

Chương 8:

Chất Lượng Điện Năng

I. Độ sụt áp

1. Khái niệm

Nếu điện áp đặt vào phụ tải không hoàn toàn đúng với điện áp định mức của thiết bị thì khi đó, thiết bị sẽ làm việc khác với các thông số định mức. Dòng điện có thể tăng lên, làm động cơ bị quá tải, công suất và mô men động cơ giảm, ... ảnh hưởng đến chất lượng hoạt động của thiết bị. Thậm chí, một số thiết bị không thể vận hành nếu điện áp quá thấp.

Độ lệch điện áp được định nghĩa

$$\delta U\% = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} \cdot 100 \quad (8.1)$$

Trong đó :

U : điện áp đặt vào phụ tải

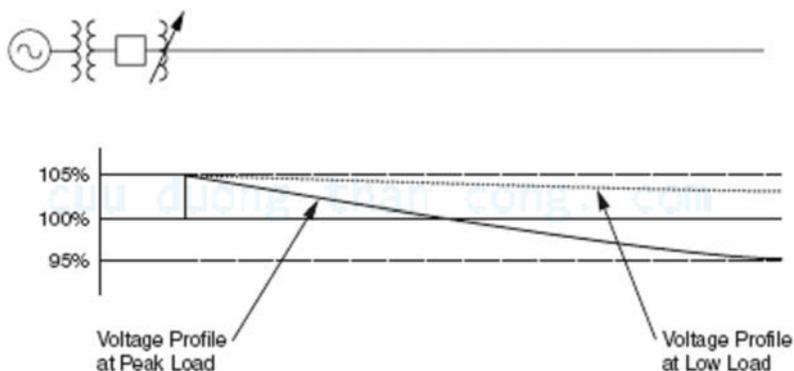
U_{dm} : điện áp định mức của phụ tải

Nguyên nhân gây ra độ lệch điện áp tại nơi tiêu thụ điện là do:

Bản thân các hộ tiêu thụ : Tải của các hộ tiêu thụ luôn thay đổi, dẫn đến phân bố công suất trong hệ thống điện thay đổi, và giá trị điện áp tại các nút trong hệ thống cũng thay đổi.

Hệ thống bị sự cố: Nhà máy điện, dây dẫn bị sự cố, gây quá tải cục bộ và làm cho điện áp giảm xuống.

Thay đổi phương thức vận hành của hệ thống : Thay đổi phương thức vận hành nhà máy, sơ đồ mạng điện, sẽ làm cho dòng phân bố công suất thay đổi.



Hình 8.1 Độ lệch điện áp theo tình trạng tải

Hình 8.1 thể hiện sự phân bố điện áp giảm dần từ nguồn đến tải, và sự thay đổi này phụ thuộc tùy theo tính chất của tải: Peak load – tải đỉnh và Low load – non tải.

Theo “ Quy trình trang bị điện”, quy định

Điện áp đặt trên cực động cơ nằm trong giới hạn $\pm 5\%$ so với điện áp định mức, trong trường hợp đặc biệt cho phép tăng điện áp đến $+10\%$. Đối với đèn thấp sáng sinh hoạt thì điện áp không được thấp hơn định mức là 2.5% đối với xí nghiệp, 5% đối với nhà ở. Trong trường hợp sự cố, điện áp trên đèn không được giảm quá -12% .

Theo luật điện lực, quy định

Về điện áp: trong điều kiện bình thường, độ lệch điện áp cho phép trong khoảng $\pm 5\%$ so với điện áp danh định của lưới điện và được xác định tại vị trí đặt thiết bị đo đếm điện hoặc tại vị trí khác do hai bên thoả thuận. Đối với lưới điện chưa ổn định sau sự cố, độ lệch điện áp cho phép từ $+5\%$ đến -10% ;

2. Ảnh hưởng của độ lệch điện áp

Chất lượng điện áp rõ ràng sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của các thiết bị sử dụng điện, đặc biệt là khi điện áp thấp.

a. Các thiết bị phát nhiệt

Các thiết bị sử dụng nguyên lý phát nóng của điện trở như : bóng đèn sợi đốt, máy nước nóng, bàn ủi, bếp điện, ... sẽ bị ảnh hưởng rất nhiều theo điện áp.

- Nhiệt độ phát ra giảm 10% khi điện áp giảm 10%
- Điện áp tăng cao \rightarrow quá nhiệt : gây hỏa hoạn , ảnh hưởng đến tuổi thọ thiết bị.

b. Các động cơ điện

Hoạt động của các động cơ điện sẽ bị ảnh hưởng khi có sự thay đổi điện áp.

- Ảnh hưởng đến quá trình khởi động động cơ
- Điện áp giảm sẽ làm dòng động cơ tăng : quá tải, quá nhiệt.
- Ảnh hưởng đến quá trình vận hành động cơ do các thiết bị bảo vệ điện áp hoạt động

c. Các thiết bị điện tử

Các thiết bị điện tử như tivi, máy tính, đầu thu,... bị ảnh hưởng khi điện áp thay đổi

- Điện áp thấp làm giảm chất lượng các thiết bị : màu sắc, âm thanh, ..
- Ảnh hưởng lớn đến tuổi thọ của các thiết bị

Ví dụ : Khi bị quá áp 5% , tuổi thọ bóng đèn hình tivi giảm 50%



Hình 8.2 Thiết bị điện tử

3. Các biện pháp điều chỉnh điện áp

Có rất nhiều biện pháp cho phép cải thiện chất lượng điện áp, cụ thể gồm

- Thay đổi đầu phân áp của các MBA
- Thay đổi cấu trúc hệ thống

- Tăng tiết diện dây dẫn
- Tăng điện áp hệ thống
- Lắp đặt tụ bù trên đường dây
- Xây dựng các trạm mới
- Lắp đặt các thiết bị điều chỉnh điện áp

Trong giáo trình này, chúng ta chỉ tìm hiểu phương pháp thay đổi đầu phân áp của MBA và phương pháp lắp đặt tụ bù trên đường dây.

4. Điều chỉnh đầu phân áp của MBA

Đầu phân áp của MBA chủ yếu dùng để điều chỉnh điện áp của các MBA điện lực và trong một số trường hợp dùng để điều chỉnh góc pha. Trong hệ thống phân phối, đầu phân áp chủ yếu dùng để duy trì một điện áp không đổi phía thu cấp khi điện áp phía sơ cấp thay đổi.

Có nhiều loại điều chỉnh đầu phân áp của MBA, tùy thuộc vào cấp điện áp sử dụng và công suất của MBA. Đầu phân áp thường được đặt phía điện áp áp cao của MBA, khi đó các tiếp điểm chỉ phải chịu dòng điện nhỏ, cũng như thao tác chuyển đầu phân áp ít phát sinh hồ quang.

MBA có đầu phân áp không thuộc loại điều áp dưới tải, khi cần thay đổi đầu phân áp bắt buộc phải cô lập MBA ra khỏi hệ thống. Do đó không thể thay đổi thường xuyên đầu phân áp, mà cần tính toán chọn một đầu phân áp thỏa mãn được yêu cầu về điện áp tại các hộ tiêu thụ điện trong các tình trạng khác nhau của phụ tải (cực đại và cực tiểu).

Xét một MBA giảm áp, ví dụ 110/15 kV, là loại máy được sử dụng để biến đổi điện áp từ cấp truyền tải 110kV xuống cấp phân phối là 15kV. MBA có phía cao áp là phía (a), phía hạ áp là (b), có nấc điều chỉnh phân áp phía cao áp.



