

## MỞ ĐẦU

Cùng với quá trình Công nghiệp hoá và hiện đại hoá Đất nước, nhu cầu phụ tải không ngừng gia tăng. Sự xuất hiện của các khu công nghiệp đòi hỏi sự tiêu thụ công suất phản kháng tăng lên nhanh chóng, điều đó làm tăng tổn thất điện năng, công suất và chi phí truyền tải điện năng, giảm hiệu quả sử dụng mạng điện, đồng thời làm giảm hệ số công suất  $\cos\varphi$  và chất lượng điện năng. Sự tăng tổn thất do suy giảm hệ số  $\cos\varphi$  buộc các nhà kinh doanh điện năng phải áp dụng bảng giá phạt đối với các hộ dùng điện có hệ số  $\cos\varphi$  thấp. Chính vì vậy nhiệm vụ bù công suất phản kháng được đặt ra không chỉ đối với hệ thống điện, mà cả các hộ dùng điện. Đề tài “*Tính toán lựa chọn vị trí, số lượng, dung lượng thiết bị bù hợp lý trong lưới điện phân phối*” được thực hiện nhằm đáp ứng nhu cầu cấp bách nói trên.

Khác với công suất tác dụng, công suất phản kháng trong hệ thống điện được sản sinh ra cũng như được tiêu thụ dưới rất nhiều hình thức. Một số phần tử hệ thống điện chỉ tiêu thụ công suất phản kháng, một số khác vừa tiêu thụ vừa có thể sinh ra công suất này. Sự tiêu thụ và tạo ra công suất phản kháng thay đổi phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Vấn đề “*bù công suất phản kháng*” là một vấn đề hết sức phức tạp, liên quan đến rất nhiều tham số chế độ cũng như các tham số hệ thống, mà không ngừng biến đổi theo thời gian. Đã có nhiều tác giả áp dụng các kết quả nghiên cứu của các nước khác nhau trong việc giải bài toán bù công suất phản kháng. Tuy nhiên, đối với mạng điện phân phối nước ta, vấn đề bù công suất phản kháng mới chỉ được đề cập đến ở một số khảo sát, đánh giá. Các cụm tụ bù được xây dựng một cách tự phát, chưa có những nghiên cứu và tính toán một cách khoa học, nên sự làm việc của các thiết bị bù chưa mang lại hiệu quả đáng kể, thậm chí có một số nơi khi các thiết bị bù làm việc trong mạng thì lại dẫn đến tăng tổn thất và giảm chất lượng điện. Trong khi thị trường công suất phản kháng ở nhiều nước trên thế giới diễn ra hết sức sôi động, thì ở nước ta công suất phản kháng chưa thực sự được coi là một dạng hàng hoá mà mới được trao đổi dưới dạng phạt hệ số  $\cos\varphi$ . Theo nghị định số 45/2001/NĐ-CP của chính phủ về việc sử dụng điện, nếu khách

hàng dùng điện với hệ số  $\cos\varphi$  nhỏ hơn 0,85 thì sẽ phải trả thêm tiền mua điện năng tác dụng theo một hệ số phạt k lũy tiến (hệ số  $\cos\varphi$  càng nhỏ thì hệ số k càng lớn). Tuy nhiên trong thực tế vấn đề phạt hệ số  $\cos\varphi$  thấp diễn ra hết sức tùy tiện và thiếu thống nhất. Điều đó cũng dễ hiểu vì thực tế cái mốc phạt  $\cos\varphi$  nhỏ hơn 0,85 được đặt ra chưa dựa trên cơ sở tính toán khoa học. Mặt khác khi khách hàng có hệ số  $\cos\varphi$  lớn hơn mức quy định thì lại chưa được đề cập đến...

Đề tài sẽ tính toán và đề xuất mô hình bù công suất phản kháng, các tiêu chuẩn đánh giá chất lượng điện.

