{dm}$ (A)	CB	Loại contactor	Rò le nhiệt
M9	110	196.23	NSX250-MA	LC1-F225	LR9-F53 71
M16	5.5	11.39	GV4L	LC1-D65A	LRD-313
M17	55	97.17	GV4L	LC1-D115	LR9D-5369
M18	11	21.22	GV4L	LC1-D65A	LRD-325

Bảng 4. 1: Bảo vệ phối hợp CB, Contactor và Rò le nhiệt

## 4.2 Kiểm tra việc phối hợp CB, Contactor và Rò le nhiệt

Điều kiện phối hợp với CB:  $I_C'' < I_{rm}$ .

Trong đó:

- $I_C'' = 2.I_s = 2.6.I_n = 12.I_n$ .
- $I_{rm} = 13.I_{rth}$  ( $I_{rth}$  được tra trong bảng trên).

Động cơ	Công suất (kW)	In (A)	Ic" (A)	Irth(A)	Irm(A)	Kết quả
M9	110	196.23	2354.76	220	2860	Đạt
M16	5.5	11.39	136.68	13	169	Đạt
M17	55	97.17	1166.04	150	1950	Đạt
M18	11	21.22	254.64	25	325	Đạt

Bảng 4. 2: Bảng kiểm tra đạt yêu của CB với động cơ

### 4.3 Lựa chọn CB và bộ khởi động động cơ:

Động cơ	Công suất (kW)	In = Idm (A)	CB	Loại contactor	Rờ le nhiệt
M9	110	196.23	NSX400-Micrologic 1.3M	LC1-F225	LR9-F53 71
M16	5.5	11.39	GV4L	LC1-D65A	LRD-313
M17	55	97.17	GV4L	LC1-D115	LR9D-5369
M18	11	21.22	GV4L	LC1-D65A	LRD-325

Bảng 4. 3: Bảo vệ phối hợp CB, Contactor và Rờ le nhiệt

Đối chiếu với bảng 4, ta thay lại cả 4 CB ở đầu động cơ.

## 5 Tính toán bù công suất

### 5.1 Tính toán lượng công suất cần bù

Bỏ qua các hệ số sử dụng  $K_{sd}$  và hệ số đồng thời  $K_{dt}$ , ta sử dụng công suất định mức của các tải để tính toán.

Ta có:

$$Q = \frac{P}{\eta} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos\varphi^2}}{\cos\varphi}$$

Phụ tải	L15	M16	M17	M18	M9	L19	L20	L21	Total
P <sub>dm</sub> (kW)	50	5.5	55	11	110	40	30	160	
$\eta\%$	100	84	95	87	93	100	100	100	
$\cos\varphi$	0.8	0.83	0.86	0.86	0.87	0.8	0.8	0.8	
P (kW)	50	6.55	57.89	12.64	118.28	40	30	160	475.37
Q (kVar)	37.5	4.40	34.35	7.50	67.03	30	22.5	120	323.29

Bảng 5. 1: Bảng tính toán công suất của tải

Theo quy định ở Việt Nam, nếu  $\cos\varphi < 0.9$  sẽ bị phạt, tuy nhiên để đảm bảo an toàn ta sẽ bù đến  $\cos\varphi = 0.95$ .

Ta có:  $\cos \varphi_{\text{tổng}} = \frac{P_{\text{tổng}}}{\sqrt{P_{\text{tổng}}^2 + Q_{\text{tổng}}^2}} = 0.827$

Tổng Q cần bù là:  $\sum \Delta Q_{\text{tải}} = Q_{\text{tổng}} - Q_{0.95} = 156.23 \text{ (kVAr)}$

Ngoài ra ta cần phải tính toán bù cho máy biến áp.

Với máy biến áp T1 (500 kVA) tra bảng L-21:  $\Delta Q_{T1} = 28,7$

Đối với máy biến áp T7 (100 kVA) tra bảng L-21:  $\Delta Q_{T7} = 6,1$

Rated power (kVA)	Reactive power (kvar) to be compensated	
	No load	Full load
100	2.5	6.1
160	3.7	9.6
250	5.3	14.7
315	6.3	18.4
400	7.6	22.9
500	9.5	28.7
630	11.3	35.7
800	20	54.5
1000	23.9	72.4
1250	27.4	94.5
1600	31.9	126
2000	37.8	176

Hình 5. 1: Bảng tra tụ bù dựa vào công suất MBA

$\sum \Delta Q_{\text{bù}} = \sum \Delta Q_{\text{tải}} + \Delta Q_{T1} + \Delta Q_{T7} = 156.23 + 28.7 + 6.1 = 191.03 \text{ (kVAr)}$

## 5.2 Chọn tụ bù và kiểu bù

Trong thiết kế này, ta sẽ chọn bù tụ tại thanh cái chính B6 để tiết kiệm chi phí lắp đặt.

Với thiết kế này, ta chọn bù tự động công suất 200 kVAr.

Dòng định mức qua tụ:  $I_n = \frac{Q}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{200000}{400\sqrt{3}} = 288.675 \text{ (A)}$ . Từ đó ta chọn được CB dựa vào dòng định mức.

Lựa chọn tiết diện dây cho tụ dựa vào bảng L-34:

Low polluted Network	Reference number	Power (kvar)	IP 31	IPxxB (door open)	15kA circuit breaker	35kA circuit breaker	Top connection	Bottom connection	Rotary handle	Varlogic NR6/12
With incomer protection circuit breaker	Wall-mounted									
	VLVAW0N03526AA	6	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW0N03501AA	9	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW0N03527AA	12.5	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW0N03502AA	16	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW0N03503AA	22	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW0N03504AA	32	■	■	■	-	-	■	-	■
	VLVAW1N03505AA	34	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03528AA	37.5	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03506AA	50	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03529AA	69	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03507AA	75	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03530AA	87.5	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW1N03508AA	100	■	■	-	■	-	■	-	■
	VLVAW2N03509AA	125	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW2N03531AA	137.5	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW2N03510AA	150	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03511AA	175	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03512AA	200	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03513AA	225	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03532AA	238	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03514AA	250	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03515AA	275	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAW3N03516AA	300	■	■	-	■	-	■	■	■
	Floor-standing									
	VLVAF5N03517AA	350	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03518AA	400	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03533AA	425	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03519AA	450	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03520AA	500	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03521AA	550	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF5N03522AA	600	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF7N03534AA	700	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF7N03536AA	900	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF7N03537AA	1000	■	■	-	■	-	■	■	■
	VLVAF7N03539AA	1150	■	■	-	■	-	■	■	■

Hình 5. 2: Bảng tra dây dẫn cho tụ bù

## 6 Lựa kiểm tra sự bảo vệ chọn lọc của CB

### 6.1 Kiểm tra điều kiện bảo vệ chọn lọc của CB:

Bảo vệ chọn lọc là sự kết hợp của các thiết bị đóng cắt tự động, mà khi có sự cố xuất hiện thì chỉ có tác động của 1 thiết bị đóng cắt duy nhất và không ảnh hưởng tới các CB khác.

Có bốn loại chọn lọc:

- Chọn lọc theo dòng điện.
- Chọn lọc theo thời gian.
- Chọn lọc theo năng lượng.

- Chọn lọc theo logic.

Ở đây ta chọn lọc theo dòng.

