

---

## LỜI NÓI ĐẦU

Trong sự nghiệp công nghiệp hóa- hiện đại hóa đất nước, Điện lực giữ vai trò đặc biệt quan trọng. Vì điện năng là nguồn năng lượng được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân. Năng lượng được sử dụng trong các lĩnh vực như: giao thông, nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Từ dạng năng lượng sơ cấp có thể qua các công nghệ năng lượng khác nhau để đạt tới các dạng năng lượng hữu ích khác nhau. Nhà máy điện có nhiệm vụ biến đổi năng lượng sơ cấp như: than, dầu khí, thủy năng... thành điện và nhiệt năng. Vì vậy nhà máy điện là một khâu quan trọng trong hệ thống điện. Hiện nay nền kinh tế nước ta có những bước phát triển vượt bậc để hội nhập với khu vực và thế giới thiết kế và mở rộng nhà máy điện là một vấn đề tất yếu. Thiết kế phần điện cho nhà máy điện là một khâu quan trọng đòi hỏi người thiết kế phải am hiểu về thiết bị và phương thức vận hành nhà máy điện. Đối với sinh viên ngành điện, việc am hiểu về thiết kế phần điện nhà máy điện là một vấn đề cần thiết giúp cho sinh viên củng cố thêm được nhiều kiến thức để đóng góp cho công nghiệp hóa – hiện đại hóa đất nước.

Sau 4 năm học tập tại trường, đến nay em đã hoàn thành chương trình học của mình và được giao đề tài: “ **Nghiên cứu và tính toán phần điện cho nhà máy nhiệt điện Ung Bí 2 công suất 300MW** ” do cô giáo Thạc sỹ Đỗ Thị Hồng Lý hướng dẫn.

**Bản đề án được chia thành các phần như sau:**

Chương 1: Khái niệm chung về nhà máy điện.

Chương 2: Tính toán phụ tải và cân bằng công suất.

Chương 3: Sơ đồ nối điện và lựa chọn các phần tử trong sơ đồ.

Chương 4: Thiết kế và lựa chọn các thiết bị trong phần tự dùng của nhà máy

---

Việc làm đề tài cũng như việc tìm hiểu nhà máy đã giúp em có được nhiều kiến thức về thực tế và bổ sung thêm những kiến thức đã học trong nhà trường. Tuy nhiên do thời gian có hạn, kiến thức chưa sâu, kinh nghiệm thực tế và tài liệu tham khảo còn thiếu nên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong được sự đóng góp ý kiến của các thầy cô và các bạn để bản đồ án của em được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

---

## CHƯƠNG 1

### GIỚI THIỆU CHUNG VỀ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN UÔNG BÍ

#### 1.1 QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN

Tên gọi bằng tiếng Việt: **CÔNG TY TNHH 1TV NHIỆT ĐIỆN UÔNG BÍ.**

Tên gọi bằng tiếng Anh: **UONGBI THERMAL POWER COMPANY  
LIMITER.**

Tên viết tắt: **EVNTPC UONG BI (UPC)**

Địa chỉ: Phường Quang Trung – Thành phố Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh.

Điện thoại: 033 3854284 ; FAX: 033 3854181

Email: Uongbi\_nmd @ evn.com.vn

Giấy chứng nhận đăng ký kinh doanh số: 5700548601 cấp ngày 02 tháng 11 năm 2010 do Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Quảng Ninh cấp.

Tài khoản số: 102010000225115 Ngân hàng CP Công thương Uông Bí.

Diện tích đất đang quản lý: 407.665,8 m<sup>2</sup>

Diện tích đất đang sử dụng trong kinh doanh: 391.950,3 m<sup>2</sup>

Công ty Nhiệt điện Uông Bí là doanh nghiệp nhà nước, do nhà nước đầu tư vốn thành lập. Công ty là đơn vị trực thuộc Tổng công ty Điện Lực Việt Nam, có tư cách pháp nhân trong phạm vi Tổng công ty uỷ quyền .

Ngày 19 tháng 5 năm 1961, Thủ tướng Phạm Văn Đồng thay mặt Trung ương Đảng và Chính phủ Việt Nam đã về thăm và bỏ nhất cuộc đầu tiên khởi công xây dựng Nhà máy Nhiệt điện Uông Bí. Đây là đứa con đầu lòng của ngành Điện Việt Nam được đặt trên vùng Đông bắc của Tổ Quốc, vì vậy nguồn điện phát ra có ý nghĩa rất quan trọng cho nền công nghiệp nước ta, phục vụ trực tiếp cho khu mỏ và nền kinh tế quốc dân .

---

Nhà máy nhiệt điện Uông bí (nay là Công ty nhiệt điện Uông bí) là Nhà máy phát điện do Liên xô (trước đây) giúp đỡ xây dựng. Giai đoạn 1 gồm 4 lò, 4 máy trung áp với công suất tổng cộng 48 MW, đến cuối năm 1963 tổ máy số 1 được đưa vào vận hành. Các tổ máy tiếp theo được lần lượt thi công xây lắp và đưa vào vận hành để cung cấp điện cho nhu cầu phát triển kinh tế-xã hội và quốc phòng. Từ năm 1973, hai tổ máy cao áp 55 MW lần lượt được thiết kế, thi công xây lắp và đưa vào vận hành, nâng tổng công suất toàn Công ty lên 153 MW.

Trong những năm kháng chiến chống Mỹ cứu nước Công ty đã bị đế quốc Mỹ ném bom nhiều lần làm hư hỏng nhiều máy móc thiết bị trong dây chuyền sản xuất. Sau chiến tranh Công ty vừa sản xuất vừa củng cố các thiết bị do chiến tranh làm hư hỏng, vừa mở rộng sản xuất. Dây chuyền công nghệ sản xuất của Công ty có đặc tính kỹ thuật cao, phức tạp, hoạt động 24/24<sup>h</sup>. Máy móc thiết bị lớn và đồ sộ nhưng hầu như đã khấu hao hết. Do đó, nhiệm vụ chủ yếu của Công ty hiện nay là sản xuất điện năng cung cấp cho hệ thống điện quốc gia, đồng thời phấn đấu hoàn thành kế hoạch sửa chữa lớn máy móc thiết bị. Ngoài ra Công ty còn sản xuất kinh doanh phụ một số mặt hàng như chế biến, kinh doanh than, sản xuất cột điện và các sản phẩm bằng bê tông ly tâm, sản xuất bi thép, kinh doanh dịch vụ ăn uống, nhà hàng... Đến nay Công ty còn 4 lò 2 máy với tổng công suất 110 MW, tổng số cán bộ công nhân viên là 1.747 người làm nhiệm vụ phát công suất cho lưới điện khu vực Đông - Bắc của Tổ quốc.

Công ty nhiệt điện Uông Bí được Đảng, Nhà nước mà trực tiếp là Bộ công nghiệp và Tổng công ty điện lực Việt nam thường xuyên quan tâm chỉ đạo, tạo điều kiện cho Công ty nhiệt điện Uông bí phấn đấu hoàn thành tốt nhiệm vụ chính trị, góp phần vào sứ mệnh chung của ngành then chốt số một phải đi trước một bước trong sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước.

Phát huy truyền thống và những thành tích đã đạt được, tập thể CBCNV Công ty luôn luôn cố gắng nhằm phấn đấu vượt qua mọi khó khăn thử thách, phát huy mọi nguồn lực sẵn có của mình để giữ và đưa Công ty ngày càng phát

---

triển đi lên về mọi phương diện. Ngày 10 tháng 10 năm 2000 Thủ tướng Chính phủ đã ký Quyết định số: 994/QĐ - TTG phê duyệt đầu tư xây dựng Nhà máy nhiệt điện Uông bí mở rộng với 1 tổ máy có công suất 300MW và đang xây dựng Nhà máy 330 MW số 2 có công suất 300 MW do Trung Quốc làm chủ đầu tư. Và theo kế hoạch vào tháng 3/2011 sẽ đót và hiệu chỉnh dẫn tới bàn giao. Tuy nhiên đến tận tháng 3/2012 nhà máy số 2 do Trung Quốc làm chủ đầu tư mới được đưa vào chạy tin cậy và cố gắng trong năm 2012 này sẽ bàn giao công nghệ lại cho phía nhà máy.

Với vai trò, vị trí chủ lực của hệ thống điện Việt Nam trong suốt thời gian dài đầy khó khăn, thử thách trước, trong và sau chiến tranh. Công ty nhiệt điện Uông bí đã làm tròn nhiệm vụ cung cấp điện cho Tổ quốc phục vụ các nhu cầu phát triển kinh tế-xã hội và quốc phòng.

Trong 45 năm qua, Công ty nhiệt điện Uông bí đã lập được nhiều thành tích đặc biệt xuất sắc trong sản xuất và bảo vệ sản xuất. Vì vậy, tập thể Cán bộ công nhân viên Công ty đã vinh dự được Nhà nước 2 lần phong tặng danh hiệu Anh hùng lao động (1973), Anh hùng lực lượng vũ trang nhân dân (1998), được tặng thưởng Huân chương Độc lập hạng nhì, nhiều Huân chương lao động, Huân chương kháng chiến và các phần thưởng cao quý khác.

Hiện nay Công ty phát điện với tổng công suất 410 MW và trong năm 2012 Công ty cố gắng hoàn thiện để đưa Nhà máy 330 MW số 2 đi vào hoạt động, phục vụ điện cho khu vực Đông-Bắc của Tổ quốc và Công ty không ngừng đào tạo cán bộ công nhân viên đi học nâng cao chuyên môn nghiệp vụ để kịp thời đáp ứng, nắm bắt dây chuyền công nghệ có tính kỹ thuật cao.

## **1.2 QUY TRÌNH SẢN XUẤT ĐIỆN NĂNG TRONG NHÀ MÁY**

Nhà máy điện là các cơ sở công nghiệp đặc biệt, làm nhiệm vụ sản xuất điện và nhiệt năng từ các dạng năng lượng tự nhiên khác, như hóa năng của nhiên liệu, thủy năng của nước, năng lượng nguyên tử, quang năng của mặt trời và động năng của gió... Năng lượng phát ra từ các nhà máy điện được truyền tải bởi

---

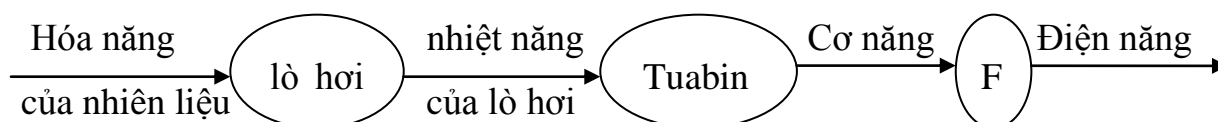
một loạt các thiết bị năng lượng khác như máy biến áp tăng áp và hạ áp, các đường dây trên không và cáp, đến các hộ tiêu thụ như các xí nghiệp, các thành phố, các vùng nông thôn...

Tùy thuộc vào dạng năng lượng tự nhiên được sử dụng, người ta chia nhà máy điện thành nhà máy nhiệt điện, thủy điện, nguyên tử, phong điện, điện mặt trời, điện địa nhiệt. Hiện nay năng lượng điện và nhiệt chủ yếu được sản xuất bởi các nhà máy nhiệt điện, thủy điện, nhà máy điện nguyên tử.

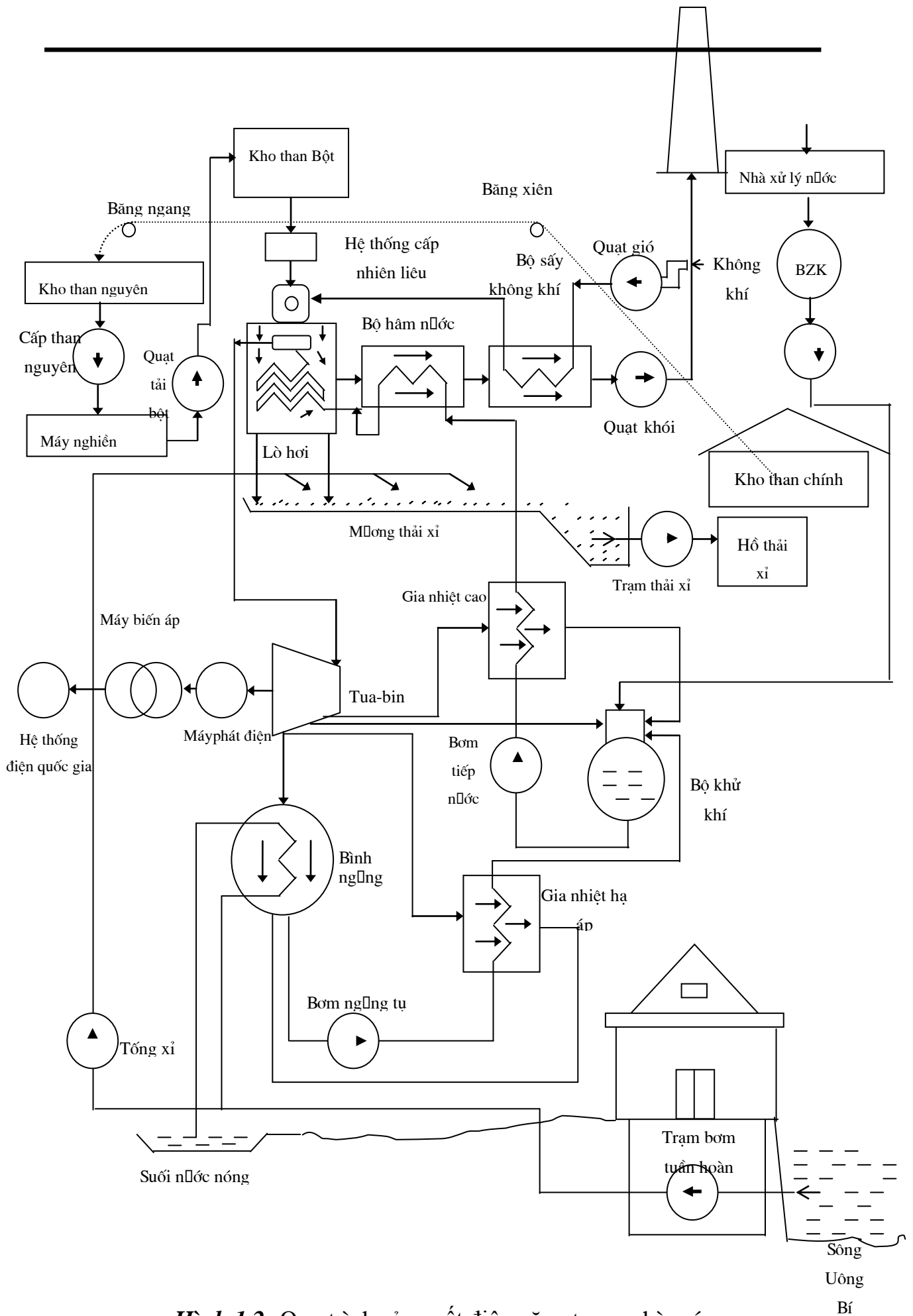
Trong nội dung đồ án này sẽ trình bày về nhà máy nhiệt điện.

Nhà máy nhiệt điện, thường sử dụng ba loại nhiên liệu: rắn, lỏng, khí. Theo các động cơ sơ cấp dùng để quay máy phát điện, các nhà máy nhiệt điện lại được chia thành nhà máy nhiệt điện tua bin hơi, hơi máy nước, động cơ đốt trong và tuabin khí. Các nhà máy nhiệt điện tuabin hơi còn được chia thành nhà máy nhiệt điện ngưng hơi và nhà máy nhiệt điện rút hơi. Mỗi loại có những trang bị riêng và chế độ làm việc đặc biệt của nó.

Trong nhà máy nhiệt điện, hóa năng của các nhiên liệu (than, dầu, khí đốt) được biến đổi thành năng lượng điện và nhiệt.



Hình 1.1: Sơ đồ biến đổi năng lượng của nhà máy nhiệt điện



**Hình 1.2:** Quy trình sản xuất điện năng trong nhà máy

---

### **\*Nguyên lý hoạt động**

Dây chuyền công nghệ sản xuất của nhà máy là liên tục, khép kín: Than từ trong kho than khô được vận chuyển qua hệ thống băng tải ngang, băng xiên vào kho than nguyên đưa vào nhà máy nghiền, tại đây than được nghiền thành bột qua quạt tải bột đưa lên kho than bột, nhờ hệ thống máy cấp nhiên liệu và gió đưa vào lò đốt. Không khí qua quạt gió và bộ sấy không khí đưa vào lò để đốt trước đó được sấy làm tăng nhiệt độ của than bột khi vào lò bắt lửa cháy ngay. Nước đã được xử lý hóa học đi qua bộ hâm nước, cung cấp vào bao hơi xuống các dàn ống sinh hơi, nước trong lò được đun nóng bốc hơi qua phản ứng cháy, hơi được sấy khô tới 535 độ, đưa sang máy tuabin kéo máy phát điện sản xuất ra điện.

Khi máy phát ra điện nhờ có máy kích thích dòng điện một chiều thành dòng xoay chiều qua máy biến thế điện áp được tăng lên 220 kV. 110kV, 35 kV, 6.6 kV truyền tải trên hệ thống hòa với lưới điện quốc gia. Sau khi nhiên liệu cháy tạo thành tro xỉ được làm lạnh qua nước và đập nát cho xuống mương thải xỉ dùng bơm tống đẩy. Bơm thải hút đưa xỉ trong ống ra hồ chứa xỉ. Lò cháy sinh ra khói được đưa qua bộ hâm nước, bộ sấy không khí để tận dụng sấy nâng nhiệt độ không khí và nước trước khi vào lò, rồi được quạt khói đưa vào bình ngưng, tại đây hơi nước được ngưng tụ thành nước nhờ hệ thống làm lạnh của nước tuần hoàn bơm từ sông Uông lên, còn lượng rất nhỏ được xả ra ngoài trời. Sau đó, nước được bơm ngưng tụ qua bình gia nhiệt hạ áp và đưa vào khử khí oxy, rồi đưa qua bơm tiếp nước cung cấp lại cho lò hơi, cũng còn trích lại 1 phần hơi nước ở tuabin để được gia nhiệt cao, bộ khử khí và gia nhiệt hạ áp với mục đích tận dụng nhiệt độ của hơi sau khi phát công suất.