## CHƯƠNG I

### TỔNG QUAN VỀ BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

#### 1. Sự tiêu thụ công suất phản kháng của các thiết bị:

Như đã biết, các thiết bị điện từ khi làm việc sẽ tiêu thụ từ lưới một dòng điện bao gồm các thành phần: phụ tải, tổn thất, dòng điện tản (dòng rò) và dòng từ hoá. Tức là cùng với việc tiêu thụ một lượng công suất tác dụng để sinh công, các thiết bị điện còn tiêu thụ một lượng công suất phản kháng. Lượng công suất phản kháng mà các thiết bị điện tiêu thụ phụ thuộc vào đặc tính của chúng, các động cơ không đồng bộ, máy biến áp vv... là những thiết bị tiêu thụ nhiều công suất phản kháng. Theo số liệu thống kê, thì lượng công suất phản kháng do động cơ không đồng bộ tiêu thụ chiếm tỷ trọng lớn nhất (khoảng 65÷75%), tiếp theo là máy biến áp khoảng 15÷20% và các đường dây 5÷8%.

Mức độ tiêu thụ công suất phản kháng được đánh giá bởi hệ số công suất, mà được xác định bởi tỷ số giữa công suất tác dụng (P) và công suất biểu kiến (S)  
 $\cos\varphi = P/S$ .

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3}UI}; \quad (1.1)$$

Trong thực tế vận hành giá trị  $\cos\varphi$  thường được xác định theo công thức

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{A_x}{A_r}\right)^2}}$$

Trong đó:

$A_r, A_x$  - điện năng tác dụng và phản kháng trên thanh cái trạm biến áp

P – công suất tác dụng;

Để thuận tiện cho việc phân tích và tính toán, đôi khi người ta thường dùng khái niệm hệ số  $\operatorname{tg}\varphi$  thay cho hệ số  $\cos\varphi$ , đó là tỷ lệ giữa công suất phản kháng và công suất tác dụng:  $\operatorname{tg}\varphi = Q/P$ . Tuy nhiên hệ số  $\operatorname{tg}\varphi$  chỉ áp dụng trong các bước tính trung gian, kết quả cuối cùng lại được chuyển về hệ số  $\cos\varphi$  tương ứng.

Khi  $\cos\varphi$  của thiết bị điện càng lớn, tức là mức độ tiêu thụ công suất phản kháng càng bé, vì vậy làm cho mức độ yêu cầu về  $Q$  từ lưới ít, nó góp phần cải thiện chế độ làm việc của lưới. Hệ số  $\cos\varphi$  của các hộ tiêu thụ lại phụ thuộc vào chế độ làm việc của các phụ tải điện. Khi hệ số  $\cos\varphi$  thấp sẽ dẫn đến sự tăng công suất phản kháng, sự truyền tải công suất phản kháng trong mạng điện làm giảm sút các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật của mạng điện như:

**a) Làm tăng tổn thất công suất và tăng đốt nóng dây dẫn**

Tổn thất công suất trong mạng điện được xác định theo biểu thức.

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \Delta P_r + \Delta P_x \quad (1.2)$$

Khi truyền tải điện năng trong mạng điện cao áp do điện trở phản kháng lớn nên thành phần tổn hao công suất phản kháng thường lớn hơn thành phần tổn thất công suất tác dụng. Đặc biệt đối với máy biến áp thành phần tổn thất công suất phản kháng chiếm tỷ lệ rất lớn. Chẳng hạn đối với máy 320 kVA 10/0,4 thì  $\Delta P\% = 2,4$  còn  $\Delta Q\% = 3,2$ .

**b) Tăng tiết diện dây dẫn**

Khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng cho phép, tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng. Dòng điện chạy qua dây dẫn và máy biến áp được xác định :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} U} \quad (1.3)$$

Từ biểu thức trên chúng ta nhận thấy: Với cùng một điều kiện phát nóng nhất định của đường dây và máy biến áp với  $P = \text{const}$ , nếu tăng lượng công suất phản kháng  $Q$  buộc phải tăng tiết diện dây dẫn, do đó sẽ làm tăng chi phí của mạng điện. Theo số liệu tính toán, khi hệ số công suất giảm 20% (từ 1 xuống 0,8) thì lượng tổn thất công suất tăng lên khoảng 1,56 lần và khối lượng dây dẫn tăng lên 25%. Ví dụ minh họa dưới đây cho thấy ảnh hưởng của hệ số  $\cos\varphi$  đối với sự thay đổi của công suất toàn phần.

