

## CHƯƠNG V

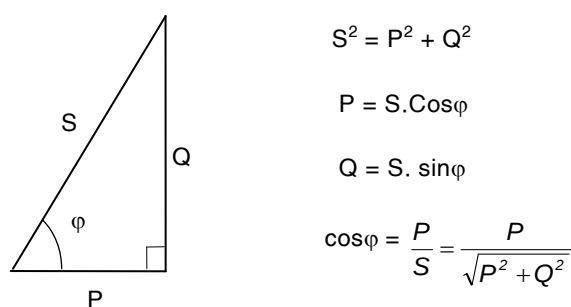
# TÍNH TOÁN BÙ CÔNG SUẤT KHÁNG NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

## 1 HỆ SỐ CÔNG SUẤT VÀ Ý NGHĨA CỦA VIỆC NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

### 1.1. Hệ số công suất

#### a) Khái niệm hệ số công suất

Các đại lượng biểu diễn công suất trong hệ thống điện có mối quan hệ với nhau thông qua tam giác công suất



Hình 8.1. Tam giác công suất

Trong tam giác công suất, trị số góc  $\varphi$  giữa  $S$  và  $P$  có ý nghĩa hết sức quan trọng: Với một giá trị công suất toàn phần  $S$  không đổi, khi trị số  $\varphi$  càng tăng, tức giá trị  $\cos \varphi$  càng nhỏ, công suất tiêu thụ  $P$  giảm xuống đồng thời công suất phản kháng  $Q$  tăng lên và ngược lại, khi  $\varphi$  giảm, tức  $\cos \varphi$  càng lớn thì  $P$  tăng,  $Q$  giảm. Lượng công suất phản kháng  $Q$  truyền tải trên lưới từ nguồn điện đến các hộ tiêu thụ càng lớn thì tổn thất trên lưới càng cao.

Vì vậy giá trị  $\cos \varphi$  được xem như là một hệ số mang tính định tính dùng để đánh giá tổn thất công suất trên lưới điện truyền tải và được gọi là **hệ số công suất** của lưới điện.

#### b) Hệ số công suất tức thời

Là hệ số công suất tại một thời điểm nhất định, đo được nhờ dụng cụ đo hệ số công suất hoặc dụng cụ đo công suất, điện áp và dòng điện. Hệ số công suất được tính:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} \quad (8.1)$$

Vì phụ tải luôn biến động nên  $\cos \varphi$  tức thời cũng luôn luôn biến đổi theo thời gian, do đó  $\cos \varphi$  tức thời không có giá trị trong tính toán.

#### c) Hệ số công suất trung bình

Là công suất trung bình là hệ số công suất trong một quãng thời gian nào đó (1 ca sản xuất, 1 ngày đêm). Hệ số công suất trung bình được tính như sau:

$$\cos \varphi_{tb} = \cos \left( \arctg \frac{Q_{tb}}{P_{tb}} \right) \quad (8.2)$$

Hệ số công suất trung bình được sử dụng để đánh giá mức độ sử dụng điện năng hợp lý và tiết kiệm của một xí nghiệp.

#### **d) Hệ số công suất tự nhiên**

Là hệ số công suất trung bình tính cho cả năm khi không có thiết bị bù. Hệ số công suất tự nhiên được sử dụng để tính toán nâng cao hệ số công suất và bù công suất phản kháng.

### **1.2. Ý nghĩa của việc nâng cao hệ số công suất**

Nâng cao hệ số công suất là một trong những biện pháp quan trọng nhằm tiết kiệm điện năng. Hầu hết các thiết bị điện khi tiêu thụ công suất tác dụng đều kèm theo việc tiêu thụ một lượng đáng kể công suất phản kháng từ lưới, điều này dẫn tới việc trên đường dây lúc nào cũng phải truyền tải một lượng công suất phản kháng lớn, gây ra tổn thất điện năng trên toàn mạng điện.

- Động cơ không đồng bộ tiêu thụ khoảng  $60 \div 65\%$  tổng công suất phản kháng mạng điện.
- Máy biến áp tiêu thụ khoảng  $20 \div 25\%$ .
- Đường dây trên không, điện kháng, các thiết bị khác tiêu thụ khoảng  $10\%$ .

Như vậy động cơ điện và máy biến áp là hai thiết bị điện tiêu thụ công suất phản kháng của mạng điện nhiều nhất.

Công suất tác dụng là công suất được biến thành cơ năng hoặc nhiệt năng trong các máy dùng điện. Công suất phản kháng là công suất từ hóa trong các máy điện xoay chiều, công suất phản kháng không sinh ra công. Quá trình trao đổi công suất phản kháng và hộ dùng điện là một quá trình dao động, mỗi chu kỳ của dòng điện  $Q$  đổi chiều bốn lần, giá trị trung bình của  $Q$  trong  $1/2$  chu kỳ của dòng điện bằng không. Cho nên việc tạo công suất phản kháng không đòi hỏi tiêu tốn năng lượng của động cơ sơ cấp quay máy phát điện. Ngoài ra công suất phản kháng cung cấp cho hộ dùng điện không nhất thiết phải lấy từ nguồn (máy phát điện). Để tránh tình trạng phải truyền tải một lượng công suất phản kháng  $Q$  lớn trên đường dây, đặt gần các hộ tiêu thụ điện các máy phát công suất phản kháng (tụ điện, máy bù đồng bộ) để cung cấp trực tiếp cho phụ tải, công việc đó gọi là bù công suất phản kháng. Khi thực hiện bù công suất phản kháng thì góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trong mạng sẽ giảm nhỏ, cho nên hệ số công suất trong mạng được nâng cao. Mối quan hệ giữa  $P$ ,  $Q$  và góc  $\varphi$  có quan hệ như  $\varphi = \arctg(Q/P)$  Khi lượng công suất  $P$  không thay đổi nhờ có bù công suất phản kháng, lượng  $Q$  truyền tải trên đường dây giảm xuống, góc  $\varphi$  giảm, kết quả là hệ số công suất tăng cao. Khi hệ số công suất  $\cos\varphi$  được nâng lên sẽ dẫn đến các hiệu quả tích cực trên lưới điện như sau:

#### **\* Giảm tổn thất công suất truyền tải trên mạng**

Tổn thất công suất trên mạng được tính bởi:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)} \quad (8.3)$$

Khi giảm  $Q$  truyền tải trên đường dây thì giảm được tổn thất công suất  $\Delta P_{(Q)}$  do  $Q$  gây ra.

#### **\* Giảm tổn thất điện áp trên toàn mạng**

Tổn thất điện áp được tính bởi:

$$\Delta U = \frac{PR + QR}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QR}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)} \quad (8.4)$$

Khi giảm lượng Q truyền tải trên đường dây thì giảm được thành phần  $\Delta U_{(Q)}$  do Q gây ra.