Downstream		Switch-disconnector	NSX100NA	NSX160NA	NSX250NA	NSX400NA	NSX630NA
		Ith A 60°	100	160	250	400	630
		Icw (kA)	1.8	2.5	3.5	5	6
		Icm (kA)	2.6	3.6	4.9	7.1	8.5

Upstream Circuit breaker	Icu (kA)		Ir	Switch-disconnector conditionnal short-circuit current and related making capacity				
	415 V	440 V						
NSX100B	25	20	Ir ≤ 100	T	T	T	T	T
NSX160B			Ir ≤ 160		T	T	T	T
NSX250B			Ir ≤ 200			T	T	T
TMD / TMG / Micrologic			Ir ≤ 250			T	T	T
NSX100F	36	35	Ir ≤ 100	T	T	T	T	T
NSX160F			Ir ≤ 160		T	T	T	T
NSX250F			Ir ≤ 200			T	T	T
TMD / TMG / Micrologic			Ir ≤ 250			T	T	T
NSX400F	36	30	Ir = 100 <sup>(1)</sup>	T	T	T	T	T
NSX630F			Ir ≤ 160		T	T	T	T
Micrologic			Ir ≤ 250			T	T	T
			Ir ≤ 400			T	T	T
			Ir ≤ 630				T	T
NSX100N	50	50	Ir ≤ 100	T	T	T	T	T
NSX160N			Ir ≤ 160		T	T	T	T
NSX250N			Ir ≤ 200			T	T	T
TMD / TMG / Micrologic			Ir ≤ 250			T	T	T
NSX400N	50	42	Ir = 100 <sup>(1)</sup>	T	T	T	T	T
NSX630N			Ir ≤ 160		T	T	T	T
Micrologic			Ir ≤ 250			T	T	T
			Ir ≤ 400			T	T	T
			Ir ≤ 630				T	T

Hình 6. 1: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc

Upstream				NSX100B/F/N/H/S/L/R										NSX160B/F/N/H/S/L				NSX250B/F/N/H/S/L/R				
Trip unit				TM-D																		
Downstream			Rating (A)	16	25	32	40	50	63	80	100	80	100	125	160	160	200	250				
			Setting (Ir)	16	25	32	40	50	63	80	100	80	100	125	160	160	200	250				
CB	Rating	Th Relay	Setting range	Selectivity limit (kA)																		
iC60L MA	1.6	LRD6	1/1.6	0.19	T		T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
iC60L MA	2.5	LRD7	1.6/2.5	0.19	0.3	0.4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
iC60L MA	4	LRD8	2.5/4	0.19	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	T	0.63	T	T	T	T	T	T				
iC60L MA	6.3	LRD10	4/6.3		0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	5	0.63	5	T	T	T	T	T				
iC60L MA	10	LRD12	5.5/8		0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	2	0.63	2	T	T	T	T	T				
iC60L MA	10	LRD14	07/10			0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
iC60L MA	12.5	LRD16	9/13				0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
iC60L MA	16	LRD21	12/18						0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
iC60L MA	25	LRD22	17/25							0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
iC60L MA	40	LRD32	23/32								0.8		0.8	T	T	T	T	T				
iC60L MA	40	LRD3355	30/40											T	T	T	T	T				
NG125L MA	1.6	LRD6	1/1.6	0.19	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
NG125L MA	2.5	LRD7	1.6/2.5	0.19	0.3	0.4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
NG125L MA	4	LRD8	2.5/4	0.19	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	T	0.63	T	T	T	T	T	T				
NG125L MA	6.3	LRD10	4/6.3		0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	5	0.63	5	T	T	T	T	T				
NG125L MA	10	LRD12	5.5/8		0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	2	0.63	2	T	T	T	T	T				
NG125L MA	10	LRD14	07/10			0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
NG125L MA	12.5	LRD16	9/13				0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
NG125L MA	16	LRD21	12/18						0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
NG125L MA	25	LRD22	17/25							0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
NG125L MA	40	LRD32	23/32								0.8		0.8	T	T	T	T	T				
NG125L MA	40	LRD3355	30/40											T	T	T	T	T				
NG125L MA	63	LRD3357	37/50												T	T	T	T				
NG125L MA	63	LRD3359	48/65													T	T	T				
GV2 L/LE	03	LRD3	0.25/0.40	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	04	LRD4	0.40/0.63	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	05	LRD5	0.63/1	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	06	LRD6	1/1.6	0.19	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	07	LRD7	1.6/2.5	0.19	0.25	0.4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	08	LRD8	2.5/4	0.19	0.25	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	10	LRD10	4/6.3		0.25	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	14	LRD14	07/10			0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	16	LRD16	9/13					0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	20	LRD21	12/18							0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	22	LRD22	17/25							0.63	0.8	0.63	0.8	T	T	T	T	T				
GV2 L/LE	32	LRD32	23/32								0.8		0.8	T	T	T	T	T				
GV3 L	25	LRD22	20/25							0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV3 L	32	LRD32	23/32								0.8		0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV3 L	40	LRD340	30/40											1.25	1.25	1.25	T	T				
GV3 L	50	LRD350	37/50												1.25	1.25	T	T				
GV3 L	65	LRD365	48/65														T	T				
GV4 L/LE	02	LRD-07	1.6/2.5	0.19	0.25	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	03	LRD-08	2.5/4		0.25	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	07	LRD-12	5.5/8		0.25	0.4	0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	12	LRD-313	9/13				0.5	0.5	0.5	0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	25	LRD-325	17/25							0.63	0.8	0.63	0.8	1.25	1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	50	LRD-350	37/50												1.25	1.25	T	T				
GV4 L/LE	80	LRD-33 63	63/80															T				
GV4 L/LE	115	LR9D-5369	90/150															T				

Hình 6. 2: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc

Upstream		NS630b 800 1000 1250 1600 N/H										NS630b 800 1000 1250 1600 N/H										NS630b 800 1000 1250 1600 N/H									
Trip unit		Micrologic 2.0										Micrologic 5.0 - 6.0 - 7.0 Inst...In										Micrologic 5.0 - 6.0 - 7.0 Inst OFF									
Downstream	Rating	630			800	1000	1250	1600	630			800	1000	1250	1600	630			800	1000	1250	1600	630			800	1000	1250	1600		
	Setting Ir	250	400	630	800	1000	1250	1600	250	400	630	800	1000	1250	1600	250	400	630	800	1000	1250	1600	250	400	630	800	1000	1250	1600		
Selectivity limit (kA)																															
iC60 L MA1.6...MA40 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NG125L MA2.5...MA63 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
LUB12 + LUC6...12		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
LUB32 + LUC6...32		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV2 ME01...ME32		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV2 P01...P32		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV2 L03...L32 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV3 P13...P65		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV3 L25...L65 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV4 P/PE/PEM 02-115		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
GV4 L/LE 02-115 +LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NSX100 F/N/H/S/L MA 2.5...MA6.3 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NSX100 F/N/H/S/L/R MA12.5...MA100 + LRD		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NSX160 F/N/H/S/L MA150 + LR9D/F	150			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NSX250 F/N/H/S/L/R MA220 + LR9D/F	220			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
NSX400 F/N/H/S/L/R Mic. 1.3M +LR9F	320				T	T	T							T	T	T										T	T	T			
NSX630 F/N Mic. 1.3M +LR9F	500						T																					T			

Hình 6. 3: Bảng tra kiểm tra độ chọn lọc

Is(kA)				Phía nguồn (upstream)			
				Q1	Q8	Q10	Q11
				Compact NS800L	Compact NSX100	Compact NSX400	Compact NSX400
				Micrologic P	Micrologic 2.2	Micrologic 2.3	Micrologic 2.3
Phía tải (downstream)	Q7	NSX400	Micrologic 1.3M	Không			
	Q8	Compact NSX100	Micrologic 2.2	T			
	Q9	Compact NSX160	Micrologic 2.2	T			
	Q10	Compact NSX400	Micrologic 2.3	Không			
	Q11	Compact NSX400	Micrologic 2.3	Không			
	Q16	GV4L		T	0.8		
	Q17	GV4L		T	0.8		
	Q18	GV4L		T	0.8		
	Q19	Compact NSX100	Micrologic 2.2	T		T	
	Q20	Compact NSX100	Micrologic 2.2	T		T	
	Q21	Compact NSX400	Micrologic 2.3	Không			T

Bảng 6. 1: Bảng kiểm tra tính chọn lọc

**Nhận xét:**

- Ta thấy CB Q8 bảo vệ từng phân đối với CB Q16, Q17 và Q18. Ta nên thay CB Q8 thành CB NSX250B để có tính chọn lọc toàn phần.
- Ta thấy CB Q1 không có tính chọn lọc với CB Q7, Q10 và Q11. Ta nên thay CB Q1 thành CB NS1000 để có tính chọn lọc toàn phần.

**6.2 Kiểm tra áp dụng kỹ thuật cascading:**

Sử dụng kỹ thuật cascading để hạn chế dòng các thiết bị đóng cắt, do đó làm giảm chi phí lắp đặt.