Hình 8.3 MBA giảm áp

Tỉ số biến áp của MBA là

$$n = \frac{U_{pa}}{U_{kt}} \quad (8.2)$$

Với :

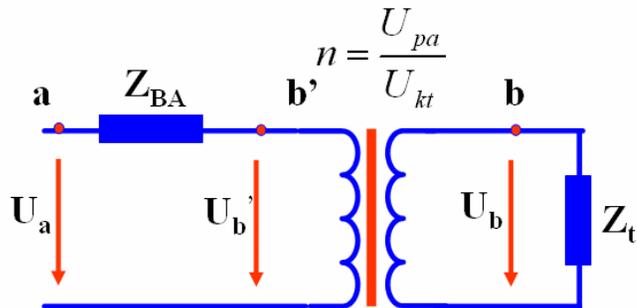
U_{pa} : Điện áp tương ứng của đầu phân áp được ghi trên nhãn máy

U_{kt} : Điện áp không tải của MBA, phụ thuộc điện áp ngắn mạch %

$$U_{n\%} \geq 7.5 \% : U_{kt} = 1.1 U_{đm}$$

$$U_{n\%} < 7.5 \% : U_{kt} = 1.05 U_{đm}$$

Sơ đồ thay thế tính toán được cho như sau



Hình 8.4 Sơ đồ thay thế MBA giảm áp

MBA giảm áp có đầu phân áp được thay thế bằng một MBA lý tưởng có tỉ số biến áp n mắc nối tiếp với một tổng trở của MBA. Giả sử rằng tổng trở Z_{BA} không thay đổi khi thay đổi đầu phân áp.

Điện áp quy đổi phía thứ cấp về sơ cấp $U_{b'}$,

$$U_{b'} = U_a - \Delta U_{BA} \quad (8.3)$$

Đồng thời, xét MBA lý tưởng:

$$\frac{U_{b'}}{U_b} = \frac{U_{pa}}{U_{kt}} = n \quad (8.4)$$

Suy ra điện áp cần chọn

$$U_{pa} = \frac{U_{kt}}{U_b} [U_a - \Delta U_{BA}] \quad (8.5)$$

Trong thực tế, tải thường có 2 chế độ làm việc :

Chế độ phụ tải cực đại ứng với công suất S_{\max}

$$U_{pa1} = \frac{U_{kt}}{U_b^{(1)}} [U_a^{(1)} - \Delta U_{BA}^{(1)}] \quad (8.6)$$

Chế độ phụ tải cực tiểu ứng với công suất S_{\min}

$$U_{pa2} = \frac{U_{kt}}{U_b^{(2)}} [U_a^{(2)} - \Delta U_{BA}^{(2)}] \quad (8.7)$$

Chọn đầu phân áp trung bình:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} \quad (8.8)$$

Ví dụ :

MBA 1800KVA 35±2x2.5%/10.5kV, $\Delta P_N = 24kW$, $U_{n\%} = 6.5\%$. Phụ tải định mức : $S = 1680 KVA$, $\cos\varphi = 0.8$

Phụ tải cực đại : Tải định mức

$U_b^{(1)} = 9.7kV$, $U_a^{(1)} = 34kV$

Phụ tải cực tiểu : Tải định mức

$$U_b^{(1)} = 9.9kV, U_a^{(1)} = 36.3kV$$

Chọn đầu phân áp cho MBA

5. Bù trên đường dây

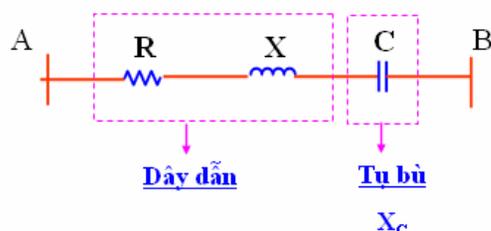
a. Bù dọc trên đường dây

Một cách gần đúng, tổn thất điện áp trên đường dây tỉ lệ tuyến tính với cảm kháng đường dây, do đó để điều chỉnh điện áp đường dây, ta điều chỉnh thay đổi giá trị cảm kháng đường dây.

Điện kháng đường dây là hàm số logarit của kích thước đường dây, do đó, nó chỉ thay đổi rất ít theo sự thay đổi của kích thước này. Ngoài ra, việc thay đổi kích thước đường dây khó thực hiện do chi phí đầu tư cao. Còn biện pháp mắc thêm các đường dây song song rõ ràng là cũng không kinh tế.

Do đó, người ta có thể sử dụng bù dọc đường dây như là một phương pháp đơn giản để tăng khả năng tải, giảm tổn thất điện áp trên đường dây.

Sơ đồ thay thế của đường dây sau khi gắn tụ bù dọc.



Hình 8.5 Bù dọc trên đường dây

Công thức tính độ sụt áp sau khi gắn tụ

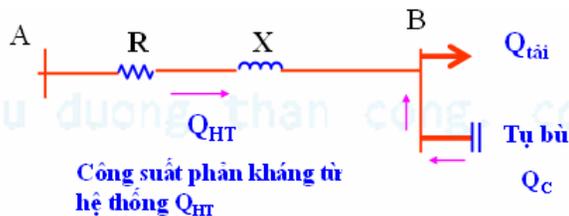
$$\Delta U = \frac{PR + Q(X - X_C)}{U_{dm}} \quad (8.9)$$

Công thức để tính dung kháng bộ tụ bù:

$$X_C = X - \frac{U \cdot \Delta U - P \cdot R}{Q} \quad (8.10)$$

b. Bù ngang trên đường dây

Mục đích của bù ngang trên đường dây là thay đổi dòng công suất phản kháng tại thanh cái.



Hình 8.6 Bù ngang trên đường dây

Công thức tính độ sụt áp sau khi gắn tụ

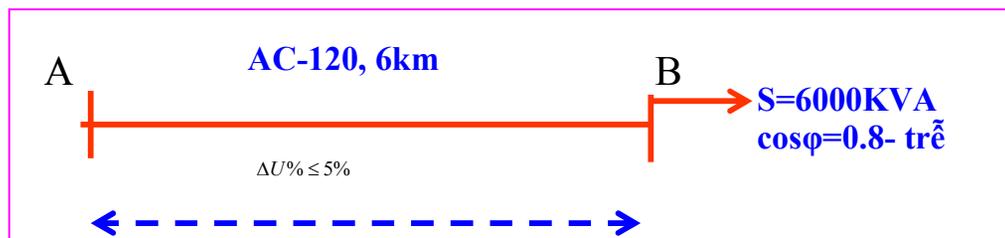
$$\Delta U = \frac{PR + (Q - Q_C)X}{U_{dm}} \quad (8.11)$$

$$Q_C = Q - \frac{U \cdot \Delta U - P \cdot R}{X} \quad (8.12)$$

Ví dụ : Cho đường dây 15kV, AC-120, 6km có $r_0 = 0.27$, $x_0 = 0.327$.

Tải $S_t = 6000\text{KVA}$, $\cos\varphi = 0.8$ trễ.

Yêu cầu tổn hao điện áp trên đường dây $< 5\%$



1. Tính dung lượng tụ bù dọc đặt cuối đường dây

1. Tính dung lượng tụ bù ngang đặt tại thanh cái tải

3. So sánh hệ số công suất nguồn trước khi bù và sau khi bù (so sánh 3 giá trị)

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com

II. Bù công suất phản kháng

Một tải tiêu thụ công suất P-kW và Q-kVAr sẽ có hệ số công suất

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (8.13)$$

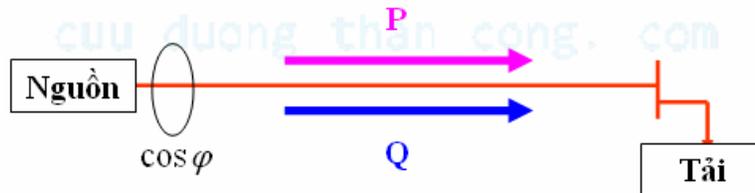
Tất cả các máy điện và thiết bị điện AC chứa các phần tử biến đổi điện từ đều cần dòng điện phản kháng tạo từ thông. Hay nói cách khác, chúng đòi hỏi phải được cung cấp công suất phản kháng cho chúng, ngoài công suất thực.