**\* Tăng khả năng truyền tải điện năng của đường dây và máy biến áp**

Khả năng truyền tải điện năng của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng. Dòng điện chạy trên dây dẫn và máy biến áp được tính như sau:

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U} \quad (8.5)$$

Qua biểu thức trên cho thấy ở cùng một tình trạng phát nóng nhất định của đường và máy biến áp ( $I = \text{const}$ ) có thể tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng P bằng cách giảm công suất phản kháng Q tải trên đường dây. Do đó nếu hệ số công suất phản kháng của mạng điện được nâng cao (tức giảm lượng Q truyền đi trên đường dây) thì khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp được tăng lên.

Ngoài ra việc nâng cao hệ số công suất  $\cos\varphi$  còn có hiệu quả giảm được chi phí kim loại màu, ổn định điện áp, tăng khả năng phát điện của máy phát điện.

Vì những lý do trên mà việc nâng cao hệ số công suất  $\cos\varphi$  cũng như việc bù công suất phản kháng là những vấn đề rất quan trọng cần phải được quan tâm trong quá trình thiết kế lưới điện cũng như trong công tác vận hành hệ thống cung cấp điện.

## 2 CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

### 2.1. Cơ sở chọn lựa và thực hiện các biện pháp nâng cao hệ số công suất

Các biện pháp nâng cao hệ số công suất được chia làm hai nhóm chính: nhóm các biện pháp nâng cao hệ số công suất tự nhiên (không sử dụng thiết bị bù) và nhóm các biện pháp nâng cao hệ số công suất bằng cách bù công suất phản kháng.

1. *Nâng cao công suất tự nhiên* là tìm các biện pháp để các hộ dùng điện giảm bớt được lượng công suất phản kháng tiêu thụ như áp dụng các biện pháp nâng cao các quá trình công nghệ tiên tiến, sử dụng hợp lý các thiết bị điện. Việc nâng cao hệ số công suất tự nhiên rất có lợi vì đem lại hiệu quả kinh tế mà không cần phải đặt thêm thiết bị bù. Do đó khi xét đến vấn đề nâng cao hệ số công suất thì bao giờ cũng phải xét đến biện pháp nâng cao hệ số công suất tự nhiên trước rồi mới xét đến biện pháp bù công suất tự nhiên.
2. *Nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp bù công suất* được thực hiện bằng cách đặt các thiết bị bù (tụ điện, máy bù) gần các hộ dùng điện để cung cấp công suất phản kháng trực tiếp cho các hộ dùng điện nhằm giảm lượng công suất phản kháng truyền tải trên đường dây, do đó nâng cao được hệ số công suất của mạng điện. Việc bù không giảm được lượng công suất phản kháng tiêu thụ tại các hộ dùng điện mà chỉ giảm được lượng công suất truyền tải trên đường dây. Vì thế chỉ sau khi thực hiện các biện pháp nâng cao hệ số công suất tự nhiên mà vẫn không đạt yêu cầu thì mới xét đến phương pháp gắn các thiết bị bù. Hệ số công suất tự nhiên của xí nghiệp thường

vào khoảng  $0,7 \div 0,8$  do đó các xí nghiệp phải đặt thêm các thiết bị bù. Bù công suất phản kháng đem lại hiệu quả kinh tế nhưng phải tốn kém chi phí đầu tư thiết bị bù và chi phí vận hành. Vì vậy quyết định phương án bù phải dựa trên cơ sở tính toán kinh tế-kỹ thuật.

## 2.2. Các biện pháp nâng cao hệ số công suất tự nhiên

### a) Thay đổi và cải tiến quy trình công nghệ để các thiết bị làm việc ở chế độ hợp lý

Căn cứ vào điều kiện cụ thể cần sắp xếp quy trình công nghệ một cách hợp lý. Giảm bớt những động tác, những nguyên công thừa cũng như áp dụng những phương pháp sản xuất, gia công tiên tiến đều có thể đưa đến hiệu quả thiết thực trong việc tiết kiệm năng lượng điện, giảm bớt điện năng tiêu thụ cho một đơn vị sản phẩm được sản xuất ra.

Trong xí nghiệp, các thiết bị công suất lớn thường tiêu thụ nhiều điện năng, vì thế cần nghiên cứu để các thiết bị đó vận hành ở chế độ kinh tế và tiết kiệm điện năng nhất.

### b) Thay thế động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn

Khi làm việc động cơ không đồng bộ tiêu thụ lượng công suất phản kháng được xác định như sau:

$$Q = Q_0 + (Q_{dm} - Q_0) k_{pt}^2 \quad (8.6)$$

Trong đó:

$Q_0$  : Công suất phản kháng lúc động cơ làm việc không tải.

$Q_{dm}$  : Công suất phản kháng lúc động cơ làm việc định mức.

$k_{pt}$  : Hệ số phụ tải.

Công suất phản kháng không tải  $Q_0$  thường chiếm khoảng 60–70% công suất phản kháng định mức của động cơ.

Hệ số công suất của động cơ:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Q_0 + (Q_{dm} - Q_0) k_{pt}^2}{P_{dm} k_{pt}}}} \quad (8.7)$$

Qua các công thức trên, nếu động cơ làm việc non tải ( $k_{pt}$  bé) thì có giá trị  $\cos \varphi$  thấp.

Do đó khi thay thế động cơ làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn thì hệ số phụ tải tăng do đó nâng cao được hệ số công suất của động cơ.

Điều kiện kinh tế cho phép thay thế động cơ là khi thay thế phải giảm được tổn thất công suất tác dụng của mạng điện như vậy thay thế mới có lợi. Các tính toán cho thấy:

- Nếu  $k_{pt} < 0,45$  : việc thay thế bao giờ cũng có lợi.
- Nếu  $0,45 < k_{pt} < 0,7$  : phải tiến hành so sánh kinh tế-kỹ thuật thì mới xác định được việc thay thế là có lợi hay không.

Điều kiện kỹ thuật thay thế động cơ, việc thay thế phải đảm bảo nhiệt độ làm việc của động cơ phải nhỏ hơn nhiệt độ cho phép, đảm bảo điều kiện mở máy và các điều kiện làm việc ổn định của động cơ.

### c) Giảm điện áp cung cấp đối với những động cơ thường xuyên làm việc non tải

Biện pháp này chỉ sử dụng khi điều kiện thay thế động cơ thường xuyên làm việc non tải bằng động cơ có công suất nhỏ hơn không thực hiện được. Công suất phản kháng động cơ không đồng bộ tiêu thụ được tính như sau:

$$Q = k \frac{U^2}{\mu} fV \quad (8.8)$$

Trong đó:

k : Hằng số.

U : Điện áp trên cực động cơ.

$\mu$  : Hệ số dẫn từ.

f : Tần số nguồn điện.

V : Thể tích mạch từ.

Qua công thức trên nhận thấy công suất phản kháng tỷ lệ với bình phương điện áp, vì vậy nếu giảm điện áp thì sẽ làm giảm đáng kể công suất phản kháng, do đó hệ số công suất của động cơ được nâng lên.

