



**Đề tài : “Thiết kế bộ lọc sóng hài cho biến
tần 0.75 kW của Siemens”**

LỜI MỞ ĐẦU

Đất nước ta đang trên đường hội nhập, mức tăng trưởng hàng năm luôn khá cao và là điểm đến của nhiều nhà đầu tư trong và ngoài nước. Trước sự lớn mạnh của nền kinh tế thì việc gia tăng nhanh chóng phụ tải điện đã gây sức ép rất lớn cho ngành điện. Mặc dù đã xây thêm rất nhiều nhà máy thủy điện, nhiệt điện hoặc nâng công suất của các nhà máy cũ nhưng cũng không thể khắc phục được tình trạng thiếu điện. Chính vì thế mà Chính Phủ và Tập đoàn điện lực Việt Nam đã đề các biện pháp để tiết kiệm điện như dùng các thiết bị tiết kiệm điện và đặc biệt là giảm tổn thất điện năng.

Tổn thất điện năng ở nước ta thuộc loại cao trong khu vực. Nhiều vùng của nước ta tổn thất điện năng lên tới hàng chục phần trăm. Điều này gây sức ép cho ngành điện buộc ngành điện phải vào cuộc nhằm giảm tổn thất điện năng tới mức thấp nhất. Tổn thất điện năng có thể kể đến bốn nguyên nhân sau : Một số thiết bị sử dụng trên lưới cũ và làm việc kém hiệu quả, Ở nhiều nơi đường dây dài và xuống cấp, hệ số cosphi trên lưới thấp và méo dạng sóng làm giảm chất lượng điện năng. Đề tài tốt nghiệp đã đi sâu vào nguyên nhân thứ tư tức là nghiên cứu về sóng hài, ảnh hưởng của nó tới chất lượng điện năng và các giải pháp hạn chế nó.

Đề tài về sóng hài còn khá mới mẻ với sinh viên chúng em. Để nghiên cứu chúng đòi hỏi phải tìm tòi, nghiên cứu rất nhiều tài liệu chủ yếu là tài liệu nước ngoài, nhất là khi tính toán và chế tạo thử nghiệm bộ lọc sóng hài. Tuy nhiên với sự giúp đỡ của thầy **Bùi Đức Hùng** và thầy **Phạm Hùng Phi** em đã hoàn thành đồ án tốt nghiệp này với kết quả khá khả quan.

Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn các thầy cô trong Bộ môn Thiết Bị Điện-Điện Tử và đặc biệt là hai thầy **Bùi Đức Hùng** và thầy **Phạm Hùng Phi** đã tận tình giúp đỡ em hoàn thành đồ án này.

Hà Nội Ngày 22 Tháng 05 Năm 2008

Sinh viên thực hiện :

Mục lục

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ CÁC ĐIỀU HOÀ BẬC CAO	6
1 Chất Lượng Điện Năng	6
2 Các hiện tượng xảy ra trên lưới điện.....	7
2.1 Phi tuyến.....	7
2.1.1 Xung phi tuyến	8
2.1.2 Dao động phi tuyến.....	8
2.2 Các biến thiên điện áp trong thời gian ngắn.....	9
2.2.1 Điện áp lồm	9
2.2.2 Điện áp lồi.....	10
2.2.3 Ngắt.....	11
2.3 Các biến thiên điện áp trong thời gian dài	11
2.3.1 Dưới điện áp.....	12
2.3.2 Quá điện áp	12
2.3.3 Ngắt duy trì	12
2.4 Méo dạng sóng.....	12
2.4.1 Khoảng một chiều.....	12
2.4.2 Điều hòa.....	12
2.4.3 Nội điều hòa	12
2.4.4 Nhiễu sinh ra do trùng dẫn (Notching).....	13
2.4.5 Nhiễu.....	13
2.5 Dao động điện áp	13
2.6 Các biến đổi tần số.....	13
2.7 Mất cân bằng điện áp	13
3 Tổng quan về sóng hài và các chỉ số đánh giá.....	14
3.1 Sóng hài và phân tích sóng hài	14
3.2 Các chỉ số đánh giá	18
3.2.1 Tổng méo điều hòa THD	18
3.2.2 Tổng méo nhu cầu TDD	18
4 Nguồn phát sinh sóng hài.....	18
4.1 Các thiết bị có hiện tượng bão hòa mạch từ.....	18
4.2 Các thiết bị có hiện tượng phóng tia lửa điện.....	19
4.2.1 Lò hồ quang điện	19
4.2.2 Các loại đèn phóng điện.....	19
4.3 Chỉnh lưu một pha.....	20
4.4 Bộ biến đổi ba pha nguồn áp	22
4.5 Bộ biến đổi ba pha nguồn dòng	22
4.5.1 Mạch 6 xung.....	24
4.5.2 Mạch 12 xung.....	25
4.5.3 Ảnh hưởng của máy biến áp và trở kháng hệ thống đến sự phát sinh	

