

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA DAO ĐỘNG ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI PHÂN PHỐI CỦA HỆ THỐNG ĐIỆN

## Voltage Damping Research in Distribution Network of Electric Power System

ThS Nguyễn Ngọc Trung

Đại học Điện lực

**Tóm tắt:** Chất lượng điện thường được nói đến như giới hạn cho phép về độ lệch điện áp, dao động điện áp, dạng sóng không hình sin của điện áp và dòng điện, sự mất đối xứng điện áp trong lưới điện ba pha, độ lệch tần số. Trong các tiêu chuẩn giới hạn đó thì giới hạn về dao động điện áp và sóng hài là những vấn đề lớn về chất lượng điện cần được quan tâm. Đề tài này được đưa ra để tìm hiểu các nguyên nhân gây ra dao động điện áp, ảnh hưởng của nó đến hệ thống điện và các biện pháp khắc phục.

**Abstract:** Electric power quality is known as permissible limitations on deviations of voltage, voltage damping, non-sine shaped voltage and current, voltage asymmetry in three-phase network, and frequency deviation. Among these indicators, the limitation of voltage damping and harmonic waves are the largest issues relating to electric power quality. As an attempt to have insight into voltage damping, this thesis is brought out to find out the causes of voltage damping, its effect on electric power system, and the possible countermeasures.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dao động điện áp quá mức ảnh hưởng rất xấu đến hoạt động của các thiết bị tiêu thụ điện nối vào lưới điện, đến chất lượng sản phẩm, nhất là đối với công nghệ gia công và kỹ thuật vô tuyến điện. Dao động điện áp lớn thường dẫn đến điện áp tụt thấp, làm giảm sản lượng trong sản xuất... Tất cả những điều đó dẫn đến thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân. Phải nói thêm rằng những thiết bị ánh sáng đặc biệt nhạy cảm với dao động điện áp. Đối với những nhà máy điện ở gần phụ tải dao động xung, dao động điện áp quá lớn do nguồn này gây ra luôn đi đôi với dao động công suất có thể làm cho bộ phận điều chỉnh tuabin của máy phát điện phải hoạt động liên tục ở chế độ công suất đó và kéo theo tình trạng dao động tần số. Các nhà cung cấp bao giờ cũng cố gắng điều chỉnh điện áp cấp tới các thiết bị sử dụng với độ lệch  $\pm 5\%$ . Trong một thời gian ngắn, tiêu chuẩn ANSI C84.1 cho phép điện áp có thể ở mức  $+6$  đến  $-13\%$  của điện áp định mức. Một số tải nhạy cảm có giới hạn điện áp chặt chẽ hơn theo nguyên tắc hoạt động, và đương nhiên, các thiết bị hoạt động thường đạt hiệu quả cao hơn với điện áp định mức. Ở đây chúng ta nghiên cứu vấn đề cơ bản sau khi điều chỉnh điện áp và các loại thiết bị thường sử dụng có thể giải quyết được vấn đề này.

## II. GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN

## II.1- Nguyên tắc của điều chỉnh điện áp

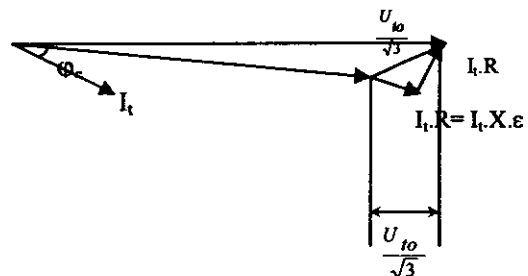
Nguyên nhân chính của vấn đề điều chỉnh điện áp là điện áp giảm quá thấp khi phụ tải tăng cao và quá áp khi tải giảm quá thấp. Điều chỉnh điện áp là quá trình thay đổi điện áp tại các điểm đặc trưng của hệ thống điện nhờ các phương tiện kỹ thuật đặc biệt. Các phương pháp thường sử dụng để điều chỉnh điện áp hệ thống là:

- Đặt một bộ tụ rẽ nhánh để giảm dòng điện.
- Thay đổi tỷ số biến áp của các máy biến áp có bộ điều chỉnh điện áp để thay đổi giá trị điện áp.
- Thay dây dẫn tiết diện lớn hơn để giảm trở kháng.
- Đặt một số loại bù công suất phản kháng động, loại hoạt động giống một bộ tụ để thay đổi tải.
- Mắc tụ nối tiếp để giảm trở kháng cảm ứng.