Sản phẩm điện năng làm ra đến đâu phải tiêu thụ ngay đến đó (do tính chất công nghệ) không có sản phẩm dở dang cũng không có sản phẩm dự trữ tồn kho.



---

Nhà máy nhiệt điện có thể cung cấp hơi nóng cho vùng lân cận. khi đó hơi nóng được lấy từ tầng tái nhiệt của tuabin và hơi nóng này được đưa ngay đến các hộ tiêu thụ hay đến các nhà tắm công cộng hoặc đưa đến các buồng hâm nước nóng cung cấp cho hệ thống nước nóng.

---

## CHƯƠNG 2

### TÍNH TOÁN PHỤ TẢI VÀ CÂN BẰNG CÔNG SUẤT

Trong thực tế điện năng tiêu thụ tại các hộ tiêu dùng điện luôn thay đổi, vì thế việc tìm được đồ thị phụ tải là rất quan trọng đối với việc thiết kế và vận hành. Dựa vào đồ thị phụ tải ở các cấp điện áp mà xây dựng đồ thị phụ tải tổng của toàn nhà máy, ngoài phần phụ tải của hộ tiêu thụ ở các cấp điện áp, phụ tải phát của hệ thống, còn có phụ tải tự dùng của nhà máy. Công suất tự dùng của nhà máy nhiệt điện phụ thuộc vào nhiều yếu tố (dạng nhiên liệu, áp lực hơi ban đầu, loại tuabin và công suất của chúng, loại truyền động đối với các máy bơm cung cấp) và chiếm khoảng 5÷8% tổng điện năng phát ra.

Một cách gần đúng có thể xác định phụ tải tự dùng của nhà máy nhiệt điện theo biểu thức sau:  $S_t, S_{nm}$

$$S_{tdt} = \alpha \cdot S_{nm} \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{S_t}{S_{nm}} \right) \quad (2.1) \quad [1]$$

Trong đó:  $S_{tdt}$  – Phụ tải tự dùng tại thời điểm t.  
 $S_{nm}$  – Công suất đặt của toàn nhà máy.  
 $S_t$  – Công suất phát ra tại thời điểm t.  
 $\alpha$  – Số phần trăm lượng điện tự dùng.

#### 2.1 CHỌN SỐ LƯỢNG VÀ CÔNG SUẤT MÁY PHÁT ĐIỆN

Cần chú ý một số điểm sau:

- Máy phát điện có công suất càng lớn thì vốn đầu tư, tiêu hao nhiên liệu để sản xuất ra một đơn vị điện năng và chi phí vận hành hàng năm càng nhỏ. Nhưng về mặt cung cấp điện thì đòi hỏi công suất của nhà máy lớn nhất không được lớn hơn dự trữ quay của hệ thống.

- Để thuận tiện cho việc xây dựng cũng như vận hành về sau, nên chọn các máy phát điện cùng loại.
- Chọn điện áp định mức của máy phát càng lớn thì dòng định mức, dòng điện ngắn mạch ở cấp điện áp này sẽ nhỏ và do đó dễ dàng chọn các khí cụ điện hơn.

Từ các yêu cầu chọn số lượng và công suất của máy phát điện. Ta chọn được loại máy phát sau. Chọn 3 máy phát điện kiểu TBΦ – 100 – 2, có các thông số như bảng 2.1

**Bảng 2.1 Thông số của máy phát điện**

Kí hiệu	S (MVA)	P (MW)	cosφ	U (KV)	I (KA)	Điện kháng tương đối		
						X'' <sub>d</sub>	X' <sub>d</sub>	X <sub>d</sub>
TBΦ – 100 – 2	125	100	0,8	10,5	6,5	0,183	0,263	1,79

## 2.2 TÍNH TOÁN PHỤ TẢI Ở CÁC CẤP ĐIỆN ÁP

Để đảm bảo vận hành an toàn, tại mỗi thời điểm điện năng do các máy phát điện phát ra phải hoàn toàn cân bằng với lượng điện năng tiêu thụ ở các hộ tiêu thụ kể cả tổn thất điện năng.

Trong thực tế lượng điện năng tiêu tại các hộ dùng điện luôn luôn thay đổi. Việc nắm được quy luật biến đổi này tức là tìm được đồ thị phụ tải là điều rất quan trọng đối với việc thiết kế và vận hành. Nhờ vào đồ thị phụ tải mà ta có thể lựa chọn các phương án nối điện hợp lý, đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Ngoài ra dựa vào đồ thị phụ tải còn cho phép chọn đúng công suất, phân bố tối ưu công suất giữa các tổ máy phát điện trong cùng một nhà máy và phân bố công suất giữa các nhà máy điện với nhau.

Trong thiết kế đã cho đồ thị phụ tải của nhà máy và đồ thị phụ tải của các cấp điện áp dưới dạng bảng theo phần trăm công suất tác dụng  $P_{max}$  và hệ số

$\cos\varphi$  của từng phụ tải tương ứng, từ đó ta tính được phụ tải của các cấp điện áp theo công suất biểu kiến nhờ công thức sau:

$$S_t = \frac{P_t}{\cos\varphi_{tb}} \quad \text{với: } P_t = \frac{p\% \cdot P_{\max}}{100}$$

Trong đó:

$S_t$  – là công suất biểu kiến của phụ tải thời điểm  $t$  (MVA)

$\cos\varphi_{tb}$  – là hệ số công suất trung bình của phụ tải.

$p\%$  - công suất tác dụng thời điểm  $t$  tính bằng % công suất max.

$P_{\max}$  – công suất của phụ tải cực đại tính bằng (MW).  $\cos\varphi_{dm}$

### 2.2.1 Đồ thị phụ tải toàn nhà máy

Nhà máy gồm 3 tổ máy có:  $P_{Fdm} = 100(\text{MW})$ ,  $\cos\varphi_{dm} = 0,8$

$$\text{Do đó: } S_{dm} = \frac{F_{dm}}{\cos\varphi_{dm}} = \frac{100}{0.8} = 125 \text{ (MVA)} \quad (2.3) \quad [1]$$

Tổng công suất đặt của toàn nhà máy là:  $P_{NMdm} = 3 \times 100 = 300(\text{MVA})$

$$\rightarrow S_{NMdm} = \frac{P_{NMdm}}{\cos\varphi_{dm}} = \frac{300}{0.8} = 375(\text{MVA}) \quad (2.4)$$

Từ đồ thị phụ tải nhà máy và công thức

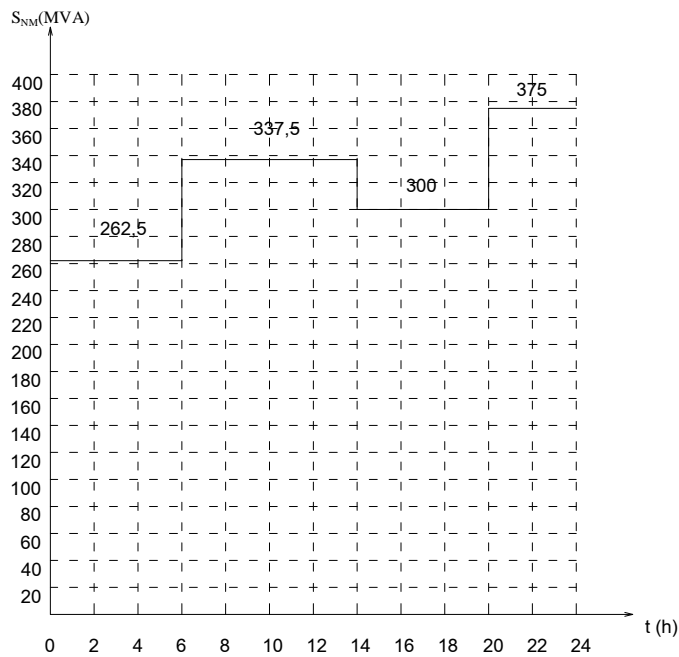
$$S_t = \frac{P_t}{\cos\varphi_{tb}} \quad \text{Với: } P_t = \frac{p\% \cdot P_{\max}}{100}$$

$$P_{NM}(t) = 3 \cdot P_t \quad ; \quad S_{NM} = \frac{P_{NM}(t)}{\cos\varphi_{dm}}$$

Từ đồ thị phụ tải của nhà máy theo thời gian ta tính được  $P_{NM}(t)$ ,  $S_{NM}(t)$ . **Bảng**

### 2.2 Kết quả tính toán phụ tải của nhà máy

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
P%	70	90	80	100
$P_{NM}(t)(\text{MW})$	210	270	240	300
$S_{NM}(t)(\text{MVA})$	262,5	337,5	300	375



**Hình 2.1:** Đồ thị phụ tải toàn nhà máy

### 2.2.2 Đồ thị phụ tải tự dùng toàn nhà máy

Phần tự dùng lớn nhất của toàn nhà máy bằng 7% công suất định mức của toàn nhà máy với  $\cos\varphi = 0,88$  và được xác định theo công thức sau:

$$S_{td}(t) = \alpha \cdot S_{nm} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{S_t}{S_{nm}} \right)$$

$$\text{Với } \alpha \cdot S_{nm} = \frac{7}{100} \cdot \frac{300}{0.88} = 23,86 \quad (2.5)$$

Trong đó:

$S_{td}(t)$  – phụ tải tự dùng của nhà máy tại thời điểm t.

$S_{nm}$  – công suất đặt của toàn nhà máy.

$S_t$  – công suất phát ra tại thời điểm t.

$\alpha$  – số phần trăm lượng điện tự dùng.

Từ các công thức trên ta có bảng 2.3 và đồ thị phụ tải tự dùng được trình bày trên hình 2.2

**Bảng 2.3 Kết quả tính toán phụ tải tự dùng của nhà máy**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
S(t) (MVA)	262,5	337,5	300	375
S <sub>td</sub> (t) (MVA)	20,5673	23,7168	22,1420	25,2916

**2.2.3 Phụ tải địa phương**

Với các thông số đã cho  $P_{\max} = 90(\text{MW})$

$$\text{Cos}\varphi = 0,88.$$

Vì vậy áp dụng công thức sau:

$$S_{\text{đp}}(t) = \frac{P_{\text{đp}}(t)}{\text{cos}\varphi_{\text{tb}}}$$

$$\text{Với: } P_{\text{đp}}(t) = \frac{P_{\text{đp}}\% P_{\text{đpmax}}}{100} \quad (2.6) \quad [1]$$

Trong đó:

$S_{\text{đp}}(t)$  – Công suất của địa phương phát ra tại thời điểm t;

$P_{\text{đpmax}}$  – công suất của phụ tải địa phương cực đại tính bằng (MW).

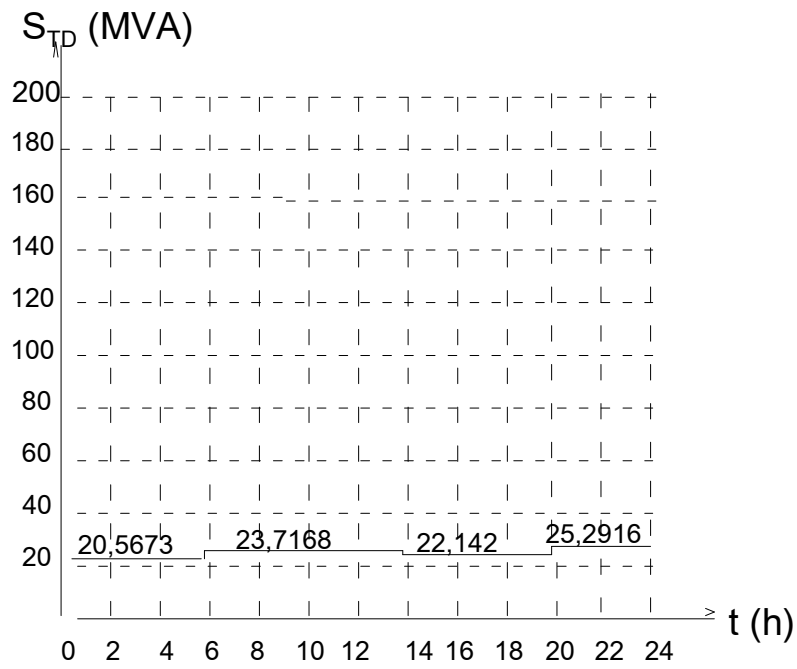
$\text{Cos}\varphi_{\text{tb}}$  – Hệ số công suất trung bình của từng phụ tải địa phương.

$P_{\text{đp}}\%$  - công suất tác dụng của địa phương tại thời điểm t tính bằng phần trăm công suất cực đại của địa phương.

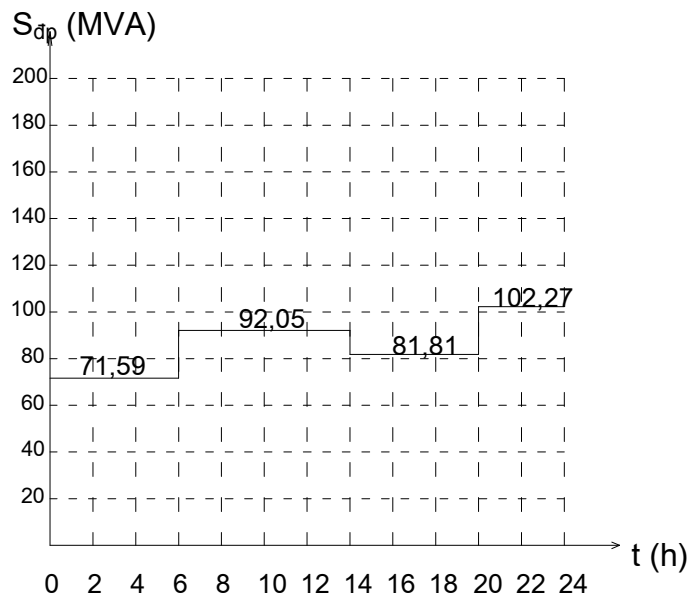
Từ yêu cầu thiết kế và các công thức trên ta có kết quả ghi ở bảng 2.4 và đồ thị phụ tải của địa phương được biểu diễn trên hình 2.3.

**Bảng 2.4: Kết quả tính toán phụ tải của địa phương**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
$P_{\text{đp}}\%$	70	90	80	100
$P_{\text{đp}}(t)(\text{MW})$	63	81	72	90
$S_{\text{đp}}(t)(\text{MVA})$	71,59	92,05	81,81	102,27



**Hình 2.2:** Đồ thị phụ tải tự dùng của toàn nhà máy



**Hình 2.3:** Đồ thị phụ tải địa phương

## 2.3 CÂN BẰNG CÔNG SUẤT TOÀN NHÀ MÁY VÀ XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT PHÁT VÀO HỆ THỐNG

Phương trình cân bằng công suất toàn nhà máy là:

$$S_{NM}(t) = S_{td}(t) + S_{dp}(t) + S_T(t) + S_{HT}(t) \text{ (Ở đây } S_T(t) = 0) \text{ (2.7) [5]}$$

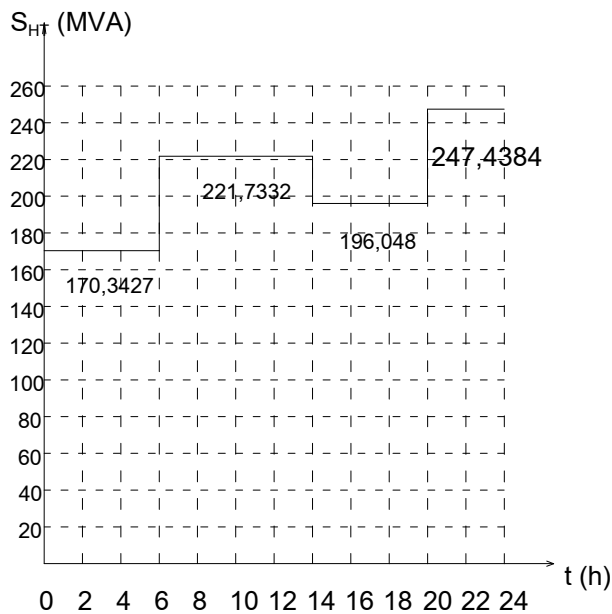
Bỏ qua tổn thất trong máy biến áp

$$\rightarrow S_{HT}(t) = S_{NM}(t) - [S_{td}(t) + S_{dp}(t)]$$

Từ đó ta lập được kết quả tính toán phụ tải và cân bằng công suất toàn nhà máy ghi ở bảng 2.5 và đồ thị phụ tải của hệ thống được biểu diễn trên hình 2.4

**Bảng 2.5 Kết quả tính toán phụ tải và cân bằng công suất toàn nhà máy**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
$S_{NM}(t)(MVA)$	262,5	337,5	300	375
$S_{dp}(t)(MVA)$	71,59	92,05	81,81	102,27
$S_{td}(t) (MVA)$	20,5673	23,7168	22,1420	25,2916
$S_{HT}(t)(MVA)$	170,3427	221,7332	196,048	247,4384





---

**Hình 2.4:** Đồ thị phụ tải của hệ thống

**NHẬN XÉT CHUNG**

\* Tính phụ tải ở các cấp điện áp

Công suất thừa của nhà máy luôn lớn hơn công suất của một tổ máy tại mọi thời điểm, ta có thể cho một tổ máy luôn vận hành với công suất định mức và phát công suất của hệ thống.

Phụ tải ở cấp điện áp máy phát luôn lớn hơn 30% công suất của một tổ máy nên phải sử dụng thanh góp điện áp máy phát.

