

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT



Tụ bù & Bộ điều khiển
bù công suất phản kháng

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.6. PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.1.1. Định nghĩa

Phần lớn hộ công nghiệp trong quá trình làm việc, tiêu thụ từ mạng điện cả công suất tác dụng P lẫn công suất phản kháng Q .

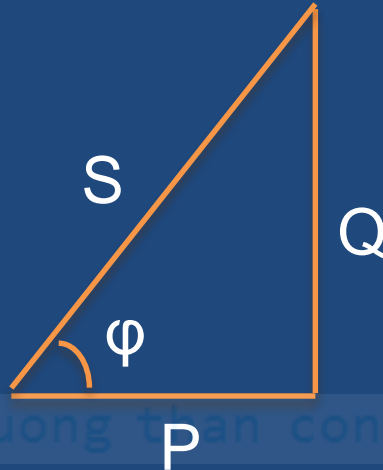
Các nguồn tiêu thụ công suất phản kháng là: động cơ điện không đồng bộ ($60\div 65\%$), máy biến áp ($20\div 25\%$), đường dây trên không, cuộn kháng điện và các thiết bị khác (10%).

Sự tiêu thụ công suất phản kháng đó được phản ánh qua hệ số $\cos\varphi$. Hệ số này biến thiên từ $0\div 1$.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.1.1. Định nghĩa



Từ tam giác công suất: $\cos\varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot \cos\varphi$

Hệ số $\cos\varphi$ càng lớn thì công suất tác dụng P càng lớn

Vì lý do đó **hệ số $\cos\varphi$ mang tên hệ số công suất**

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.1.1. Định nghĩa

Người ta rất quan tâm để nâng cao $\cos\varphi$ đến mức có thể, nghĩa là không phải nâng $\cos\varphi$ lên đến đơn vị là tốt vì hai lý do:

- Các hộ dùng điện xoay chiều cần tiêu thụ công suất phản kháng để tạo ra từ trường
- Nâng $\cos\varphi$ lên gần xấp xỉ đơn vị ($0,95 \div 1$) sẽ ảnh hưởng đến tính ổn định của hệ thống điện

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.1.1. Định nghĩa

11.1.1.1. Hệ số công suất tức thời

Hệ số công suất tức thời là hệ số công suất tại một thời điểm nào đó, đo được nhờ dụng cụ đo $\cos\varphi$ hoặc nhờ các dụng cụ đo công suất, điện áp và dòng điện.

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}U.I}$$

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

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

11.1.1. Định nghĩa

11.1.1.2. Hệ số công suất trung bình

Hệ số công suất $\cos\varphi$ trung bình là $\cos\varphi$ trung bình trong một quãng thời gian nào đó (1 ca, 1 ngày đêm, 1 tháng...)

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

Hệ số $\cos\varphi_{tb}$ được dùng để đánh giá mức độ sử dụng điện tiết kiệm và hợp lý của xí nghiệp.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.1. Quan hệ tỷ lệ nghịch giữa $\cos\varphi$ và công suất phản kháng

$$\cos\varphi = \cos(\operatorname{arctg} \frac{Q}{P})$$

Với P không đổi, khi Q giảm thì $\cos\varphi$ tăng.

Muốn tăng $\cos\varphi$ tại điểm đang xét phải giảm lượng công suất phản kháng Q chạy qua điểm đó.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.2. Tính chất cục bộ của hệ số $\cos\varphi$

Hệ số công suất ở các điểm khác nhau nói chung là khác nhau.

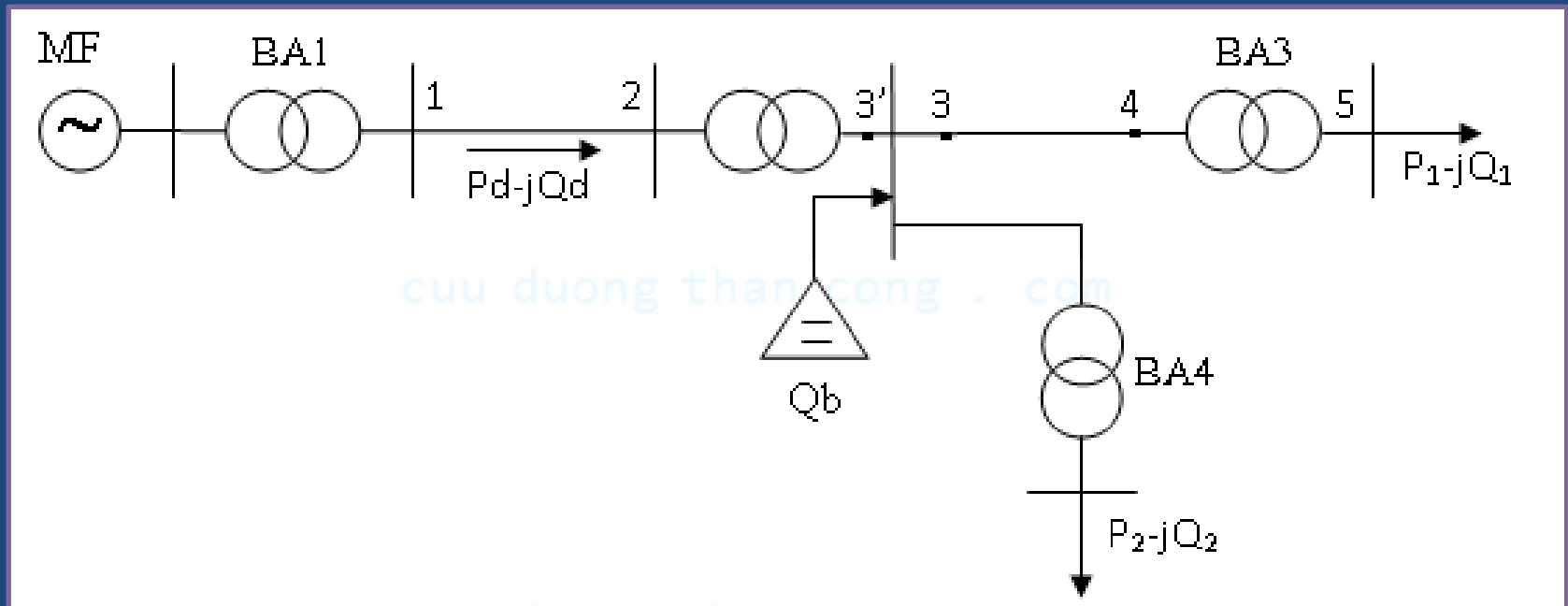
Khi nâng cao hệ số $\cos\varphi$ ở một nơi nào đó thì không có nghĩa là ở các nơi khác hệ số $\cos\varphi$ cũng được cải thiện.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.2. Tính chất cục bộ của hệ số $\cos\varphi$



Sơ đồ cung cấp điện
có đặt thiết bị bù để cải thiện hệ số $\cos\varphi$

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.2. Tính chất cục bộ của hệ số $\cos\varphi$

Để đơn giản, không xét đến tổn thất công suất và công suất phản kháng do đường dây sinh ra. Lúc đó $\cos\varphi$ tại điểm 5, 4, 3 bằng nhau và bằng $\cos\varphi_5$.

$$\cos\varphi_5 = \cos\left(\arctg \frac{Q_1}{P_1}\right)$$

$\cos\varphi$ tại điểm 3' không bằng $\cos\varphi$ tại điểm 3

$$\cos\varphi_{3'} = \cos\left(\arctg \frac{Q_1+Q_2}{P_1+P_2}\right)$$

Với giả thiết trên thì hệ số công suất $\cos\varphi$ tại điểm 3', 2 và 1 bằng nhau.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.2. Tính chất cục bộ của hệ số $\cos\varphi$

Muốn nâng $\cos\varphi$ tại điểm 3' lên để giảm công suất đặt của máy biến áp BA2 thì phải giảm lượng công suất phản kháng qua điểm 3'.