$\cos\varphi = 1$	$\cos\varphi = 0,8$	$\cos\varphi = 0,7$
$P = 100 \text{ kW}$	$P = 100 \text{ kW}$	$P = 100 \text{ kW}$
$Q = 0$	$Q = 75 \text{ kVAr}$	$Q = 100 \text{ kVAr}$
$S = 100 \text{ kVA}$	$S = 125 \text{ kVA}$	$S = 141 \text{ kVA}$

Kết quả tính toán ở ví dụ trên cho thấy khi hệ số  $\cos\varphi$  giảm từ 1 xuống 0,7 thì giá trị công suất toàn phần tăng lên 1,41 lần.

### ***c) Làm hạn chế khả năng truyền tải công suất tác dụng***

Cũng từ biểu thức (1.3) trên ta thấy, nếu vẫn giữ dòng  $I = \text{const}$  thì khi  $Q$  tăng buộc phải giảm  $P$  để đảm bảo điều kiện đốt nóng cho phép của các phần tử hệ thống điện. Còn nếu vẫn giữ nguyên giá trị  $P = \text{const}$  thì nếu công suất phản kháng quá lớn sẽ có thể gây quá tải cho các thiết bị điện vì công suất toàn phần  $S$  phải tăng lên. Điều đó sẽ làm giảm tuổi thọ thậm chí có thể phá hủy thiết bị. Việc giảm công suất tác dụng sẽ làm giảm hiệu suất truyền tải của mạng điện.

### ***d) Giảm chất lượng điện***

Tăng công suất phản kháng sẽ làm giảm chất lượng điện do tổn thất điện áp tăng và do dao động điện áp khi công suất phản kháng thay đổi. Như đã biết, tổn thất điện áp được xác định bởi biểu thức

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \Delta U_r + \Delta U_x \quad (1.4)$$

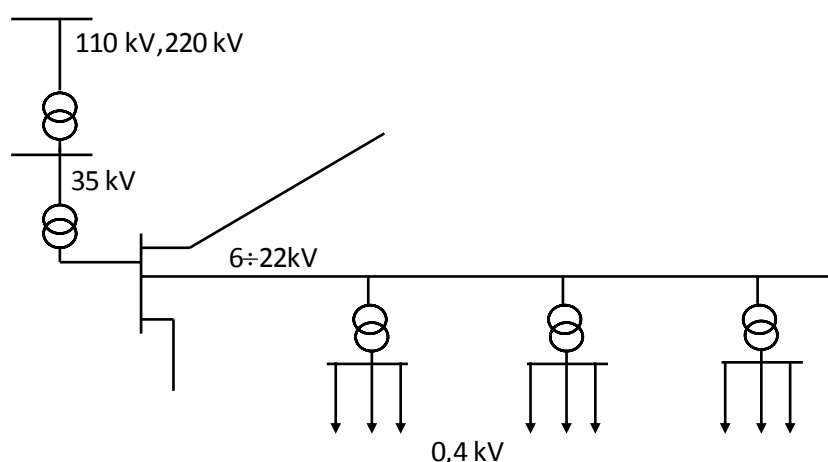
Thành phần tổn thất phản kháng  $\Delta U_x$  tỷ lệ thuận với công suất phản kháng. Việc tăng công suất  $Q$  sẽ làm tăng đáng kể tổn thất điện áp, do đó làm giảm chất lượng điện. Điều đó làm tăng thêm chi phí do phải trang bị các cơ cấu điều chỉnh điện áp trong hệ thống. Khi chất lượng điện giảm quá mức cho phép sẽ dẫn đến sự thay đổi chế độ làm việc của các phần tử hệ thống điện. Sự thay đổi này có thể làm giảm năng suất của các thiết bị gây thiệt hại về kinh tế cho các ngành sản xuất.