Upstream			NS800				NS1000			NS1250		NS1600	
			N	H	L	LB	N	H	L	N	H	N	H
	Icu (kA)		50	70	150	200	50	70	150	50	70	50	70
	Trip unit		Micrologic										
Downstream			800	800	800	800	1000	1000	1000	1250	1250	1600	1600
Rating (A)	Trip unit	Icu (kA)	Reinforced breaking capacity (kA)										
NSX100B	TM-D / Micrologic	25	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
NSX100F	TM-D / Micrologic	36	50/50	70/70	150/150	150/150	50/50	70/70	150/150	50/50	70/70	50/50	70/70
NSX100N	TM-D / Micrologic	50		70/70	150/150	150/150		70/70	150/150		70/70		70/70
NSX100H	TM-D / Micrologic	70			150/150	150/150			150/150				
NSX100S	TM-D / Micrologic	100			150/150	200/200			150/150				
NSX100L	TM-D / Micrologic	150				200/200							
NSX160B	TM-D / Micrologic	25	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
NSX160F	TM-D / Micrologic	36	50/50	70/70	150/150	150/150	50/50	70/70	150/150	50/50	70/70	50/50	70/70
NSX160N	TM-D / Micrologic	50		70/70	150/150	150/150		70/70	150/150		70/70		70/70
NSX160H	TM-D / Micrologic	70			150/150	150/150			150/150				
NSX160S	TM-D / Micrologic	100			150/150	200/200			150/150				
NSX160L	TM-D / Micrologic	150				200/200							
NSX250B	TM-D / Micrologic	25	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
NSX250F	TM-D / Micrologic	36	50/50	70/70	150/150	150/150	50/50	70/70	150/150	50/50	70/70	50/50	70/70
NSX250N	TM-D / Micrologic	50		70/70	150/150	150/150		70/70	150/150		70/70		70/70
NSX250H	TM-D / Micrologic	70			150/150	150/150			150/150				
NSX250S	TM-D / Micrologic	100			150/150	200/200			150/150				
NSX250L	TM-D / Micrologic	150				200/200							
NSX400F	Micrologic	36	50/50	70/70	10/150	10/150	50/50	70/70	15/150	50/50	70/70	50/50	70/70
NSX400N	Micrologic	50		70/70	10/150	10/150		70/70	15/150		70/70		70/70
NSX400H	Micrologic	70			10/150	10/150			15/150				
NSX400S	Micrologic	100			10/150	10/200			15/150				
NSX400L	Micrologic	150				10/200							
NSX630F	Micrologic	36					50/50	65/70	10/150	50/50	65/70	50/50	65/70
NSX630N	Micrologic	50						65/70	10/150		65/70		65/70
NSX630H	Micrologic	70							10/150				
NSX630S	Micrologic	100							10/150				

Hình 6. 4: Bảng tra kiểm tra kỹ thuật Cascading

CB	CB ban đầu	Iscmax(kA)	Cascading
Q1	NS1000N	11.81	NS1000N
Q7	NSX400	10.65	NSX400
Q8	NSX250B		NSX250B
Q9	Compact NSX160B		Compact NSX160B
Q10	Compact NSX400F	10.96	Compact NSX400F
Q11	Compact NSX400F	10.65	Compact NSX400F
Q15	Compact NSX400F	2.11	Compact NSX400F
Q16	GV4L	5.26	GV4L
Q17	GV4L		GV4L
Q18	GV4L		GV4L
Q19	Compact NSX100B	10.51	Compact NSX100B
Q20	Compact NSX100B		Compact NSX100B
Q21	Compact NSX400F	8.31	Compact NSX400F

Bảng 6. 2: Bảng kiểm tra kỹ thuật Cascading

**Nhận xét:** Sau kiểm tra cascading các CB phối hợp với CB Q1 thì không cần phải thay đổi bất kì CB nào thêm.

## 7 Bảo vệ điện giật gián tiếp

Trong thiết kế này ta sẽ sử dụng sơ đồ nối đất TN-S. Thời gian ngắt tối đa của CB được tra bảng:

U <sub>0</sub> (V)	50 < U <sub>0</sub> ≤ 120	120 < U <sub>0</sub> ≤ 230	230 < U <sub>0</sub> ≤ 400	U <sub>0</sub> > 400
System TN or IT	0.8	0.4	0.2	0.1
TT	0.3	0.2	0.07	0.04

Hình 7. 1: Bảng tra thời gian ngắt của CB

Kiểm tra điện giật gián tiếp:

- Ta có:  $I_d = U_0 / Z_s$

Với  $Z_s$ : tổng trở kháng khi xảy ra sự cố;  $U_0$ : điện áp pha

- Sau đó so sánh  $I_d$  với dòng cắt thời gian nhanh nhất của CB, nếu  $I_d$  lớn hơn sẽ thỏa điều kiện.
- Chọn tiết diện dây PE như hình:

	c.s.a. of phase conductors S <sub>ph</sub> (mm <sup>2</sup> )	Minimum c.s.a. of PE conductor (mm <sup>2</sup> )	Minimum c.s.a. of PEN conductor (mm <sup>2</sup> )	
			Cu	Al
Simplified method <sup>(1)</sup>	S <sub>ph</sub> ≤ 16	S <sub>ph</sub> <sup>(2)</sup>	S <sub>ph</sub> <sup>(3)</sup>	S <sub>ph</sub> <sup>(3)</sup>
	16 < S <sub>ph</sub> ≤ 25	16	16	25
	25 < S <sub>ph</sub> ≤ 35			
	35 < S <sub>ph</sub> ≤ 50	S <sub>ph</sub> /2	S <sub>ph</sub> /2	S <sub>ph</sub> /2
	S <sub>ph</sub> > 50			
Adiabatic method	Any size	$S_{PEN} = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$ <sup>(3) (4)</sup>		