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.2. Tính chất cục bộ của hệ số $\cos\varphi$

Nếu đặt thiết bị bù tại thanh góp hạ áp của máy biến áp BA2, phát ra được công suất bù là Q_b thì lượng công suất phản kháng chảy qua điểm 3' chỉ còn lại

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 - Q_b$$

và $\cos\varphi_{3'}$ sau khi bù sẽ là:

$$\cos\varphi_{3'} = \cos\left(\arctg \frac{Q_1 + Q_2 - Q_b}{P_1 + P_2}\right)$$

Như vậy là $\cos\varphi_{3'}$ sau khi bù sẽ được nâng lên một cách tương ứng, còn $\cos\varphi$ tại các điểm sau điểm 3' (như điểm 3, 4, 5...) thì vẫn giữ nguyên giá trị cũ.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.2.3. Tính biến động của hệ số công suất

Hệ số $\cos\varphi$ phản ánh mối tương quan giữa P và Q tại mỗi thời điểm. Vì P và Q tuân theo các quy luật biến thiên khác nhau, nên tỷ số $\frac{Q}{P}$ luôn biến động theo thời gian và do đó $\cos\varphi$ cũng thay đổi theo thời gian.

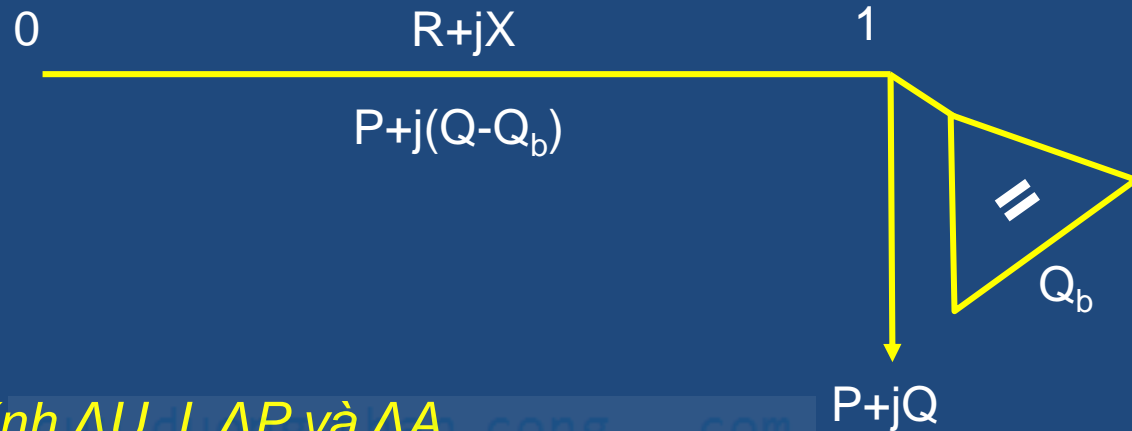
Để đơn giản trong tính toán bù sau này, không thể lấy giá trị tức thời của $\cos\varphi$, mà chỉ lấy giá trị trung bình hay giá trị khi phụ tải cực đại.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\phi$

11.3.1. Ý nghĩa



Kết quả tính ΔU , I , ΔP và ΔA

TT	Trước khi bù	Sau khi bù	Nhận xét
1	$\Delta U' = \frac{PR+QX}{U}$	$\Delta U'' = \frac{PR+(Q-Q_b)X}{U}$	$\Delta U'' < \Delta U'$
2	$I' = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U}$	$I'' = \frac{\sqrt{P^2+(Q-Q_b)^2}}{\sqrt{3} \cdot U}$	$I'' < I'$
3	$\Delta P' = \frac{P^2+Q^2}{U^2} R$	$\Delta P'' = \frac{P^2+(Q-Q_b)^2}{U^2} R$	$\Delta P'' < \Delta P'$
4	$\Delta A' = \Delta P' \cdot \tau$	$\Delta A'' = \Delta P'' \cdot \tau$	$\Delta A'' < \Delta A'$

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\phi$

11.3.1. Ý nghĩa

11.3.1.1. Giảm được tổn thất công suất trong mạng điện

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

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

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\phi$

11.3.1. Ý nghĩa

11.3.1.2. Giảm được tổn thất điện áp trong mạng điện

$$\Delta U = \frac{PR+QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)}$$

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

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\phi$

11.3.1. Ý nghĩa

11.3.1.3. Tăng khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{\sqrt{3}.U}$$

Khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng nghĩa là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\phi$

11.3.2. Lợi ích

11.3.2.1. Lợi ích về mặt kỹ thuật

- Giảm tổn thất điện áp trên đường dây tức là điều chỉnh điện áp trong mạng điện, nâng cao chất lượng điện năng.
- Giảm dòng điện đi trên đường dây tức là tăng khả năng mang tải của đường dây trong quá trình vận hành hay giảm tiết diện dây dẫn trong giai đoạn thiết kế.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.3. Ý NGHĨA VÀ LỢI ÍCH CỦA VIỆC NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.3.2. Lợi ích

11.3.2. Lợi ích về mặt kinh tế

- Giảm tổn thất công suất ΔP và tổn thất điện năng ΔA trong mạng điện tức là giảm chi phí vận hành, nâng cao chỉ tiêu kinh tế.
- Giảm giá tiền điện. Giá tiền điện được tính theo giá trị $\cos\varphi$. $\cos\varphi$ càng cao thì giá tiền điện càng thấp và ngược lại.

Thường lấy $\cos\varphi = 0,9$ làm cơ sở đề ra chính sách giá tiền điện

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

Các biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ được chia làm 2 nhóm chính:

- Nhóm các biện pháp **nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên** (không dùng thiết bị bù)
- Nhóm các biện pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ bằng cách **bù công suất phản kháng**

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.1. Nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

Nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên là tìm các biện pháp để các hộ dùng điện giảm bớt được lượng công suất phản kháng Q tiêu thụ.

Nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên rất có lợi vì đưa lại hiệu quả kinh tế mà không phải đặt thêm thiết bị bù.