Trong thực tế thường sử dụng các biện pháp sau để giảm điện áp cung cấp cho các động cơ không đồng bộ làm việc không tải.

- Đổi nối cách đấu dây quấn của động cơ từ đấu tam giác ( $\Delta$ ) sang đấu sao (Y).
- Thay đổi cách đấu các phân nhóm của dây quấn đấu sao (Y).
- Thay đổi đầu phân áp của máy biến áp hạ áp của mạng điện phân xưởng.

Khi đổi nối dây quấn động cơ từ đầu tam giác ( $\Delta$ ) sang đấu sao (Y) thì điện áp đặt vào động cơ sẽ giảm  $\sqrt{3}$  lần, do đó hệ số công suất và hiệu suất của động cơ được nâng lên. Nhưng moment cực đại của động cơ giảm đi 3 lần do đó cần phải kiểm tra lại khả năng mở máy và làm việc ổn định của động cơ. Biện pháp này thường sử dụng cho động cơ có điện áp nhỏ hơn 1000V và hệ số phụ tải trong khoảng 0,35–0,4.

Biện pháp thay đổi các phân nhóm của dây quấn stator thường dùng đối với động cơ có công suất lớn có nhiều mạch nhánh song song trong một pha dây quấn.

Biện pháp ít dùng hơn là thay đổi đầu phân áp máy biến áp phân xưởng để giảm điện áp mạng điện phân xưởng chỉ thực hiện được khi tất cả các động cơ trong phân xưởng đều làm việc non tải và trong phân xưởng không có thiết bị yêu cầu cao về mức điện áp.

#### ***d) Hạn chế vận hành động cơ làm việc ở trạng thái không tải***

Các máy công cụ trong quá trình gia công nhiều lúc phải làm việc ở trạng thái không tải, thời gian làm việc không tải đôi khi chiếm khoảng từ 35–65% thời gian làm việc. Động cơ không đồng bộ làm việc không tải thì hệ số công suất rất thấp. Do đó việc hạn chế vận hành động cơ làm việc không tải là một trong những biện pháp hữu hiệu để nâng cao hệ số công suất của động cơ.

Biện pháp hạn chế động cơ không đồng bộ làm việc không tải được thực hiện theo hai hướng.

- Hướng thứ nhất là đề ra các thao tác làm việc hợp lý hạn chế đến mức thấp nhất việc để động cơ làm việc không tải.

- Hưởng thứ hai là đặt bộ hạn chế việc làm việc không tải trong sơ đồ khống chế động cơ. Nếu động cơ làm việc không tải trong quá thời gian chỉnh định nào đó thì động cơ được cắt ra khỏi lưới điện.

#### ***e) Dùng động cơ đồng bộ thay động cơ không đồng bộ***

Trong những nhà máy sản xuất có công suất lớn và không yêu cầu điều chỉnh tốc độ như máy bơm, quạt gió, máy nén khí thì nên dùng động cơ đồng bộ. Vì động cơ đồng bộ có những ưu điểm so với động cơ không đồng bộ như:

- Hệ số công suất cao, khi cần có thể cho làm việc ở chế độ quá kích từ để thành máy bù đồng bộ cung cấp công suất phản kháng trở lại cho mạng điện.
- Moment quay tỷ lệ bậc nhất với điện áp mạng điện, do đó ít phụ thuộc vào dao động điện áp mạng điện. Khi tần số nguồn thay đổi tốc độ quay của động cơ không phụ thuộc vào phụ tải, cho nên năng suất làm việc của động cơ cao.

Nhược điểm của động cơ không đồng bộ là cấu tạo phức tạp, giá thành cao. Chính vì vậy động cơ đồng bộ chiếm tỷ lệ rất ít trong công nghiệp.

#### ***f) Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ***

Do chất lượng sửa chữa động cơ không tốt nên sau khi sửa chữa các tính năng của động cơ thường kém hơn trước như tổn thất trong động cơ tăng lên, hệ số công suất giảm. Vì thế cần chú trọng đến khâu nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ nhằm cải thiện hệ số cosφ của mạng điện xí nghiệp.

#### ***g) Thay thế máy biến áp làm việc non tải bằng máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn***

Máy biến áp là một trong những máy điện tiêu thụ nhiều công suất phản kháng. Vì vậy nếu máy biến áp có dung lượng lớn mà hệ số phụ tải của máy biến áp nhỏ hơn 0,3 thì nên thay thế bằng máy biến áp có dung lượng nhỏ hơn. Về mặt vận hành biện pháp này cũng có tác dụng nâng cao hệ số công suất tự nhiên của mạng điện xí nghiệp.

### **2.3. Biện pháp nâng cao hệ số công suất bằng phương pháp bù công suất kháng**

#### ***a) Đường lượng công suất phản kháng***

Bù công suất phản kháng sẽ mang lại hiệu quả là nâng cao hệ số công suất cosφ và giảm được tổn thất công suất của mạng điện. Một chỉ tiêu được đưa ra để đánh giá hiệu quả của việc giảm tổn thất công suất tác dụng là đường lượng kinh tế của công suất phản kháng ( $k_{kt}$ )

Đường lượng kinh tế của công suất phản kháng là lượng công suất tác dụng tiết kiệm được khi bù một KVAR công suất phản kháng.

Nếu biết được đường lượng kinh tế của công suất phản kháng và dung lượng công suất phản kháng bù thì sẽ tính được lượng công suất tác dụng tiết kiệm được.

$$P_{tk} = k_{kt} Q_b \quad (8.9)$$

Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến đường lượng kinh tế của công suất phản kháng.

Công suất tác dụng tổn thất trên đường dây được tính theo công thức:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R \quad (8.10)$$

Sau khi thực hiện bù thì tổn thất công suất tác dụng trên đường dây giảm lượng  $\frac{P^2}{U^2} R$ . Nhưng lượng này giảm không đáng kể nên có thể bỏ qua. Mà chỉ quan tâm đến thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng  $\frac{Q^2}{U^2} R$  gây ra.

Trước khi bù thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra là:

$$\Delta P_1 = \frac{Q^2}{U^2} R \quad (8.11)$$

Sau khi bù một lượng  $Q_b$  (hình 8.1), thì thành phần tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra:

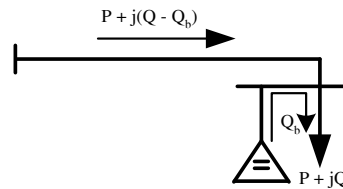
$$\Delta P_2 = \frac{(Q - Q_b)^2}{U^2} R \quad (8.12)$$

Lượng công suất tác dụng tiết kiệm được:

$$\Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{Q^2}{U^2} R - \frac{(Q - Q_b)^2}{U^2} R \quad (8.13)$$

Theo định nghĩa:

$$k_{kt} = \frac{\Delta P}{Q_{bù}} = \frac{QR}{U^2} \left(2 - \frac{Q_b}{Q}\right), \text{ KW/KVAR} \quad (8.14)$$



Hình 8.2. Bù công suất phản kháng tại cuối đường dây

Từ công thức (8.14), có thể nhận xét như sau:

Nếu dung lượng bù  $Q_b$  nhỏ hơn nhiều so với công suất phản kháng truyền tải trên đường dây (trong thực tế), khi đó xem  $\frac{Q_b}{Q} = 0$  và đương lượng kinh tế được tính như sau:

$$k_{kt} = 2 \frac{QR}{U^2} \quad (8.15)$$

Nếu  $Q$  và  $R$  càng lớn thì  $k_{kt}$  càng lớn, nghĩa là nếu phụ tải phản kháng càng lớn và xa nguồn thì bù công suất phản kháng có hiệu quả kinh tế.