sóng hài.....	25
4.6 Các cuộn kháng điều khiển bằng thyristor.....	27
4.6.1 Bộ bù công suất phản kháng tĩnh.....	27
CHƯƠNG II. CÁC BIỆN PHÁP CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ HẠN CHẾ SÓNG HÀI	31
1 Đánh giá méo điều hòa.....	31
1.1 Điểm đổi nổi chung.....	31
1.2 Đánh giá méo điều hòa ở hệ thống phân phối.....	31
1.3 Đánh giá điều hòa ở phía người sử dụng.....	32
2 Các biện pháp hạn chế sóng hài.....	33
2.1 Hạn chế công suất các tải phi tuyến.....	33
2.2 Tăng điện kháng phía nguồn xoay chiều đầu vào tải phi tuyến.....	33
2.3 Phương pháp đa xung.....	35
2.4 Dùng các bộ lọc.....	37
2.4.1 Bộ lọc thụ động.....	38
2.4.1.1 Bộ lọc thụ động rẽ nhánh.....	40
2.4.1.2 Bộ lọc thụ động kiểu nối tiếp.....	41
2.4.1.3 Bộ lọc thông thấp.....	42
2.4.1.4 Bộ lọc tụ C.....	42
2.4.2 Bộ lọc tích cực.....	44
2.5 Các biện pháp khắc phục hài thứ tự không.....	44
3 Mối quan tâm và các giải pháp đã sử dụng ở Việt Nam.....	46
CHƯƠNG III.....	K
HẢO SÁT HỆ BIẾN TẦN - ĐỘNG CƠ.....	48
1 Lý thuyết chung về hệ biến tần-động cơ.....	48
1.1 Sự cần thiết của các bộ điều tốc.....	48
1.2 Nguyên lý của các bộ điều tốc.....	48
1.3 Sóng hài phát sinh từ biến tần.....	50
2 Biến tần Micromaster 420 của Siemens.....	50
3 Mô phỏng hệ biến tần động cơ.....	52
4 Đo đạc với hệ biến tần động cơ thực tế.....	53
4.1 Nhiệm vụ thí nghiệm.....	53
4.2 Giới thiệu các thiết bị đo lường dùng trong thí nghiệm.....	54
4.2.1 Máy đo dạng sóng và phân tích phổ tần Energytest 2020E.....	54
4.3 Hệ động cơ-máy phát.....	57
4.4 Sơ đồ thí nghiệm.....	57
4.5 Cách tiến hành đo đạc số liệu.....	58
4.6 Kết quả thí nghiệm.....	58
CHƯƠNG IV.....	T
HIẾT KẾ, CHẾ TẠO BỘ LỌC SÓNG HÀI CHO HỆ THỐNG.....	60
1 Lựa chọn kiểu bộ lọc.....	60

1.1	Bộ lọc thông thấp LC	60
1.2	Ưu điểm của bộ lọc LC	60
1.3	Nhược điểm của bộ lọc LC.....	60
2	Phương án thiết kế bộ lọc.....	60
3	Chế tạo bộ lọc và thử nghiệm cuộn kháng.	63
3.	Thử nghiệm tác dụng của bộ lọc trong mạch thực.....	64
KẾT LUẬN		Error! Bookmark not defined.
Các tài liệu tham khảo		69

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ CÁC ĐIỀU HOÀ BẠC CAO

Chất Lượng Điện Năng

Ngay từ những năm đầu của thế kỷ 20 người ta đã đưa ra các khái niệm về "chất lượng điện năng", lúc đó nó đã trở thành một khái niệm gây tranh cãi, cho đến ngày nay thì còn nhiều bất đồng về việc sử dụng khái niệm này, về cách định nghĩa và áp dụng nó thế nào cho chính xác.

Trong nhiều tài liệu của châu Âu và Mỹ, "chất lượng điện năng" được hiểu là chất lượng của sản phẩm điện được nhà cung cấp phân phối cho các hộ sử dụng. Còn các nhà chuyên môn thì đưa ra những nhận định của riêng mình.

Theo Roger.C.Dugan : có rất nhiều định nghĩa khác nhau về chất lượng điện năng, điều này phụ thuộc vào vị trí người đưa ra định nghĩa này. Ví dụ các nhà cung cấp điện thì định nghĩa "chất lượng điện năng" là độ tin cậy và khẳng định độ tin cậy đó. Các nhà quản lý điện cũng đưa ra các tiêu chuẩn dựa trên quan điểm này. Còn các nhà sản xuất thì định nghĩa "chất lượng điện năng" là những đặc tính của nguồn điện cho phép thiết bị làm việc ổn định. Ngoài ra ông cũng đã viết "chất lượng điện năng" = "chất lượng điện áp" và phân tích rằng hệ thống cung cấp điện chỉ có thể điều chỉnh chất lượng của điện áp chứ không thể điều chỉnh được dòng điện do các tải đặc biệt sinh ra [14]. Từ đó Roger.C. Dugan đưa ra định nghĩa : *chất lượng điện năng là bất kỳ một vấn đề điện năng nào thể hiện qua sai lệch của điện áp, dòng điện hay tần số dẫn đến các thiết bị của người sử dụng bị hỏng hay hoạt động sai.*[14]

Với Barry. W. Kennedy, ông nhận định chất lượng điện năng theo hai quan điểm nó là một vấn đề hay một sản phẩm tùy thuộc theo quan điểm của từng người. Ông viết: *Nếu bạn là một kỹ sư điện, một nhà nghiên cứu về điện hay một thợ điện thì bạn có thể nhìn nhận chất lượng điện năng là một vấn đề và cần phải được giải quyết. Còn nếu bạn là nhà kinh doanh, người mua bán điện hay một khách hàng tiêu thụ điện thì*

điện năng là một sản phẩm và chất lượng điện năng là một phần quan trọng trong đó. Từ đó ông đưa ra định nghĩa của Gerry Heydt về chất lượng điện năng “là biện pháp, sự phân tích, cải thiện cho điện áp, thông thường là điện áp trên tải, để duy trì điện áp này ở dạng sin theo điện áp và tần số định mức” [15]

Trong một số tài liệu khác, Maura.C.Ryan định nghĩa: *chất lượng điện năng là mức độ trong đó việc sử dụng và phân phối năng lượng điện điều tác động đến sự hoạt động của thiết bị điện. Bất kỳ một sai lệch nào so với biên độ, tần số của dạng sóng điện áp hình sin lý tưởng đều xem như là các vấn đề chất lượng điện năng.* [17]

Còn Kabelo Klifford Modipance cho rằng: *chất lượng điện năng là bất kỳ phản ứng nào không bình thường trên hệ thống điện xảy ra đối với dạng sóng của dòng điện hay /và điện áp, tác động có hại đối với sự hoạt động bình thường của thiết bị điện tử hay điện* [18]

Các cơ quan tiêu chuẩn hoá quốc tế như IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers) và IEC (International Electrotechnical Commission) cũng đã bắt đầu định nghĩa và phân loại các hiện tượng liên quan đến chất lượng điện năng.