Vì thế, khi xét đến vấn đề nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ bao giờ cũng phải xét đến các biện pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên trước tiên, sau đó mới xét đến biện pháp bù công suất phản kháng.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\phi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$ tự nhiên

- *Thay đổi và cải tiến quy trình công nghệ để các thiết bị điện làm việc ở chế độ hợp lý nhất*
 - Giảm bớt những động tác, những nguyên công thừa
 - Áp dụng các phương pháp gia công tiên tiến

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\phi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\phi$ tự nhiên

- *Thay thế những động cơ không đồng bộ làm việc non tải bằng những động cơ có công suất nhỏ hơn*

Khi làm việc, động cơ không đồng bộ tiêu thụ lượng công suất phản kháng bằng:

$$Q = Q_0 + (Q_{đm} - Q_0) K_{pt}^2$$

trong đó:

Q_0 , $Q_{đm}$ lần lượt là công suất phản kháng lúc động cơ làm việc không tải và định mức; K_{pt} là hệ số phụ tải.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

Hệ số công suất $\cos \varphi$ của động cơ được xác định:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q_0 + (Q_{dm} Q_0) K_{pt}^2}{P_{dm} \cdot K_{pt}} \right)^2}}$$

Từ biểu thức, nếu động cơ làm việc non tải (K_{pt} nhỏ) thì $\cos\varphi$ của động cơ sẽ thấp.

- Nếu $K_{pt} < 0,45$ nên thay thế động cơ
- Nếu $K_{pt} > 0,7$ không nên thay thế động cơ
- Nếu $0,45 < K_{pt} < 0,7$ cần so sánh tính tế - kỹ thuật

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

- *Giảm điện áp của những động cơ làm việc non tải*

Vì công suất phản kháng của động cơ không đồng bộ tiết thụ Q tỉ lệ với U^2 ($Q = K \frac{U^2}{\mu} f \cdot V$) nên nếu giảm U thì Q giảm đi rõ rệt, do đó $\cos\varphi$ được nâng lên.

- *Hạn chế động cơ chạy không tải*

Ở các máy công cụ, thông thường thời gian chạy không tải chiếm (35÷37)% thời gian làm việc.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

- *Dùng động cơ đồng bộ thay thế động cơ không đồng bộ*

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

Khuyết điểm của động cơ đồng bộ là cấu tạo phức tạp giá thành đắt.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

- *Nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ*

Do chất lượng động cơ sửa chữa không tốt, các tính năng của động cơ sẽ bị giảm so với trước, làm cho tổn thất trong động cơ tăng lên, $\cos\varphi$ giảm, vì thế cần nâng cao chất lượng sửa chữa động cơ.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.2. Biện pháp nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ tự nhiên

- *Thay thế máy biến áp làm việc non tải bằng những máy có dung lượng nhỏ hơn*

Nếu hệ số phụ tải của máy biến áp nhỏ hơn 0,3 thì nên thay máy có công suất nhỏ hơn.

Hoặc nếu có nhiều máy vận hành thì trong thời gian phụ tải nhỏ nên cắt bớt các máy non tải.

Biện pháp này cũng có tác dụng lớn để nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên của xí nghiệp.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.3. Nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ bằng phương pháp bù

Nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ bằng phương pháp bù bằng cách đặt các thiết bị bù ở gần các hộ dùng điện để cung cấp công suất phản kháng cho chúng, giảm được lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây, do đó nâng cao được hệ số $\cos\varphi$ của mạng.

Biện pháp bù không giảm được lượng công suất phản kháng tiêu thụ của hộ dùng điện mà chỉ giảm được lượng công suất phản kháng phải truyền tải trên đường dây.

cuuduongthancong.com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.4. CÁC BIỆN PHÁP NÂNG CAO $\cos\varphi$

11.4.3. Nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$ bằng phương pháp bù

Chỉ sau khi thực hiện các biện pháp nâng cao $\cos\varphi$ tự nhiên **mà vẫn không đạt yêu cầu** thì mới xét đến phương pháp bù.

Bù công suất phản kháng đem lại hiệu quả kinh tế, nhưng phải tốn kém thêm về mua sắm thiết bị bù và chi phí vận hành chúng.

Quyết định phương án bù phải dựa trên cơ sở tính toán và so sánh kinh tế kỹ thuật.

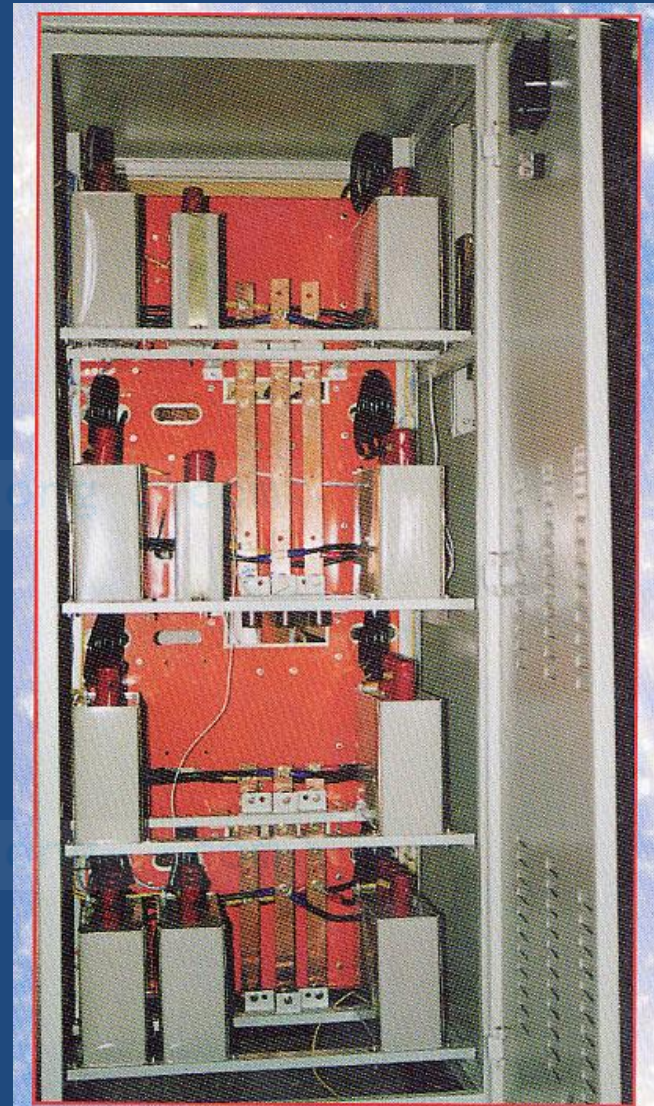
Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tự điện



Tụ bù hạ áp



Tủ tụ bù

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tụ điện

Tụ điện là loại thiết bị điện tĩnh, làm việc với dòng điện vượt trước điện áp, do đó nó có thể **sinh ra công suất phản kháng Q cung cấp cho mạng**.

Tụ điện có vỏ thường bằng hợp kim nhôm, có bulông và đai ốc để cố định tụ và nối vỏ với đất.