Giá trị của  $k_{kt}$  thường có giá trị  $0,002 \div 0,12$  KW/KVAR. Trong tính toán có thể lấy giá trị đương lượng kinh tế  $k_{kt}$  như sau:

- Hộ dùng điện do máy phát điện cung cấp:  $k_{kt} = 0,02 \div 0,04$
- Hộ dùng điện qua một lần máy biến áp:  $k_{kt} = 0,04 \div 0,06$
- Hộ dùng điện qua hai lần máy biến áp:  $k_{kt} = 0,05 \div 0,07$
- Hộ dùng điện qua ba lần máy biến áp:  $k_{kt} = 0,08 \div 0,12$

#### b) Xác định dung lượng bù

Dung lượng bù được xác định như sau:

$$Q_b = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)\alpha, \text{ KVAR} \quad (8.16)$$

Trong đó:

$P$  : Phụ tải tính toán của hộ tiêu thụ điện, KW

$\varphi_1$  : Góc ứng với hệ số công suất trung bình trước khi bù

$\varphi_2$  : Góc ứng với hệ số công suất trung bình mong muốn đạt sau khi bù

$\alpha = 0,9 \div 1$  : Hệ số xét đến khả năng nâng cao  $\cos\varphi$  bằng những phương pháp không đòi hỏi phải lắp đặt thiết bị.

Hệ số công suất mong muốn đạt được thường chọn bằng hệ số công suất do cơ quan quản lý hệ thống điện quy định cho từng loại hộ tiêu thụ. Thông thường  $\cos\varphi_2 = 0,8 \div 0,95$ .

Về mặt tổn thất của hộ dùng điện, dung lượng công suất phản kháng bù được xác định theo quan điểm tối ưu.

Lượng công suất tác dụng tiết kiệm được sau khi bù:

$$\Delta P_{tk} = k_{kt}Q_b - k_bQ_b = Q_b(k_{kt} - k_b) \quad (8.17)$$

Trong đó:

$k_{kt}$  : Đường lượng kinh tế công suất phản kháng, KW/KVAR

$k_b$  : Suất tổn thất công suất trong thiết bị bù, KW/KVAR

Do đó  $\Delta P_{tk} = f(Q_b)$ , dung lượng công suất phản kháng cần bù tối ưu để  $\Delta P_{tk}$  đạt cực đại là:

$$Q_{btu} = Q - \frac{U^2}{2R}k_b \quad (8.18)$$

mà  $k_{kt} = 2 \frac{QR}{U^2}$  nên công thức (8.19) được viết lại như sau:

$$Q_{btu} = Q(1 - \frac{k_b}{k_{kt}}) \quad (8.19)$$

$Q_{btu}$  không nhất thiết phải trùng với  $Q_b$  được tính theo công thức trên, đứng về mặt tiêu thụ thì bù một lượng đúng bằng  $Q_{btu}$  là kinh tế nhất. Do lợi ích chung của hệ thống điện, thường nhà nước quy định hệ số công suất tiêu chuẩn mà các hộ tiêu thụ phải đạt được. Vì vậy trong tính toán dung lượng bù thường tính toán theo công thức trên.

### c) Chọn thiết bị bù

Thiết bị bù phải được chọn trên cơ sở tính toán so sánh kinh tế-kỹ thuật. Bảng 8.1 trình bày các loại thiết bị bù và suất tổn thất công suất tác dụng của từng loại.

Bảng 8.1 Các loại thiết bị bù

| Loại thiết bị bù                     | $k_b$ , KW/KVAR |
|--------------------------------------|-----------------|
| Tụ điện                              | 0,003 – 0,005   |
| Máy bù đồng bộ $S = 5000 - 3000$ KVA | 0,002 – 0,027   |
| Máy bù đồng bộ $S < 5000$ KVA        | 0,03 – 0,05     |
| Động cơ dây quấn được đồng bộ hóa    | 0,02 – 0,08     |
| Máy phát đồng bộ dùng làm máy bù     | 0,1 – 0,15      |

Tụ điện là loại thiết bị điện tĩnh, làm việc với dòng điện vượt trước điện áp, cho nên có thể sinh ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng điện. Tụ điện có nhiều ưu điểm như suất tổn thất công suất tác dụng bé, không có phần quay nên lắp ráp dễ dàng. Tụ điện được chế thành từng đơn vị nhỏ, vì thế tùy theo sự phát triển của phụ tải điện trong quá trình sản xuất mà ghép dần tụ điện vào mạng, làm cho hiệu suất sử dụng cao mà không phải bỏ nhiều vốn đầu tư ngay một lúc.

Nhược điểm của tụ điện là sự nhạy cảm với sự biến động của điện áp đặt lên cực của tụ điện (công suất phản kháng của tụ điện tăng tỷ lệ với bình phương của điện áp). Tụ điện có cấu tạo không chắc chắn, dễ bị hỏng khi xảy ra sự cố ngắn mạch, khi điện áp tăng đến  $110\% U_{dm}$  thì tụ dễ bị chục thủng. Khi đóng tụ điện vào mạng sẽ có dòng điện xung, khi cắt tụ ra khỏi mạng trên cực tụ điện vẫn còn điện áp có thể gây nguy hiểm cho nhân viên vận hành.

Tụ điện được sử dụng phổ biến nhất là trong các xí nghiệp công nghiệp có công suất trung bình và nhỏ đòi hỏi dung lượng bù không lớn. Thông thường nếu dung lượng bù nhỏ hơn 5000 KVAR thì dùng tụ điện để bù, nếu lớn hơn thì cần phải so sánh giữa tụ điện và máy bù đồng bộ.

Máy bù đồng bộ là loại động cơ làm việc ở chế độ không tải, do làm việc không tải nên trục máy bù đồng bộ được chế tạo gọn nhẹ và rẻ hơn so với động cơ đồng bộ có cùng công suất. Ở chế độ quá kích thích máy bù phát ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng điện, ở chế độ thiếu kích thích máy bù đồng bộ tiêu thụ công suất phản kháng của lưới điện. Ngoài việc bù công suất phản kháng cho mạng điện, máy bù còn là một thiết bị điều chỉnh điện áp, thường được đặt ở những nơi cần điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện.