Theo IEEE thì : *chất lượng điện năng là một khái niệm của việc nối nguồn và nối đất cho các thiết bị nhạy cảm mà theo cách đó phù hợp cho việc hoạt động của thiết bị.* Vào năm 2000 IEC đã đưa ra bản dự thảo và đề nghị định nghĩa về chất lượng điện năng theo cách sau : *chất lượng điện năng là tính chất điện tại một điểm cho trước trên một hệ thống điện được đánh giá so sánh với một bộ các thông số kỹ thuật tham khảo (với một chú ý đi kèm : trong một vài trường hợp các thông số này có liên quan đến độ tương thích giữa năng lượng cung cấp trên mạng và các tải được kết nối với mạng đó).*

Các hiện tượng xảy ra trên lưới điện

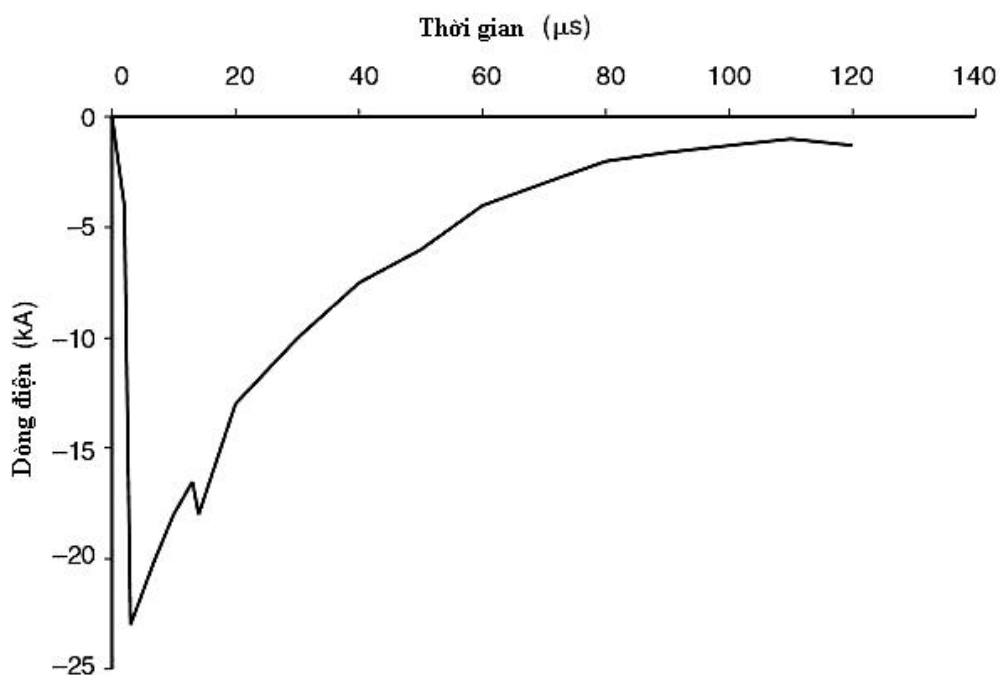
Phi tuyến

Phi tuyến là các nhiễu mà có thời gian kéo dài lớn hơn ba chu kỳ (50Hz-60ms)[14]. Các nhiễu này xuất phát từ rất nhiều nguyên nhân: ví dụ như đóng cắt tụ điện, phóng điện trong đèn huỳnh quang, chúng có thể được xếp vào các loại nhiễu xung và nhiễu dao động. Các nhiễu xung xuất hiện trong một thời gian nhỏ hơn 1ms, đạt giá trị đỉnh và từ giá trị đỉnh xuống rất nhanh. Các dao động phi tuyến nói chung là có thời gian tồn tại

nhỏ hơn một chu kỳ dao động (tần số của nguồn kích thích) và thường có tần số dao động trên 5kHz. Thuật ngữ phi tuyến đã được sử dụng trong phân tích các biến đổi hệ thống điện năng để chỉ ra một sự kiện không theo mong muốn hoặc mang tính chất tức thời của tự nhiên [14]. Phi tuyến có thể được phân loại thành hai dạng:

Xung phi tuyến

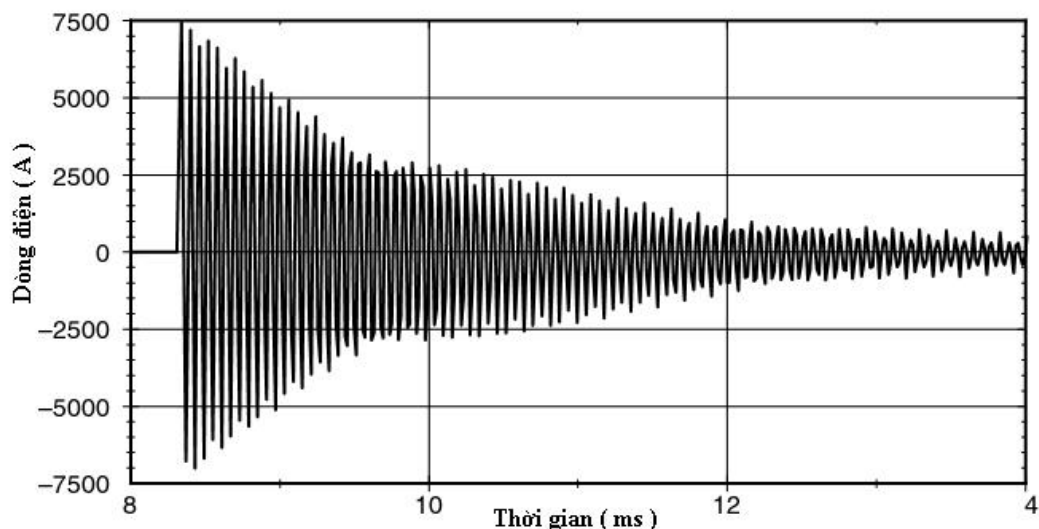
Xung phi tuyến là sự thay đổi đột nhiên trong điều kiện làm việc ổn định của điện áp hoặc dòng điện hay cả hai mà sự thay đổi này không làm thay đổi giá trị cực tính của điện áp hay dòng điện (Khởi đầu điện áp hay dòng điện có thể là âm hay dương).