Ta thấy phụ tải phân bố không đều ở các cấp điện áp. Ở cấp điện áp máy phát phụ tải có  $P_{\max} = 90(\text{MW})$ , nhỏ hơn công suất của 1 máy phát  $P = 100\text{MW}$  và toàn nhà máy thiết kế.

\* Dự trữ của hệ thống

Ta có dự trữ của hệ thống  $S = 200(\text{MVA})$ , lớn hơn so với công suất 1 máy phát. Công suất của hệ thống cũng tương đối lớn  $S_{\text{HT}} = 2400(\text{MVA})$

---

## CHƯƠNG 3

### SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN VÀ CHỌN CÁC PHẦN TỬ TRONG SƠ ĐỒ

#### 3.1 CHỌN SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN

##### 3.1.1 Các yêu cầu kĩ thuật

Sơ đồ nối điện giữa các cấp điện áp cần phải thỏa mãn các yêu cầu kĩ thuật sau:

- ❖ Số lượng máy phát điện nối vào thanh góp điện áp máy phát phải thỏa mãn điều kiện sao cho khi ngừng làm việc một máy phát lớn nhất, các máy phát còn lại vẫn đảm bảo cung cấp đủ cho phụ tải ở cấp điện áp máy phát và phụ tải điện áp trung (trừ phần phụ tải do các bộ hoặc các nguồn khác nối vào thanh góp điện áp trung có thể cung cấp được).
- ❖ Công suất mỗi bộ máy phát điện – máy biến áp không được lớn hơn dự trữ quay của hệ thống.
- ❖ Chỉ được ghép bộ máy phát điện – máy biến áp hai cuộn dây vào thanh góp điện áp nào mà phụ tải cực tiểu ở đó lớn hơn công suất của bộ này. Như vậy mới tránh được trường hợp lúc phụ tải cực tiểu, bộ này không phát hết công suất hoặc công suất phải chuyển qua hai lần biến áp làm bằng tổn hao và gây quá tải cho máy biến áp ba cuộn dây. Đối với máy biến áp tự ngẫu liên lạc thì không cần điều kiện này.
- ❖ Khi phụ tải điện áp máy phát nhỏ, để cung cấp cho nó có thể lấy rẽ nhánh từ các bộ máy phát – máy biến áp, nhưng công suất lấy rẽ nhánh không được vượt quá 15% công suất của bộ.
- ❖ Không nên dùng quá hai máy biến áp ba cuộn dây hoặc tự ngẫu để liên lạc hay tải điện giữa các cấp điện áp vì sơ đồ thiết bị phân phối sẽ phức tạp hơn.

- ❖ Khi công suất tải lên điện áp cao, lớn hơn dự trữ quay của hệ thống thì phải đặt ít nhất hai máy biến áp.
- ❖ Không nên nối song song máy biến áp hai cuộn dây với máy biến áp có tham số phù hợp với điều kiện để vận hành song song.
- ❖ Máy biến áp tự ngẫu chỉ được sử dụng khi cả hai phía trung áp và cao áp đều có trung tính trực tiếp nối đất ( $U \geq 10\text{kV}$ )

Theo yêu cầu thiết kế nhà máy có 3 tổ máy phát, công suất định mức của mỗi tổ máy là 100MW có nhiệm vụ cung cấp điện cho phụ tải ở hai cấp điện áp sau:

- 1) Phụ tải địa phương ở cấp điện áp 10kV có:

$$S_{dpmax} = 102,27 \text{ (MVA)}$$

$$S_{dpmin} = 71,59 \text{ (MVA)}$$

- 2) Phụ tải cao áp ở cấp điện áp 220kV ( về hệ thống ) có:

$$S_{220max} = 247,4384 \text{ (MVA)}$$

$$S_{220min} = 170,3427 \text{ (MVA)}$$

- 3) Công suất dự phòng của hệ thống  $S_{dp} = 200 \text{ (MVA)}$

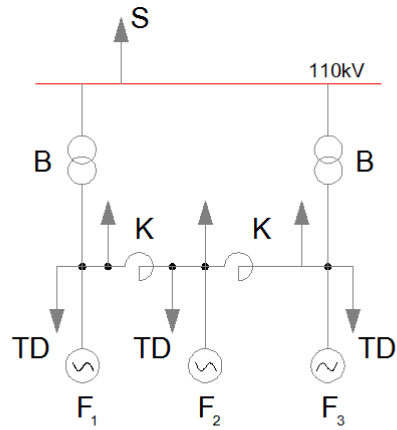
Vậy ta không thể ghép chung 2 máy phát với 1 máy biến áp vì:

$$\sum S_{bộ} = 2.125 = 250 \text{ MVA} > S_{dph} = 200 \text{ (MVA)}$$

### 3.1.2 Đề xuất các phương án sơ đồ nối điện

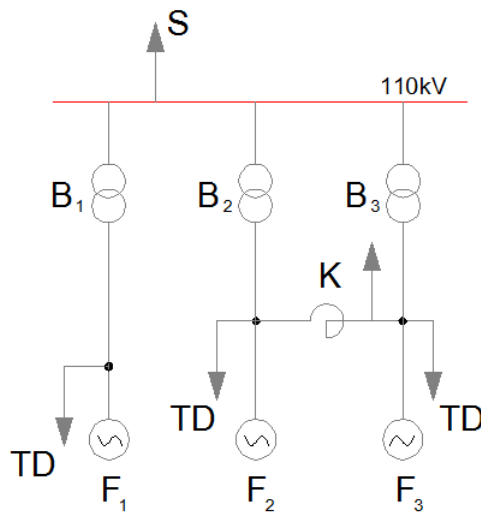
Từ nhận xét trên ta có thể đề xuất một số phương án sơ đồ nối điện như sau:

- Phương án 1



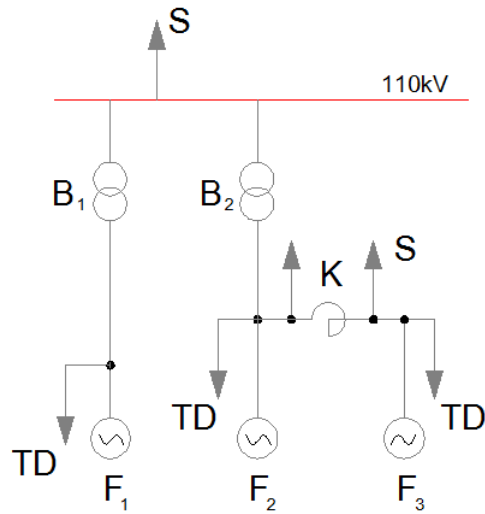
Hình 3.1: Sơ đồ nối điện của phương án 1

➤ Phương án 2



Hình 3.2: Sơ đồ nối điện của phương án 2

➤ Phương án 3



Hình 3.3: Sơ đồ nối điện của phương án 3

## 3.2 CÁC PHƯƠNG ÁN LỰA CHỌN

### 3.2.1 Phương án 1

#### 3.2.1.1 Chọn công suất cho máy biến áp

\* Máy biến áp B<sub>1</sub> và B<sub>2</sub>

Máy biến áp B<sub>1</sub> và B<sub>2</sub> được chọn là máy biến áp dưới tải với điều kiện.

$$S_{\text{đmB}} = \frac{1}{2} S_{\text{th}} \quad (3.1) \quad [5]$$

Trong đó:

$S_{\text{th}}$  – là công suất còn lại đưa lên hệ thống.

$$S_{\text{th}} = \sum S_{\text{đmF}} - (S_{\text{dpmin}}^{\text{ngay}} + S_{\text{td}}^{\text{max}})$$

$$= 3.125 - (71,59 + 25,2916) = 278,1184 \text{ (MVA)}$$

$$\rightarrow S_{\text{đmB}} = \frac{1}{2} 278,1184 = 139,05 \text{ (MVA)}.$$

Từ các thông số tính toán được ta chọn được loại máy biến áp ТДЦ 250 – 242/13,8 có thông số như ở bảng 3.1

**Bảng 3.1 Bảng thông số máy biến áp**

$S_{dm}$ (MVA)	$U_{Cdm}$ (kV)	$U_{Hdm}$ (kV)	$\Delta P_0$	$\Delta P_N$	$U_N\%$	$I_0\%$
250	242	13,8	210	650	11	0,45

### 3.2.1.2 Phân bố phụ tải cho các máy biến áp

$$\text{Công suất tải lên cao: } S_{CB1,B2} = \frac{1}{2} \cdot S_C(t) \quad (3.3) \quad [5]$$

Dựa vào bảng 2.5 và công thức tính trên ta có phụ tải ở từng thời điểm cho ở bảng 3.2

**Bảng 3.2 Bảng phân bố phụ tải cho các máy biến áp ở từng thời điểm**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
$S_{HT}(t)$ (MVA)	170,3427	221,7332	196,048	247,4384
$S_{B1} = S_{B2}$	85,1713	110,8666	98,024	123,7192

$$S_{HB1,B2max} = 123,7192 < 250 \text{ (MVA)}$$

Như vậy các máy biến áp đã chọn không bị quá tải khi làm việc bình thường.

### 3.2.1.3 Kiểm tra khi sự cố một máy biến áp

Máy biến áp còn lại được phép quá tải 40% công suất định mức trong suốt 5 ngày đêm nhưng mỗi ngày không quá 6 giờ khi hệ số phụ tải bậc một sự cố

$$k_1 \leq 0,94.$$

Công suất thiếu của phía cao áp là:

$$S_{th} = S_{Cmax}(t) - 1,4.S_{đmB1} = 247,4384 - 1,4.250 = - 102,56 \text{ (MVA)} \quad (3.4) \quad [5]$$

Ta thấy  $S_{th} = -102,56 \text{ (MVA)} < S_{dt} = 200 \text{ (MVA)}$ .

Vậy máy biến áp được chọn không bị quá tải khi sự cố một máy biến áp.

### 3.2.1.4 Tính tổn thất điện năng

Tổn thất điện năng trong hai máy biến áp  $B_1, B_2$  được tính theo công thức sau:

$$\Delta A_{B2,B3} = 2.(\Delta P_0 . T + 365 . \frac{\Delta P_N}{S_{đm}^2} . \sum_1^{24} S_i^2 \times t_i) \quad (3.5) \quad [1]$$

Trong đó:

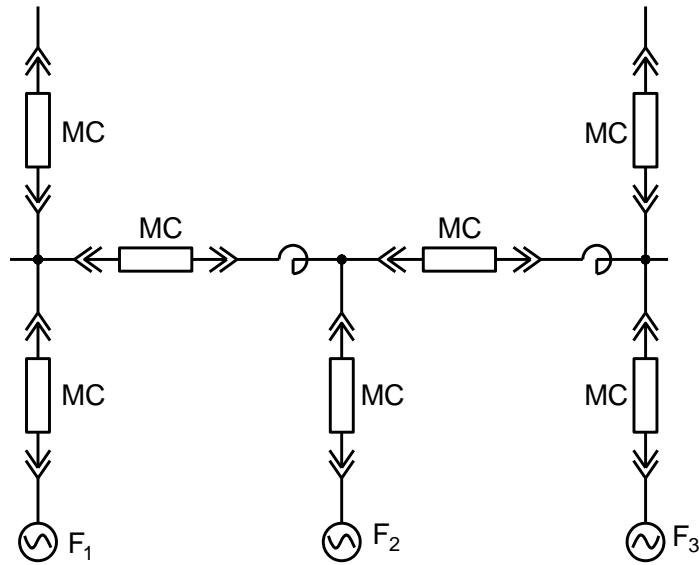
$S_i$  – là công suất của máy biến áp trong thời gian  $t_i$  lấy ở bảng 3.6

$$\Delta P_0 = 210 \text{ (kW)} ; \Delta P_N = 650 \text{ (kW)}$$

Tổn thất điện năng trong máy biến áp của phương án này là:

$$\begin{aligned} \Delta A_{B1,B2} = & 2.[0,21.8760 + 365. \frac{0,65}{125^2} . (85,1713^2 . 6 + 110,8666^2 . 8 \\ & + 98,024^2 . 6 + 123,7192^2 . 4)] = 11\,597,17 \text{ (MWh)}. \end{aligned}$$

### 3.2.1.5 Lựa chọn thanh góp điện áp máy phát



Hình 3.4

**Hình 3.4:** Sơ đồ thanh góp máy phát phương án 1

### 3.2.1.6 Chọn máy cắt

\* Phía điện áp cao

Từ dòng điện cường bức ở phía cao áp  $I_{cb1max} = 0,46(kA)$ . Ta chọn máy cắt loại FA – 245 – 40 có các thông số ở bảng 3.3

**Bảng 3.3** Bảng thông số máy cắt

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	U(f= 50Hz)	$U_{xk}$ (kV)	$I_{Cátđm}$ (kA)	$I_{ôđ}$ (kA)
245	3150	460	1050	40	102

\* Phía điện áp thấp

Từ các dòng cường bức phía điện áp thấp

$$I_{cb2} = 10,26(kA); \quad I_{cb3} = 6,01(kA); \quad I_{cb4} = 3,08(kA);$$

Ta chọn máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 có các thông số cho ở bảng 3.4

**Bảng 3.4** Bảng thông số máy cắt

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	U(f= 50Hz)	$U_{xk}$ (kV)	$I_{Cátđm}$ (kA)	$I_{ôđ}$ (kA)



12	12,5	-	75	80	225
----	------	---	----	----	-----

\* Chọn kháng điện phân đoạn

Vì dòng cường bức qua kháng  $I_{cb} = 3,08(\text{kA})$  ta chọn kháng có dòng cường bức lớn nhất là  $I_{cb} = 4000(\text{A})$ , là kháng loại P<sub>b</sub>A – 10 – 4000A – 12 có các thông số cho ở bảng 3.5

**Bảng 3.5 Bảng thông số kháng điện**

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	$X_{dm}(\Omega)$	$\Delta P$ (kW)	$I_{odm}$ (kA)	$I_{onh}$ (kA)
10	4000	0,17	29,7	67	53

### 3.2.1.7 Tính dòng cường bức

\* Dòng cường bức ở phía cao áp

Mạch đường dây về hệ thống

Dòng làm việc cường bức được tính với điều kiện 1 dây bị đứt.

$$I'_{cb} = \frac{S_{HTmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{Cdm}} = \frac{247,4384}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,65(\text{kA}) \quad (3.6) \quad [5]$$

Với  $S_{HTmax}$  là công suất tải về hệ thống qua đường dây kép.

$$S_{HTmax} = 247,4384(\text{MVA})$$

Mạch máy biến áp liên lạc

Khi sự cố một máy biến áp, khả năng tải của máy biến áp còn lại là:

$$K_{qtsc} \cdot S_{dmB} = 1,4 \cdot 250 = 350 (\text{MVA}) \quad (3.7) [1]$$

Dòng cường bức qua máy biến áp là:

$$I''_{cb} = \frac{1,4 \times S_{dmF}}{\sqrt{3} \times U_{Cdm}} = \frac{1,4 \times 125}{\sqrt{3} \times 220} = 0,46 (\text{kA}) \quad (3.8) \quad [5]$$

---

Vậy dòng điện làm việc cường bức lớn nhất ở phía điện áp cao là:

$$I_{cb1} = 0,46(\text{kA})$$

\* Dòng cường bức ở cấp điện áp máy phát

Mạch máy biến áp ở phía hạ áp

$$I_{cb2} = \frac{K_{qtsc} \cdot S_{đmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{Hđm}} = \frac{1,4 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 14,64(\text{kA})$$

Mạch máy phát phía hạ áp

$$I_{cb2} = \frac{1,05 \cdot S_{đmF}}{\sqrt{3} \cdot U_{Hđm}} = \frac{1,05 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 10,98(\text{kA})$$

Dòng cường bức qua kháng khi có sự cố một máy phát  $F_2$ .

Xét hai trường hợp: Phụ tải max và phụ tải min

- Phụ tải max:

Dòng công suất cường bức qua kháng khi phụ tải max là:

$$\begin{aligned} S'_{cb} &= \frac{1}{2} (2 \cdot S_{đmF} - S_{đpmax} - \frac{2}{3} S_{TDmax}) + \frac{1}{3} S_{đpmax} \\ &= \frac{1}{2} (2 \cdot 250 - 102,27 - \frac{2}{3} 25,2916) + \frac{1}{3} 102,27 = 224,52(\text{MVA}) \end{aligned}$$

- Khi phụ tải min

Dòng công suất cường bức qua kháng khi phụ tải min là:

$$S'_{cb} = 229,63(\text{MVA})$$

⇒ Dòng cường bức qua kháng khi có sự cố một máy phát  $F_2$ .

$$I'_{cb} = \frac{S'_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{Hđm}} = \frac{229,63}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 9,6(\text{kA})$$

Dòng cường bức qua kháng khi một sự cố một máy biến áp liên lạc là:

- Khi phụ tải max:

Lượng công suất thừa đưa lên hệ thống là:

$$\begin{aligned} S_{th} &= \sum S_{đmF} - S_{đpmax} - S_{TDmax} & (3.10) [5] \\ &= 3.125 - 102,27 - 25,2916 = 247,4384(\text{MVA}) \end{aligned}$$

- Khi phụ tải min:

$$\begin{aligned} S_{th} &= \sum S_{đmF} - S_{đpmin} - S_{TDmax} & (3.11) [5] \\ &= 3.125 - 71,59 - 25,2916 = 278,1184(\text{MVA}). \end{aligned}$$

Khả năng tải của máy biến áp khi xảy ra sự cố một máy biến áp.

$$K_{qtsc} \cdot S_{đmB} = 1,4 \cdot 250 = 350 \text{ MVA} \quad (3.12) [2]$$

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải max là:

$$\begin{aligned} S''_{cb} &= K_{qtsc} \cdot S_{đmB} - S_{đmF} - \frac{1}{3} S_{TDmax} - \frac{1}{3} S_{đpmax} & (3.13) [5] \\ &= 1,4 \cdot 250 - 125 - \frac{1}{3} 25,2916 - \frac{1}{3} 102,27 = 182,48(\text{MVA}) \end{aligned}$$

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải min là:

$$S''_{cb} = 182,48 \text{ (MVA)}$$

⇒ Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi sự cố một máy biến áp là:

$$I''_{cb} = \frac{S''_{cb}}{\sqrt{3} \times U_{Hđm}} = 7,63 \text{ (kA)}$$

Vậy dòng cưỡng bức qua kháng lớn nhất là:  $I_{cb4} = 7,63(\text{kA})$

### 3.2.2 Phương án 2

#### 3.2.2.1 Chọn công suất cho máy biến áp

\* Máy biến áp bộ

Được chọn theo công suất của máy phát  $S_{đmB1} \geq S_{đmF} = 125(\text{MVA})$ .