## II.2- Dao động điện áp trong lưới điện, nguyên nhân và khắc phục để nâng cao chất lượng điện

Dao động điện áp trong lưới điện do nhiều nguyên nhân, nguyên nhân có thể do các phụ tải tiêu thụ điện, cũng có thể do nguồn điện gây ra, nhưng nguyên nhân chủ yếu vẫn là các phụ tải điện nối vào lưới điện. Những phụ tải nối vào lưới điện gây ra dao động điện áp rất đa dạng và có công suất từ nhỏ cho đến rất với các đặc tính khác nhau, thí dụ phụ tải của máy hàn điện, động cơ điện của các máy cán kim loại, các lò điện hồ quang, những bộ chỉnh lưu van lớn có điều chỉnh để cấp điện cho truyền động chính của máy cán kim loại. Để có các biện pháp hạn chế dao động điện áp, cần phải tìm ra những yếu tố cơ bản gây nên hiện tượng dao động điện áp đó. Việc tính toán để thiết lập công thức thể hiện các yếu tố cơ bản trên rất cần thiết để làm cơ sở cho những giải pháp hữu hiệu về kinh tế - kỹ thuật.

Độ dao động điện áp được xác định theo mức biến thiên lớn nhất của điện áp lưới ở điểm cần xét trong một giây đồng hồ ký hiệu là  $\delta U$  (hình 1) và có thể biểu diễn bằng các biểu thức sau:



Hình 1: Giảm đồ vectơ tải dao động là điện

$$\delta U = \Delta U_{u_2} - \Delta U_{u_1} = X(\sqrt{3} \cdot I_{u_2} \cdot \sin\varphi_{u_2} - \sqrt{3} I_{u_1} \cdot \sin\varphi_{u_1}) \quad (1)$$

Trong đó các chỉ số  $t_1, t_2$  là hai thời điểm có mức dao động điện áp lớn nhất trong khoảng 1 giây ở điểm cần xét (điểm cấp điện).

Biết rằng  $X = \frac{U_0^2}{S_{n,m}}$ ;  $U_0$  là điện áp nguồn;  $S_{n,m}$  là công suất ngắn mạch của lưới ở điểm cần xét.

Nếu thay  $U_0$  bằng điện áp định mức  $U_{dm}$  của lưới điện và điện áp  $U_{u_1}$  ở thời điểm  $t_1$ , điện áp  $U_{u_2}$  ở thời điểm  $t_2$  tại điểm cần xét, biểu thức gần đúng của  $\delta U$  như sau:

$$\delta U \approx \frac{U_{dm}}{S_{n,m}} \cdot (\sqrt{3} U_{u_2} I_{u_2} \sin\varphi_{u_2} - \sqrt{3} U_{u_1} I_{u_1} \sin\varphi_{u_1}) = \frac{U_{dm}}{S_{n,m}} \Delta Q \quad (2)$$

$\Delta Q$ : là độ biến thiên công suất phản kháng của phụ tải dao động trong khoảng thời gian 1 giây.

Nếu tính độ dao động điện áp tương đối theo % của điện áp định mức, có thể dùng công thức sau:

$$\delta U(\%) = \frac{\Delta Q}{S_{n,m}} 100\% \quad (3)$$

Trong đó:  $\Delta Q$  (kVAR) và  $S_{n,m}$  (kVA).