## 2. Hiện trạng bù công suất phản kháng:

### 2.1. Tình hình bù công suất phản kháng ở Việt Nam.

#### 2.1.1. Lưới điện phân phối và hệ số công suất $\cos \varphi$ .

Sơ đồ mạng điện ở các địa phương có dạng như trên hình 1.1. Nguồn cấp là từ thanh cái trạm 110 kV, 220 kV hay thanh cái phía cao áp của nhà máy điện bằng đường dây tải điện theo cơ cấu mạch vòng hay hình tia dẫn điện đến khu vực phụ tải điện áp được hạ xuống 35 kV, 22 kV hay 10 kV, 6 kV. Nếu là 35 kV thì tồn tại các đường dây 35 kV đi sâu tới phụ tải hơn và tại đó hạ xuống 22kV, 10 kV hay 6 kV. Từ thanh cái 22 kV, 10 kV, 6 kV hình thành các đường dây phân phối hình tia, cũng có thể là mạch vòng nhưng khi vận hành vẫn để ở chế độ hình tia. Từ các đường dây này theo điểm phụ tải đầu đến các máy biến áp hạ xuống điện áp hạ thế 400/220 V để cấp điện cho các phụ tải hạ thế. Sau trạm hạ áp hình thành các đường dây hạ thế có cấu trúc hình tia dẫn điện đến từng hộ tiêu thụ.



**Hình 1.1.** Sơ đồ lưới điện

Trong sơ đồ cấp điện nêu trên, hệ số công suất  $\cos\phi$  và bù công suất phản kháng được đề cập đến ở từng cấp điện áp. Qua khảo sát thực tế tại một số Điện lực tỉnh, các giá trị  $\cos\phi$  ở các cấp điện áp thể hiện khá rõ nét như sau:

- Tại các cấp điện áp 35 kV trở lên hệ số công suất  $\cos\phi$  có giá trị thường từ 0,85 trở lên. Trường hợp nguồn cấp là nhà máy điện, ví dụ như tại Điện lực Ninh Bình thì  $\cos\phi$  có giá trị khoảng 0,85; còn trường hợp nguồn cấp là thanh cái trạm 110kV, 220kV thì  $\cos\phi$  có giá trị cao hơn, thậm chí tới  $0,92 \pm 0,95$ . Cũng chính vì vậy mà  $\cos\phi$  có giá trị tại các đầu nhánh đường dây cấp 22kV, 10kV, 6kV cũng cao, không dưới 0,85. Do vậy các nhà quản lý Điện lực cấp tỉnh tự cảm nhận là hệ số  $\cos\phi$  dường như không có vấn đề gì.

- Tại cuối các nhánh đường dây cấp 22kV, 10kV, 6kV giá trị  $\cos\phi$  không còn cao nữa. Các máy biến áp hạ áp 22kV, 10kV, 6kV xuống 0,4 kV trong nhiều trường hợp vận hành non tải nên giá trị  $\cos\phi$  đầu ra đường dây điện hạ thế bị tụt xuống. Và xa hơn nữa tại đầu vào của các hộ phụ tải điện áp hạ thế 0,4 kV giá trị  $\cos\phi$  khá thấp do chính các phụ tải điện (đồ điện) như quạt, điều hoà nhiệt độ, đèn Neon, tủ lạnh,... có giá trị  $\cos\phi$  thấp, tiêu thụ nhiều công suất phản kháng. Từ cuối các nhánh đường dây cấp 22kV, 10kV, 6kV và toàn bộ phía hạ thế do điện lực của các chi nhánh quản lý, họ chủ yếu quan tâm đến cung cấp điện liên tục và thu tiền điện, ít quan tâm đến chất lượng điện áp.

Thực tế là do các giá trị  $\cos\phi$  từ cuối các nhánh đường dây cấp 22kV, 10kV, 6kV và toàn bộ phía hạ thế thấp dẫn đến phải tải công suất phản kháng để đáp ứng cho nhu cầu phụ tải. Điều đó dẫn đến tổn thất công suất trên các đường dây lớn, tổn thất điện áp lớn, làm giảm điện áp tại hộ tiêu thụ, không đảm bảo chất lượng điện năng.