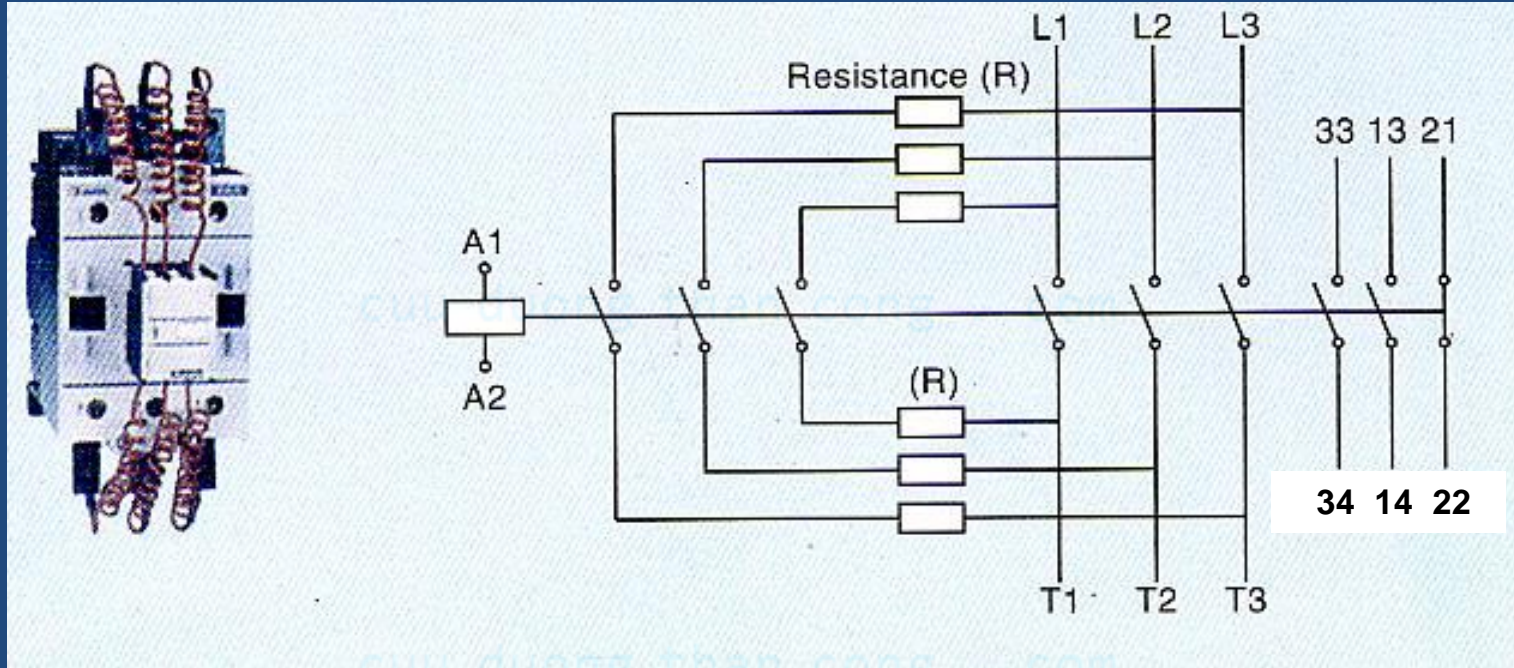
Chất liệu điện môi thường là polypropylene, điện cực là các lá hợp kim nhôm.

Tụ điện thường được bảo vệ bằng cầu chì và được đóng cắt bằng contactor hay dao cắt tải.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tự điện



Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tụ điện

Tụ điện thường được chế tạo kiểu 3 pha và 1 pha.

Dung lượng định mức của tụ điện từ $0,5 \div 25 \text{ kVAr}$. Muốn có công suất bù cần thiết, phải đấu các tụ song song với nhau thành các bộ tụ.

Tụ điện được chế tạo với cấp điện áp 230V, 400V, 3kV, 6kV, 10kV. Muốn đặt tụ ở cấp điện áp cao hơn thì đấu nối tiếp chúng.

Thường giá thành 1kVAr của tụ điện trung áp chỉ chiếm khoảng 30% giá thành 1kVAr tụ điện hạ áp. Vì thế không phải bao giờ đặt tụ ở phía hạ áp cũng có lợi hơn đặt ở bên trung áp hay cao áp.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tụ điện

Các thông số chính của tụ bù:

- Dung lượng định mức [kVAr]
- Điện áp định mức [V, kV]
- Sai số điện dung [%]
- Tổn thất điện môi [W/kVAr]
- Dòng điện làm việc cực đại [A]
- Điện áp thử nghiệm giữa 2 cực và giữa cực với vỏ [kV]

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tụ điện

Tụ bù có ưu điểm:

- Giá thành thấp
- Vận hành và lắp ráp đơn giản
- Tổn thất công suất trong tụ điện rất nhỏ, khoảng $(0,3 \div 0,5) \text{W/kVAr}$
- Có thể đặt ở nhiều nơi và ở cấp điện áp bất kỳ

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.1. Tụ điện

Tụ bù có nhược điểm:

- Công suất phản kháng phát ra phụ thuộc vào điện áp đặt vào tụ $Q = \omega.C.U^2$
- Không có khả năng điều chỉnh trơn dung lượng bù (điều chỉnh từng cấp cố định)
- Tuổi thọ ngắn (8÷10) năm, độ bền kém (dễ hư hỏng) đặc biệt là khi ngắn mạch hay quá điện áp
- Có khả năng phát ra công suất phản kháng mà không có khả năng tiêu thụ công suất phản kháng

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.2. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ là một loại động cơ đồng bộ làm việc ở chế độ không tải.

Do không có phụ tải trên trục nên máy bù đồng bộ được chế tạo gọn nhẹ và rẻ hơn so với động cơ đồng bộ cùng công suất.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.2. Máy bù đồng bộ

Ở chế độ quá kích thích, máy bù sẽ sản xuất ra công suất phản kháng cung cấp cho mạng, còn ở chế độ thiếu kích thích, máy bù tiêu thụ công suất phản kháng của mạng.

Ngoài công dụng bù công suất phản kháng, máy bù còn là thiết bị rất tốt để điều chỉnh điện áp, nó thường được đặt trong những điểm cần điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.2. Máy bù đồng bộ

Hiện nay, máy bù đồng bộ thường được chế tạo với công suất định mức từ 5MVA trở lên (đến khoảng 75MVA). Máy bù có dung lượng nhỏ hơn sản xuất không kinh tế.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.2. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ có ưu điểm:

- Công suất phản kháng phát ra không phụ thuộc điện áp đặt ra
- Có thể điều chỉnh trớn bằng cách thay đổi dòng kích từ
- Độ bền cơ, nhiệt cao
- Có thể **phát hay tiêu thụ** công suất phản kháng

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.5. CÁC THIẾT BỊ BÙ

11.5.2. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ có nhược điểm:

- Tổn thất công suất trong máy bù khá lớn ($15 \div 35$)W/kVAr
- Chỉ đặt được ở cấp trung áp vì máy bù thường được chế tạo với cấp điện áp đó.
- Lắp ráp và vận hành phức tạp, giá thành đắt

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.6. PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ

11.6.1. Xác định dung lượng bù

Dung lượng bù được xác định theo biểu thức:

$$Q_b = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = P.K [\text{kVAr}]$$

trong đó: P [kW] là phụ tải tính toán của hộ tiêu thụ điện;
 $\operatorname{tg}\varphi_1$, $\operatorname{tg}\varphi_2$ lần lượt là tg của góc lệch pha φ trước và sau khi bù; $K = (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$ là hệ số bù tra ở bảng hoặc đồ thị.