Công thức (3) hiện nay đang được dùng ở nhiều nước để xét dao động điện áp trong lưới điện do nguồn phụ tải dao động và tìm ra những biện pháp thích hợp để hạn chế chúng.

Căn cứ vào công thức (3) thấy rằng độ dao động điện áp tỷ lệ thuận với lượng biến thiên của công suất phản kháng tiêu thụ và tỷ lệ nghịch với công suất ngắn mạch ở điểm cấp điện của lưới điện. Do đó muốn hạn chế độ dao động điện áp phải có biện pháp giảm lượng biến thiên công suất phản kháng mà lưới điện đưa đến điểm cấp điện và công suất ngắn mạch của lưới điện ở điểm cấp điện phải có trị số lớn hoặc cao hơn yêu cầu. Đây là vấn đề nhiều khi giải quyết khá khó khăn, liên quan đến điểm cấp điện của lưới điện, quy mô công suất của thiết bị có phụ tải dao động so với công suất ngắn mạch của lưới điện. Những yếu tố đó có những ràng buộc nhất định giữa lưới điện và phụ tải và nhiều khi làm đảo lộn cả một chủ chương lớn về kinh tế khi biện pháp kỹ thuật khó có khả năng thực hiện. Thí dụ xây dựng một nhà máy luyện kim có các lò điện hồ quang cỡ lớn ở nơi mà lưới điện có công suất ngắn mạch nhỏ tại điểm cấp điện chẳng hạn...

Đã thấy được những biến động về công suất tác dụng P, công suất phản kháng Q và hệ số công suất cosφ, thấy được hết ý nghĩa của công thức (3) xin giới thiệu giản đồ các đường cong đặc tính tải dao động của 1 lò điện hồ quang (Hình 2). Phụ tải lò điện hồ quang khác với phụ tải động cơ điện ở chỗ: đối với động cơ điện, khi điện áp lưới giảm thì động cơ điện tiêu thụ dòng điện từ lưới cấp lớn hơn để đảm bảo mômen theo yêu cầu của phụ tải cơ, còn đối với lò điện hồ quang thì khi điện áp giảm, công suất giảm xuống. Với một hệ số công suất nhất định, khi điện áp giảm 10%, công suất vào của lò điện hồ quang sẽ giảm 20%. Lò điện hồ quang là một thiết bị tiêu thụ công suất phản kháng khá lớn. Để có hồ quang ổn định, hệ số công suất thường phải có trị số từ 0,7 đến 0,8. Khi đó điểm làm việc hiệu quả nhất của lò trùng hoặc gần trùng với đỉnh công suất tác dụng. Công suất phản kháng gây nên điện áp rơi về phía sơ cấp của biến áp lò. Điện áp vận hành phía sơ cấp máy biến áp lò có thể biểu thị bằng công thức gần đúng sau:

$$U_1 \approx U_0 \left( 1 - \frac{Q_{LH} + 0,5Q_L}{S_{NM}} \right) \quad (4)$$

Trong đó:

$U_1$  - điện áp vận hành có tải ở phía sơ cấp của máy biến áp lò.

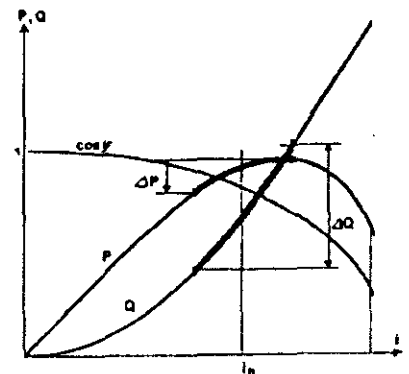
$U_0$  - điện áp không tải ở phía sơ cấp của máy biến áp lò.

$Q_{LH}$  - Công suất phản kháng của lò ( $Q_{LH} = 3I^2X$ ). Trong đó X là điện kháng đã tính đổi về phía sơ cấp, bao gồm cả điện kháng của máy biến áp lò và l là dòng điện dây.