Hình 1 Phi tuyến xung dòng điện do sét đánh [14]

Dao động phi tuyến

Dao động phi tuyến là sự thay đổi đột nhiên trong các điều kiện ổn định của điện áp và dòng điện hoặc cả hai mà sự thay đổi này làm thay đổi chiều cực tính của điện áp hay dòng điện bao gồm cả hai giá trị âm và dương. Tùy theo tần số dao động mà chúng được phân loại vào tần số thấp ($f_{đđ} < 5 \text{ kHz}$), trung bình ($5 \text{ kHz} \leq f_{đđ} < 500 \text{ kHz}$) và tần số cao ($500 \text{ kHz} \leq f_{đđ} < 5 \text{ MHz}$) [14]



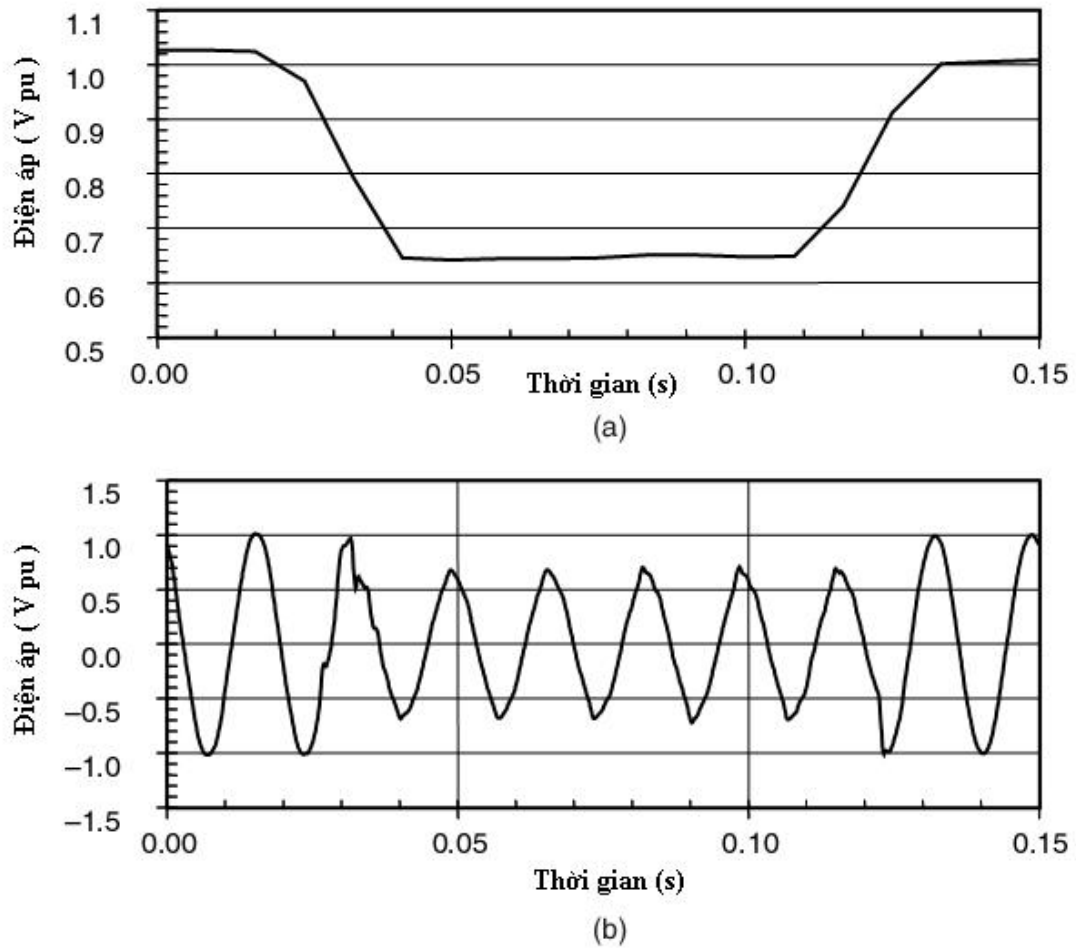
Hình 2 Dòng dao động phi tuyến [14]

Các biến thiên điện áp trong thời gian ngắn

Các biến đổi này bao gồm các loại ngắt thời gian ngắn, điện áp lồi và điện áp lõm được xếp trong tiêu chuẩn IEC [14]. Mỗi loại khác nhau có thể được xếp loại vào trường hợp tức thời (instaneous), thoáng qua (momentary), tạm thời (temporary), điều này phụ thuộc vào khoảng thời gian tồn tại của chúng. Biến đổi điện áp trong thời gian ngắn được chia thành ba loại khác nhau: tức thời $0,5 \leq t < 30$ chu kỳ (600ms), thoáng qua 30 chu kỳ $\leq t < 3$ s, tạm thời 3 giây $\leq t < 1$ phút.

Điện áp lõm

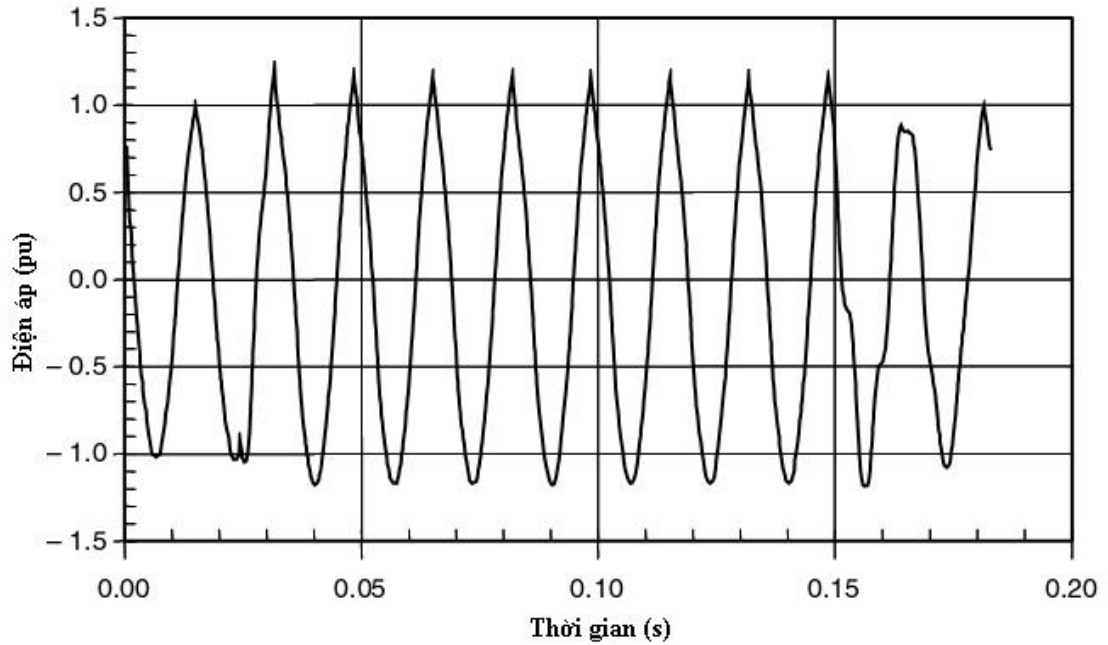
Thuật ngữ lõm điện áp (Sag-Dip) đã được sử dụng trong nhiều năm để mô tả độ suy giảm của điện áp trong một khoảng thời gian nào đó. Mặc dù lõm điện áp không được chính thức định nghĩa, nhưng các nhà phân phối điện năng ngày càng sử dụng nhiều thuật ngữ này, các nhà sản xuất thiết bị và hộ tiêu dùng tương tự cũng chấp nhận và sử dụng. Điện áp lõm được hiểu là mức suy giảm điện áp trong khoảng 10% đến 90% giá trị hiệu dụng định mức trong khoảng thời gian từ nửa chu kỳ (50Hz-10ms) đến một phút.