Các vấn đề trình bày về chất lượng điện năng nêu trên nói chung ít được quán triệt ở các Điện lực và các chi nhánh, nên vấn đề bù công suất phản kháng rất ít được quan tâm. Chỉ một vài Điện lực như Hà Nội, Hải Dương, Nam Định v.v... các

lãnh đạo quan tâm tới vấn đề này thì công việc bù công suất phản kháng có được thực thi tốt hơn, tuy chưa triệt để; còn đại bộ phận các Điện lực tỉnh việc quan tâm đến vấn đề bù công suất phản kháng là rất ít, hoặc có chăng thực thi một cách “cưỡng chế” do theo yêu cầu hoặc theo nghị định của Tập đoàn Điện lực Việt Nam.

- Các xí nghiệp sử dụng điện công suất lớn, điện áp trung-cao thế có hệ số công suất  $\cos\varphi$  thấp dưới 0,85 (do qui định của Tập đoàn Điện lực Việt Nam) thường tiến hành lắp đặt tụ bù để tránh không bị phạt  $\cos\varphi$ . Các xí nghiệp công suất điện nhỏ hay khu cơ quan hành chính, khu dân cư hầu như không hề đề cập đến bù công suất phản kháng vì ý thức và quan trọng hơn cả là họ không phải đóng tiền tiêu thụ công suất phản kháng mà chỉ đóng tiền điện qua công tơ điện (tức là chỉ đóng tiền điện tiêu thụ công suất tác dụng).

Các nhận xét chung nêu trên về  $\cos\varphi$  và bù công suất phản kháng nêu trên được thể hiện cụ thể qua điều tra thực tế. Trong phạm vi đề tài, tôi đã tiến hành khảo sát tình hình  $\cos\varphi$  và bù công suất phản kháng tại Điện lực tỉnh Hải Dương.

### ***2.1.2. Thực trạng làm việc của các thiết bị bù.***

Nhìn chung, đại đa số các thiết bị bù công suất phản kháng hiện tại không có cơ cấu tự động điều chỉnh, vì vậy ở một số nơi vào giờ thấp điểm có hiện tượng dòng công suất phản kháng chạy ngược, làm tăng tổn thất và quá áp cục bộ. Vị trí đặt thiết bị bù thường được chọn sao cho dễ vận hành chứ không xét đến hiệu quả kinh tế của thiết bị, vì vậy chưa tận dụng được hiệu quả làm việc của thiết bị, dẫn đến sự lãng phí. Tuổi thọ của thiết bị bù thường thấp hơn nhiều so với giá trị quy định của nhà sản xuất vì điều kiện làm việc của thiết bị chưa phù hợp. Đa số các trường hợp hỏng tụ do bị nổ một pha. Nguyên nhân chủ yếu là do phần lớn tụ bù không có bộ lọc sóng hài, mà thông thường sự xuất hiện của sóng hài đồng thời với sự mất đối xứng, do đó dẫn đến một trong các pha bị quá nhiệt cục bộ, làm nổ tụ.

Để bảo vệ tụ bù và nâng cao tuổi thọ của chúng cần phải có sự nghiên cứu, phân tích, áp dụng các thiết bị bảo vệ phù hợp như bộ lọc sóng hài và các thiết bị giảm ảnh hưởng của sóng hài khác.