$Q_L$  - Công suất phản kháng của lưới cấp điện do phụ tải lò gây ra.

$S_{NM}$  - Công suất ngắn mạch của lưới điện tại nơi máy biến áp lò nối vào.

Nếu đặt  $K = 1 - \frac{Q_{LH} + 0,5Q_L}{S_{NM}}$  thì công thức (4) có thể viết:  $U_1 \approx KU_0$



Hình.2: Đường cong đặc tính tải dao động của lò điện.

Công suất tác dụng cũng có thể biểu diễn theo công thức:  $P = \sqrt{(KS_0)^2 - Q_{LH}^2}$  (5)

Trong đó  $S_0$  là công suất toàn phần cho phép của máy biến áp lò khí lò nấu chảy.

Qua các công thức trên chúng ta thấy rằng điện áp vận hành ở phía sơ cấp của máy biến áp lò điện hồ quang và công suất tác dụng mà lò tiêu thụ để đảm bảo sản lượng mong muốn đều phụ thuộc vào công suất phản kháng của lưới phải cung cấp và hệ số K.

Phải nói thêm là trong hệ số K, lượng công suất phản kháng  $Q_L$  thực ra cũng là do phần lớn công suất phản kháng  $Q_{LH}$  của lò tạo nên.

Khi lò điện hồ quang đang vận hành, điện áp  $U_L$  bị dao động dữ dội và có trị số thấp. Muốn ổn định và tăng cường điện dẫn đến lò tải đầy công suất tác dụng, đương nhiên phải dùng những biện pháp thích hợp.

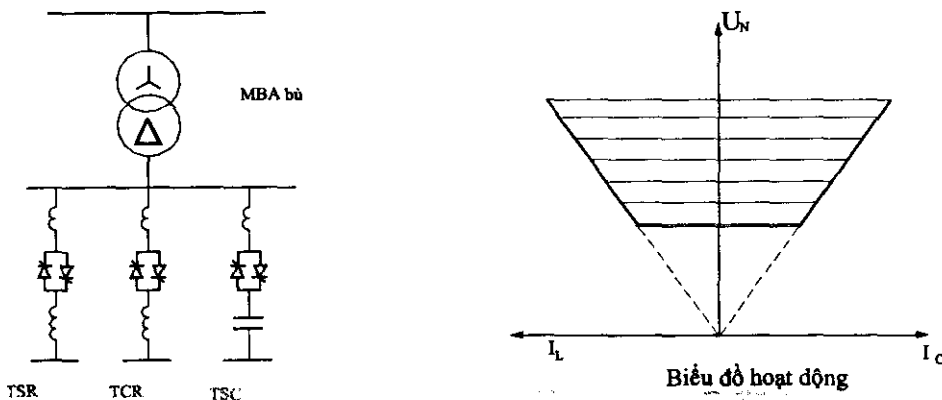
Khi lò tải đầy vẫn có hệ số  $K < 1$ , hệ số K càng tăng gần tới 1 càng tốt.

Các biện pháp hữu hiệu nhằm nâng cao hệ số K, mang lại một ý nghĩa lớn. Nếu  $K \approx 1$  thì  $U_L \approx U_0$  và công suất lò phản ứng với sản lượng lớn sẽ là:  $P \approx \sqrt{S_0^2 - Q_{LH}^2}$

Biện pháp hữu hiệu nhất để giữ ổn định và nâng cao điện áp phía sơ cấp của máy biến áp lò là sử dụng hệ thống tụ điện có thyristor điều khiển (SVC- StaticVarCompensator- hình 3). Hệ thống tụ điện có thyristor điều khiển này có thể phối hợp với một bộ tụ điện khác, nối cố định vào lưới để cùng hoạt động. Theo cách này, bộ tụ điện nối cố định sẽ tham gia một phần vào việc hiệu chỉnh hệ số công suất, khiến quy mô trang bị của hệ thống tụ điện có thyristor điều khiển được giảm bớt một cách hợp lý.