Hình 7. 2: Bảng tra tiết diện dây PE

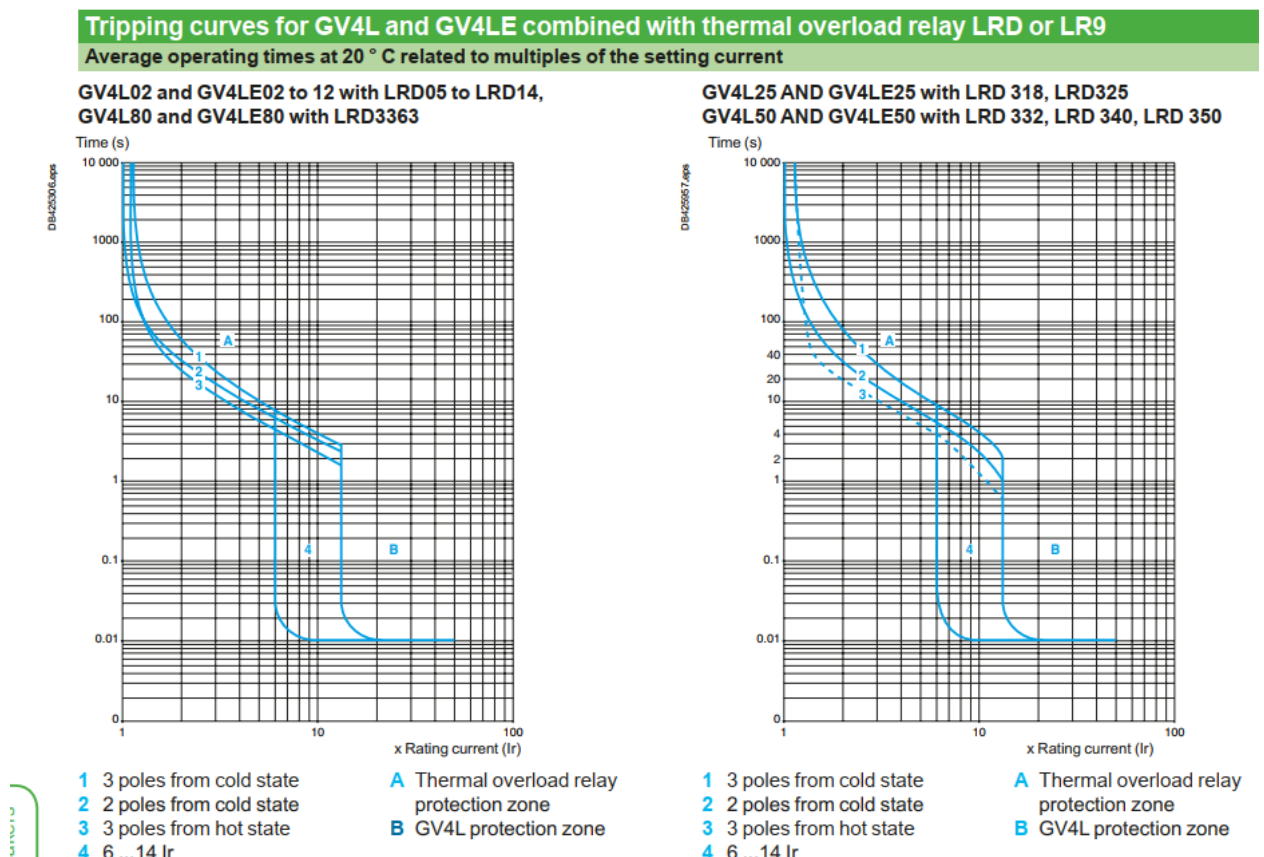
Dây dẫn	Dây dẫn	Vật liệu	$S_{ph}$	$S_{PE}$	$R_d$ (mΩ)	$X_d$ (mΩ)	$R_{PE}$ (mΩ)	$X_{PE}$ (mΩ)
C1	Cu	XLPE	555	300	2.39	4.48	4.78	4.48
C7	Al	PVC	125	70	8.42	2.24	16.84	2.24
C8	Cu	PVC	32	16	33.33	0	66.66	0
C9	Cu	XLPE	50	25	87.69	14.8	175.38	14.8
C10	Al	PVC	300	150	2.51	1.6	5.02	1.6
C11	Al	XLPE	190	95	9.89	4	19.78	4
C15	Cu	XLPE	95	50	31.18	10	62.36	10
C16	Cu	PVC	1.5	1.5	869	0	1738	0
C17	Cu	PVC	25	16	28.44	0	56.88	0
C18	Cu	PVC	1.5	1.5	869	0	1738	0
C19	Cu	XPPE	25	16	123.24	0	246.48	0
C20	Cu	XPPE	25	16	127.98	0	255.96	0
C21	Cu	XPPE	300	150	3.16	3.2	6.32	3.2

Bảng 7. 1: Tính tổng trở dây dẫn

Dây dẫn	CB	RT (mohm)	Id(kA)	Trip unit	Ir(A)	Im	Điều kiện
C9	Compact NSX160B	11.48	1.51	Micrologic 2.2	144	(5-13)Ir	Thỏa
C15	Compact NSX400F	95.65	1.39	Micrologic 2.2	240	(5-13)Ir	Thỏa
C16	GV4L	111.47	2.28		10	(5-13)Ir	Thỏa
C17	GV4L				60	(5-13)Ir	Thỏa
C18	GV4L				15	(5-13)Ir	Thỏa
C19	Compact NSX100B	19.66	12.92	Micrologic 2.2	70	(5-13)Ir	Thỏa
C20	Compact NSX100B			Micrologic 2.2	60	(5-13)Ir	Thỏa
C21	Compact NSX400F	42.21	6.02	Micrologic 2.3	280	(5-13)Ir	Thỏa

Bảng 7. 2: Tính dòng sự cố và kiểm tra

Để tra Im ta dựa vào tripping curves đối với các CB GV, đối với các CB NSX ta tra bảng tương ứng



Hình 7. 3: Bảng tra tripping curve của CB

## 8 Lựa chọn thiết bị đóng cắt 22kV và bảo vệ máy biến áp

Các sự cố máy biến áp:

- Quá tải.
- Ngắn mạch: bên trong máy biến áp hoặc bên ngoài máy biến áp.
- Chạm vỏ máy biến áp.

### **8.1 Thiết kế máy biến áp có một lộ vào 22kV**

Vì máy biến áp có công suất 500 kVA (dưới 2 MVA) nên chọn sơ đồ cầu chì kết hợp với khóa. Các nguyên tắc chọn cầu chì để bảo vệ máy biến áp:

- $I_{\text{fuse}(0.1\text{s})} > 12 \cdot I_{N \text{ Transformer}}$
- $1.4 \cdot I_{\text{overload}} < I_{N \text{ fuse}}$
- $I_{N \text{ Transformer}} / U_{\text{sc}}\% > I_3$ .

Dòng định mức phía cao áp của MBA:  $I_{N-Transformer} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 22} = 13.12(A)$

Ta chọn thông cầu chì theo bảng sau:

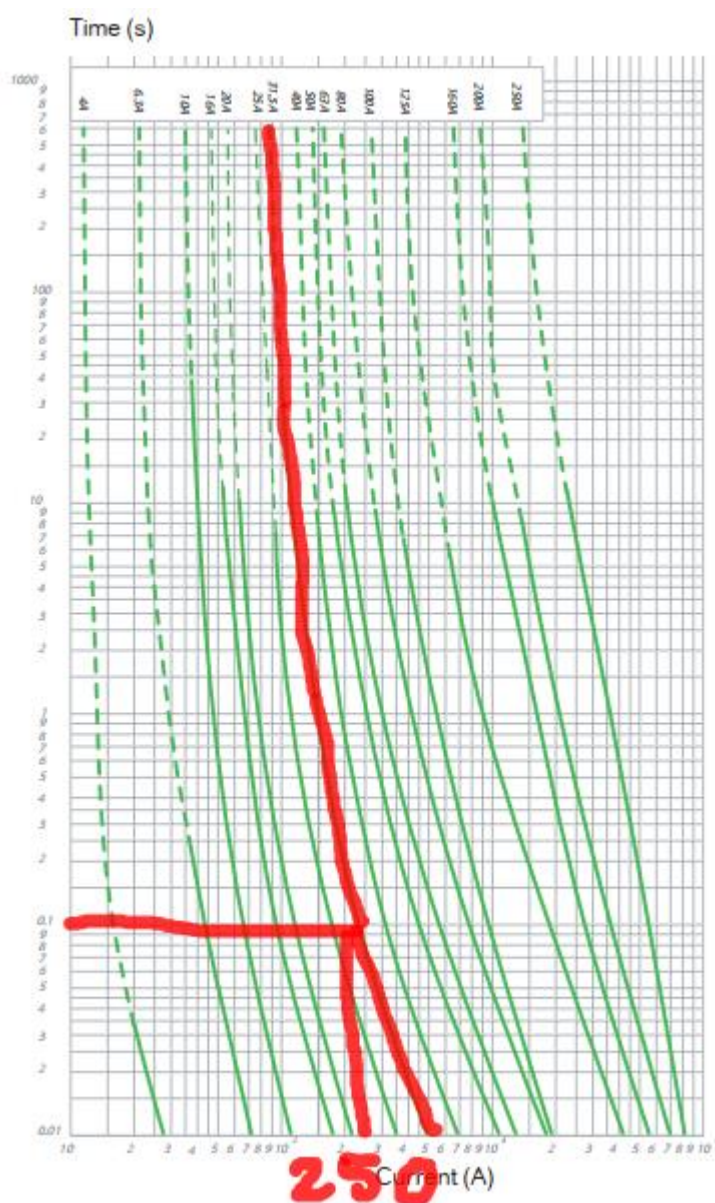
Type of fuse	Service voltage (kV)	Transformer rating (kVA)																Rated voltage (kV)
		25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
<b>Solefuse (UTE NFC standards 13.100, 64.210)</b>																		
	5.5	6.3	16	31.5	31.5	63	63	63	63	63								7.2
	10	6.3	6.3	16	16	31.5	31.5	31.5	63	63	63	63						
	15	6.3	6.3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63				
	20	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63			24
<b>Solefuse (general case, UTE NFC standard 13.200)</b>																		
	3.3	16	16	31.5	31.5	31.5	63	63	100	100								7.2
	5.5	6.3	16	16	31.5	31.5	63	63	63	80	80	100	125					
	6.6	6.3	16	16	16	31.5	31.5	43	43	63	80	100	125	125				
	10	6.3	6.3	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63	80	80	100			12
	13.8	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	63	63	80			17.5
	15	6.3	6.3	16	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63	80			
	20	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63			24
	22	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63		
<b>Fusarc CF and SIBA<sup>(1)</sup> (general case for QM, QMB and QMC cubicle according to IEC 62271-105)</b>																		
	3.3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>	200 <sup>(1)</sup>					7.2
	5	10	16	31.5	40	40	50	63	80	80	125	125	160 <sup>(1)</sup>					
	5.5	10	16	31.5	31.5	40	50	50	63	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>			
	6	10	16	25	31.5	40	50	50	63	80	80	125	125	160 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>			
	6.6	10	16	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>			
	10	6.3	10	16	20	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100	100	125 <sup>(1)</sup>	200 <sup>(1)</sup>	12
	11	6.3	10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63	80	100	100	125 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>	
	13.8	6.3	10	16	16	20	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	100 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>	17.5
	15	6.3	10	10	16	16	20	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>	
	20	6.3	6.3	10	10	16	16	25	25	31.5	40	40	50	50	63	80	100 <sup>(1)</sup>	24
	22	6.3	6.3	10	10	10	16	20	25	25	31.5	40	40	50	50	80	80	
<b>Fusarc CF for dry type transformers<sup>(2)</sup></b>																		
	30					10		10	16	20	25	31.5	31.5	50	50	63	63	36
	31.5					10		10	16	20	25	25	31.5	50	50	63	63	
	33					6.3		10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63	
	34.5					6.3		10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63	
<b>Fusarc CF oil immersed type transformers<sup>(2)</sup></b>																		
	30					10		10	16	20	25	31.5	31.5	40	40	50	63	36
	31.5					10		10	16	20	25	31.5	31.5	40	40	50	63	
	33					10		10	16	20	25	25	31.5	31.5	40	40	50	
	34.5					10		10	16	20	25	25	31.5	31.5	40	40	50	