Những thiết bị tiêu thụ nhiều công suất phản kháng gồm:

Máy móc thiết bị	cosφ
Động cơ không đồng bộ	0.55-0.85
Đèn huỳnh quang, không tụ	0.50-0.93
Máy hàn hồ quang	0.5-0.9
Lò hồ quang	0.8-0.85

Bảng 8.1 Các thiết bị sử dụng công suất phản kháng

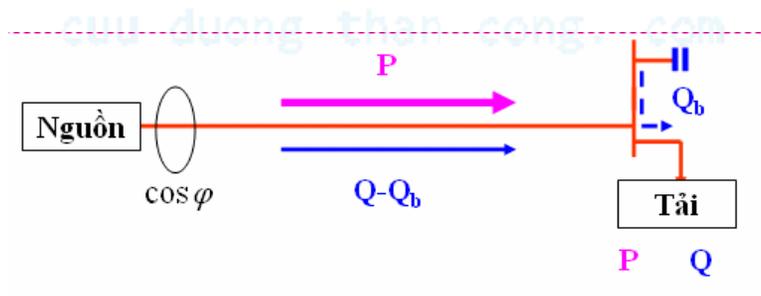
Do đó, cần thiết phải cung cấp công suất phản kháng Q cho tải



Hình 8.7 Cung cấp công suất cho tải

Việc giảm hệ số $\cos \varphi$ tương ứng với việc giảm công suất phản kháng Q truyền trên đường dây

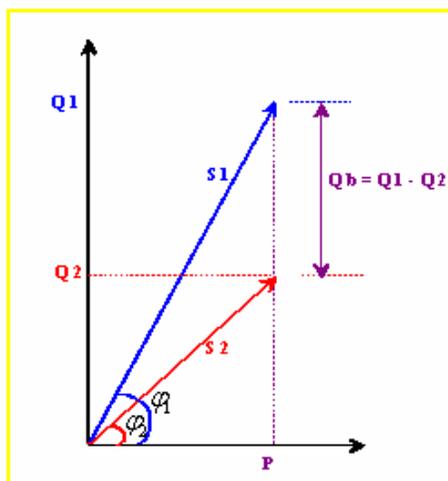
Nguyên lý bù công suất phản kháng : Công suất tác dụng P từ nguồn vẫn cung cấp cho tải, trong khi đó, công suất phản kháng cung cấp cho tải được lấy từ 2 nguồn : Q_b từ tụ bù và $(Q-Q_b)$ từ nguồn.



Hình 8.8 Bù công suất phản kháng

Việc bù sẽ làm giảm được lượng công suất phản kháng Q phải truyền trên đường dây

Việc bù công suất phản kháng đồng nghĩa với việc nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$



Hình 8.9 Mối quan hệ giữa bù công suất phản kháng và $\cos\varphi$

Q truyền trên đường dây giảm \rightarrow góc φ giảm \leftrightarrow tức $\cos\varphi$ sẽ tăng lên

2. Ý nghĩa và mục đích của việc nâng cao $\cos\varphi$

a. Giá trị về mặt kinh tế - giảm tiền điện phải trả

Theo “ Nghị định của chính phủ số 105/2005/nđ-cp ngày 17/08/2005 quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của luật điện lực”

“Điều 9. Chất lượng điện năng

...

2. Bên mua điện để sản xuất, kinh doanh, dịch vụ có công suất sử dụng cực đại từ 80 kW hoặc máy biến áp có dung lượng từ 100 kVA trở lên có trách nhiệm:

a) Đăng ký biểu đồ phụ tải và đặc tính kỹ thuật công nghệ của thiết bị sử dụng điện với bên bán điện;

b) Đảm bảo hệ số $\cos\varphi \geq 0,85$ tại điểm đặt thiết bị đo đếm điện trong điều kiện hệ thống điện đảm bảo chất lượng điện năng theo quy định tại khoản 1 Điều này;

c) Lắp đặt thiết bị bù công suất phản kháng trong trường hợp hệ số $\cos\varphi < 0,85$ để nâng hệ số $\cos\varphi \geq 0,85$ hoặc mua thêm công suất phản kháng trên hệ thống điện của bên bán điện.

3. Trường hợp bên mua điện có khả năng phát công suất phản kháng lên hệ thống điện, hai bên có thể thỏa thuận việc mua, bán công suất phản kháng thông qua hợp đồng.

...”

Công thức để tính $\cos\varphi$

$$\cos\varphi = \frac{A_p}{\sqrt{A_p^2 + A_q^2}} \quad (8.14)$$

Tiền mua công suất phản kháng

$$T_q = T_a \times k \% \quad (8.15)$$

T_q : Tiền mua công suất phản kháng

T_a : Tiền mua điện năng tác dụng

k: Hệ số bù đắp chi phí, được xác định theo bảng sau

TT	(cosφ)	k (%)	STT	cosφ	k (%)
1	0,85	0	15	0,71	19,72
2	0,84	1,19	16	0,70	21,43
3	0,83	2,41	17	0,69	23,19
4	0,82	3,66	18	0,68	25,00
5	0,81	4,94	19	0,67	26,87
6	0,80	6,25	20	0,66	28,79
7	0,79	7,59	21	0,65	30,77
8	0,78	8,97	22	0,64	32,81
9	0,77	10,39	23	0,63	34,92
10	0,76	11,84	24	0,62	37,10
11	0,75	13,33	25	0,61	39,34
12	0,74	14,86	26	0,60	41,67
13	0,73	16,44	27	Dưới 0,60	44,07
14	0,72	18,06			

Ví dụ

Xác định chi phí mua công suất phản kháng cho một xí nghiệp có chỉ số điện năng tiêu thụ :

Thời gian	kWh	KVArh	Đồng / kWh
Giờ bình thường	3000	2900	860
Giờ thấp điểm	1200	750	480
Giờ cao điểm	500	450	1715

b. Tối ưu hóa kinh tế, kỹ thuật

Việc nâng cao hệ số công suất sẽ dẫn đến các lợi ích về kỹ thuật như sau:

Tăng khả năng mang tải của MBA, dây dẫn, cáp hay thiết bị đóng cắt.

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U} \quad (8.16)$$

Giảm tổn thất công suất, tổn thất điện áp trên dây dẫn

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_{(P)} + \Delta P_{(Q)} \quad (8.17)$$

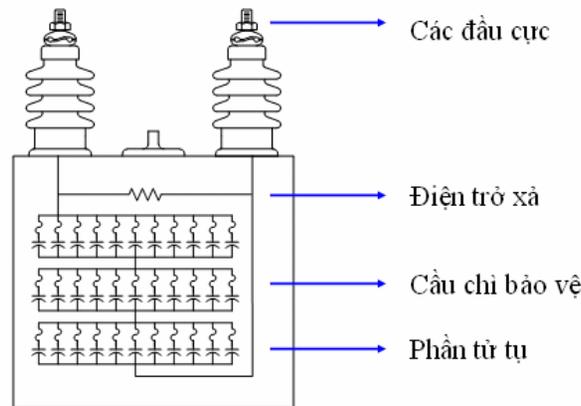
$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_{(P)} + \Delta U_{(Q)} \quad (8.17)$$

3. Các thiết bị bù công suất phản kháng

Trong hệ thống cung cấp điện sử dụng các tụ bù để bù công suất phản kháng.

a. Cấu tạo tụ bù

Cấu tạo một tụ bù điển hình như sau:



Hình 8.10 Cấu tạo tụ bù

Các đầu cực dùng để đấu nối với nguồn điện, sơ đồ đấu nối tùy thuộc sơ đồ đầu Y hay Δ của tụ bù.

Điện trở xả: Tiêu tán điện tích được tích trên các bản cực của tụ điện khi nguồn điện cấp cho tụ bù bị mất.