SVC là thiết bị bù ngang dùng để thay đổi công suất phản kháng trên lưới, có thể điều chỉnh bằng cách tăng hay giảm góc mở của thyristor, được tổ hợp từ hai thành phần cơ bản:

- Thành phần cảm kháng để tác động về mặt công suất phản kháng (có thể phát hay tiêu thụ công suất phản kháng tùy theo chế độ vận hành).
- Thành phần điều khiển bao gồm các thiết bị điện tử như thyristor, các cửa đóng mở (GTO - Gate turn off)...



Hình 3: Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của SVC

Sử dụng SVC được cấu tạo từ 3 phần tử chính bao gồm:

- Kháng điều chỉnh bằng thyristor - TCR (Thyristor Controlled Reactor): có chức năng điều chỉnh liên tục công suất phản kháng tiêu thụ.
- Kháng đóng mở bằng thyristor - TSR (Thyristor Switched Reactor): có chức năng tiêu thụ công suất phản kháng, đóng cắt nhanh bằng thyristor.
- Bộ tụ đóng mở bằng thyristor - TSC (Thyristor Switched Capacitor): có chức năng phát công suất phản kháng, đóng cắt nhanh bằng thyristor.

Sử dụng SVC cho phép nâng cao khả năng tải của đường dây một cách đáng kể mà không cần dùng đến những phương tiện điều khiển đặc biệt và phức tạp trong vận hành. Các chức năng chính của SVC bao gồm:

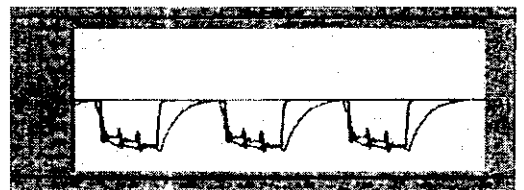
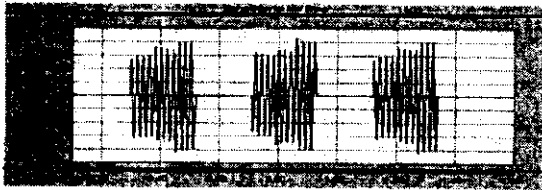
- Điều khiển điện áp tại nút có đặt SVC có thể cố định giá trị điện áp bao gắm: Điều khiển trào lưu công suất phản kháng tại nút được bù, giới hạn thời gian và cường độ quá điện áp khi xảy ra sự cố (mất tải, ngắn mạch...) trong hệ thống điện, tăng cường tính ổn định của hệ thống điện, giảm sự dao động công suất khi xảy ra sự cố trong hệ thống điện như ngắn mạch, mất tải đột ngột...

Ngoài ra, SVC còn có các chức năng phụ mang lại hiệu quả khá tốt cho quá trình vận hành hệ thống điện như:

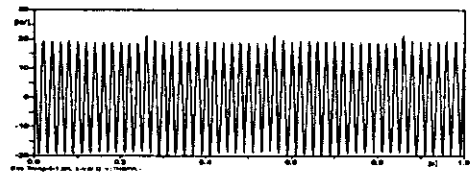
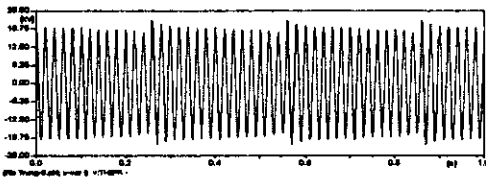
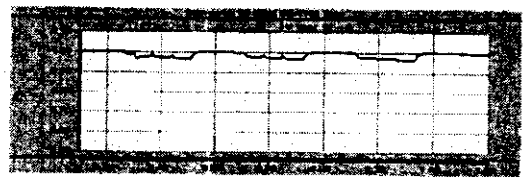
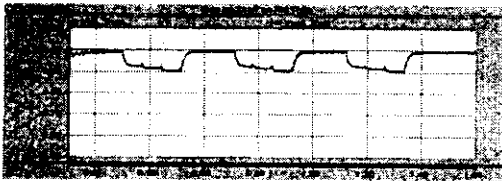
- Làm giảm tổn thất, giảm nguy cơ sụt áp trong ổn định tĩnh.