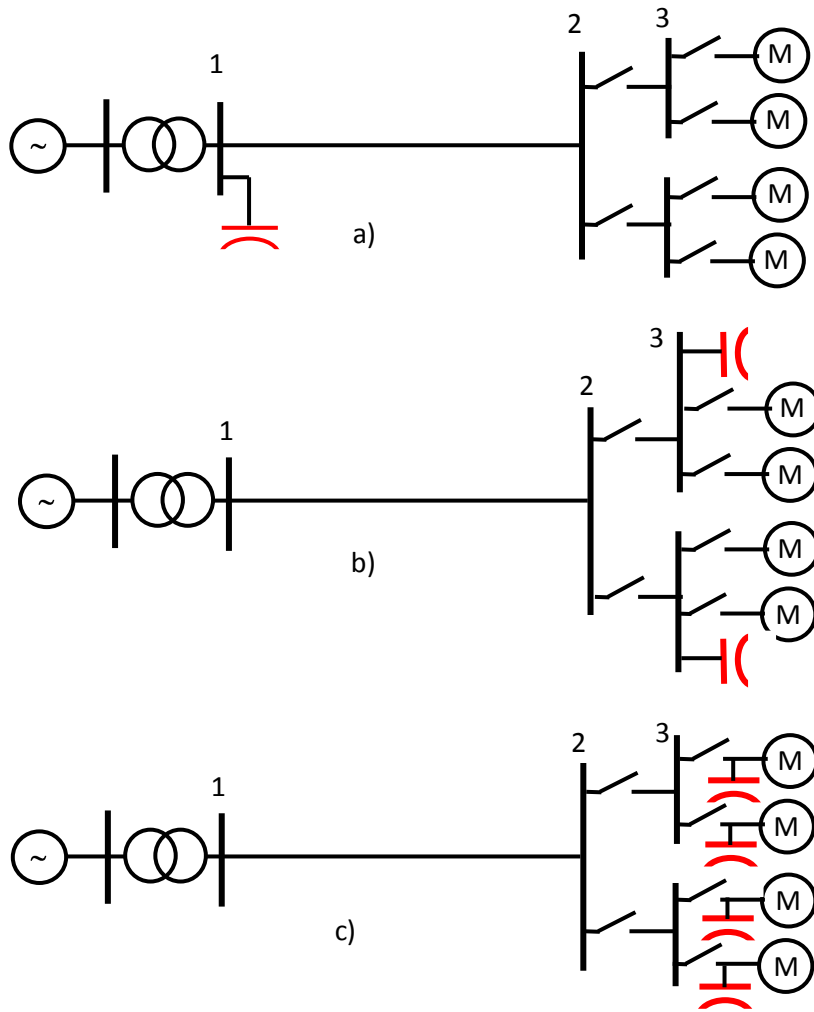


Trên cơ sở phân tích hiện trạng sử dụng điện và hệ số công suất của mạng điện ở một số khu vực ta rút ra một số nhận xét sau:

1. Chế độ vận hành lưới phân phối chủ yếu là vận hành hở.
2. Một thiết bị công suất phản kháng có thể đáp ứng cả ba chức năng là điều chỉnh công suất, điều chỉnh điện áp và cân bằng pha.
3. Việc bù công suất phản kháng trong lưới phân phối là bù rải trên các xuất tuyến trung áp.
4. Trong thực tế vận hành, đồ thị thay đổi không bằng phẳng. Do vậy cần phải xác định vị trí, dung lượng, thời gian đóng cắt của tụ.

## **2.2. Vấn đề bù công suất phản kháng ở một số nước trên thế giới.**

Vấn đề bù công suất phản kháng để là giải pháp giảm tổn thất điện năng rất được coi trọng ở các nước tiên tiến. Giải pháp này được quan tâm ngay từ khâu thiết kế, lựa chọn thiết bị và dây chuyền công nghệ sản xuất. Mạng điện ở hầu hết các nước phương Tây đều có trang bị tụ bù để nâng cao hệ số công suất. Việc đặt thiết bị bù được thực hiện theo một số phương án cơ bản sau:



**Hình 2.1.** Các phương án đặt thiết bị bù công suất phản kháng

1). Thiết bị bù lớn đặt trên thanh cái trạm biến áp hoặc tại các điểm nút của mạng điện (hình a). Phương án này cho phép giám sát và vận hành dễ dàng thiết bị bù, tuy nhiên tổn thất trên đoạn từ thanh cái 1 đến các thiết bị dùng điện không giảm vì ở đoạn này vẫn có dòng công suất phản kháng của phụ tải chạy qua. Thêm vào đó, khi phụ tải phản kháng nhỏ thì có thể sẽ xảy ra hiện tượng dư thừa công suất bù. Vì vậy đối với phương án này người ta thường phải trang bị thêm hệ thống tự động điều chỉnh dung lượng tụ bù.

2). Thiết bị bù tĩnh đặt trong tủ phân phối của nhóm thiết bị dùng điện (hình b). Phương án này cho phép giảm tổn thất trên đoạn dây từ thanh cái trạm biến áp đến tủ phân phối của các nhóm thiết bị dùng điện, tuy nhiên hệ số công suất phụ thuộc vào số lượng thiết bị dùng điện. Trong trường hợp có ít động cơ trong nhóm thì vẫn