Do đó chọn loại máy biến áp tăng áp ba pha hai dây quấn. Vậy ta chọn được loại máy biến áp TP ДУН 125/110 có thông số như bảng 3.6

**Bảng 3.6 Bảng thông số máy biến áp**

$S_{dm}$ (MVA)	$U_{Cdm}$ (kV)	$U_{Hdm}$ (kV)	$\Delta P_0$	$\Delta P_N$	$U_N\%$	$I_0\%$
125	121	10,5	100	400	10,5	0,5

\* Máy biến áp liên lạc

Được chọn là loại máy biến áp điều chỉnh điện áp dưới tải có công suất định mức được chọn theo công thức sau.

$$S_{dmB2,B3} = \frac{1}{2} S_{th} = \frac{1}{2} [ \sum S_{dmF} - (S_{dpmin}^{ngay} + S_{td}^{max}) ] \quad (3.14) [5]$$

$$= \frac{1}{2} [2.125 - (71,59 + \frac{2}{3} 25,2916)] = 80,77 \text{ (MVA)}$$

Từ các thông số tính toán được ta chọn loại máy biến áp TP ДУН 125/220 có các thông số như ở bảng 3.7

**Bảng 3.7 Bảng thông số máy biến áp**

$S_{dm}$ (MVA)	$U_{Cdm}$ (kV)	$U_{Hdm}$ (kV)	$\Delta P_0$	$\Delta P_N$	$U_N\%$	$I_0\%$
125	242	13,8	115	380	11	0,5

### 3.2.2.2 Phân bố phụ tải cho các máy biến áp

Đối với máy phát – máy biến áp hai cuộn dây F1 – B1 để thuận tiện cho việc vận hành. Ta coi đồ thị phụ tải bằng phẳng trong suốt quá trình làm việc cả năm.

$$S_{B1} = S_{Fdm} - S_{td} \quad \text{mà: } S_{td} = \alpha \cdot S_{NM} \quad (3.17) [1]$$

$$\rightarrow S_{B1} = 125 - \frac{7}{100} \frac{300}{0.88} = 101,14 \text{ (MVA)}$$

Vậy phụ tải qua hai máy biến áp B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> được tính như sau:

Công suất truyền lên cao là:

$$S_{C-B2,B3} = \frac{1}{2} (S_C(t) - S_{B1}) \quad (3.18) [4]$$

Dựa vào bảng 2.5 và công thức trên ta tính được phụ tải ở từng thời điểm và ghi ở bảng 3.8

**Bảng 3.8**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
$S_{B1}$ (MVA)	101,14	101,14	101,14	101,14
$S_C(t)$ (MVA)	170,3427	221,7332	196,048	247,4384
$S_{C-B2,B3}(t)$ (MVA)	34,60	60,30	47,45	73,15

Từ bảng kết quả 3.8 ta thấy:

$$S_{H-B2,B3\max} = 73,15 \text{ (MVA)} < 125 \text{ (MVA)}$$

Như vậy các máy biến áp đã chọn không bị quá tải khi làm việc bình thường.

### 3.2.2.3 Kiểm tra khi có sự cố một máy biến áp

\* Sự cố một máy biến áp liên lạc

Công suất thiếu phía cao áp khi xảy ra sự cố ở máy biến áp B<sub>2</sub> hoặc B<sub>3</sub> là:

$$\begin{aligned} S_{th} &= S_{C\max}(t) - S_{đmB1} - 1,4 S_{đmB2} \quad (3.19) [2] \\ &= 247,4384 - 125 - 1,4.125 = -52,56 \text{ (MVA)} \end{aligned}$$

Ta thấy:  $S_{th} = -52,56 \text{ MVA} < S_{dt} = 200 \text{ (MVA)}$

Vậy máy biến áp được chọn không bị quá tải khi sự cố một máy biến áp liên lạc.

\* Sự cố một máy biến áp B<sub>1</sub>

Công suất thiếu phía cao áp khi xảy ra sự cố ở máy biến áp B<sub>1</sub>.

$$\begin{aligned} S_{th} &= S_{C\max}(t) - 1,4.2.S_{đmB2} \quad (3.20) [2] \\ &= 247,4384 - 1,4.2.125 = -102,56 \text{ (MVA)} \end{aligned}$$

---

Ta thấy:  $S_{th} = - 102,56 \text{ (MVA)} < S_{dt} = 200 \text{ (MVA)}$ .

Vậy máy biến áp không bị quá tải khi xảy ra sự cố ở máy biến áp  $B_1$ .

**Chú ý:** Sự cố một máy phát không cần kiểm tra vì dự trữ của hệ thống điện đủ cung cấp cho phụ tải khi xảy ra sự cố ở máy phát.

#### 3.2.2.4 Tính tổn thất điện năng

\* Đối với máy biến áp bộ  $B_1$ , tổn thất điện năng được tính theo công thức sau.

$$\Delta A_{B1} = \Delta P_0 \cdot T + \Delta P_N \cdot \left( \frac{S_{B1}}{S_{dmB1}} \right)^2 T \quad (3.21) [1]$$

Trong đó:

$T$  – là thời gian làm việc của máy biến áp  $T = 8760\text{h}$

$S_{B1}$  – công suất phụ tải của máy biến áp trong thời gian  $T$ .

$$\Delta P_0 = 100 \text{ (kW)}; \quad \Delta P_N = 400 \text{ (kW)};$$

$$S_{B1} = 101,14 \text{ (MVA)}$$

$$\text{Vậy } \Delta A_{B1} = 0,1 \cdot 8760 + 0,4 \cdot \left( \frac{101,14}{125} \right)^2 \cdot 8760 = 3169,98 \text{ (MWh)}$$

\* Tổn thất điện năng của máy biến áp  $B_2, B_3$  được tính theo công thức.  $S_{dm}^2$

$$\Delta A_{B2,B3} = 2 \cdot (\Delta P_0 \cdot T + 365 \cdot \frac{\Delta P_N}{S_{dm}^2} \cdot \sum_1^{24} S_i^2 \times t_i) \quad (3.22) [1]$$

Trong đó:

$S_i$  – là công suất của máy biến áp trong thời gian  $t_i$  lấy ở bảng 3.6

$$\Delta P_0 = 100 \text{ (kW)}$$

$$\Delta P_N = 400 \text{ (kW)}$$

Tổn thất điện năng trong máy biến áp  $B_2, B_3$ .

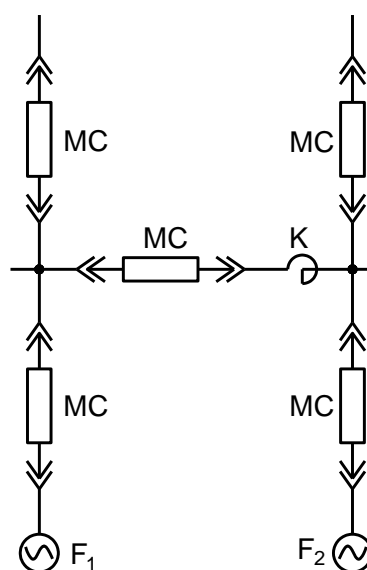
$$\Delta A_{B2,B3} = 2 \cdot [0,1 \cdot 8760 + 365 \cdot \frac{0,4}{125^2} \cdot (34,60^2 \cdot 6 + 60,30^2 \cdot 8$$

$$+ 47,45^2 \cdot 6 + 73,15^2 \cdot 4] = 3082,29(\text{MWh}).$$

Vậy tổng tổn thất điện năng hàng năm của phương án 2

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{B1} + \Delta A_{B2,B3} = 3169,98 + 3082,29 = 6252,27 (\text{MWh}).$$

### 3.2.2.5 Lựa chọn thanh góp điện áp máy phát



**Hình 3.5** Sơ đồ thanh góp máy phát phương án 2

### 3.2.2.6 Chọn máy cắt

\* Phía điện áp cao

Từ dòng điện cường bức ở phía cao áp  $I_{cb1max} = 0,65(\text{kA})$ . Ta chọn máy cắt loại FA – 245 – 40 có các thông số ở bảng 3.9

**Bảng 3.9** Bảng thông số máy cắt

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	$U(f= 50\text{Hz})$	$U_{xk}$ (kV)	$I_{Cátđm}$ (kA)	$I_{ôđ}$ (kA)
245	3150	460	1050	40	102

\* Phía điện áp thấp

Từ các dòng cường bức phía điện áp thấp

$$I_{cb2} = 7,71 (\text{kA}); \quad I_{cb3} = 3,78 (\text{kA}); \quad I_{cb4} = 2,35 (\text{kA})$$

Ta chọn máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 có các thông số cho ở bảng 3.10

**Bảng 3.10 Bảng thông số máy cắt**

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	$U(f= 50Hz)$	$U_{xk}$ (kV)	$I_{Cátdm}$ (kA)	$I_{ôd}$ (kA)
12	12,5	-	75	80	225

\* Chọn kháng điện phân đoạn

Vì dòng cường bức qua kháng  $I_{cb} = 3000(A)$ , là kháng loại  $P_bA - 10 - 3000A - 12$  có các thông số ở bảng 3.11

**Bảng 3.11 Bảng thông số kháng điện**

$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	$U(f= 50Hz)$	$U_{xk}$ (kV)	$I_{Cátdm}$ (kA)	$I_{ôd}$ (kA)
10	3000	0,23	25,7	53	42

### 3.2.2.7 Tính dòng cường bức

\* Dòng cường bức phía cao áp.

Mạch đường dây về hệ thống

Dòng làm việc cường bức được tính khi một đường dây bị đứt.

$$I'_{cb} = \frac{S_{HTmax}}{\sqrt{3} \cdot U_{Cdm}} = \frac{247,4384}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,65(kA)$$

Mạch máy biến áp B1

Dòng điện cường bức được xác định theo điều kiện làm việc cường bức của máy phát  $F_1$

$$I''_{cb} = \frac{1,05 \times S_{dmF}}{\sqrt{3} \times U_{Cdm}} = \frac{1,05 \times 125}{\sqrt{3} \times 220} = 0,34(kA)$$

Mạch máy biến áp liên lạc

Khi sự cố một máy biến áp, khả năng tải của máy biến áp còn lại là

$$K_{qtsc} \cdot S_{dmB} = 1,4 \cdot 125 = 175 (MVA)$$

Dòng cường bức qua máy biến áp là



$$I''''_{cb} = 0,463(\text{kA})$$

Vậy dòng điện làm việc cường bức lớn nhất ở phía cao áp là

$$I_{cb1} = 0,65(\text{kA})$$

\* Dòng cường bức ở cấp điện áp máy phát

$$\text{Mạch máy biến áp } B_1 \text{ phía hạ áp} \quad I_{cb1} = 8,08 (\text{kA})$$

$$\text{Mạch máy biến áp } B_2, B_3 \quad I_{cb2} = 7,71(\text{kA})$$

$$\text{Mạch máy phát phía hạ áp} \quad I_{cb3} = 3,78 (\text{kA})$$

Dòng cường bức qua kháng khi sự cố máy phát  $F_3$

Ta xét 2 trường hợp phụ tải max và phụ tải min

Phụ tải max

Dòng công suất cường bức qua kháng khi phụ tải max

$$\begin{aligned} S'_{cb} &= \frac{1}{2} (S_{\text{đmF}} - S_{\text{đpmax}} - \frac{1}{3} S_{\text{TDmax}}) + \frac{1}{2} S_{\text{đpmax}} \\ &= \frac{1}{2} (125 - 102,27 - \frac{1}{3} \cdot 25,2916) + \frac{1}{2} 102,27 = 56,17 (\text{MVA}) \end{aligned}$$

Khi phụ tải min

Dòng công suất cường bức qua kháng khi phụ tải min

$$S'_{cb} = 56,17(\text{MVA})$$

⇒ Dòng cường bức qua kháng xảy ra sự cố ở máy phát  $F_3$

$$I'_{cb} = 2,35(\text{kA})$$

Dòng cường bức qua kháng khi xảy ra sự cố ở máy biến áp liên lạc

Khi phụ tải max

Lượng công suất thừa tải lên hệ thống là:  $S_{\text{th}} = 139,29(\text{MVA})$

Khi phụ tải min

Lượng công suất thừa tải lên hệ thống

$$S_{\text{th}} = \sum S_{\text{đmF}} - S_{\text{đpmin}} - \frac{1}{3} S_{\text{TDmax}} \quad (3.25) [5]$$

$$= 2.125 - 71,59 - \frac{1}{3} 25,2916 = 169,98(\text{MVA})$$

Khả năng tải của máy biến áp liên lạc khi xảy ra sự cố ở một máy biến áp

$$K_{qtsc} \cdot S_{đmB} = 1,4 \cdot 125 = 175(\text{MVA})$$

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải max là:

$$S''_{cb} = K_{qtsc} \cdot S_{đmB} - S_{đmF} + \frac{1}{3} S_{TDmax} + \frac{1}{2} S_{đpmax} \quad (3.26) [5]$$

$$= 1,4 \cdot 125 - 125 + \frac{1}{3} 25,2916 + \frac{1}{2} 102,27 = 109,56 (\text{MVA})$$

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải min

$$S''_{cb} = K_{qtsc} \cdot S_{đmB} - S_{đmF} + \frac{1}{3} S_{TDmax} + \frac{1}{2} S_{đpmin}$$

$$S''_{cb} = 94,22(\text{MVA})$$

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi sự cố một máy biến áp là:

$$I''_{cb} = \frac{S''_{cb}}{\sqrt{3} U_{Hđm}} = \frac{94,22}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 3,94(\text{kA})$$

Vậy dòng cưỡng bức qua kháng lớn nhất là:  $I_{cb4} = 3,94(\text{kA})$

### 3.2.3 Phương án 3

#### 3.2.3.1 Chọn công suất cho máy biến áp

\* Máy biến áp bộ

Được chọn theo công suất của máy phát

$$S_{đmB1} \geq S_{Fđm} = 125 (\text{MVA})$$

Do đó ta chọn máy biến áp tăng áp 3 pha hai dây quấn. Vậy ta chọn được loại TP ДУН 125/110 máy biến áp có thông số như dưới bảng 3.12

**Bảng 3.12 Bảng thông số máy biến áp**

$S_{dm}$ (MVA)	$U_{Cdm}$ (kV)	$U_{Hdm}$ (kV)	$\Delta P_0$	$\Delta P_N$	$U_N\%$	$I_0\%$
125	121	10,5	100	400	10,5	0,5

\* Máy biến áp liên lạc

Được chọn là loại máy biến áp điều chỉnh điện áp dưới tải có công suất định mức được chọn theo công thức sau:

$$S_{dmB23} = \frac{1}{2} S_{th} = \frac{1}{2} ([\sum S_{dmF} - (S_{dpmin}^{ngay} + S_{td}^{max})])$$

$$= \frac{1}{2} [2.125 - (71,59 + \frac{2}{3} 25,2916)] = 80,77 \text{ (MVA)}$$

Từ các thông số tính toán được ta chọn được máy biến áp TP ДУН 125/220 có thông số như ở bảng 3.13

**Bảng 3.13 Thông số máy biến áp**

$S_{dm}$	$U_{Cdm}$	$U_{Hdm}$	$\Delta P_0$	$\Delta P_N$	$U_N\%$	$I_0\%$
125	242	13,8	115	380	11	0,5

### 3.2.3.2 Phân bố phụ tải cho các máy biến áp

Đối với máy phát – máy biến áp hai cuộn dây F1 – B1 để thuận tiện cho việc vận hành ta coi đồ thị phụ tải là bằng phẳng trong suốt quá trình làm việc cả năm được tính theo công thức (3.17) ta tính được

$$\Rightarrow S_{B1} = 101,14 \text{ (MVA)}$$

Phụ tải qua máy biến áp B<sub>2</sub> được tính như sau:

Phụ tải truyền lên cao:

$$S_{C-B2} = (S_C(t) - S_{B1}) \quad (3.28) \quad [1]$$

Dựa vào bảng 1.5 và công thức trên ta tính được phụ tải cho từng thời điểm được ghi ở bảng 3.14

**Bảng 3.14**

T(h)	0 – 6	6 – 14	14 – 20	20 – 24
$S_{B1}(MVA)$	101,14	101,14	101,14	101,14
$S_C(t) (MVA)$	170,3427	221,7332	196,048	247,4384
$S_{C-B2}(t) (MVA)$	69,2027	120,5932	94,908	146,2984

$$S_{HB2max} = 146,2984(MVA) < 125(MVA)$$

Như vậy các máy biến áp đã chọn không bị quá tải khi làm việc bình thường.