Nhược điểm của máy bù đồng bộ là có phần quay nên khó lắp ráp, bảo quản và vận hành khó khăn. Để kinh tế máy bù thường được chế tạo với công suất lớn, do đó máy bù thường đặt ở những nơi cần bù tập trung với dung lượng lớn.

Động cơ không đồng bộ rotor dây quấn được đồng bộ hóa. Khi cho dòng điện một chiều vào rotor của động cơ không đồng bộ rotor dây quấn, động cơ sẽ làm việc như một động cơ đồng bộ với dòng điện vượt trước điện áp. Do đó có khả năng sinh ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng điện. Nhược điểm là tổn thất công suất khá lớn xem bảng trên, khả năng quá tải kém, vì vậy động cơ chỉ được phép làm việc với 75% công suất định mức. Động cơ không đồng bộ rotor dây quấn được đồng bộ hóa là một thiết bị bù kém, chỉ được sử dụng khi không có sẵn các thiết bị bù khác.

Ngoài các thiết bị bù kể trên, có thể sử dụng động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ quá kích thích hoặc dùng máy phát điện làm việc ở chế độ bù. Các xí nghiệp có nhiều tổ máy diesel – máy phát làm nguồn dự phòng, khi chưa dùng đến có thể lấy làm máy bù đồng bộ. Trong kinh nghiệm thực tế, việc chuyển máy phát thành máy bù đồng bộ không khó khăn lắm, biện pháp này được nhiều xí nghiệp dùng.

### **3 PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ TRONG MẠNG ĐIỆN**

#### **3.1. Vị trí đặt thiết bị bù**

Sau khi tính dung lượng và chọn thiết bị bù, vấn đề quan trọng là bố trí thiết bị bù vào mạng sao cho kinh tế nhất. Thiết bị bù có thể đặt phía cao áp hoặc phía hạ áp, nguyên tắc bố trí thiết bị bù sao cho đạt được chi phí tính toán nhỏ nhất.

Máy bù đồng bộ vì có công suất lớn nên thường được đặt tập trung tại những điểm quan trọng của hệ thống điện. Trong xí nghiệp lớn, máy bù nếu sử dụng thì được đặt phía cao áp của trạm biến áp trung gian. Tụ điện có thể đặt phía cao áp hoặc ở mạng hạ áp.

Tụ điện điện áp cao được đặt tập trung tại thanh cái của trạm biến áp trung gian hoặc trạm phân phối. Do đặt tập trung nên việc theo dõi vận hành các tụ điện dễ dàng và có thể thực hiện khả năng tự động hóa điều khiển dung lượng bù. Bù tập trung ở mạng điện áp cao có ưu điểm là tận dụng hết khả năng của tụ điện. Nhược điểm của phương pháp này là không bù được công suất phản kháng ở mạng điện áp thấp, cho nên không có tác dụng giảm tổn thất điện áp và công suất ở mạng điện áp thấp.

Tụ điện điện áp thấp được bố trí theo ba cách: đặt tập trung ở thanh cái phía hạ áp của trạm biến áp phân xưởng, đặt thành nhóm ở tủ phân phối động lực và đặt phân tán ở từng thiết bị dùng điện.

Xét về mặt tổn thất điện năng thì tụ điện được đặt phân tán ở từng thiết bị là có lợi nhất. Nhưng cách đặt này khi thiết bị điện không làm việc thì tụ điện cũng không làm việc, do đó hiệu suất sử dụng không cao. Phương án này chỉ dùng để bù cho những động cơ không đồng bộ có công suất lớn.

Phương án đặt tụ điện thành từng nhóm ở tủ phân phối động lực hoặc trên đường dây chính trong phân xưởng thường được sử dụng vì hiệu suất cao, giảm được tổn thất trong cả mạng cao áp và hạ áp. Do các tụ điện được đặt thành từng nhóm nhỏ (khoảng 30 – 100 KVAR) nên không chiếm diện tích lớn có thể đặt trong những tủ phân phối động lực hoặc trên xà nhà các phân xưởng. Nhược điểm là các nhóm tụ điện nằm phân tán nên việc theo dõi trong khi vận hành không thuận tiện và khó khăn trong việc thực hiện tự động hóa việc điều khiển dung lượng bù.

Phương pháp đặt tụ điện tập trung tại thanh cái của trạm biến áp phân xưởng thường dùng trong trường hợp dung lượng bù lớn hoặc khi có yêu cầu điều chỉnh dung lượng bù nhằm ổn định điện áp của mạng điện. Nhược điểm của phương án này là không giảm được tổn thất trong mạng điện phân xưởng. Trong thực tế tùy tình hình mà có thể phối hợp cả ba phương án.

### 3.2. Phân bố dung lượng bù trong mạng hình tia

Bài toán đặt ra là trong một mạng điện hình tia có  $n$  nhánh (hình 8.2), tổng dung lượng bù là  $Q_b$ , hãy phân bố dung lượng bù trên các nhánh sao cho tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây nên là nhỏ nhất.

Giả sử dung lượng bù được phân phối trên các nhánh là  $Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}$ . Phụ tải phản kháng và điện trở của các nhánh là  $Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}$  và  $r_1, r_2, \dots, r_n$ .

Tổn thất công suất tác dụng do công suất phản kháng gây ra được xác định như:

$$\Delta P = \frac{(Q_1 - Q_{b1})^2}{U^2} r_1 + \frac{(Q_2 - Q_{b2})^2}{U^2} r_2 + \dots + \frac{(Q_n - Q_{bn})^2}{U^2} r_n \quad (8.20)$$

$$\Delta P = f(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn})$$

Với điều kiện về cân bằng công suất là:

$$f(Q_{b1}, Q_{b2}, \dots, Q_{bn}) = Q_{b1} + Q_{b2} + \dots + Q_{bn} - Q_b \quad (8.21)$$

Dung lượng công suất phản kháng bù đặt tại các phụ tải của mạng điện hình tia được xác định như sau:

$$\left. \begin{aligned} Q_{b1} &= Q_1 - \frac{(Q - Q_b)}{r_1} R_{td} \\ Q_{b2} &= Q_2 - \frac{(Q - Q_b)}{r_2} R_{td} \\ &\dots\dots\dots \\ Q_{bn} &= Q_n - \frac{(Q - Q_b)}{r_n} R_{td} \end{aligned} \right\} \quad (8.22)$$

Trong đó:

$Q$  : tổng công suất phản kháng của mạng điện, KVAR

$Q_b$  : tổng công suất bù của mạng điện, KVAR

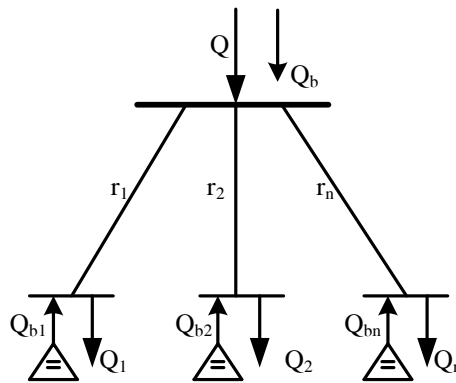
$Q_{bi}$  : công suất bù của phụ tải thứ  $i$ , KVAR

$r_i$  : điện trở của nhánh thứ  $i$ ,  $\Omega$

$R_{td}$  : điện trở tương đương của những nhánh có đặt thiết bị bù,  $\Omega$

Điện trở tương đương của mạng điện được tính như sau:

$$R_{td} = \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_i} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)^{-1} \quad (8.23)$$



Hình 8.3 Phân bố công suất bù trong mạng điện hình tia

Để thuận tiện trong vận hành và giảm bớt các thiết bị đóng cắt, đo lường cho nhóm tụ bù, quy định nếu dung lượng bù tối ưu của một nhánh nào đó nhỏ hơn 30KVAR thì không nên đặt tụ bù ở nhánh đó mà nên phân phối dung lượng tụ bù đó sang các nhánh lân cận.