Cầu chì bảo vệ: Bảo vệ cho các phân tử tụ, các phân tử tụ được nối song song nên khi một phân tử nào đó bị sự cố, nó sẽ bị cô lập bởi cầu chì của nó.

b. Công suất của tụ bù:

Công suất của tụ phụ thuộc vào điện áp

$$Q_0 = Q_R \left(\frac{U_0}{U_R} \right)^2 \quad (8.18)$$

Q_0 = Operating Reactive Power – công suất phản kháng tại điện áp vận hành

Q_R = Rated Reactive Power – công suất phản kháng định mức

V_0 = Operating Voltage - điện áp vận hành

V_R = Rated Voltage - điện áp định mức

Công suất của tụ phụ thuộc vào tần số :

$$Q_0 = Q_R \left(\frac{f_0}{f_R} \right) \quad (8.19)$$

Q_0 = Operating Reactive Power

$Q_R =$ Rated Reactive Power

$f_O =$ Operating Frequency

$f_R =$ Rated Frequency

Ví dụ:

Cho tụ bù có công suất 100KVAR, 12.7 kV. Xác định dòng điện vận hành của tụ

- a. Điện áp vận hành 12.7 kV
- b. Điện áp vận hành 8.66 kV

Ví dụ:

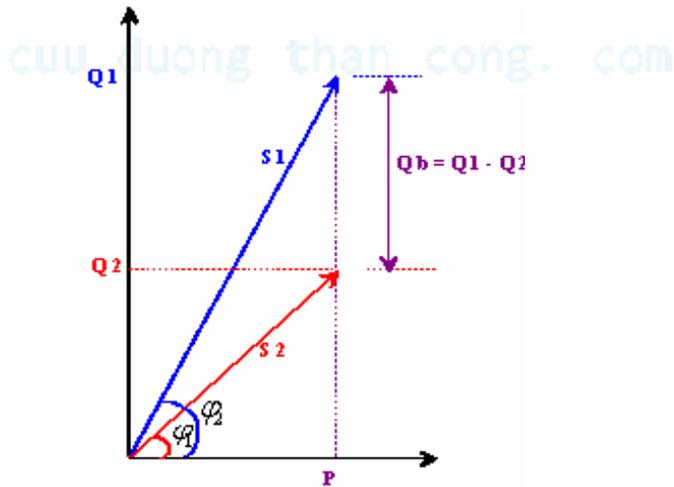
Cho tụ bù có công suất 100KVAR, 12.7 kV. Xác định dòng điện vận hành của tụ

- a. Điện áp vận hành 12.7 kV
- b. Điện áp vận hành 8.66 kV

4. Xác định dung lượng bù

a. Trường hợp tổng quát

Chúng ta cần xác định dung lượng bù Q_b sao cho nâng hệ số công suất từ $\cos\varphi_1$ lên giá trị $\cos\varphi_2$



Ứng với $\cos\varphi_1$:

$$Q_1 = P \tan \varphi_1$$

Ứng với $\cos\varphi_2$:

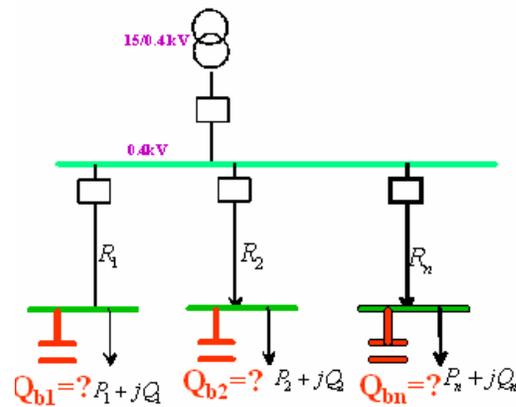
$$Q_2 = P \tan \varphi_2$$

Công suất cần bù để nâng hệ số công suất từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi_2$:

$$Q_b = Q_1 - Q_2 = P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2 = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

b. Trường hợp nhiều vị trí

Xác định dung lượng bù tối ưu $Q_{b,i}$ tại các tủ phân phối sao cho hệ số công suất tại thanh cái TBA tăng từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi_2$



Các bước xác định dung lượng bù tối ưu tại các tủ phân phối

$$R_{td} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

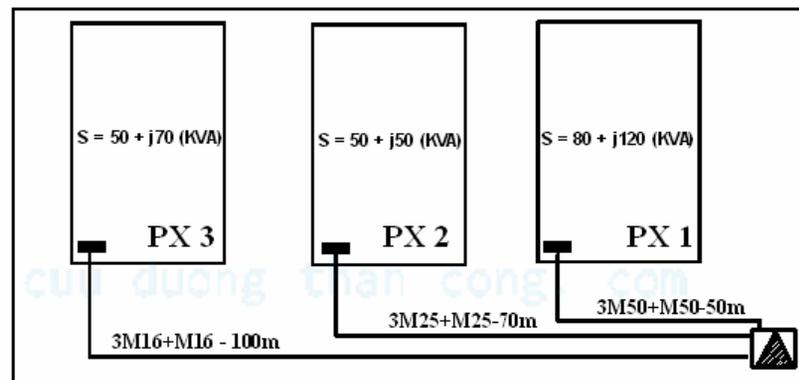
$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$Q_{b\Sigma} = P_{\Sigma}(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$

Công thức xác định dung lượng bù tối ưu tại các tủ phân phối

$$Q_{b,i} = Q_i - (Q_{\Sigma} - Q_{b\Sigma}) \frac{R_{td}}{R_i}$$

Ví dụ: Xác định dung lượng bù tối ưu tại các tủ phân phối sao cho hệ số công suất tại thanh cái MBA là 0.95. Cho tụ bù : 20,30kVAr



Cho $r_{0-50} = 0.387$, $r_{0-25} = 0.727$, $r_{0-16} = 1.15 \Omega/km$

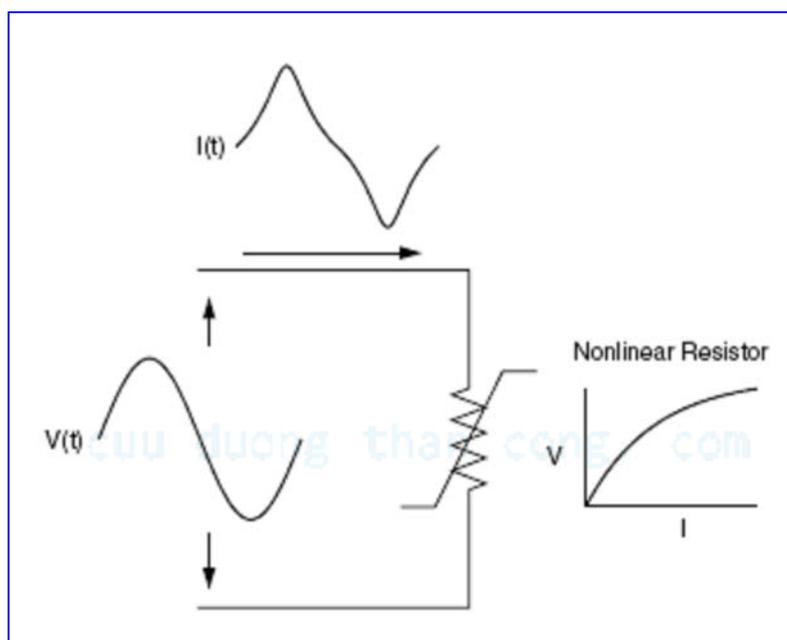
III. Sóng hài

1. Khái niệm về sóng hài

a. Khái niệm

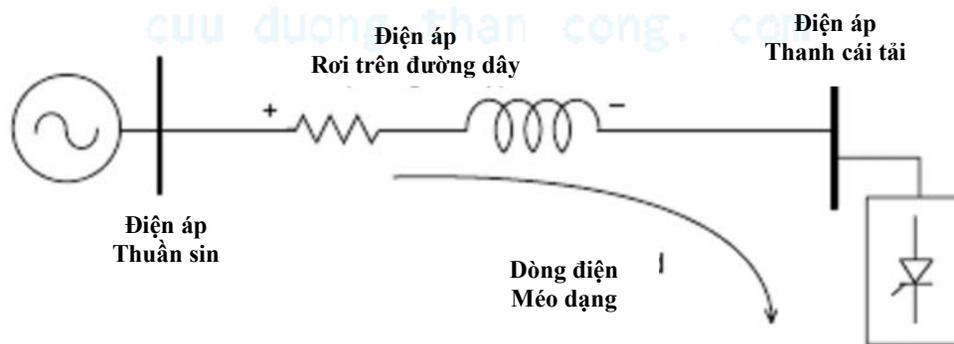
Trong hệ thống lý tưởng, điện áp được cung cấp tới thiết bị của khách hàng, và thông thường đây là điện áp thuần sin.

Nếu tải là loại tải tuyến tính (U và I tỉ lệ tuyến tính), thì dòng điện tải cũng tuyến tính, và khi đó điện áp trong hệ thống cũng là điện áp thuần sin. Tuy nhiên, trong thực tế tồn tại rất nhiều loại tải phi tuyến – nonlinear load, đó là loại tải mà U và I có các mối quan hệ phức tạp, không phải là tuyến tính. Ví dụ chúng ta quan sát dạng sóng điện áp và dòng điện của một tải phi tuyến điện trở theo hình dưới.