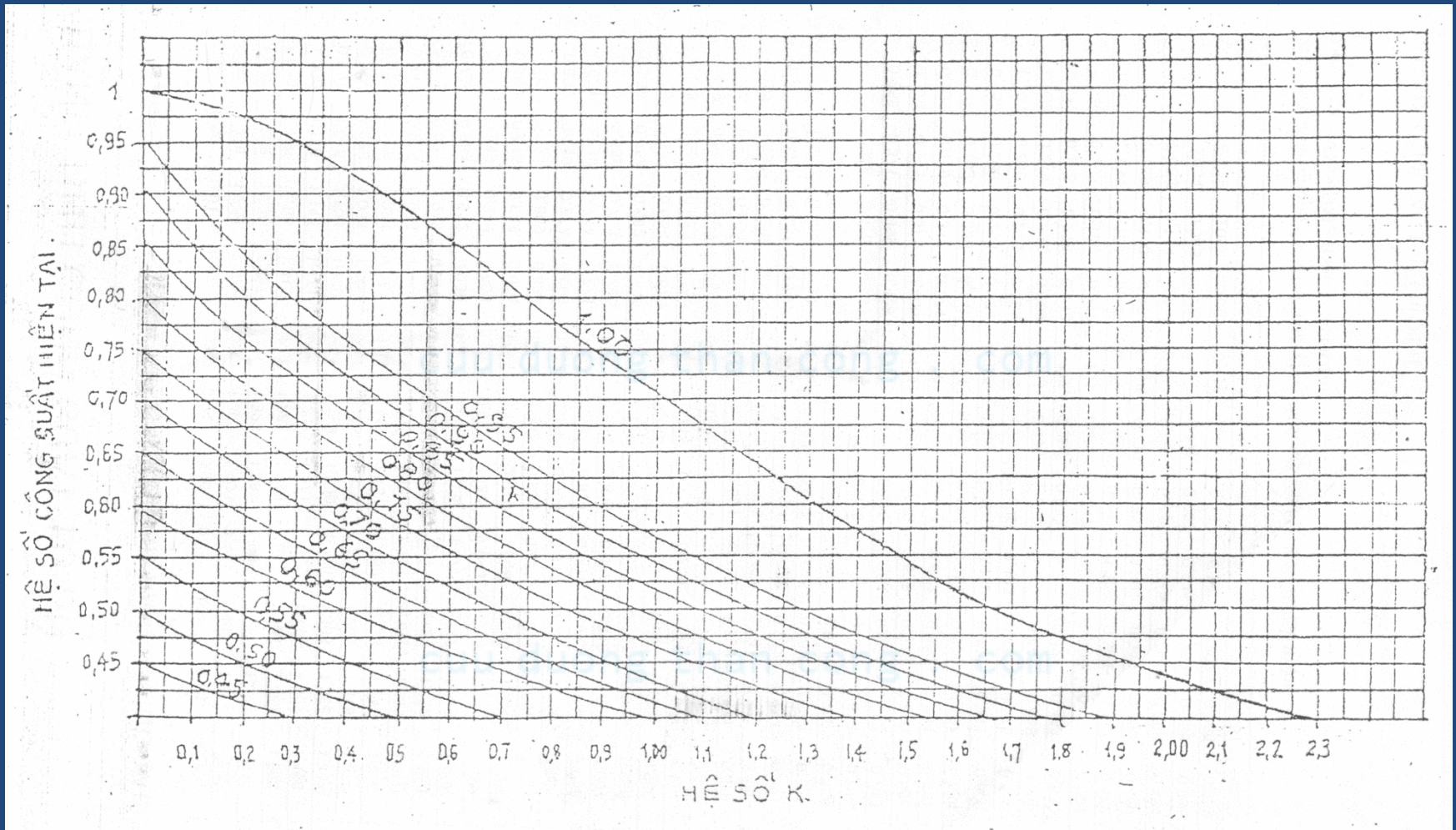
cuu duong than cong . com

Hệ số bù $K = (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$

CAPACITOR BANK SIZING TABLE

Cos φ	cos φ	0,80	0,85	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,60		0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51		0,916	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52		0,694	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,614
0,53		0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54		0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55		0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56		0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57		0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58		0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59		0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60		0,574	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76		0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77		0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,78		0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79		0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81			0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82			0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83			0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,646
0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,153	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Hệ số bù $K = (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$



Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.6. PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ

11.6.2. Vị trí lắp đặt thiết bị bù

Sau khi tính dung lượng bù và chọn thiết bị bù sao cho đạt hiệu quả kinh tế nhất, cần xác định vị trí lắp đặt thiết bị bù.

Máy bù đồng bộ thường có công suất lớn nên được đặt tập trung ở những vị trí quan trọng của hệ thống điện.

Ở xí nghiệp lớn, máy bù đồng bộ thường đặt ở phía **thanh góp cao áp của trạm biến áp.**

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.6. PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ

11.6.2. Vị trí lắp đặt thiết bị bù

11.6.2.1. Tự bù cao áp

- Có thể đặt tập trung ở thanh cái của trạm biến áp trung gian hoặc trạm phân phối, để dễ theo dõi vận hành và có khả năng tự động hóa việc điều chỉnh dung lượng bù.
- Bù tập trung ở mạng điện áp cao có ưu điểm là tận dụng hết khả năng bù của tụ điện, vận hành liên tục nên chúng phát ra công suất bù tối đa.
- Nhược điểm của phương án này là không bù được công suất phản kháng ở mạng điện điện áp thấp.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.6. PHÂN PHỐI DUNG LƯỢNG BÙ

11.6.2. Vị trí lắp đặt thiết bị bù

11.6.2.2. Tụ bù hạ áp

Tụ bù hạ áp được phân phối theo ba cách:

- Bù tập trung
- Bù nhóm
- Bù riêng lẻ

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

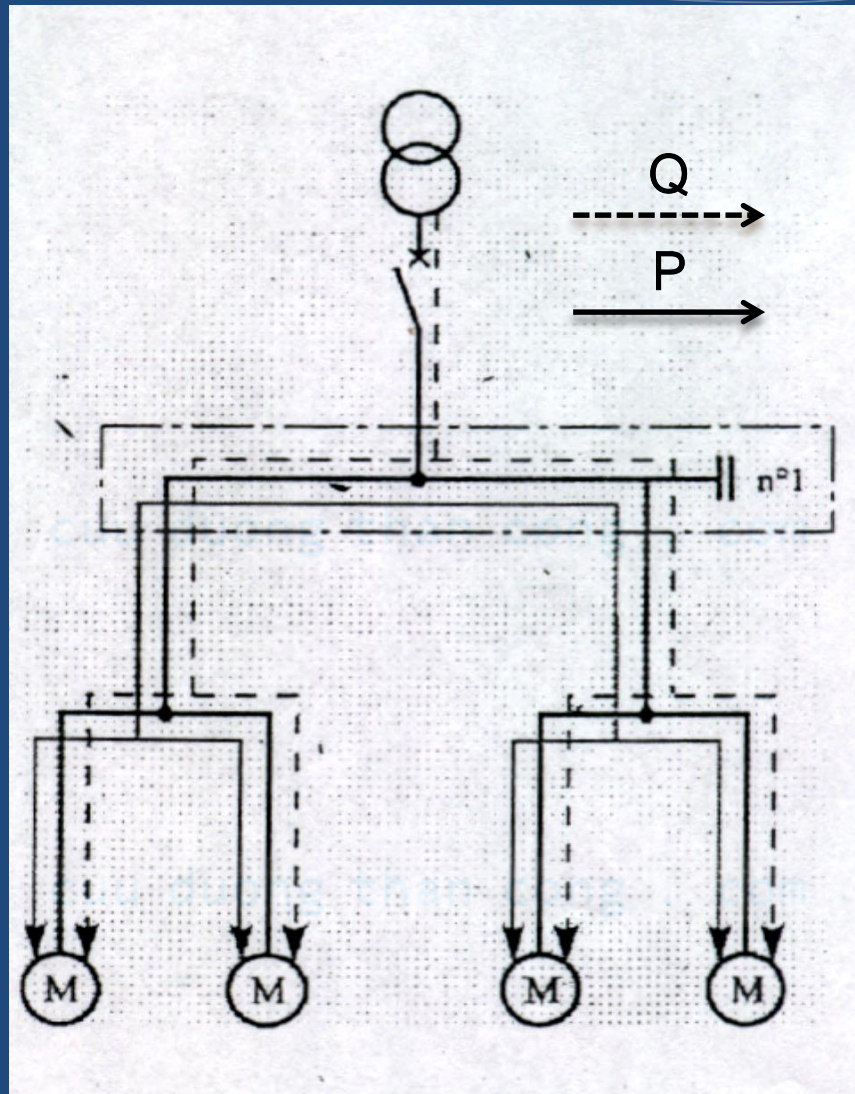
Bù tập trung là bù tại thanh góp hạ áp của trạm biến áp phân phối. Bù tập trung được áp dụng khi tải ổn định và liên tục.

Bù tập trung có ưu điểm: giảm tiền phạt do hệ số $\cos\varphi$ thấp, giảm công suất biểu kiến yêu cầu, do đó tăng khả năng mang tải cho máy biến áp.

Nhược điểm của bù tập trung: không cải thiện được kích cỡ của dây dẫn và tổn thất công suất trong máy biến áp.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

Bù tập trung



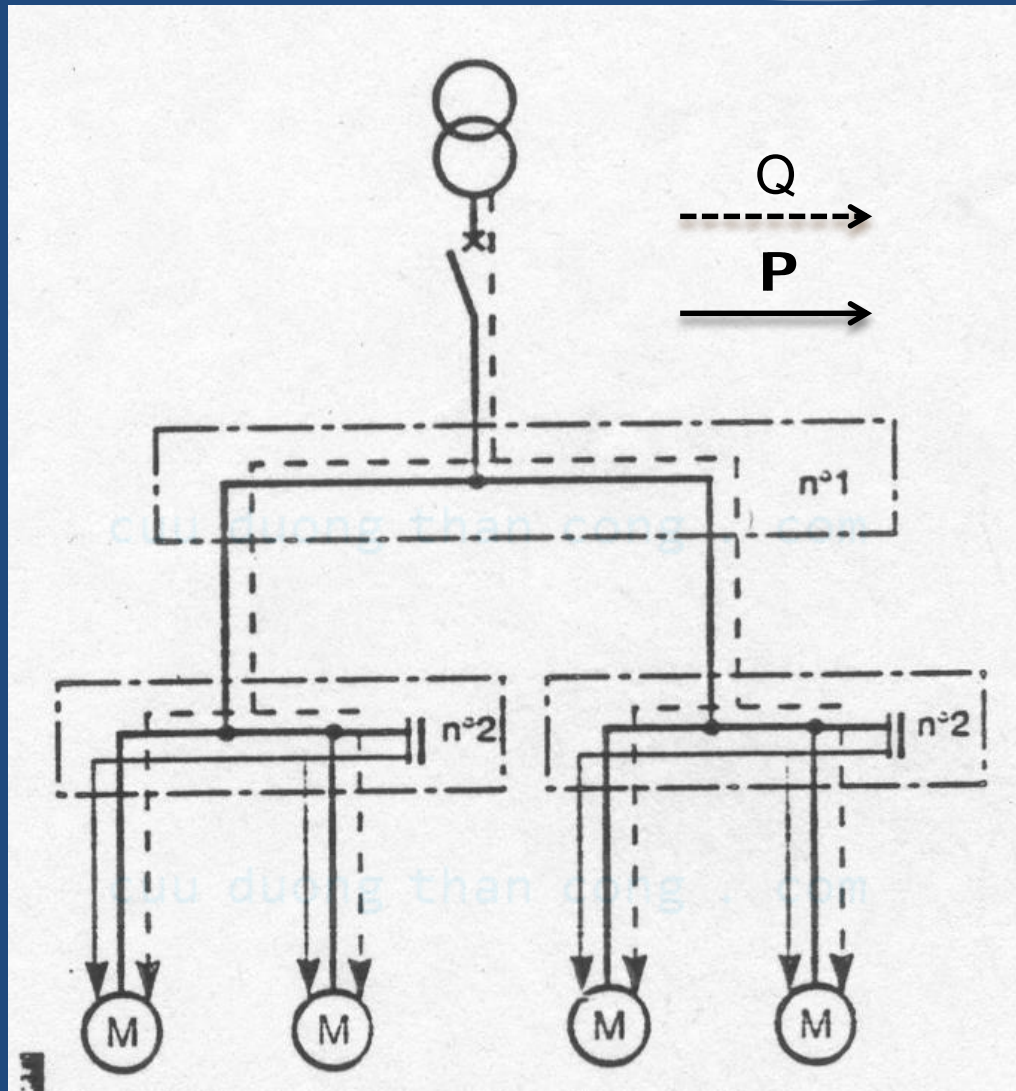
Sơ đồ bù tập trung

Bù nhóm là bù tại các tủ phân phối điện. Bù nhóm được sử dụng khi mạng điện quá lớn và khi chế độ tiêu thụ theo thời gian của các tủ phân phối điện thay đổi khác nhau.

Bù nhóm có ưu điểm: giảm tiền phạt do hệ số $\cos\varphi$ thấp, tăng khả năng mang tải của máy biến áp, tăng khả năng mang tải của các cáp nối từ trạm biến áp đến các tủ phân phối, giảm tổn thất công suất trong máy biến áp và trên các tuyến cáp này.

Nhược điểm của bù nhóm: không giảm được dòng điện phản kháng tiếp tục đi vào các dây dẫn xuất phát từ tủ phân phối đến các thiết bị.