**Ví dụ 1:** Một mạng điện hình tia có bốn nhánh, điện áp 6KV. Điện trở và phụ tải phản kháng của từng nhánh cho như sau:

$$r_1 = 0,1 \, \Omega \quad Q_1 = 400 \, \text{KVAR}$$

$$r_2 = 0,05 \, \Omega \quad Q_2 = 600 \, \text{KVAR}$$

$$r_3 = 0,03 \, \Omega \quad Q_3 = 500 \, \text{KVAR}$$

$$r_4 = 0,2 \, \Omega \quad Q_4 = 200 \, \text{KVAR}$$

Dung lượng bù của toàn mạng là  $Q_b = 1200 \, \text{KVAR}$ . Hãy tính dung lượng bù của từng nhánh.

### Giải

Tổng công suất phản kháng của mạng điện:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 400 + 600 + 500 + 200 = 1700 \, \text{KVAR}$$

Điện trở tương đương của mạng điện:

$$R_{td} = \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,05} + \frac{1}{0,06} + \frac{1}{0,2} \right)^{-1} = 0,0194 \, \Omega$$

Công suất bù tối ưu của từng nhánh:

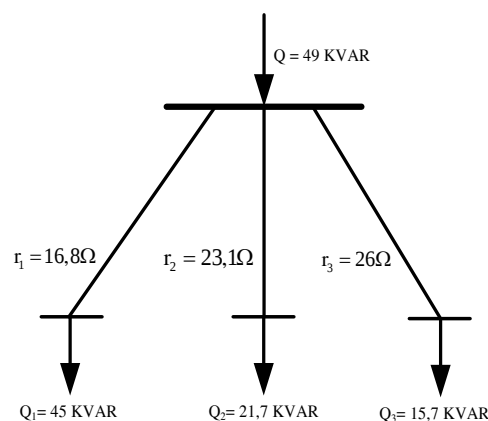
$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q - Q_b)}{r_1} R_{td} = 400 - \frac{(1700 - 1200)}{0,1} 0,0194 = 303 \, \text{KVAR}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q - Q_b)}{r_2} R_{td} = 600 - \frac{(1700 - 1200)}{0,05} 0,0194 = 406 \, \text{KVAR}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - \frac{(Q - Q_b)}{r_3} R_{td} = 500 - \frac{(1700 - 1200)}{0,06} 0,0194 = 338 \, \text{KVAR}$$

$$Q_{b4} = Q_4 - \frac{(Q - Q_b)}{r_4} R_{td} = 200 - \frac{(1700 - 1200)}{0,2} 0,0194 = 153 \, \text{KVAR}$$

**Ví dụ 2:** Xác định công suất bù tối ưu tại các phụ tải của mạng điện. Các thông số của mạng điện được cho trên hình vẽ. Biết công suất phản kháng do mạng điện có thể cung cấp cho các phụ tải trong chế độ làm việc đầy tải là 49 KVAR.



### Giải

Điện trở tương đương của mạng điện:

$$R_{td} = \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{16,8} + \frac{1}{23,1} + \frac{1}{26} \right)^{-1} = 7,14 \, \Omega$$

Tổng công suất phản kháng của mạng điện:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 45 + 21,7 + 15,7 = 82,4 \, \text{KVAR}$$

Tổng dung lượng bù của mạng điện:

$$Q_b = (Q_1 + Q_2 + Q_3) - Q$$

$$Q_b = (45 + 21,7 + 15,7) - 49 = 33 \text{ KVAR}$$

Công suất bù tối ưu của từng nhánh:

$$Q_{b1} = Q_1 - \frac{(Q - Q_b)}{r_1} R_{td} = 45 - \frac{(82,4 - 33)}{16,8} 7,14 = 24 \text{ KVAR}$$

$$Q_{b2} = Q_2 - \frac{(Q - Q_b)}{r_2} R_{td} = 21,7 - \frac{(82,4 - 33)}{23,1} 7,14 = 7 \text{ KVAR}$$

$$Q_{b3} = Q_3 - \frac{(Q - Q_b)}{r_3} R_{td} = 15,7 - \frac{(82,4 - 33)}{26} 7,14 = 2 \text{ KVAR}$$

### 3 Phân bố dung lượng bù phía sơ cấp và thứ cấp máy biến áp phân xưởng

Vấn đề đặt ra là khi biết dung lượng bù trên một nhánh nào đó, xác định việc phân bố dung lượng bù về phía sơ cấp hay thứ cấp của máy biến áp phân xưởng sao cho đạt hiệu quả lớn nhất. Giá thành 1KVAR tụ điện có điện áp cao rẻ hơn nhiều lần so với giá thành 1KVAR tụ điện có điện áp thấp, nhưng việc đặt tụ điện phía điện áp thấp lại giảm được tổn thất công suất nhiều hơn so với việc đặt tụ điện tại điện áp cao. Vì vậy, bài toán xác định dung lượng bù tối ưu được ưu tiên tính toán từ phía điện áp thấp.

Gọi  $Q_{bt}$  là dung lượng bù phía điện áp thấp. Vốn đầu tư chênh lệch khi đặt bù phía điện áp thấp so với việc đặt một dung lượng bù như vậy phía điện áp cao.

$$\Delta v = (a_t - a_c) Q_{bt} \quad (8.24)$$

Trong đó:

$a_t$  : Giá thành 1KVAR tụ điện có điện áp thấp

$a_c$  : giá thành 1KVAR tụ điện có điện áp cao

Số tiền tiết kiệm mỗi năm khi đặt tụ điện phía điện áp thấp:

$$v = \frac{[Q^2 - (Q - Q_b)^2 (R_B + R_{td}) k \beta t]}{U^2 10^3}, \frac{\text{đồng}}{\text{năm}} \quad (8.25)$$

Trong đó:

$Q$  : Phụ tải phản kháng của máy biến áp phân xưởng, bao gồm cả tổn thất công suất phản kháng trong máy biến áp, KVAR.

$Q_{bt}$  : Dung lượng bù phía điện áp thấp, KVAR.