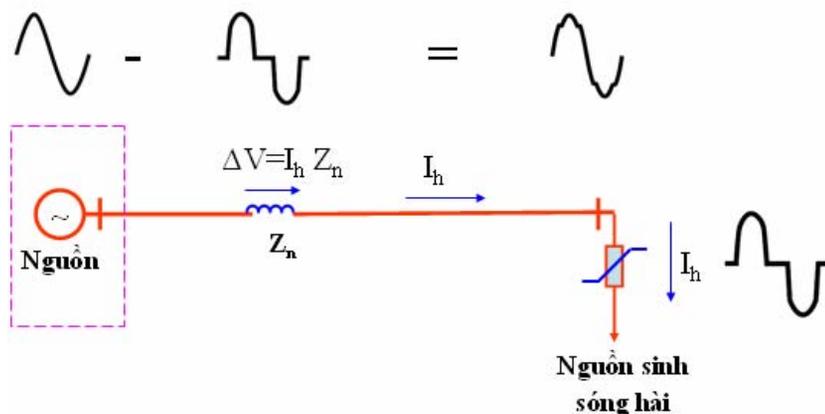
Hình 8. Điện áp và dòng điện tải phi tuyến

Giả sử nguồn điện thuần sin được cấp cho một phụ tải là một tải phi tuyến, ví dụ như bộ chỉnh lưu cầu 1 pha. Dễ dàng nhận thấy rằng đặc điểm của bộ chỉnh lưu cầu 1 pha là dòng điện sẽ không thuần sin, hay nói cách khác là bị méo dạng. Dây dẫn nối giữa tải và nguồn có một giá trị điện trở và điện kháng nào đó như hình vẽ.



Hình 8. Hệ thống tải phi tuyến

Ta có sơ đồ tương đương



Hình 8. Mô hình hệ thống tải phi tuyến

Dòng điện tải bị méo dạng I_h sẽ tạo ra trên dây dẫn một điện áp rơi bị méo dạng $\Delta V = I_h Z_n$

Do đó, điện áp tại thanh cái tải sẽ bằng điện áp nguồn trừ điện áp rơi trên dây dẫn và rõ ràng điện áp này là một điện áp bị méo dạng. Cũng tương tự như vậy, bất kỳ một điểm nào trên hệ thống cũng sẽ có điện áp bị méo dạng. Và cũng có thể nói rằng, trong thực tế hầu như các dạng sóng điện áp đều không thuần sin.

Theo lý thuyết phân tích Fourier, một dạng sóng bất kỳ $v(t)$ được phân tích thành các thành phần :

$$v(t) = V_0 + \sum (a_k \cos kw t + b_k \sin kwt) , \text{ với } k=1 \text{ đến } \infty$$

Hay

$$v(t) = V_0 + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \sin(k\omega_0 t + \phi_h)$$

Trong đó:

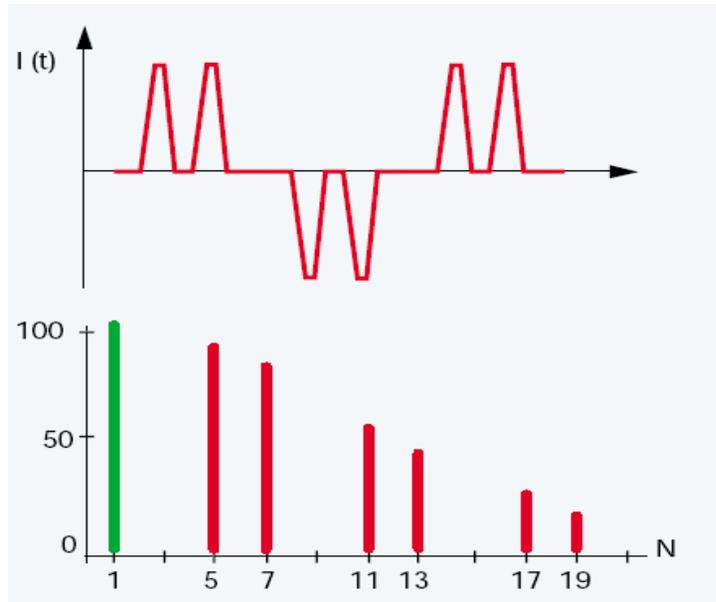
$$\omega_0 = 2\pi / T = 2\pi \cdot f_0 : \text{ tần số góc cơ bản}$$

Với các hệ số được xác theo công thức:

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} v(t) \cos kw_0 t . dt , (k = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} v(t) \sin kw_0 t . dt , (k = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Như vậy, nếu áp dụng phương pháp phân tích Fourier cho một dạng sóng bị méo dạng, ta có thể tách nó thành các thành phần thuần sin. Có thể xem kết quả phân tích Fourier một dòng điện không sin như hình dưới, chúng ta thấy các thành phần ngoài tần số cơ bản có giá trị khá lớn.



Hình 8. Kết quả phân tích Fourier dòng điện không sin.

Tóm lại , một dạng sóng bị méo dạng bởi vì ngoài thành phần cơ bản(ví dụ 50Hz hay 60Hz), nó còn chứa các thành phần **ngoài tần số cơ bản** . Những thành phần này được gọi là họa tần hay là **sóng hài**.

Ví dụ, chúng ta có các thành phần của một dạng sóng sau:

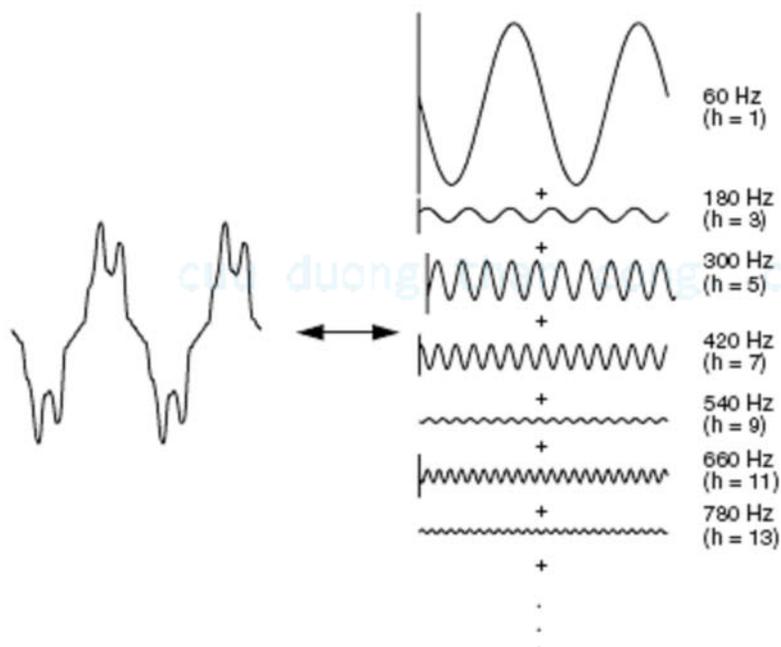
Thành phần cơ bản $f=60\text{Hz}$, biên độ 220

Thành phần bậc 3, $f=180\text{Hz}$, biên độ 5

Thành phần bậc 5, $f=300\text{Hz}$, biên độ 15

.....

Khi đó, dạng sóng tổng hợp của các thành phần trên sẽ bị méo dạng như hình vẽ



Hình 8. Tổng hợp các thành phần thành một dạng sóng méo dạng

Hài bậc n của một thành phần cơ bản tần số f_1 (ví dụ 50Hz, 60Hz) là thành phần mà nó có tần số f_n :
 $f_n = n \times f_1$

Nếu $n=0$, tương ứng với thành phần DC của dạng sóng.

$n = 1,3,5,7,\dots$: thành phần hài lẻ

$n = 2,4,6,8,\dots$: thành phần hài chẵn.

b. Các tham số của sóng hài

Độ méo dạng sóng hài toàn phần (THD)

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} F_i^2}}{F_1}$$

Với F_i là biên độ của hài thứ i, và F_1 là biên độ của hài cơ bản.