- Tăng cường khả năng truyền tải của đường dây, giảm góc làm việc  $\delta$  làm tăng cường khả năng vận hành của đường dây.

Trong hình 4,5 đường biểu diễn ghi lại tình trạng dòng điện và điện áp vận hành phía sơ cấp máy biến áp nối vào thanh cái 22kV ở các chế độ khác nhau khi có lắp hệ thống tụ điện có thyristor điều khiển. Khi không bù điện áp giảm từ 22 kV xuống còn 19,8 kV. Lúc đó, lò hoạt động ở dòng điện định mức (dòng điện qua điện cực là 60kA) với công suất tác dụng đầu vào của lò là 29MW, hệ số  $\cos\phi$  là 0,73. Tình trạng điện áp được thể hiện ở đoạn b trong hình 5. Khi có bù do thyristor nối tụ điện vào thanh cái nên điện áp tăng lên 21,5kV với công suất tăng lên khoảng 36MW và hệ số  $\cos\phi$  là 0,99. Thời gian nấu chảy kim loại giảm 13,5%. Kết quả cho thấy rằng dao động điện áp tại các thanh cái 22kV và 0,4kV của các điểm khảo sát trước khi thực hiện giải pháp thì dao động khá mạnh trong khoảng 9% - 10% do sự dao động công suất phản kháng của lò hồ quang. Giải pháp để giải quyết vấn đề này là sử dụng thiết bị bù tĩnh có điều khiển SVC. Với dung lượng của bộ SVC khoảng 10MVAR là có thể giảm mức dao động trên các thanh cái 22kV và 0,4kV của các điểm khảo sát còn từ 1% - 2%. Tổng độ méo điện áp tại các điểm xem xét đều nằm trong giới hạn cho phép. Độ méo các thành phần sóng hài điện áp tại các điểm xem xét đều nằm trong giới hạn theo tiêu chuẩn IEC 61000-2-4. Điều này cho thấy giải pháp khắc phục đã giải quyết được một cách cơ bản tình trạng hoạt động không ổn định của phụ tải nhạy cảm. Tuy vậy, giải pháp này cũng không giải quyết một cách triệt để về mặt dao động điện áp đối với các phụ tải lân cận đầu chung thanh cái cấp điện của phụ tải luyện thép.



Hình 4: Dòng điện của lò hồ quang, công suất phản kháng của lò hồ quang và của SVC