Hình 8. 1: Bảng tra thông số cầu chì

Thông số cầu chì bảo vệ

Với công suất MBA 500 kVA ở cấp điện áp 22 kV ta chọn cầu chì với dòng định mức:

$$I_{\text{fuse}} = 31.5 \text{ (A)}$$



Hình 8. 2: Đồ thị khả năng chịu dòng theo thời gian của cầu chì

- Dựa vào đồ thị ta thấy  $I_{\text{fuse}(0.1\text{s})} = 250 \text{ (A)} > 12 \cdot (I_{\text{N-Transformer}}) = 157 \text{ (A)} \rightarrow \text{Thỏa.}$
- $(1.4 \cdot I_{\text{overload}} = 18.368 \text{ A}) < (I_{\text{N-fuse}} = 31.5 \text{ A}) \rightarrow \text{Thỏa.}$
- $(I_{\text{N-Transformer}} / U_{\text{sc}\%} = 13.12/5\% = 262.4 \text{ A}) > (I_3 = 6 \cdot I_{\text{fuse}} = 189 \text{ A}) \rightarrow \text{Thỏa.}$

Rating (A)	$I_{min} \text{ fuse (A)}$ 0.1 s	$I_{N \text{ max.}}$ $= I_{min(0.1)} / 12$	$I_{N \text{ max.}}$ $= I_{N \text{ fuse}} / 1.4$	$I_3$	$I_{N \text{ min}}$ $= I_3 \times 5\%$ $U_{co} \%$	Transformer $I_N$ must be between $I_A$ and $I_B$	
50	401.7	33.4	35.7	180	9	9	33.4
50 (36 kV)	385	32	35.7	200	10	10	32
63	499.8	41.6	45	215	10.7	10.7	41.6
63 (36 kV)	489.6	40.8	45	250	12.5	12.5	40.8
80 (7.2-12 kV)	680	56.6	57.1	280	14	14	56.6
80 (17.5-24 kV)	694.6	57.8	57.1	330	16.5	16.5	57.1
100 (7.2-12 kV)	862	71.8	71.4	380	19	19	71.4
100 (17.5-24 kV)	862	71.8	71.4	450	22.5	22.5	71.4
125	1 666.1	138.8	89.2	650	32.5	32.5	89.2
160	2 453.4	204.4	114.2	1 000	50	50	114.8
200	3 256.3	271.3	142.8	1 400	70	70	142.8
250 (3.6 kV)	4 942.4	411.8	178.5	2 000	100	100	178.5
250 (7.2 kV)	4 942.4	411.8	178.5	2 200	110	110	178.5

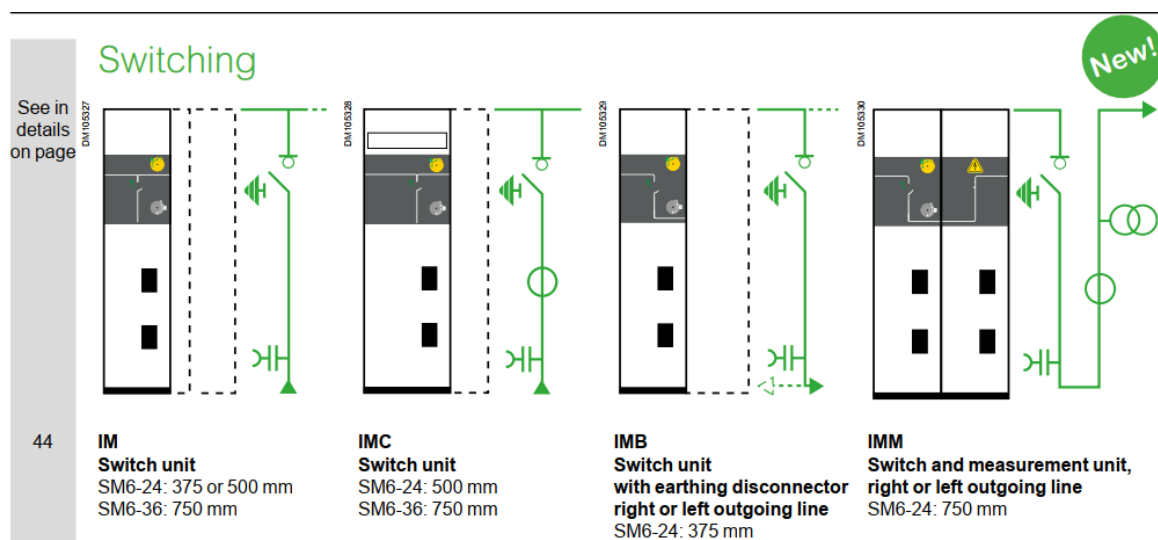
### Lựa chọn khác: Sử dụng SM6

Tủ SM6 thường được làm ở dạng mô-đun, các mô-đun có thể cố định hoặc tháo rời tùy chọn. Tủ có có thể dùng khí SF6 hoặc chân không để dập tắt dòng sự cố. Các tủ SM6 được dùng trong các trạm biến áp MV/LV phía MV có thể lên đến 36kV. Đối với mạch điện trong bài do chỉ dùng 1 máy biến áp với công suất 500 kVA và chỉ có 1 lộ vào nên dùng tủ SM6 có thể hơi phí nhưng vẫn có thể lắp đặt để phát triển thêm lộ vào hoặc tải sau này.