Độ méo dạng sóng hài từng phần (IHD)

$$IHD = \frac{F_i}{F_1}$$

Trị hiệu dụng tổng (RMS)

$$RMS = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} F_i^2}$$

Ví dụ :

Cho kết quả phân tích của một sóng hài :

$$RMS=40$$

$$I_1 = 10$$

$$I_3 = 2.3$$

$$I_5 = 2$$

$$I_7 = 1.8$$

$$I_9 = 2.3$$

Xác định :

THD

IHD

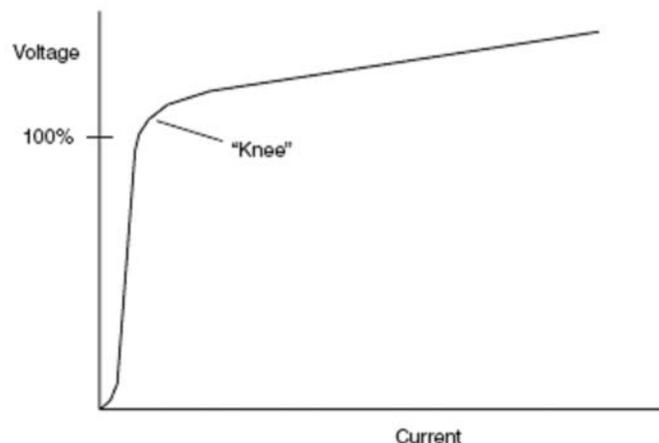
2. Các nguồn sinh sóng hài

Có nhiều cách để phân loại nguồn tạo ra sóng hài, trong giáo trình này, chúng ta có thể tạm chia thành 2 loại như sau:

a. Cả tải truyền thống phi tuyến

Một nhóm các loại tải phi tuyến truyền thống hay thường gặp là các động cơ, máy biến áp, ... đặc điểm của các loại tải phi tuyến này là do mạch từ gây ra.

Nguyên nhân là do đặc tính từ hóa không tuyến tính của lõi thép.

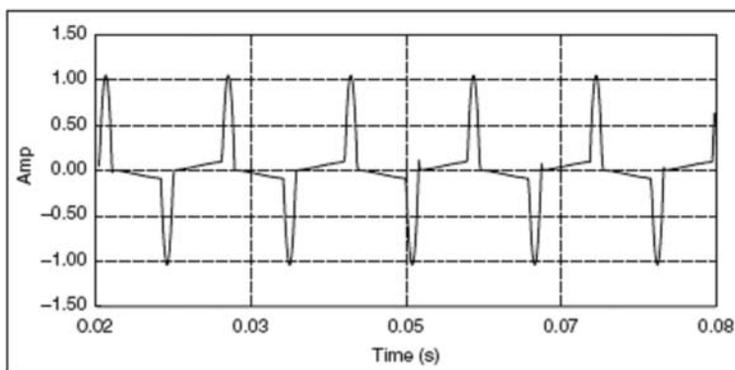


Hình 8. Đường cong từ hóa MBA

Các máy biến áp lực được chế tạo để sử dụng ở dưới điểm “knee” của đặc tính bão hòa từ hóa. Nếu MBA vận hành với điện áp nhỏ hơn điểm giới hạn này, dòng điện và điện áp có mối quan hệ tuyến tính, và sóng hài rất nhỏ. Nếu MBA vận hành với điện áp bắt đầu vượt qua điểm giới hạn thì khi đó mối quan hệ điện áp và dòng điện là phi tuyến, và các thành phần hài bắt đầu tăng cao.

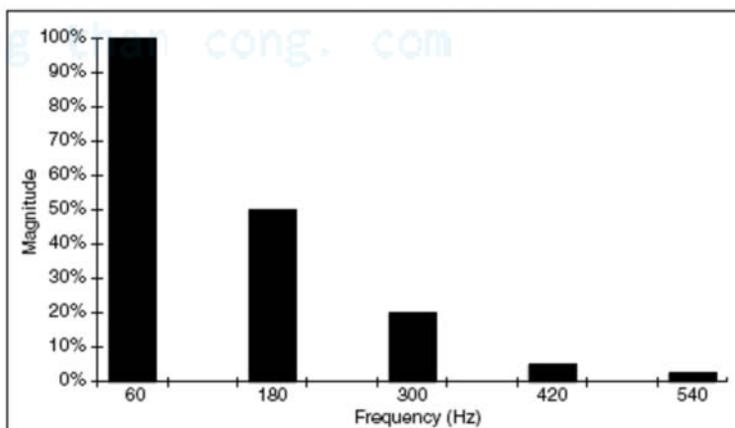
Rất nhiều công ty điện lực đưa ra các giới hạn về giá trị tổn hao không tải và có tải của MBA, khi đó, các nhà sản xuất sẽ cố gắng để sản xuất các MBA với các giá trị tổn thất cho phép. Điều này sẽ dẫn đến nhiều thép hơn trong mạch từ, đường cong từ hóa sẽ cao và hậu quả là dòng điện hài của các MBA sẽ thấp.

Mặc dù dòng điện sóng hài nhỏ hơn 1% dòng định mức của MBA tại điện áp định mức. Nhưng nó cũng cần được chú ý khi hệ thống thống của chúng ta có rất nhiều MBA (ví dụ, trên địa bàn TP.HCM có trên 10 000 MBA đang hoạt động), và đặc biệt là vào các giờ thấp điểm, khi điện áp tăng cao.



Hình trên trình bày dòng điện hài của một MBA một pha, có thành phần bậc 3 tương đối lớn.

Các lò hồ quang, đèn huỳnh quang, tivi, ... với đặc điểm là có sự phóng điện .

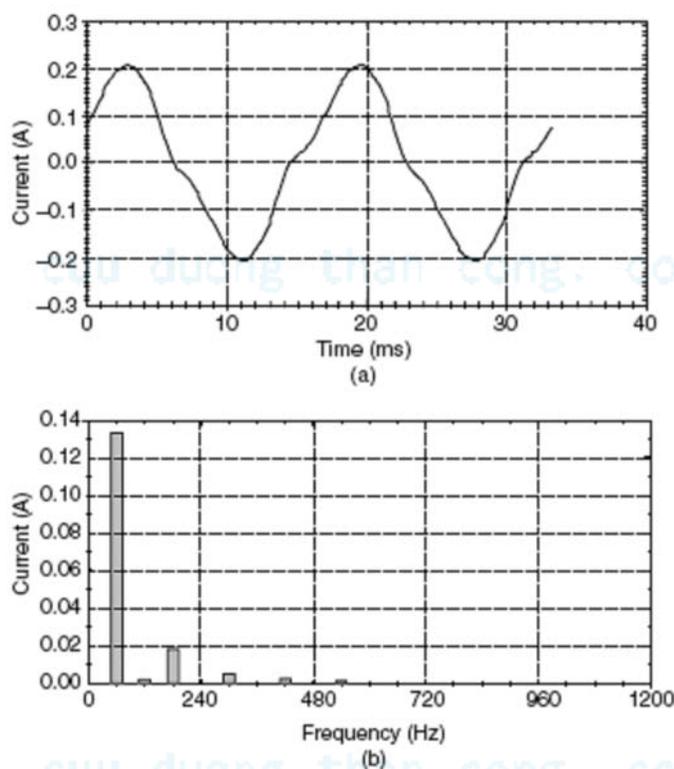


Hình 8. Dòng điện từ hóa MBA và phổ của nó

Nhóm thứ hai các loại tải truyền thống là các tải như lò hồ quang điện, đèn huỳnh quang, tivi, màn hình CRT, Đặc điểm của nhóm tải này là hoạt động dựa trên sự phóng điện. Đèn huỳnh quang được sử dụng có công suất chiếm từ 40-60% tổng công suất tải trong các tòa nhà cao tầng, đồng thời cũng là thiết bị chiếu sáng chủ yếu trong các hộ gia đình. Đèn huỳnh quang được sử dụng rất nhiều vì nó tiêu thụ năng lượng tương đối ít so với đèn sợi đốt.