### 3.2.3.3 Kiểm tra khi có sự cố một máy biến áp

\* Sự cố máy biến áp liên lạc

Công suất thiếu phía cao áp khi xảy ra sự cố máy biến áp là:

$$\begin{aligned} S_{th} &= S_{Cmax}(t) - 1,4 \cdot S_{dmB1} \\ &= 247,4384 - 1,4 \cdot 125 = 72,4384 (MVA) \end{aligned}$$

Ta thấy  $S_{ht} = 72,4384(MVA) < S_{dt} = 200 (MVA)$

Vậy máy biến áp không bị quá tải khi xảy ra sự cố máy biến áp liên lạc

\* Sự cố máy biến áp  $B_1$

Tính theo công thức (2.13) ta tính được  $S_{th} = 72,4384 (MVA)$

Ta thấy:  $S_{th} = 72,4384 (MVA) < S_{dt} = 200 (MVA)$

Vậy máy biến áp không bị quá tải khi xảy ra sự cố máy biến áp  $B_1$ .

### 3.2.3.4 Tính tổn thất điện năng

\* Đối với máy biến áp bộ  $B_1$ , tổn thất điện năng được tính theo công thức ta tính được:

$$\Delta A_{B1} = 3169,8(MWh)$$

\* Tổn thất điện năng của máy biến áp  $B_2$  được tính theo công thức ta tính được:

$$\Delta A_{B2} = 3536,3(\text{MWh})$$

Vậy tổng tổn thất điện năng hàng năm của phương án 3 là:

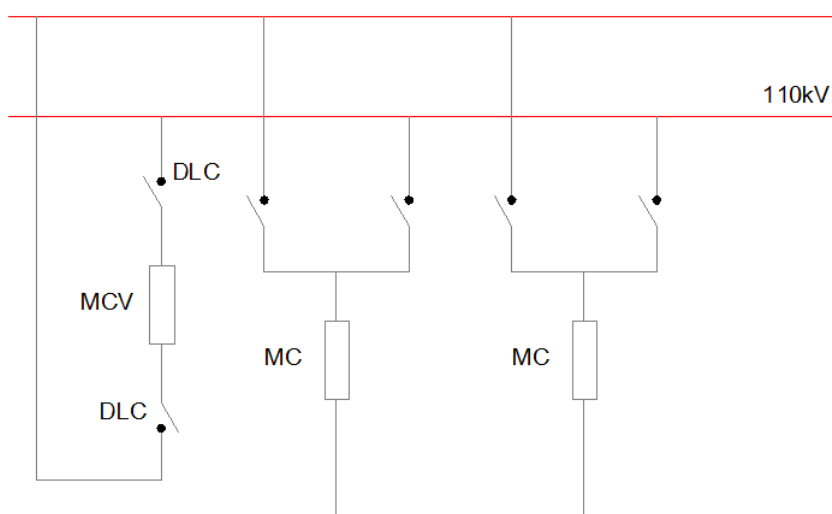
$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{B1} + \Delta A_{B2} = 3169,8 + 3536,3 = 6706,1(\text{MWh})$$

**Bảng 3.15 Bảng tổng kết các phương án**

Phương án	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
$\Delta A$ (MWh)	11 597,17	6252,27	6706,1

### 3.2.3.5 Lựa chọn thanh góp điện áp máy phát

Sơ đồ hai thanh góp có máy cắt liên lạc được biểu diễn trên hình 3.6



Hình 3.6: Sơ đồ thanh góp phía cao áp

### 3.2.3.6 Chọn máy cắt

Được thực hiện như phương án 2

### 3.2.3.7 Tính dòng cưỡng bức

\* Dòng cưỡng bức phía cao áp

Mạch đường dây về hệ thống

---

Dòng làm việc cưỡng bức được tính khi một đường dây bị đứt

$$I'_{cb} = 0,655(\text{kA})$$

Mạch máy biến áp B<sub>1</sub>

Dòng điện cưỡng bức được xác định theo điều kiện làm việc cưỡng bức của máy phát F<sub>1</sub>.  $I''_{cb} = 0,344 (\text{kA})$

Máy biến áp liên lạc

Khi sự cố một máy biến áp, khả năng tải của máy biến áp còn lại là:

$$K_{qtsc} \cdot S_{dmB} = 1,4 \cdot 125 = 175(\text{MVA})$$

Dòng cưỡng bức qua máy biến áp là:  $I'''_{cb} = 0,463(\text{kA})$

Vậy dòng điện làm việc cưỡng bức lớn nhất ở phía điện áp cao là

$$I_{cb1} = 0,463(\text{kA})$$

\* Dòng cưỡng bức ở cấp điện áp máy phát

Mạch máy biến áp B1 phía hạ áp  $I_{cb1} = 8,08(\text{kA})$

Mạch máy biến áp B2  $I_{cb2} = 7,71(\text{kA})$

Mạch máy phát phía hạ áp  $I_{cb3} = 3,78(\text{kA})$

Dòng cưỡng bức qua kháng khi sự cố máy phát F2

Ta xét hai trường hợp phụ tải max và phụ tải min

Phụ tải max

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải max

$$S'_{cb} = 1,05S_{dmF} - \left(\frac{1}{3} \cdot S_{TDmax} + \frac{1}{2} \cdot S_{dpmax}\right) \quad (3.29) [5]$$

$$= 1,05 \cdot 125 - \left(\frac{1}{3} \cdot 25,2916 + \frac{1}{2} \cdot 102,27\right) = 71,68(\text{MVA})$$

Khi phụ tải min

Dòng công suất cưỡng bức qua kháng khi phụ tải min

$$S'_{cb} = 87,02(\text{MVA})$$

⇒ Dòng cưỡng bức qua kháng khi xảy ra sự cố ở máy phát F2

$$I'_{cb} = 3,64(\text{kA})$$

---

Dòng cường bức qua kháng khi xảy ra sự cố ở máy biến áp liên lạc

$$I_{cb} = 0$$

Vậy dòng cường bức qua kháng lớn nhất là:  $I_{cb4} = 3,649(\text{kA})$

**Bảng 3.16 Bảng tóm tắt kết quả dòng cường bức**

$I_{cb}$ (kA)	$I_{cb1}$	$I_{cb2}$	$I_{cb3}$	$I_{cb4}$
Phương án 1	0,46	10,98	9,6	7,63
Phương án 2	0,65	7,71	3,78	3,94
Phương án 3	0,463	7,71	3,78	3,649

Trong đó:

$I_{cb1}$  – là dòng bên phía cao áp máy biến áp(220kV);

$I_{cb2}$  – là dòng bên phía hạ áp máy biến áp (10,5kV);

$I_{cb3}$  – là dòng của máy phát (10kV);

$I_{cb4}$  – là dòng qua kháng (10kV);

### **3.3 TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT CHO CÁC PHƯƠNG ÁN VÀ LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN TỐI ƯU**

#### **3.3.1 Các đặc điểm về mặt kỹ thuật**

- Tính đảm bảo cung cấp điện lúc làm việc bình thường cũng như khi có sự cố
- Tính linh hoạt trong vận hành
- Tính an toàn cho người và thiết bị

#### **3.3.2 So sánh về mặt kinh tế**

Việc quyết định chọn phương án nào cũng phải dựa trên cơ sở so sánh về mặt kinh tế - kỹ thuật. Về mặt kinh tế đó chính là tổng vốn đầu tư cho phương án, phí tổn vận hành hằng năm, thiệt hại hàng năm do mất điện. Nếu việc tính

---

toán thiệt hại hàng năm do mất điện khó khăn thì ta có thể so sánh các phương án theo phương thức rút gọn, bỏ qua thành phần thiệt hại. Về mặt kĩ thuật để đánh giá một phương án có thể dựa vào các điểm sau:

- ✓ Tính đảm bảo cung cấp điện khi làm việc bình thường cũng như khi sự cố
- ✓ Tính linh hoạt trong vận hành, mức độ tự động hóa

Trong các phương án tính toán kinh tế thường dùng thì phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư chênh lệch so với phí tổn vận hành hàng năm được coi là phương pháp cơ bản để đánh giá về mặt kinh tế của phương án. Vốn đầu tư của phương án bao gồm vốn đầu tư cho máy biến áp và vốn đầu tư cho thiết bị phân phối.

### 3.3.2.1 Phương án 1

#### \* Vốn đầu tư cho máy biến áp

Được tính theo công thức sau

$$V_B = \sum K_{B1} \cdot V_{B1} \quad (3.30) \quad [1]$$

Trong đó:

$V_{B1}$  – tiền mua máy biến áp

$K_{B1}$  – hệ số chuyên chở lắp đặt

Loại máy biến áp ТДЦ 250 – 242/13,8 có giá là  $V_{B1} = 11400 \cdot 10^6$  (VNĐ), có hệ số chuyên chở là  $K_B = 1,3$

$$\Rightarrow V_B = 2.1.1.11400.10^6 = 25080.10^6 \text{ (VNĐ)}$$

#### \* Vốn đầu tư máy cắt

Vốn đầu tư máy cắt được tính theo công thức sau

$$V_{TB} = \sum n_1 \cdot v_1 \quad (3.31) \quad [1]$$

Trong đó:

$v_1$  – tiền mua máy cắt.

$n_1$  – số lượng máy cắt.

Phía điện áp cao có hai bộ máy cắt loại FA – 245 – 40 giá  $600.10^6$  (VNĐ).

Phía hạ áp có ba bộ máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 giá  $65.10^6$  (VNĐ).



---

Và bốn bộ máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 giá  $51.10^6$ (VNĐ).

Phương án 1 cần hai kháng giá:  $2.32.10^6 = 64.10^6$ (VNĐ).

$$\Leftrightarrow V_{TB} = 2.600.10^6 + 3.65.10^6 + 4.51.10^6 + 64.10^6 = 1,663.10^9 \text{(VNĐ)}$$

Vậy tiền vốn mua máy biến áp và thiết bị là:

$$V_1 = V_{B1} + V_{TB} = 25,08.10^9 + 1,663.10^9 = 26,74.10^9 \text{(VNĐ)} \quad (3.32) \quad [1]$$

#### \* Chi phí vận hành hàng năm

Chi phí vận hành hàng năm của thiết bị được tính theo công thức sau:

$$V = V'_1 + V_{\Delta A} \quad (3.33) \quad [1]$$

Trong đó:

$$V'_1 = a_{dm} \cdot V_1 = 0,15 \cdot 26,74.10^9 = 4,01.10^9 \text{(VNĐ)} \quad (3.34) \quad [1]$$

$$P_{\Delta A1} = \Delta A \cdot c = 500.11597,17.10^3 = 5,798.10^9 \text{(VNĐ)}$$

Vậy chi phí vận hành hàng năm là:

$$V = V'_1 + V_{\Delta A} \text{(VNĐ)}$$

### 3.3.2.2 Phương án 2

#### \* Vốn đầu tư cho máy biến áp

Loại máy biến áp TP ДУН 125/110 có giá là:  $V_B = 4800.10^6$ (VNĐ), có hệ số chuyên chở là:  $K_{B2} = 1,5$

Loại máy biến áp TP ДУН 125/220 có giá là:  $V_B = 6480.10^6$ (VNĐ), có hệ số chuyên chở là:  $K_{B2} = 1,5$

$$\Leftrightarrow V_B = 16,272.10^9 \text{(VNĐ)}$$

#### \* Vốn đầu tư máy cắt

Phía điện áp cao có ba bộ máy cắt loại FA – 245 – 40 giá  $600.10^6$ (VNĐ).

Phía hạ áp có bốn bộ máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 giá  $60.10^6$ (VNĐ).

Và ba bộ máy cắt loại 8FG10 – 12 – 80 giá  $65.10^6$ (VNĐ).

Phương án 2 cần hai kháng giá:  $32.10^6$ (VNĐ)

$$\Leftrightarrow V_{TB} = 2,267.10^9 \text{(VNĐ)}$$

Vậy tiền vốn cần mua máy biến áp và thiết bị là:  $V_2 = 16,274.10^9$ (VNĐ).

---

**\* Chi phí vận hành hàng năm**

$$V'_2 = 2,441.10^9(\text{VNĐ})$$

$$V_{\Delta A2} = 3,126.10^9(\text{VNĐ})$$

Vậy chi phí vận hành hàng năm là:  $V_2 = 5,567.10^9(\text{VNĐ})$

**3.3.2.3 Phương án 3**

**\* Vốn đầu tư cho máy biến áp**

Loại máy biến áp TP ДУН 125/110 có giá là  $V_B = 3,05.10^9$  (VNĐ), có hệ số chuyên chở là  $K_{B3} = 1,4$ .

Loại máy biến áp TP ДУН 125/220 có giá là  $V_B = 4,8.10^9$ (VNĐ), có hệ số chuyên chở là  $K_{B3} = 1,4$ .

$$\Rightarrow V_B = 10,99.10^9(\text{VNĐ})$$

**\* Vốn đầu tư máy cắt**

Phía điện áp cao có hai bộ máy cắt loại: FA– 245 – 40 giá  $600.10^6$  (VNĐ).

Phía hạ áp có bốn bộ máy cắt loại: 8FG10 – 12 – 80 giá  $55.10^6$ (VNĐ).

Và ba bộ máy cắt loại: 8FG10 – 12 – 80 giá  $65.10^6$ (VNĐ)

Phương án 3 cần hai kháng giá  $32.10^6$ (VNĐ).

$$\Rightarrow V_{TB} = 1,647.10^9(\text{VNĐ})$$

Vậy tiền vốn mua máy biến áp và thiết bị là:  $V_3 = 12,637.10^9(\text{VNĐ})$

**\* Chi phí vận hành hàng năm.**

$$V'_3 = 1,895.10^9(\text{VNĐ}); \quad V_{\Delta A3} = 3,353.10^9(\text{VNĐ})$$

Vậy chi phí vận hành hàng năm là:  $P_3 = 5,248.10^9(\text{VNĐ})$ .

Từ các kết quả tính toán trên ta có bảng so sánh kinh tế các phương án

**Bảng 3.17 Bảng so sánh kinh tế các phương án**

Phương án	Vốn đầu tư (VNĐ)	Chi phí (VNĐ)
Phương án 1	$26,74.10^9$	$9,988.10^9$
Phương án 2	$16,274.10^9$	$5,567.10^9$
Phương án 3	$11,722.10^9$	$5,248.10^9$

### **Kết luận**

Như vậy khi so sánh về mặt kinh tế và kỹ thuật giữa các phương án và từ kết quả ở bảng 3.17 ta thấy phương án có vốn đầu tư nhỏ nhất là phương án 3 với chi phí vận hành hàng năm nhỏ nhất. Mặt khác phương án 3 lắp đặt và vận hành dễ dàng do đó ta lựa chọn phương án 3 làm phương án thiết kế cho nhà máy.

## **3.4 LỰA CHỌN DÂY DẪN VÀ KHÍ CỤ ĐIỆN**

### **3.4.1 Chọn dây dẫn**

Lựa chọn dây dẫn và khí cụ điện của thiết bị phân phối dựa trên mật độ dòng điện kinh tế trong chế độ làm việc bình thường, theo nhiệt độ cho phép trong chế độ cường bức, tính toán ổn định nhiệt, ổn định động khi ngắn mạch.

Lựa chọn theo nhiệt độ cho phép trong chế độ làm việc lâu dài ( đốt nóng lâu dài ) được thực hiện với tất cả các thanh dẫn, dây dẫn và cáp điện lực. Nhiệt độ cho phép xác định theo điều kiện oxi hóa cao bề mặt tiếp xúc của các mối nối ( đối với dây dẫn không có cách điện) hoặc theo sự già hóa cách điện( đối với dây dẫn cách điện).

Dây dẫn sẽ thỏa mãn điều kiện đốt nóng lâu dài nếu:

$$I_{cb} \leq k_{qt} \cdot I_{cp} \quad (3.36) [2]$$

Trong đó:

$I_{cb}$  – dòng điện làm việc cường bức của mạch điện

$I_{cp}$  – dòng điện cho phép lâu dài ứng với tiết diện chọn

$k_{qt}$  – hệ số quá tải cho phép trong chế độ cường bức

Dòng làm việc cường bức lấy bằng dòng điện cực đại của mạch. Đối với mạch điện có dự trữ (đường dây song song, máy biến áp vận hành song song), chế độ cường bức xảy ra khi cắt bớt một mạch song song.

Để xác định nhiệt độ dây dẫn, trước tiên phải xác định hệ số nhiệt độ  $A_{\theta 1}$  ứng với nhiệt độ ban đầu  $\theta 1$  của dây dẫn.

Hệ số nhiệt độ  $A_{\theta 2}$  được xác định như sau:

$$A_{\theta 2} = A_{\theta 1} + \frac{B_N}{S^2} \quad (A^2s/mm^4) \quad (3.37) [1]$$

Trong đó:

$B_N$  – xung lượng nhiệt của dòng điện ngắn mạch ( $As^2$ )

$S$  – tiết diện dây dẫn

Dựa vào hệ số  $A_{\theta 2}$  sẽ xác định được nhiệt độ đốt nóng cuối cùng khi ngắn mạch  $\theta 2$ .

Nếu tiết diện dây dẫn chọn theo điều kiện của chế độ làm việc bình thường thì tiết diện nhỏ nhất để dây dẫn ổn định nhiệt là:

$$S_{chọn} \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B}}{C} \quad (3.38) [1]$$

---

(C – là hằng số tùy thuộc vào loại dây dẫn, ( $As^{1/2}/mm^2$ ))

- Chọn dây dẫn từ máy biến áp lên thanh góp cao áp 220kV

Như đã tính toán ở trên, ta có thể xác định được dòng làm việc cường bức của dây dẫn trong trường hợp này là  $I_{cb} = 0,46(kA)$

Theo công thức (3.38) ta tính được  $I_{cp} \geq \frac{I_{cb}}{k_{qt}} = 0,46/0,89 = 0,51(kA)$

Ở đây hệ số quá tải  $k_{qt} = 0,89$

Với  $I_{cp} \geq 0,65$  ta chọn loại dây ACO – 600 có  $I_{cp} = 1050(A)$ , đường kính dây dẫn bằng  $d = 33,1mm$  đặt trên ba đỉnh của một tam giác đều với khoảng cách giữa hai pha là  $D = 7(m)$ .