Hình 3 Điện áp lồm gây ra bởi lỗi chạm đất một pha (a) Giá trị hiệu dụng (b) Dạng sóng[14]

Điện áp lồm

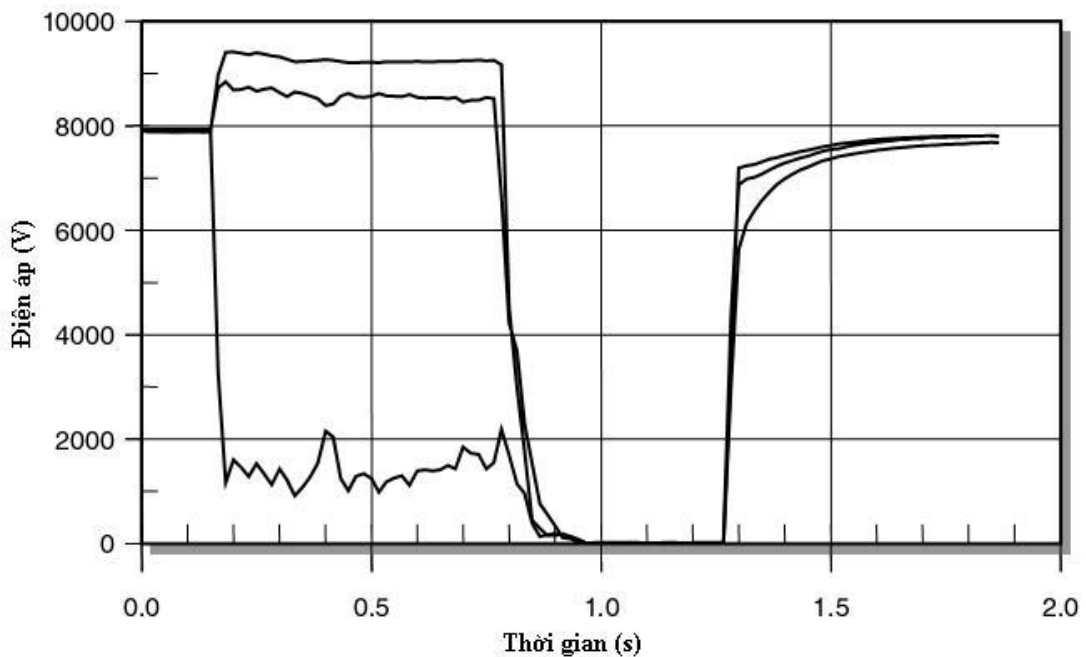
Được định nghĩa là sự tăng của điện áp trong khoảng 1,1 đến 1,8 lần giá trị hiệu dụng điện áp định mức tại tần số công nghiệp (50Hz-60Hz) và tồn tại trong khoảng thời gian từ 0,5 chu kỳ (10ms-50Hz) cho đến một phút. Điện áp lồm (hay quá áp tức thời) là do sự phóng nạp của các tụ bù trên lưới và sự cố do sét đánh.[14]



Hình 4 Điện áp lồi tức thời gây ra bởi sự cố chạm đất một pha [14]

Ngắt

Xuất hiện khi điện áp nguồn cung cấp giảm xuống dưới 10% giá trị định mức trong khoảng thời gian không quá một phút. Nó là kết quả của các sự cố hệ thống, các sự cố vận hành và điều khiển không chuẩn



Hình 5 Trị hiệu dụng của điện áp ba pha khi xảy ra ngắt do sự cố [14]

Các biến thiên điện áp trong thời gian dài

Là sự quá điện áp, dưới điện áp, hay trạng thái duy trì ngắt ở điều kiện làm việc ổn

định. Các ảnh hưởng này có khoảng thời gian xuất hiện trên một phút.[14]

Dưới điện áp

Là sự suy giảm điện áp bên dưới 90% điện áp hiệu dụng định mức và thời gian tồn tại của nó phải lớn hơn một phút. Dưới điện áp đôi khi được gọi là “*Brownout*” mặc dù thuật ngữ này không được định nghĩa một cách rõ ràng. Brownout thường được các nhà cung cấp điện năng sử dụng khi họ cố tình giảm điện áp hệ thống xuống cho phù hợp với nhu cầu sử dụng điện cao điểm hoặc một lý do đáng quan tâm nào đó. [14]

Quá điện áp

Là hiện tượng điện áp đặt vào thiết bị có giá trị vượt quá 110% giá trị điện áp hiệu dụng định mức trong khoảng thời gian lớn hơn 1 phút [14]

Ngắt duy trì

Khi điện áp của nguồn cung cấp bằng không trong khoảng thời gian lớn hơn một phút thì được gọi là ngắt duy trì. Nói chung các ngắt điện áp kéo dài quá một phút thì thường là kéo dài vĩnh viễn, do đó cần có sự tác động của người sửa chữa và vận hành để phục hồi lại hệ thống. Tuy nhiên ngắt duy trì phải được hiểu là các hiện tượng của hệ thống điện năng và chúng không hề có sự liên hệ nào với tình trạng mất điện của lưới. [14]

Méo dạng sóng

Được định nghĩa là sự sai lệch ổn định so với dạng sóng tần số lý tưởng của điện năng, được xác định bằng cách phân tích phổ tần số của sự sai lệch [14]. Méo dạng sóng được xếp vào năm loại cơ bản.