$R_B$  : Điện trở tương đương của máy biến áp được quy về phía điện áp thấp,  $\Omega$

$R_{td}$  : Điện trở tương đương của mạng điện áp thấp,  $\Omega$

$k$  : Hệ số xét đến số ca làm việc trong ngày

1 ca:  $k = 0,3$ ; 2 ca:  $k = 0,55$ ; 3 ca:  $k = 0,75$

$\beta$  : giá thành điện năng, đồng/KWh

$t$  : thời gian làm việc trong năm,  $t = 8760 \text{ h}$

$U$  : điện áp làm việc của mạng điện thấp, KV

Gọi  $n$  là thời gian thu hồi vốn đầu tư, đơn vị tính bằng năm. Sau thời gian  $n$  số tiền tiết kiệm được là  $nv$ . Số tiền này lớn hơn số vốn đầu tư chênh lệch một lượng bằng  $F$ .  $F$  là hiệu quả kinh tế của việc phân phối dung lượng bù  $Q_{bt}$  sang phía điện áp thấp của máy biến áp phân xưởng:

$$F = nv - \Delta v = \frac{[Q^2 - (Q - Q_{bt})^2(R_B + R_{td})k\beta t]}{U^2 \cdot 10^3} - (a_t - a_c)Q_{bt} = f(Q_{bt}) \quad (8.26)$$

Hiệu quả kinh tế của phương án bù phía điện áp thấp là một hàm của  $Q_{bt}$ . Đạo hàm hàm  $f(Q_{bt})$  tìm được giá trị  $Q_{bt}$  tối ưu để hàm  $F$  đạt cực đại.  $Q_{bt}$  được tính như sau:

$$Q_{btu} = Q - \frac{(a_t - a_c)U^2 10^3}{2nk\beta t(R_B + R_{td})}, \text{KVAR} \quad (8.27)$$

Nếu đặt :  $M = \frac{(a_t - a_c)U^2 10^3}{2nk\beta t}$

Công thức (8.27) được viết lại:

$$Q_{btu} = Q - \frac{M}{R_B + R_{td}}, \text{KVAR} \quad (8.28)$$

Vì chưa biết tụ điện đặt ở nhánh nào của mạng điện nên khi thiết kế không có số liệu để tính  $R_{td}$ . Một cách gần đúng có thể tính  $R_{td}$  thông qua điện trở của máy biến áp như sau :

$$R_{td} = \lambda R_B \quad (8.29)$$

Trong đó:

$\lambda$  : Hệ số có các giá trị sau:

Trạm biến áp trong nhà hoặc kề phân xưởng:

Mạng là dây dẫn hoặc cáp :  $\lambda = 0,4$

Mạng là thanh cái :  $\lambda = 0,6$

Trạm biến áp ngoài phân xưởng :  $\lambda = 0,8$

Dung lượng bù tối ưu của máy biến áp phân xưởng phía điện áp thấp được tính như sau:

$$Q_{btu} = Q - \frac{M}{R_B(1 + \lambda)}, \text{KVAR} \quad (8.30)$$

Dung lượng bù phía điện áp cao của máy biến áp phân xưởng được tính như sau:

$$Q_{bc} = Q_b - Q_{btu} \quad (8.31)$$

Điện trở  $R_B$  của máy biến áp được quy về phía điện áp thấp có thể lấy theo bảng 8.2.

Bảng 8.2 Điện trở của máy biến áp được quy về phía điện áp  $U = 380V$

| $S_B$ (KVA)        | 100   | 180   | 320    | 560    | 750    | 1000   | 1800    |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| $R_B$ ( $\Omega$ ) | 0,034 | 0,018 | 0,0088 | 0,0034 | 0,0031 | 0,0021 | 0,00106 |

## IV TÍNH TOÁN, LỰA CHỌN VÀ VẬN HÀNH TỤ BÙ CÔNG SUẤT

### 4.1. Chọn tụ điện

Tụ điện được chọn theo tiêu chuẩn điện áp định mức. Số lượng tụ điện phụ thuộc vào dung lượng bù. Dung lượng bù do tụ điện phát ra được tính theo công thức sau:

$$Q_{td} = 2\pi f U^2 C = 0,314 U^2 C, \text{ KVAR} \quad (8.32)$$

Trong đó:

U : Điện áp đặt lên hai cực của tụ điện, KV

C : Điện dung của tụ điện,  $\mu\text{F}$

Do công suất phản kháng của tụ điện sinh ra tỷ lệ bình phương với điện áp đặt lên hai cực của tụ, cho nên tụ điện cần phải làm đúng với điện áp định mức để tận dụng hết công suất của tụ.

Tụ điện điện áp thấp thường là tụ ba pha và được nối thành tam giác. Tụ điện áp cao thường là tụ một pha được đấu thành tam giác có cầu chì bảo vệ riêng cho từng pha.

## 4.2. Vận hành tụ điện

Tụ điện phải đặt ở nơi cao ráo, ít bụi, dễ cháy, nổ và không khí ăn mòn. Tụ điện điện áp cao phải đặt trong phòng riêng, có biện pháp phòng cháy nổ. Phòng phải có cửa ra vào thuận tiện để phòng khi tụ điện bị sự cố cháy nổ, công nhân vận hành có đường sơ tán khỏi nơi nguy hiểm. Phòng đặt tụ điện phải được thông gió tốt, nhiệt độ không khí trong phòng không được vượt quá  $35^{\circ}\text{C}$ . không sử dụng ánh sáng tự nhiên để chiếu sáng tránh tụ điện bị chiếu sáng trực tiếp, phải sử dụng đèn để chiếu sáng. Tụ điện điện áp thấp khi đặt tập trung được bố trí trong tủ. Khi áp dụng bù phân tán, tụ điện đặt trong các tủ bên cạnh tủ động lực hoặc đặt trên các xà nhà phân xưởng. Khả năng gây nổ của tụ điện điện áp thấp rất ít nên không cần đặt trong phòng riêng nhưng nơi đặt phải là nơi khô ráo, ít bụi và thoáng mát.

Nguyên nhân chủ yếu tụ điện bị hỏng là do quá điện áp quy định đặt trên các cực của tụ điện, làm cho cường độ điện trường tụ điện vượt quá giới hạn cho phép. Lúc đó trong tụ phát sinh hiện tượng ion hóa dầu cách điện dẫn đến sự cố ngắn mạch do cách điện bị chọc thủng. Khi tụ điện làm việc, do có tổn thất công suất tác dụng nên tụ điện nóng lên. Nếu nhiệt độ tụ điện vượt quá nhiệt độ cho phép, dầu bốc hơi làm tụ điện phồng lên làm hỏng giấy cách điện, gây ngắn mạch và có thể gây nổ tụ điện. Khi vận hành tụ điện phải đảm bảo hai điều kiện

- **Nhiệt độ:** nhiệt độ không khí xung quanh tụ điện không vượt quá  $35^{\circ}\text{C}$ .
- **Điện áp:** điện áp trên cực tụ điện không vượt quá 110% điện áp định mức. Khi điện áp mạng điện vượt quá giới hạn cho phép của tụ điện thì phải cắt tụ điện ra khỏi mạng điện.