- a) Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

Tiết diện nhỏ nhất đảm bảo ổn định nhiệt của cáp điện áp 220(kV)

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B}}{C} \leq F \quad (3.39) [2]$$

Trong đó:

$B_N$  – xung nhiệt lượng của dòng điện ngắn mạch ( $As^2$ );  $B_N = 42,55 \cdot 10^6 (As^2)$ .

C – hằng số phụ thuộc vào dây dẫn, với dây dẫn AC có  $C = 90As^{1/2}(mm^2)$ .

$$\Rightarrow F_{\min} = \frac{\sqrt{42,55 \cdot 10^6}}{90} = 72,478(mm^2) \leq F = 600(mm^2)$$

- b) Kiểm tra điều kiện vầng quang.

Tiết diện chọn phải thỏa mãn điều kiện:

$$U_{vq} = 84.m.r.lg.\frac{D}{r} \geq U_{dm} \quad (3.40) [1]$$

Trong đó:

$m$  – hệ số xét đến độ xù xì của bề mặt dây dẫn,  $m=0,85$

$r$  – bán kính ngoài của dây dẫn,  $r = 1,655$

$D$  – khoảng cách giữa các pha của dây dẫn

$$\text{Vậy } U_{vq} = 84.0,85.3,31/2.lg700/1655 = 310,34(\text{kV}) \geq 220(\text{kV})$$

Vậy tiết diện đã chọn thỏa mãn với điều kiện vàng quang.

- Chọn thanh góp cao áp

Thanh góp cấp 220kV được chọn giống như chọn dây dẫn nối từ máy biến áp đến thanh góp cao áp có tiết diện AC – 600.

### 3.4.2 Chọn thanh dẫn thanh góp

\* Chọn tiết diện thanh dẫn, thanh góp

Chọn tiết diện thanh dẫn, thanh góp theo điều kiện phát nóng lâu dài cho

$$\text{phép: } I_{cp} \geq I_{lvcb} \quad (3.41) [2]$$

Đối với mạch máy phát điện  $I_{lvcb} = 1,05I_{dmF}$

Như đã tính toán ở phần dòng điện cường bức ta đã xác định được dòng điện làm việc cường bức của mạch máy phát là:  $I_{cb} = 10,26(\text{kA})$ . Với giả thiết nhiệt độ lâu dài cho phép của thanh dẫn bằng đồng là  $\theta_{cp} = 75^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ môi trường xung quanh là  $\theta_0 = 35^{\circ}\text{C}$  và  $t_{tt}^0$  là  $\theta_{tt} = 25^{\circ}\text{C}$ .

Ta có hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ là:

$$K_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_o}{\theta_{cp} - \theta_{tt}}} = \sqrt{\frac{75 - 35}{75 - 25}} = 0,89 \quad (3.42) [1]$$

Tiết diện của thanh dẫn được chọn theo dòng điện lâu dài cho phép.

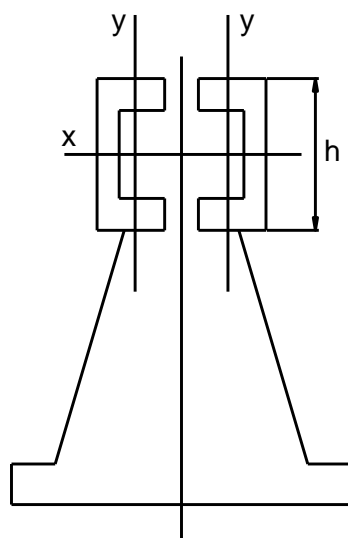
Theo công thức (3.38) ta tính được

$$I_{cp} \geq \frac{I_{cp}}{K_{hc}} = 10,26/0,89 = 11,53(\text{kA})$$

Chọn  $K_{hc} = 0,89$

Ta chọn được thanh dẫn bằng đồng có các số liệu cho ở bảng sau.

Kích thước (mm)				Tiết diện một cực (mm <sup>2</sup> )	Momen trở kháng (cm <sup>3</sup> )			I <sub>cp</sub> cả hai thanh A
h	b	c	R		Một thanh		Hai thanh	
225	105	12,5	16	4880	W <sub>x-x</sub>	W <sub>y-y</sub>	W <sub>yo-yo</sub>	12500
					307	66,5	645	



Hình 3.10

**Hình 3.10:** Tiết diện hình máng và sứ đỡ

\* Kiểm tra ổn định nhiệt khi ngắn mạch

Đối với thanh dẫn có dòng cho phép  $I_{cp} = 12,5(kA) > 1000(A)$  nên không cần kiểm tra ổn định nhiệt nữa.

\* Kiểm tra điều kiện ổn định động

Theo tiêu chuẩn độ bền cơ, ứng suất của vật liệu thanh dẫn không được lớn hơn ứng suất cho phép của nó, nghĩa là:  $\sigma_{tt} \leq \sigma_{cp}$

Ứng suất cho phép đối với nhôm là  $700(kG/cm^2)$  và đối với đồng là  $1400(kG/cm^2)$ .

Trình tự tính toán được tiến hành như sau:

- ✓ Xác định lực tính toán  $F_{tt}$  tác dụng lên thanh dẫn pha giữa trên chiều khoảng vọt:

$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1}{a} \cdot i_{xk}^2 \quad (kG) \quad (3.43) [1]$$

Trong đó:



---

$i_{xk}$  – dòng điện xung kích của ngắn mạch ba pha (A)

$l$  - khoảng cách giữa hai sứ liền nhau của một pha (cm)

$a$  – khoảng cách giữa các pha (cm)

Lấy khoảng cách giữa các pha là  $a = 60(\text{cm})$ , khoảng cách giữa hai sứ

$$l=200(\text{cm})$$

$$\text{Vậy } F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{200}{60} \cdot (72,5 \cdot 10^3)^2 = 308,36(\text{kG})$$

✓ Xác định momen uốn  $M$  tác dụng lên một nhịp thanh dẫn.

$$M = F_{tt} \cdot \frac{l}{10} = 308,36 \cdot \frac{200}{10} = 6167,2(\text{kG.cm}) \quad (3.44) [1]$$

✓ Xác định ứng suất tính toán trong vật liệu thanh dẫn.

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W_{y_0 - y_0}} = \frac{6167,2}{645} = 9,56(\text{kG/cm}^2) \quad (3.45) [1]$$

Trong đó

$M$  – mô men chống uốn của thanh dẫn đối với trục thẳng góc với phương của lực tác dụng ( $\text{cm}^3$ ).

$W_{y_0 - y_0}$  – momen trở kháng của hai thanh ( $\text{cm}^3$ ).

Lực tác dụng tương hỗ giữa các thanh trong một pha trên chiều dài  $l_c$  giữa các miếng đệm là:

$$F_c = 0,26 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l_c}{b} i_{xk}^2 \cdot k_{hd} \quad (\text{kG/cm}) \quad (3.46) [1]$$

Trong đó:

$b$  – chiều dài thanh dẫn (cm).

$k_{hd}$  – hệ số hình dáng phụ thuộc vào đường cong.

$$F_c = 0,26 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{200}{105} (72,5 \cdot 10^3)^2 \cdot \frac{1}{225} = 0,115 (\text{kG/cm})$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các miếng đệm.

Xuất phát từ điều kiện  $\sigma_{tt} = \sigma_{cp}$

Khoảng cách lớn nhất là:

$$l_{cmax} = \sqrt{\frac{12 \cdot W y - y \cdot (\sigma_{cp} - \sigma_{tt})}{F_c}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 66,5 \cdot (1400 - 9,56)}{0,115}} = 3106,2 \text{ (cm)}$$

(3.49)

Với  $\sigma_{cp}$  của đồng là:  $1400 (\text{kG/cm}^2)$

Vậy thanh dẫn chọn hoàn toàn thỏa mãn với điều kiện

### 3.4.3 Chọn sứ đỡ

Sứ đỡ được chọn theo các điều kiện sau:

- Loại sứ.
- Điện áp  $U_{dm.s} \geq U_{dm.mg}$
- Kiểm tra điều kiện ổn định động: độ bền của sứ đỡ được xác định theo lực tính toán trên đầu sứ  $F_{tt}$

Điều kiện độ bền của sứ là:

$$F'_{tt} \leq F_{cp} = 0,6 F_{ph} \quad (3.47) [2]$$

Trong đó:

$F_{cp}$  – lực cho phép tác dụng lên đầu sứ (kG)

$F_{ph}$  – lực phá hoại định mức của sứ (kG)

$F'_{tt}$  – lực động điện đặt trên đầu sứ khi có ngắn mạch.

---

$F_{tt}$  – Lực động điện tác dụng lên thanh dẫn khi có ngắn mạch.

$$F'_{tt} = F_{tt} \cdot \frac{H'}{H} \leq 0,6 \cdot F_{ph} \quad (3.48) [2]$$

$$H' = H + \frac{h}{2} \quad (3.49) [2]$$

Vậy điều kiện của sứ đỡ phải thỏa mãn là:

$$P_{ph} \geq F_{tt} \frac{H'}{0,6.H} \quad (3.50) [2]$$

Trong đó:

$H$  – chiều cao của sứ.

$H'$  – chiều cao từ đáy sứ đến trọng tâm tiết diện thanh dẫn.

Ta chọn loại sứ  $0\Phi - 10 - 4250\text{KBY}3$  có các thông số cho ở bảng sau.

Loại sứ	$U_{dm}(\text{kV})$	$H$ (mm)	$F_{ph}$ (kG)
$0\Phi - 10 - 4250\text{KBY}3$	10	230	4250

Với thanh dẫn đã chọn  $h = 200\text{mm}$  ta có

$$H' = 230 + 0,5 \cdot 200 = 330 \text{ (mm)}$$

$$F_{ph} \geq 308,36 \cdot \frac{330}{230} = 442,43 \text{ (kG)}$$

Sứ đã chọn hoàn toàn thỏa mãn điều kiện.

#### 3.4.4. Chọn kháng điện và cáp cho phụ tải địa phương

\* Chọn cáp điện lực

Phụ tải địa phương gồm 10 đường dây kép, mỗi hộ 3,2(MW) cung cấp bởi đường dây cáp dài 1,5(km), với  $\cos\varphi = 0,88$ . Do vậy dòng điện làm việc bình thường qua cáp là:

$$I_{lvbt} = \frac{Pdp}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot Udm \cdot \cos\varphi} = \frac{4,5 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,88} = 104,97 \text{ (A)} \quad (3.51) \quad [2]$$

Ta có:  $I_{cp} = 2 \cdot I_{lvbt} = 2 \cdot 104,97 = 209,94 \text{ (A)}$

Từ đồ thị phụ tải địa phương hình 2.3 và bảng kết quả của phụ tải địa phương cho ở bảng 2.4 ta có thời gian sử dụng công suất cực đại như sau:

$$T_{\max} = \frac{\sum S_{idp} \cdot t_i}{P_{\max}} \cdot 365 = \frac{71,59.6 + 92,05.8 + 81,81.6 + 102,27.4}{90} \cdot 365 = 8378,29 \text{ (h)} \quad (3.52)$$

Dùng cáp lõi nhôm thì mật độ dòng kinh tế sẽ là:  $J_{kt} = 1,2 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

Tiết diện của cáp được chọn theo mật độ dòng kinh tế.

$$F_{kt} = \frac{I_{lvbt}}{J_{kt}} = \frac{104,97}{1,2} = 87,475 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (3.53) \quad [2]$$

Trong mạng điện xí nghiệp, dây dẫn và cáp thường được chọn theo hai điều kiện sau:

- ✓ Chọn theo điều kiện phát nóng.
- ✓ Chọn theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép.

Khi chọn tiết diện dây dẫn, dây cáp có thể dựa vào một trong hai điều kiện trên và kiểm tra điều kiện còn lại. Ngoài ra còn có thể chọn tiết diện dây dẫn, dây cáp theo mật độ kinh tế của dòng điện.

Từ  $F_{kt} = 87,575 \text{ (mm}^2\text{)}$ . Ta chọn loại cáp ba pha bằng nhôm đặt trong đất có tiết diện là  $F = 95 \text{ (mm}^2\text{)}$  và có  $I_{cp} = 205 \text{ (A)}$ .

\* Kiểm tra phát nóng lâu dài của cáp.

Khi nhiệt độ không khí là  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ , người ta quy định nhiệt độ cho phép của thanh cái và dây dẫn trần là  $70^{\circ}\text{C}$ . Đối với cáp chôn trong đất ẩm có nhiệt độ là  $15^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ cho phép chỉ được dao động trong khoảng  $60\div 80^{\circ}\text{C}$  tùy theo từng loại cáp.

Nếu nhiệt độ dây dẫn và dây cáp đặt tại nơi nào đó khác với nhiệt độ quy định (nhiệt độ không khí là  $25^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ đất là  $15^{\circ}\text{C}$ ) thì phải hiệu chỉnh theo hệ số hiệu chỉnh  $k$ . Do đó tiết diện dây dẫn và cáp chọn phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$k_{hc} \cdot I_{cp} \geq I_{lvmax} \quad (3.54) \quad [2]$$

Trong đó:

$I_{lvmax}$  – dòng điện làm việc cực đại của dây dẫn;

$I_{cp}$  – dòng điện cho phép ứng với dây dẫn chọn;

$k_{hc}$  – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ;

Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ:

$$K_1 = \sqrt{\frac{t_{cp}^0 - t_{kk}^0}{t_{cp}^0 - t_d^0}} = \sqrt{\frac{60 - 25}{60 - 15}} = 0,88 \quad (3.55) \quad [2]$$

Trong đó:

$t_{cp}^0$  – nhiệt độ cho phép của dây dẫn, cáp. Đối với cáp 10kV  $t_{cp}^0 = 60^{\circ}\text{C}$

$t_{kk}^0$  – nhiệt độ không khí,  $t_{kk}^0 = 25^{\circ}\text{C}$ .

$t_d^0$  – nhiệt độ trong đất,  $t_d^0 = 15^{\circ}\text{C}$ .

Hệ số hiệu chỉnh theo cáp đặt song song. Lấy cáp đặt cách nhau 300(mm).  
 Chọn  $K_2 = 0,93$ .

Như vậy  $I_{cp}$  lâu dài của cáp khi nhiệt độ trong đất là  $15^0C$ .

$$I'_{cp} = K_1.K_2.I_{cp} = 0,88.0,93.205 = 167,772 \text{ (A)} \quad (3.56) [2]$$

Giả thiết cáp quá tải 30% khi đó

$$K_{qt}.I'_{cp} = 1,3.167,772 = 218,1036A > I_{lvmax} = 209,94 \quad (3.57) [2]$$

Vậy cáp đã chọn thỏa mãn điều kiện.

#### \* Chọn kháng điện

Kháng điện là cuộn dây điện cảm không có lõi thép, điện kháng lớn hơn điện trở tác dụng rất nhiều. Dùng kháng điện để hạn chế dòng ngắn mạch hay hạn chế dòng điện mở máy của các động cơ điện.

Kháng điện được chọn theo điện áp định mức, dòng điện định mức và giá trị điện kháng  $X_k\%$ . Cuối cùng kiểm tra ổn định động, ổn định nhiệt.

Chọn kháng điện cho máy phát  $F_3$

Công suất lớn nhất qua kháng là dòng cường bức của máy phát  $F_3$ /

$$\begin{aligned} S_{Kmax} &= 1,05.S_{đmF} - \left(\frac{1}{3} S_{đpmin} + \frac{1}{3} S_{TDmax}\right) \\ &= 1,05.125 - \left(\frac{1}{3} .71,59 + \frac{1}{3} 25,2916\right) = 98,95(MVA) \end{aligned}$$

$$\text{Do đó } I_{cb} = \frac{S_{Kmax}}{\sqrt{3} U_{đm}} = \frac{98,95}{\sqrt{3}.10} = 5,713(kA)$$

Từ dòng  $I_{cb} = 5,713(kA)$ . Ta chọn được kháng điện đơn loại

$$PbA - 10 - 6000 -12 \text{ có } I_{đmK} = 6000(A)$$

Chọn kháng điện cho phụ tải địa phương

---

Dòng cường bức qua kháng là dòng phụ tải địa phương max, ta chọn hai kháng cho hai nhánh địa phương, do đó dòng cường bức là dòng khi sự cố một kháng.

$$I_{cb} = \frac{S_{dpmax}}{\sqrt{3} U_{dm}} = \frac{102,27}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,9(\text{kA})$$

Từ  $I_{cb} = 5,9(\text{kA})$  ta chọn được kháng điện đơn loại PbA – 10 – 6000 – 12 có  $I_{dmK} = 6000\text{A}$

Sơ đồ phân bố phụ tải cho kháng được biểu diễn trên hình 3.11.

Xác định  $X_k\%$

$X_k\%$  được chọn xuất phát từ hai điều kiện sau:

- ✓  $X_k\%$  phải đủ hạn chế dòng ngắn mạch tại  $N_5$  để chọn máy cắt 1 và đảm bảo ổn định nhiệt cho cấp 1 tức là:

$$I_{N5} \leq \min (I_{c1dm}, I_{nh1}) \quad (3.59) [2]$$

- ✓  $X_k\%$  phải đủ hạn chế dòng ngắn mạch tại  $N_6$  để chọn máy cắt 2 và đảm bảo ổn định nhiệt cho cấp 2 tức là:  $I_{N6} \leq \min (I_{c1dm}, I_{nh1})$

Trong đó dòng điện ổn định nhiệt được xác định theo công thức.

$$I_{nh} = \frac{F \cdot C}{\sqrt{t_c}} \quad (3.60) [2]$$

Trong đó:

F – tiết diện cáp.