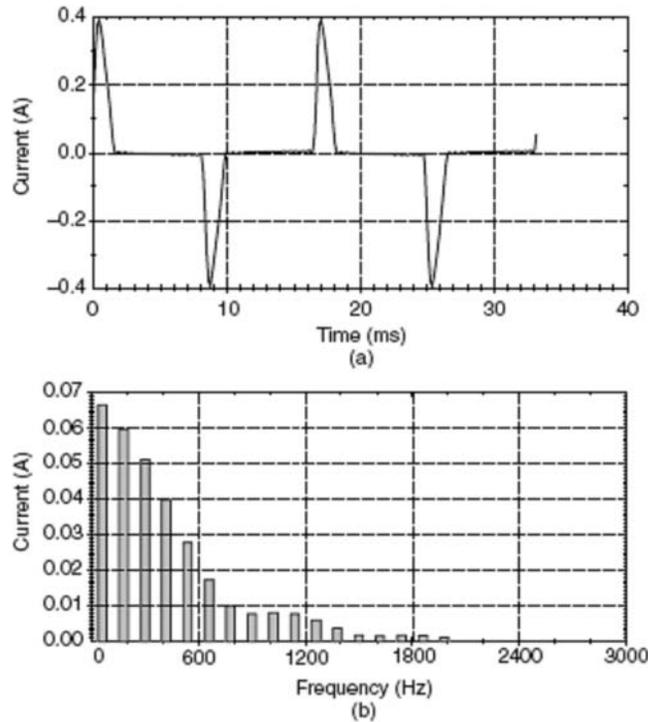
Đèn huỳnh quang là đèn phóng điện, nó đòi hỏi có một ballast tạo ra một điện áp cao phát sinh sự phóng điện giữa 2 điện cực, từ đó sẽ có dòng điện chạy giữa 2 điện cực trong ống huỳnh quang. Khi dòng điện phóng điện được thiết lập, điện áp giữa 2 điện cực sẽ giảm xuống. Đồng thời khi đó ballast cũng đóng vai trò một thiết bị giới hạn dòng phóng điện. Có 2 loại ballast, một loại từ (magnetic) và một loại điện tử (electronic). Loại từ được cấu tạo đơn giản bởi một lõi thép MBA. Loại điện tử được cấu tạo như một bộ đóng cắt điện áp, biến đổi điện áp ngõ vào tần số cơ bản thành tín hiệu điện áp có tần số 25-40kHz.

Đèn huỳnh quang sử dụng ballast từ sẽ tạo ra dòng điện méo dạng, với độ méo dạng toàn phần THD =15 %. Thành phần hài chủ yếu là thành phần hài bậc 3.



Hình 8. Dạng sóng và phổ của đèn huỳnh quang ballast từ.

Đèn huỳnh quang sử dụng ballast điện tử có dòng điện bị méo dạng nhiều hơn, có hệ số méo dạng toàn phần THD từ 10-32 %. Hầu hết các đèn huỳnh quang sử dụng ballast điện tử đều phải sử dụng mạch lọc thụ động (passive filtering) để hạn chế hệ số THD dưới 20%.



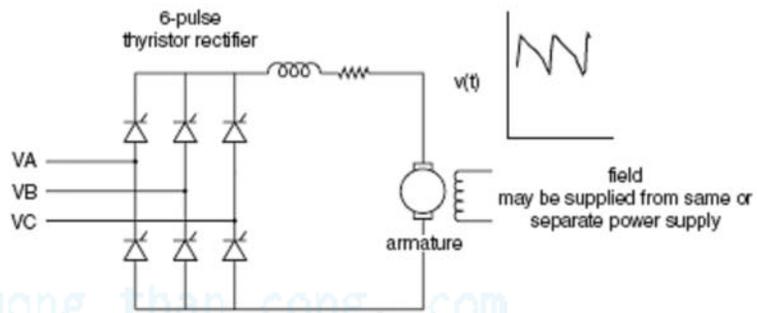
Hình 8. Dạng sóng và phổ của đèn huỳnh quang ballast điện tử

b. Các bộ biến đổi điện tử công suất

Các thiết bị điện tử công suất, mà nguyên lý hoạt động dựa vào sự đóng, cắt các linh kiện điện tử công suất như Diode, thyristor, triac, ... là các thiết bị tạo ra các nguồn sóng hài. Đó là các bộ lưu điện UPS, các bộ điều khiển động cơ AC, các bộ điều khiển động cơ DC,

Bộ điều khiển động cơ DC

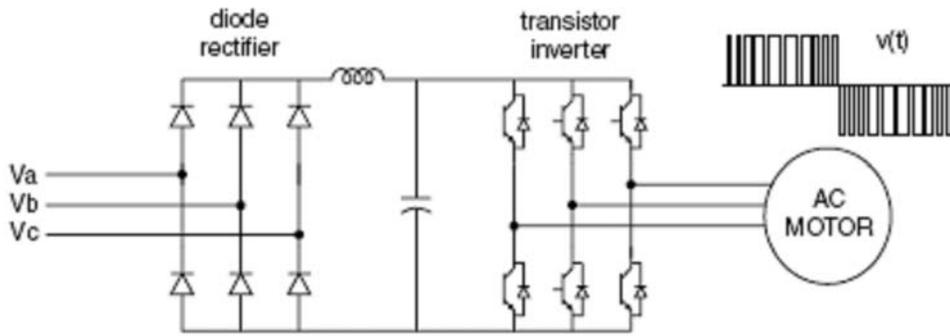
Bộ điều khiển động cơ DC có sơ đồ nguyên lý như hình vẽ, chúng thông thường sử dụng bộ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển (thyristor). Đương nhiên, dòng điện nguồn cấp điện cho bộ điều khiển động cơ phải là dòng DC không sin.



Hình 8. Bộ điều khiển tải DC

Bộ điều khiển động cơ AC

Bộ điều khiển động cơ AC (bộ biến tần) sử dụng nguyên lý điều chế độ rộng xung PWM có sơ đồ nguyên lý như hình dưới. Thành phần thứ nhất của bộ điều khiển AC là bộ chỉnh lưu, ngõ ra của bộ chỉnh lưu, điện áp DC là ngõ vào của bộ nghịch lưu. Bộ điều khiển sẽ điều khiển tải AC bằng cách thay đổi điện áp và tần số ngõ ra của bộ nghịch lưu. Dạng dạng sóng $v(t)$ cấp điện cho bộ nghịch lưu được cho phía phải của hình vẽ.



Hình 8. Bộ điều khiển tải AC

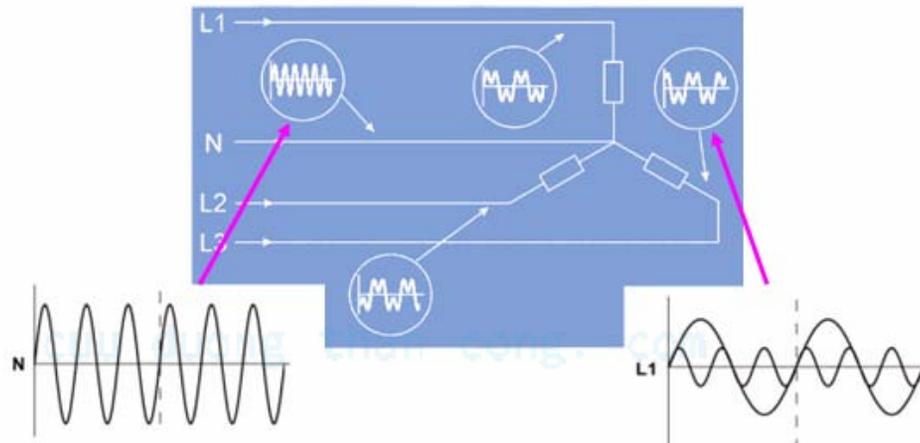
3. Ảnh hưởng của sóng hài

Ảnh hưởng thứ nhất của sóng hài là làm nóng các thiết bị trong hệ thống như MBA, động cơ, dây dẫn.... Nhiệt lượng tiêu hao trên một phần tử có điện trở R ứng với thành phần dòng điện hài bậc h là :

$$\Delta P_h = I_h^2 \cdot R_h$$

Lưu ý : lưu ý là dòng điện 1A ở tần số 650Hz sinh ra nhiệt gấp 40% so với dòng điện 1A ở tần số 50Hz, do điện trở dây dẫn tăng theo tần số. Do đó, thành phần hài càng cao sẽ làm cho các phần tử bị tỏa nhiệt càng nhiều, dẫn đến quá tải, lão hóa và hư hỏng thiết bị

Một đặc điểm khác của hiện tượng sóng hài, đó là thành phần hài bậc 3 trên dây trung tính sẽ có giá trị lớn gấp 3 lần thành phần hài bậc 3 trên dây pha, trong khi dòng trung tính của thành phần cơ bản là zero, xét trong hệ thống 3 pha đối xứng.