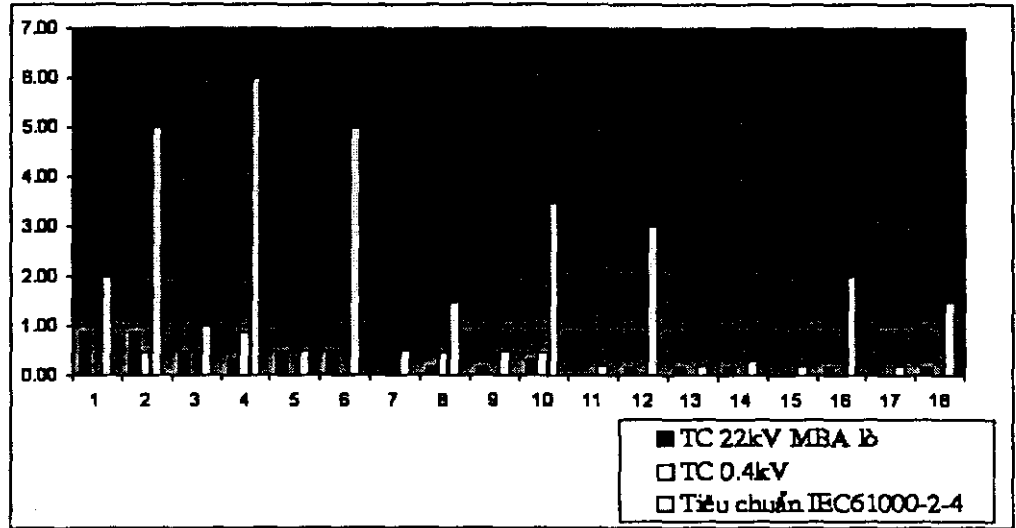


Hình 5: Biểu đồ điện áp phía sơ cấp máy biến áp nối vào thanh cái 22kV ở các chế độ vận hành có lắp hệ thống tụ điện có thyristor điều khiển

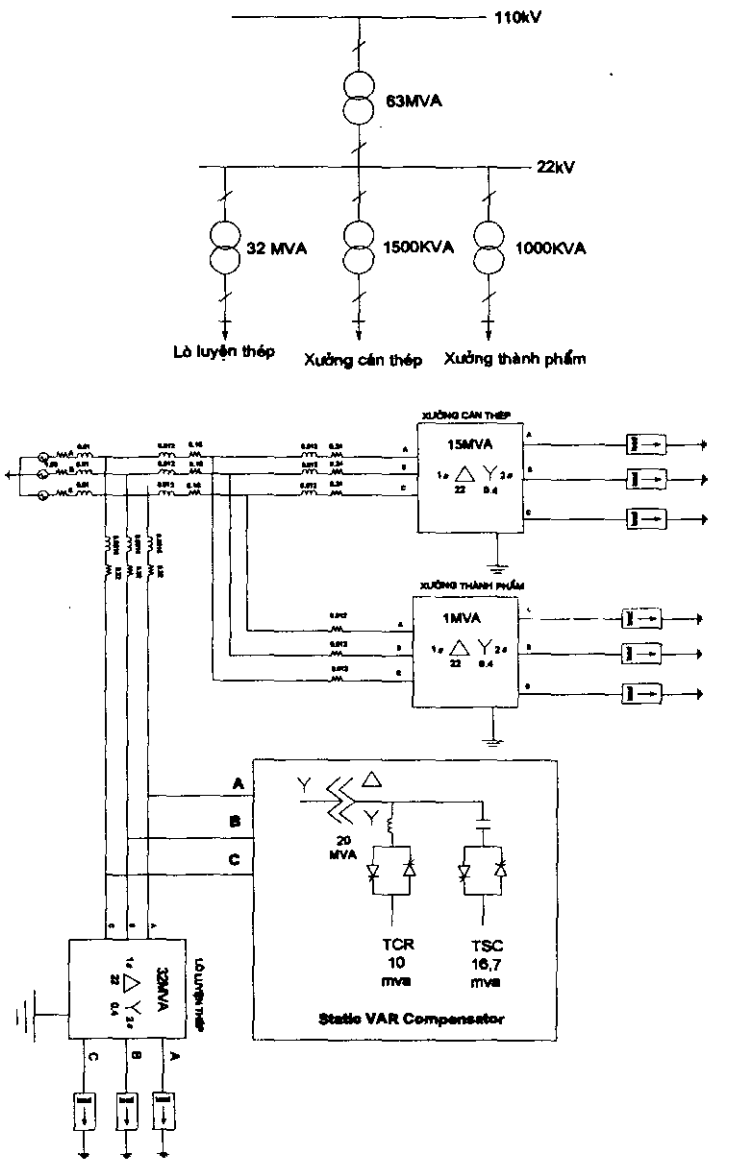
Giới hạn độ méo điện áp trong các nhà máy công nghiệp theo tiêu chuẩn IEC 61000-2-4