Một số đặc điểm nổi bật của tủ SM6:

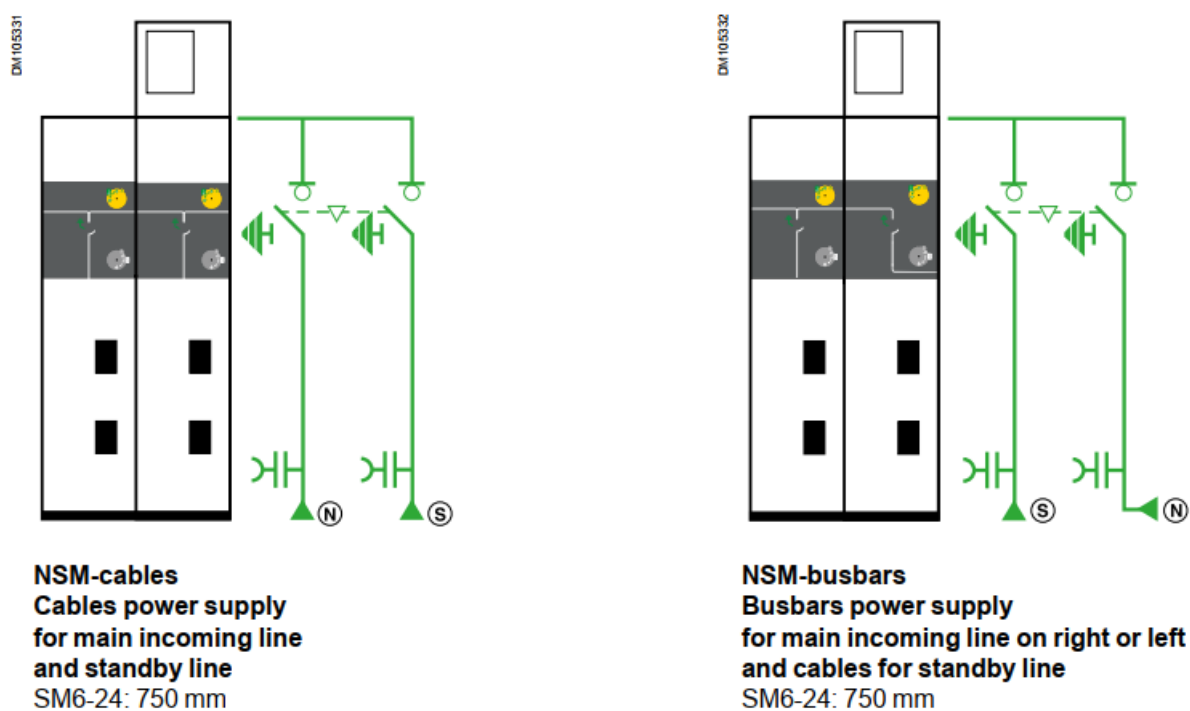
- Vận hành dễ dàng và an toàn cho người vận hành với cơ chế chống phóng điện bên trong
- Tích hợp với các bộ theo dõi và điều khiển giúp thuận lợi cho việc vận hành mà không làm gián đoạn công việc khi có lắp đặt thêm thiết bị.
- Nhỏ gọn giúp tiết kiệm chi phí thi công, có thể dễ dàng tích hợp với những trạm biến áp ngoài trời.
- Phạm vi ứng dụng lớn có thể dễ dàng đáp ứng trong tương lai. Sản phẩm được thiết kế theo đúng những tiêu chuẩn ràng buộc.
- Nâng cao độ bền của các thiết bị đóng ngắt làm giảm thiểu chi phí bảo trì.

Các mô-dun tủ SM6 có thể chia làm những loại chính sau:



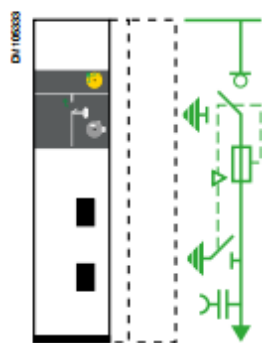
Hình 9. 1: Tủ đóng cắt SM6

## Automatic transfer system

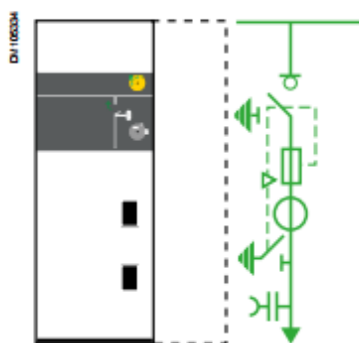


Hình 9. 2: Tủ vận hành tự động SM6

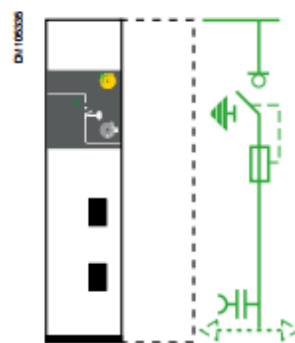
## Fuse-switch



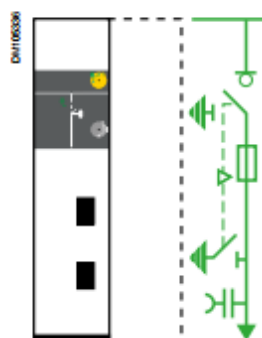
**QM**  
Fuse-switch combination unit  
SM6-24: 375 or 500 mm  
SM6-36: 750 mm



**QMC**  
Fuse-switch combination unit  
SM6-24: 625 mm  
SM6-36: 1000 mm



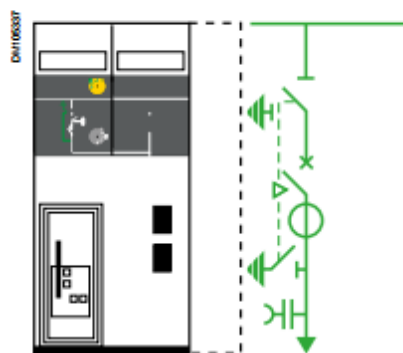
**QMB**  
Fuse-switch combination unit  
right or left outgoing line  
SM6-24: 375 mm  
SM6-36: 750 mm



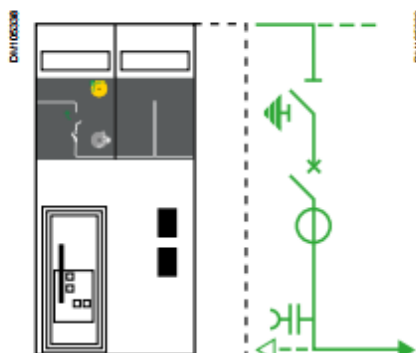
**PM**  
Fuse-switch unit  
SM6-24: 375 mm  
SM6-36: 750 mm