Hình 8. Hài bậc 3 trên dây trung tính

Như vậy, nếu thành phần hài bậc 3 lớn thì sẽ làm quá nhiệt hay quá tải dây trung tính. Theo tiêu chuẩn IEC, nếu thành phần hài bậc 3 lớn hơn 40% thì phải chọn tiết diện dây

Sóng hài ảnh hưởng rất lớn đối với tụ điện, do tổng trở của tụ tỉ lệ nghịch với tần số $Z = 1/j\omega C$. Như vậy cần phải chú ý đến định mức của tụ điện và độ quá tải cho phép (dòng, kVar và áp). Để giảm nhẹ tác động của sóng hài ta có thể sử dụng cách mắc sao – trung tính cách ly hoặc mắc tam giác 3 pha của các dải tụ điện.

Trong một số trường hợp sự cộng hưởng trong mạch điện gây ra hư hỏng cách điện và những hư hỏng nghiêm trọng khác.

Sóng hài điện áp bóp méo dạng sóng điện áp, trong trường hợp nghiêm trọng có thể gây ra giá trị đỉnh quá cao làm hư hỏng cách điện và giảm tuổi thọ của thiết bị.

Giảm hệ số công suất, giảm hiệu suất của thiết bị điện

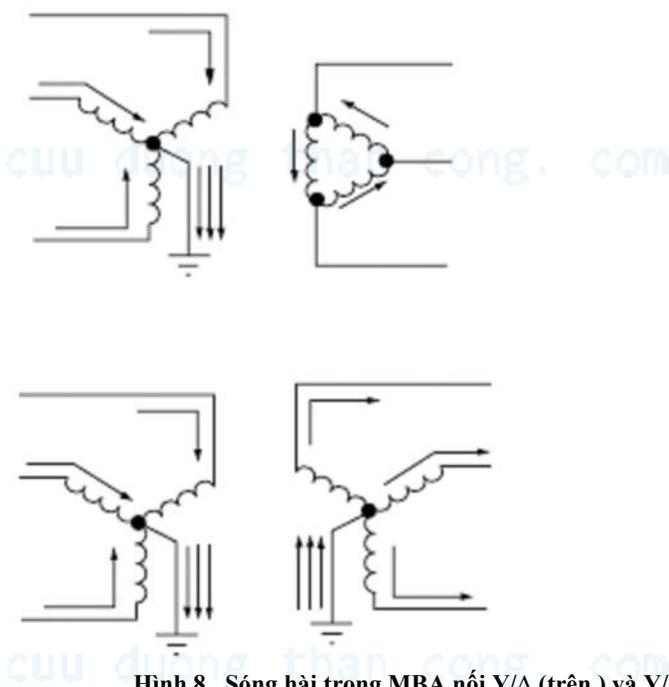
Làm cho các thiết bị bảo vệ (cầu chì và role) có thể hoạt động không chính xác

Gây nhiễu thiết bị viễn thông. Sóng hài trong hệ thống điện có thể giao thoa với mạch điện thoại. Điều này thường xảy ra khi các đường dây điện thoại không có vỏ bọc chạy song song với đường dây điện ở một khoảng cách tương đối gần. Nguyên nhân là do sóng hài dòng điện chạy trong đường dây điện sẽ đi qua điện cảm giữa 2 đường dây và đi vào đường dây điện thoại.

4. Các biện pháp hạn chế sóng hài

a. Sử dụng MBA nối Δ/Y

Một trong những biện pháp hữu hiệu để hạn chế sóng hài tác động đến điện áp nguồn là sử dụng máy biến áp nối Y/Δ . Hầu như các MBA phân phối đang sử dụng trên lưới điện được nối theo kiểu này.



Hình 8. Sóng hài trong MBA nối Y/Δ (trên) và Y/Y (dưới)

Nếu máy biến áp nối Y/Y , thành phần hài bậc 3 sẽ chạy trong dây trung tính từ cuộn thứ cấp sang cuộn sơ cấp, và từ đó chạy vào các pha.

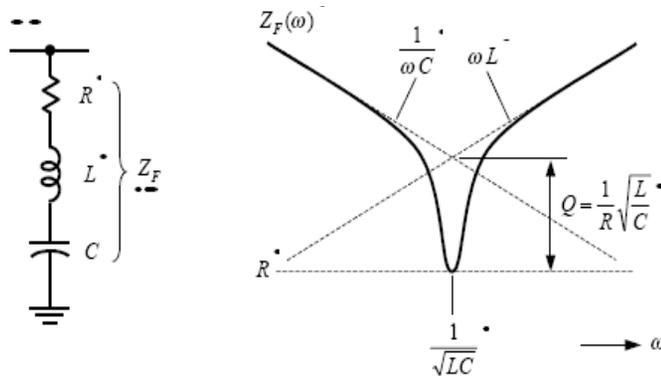
Ngoài ra, sử dụng cách đấu dây Zig Zag máy biến áp có thể hạn chế các thành phần sóng hài khác

b. Sử dụng mạch lọc thụ động

Mạch lọc thụ động, cấu tạo đơn giản gồm các thành phần L và C, ví dụ như mạch RLC nối tiếp như hình vẽ. Tùy theo các giá trị L và C, mạch sẽ cộng hưởng tại một tần số mà người thiết kế đã xác định sẵn cho một bậc hài nào đó. Tại tần số cộng hưởng, mạch sẽ có giá trị tổng trở nhỏ nhất và dòng điện hài cộng hưởng sẽ đi qua, không trở về nguồn.

Một bộ mạch lọc thụ động thông thường gồm nhiều mạch lọc khác nhau tương ứng nhiều bậc hài khác nhau mắc song song. Ví dụ bậc 3, 5, 7, 9.

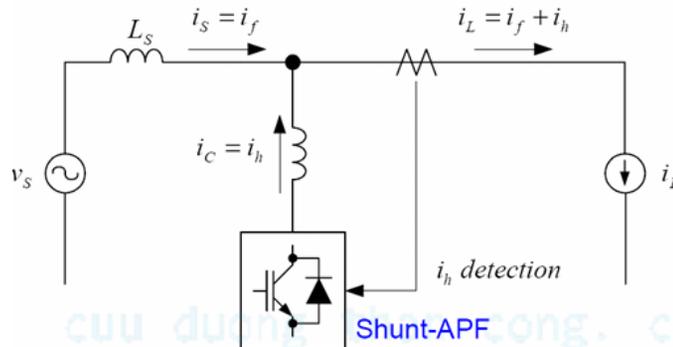
Ngoài ra, chúng ta cũng có loại mạch lọc được cấu tạo để lọc các sóng hài trong một dải tần số nào đó.



Hình 8. Mạch lọc thụ động

c. Sử dụng mạch lọc tích cực

Các tải phi tuyến khi hoạt động thì dòng điện có chứa các thành phần hài, hay nói cách khác, muốn cho các tải phi tuyến hoạt động thì nguồn phải cung cấp đồng thời thành phần tần số cơ bản và các thành phần sóng hài.



Hình 8. Mạch lọc tích cực

Đồng thời, các bộ biến đổi công suất khi hoạt động thì sẽ tạo ra sóng hài.

Như vậy, nguyên lý hoạt động của của mạch lọc tích cực như sau:

Dòng điện tải cần được cung cấp bởi 2 thành phần:

$$\mathbf{i}_L = \mathbf{i}_f + \mathbf{i}_h$$

Thành phần cơ bản i_f được cung cấp bởi nguồn

$$\mathbf{i}_s = \mathbf{i}_f$$

Thành phần hài i_h được cung cấp bởi mạch lọc

$$\mathbf{i}_h = \mathbf{i}_c$$

Nguồn điện chỉ cần cung cấp thành phần tần số cơ bản cho mạch lọc, do đó không có dòng điện hài chạy về nguồn.

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com