Khoảng một chiều

Sự xuất hiện của dòng điện hay điện áp một chiều trong mạng điện xoay chiều được gọi là khoảng một chiều. Khoảng một chiều xuất hiện do nhiễu từ trường trái đất hoặc do tác động của chỉnh lưu nửa chu kỳ.[14]

Điều hòa

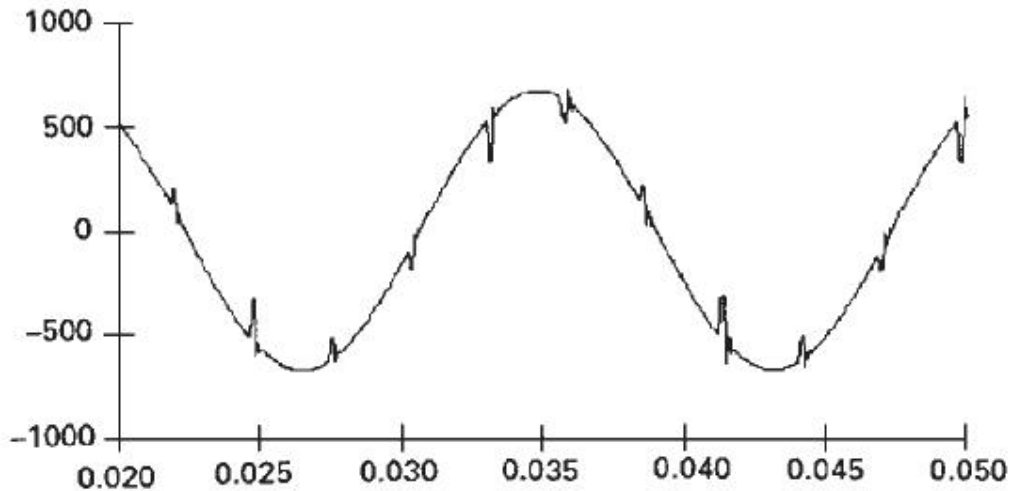
Các điều hòa (hay sóng hài): là các dòng điện hay điện áp có tần số bằng số nguyên lần tần số của nguồn cung cấp (thường được gọi là tần số sóng cơ bản, thông thường là 50 Hz, 60Hz). Các dòng điện, điện áp bị méo có thể được phân tích thành tổng của sóng các tần số cơ bản và các điều hòa. Các điều hòa này do các tải phi tuyến sinh ra. Chúng thường gây ra các sự cố cho các thiết bị như quá nhiệt, tác động nhiễu...[14]

Nội điều hòa

Các dòng điện hay điện áp chứa các thành phần tần không phải là số nguyên lần tần số cơ bản được gọi là các nội điều hòa. Chúng dường như là các tần số rời rạc hay là các phổ tần số mở rộng. [14]

Nhiều sinh ra do trùng dẫn (Notching)

Là các nhiễu điện áp tuần hoàn xuất hiện trong các thiết bị điện tử công suất khi dòng điện đảo mạch từ pha này sang pha khác. Khi notching xuất hiện trong mạch, nó có thể được nhận dạng thông qua phân tích phổ tần của điện áp chịu tác động. [14]



Hình 6Notching gây ra bởi bộ biến đổi điện tử công suất ba pha [14]

Nhiều

Được định nghĩa là các tín hiệu điện không mong muốn với phổ tần rất rộng nhưng nhỏ hơn 200kHz, được xếp chồng lên điện áp hay dòng điện của hệ thống trong các đường dây pha, đường dây trung tính hay các đường dây tín hiệu. [14]

Dao động điện áp

Dao động điện áp là các biến đổi có hệ thống của điện áp hay là một chuỗi thay đổi các điện áp ngẫu nhiên, nhưng biên độ của các thay đổi điện áp thay đổi này thường là không vượt quá cùng giới hạn đã được xác định theo tiêu chuẩn ANSI C 84.1 là 0,9 ÷ 1,1 giá trị tương đối (pu).[14]

Các biến đổi tần số

Các biến đổi tần số được định nghĩa là sự sai lệch tần số cơ bản hệ thống định mức được xác định của nó (thường là 50Hz-60Hz) trong khoảng thời gian <10s. [14]

Mất cân bằng điện áp

Trong phụ lục D của tiêu chuẩn ANSI (ANSI Std C84-1989) mất cân bằng điện áp được xác định là tỉ lệ phần trăm giữa độ lệch lớn nhất khỏi giá trị hiệu dụng của điện ba pha chia cho giá trị hiệu dụng của điện áp ba pha đó.[14]

$$\% \text{Kh«ng c«n b»ng ®i«n } p = \frac{\text{®é l«ch lí n nhÊt so ví i gi, trÞ trung b»nh}}{\text{gi, trÞ trung b»nh}} 100\%$$

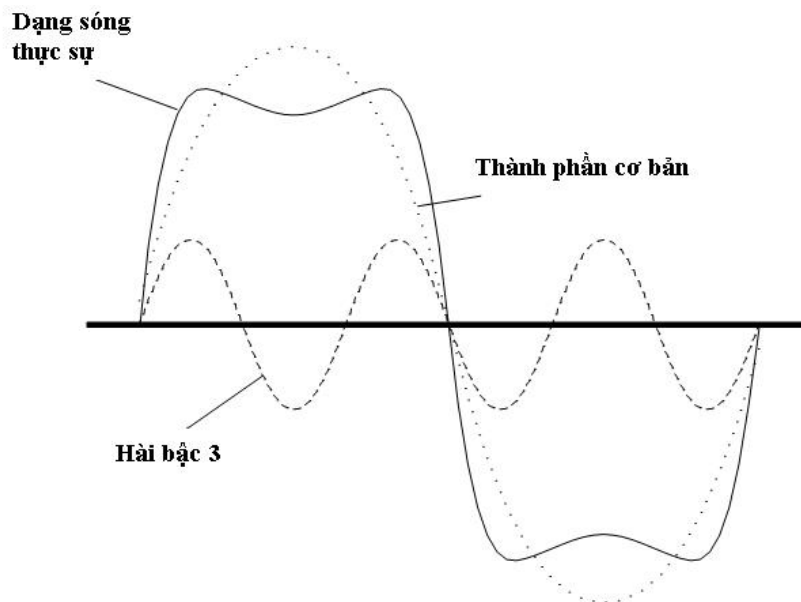
Tổng quan về sóng hài và các chỉ số đánh giá