Hình 9. 3: Tủ cầu chì SM6

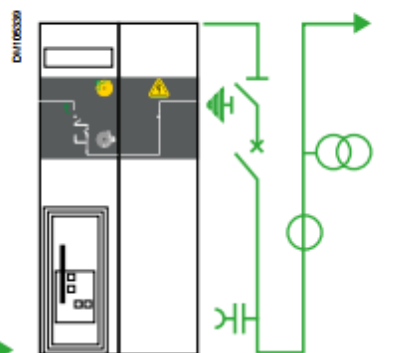
## SF6 circuit-breaker



**DM1-A**  
Single-isolation, disconnectable  
circuit breaker unit  
SM6-24: 750 mm  
SM6-36: 1000 mm



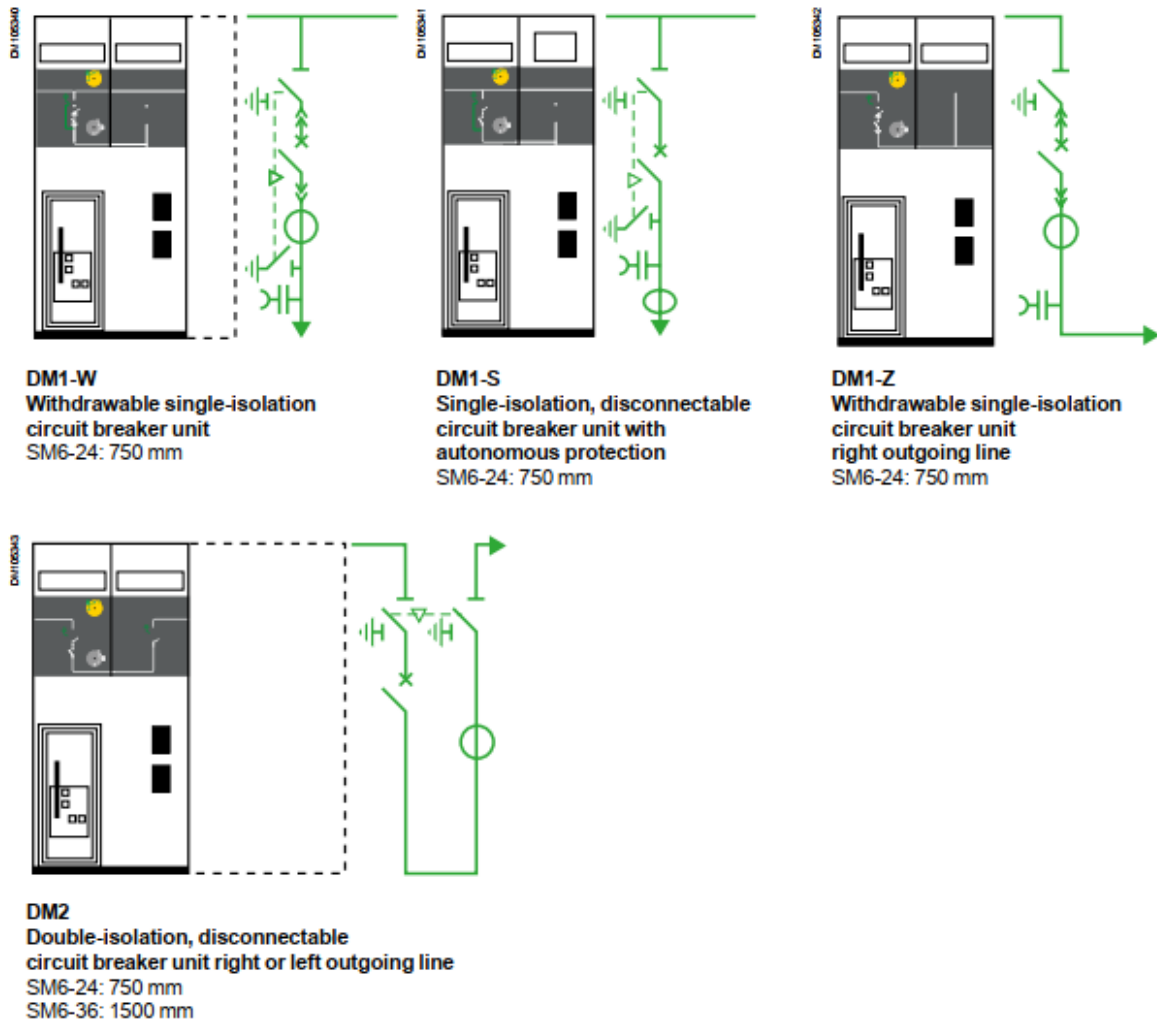
**DM1-D**  
Single-isolation, disconnectable  
circuit breaker unit  
right or left outgoing line  
SM6-24: 750 mm  
SM6-36: 1000 mm



**DM1-M**  
Single-isolation, disconnectable  
circuit breaker and measurement unit  
right outgoing line  
SM6-24: 750 mm

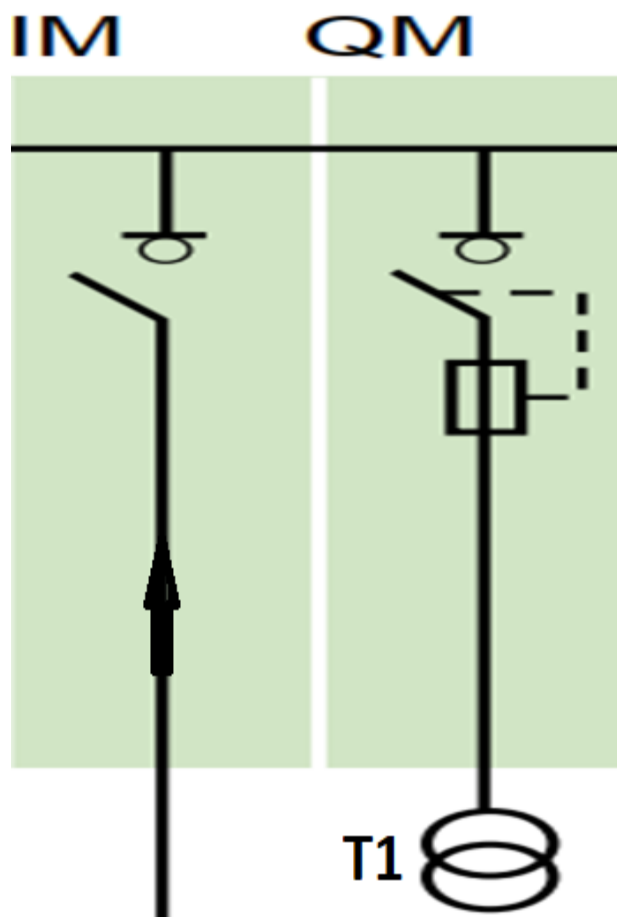
Hình 9. 4: Tủ CB SM6

## SF6 circuit-breaker



Hình 9. 5: Tủ CB SM6

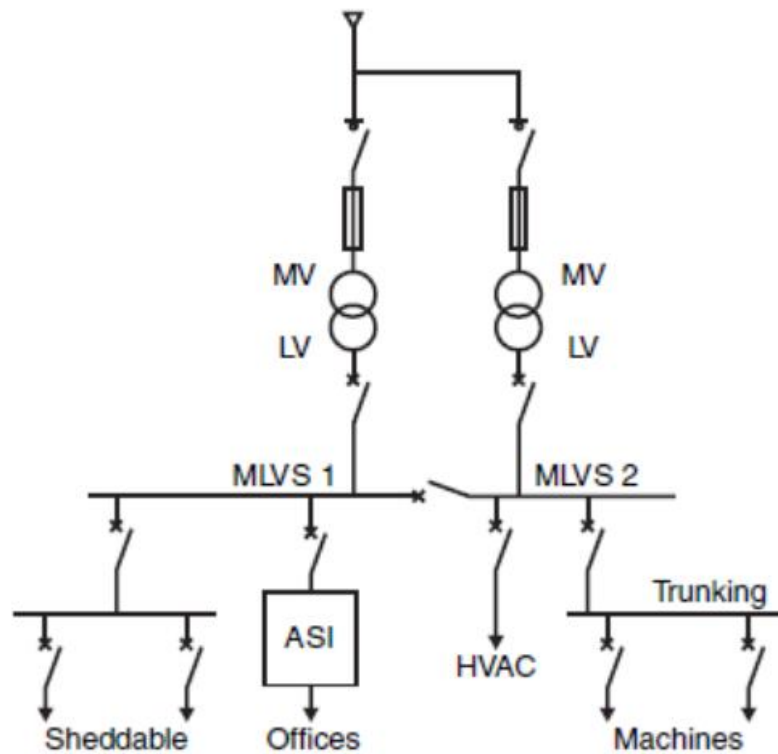
Đối với sơ đồ 1 lộ vào ta chọn 2 module: IM (để lấy điện 22kV từ lưới) và QM (nối vào đầu sơ cấp của MBA T1 để bảo vệ sự cố phía MV).