Bù nhóm



Sơ đồ Bù nhóm

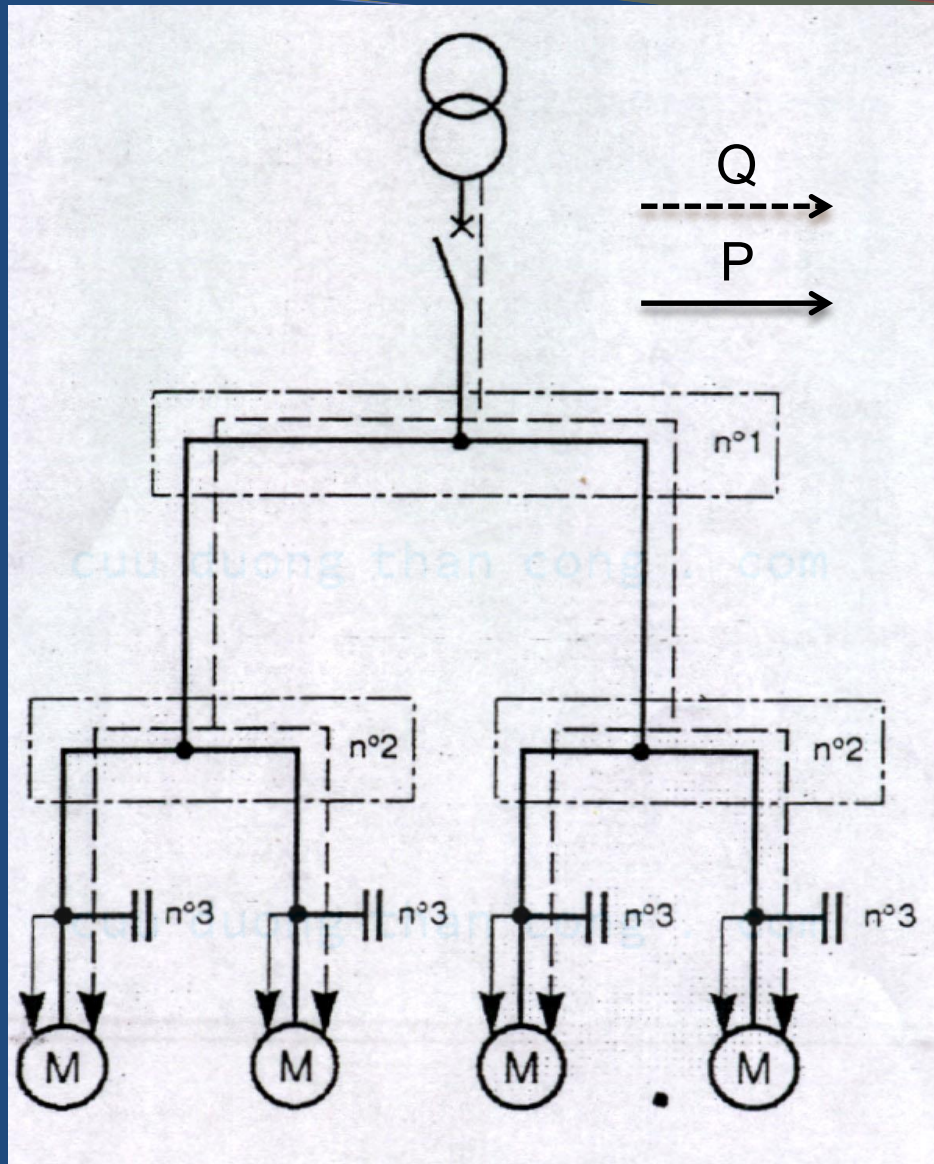
Bù riêng lẻ

Bù riêng lẻ là mắc bộ tụ trực tiếp vào đầu dây nối của thiết bị dùng điện có tính cảm (chủ yếu là động cơ). Bù riêng lẻ chỉ được xét đến khi công suất của động cơ đáng kể so với công suất của mạng điện.

Ưu điểm chính của bù riêng lẻ là các dòng điện phản kháng có giá trị lớn sẽ không còn tồn tại trong mạng điện.

cuu duong than cong . com

Bù riêng lẻ



Sơ đồ bù riêng lẻ

Khi bù tại đầu cực động cơ cần chú ý đến các điểm:

- Không bù tại đầu cực của các động cơ đặc biệt như động cơ thường xuyên đảo chiều quay, động cơ bước...
- Để tránh hiện tượng quá áp do tự kích thích, dung lượng bù tại đầu cực động cơ không được vượt quá giá trị Q_{bmax}

$$Q_{bmax} = 0,9\sqrt{3}I_0.U_n$$

Với: I_0 là dòng không tải của động cơ; U_n là điện áp dây của động cơ.

Do đó, tụ bù thường **được lắp sau** thiết bị đóng/cắt, điều khiển động cơ

Để đảm bảo hiệu quả bảo vệ của các thiết bị này cần điều chỉnh dòng bảo vệ quá tải theo biểu thức:

$$I^s = I^t \left(\frac{\cos\varphi^t}{\cos\varphi^s} \right)$$

Với: I^s , I^t lần lượt là dòng qua thiết bị bảo vệ trước và sau khi bù; $\cos\varphi^t$, $\cos\varphi^s$ lần lượt là $\cos\varphi$ trước và sau khi bù

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.1. Bù nền

Khi dung lượng bù nhỏ hay khi công suất phản kháng của phụ tải ít biến động theo thời gian thì thường sử dụng giải pháp bù nền.

Trường hợp này, các bộ tụ bù được đóng thường trực vào mạng điện.

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

Khi công suất phản kháng của phụ tải biến động nhiều theo thời gian hay dung lượng bù lớn thì có thể sử dụng giải pháp bù ứng động. Trường hợp này, **dung lượng bù sẽ được điều chỉnh cho phù hợp với tải phản kháng** để đạt được giá trị $\cos\varphi$ mong muốn tại mọi thời khoảng.

Việc điều chỉnh dung lượng bù thường được thực hiện với sự trợ giúp của các bộ cảm biến (hay các role), các bộ điều khiển lập trình và các bộ phận chấp hành.