Sóng hài và phân tích sóng hài

Công cụ để phân tích mức độ méo của dạng sóng dòng điện có chu kỳ là phân tích Fourier. Phương pháp này dựa trên nguyên lý là một dạng sóng méo, có chu kỳ (không sin) thì tương đương và có thể được thay thế bởi tổng của các dạng sóng điều hòa hình sin, chúng bao gồm:

- Một sóng hình sin với tần số cơ bản (50 Hz)
- Một số các sóng hình sin khác với tần số hài cao hơn, đó là bội của tần số cơ bản.

Dạng sóng méo ở hình dưới đây được phân tích thành một thành phần sóng cơ bản và một thành phần sóng hài bậc 3. Tổng giá trị hiệu dụng của dòng điện méo này được tính bằng căn bậc hai của tổng các bình phương của dòng cơ bản và dòng hài.

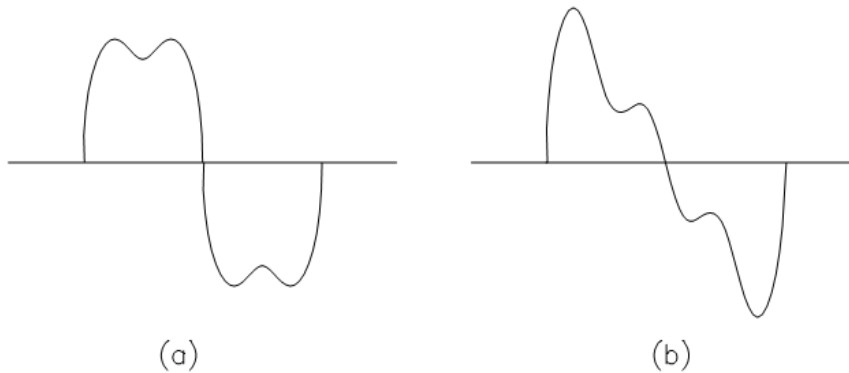


Hình 7 Dạng sóng với thành phần cơ bản và hài bậc ba

Dấu hiệu để xác định một dạng sóng méo có thành phần hài bậc chẵn hay bậc lẻ như sau: [10]

- Hài bậc lẻ xuất hiện khi nửa chu kỳ âm của dạng sóng méo lặp lại y hệt nửa chu kỳ dương, nhưng với chiều âm. Nói cách khác, hài bậc lẻ xuất hiện khi phần tư chu kỳ đầu tiên và phần tư chu kỳ thứ ba là giống nhau, phần tư chu kỳ thứ hai và thứ tư là giống nhau. Hài bậc lẻ xuất hiện với chính lưu cầu vì nửa chu kỳ dương và nửa chu kỳ âm là đối xứng nhau (do đó các hài bậc chẵn bị triệt tiêu)

- Hài bậc chẵn xuất hiện khi nửa chu kỳ âm không lặp lại nửa chu kỳ dương. Một đặc điểm khác khi có hài bậc chẵn đó là phần tư thứ nhất và thứ tư là giống nhau, phần tư thứ hai và thứ ba là giống nhau. Thường ít khi thấy hài bậc chẵn trong các hệ thống điện công nghiệp. [10]



Hình 8 Liên quan giữa dạng sóng và các thành phần bậc lẻ, bậc chẵn

Mức độ méo sóng hài sinh ra do bộ VSD phụ thuộc vào rất nhiều biến số và nhiều biến số rất khó để định lượng, ví dụ:

- Biên độ của dòng điện chảy qua bộ biến đổi
- Cấu trúc của mạch điện tử công suất (6 xung, 12 xung)
- Đặc tính và trở kháng của hệ thống cung cấp điện nối đến tải [10]

Nguyên nhân chính tại sao bộ biến đổi điện tử công suất sinh ra dòng điện hài là vì dòng điện không liên tục trong mỗi pha. Xét về khía cạnh sinh ra sóng hài thì việc cầu chỉnh lưu dùng van diode hay van thyristor đều không quan trọng vì chúng đều hoạt động tương tự nhau. Trong một cầu chỉnh lưu, chỉ có hai thyristor (hoặc diode) được dẫn tại một thời điểm bất kỳ, và khoảng thời gian được dẫn này sẽ lần lượt đến phiên các thyristor (diode) kế tiếp. Trong một chu kỳ của điện áp nguồn cấp, mỗi một pha trong ba pha đều dẫn một xung dương trong 120° và một xung âm trong 120° . [10]

Các dòng điện pha gián đoạn này kết hợp lại ở phía một chiều để tạo ra dòng điện một chiều DC nhấp nháy (rippled), dòng điện này được làm trơn bằng một cuộn kháng ở phía một chiều. Như vậy, bộ chỉnh lưu có thể được xem như một nguồn phát sóng hài về phía lưới. [10]

Các bộ biến đổi điện tử công suất không sinh ra tất cả các bậc hài mà chỉ một số bậc hài nhất định. Bậc và biên độ của một sóng hài dòng điện sinh ra bởi bộ biến đổi điện tử công suất phụ thuộc vào 3 yếu tố chính sau:[10]

- > Số xung của một bộ biến đổi (p). Số xung của bộ biến đổi là số xung một chiều ở đầu ra của bộ chỉnh lưu trong một chu kỳ của điện áp nguồn cấp. Bậc của sóng hài sinh ra được xác định theo công thức

$$n = kp \pm 1 \quad [10]$$

Với n: bậc của sóng hài
k: số nguyên dương bất kỳ
p: số xung của bộ biến đổi

- > Biên độ của dòng tải, dòng điện phía một chiều của bộ chỉnh lưu ảnh hưởng tới biên độ của dòng điện hài
- > Biên độ của điện áp tải, áp một chiều của bộ chỉnh lưu ảnh hưởng tới dòng tải