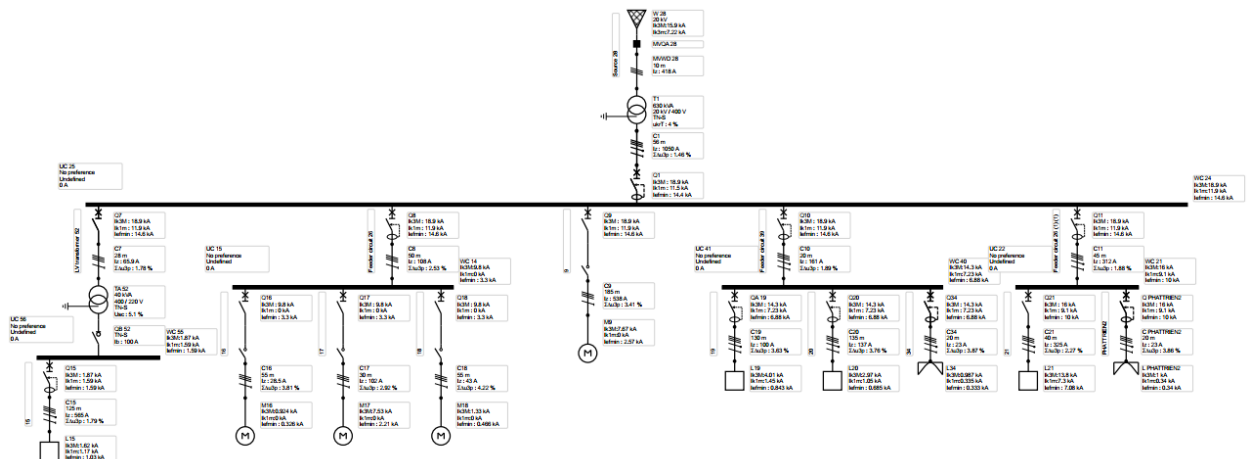
Hình 9. 6: Sơ đồ đi dây cho tủ SM6 của hệ thống

## 8.2 Thiết kế hai lộ vào 22 kV:

Đối với sơ đồ 2 lộ vào, ta có thể sử dụng 2 lộ vào phía tải LV như sau:



## 9 Tính toán bằng phần mềm Ecodial



Loại	Thiết bị	Đại lượng	Tính	Ecodial
Máy biến áp	T1	U (kV)	22/0.4	25/0.4
		Sdm (kVA)	500	630
	T7	U (kV)	0.4/0.23	0.4/0.23
		Sdm (kVA)	100	40

Bảng 9. 1: Bảng so sánh MBA tính toán và Ecodial

Nhận xét:

- Với máy biến áp T1, do phần mềm chưa tính toán đến hệ số đồng thời của các thanh cái, nên hệ số đồng thời đều bằng 1, vì vậy công suất MBA T1 được đẩy lên cao. Để tối ưu kinh tế, ta nên chọn MBA 500 kVA
- Phần mềm chọn MBA 40 kVA là hợp lý, vậy nên ta sẽ chọn MBA 40 kVA.

			Tính	Ecodial
Động cơ	M9	$P_{đm}(kW)$	110	118
		$\cos \varphi$	0.87	0.87
	M16	$P_{đm}(kW)$	5.5	6.61
		$\cos \varphi$	0.83	0.83
	M17	$P_{đm}(kW)$	55	55.8
		$\cos \varphi$	0.86	0.83
	M18	$P_{đm}(kW)$	11	13.1
		$\cos \varphi$	0.86	0.86

Bảng 9. 2: Bảng so sánh tính toán và Ecodial

	Tính Tên CB	Ecodial Tên CB	Tính Trip Unit	Ecodial Trip Unit	Tính In (A)	Ecodial In (A)
<b>Q1</b>	Compact NS800L	Masterpact MTZ1 - MTZ1 10H1	Micrologic P	Micrologic 7.0 X	800	1000
<b>Q7</b>	Compact NSX160	Acti9 NG125 - NG125L	Micrologic 2.2	Micrologic 4.3D	160	63
<b>Q8</b>	Compact NSX100	Compact NSX - NSX100B	Micrologic 2.2	Micrologic 4.3	100	100
<b>Q9</b>	Compact NSX160	Compact NSX - NSX100B	Micrologic 2.2	MA	160	250
<b>Q10</b>	Compact NSX400	Compact NSX - NSX160B	Micrologic 2.3	Micrologic 4.2	400	160
<b>Q11</b>	Compact NSX400	Compact NSX - NSX400F	Micrologic 2.3	Micrologic 4.3	400	400
<b>Q15</b>	Compact NSX400	Compact NSX - NSX160B	Micrologic 2.2	Micrologic 4.2	400	100
<b>Q16</b>	Compact NSXm25	Acti9 P25M - P25M	TM-G	M	25	14
<b>Q17</b>	Compact NSX100	Compact NSX - NSX160F	Micrologic 2.2	M	100	160
<b>Q18</b>	Compact NSXm25	Acti9 P25M - P25M	TM-G	M	25	23
<b>Q19</b>	Compact NSX100	Compact NSX - NSX100B	Micrologic 2.2	Micrologic 4.2	100	100
<b>Q20</b>	Compact NSX100	Compact NSX - NSX100B	Micrologic 2.2	Micrologic 4.2	100	100
<b>Q21</b>	Compact NSX400	Compact NSX - NSX400F	Micrologic 2.3	Micrologic 2.3	400	400

Bảng 9. 3: Bảng so sánh CB tính toán và Ecodial

Nhận xét:

- Nhìn chung sự khác biệt giữa CB tính tay và phần mềm là không lớn. Tuy nhiên đối với CB Q1 như ta đã đề cập ở trên, do dòng thực sự chạy trên C1 là nhỏ hơn nhiều, nên để phù hợp ta sẽ giữ nguyên CB Q1 Compact NS800L
- Đối với CB Q7 ta chọn theo phần mềm Acti9 NG125 - NG125L
- Đối với những CB còn lại, ta sẽ giữ nguyên giống như tính toán.

<b>Dây dẫn</b>	<b>Sph (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sph (mm<sup>2</sup>)</b>
<b>C1</b>	3 dây 185mm <sup>2</sup>	2x240
<b>C7</b>	5 dây 25mm <sup>2</sup>	1x70
<b>C8</b>	2 dây 16mm <sup>2</sup>	1x95
<b>C9</b>	1 dây 50mm <sup>2</sup>	1x95
<b>C10</b>	2 dây 150mm <sup>2</sup>	1x95
<b>C11</b>	2 dây 95 mm <sup>2</sup>	1x95
<b>C15</b>	1 dây 95 mm <sup>2</sup>	1x300
<b>C16</b>	1 dây 1.5mm <sup>2</sup>	1x4
<b>C17</b>	1 dây 25mm <sup>2</sup>	1x70
<b>C18</b>	1 dây 1.5mm <sup>2</sup>	1x6
<b>C19</b>	1 dây 25mm <sup>2</sup>	1x50
<b>C20</b>	1 dây 25mm <sup>2</sup>	1x35
<b>C21</b>	2 dây 150mm <sup>2</sup>	2x185

*Bảng 9. 4: Bảng so sánh dây dẫn tính toán và Ecodial*

**Nhận xét:**

- Như đã đề cập, hệ số đồng thời của từng tầng chưa được đề cập đến, vì vậy tiết diện dây do phần mềm tính toán ra được đa phần là khá lớn và quá không cần thiết.

- Riêng đối dây C1, ta chọn như phần mềm 2x240, C7 1x70, C10 1x95. Các dây còn lại ta sẽ giữ nguyên như tính toán.

## **10 Kết luận**

### **Nhận xét:**

- Bài tập lớn đã giúp sinh viên tìm hiểu và biết rõ nhiều kiến thức về khí cụ điện.
- Làm quen với cách chọn các thiết bị trong hệ thống điện thông qua catalogue hay sổ tay của nhà sản xuất.
- Học được cách tính toán các giá trị cần thiết theo chuẩn để chọn thiết bị phù hợp.
- Có thêm kinh nghiệm trong việc lựa chọn khí cụ điện để tối ưu về nhiều mặt trong hệ thống điện
- Việc nạp bài tập lớn hằng tuần để sửa là rất hiệu quả tuy nhiên lại gây khá nhiều áp lực về thời gian.

### **Kết luận:**

Sau khi hoàn thành bài tập lớn hiện thực bằng phần mềm Ecodial:

- Cần phải xác định rõ các thông số và làm theo đúng chuẩn lắp đặt điện để có thể chọn được một khí cụ điện đúng và tối ưu.
- Cần tính toán cẩn thận từng bước vì nếu sai những bước đầu tiên có thể dẫn đến hệ quả dây chuyền khó kiểm soát. Việc tính toán bằng tay có thể dẫn đến sai sót nên chúng ta phải làm song song tính toán bằng tay và kiểm tra với phần mềm cùng lúc để hạn chế sai sót.
- Tuy nhiên cũng không nên quá phụ thuộc vào phần mềm vì nó còn nhiều hạn chế, ta chỉ nên dùng phần mềm để kiểm tra thông số tính toán.
- Hệ thống cho trong bài tập lớn còn khá đơn giản và ít thông số hơn so với hệ thống thực tế