Hài bội 3		Hài bậc lẻ		Hài bậc chẵn	
h	%Vh	h	%Vh	h	%Vh
3	5	5	6	2	2
9	1.5	7	5	4	1
15	0.3	11	3.5	6	0.5
≥ 21	0.2	13	3	8	0.5
		17	2	10	0.5
		19	1.5	≥ 12	0.2

Biểu đồ so sánh độ méo của các thành phần hài điện áp với giá trị giới hạn theo tiêu chuẩn IEC 61000-2-4



NHÀ MÁY THÉP HOÀ PHÁT



SƠ ĐỒ MỘT SỢI VÀ SƠ ĐỒ MÔ PHỎNG LƯỚI ĐIỆN NM HOÀ PHÁT

### III. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

#### \* Kết luận.

- Dòng điện hài và sự dao động điện áp của lưới điện có các xí nghiệp luyện thép thì phụ thuộc rất nhiều vào sự làm việc của lò hồ quang.
- Không chỉ có dòng điện hài do vận hành các lò hồ quang gây ra độ méo điện áp đối với hệ thống điện, mà các phụ tải khác cũng như tổng trở hệ thống cũng là nguồn gốc gây nên méo dạng điện áp.
- Ảnh hưởng đến độ méo điện áp của dòng điện hài do các xí nghiệp luyện thép đối với lưới điện qua đo đạc cho thấy là ít mà chủ yếu là gây ra sự dao động nhanh điện áp cho các phụ tải khác.
- Khi không bù công suất phản kháng, thì các xí nghiệp luyện thép gây ra các dao động điện áp ảnh hưởng khó chịu đến các phụ tải trong cùng khu vực.

#### \* Kiến nghị

- Cần nghiên cứu mở rộng để tìm một giải pháp khắc phục triệt để hơn dòng điện hài và chớp nháy điện áp cũng như sự ảnh hưởng của lò hồ quang đối với lưới điện khu công nghiệp so với giải pháp đang thực hiện, ví dụ như cấp điện cho phụ tải luyện thép bằng một trạm 110kV riêng, hoặc tăng cao công suất ngắn mạch tại điểm đầu nối lò, hoặc sử dụng công nghệ bù SVC.
- Để tránh vấn đề sóng hài do cộng hưởng, gây nên sự méo dạng điện áp, cần xem xét bố trí lại các điểm tụ bù điều chỉnh hệ số công suất và nâng cao điện áp hiện có trong lưới điện khu công nghiệp, các việc lắp mới cần được xem xét một cách kĩ càng hơn về mặt ảnh hưởng của các sóng hài.
- Các mô hình được đề nghị để khảo sát các quá trình quá độ trong các điều kiện làm việc khác nhau của trạm tụ bù, các kết quả nhận được từ việc mô phỏng chi tiết có thể giúp người vận hành, thiết kế lưới điện có các cơ sở cần thiết trong việc lựa chọn định mức và mức độ cách điện cơ bản (BIL = basic insulation level) của các máy cắt phù hợp khi thiết kế các trạm tụ, cũng như lựa chọn các biện pháp thích hợp nhằm giảm thiểu các tác động xấu của việc đóng cắt trạm tụ như đối với phụ tải (cuộn kháng nối tiếp trên mạch của PWM ASD) hay đối với lưới (điện trở hạn chế dòng cho trạm tụ bù có công suất không lớn, kỹ thuật đóng đồng bộ cho trạm tụ bù có công suất lớn) hay các chống sét thích hợp bảo vệ quá điện áp. Các kết quả về nghiên cứu dạng sóng quá độ này cũng là bước đầu cho các nghiên cứu áp dụng các kỹ thuật xử lý số các tín hiệu trong việc phân tích, nhận dạng, phát hiện sự cố quá điện áp do đóng cắt trên lưới điện trong tương lai.