C – hằng số phụ thuộc vào dây dẫn, với dây dẫn AC có

$$C = 90(\text{As}^{1/2}\text{mm}^2)$$

---

Từ yêu cầu thiết kế cho  $F_2 = 150 \text{ (mm}^2\text{)}$ ,  $t_{c2} = 0,7\text{(s)}$

$$\Rightarrow I_{nh} = \frac{150.90.10^{-3}}{\sqrt{0,7}} = 16,136\text{(kA)}$$

Chọn  $S_{cb} = 1000\text{(MVA)}$ , và ngắn mạch tại  $N'_3$  có dòng ngắn mạch đã tính ở chương 4 là:  $I'_{N3} = 24,0529\text{(kA)}$

$$X_{c1} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = \frac{1000}{10^2} \cdot 0,08 \cdot 1,5 = 1,2 \quad (3.61) [2]$$

Dòng điện ổn định nhiệt của cáp 1 sẽ là:  $I_{nhC1} = 8,55\text{(kA)}$

Điện kháng tổng sẽ là:

$$X_{\Sigma} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb} \cdot I_{nhmin}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 16,136} = 3,57 \quad (3.62) [2]$$

$$\Rightarrow X_k = X_{\Sigma} - X_{HT} - X_{C1} = 3,57 - 2,2 - 1,2 = 0,17$$

Điện kháng  $X_k\%$  là:

$$X_k\% = X_K \cdot \frac{I_{dmK}}{I_{cb}} = 0,17 \cdot \frac{4}{3,254} = 21\% \quad (2.63) [2]$$

\* Chọn máy cắt hợp bộ của phụ tải địa phương

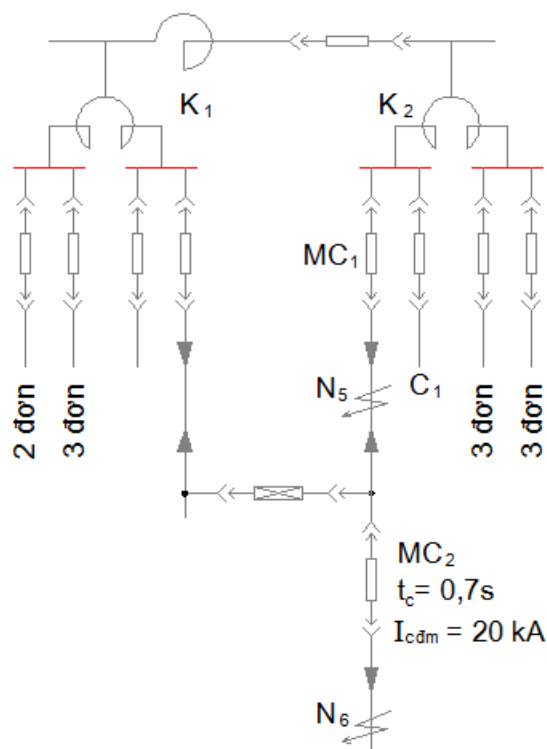
Để chọn máy cắt hợp bộ của phụ tải địa phương ta tính dòng ngắn mạch tại  $N_5$ .

$$X_K = \frac{X_K\%}{100} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{dm}} = \frac{12}{100} \cdot \frac{3,254}{4} = 0,097$$

Điện kháng tính toán:



$$X_{tt} = (X_{HT} + X_K) \cdot \frac{S_{(HT+NM)}}{S_{cb}} = (2,2 + 0,097) \cdot \frac{1200+187,5}{1000} = 3,18 > 3.$$



Hình 3.11: Sơ đồ phân bố phụ tải cho kháng

### Hình 3.11 Sơ đồ phân bố phụ tải cho kháng

Dòng ngắn mạch tại N<sub>5</sub>:

$$I''_{N5} = \frac{1}{X_{tt}} \cdot \frac{S_{HT+NM}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{1}{3,18} \cdot \frac{1200+187,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 24(\text{kA})$$

Dòng xung kích tại N<sub>4</sub>:

$$I_{xk} = \sqrt{2} k_{xk} \cdot I''_{N5} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 24 = 61,1(\text{kA})$$

Dựa vào dòng điện làm việc cường bức khi sự cố một kháng điện

$I_{cb} = 3,254(\text{kA})$  và  $I''_{N5} = 24(\text{kA})$ ,  $i_{ik} = 61,1(\text{kA})$ . Ta chọn được máy cắt có các thông số cho ở bảng sau.

Loại MC	$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (A)	$I_{Cdm}$ (kA)	$I_{ddm}$ (kA)
M□ □-10-4000-45Y3	10	4000	45	120

Không cần kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt đối với máy cắt có dòng định mức  $> 1000(\text{A})$

\* Kiểm tra kháng điện

Dòng ngắn mạch tại  $N_5$ :  $I_{N5} = 24(\text{kA})$

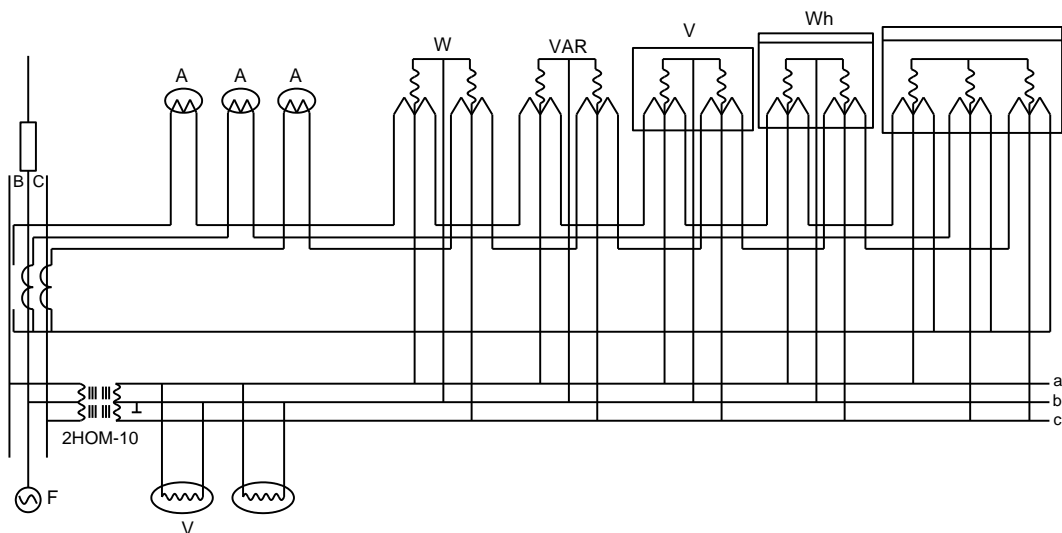
Dòng ngắn mạch tại  $N_6$ :

$$I''_{N5} = \frac{I_{cb}}{X_{HT} + X_K + X_{C1}} = \frac{3,254}{2,2+0,097+1,2} = 0,93(\text{kA}) \quad (3.74)$$

Thỏa mãn với điều kiện. Vậy kháng đã chọn thỏa mãn.

### 3.4.5 Chọn máy biến dòng BI, biến điện áp BU

\* Sơ đồ nối BU với BI với dụng cụ đo



Hình 3.12

**Hình 3.2:** Sơ đồ nối BU, BI với dụng cụ đo

### 3.4.5.1 Chọn máy biến điện áp BU

\* Điều kiện để chọn máy biến áp đo lường (BU)

- ✓ Điện áp:  $U_{dmBU} \geq U_{mg}$ .
- ✓ Cấp chính xác: phù hợp với các yêu cầu của dụng cụ đo, lấy cấp chính xác là 0,5.
- ✓ Công suất định mức:  $S_{2dmBU} \geq S_2$ , trong đó phụ tải thứ cấp  $S_2$  được xác

định như sau:  $S_2 = \sqrt{P_{dc}^2 + Q_{dc}^2}$

Ở đây  $\sum P_{dc}, \sum Q_{dc}$  là tổng công suất tác dụng và phản kháng của các dụng cụ đo, xác định dựa trên sơ đồ nối dây của các dụng cụ đo vào thứ cấp của máy biến điện áp BU. Phụ tải của các pha được ghi ở bảng sau.

Tên dụng cụ đo mắc vào BU	Kiểu	Phụ tải AB		Phụ tải pha BC	
		P(W)	Q(VAr)	P(W)	Q(VAr)

Tên dụng cụ đo mắc vào BU	Kiểu	Phụ tải AB		Phụ tải pha BC	
		P(W)	Q(VAr)	P (W)	Q (VAr)
Vôn mét	B – 2	7,2			
Oát mét	Д – 341	1,8		1,8	
Vôn mét phản kháng	Д – 342/1	1,8		1,8	
Oát mét tự ghi	H – 348	8,3		8,3	
Tần số kế	H – 348	8,3		6,5	
Công tơ	Д – 670	0,66	1,62	0,66	1,62
Công tơ phản kháng	WT - 672	0,66	1,62	0,66	1,62
Tổng		20,4	3,24	19,72	3,24

Biên điện áp AB.

$$\text{Vậy } S_{2AB} = \sqrt{P_{dcAB}^2 + Q_{dcAB}^2} = \sqrt{20,4^2 + 3,24^2} = 20,7(\text{MVA}) \quad (3.64) \quad [2]$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{dcAB}}{S_2} = \frac{20,4}{20,7} = 0,98 \quad (3.65) \quad [2]$$

Biên điện áp BC

$$S_{2BC} = \sqrt{P_{dcBC}^2 + Q_{dcBC}^2} = \sqrt{19,72^2 + 3,24^2} = 19,9(\text{VA})$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{dcBC}}{S_2} = \frac{19,72}{19,9} = 0,99$$

Từ các kết quả tính toán trên ta chọn được hai máy biến điện áp một pha kiểu HOM – 10 ứng với cấp chính xác 0,5, mỗi máy BU có công suất định mức  $S_{dm} = 75(\text{VA})$  và điện áp định mức cuộn thứ cấp là  $U_{dm} = 100(\text{V})$ .

\* Điều kiện để chọn dây dẫn nối từ BU đến các dụng cụ đo

- ✓ Tổn thất điện áp trên đường dây dẫn không được lớn hơn 0,5% điện áp định mức thứ cấp( trường hợp có đồng hồ đo điện năng).
- ✓ Theo điều kiện độ bền cơ học, tiết diện nhỏ nhất đối với dây đồng là  $1,5\text{mm}^2$  và đối với dây nhôm là  $2,5\text{mm}^2$ .

\* Xác định dòng trong các dây dẫn a,b,c

$$I_a = \frac{S_{ab}}{U_{ab}} = \frac{20,7}{100} = 0,207(\text{A}) \quad (3.66) \quad [2]$$

$$I_c = \frac{S_{bc}}{U_{bc}} = \frac{19,9}{100} = 0,199(\text{A})$$

Ta coi gần đúng  $I_a = I_c = 0,2\text{A}$  và  $\cos\varphi_{ab} = \cos\varphi_{bc} = 1$ .

$$I_b = \sqrt{3} \cdot I_a = \sqrt{3} \cdot 0,2 = 0,34(\text{A}) \quad (3.67) \quad [2]$$

Điện áp dãn trong dây ab là:

$$\Delta U_{ab} = (I_a + I_b) \cdot \Gamma = (I_a + I_b) \cdot \frac{\rho l}{S} \quad (3.68) \quad [2]$$

$$F \geq \frac{(I_a + I_b) \cdot \rho \cdot l}{\Delta U} = \frac{(0,2 + 0,43) \cdot 0,0175 \cdot 75}{0,5} = 0,945(\text{mm}^2) \quad (3.69) \quad [2]$$

---

Trong đó:

$I_a, I_b, I_c$  – là các dòng điện trong các dây dẫn a, b, c.

P – điện trở suất của dây, đối với dây đồng  $\rho = 0,0175(\Omega\text{mm}^2/\text{km})$ .

l – chiều dài dây dẫn nối từ máy BU đến các dụng cụ đo,  $l = 50(\text{m})$ .

$\Delta U$  – tổn thất điện áp trên đường dây.

F – tiết diện dây dẫn

Với  $F = 0,945(\text{mm}^2)$ . Ta chọn được dây dẫn ruột đồng bọc cách điện bằng PVC có tiết diện là  $F = 1,5(\text{mm}^2)$ .

### 3.4.5.2 Chọn máy biến dòng điện BI

\* Điều kiện chọn máy biến dòng điện

Máy biến dòng điện được chọn theo các điều kiện sau:

✓ Điện áp:  $U_{\text{dmBI}} \geq U_{\text{mg}} = 10(\text{kV})$

✓ Dòng điện:  $I_{\text{dmBI}} \geq I_{\text{lvcb}} = 4330(\text{A})$

✓ Phụ tải:  $Z_{2\text{dmBI}} \geq Z_{2\text{tt}} = r_2$

✓ Ổn định động:  $\sqrt{2} \cdot k_{\text{lđđ}} \cdot I_{\text{lđm}} \geq i_{\text{xk}}$

✓ Ổn định nhiệt:  $(K_{\text{nh}} \cdot I_{\text{lđm}})^2 \cdot t_{\text{nh}} \geq B_{\text{N}}$

✓ Sơ đồ nối dây: mắc sao trên cả 3 pha

✓ Cấp chính xác 0,5

Phụ tải thứ cấp: tương ứng với mỗi cấp chính xác, biến dòng có một phụ tải định mức  $Z_{\text{dmBI}} = 1,2$ . Để đảm bảo độ chính xác yêu cầu thì tổng phụ tải thứ cấp  $Z_{2\text{tt}}$  của nó không vượt quá phụ tải định mức.

$$Z_{2tt} = Z_{\Sigma dc} + Z_{dd} \leq Z_{dmBI} \quad (3.70) \quad [2]$$

Trong đó:

$Z_{\Sigma dc}$  – tổng phụ tải các dụng cụ đo.

$Z_{dd}$  – tổng trở của các dây dẫn.

Công suất tiêu thụ của các cuộn dây trong các dụng cụ đo lường được ghi ở bảng sau.

Tên dụng cụ đo	Kí hiệu	Phụ tải (VA)		
		Pha A	Pha B	Pha C
Ampe mét	Э - 302	0,1	1	1
Oát kế tác dụng	Д - 341	5	0	5
Oát kế phản kháng	Д - 342/1	5	0	5
Oát kế tự ghi	Д - 33	10	0	10
Công tơ tác dụng	Д - 670	2,5	0	2,5
Công tơ phản kháng	Из - 672	2,5	5	2,5
Tổng		25,1	5,1	26

$$Z_{\Sigma dc} = \frac{S}{I_{dm}^2} = \frac{26}{5^2} = 1,04(\Omega) \quad (3.71) \quad [2]$$

Chọn dây dẫn bằng đồng và giả thiết chiều dài dây dẫn là:  $l = l_{tt} = 30(m)$ .

Tiết diện dây dẫn là:

$$F = \frac{\ell_{tt} \cdot \rho}{Z_{dm} - Z_{\Sigma dc}} = \frac{30.0,0175}{1,2-1,04} = 3,27(\text{mm}^2) \quad (3.72) \quad [2]$$

Chọn dây dẫn ruột bằng đồng cách điện bằng PVC có  $F = 4(\text{mm}^2)$ .

### 3.4.6 Chọn dao cách ly

\* Các điều kiện chọn dao cách ly

1) Điện áp:  $U_{dmcl} \geq U_{mg}$

2) Dòng điện:  $I_{dmcl} \geq I_{lvc}$

3) Ổn định nhiệt:  $I_{nh}^2 \cdot t_{nh} \geq B_N$

4) Ổn định lực điện động:  $i_{ldd} \geq i_{xk}$

Từ các điều kiện trên ta chọn được dao cách ly có các thông số sau

Cấp điện áp (kV)	Đại lượng tính toán			Loại dao cách ly	Đại lượng định mức			
	$I_{cb}$ (kA)	$I_N$ (kA)	$I_{xk}$ (kA)		$U_{dm}$ (kV)	$I_{dm}$ (kA)	$I_{dd}$ ( $i_{xk}$ ) (kA)	$I_{nh}/t_{nh}$ ( $i_{ldd}$ ) (kA/s;kA)
220	0,58	5,1008	12,984	SGCP- 250/1250	250	1250	31,5	80
10	10,26	28,5	72,5	PBK- 20/12500	20	12500	320	125/4

### 3.4.7 Chọn máy cắt điện

\* Các điều kiện chọn và kiểm tra máy cắt điện



1) Loại máy cắt: Với cấp điện áp 220kV ta chọn cùng loại máy cắt khí để tận dụng máy nén khí. Chọn máy cắt khí SF6 cho hai mạch, với mạch hạ áp ta chọn máy cắt điện ít dầu.

2) Điện áp:  $U_{\text{đmmc}} \geq U_{\text{lưới}}$

3) Dòng điện:  $I_{\text{đmmc}} \geq I_{\text{lvcb}}$

4) Điều kiện cắt:  $I_{\text{cátđm}} \geq I''$

5) Ổn định lực điện động:  $i_{\text{ld}} \geq i_{\text{xk}}$

6) Ổn định nhiệt:  $I_{\text{nh}}^2 \cdot t_{\text{nh}} \geq B_N$ .

Điều kiện này chỉ xét khi  $I_{\text{đm}} < 1000(\text{A})$ .

Từ các điều kiện trên ta chọn được loại máy cắt có các thông số sau

Cấp điện áp (kV)	Đại lượng tính toán			Loại dao cách ly	Đại lượng định mức				
	$I_{\text{cb}}$ (kA)	$I_N$ (kA)	$I_{\text{xk}}$ (kA)		$U_{\text{đm}}$ (kV)	$I_{\text{cát}}$ (kA)	$I_{\text{đm}}$ (A)	$I_{\text{od}}$ (kA)	$I_{\text{onh}}/t_{\text{nh}}$ (kA/s)
220	0,58	5,1008	12,984	SGCP-250/1250	250	40	3150	102	
10	10,26	28,5	72,5	PBK-20/12500	20	90	11200	125	125/4

---

## CHƯƠNG 4

### LỰA CHỌN CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TỰ DÙNG CỦA NHÀ MÁY

Điện tự dùng là một phần điện năng không lớn nhưng lại giữ một thành phần quan trọng trong quá trình vận hành nhà máy điện.