cuuduongthancong.com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

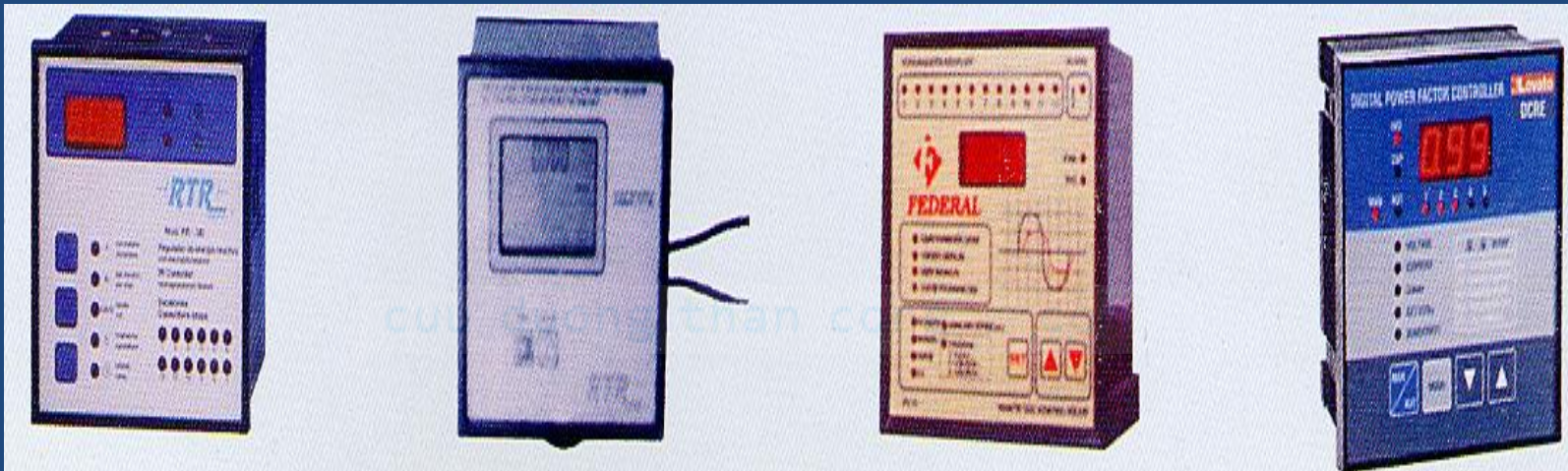


Tủ tự động bù
công suất
phản kháng

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động



Hệ thống điều khiển bù tự động

cuu duong than cong . com

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

- *Điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc thời gian*

Phương pháp này được thực hiện khi đồ thị phụ tải hàng ngày $Q(t)$ biến đổi theo một quy luật nhất định và người vận hành nắm vững đồ thị đó.

Dựa vào sự biến đổi của phụ tải phản kháng trong một ngày đêm mà người vận hành định ra chế độ đóng thêm hoặc cắt bớt tụ điện theo các thời khoảng định trước.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

- *Điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc điện áp*

Căn cứ vào giá trị điện áp tại nút khảo sát để tin hành điều chỉnh dung lượng bù với phần tử đo lường là các rơle điện áp. Nếu điện áp của nút khảo sát giảm thấp tức là mạng thiếu công suất phản kháng, cần đóng thêm tụ điện để làm việc. Ngược lại, khi điện áp vượt quá giá trị điện áp định mức cần phải ngắt bớt tụ điện vì khi đó mạng thừa công suất phản kháng.

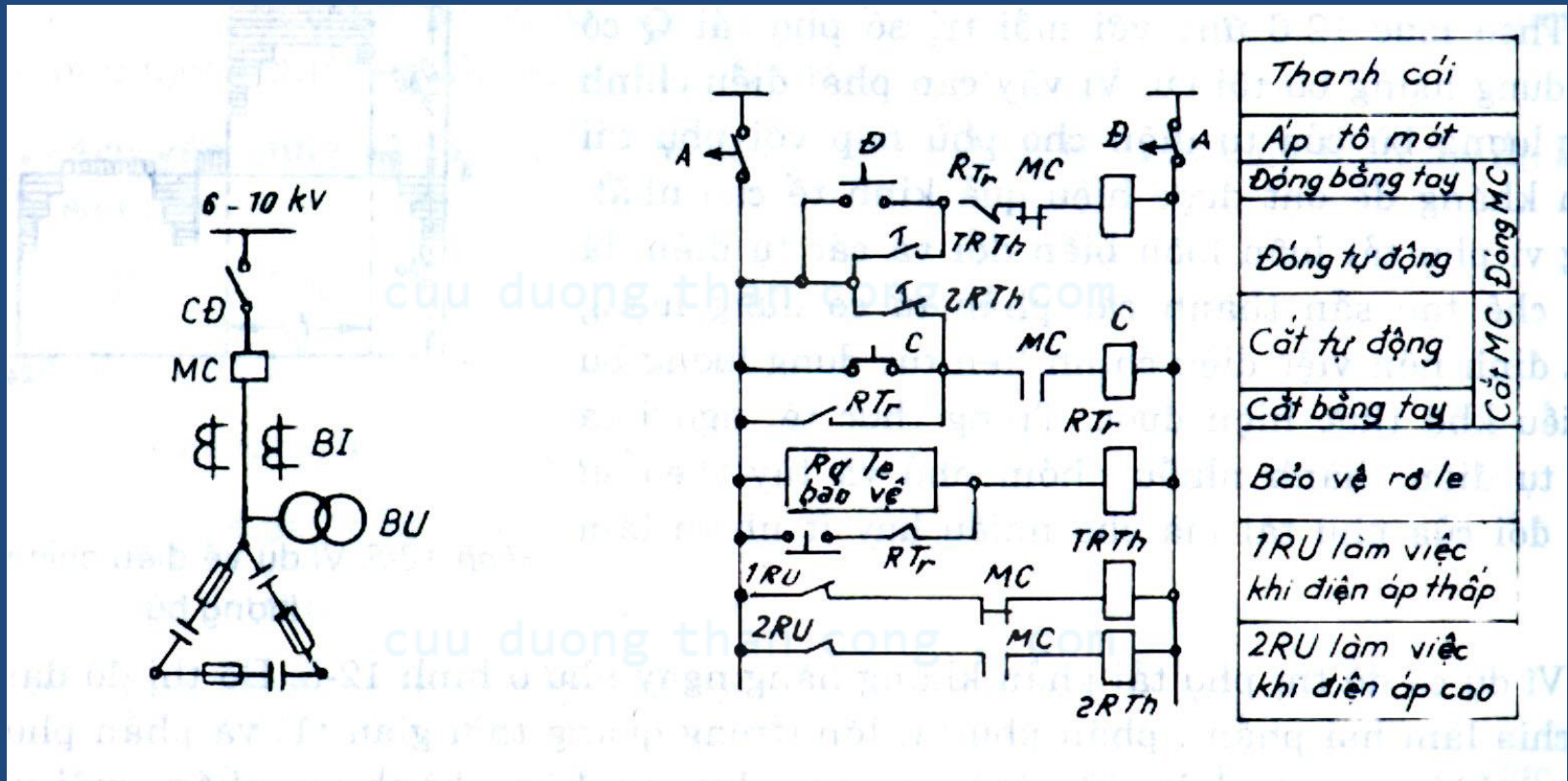
cuduongthancong.com

Phương pháp này vừa giải quyết được nhu cầu bù công suất phản kháng, nâng cao hệ số $\cos\varphi$ vừa có tác dụng ổn định điện áp nên được dùng phổ biến.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động



Sơ đồ điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc điện áp

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

- *Điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc dòng điện*

Nguyên tắc dòng điện được dùng khi phụ tải thường biến đổi đột ngột.

Khi dòng điện phụ tải tăng thì đóng thêm tụ vào làm việc, ngược lại khi dòng điện phụ tải giảm thì cắt bớt tụ điện.

Chương 11: NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT

11.7. ĐIỀU CHỈNH DUNG LƯỢNG BÙ

11.7.2. Bù ứng động

- *Điều chỉnh dung lượng bù theo nguyên tắc công suất phản kháng*

Nguyên tắc này thường được sử dụng trong trường hợp trạm biến áp ở cuối đường dây và xa nguồn.

Khi phụ tải cần công suất phản kháng của nguồn thì đóng thêm tụ điện vào làm việc, nếu ngược lại phải cắt bớt tụ điện.

[cuu duong than cong . com](http://cuuduongthancong.com)