Vì điện áp của mạng điện trong khi làm việc thường dao động vượt quá điện áp định mức của mạng điện, cho nên trên thực tế, trị số dung lượng định mức được nhà sản xuất ghi trên nhãn tụ điện lớn hơn khoảng 10% một cách có chủ đích so với dung lượng thực sự của tụ điện.

Trong quá trình vận hành, nếu xảy ra hiện tượng tụ điện tự động tăng thể tích (phình ra) một cách bất thường thì phải nhanh chóng cắt tụ ra khỏi lưới điện, vì đây là một trong nhiều hiện tượng sự cố của tụ bù, nếu không kịp thời khắc phục sẽ dẫn tới hậu quả tụ điện bị nổ gây nguy hiểm cho người và các thiết bị lân cận.

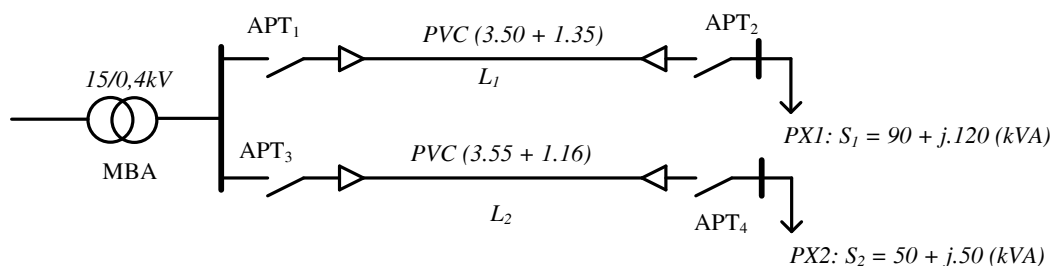
## ÔN TẬP CHƯƠNG VIII

**8.1.** Một đường dây 0,4kV cấp điện cho một phân xưởng sản xuất có công suất phụ tải là 100kVA,  $\cos\varphi = 0,75$ , chiều dài đoạn dây cung cấp là 0,3km, tổng trở đơn vị của dây là  $z_0 = 0,21 + j.0,06 \Omega/\text{km}$

Yêu cầu:

- Xác định công suất phản kháng cần bù để nâng  $\cos\varphi$  lên 0,9
- Tính tổn thất điện áp trước và sau khi bù, cho nhận xét
- Tính tổn thất công suất trước và sau khi bù, cho nhận xét.

**8.2.** Một nhà máy có 2 phân xưởng sản xuất, nhận điện từ một trạm biến áp phân phối theo sơ đồ sau:



| Đường dây | Chiều dài<br>(m) | Loại cáp dẫn điện | Thông số cáp             |                          |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
|           |                  |                   | $r_0 (\Omega/\text{km})$ | $x_0 (\Omega/\text{km})$ |
| $L_1$     | 50               | PVC (3.50 + 1.35) | 0,4                      | 0,4                      |
| $L_2$     | 70               | PVC (3.55 + 1.16) | 0,73                     | 0,41                     |

Yêu cầu: Xác định công suất phản kháng cần bù của các tụ bù đặt tại các tủ phân phối của từng phân xưởng để nâng hệ số công suất  $\cos\varphi$  lên 0,95. Bỏ qua điện trở của các aptomat.

**8.3.** Tính toán lựa chọn aptomat 3 pha bảo vệ cho phụ tải là 1 giếng đường gồm có:

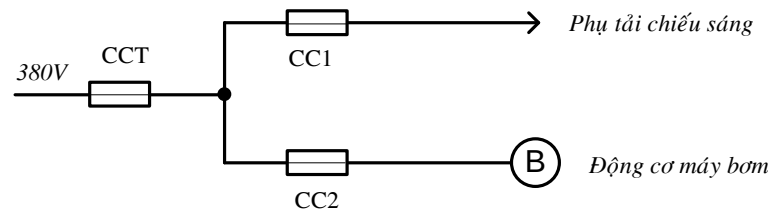
- 36 bóng huỳnh quang công suất 36W,  $\cos\varphi = 0,7$ , chấn lưu cảm kháng
- 12 quạt trần 75W,  $\cos\varphi = 0,8$
- 9 ổ cắm 1 pha có dòng định mức mỗi ổ cắm  $I_{\text{đm ổ cắm}} = 5\text{A}$ , hệ số sử dụng đồng thời các ổ cắm là 0,8
- Điện áp dây mạng 3 pha:  $U_{\text{đm dây}} = 380\text{V}$
- Các phụ tải 1 pha sử dụng điện áp  $U_{\text{đm pha}} = 220\text{V}$  và được phân bố đều cho cả ba pha
- Phụ tải xa nguồn không cần kiểm tra dòng cắt của aptomat

Thông số các aptomat tham khảo được cho sau đây:

$$U_{\text{đm}} = 600\text{V}$$

$$I_{\text{đm}} = 10 - 15 - 20 - 30 - 50\text{A}$$

**8.4.** Tính toán lựa chọn dây chảy–cầu chì tổng và các cầu chì nhánh cho một mạch điện gồm 1 phụ tải chiếu sáng và một máy bơm sử dụng nguồn 3 pha 380V như sau:



- Phụ tải chiếu sáng 3 pha:  $P_{cs} = 20\text{kW}$ ,  $\cos\varphi = 0,8$
- Máy bơm 3 pha KĐB:  $P_B = 14\text{kW}$ ,  $\cos\varphi = 0,8$ ,  $\eta = 0,86$ ,  $k_{mm} = 5$ ,  $k_t = 0$  mở máy nhẹ tải

Các thông số dây chảy–cầu chì tham khảo trong dây sau:

$$I_{\text{đmđc}} = 30 - 50 - 63 - 80 - 100\text{A}$$

$$I_{\text{vỏ}} = 100 - 200\text{A}$$

**8.5.** Cho một động cơ không đồng bộ có các thông số sau:

$$U_{\text{nguồn pha}} = 3,5\text{kV}, P_{\text{đm}} = 1000\text{HP}, \eta = 97,5\%, \cos\varphi = 0,78$$

- Xác định lượng công suất phản kháng cần bù cho động cơ để nâng hệ số công suất từ 0,78 đến 0,95
- Tính điện dung của tụ điện bù trong 2 trường hợp:
  - Bộ tụ điện được đấu dạng tam giác
  - Bộ tụ điện được đấu dạng hình sao.

**8.6.** Một xí nghiệp gồm 3 phân xưởng được cung cấp điện từ một máy biến áp 10/0,4kV, các thông số đường dây và phụ tải cho trên sơ đồ. Tính toán dung lượng công suất bù phản kháng cho các tụ bù đặt tại tủ phân phối của mỗi phân xưởng để nâng cao hệ số công suất xí nghiệp lên 0,95.