Thành phần máy công tác của hệ thống tự dùng của nhà máy nhiệt điện và công suất của chúng phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Những yếu tố quan trọng gồm: Loại nhiên liệu, công suất tổ máy và nhà máy nói chung, loại tuabin, các thông số hơi ban đầu và hệ thống nước cung cấp... Các máy công tác và các động cơ điện tương ứng của bất kỳ nhà máy nhiệt điện nào( ngưng hơi hay rút hơi) có thể chia thành hai phần không bằng nhau.

- Những máy công tác đảm bảo sự làm việc của các lò và tuabin của các tổ máy
- Những máy công tác phục vụ chung không có liên quan trực tiếp đến lò hơi và các tuabin, nhưng lại cần thiết cho sự làm việc của nhà máy.

Ta chọn sơ đồ tự dùng theo nguyên tắc kinh tế và đảm bảo cung cấp điện liên tục.

Đối với nhà máy nhà máy nhiệt điện thiết kế dùng hai cấp điện áp tự dùng 6kV và 0,4kV nối theo sơ đồ biến áp nối tiếp, với một biến áp dự trữ lấy điện từ phía cuộn hạ áp và phía trên máy phát.

---

## **4.1 NGUYÊN TẮC XÂY DỰNG SƠ ĐỒ CUNG CẤP ĐIỆN TỰ DÙNG**

Trong các nhà máy nhiệt điện, phần lớn phụ tải của hệ thống tự dùng là các động cơ điện có công suất từ 200kW trở lên. Các động cơ này có thể làm việc một cách kinh tế đối với điện áp 6kV. Các động cơ công suất nhỏ hơn và các thiết bị tiêu thụ điện năng khác chiếm phần phụ tải tương đối nhỏ và chúng có thể nối vào điện áp 380/220V.

Do sự phân bố như vậy giữa lưới 6kV và 380/220v thì sơ đồ cung cấp điện hợp lý là sự biến áp nối tiếp, nghĩa là tất cả các công suất được biến đổi từ điện áp sơ cấp của máy phát điện đến điện áp lưới điện chính của hệ thống tự dùng. Tiếp theo một phần công suất nhỏ được biến từ điện áp 6kV xuống điện áp 380/220V. Nguồn năng lượng trong hệ thống tự dùng là các máy phát điện và hệ thống năng lượng. Để đảm bảo độ tin cậy lớn nhất về cung cấp điện một cách hợp lý phân đoạn hệ thống tự dùng phù hợp với sơ đồ cơ, nhiệt và điện của nhà máy. Đối với nhà máy điện nối theo sơ đồ bộ, để đóng mạch máy biến áp dự trữ vào phân đoạn của thiết bị phân phối 6kV, người ta dự kiến đặt một hệ thống thanh góp riêng biệt hoặc đường dây cáp dọc theo tòa nhà chính của nhà máy điện với máy cắt điện thích hợp. Các máy biến áp công tác và dự trữ phân bố giữa các phân đoạn của biến áp liên lạc ở đoạn giữa máy cắt điện và máy biến áp để đảm bảo sự làm việc của máy biến áp dự trữ khi sửa chữa phân đoạn của thiết bị phân phối.

## **4.2 CHỌN MÁY BIẾN ÁP**

### **4.2.1 Chọn biến áp bậc 1**

\* Chọn máy biến áp tự dùng cấp 1

Công suất định mức của máy biến áp cần phải phù hợp với phụ tải cực đại của động cơ 6kV, động cơ 380V và các thiết bị tiêu thụ điện năng khác nối qua

---

máy biến áp công tác bậc hai. Phụ tải của hệ thống tự dùng phân phối theo sự đồng đều giữa các phân đoạn. Phụ tải mỗi phân đoạn phù hợp với tổ máy tương ứng và phân phụ tải chung.

Các máy biến áp  $B_{TD1}$ ,  $B_{TD2}$ ,  $B_{TD3}$  là các máy biến áp cấp 1 chúng có nhiệm vụ nhận điện từ thanh góp 10kV cung cấp cho các phụ tải tự dùng 6kV, còn lại cung cấp tiếp cho phụ tải điện áp 0,4kV. Từ đó công suất của chúng cần phải chọn phù hợp với phụ tải cực đại của các động cơ ở cấp điện áp 6kV và tổng công suất của máy biến áp cấp 2 nối tiếp với nó.

Công suất định mức của máy biến áp công tác bậc một có thể xác định từ biểu thức sau:

$$S_{đmB} \geq \sum P_1 \cdot \frac{K_1}{\eta_1 \cdot \cos\varphi_1} + \sum S_2 \cdot K_2 \quad (5.1) \quad [1]$$

Trong đó:

$S_{đmB}$  – công suất định mức của máy biến áp công tác bậc 1(kVA).

$\sum P_1$  – tổng công suất tính toán của các máy công tác với động cơ 6kV nối vào phân đoạn xét (kW).

$K_1$  – hệ số đồng thời có tính đến sự không đầy tải của các máy công tác của động cơ 6kV.

$\eta_1$  và  $\cos\varphi_1$  – hiệu suất và hệ số công suất của động cơ 6kV.

$\sum S_2$  – tổng công suất định mức của máy biến áp bậc hai nối vào phân đoạn xét.

$K_2$  – hệ số đồng thời của nhóm máy biến áp bậc hai.

Tỷ số  $\frac{K_1}{\eta_1 \cdot \cos\varphi_1}$  lúc làm việc bình thường của khối chiếm khoảng 0,9. Hệ số đồng thời  $K_2$  cũng gần bằng 0,9 nên ta có.

$$S_{dmB} \geq (\sum P_1 + \sum S_2) \cdot 0,9$$

0,9 là xét đến sự không đồng thời đầu tải của máy biến áp công tác có động cơ 6kV và các máy biến áp cấp hai.

Trong phạm vi thiết kế, nên ta chọn công suất của máy biến áp cấp một theo công suất tự dùng cực đại của toàn nhà máy:

$$S_{TDmax} = 25,2916(MVA)$$

Vậy công suất của máy biến áp tự dùng cấp một được chọn là:

$$S_{dmB1} \geq \frac{1}{3} S_{tdmax} = \frac{1}{3} 25,2916 = 8,43(MVA) \quad (5.2) [1]$$

Vậy ta chọn được máy biến áp TMHC – 6300/10,5 có các thông số ở bảng sau

S <sub>dm</sub> (kVA)	Điện áp (kA)		Tổn thất (kW)		U <sub>N</sub> %	I <sub>0</sub> %
	Cao	Hạ	ΔP <sub>0</sub>	ΔP <sub>N</sub>		
6300	10,5	6,3	8	46,5	8	0,9

#### 4.2.2. Chọn máy biến áp dự trữ cấp một

Công suất của máy biến áp dự trữ cấp 1 được chọn phù hợp với chức năng của nó. Do nhà máy có thanh góp điện áp máy phát nên máy biến áp dự trữ chỉ làm chức năng thay thế cho các máy biến áp khác sửa chữa. Vì vậy máy biến áp này được chọn cùng loại với máy biến áp cấp 1 trên.

#### 4.2.3 Chọn máy biến áp công tác bậc 2

Máy biến áp công tác bậc 2 B<sub>TD4</sub>, B<sub>TD5</sub>, B<sub>TD6</sub> dùng để cung cấp cho động cơ 380/220v và chiếu sáng. Các máy biến áp này cùng với thiết bị phân phối 380/220V tạo nên các trạm biến áp công suất không lớn. Các trạm này đặt tại

trung tâm phụ tải như gian máy, gian lò hơi của tòa nhà chính, tòa nhà phụ, kho than, cạnh thiết bị cấp nhiên liệu, khu nghiền đập than, nhà điều khiển... Nếu phụ tải không lớn thì đặt một máy biến áp, nếu các trạm có phụ tải lớn thì đặt hai máy biến áp. Công suất của các loại phụ tải này thường nhỏ nên công suất máy biến áp thường được chọn là loại công suất từ 630÷1000kVA. Loại lớn hơn thường không chấp nhận vì giá thành lớn, dòng ngắn mạch phía thứ cấp lớn.

Công suất của máy biến áp tự dùng cấp 2 được chọn như sau:

$$S_{\text{đmB}} \geq (15 \div 20)\% \cdot S_{\text{đmB}} (\text{cấp 1}) \quad (5.3) \quad [1]$$

$$S_{\text{đmB}} \geq \frac{15}{100} \cdot \frac{1}{3} \cdot 25,2916 \cdot 10^3 = 1264,58 \text{ (kVA)}$$

Ta chọn loại máy biến áp TM – 6300/10 có các thông số như bảng sau

S <sub>đm</sub> (kVA)	Điện áp (kA)		Tổn thất (kW)		U <sub>N</sub> %	I <sub>0</sub> %
	Cao	Hạ	ΔP <sub>0</sub>	ΔP <sub>N</sub>		
6300	10,5	6,3	7,65	46,5	6,5	0,8

### 4.3 CHỌN KHÍ CỤ ĐIỆN

#### 4.3.1 Chọn máy cắt phía hạ áp máy biến áp tự dùng cấp 1

Để chọn máy cắt hợp bộ ta tính dòng điện ngắn mạch tại N<sub>7</sub> dưới máy biến áp tự dùng cấp 1, với nguồn cung cấp là cả HT và NM.

$$X_{\text{HT}} = \frac{I_{\text{cb}}}{I''_{\text{N4}}} = \frac{3,254}{14,448} = 0,225 \quad (5.4) \quad [6]$$

$$X_K = \frac{U_N\%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmB}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{10} = 10,5 \quad (5.5) \quad [6]$$

Điện kháng tính toán:

$$X_{tt} = (X_{HT} + X_K) \cdot \frac{S_{HT+HM}}{\sqrt{3} \cdot U} = (0,225 + 10,5) = 10,725 > 3$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N<sub>7</sub>.

$$I''_{N7} = \frac{1}{X_{tt}} \cdot \frac{S_{HT+HM}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1}{10,725} \cdot \frac{1200+375}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 13,45(\text{kA}) \quad (5.6) \quad [6]$$

Dòng xung kích tại điểm N<sub>7</sub>.

$$I_{xk} = \sqrt{2} \cdot K_{xk} \cdot I''_{N7} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 13,45 = 34,24(\text{kA}).$$

Dòng làm việc cường bức

$$I_{cb} = \frac{S_{dmB}}{\sqrt{3} U} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 577,3(\text{kA})$$

Vậy ta chọn loại máy cắt điện ít dầu có thông số cho ở bảng sau

Loại máy cắt	U <sub>dm</sub> (kV)	I <sub>dm</sub> (A)	I <sub>cdm</sub> (kA)	I <sub>d.dm</sub> (kA)
BMI – 10 – 1000 - 20	10	1000	20	64

#### 4.3.2. Chọn máy cắt phía cao áp máy biến áp tự dòng cấp 1

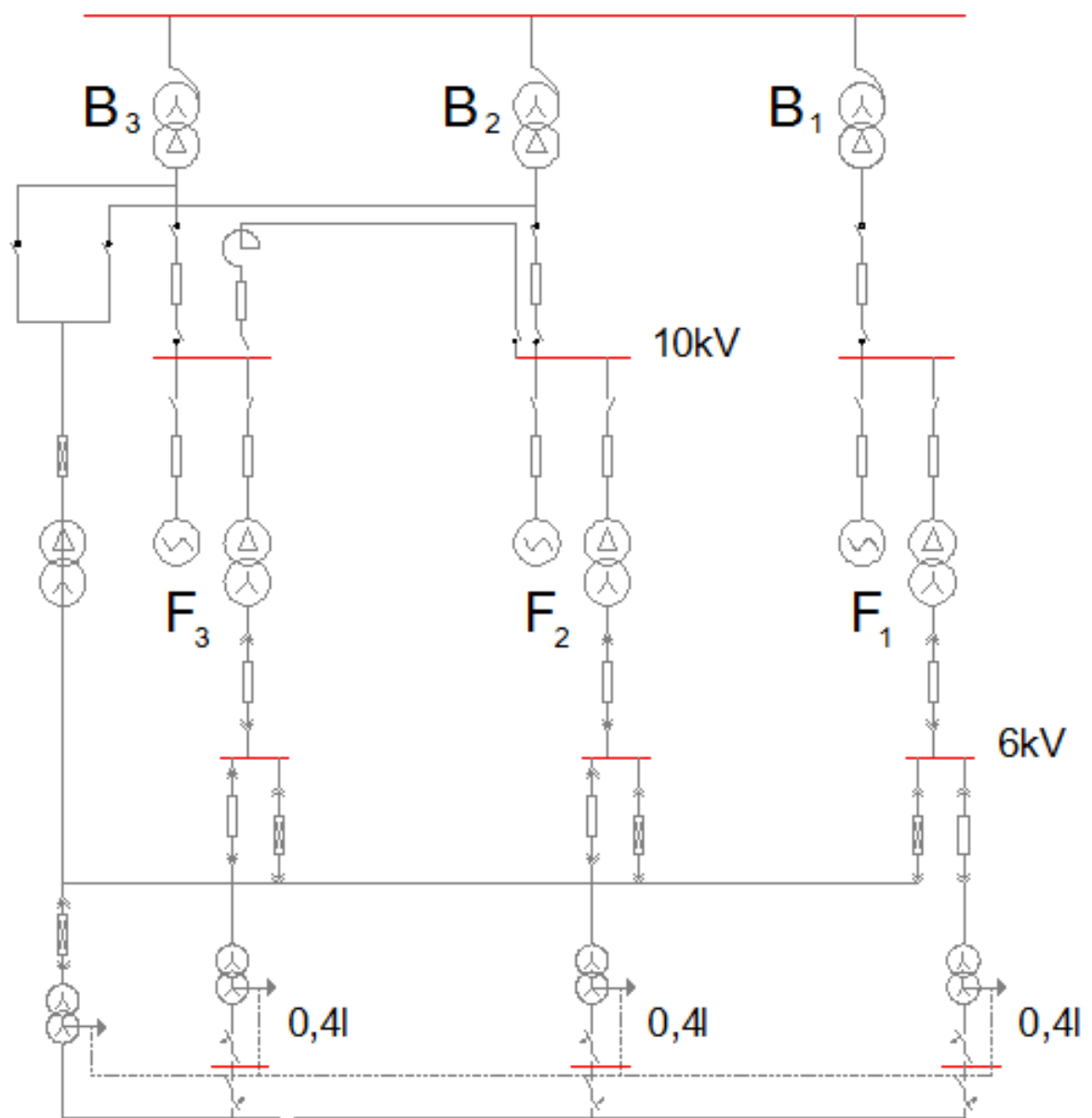
Ta chọn loại máy cắt có thông số cho ở bảng sau:

Loại máy cắt	U <sub>dm</sub> (kV)	I <sub>dm</sub> (A)	I <sub>cdm</sub> (kA)	I <sub>d.dm</sub> (kA)
--------------	----------------------	---------------------	-----------------------	------------------------

---

МГ – 20 – 9500 - 100	20	9500	100	64
----------------------	----	------	-----	----





Hình 5.2: Sơ đồ tự dùng của toàn nhà máy

---

## KẾT LUẬN

Sau 12 tuần tìm hiểu và nghiên cứu, đến nay đề tài “*Thiết kế phần điện của nhà máy nhiệt điện Uông Bí 2 công suất 300MW*” do cô giáo Th.S Đỗ Thị Hồng Lý hướng dẫn đã được hoàn thành. Trong đề tài này tiến hành nghiên cứu và tính toán những vấn đề sau:

- Giới thiệu chung về nhà máy nhiệt điện Uông Bí
- Tính toán phụ tải và cân bằng công suất
- Sơ đồ nối điện và chọn các phần tử trong sơ đồ
- Lựa chọn các thiết bị điện tự dùng của nhà máy

Tuy nhiên do thời gian và trình độ có hạn nên đề tài chưa nghiên cứu được những vấn đề sau đây:

- Chưa tính toán được dòng điện ngắn mạch
- Mới chỉ nghiên cứu đồ thị phụ tải ở các thời điểm nhất định trong ngày.

Những phần chưa thực hiện được trong đề tài này sẽ là những gợi ý cho các nghiên cứu tiếp theo và cho những người quan tâm đến lĩnh vực thiết kế nhà máy điện - trạm biến áp. Em xin chân thành cảm ơn Bộ môn Điện tự động Công Nghiệp – Trường Đại Học DL Hải Phòng đã tạo mọi điều kiện cho em được tiếp cận với thực tế, tự học, tự làm, tự tìm hiểu để mai này có kiến thức góp phần xây dựng phát triển đất nước. Em xin cảm ơn Thạc sỹ Đỗ Thị Hồng Lý đã tận tình giúp đỡ em trong suốt thời gian làm tốt nghiệp.

***Em xin chân thành cảm ơn!***

---

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hữu Khải (2005), *Thiết kế nhà máy điện và trạm biến áp phân điện*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
2. Nguyễn Xuân Phú – Nguyễn Cộng Hiền – Nguyễn Bội Khuê (2001), *Cung cấp điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
3. Phạm Văn giới – Bùi Tín Hữu – Nguyễn Tiến Tôn (2002), *Khí cụ điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
4. Ngô Hồng Quang – Vũ Văn Tâm (2005), *Thiết kế cấp điện*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
5. Đào Quang Thạch – Phạm Văn Hòa (2004), *Phân điện trong nhà máy điện và trạm biến áp*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
6. Lã Văn Út (2000), *Ngăn mạch trong hệ thống điện*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
7. Đặng Văn Đào – Lê Văn Doanh (1997), *kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
8. Vũ Gia Hanh – Trần Khánh Hà – Phan Tử Phụ - Nguyễn Văn Sáu (2003), *Máy điện 1*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
9. Ngô Hồng Quang (2002), *Sổ tay tra cứu các thiết bị điện từ (0,4÷500)kV*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
10. Nguyễn Lân Tráng (2005), *Quy hoạch phát triển hệ thống điện*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.