Chuỗi phân tích Fourier của một hàm có chu kỳ $x(t)$ được biểu diễn bằng biểu thức sau [8]

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \right) \quad (1)$$

trong biểu thức này a_0 là giá trị trung bình của hàm số $x(t)$, các hệ số của chuỗi a_n và b_n là các thành phần vuông góc của hài bậc n . Vectơ hài bậc n tương ứng là

$$A_n \angle \varphi_n = a_n + j b_n$$

Với biên độ

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

Và góc pha là

$$\varphi_n = \arctan\left(\frac{b_n}{a_n}\right)$$

Hệ số a_0 trong biểu thức trên có thể được rút ra bằng cách lấy tích phân cả hai vế của phương trình từ $-T/2$ tới $T/2$

$$\int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt = \int_{-T/2}^{T/2} \left[a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \right] dt$$

Ta lấy tích phân từng số hạng về phải

$$\int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt = a_0 \int_{-T/2}^{T/2} dt + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \int_{-T/2}^{T/2} \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) dt + b_n \int_{-T/2}^{T/2} \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) dt \right]$$

Số hạng đầu tiên ở vế phải có giá trị là $T a_0$, các biểu thức tích phân còn lại đều có giá trị là không.

Vậy a_0 được tính theo công thức sau

$$a_0 = 1/T \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt \quad \text{với } T \text{ là chu kỳ của } x(t)$$

Tính hệ số a_n bằng cách nhân cả hai vế phương trình (1) với $\cos(2\pi m t / T)$, với m là một số nguyên dương bất kỳ, sau đó lấy tích phân từ $-T/2$ đến $T/2$

$$\begin{aligned} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi m t}{T}\right) dt &= \int_{-T/2}^{T/2} \left[a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \right] \cos\left(\frac{2\pi m t}{T}\right) \\ &= a_0 \int_{-T/2}^{T/2} \cos\left(\frac{2\pi m t}{T}\right) dt + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \int_{-T/2}^{T/2} \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi m t}{T}\right) dt + \right. \\ &\quad \left. b_n \int_{-T/2}^{T/2} \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi m t}{T}\right) dt \right] \end{aligned}$$

Số hạng đầu tiên ở vế phải bằng không.

Xét thừa số với b_n

$$\int_{-T/2}^{T/2} \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi mt}{T}\right) dt = \int_{-T/2}^{T/2} \frac{1}{2} \left(\sin \frac{2\pi(m+n)t}{T} + \sin \frac{2\pi(m-n)t}{T} \right) dt$$

$$= 0 \quad \text{vì } \forall m, n$$

Xét thừa số với a_n

$$\int_{-T/2}^{T/2} \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi mt}{T}\right) dt = \int_{-T/2}^{T/2} \frac{1}{2} \left(\cos \frac{2\pi(m+n)t}{T} + \cos \frac{2\pi(m-n)t}{T} \right) dt$$

$$= 0 \quad \text{vì } \forall m, n$$

Với $m = n$ ta có

$$\int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt = a_n \int_{-T/2}^{T/2} \cos^2\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt$$

$$= \frac{a_n}{2} \int_{-T/2}^{T/2} \cos\left(\frac{4\pi nt}{T}\right) dt + \frac{a_n}{2} \int_{-T/2}^{T/2} dt$$

$$= \frac{a_n T}{2}$$

Hệ số a_n được tính theo công thức

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt \quad \text{với } n = 1 \rightarrow \infty$$

Tương tự ta có

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt \quad \text{với } n = 1 \rightarrow \infty \quad [8]$$

Ta thấy khi hàm $x(t)$ là đối xứng lẻ, tức là $x(t) = -x(-t)$ thì a_n bằng không với tất cả các giá trị n . Như vậy chuỗi Fourier của một hàm lẻ chỉ có các thành phần sin.

Còn khi hàm $x(t)$ đối xứng chẵn, tức là $x(t) = x(-t)$ thì b_n bằng không với tất cả các giá trị của n . Chuỗi Fourier của một hàm chẵn chỉ có các thành phần cos.

Một dạng sóng có thể là chẵn hoặc lẻ tùy thuộc vào khoảng thời gian tham chiếu được lựa chọn.

Hàm $x(t)$ gọi là đối xứng nửa sóng khi $x(t) = -x(t + T/2)$

dạng sóng của tín hiệu kiểu này có hình dạng tại thời gian từ $t + T/2$ tới $t + T$ là dạng âm của dạng sóng từ t tới $t + T/2$. Sau một số biến đổi ta có:

Với n lẻ

$$a_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt$$

$$b_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} x(t) \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt$$

Với n chẵn

$$a_n = 0 \quad b_n = 0$$

Như vậy dạng sóng đối xứng nửa sóng chỉ chứa các hài bậc lẻ.

Các chỉ số đánh giá

Tổng méo điều hòa THD

Là chỉ số đánh giá độ méo của các thành phần điều hòa của một sóng bị méo so với thành phần cơ bản, được áp dụng để tính toán cho cả dòng điện và điện áp, được tính bằng công thức sau

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{k_{max}} M_k^2}}{M_1}$$

Trong đó M_k là giá trị hiệu dụng của thành phần điều hòa bậc k.

Chỉ số THD cho biết lượng năng lượng nhiệt tổn hao khi cung cấp điện áp méo cho một tải trở. THD hầu hết được sử dụng để mô tả méo điện áp điều hòa

Tổng méo nhu cầu TDD

Chỉ số THD có thể được dùng để nhận biết mức độ méo của dòng điện, nhưng điều này đôi khi dẫn đến những hiểu lầm. Một dòng điện rất nhỏ nhưng lại có thể có chỉ số THD rất cao khi giá trị của dòng cơ bản thấp. Như vậy khi tải bé thì THD của dòng điện không có nhiều ý nghĩa.

Để tránh nhầm lẫn, các nhà phân tích đưa ra chỉ số tổng méo nhu cầu TDD

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{k_{max}} I_k^2}}{I_R}$$

Công thức này tương tự như THD nhưng độ méo được tính bằng phần trăm so với biên độ của dòng định mức hay là dòng tải lớn nhất chứ không phải theo phần trăm so với dòng điện cơ bản. Nếu tải đã có trong hệ thống từ trước thì I_R là giá trị trung bình của dòng tải nhu cầu đỉnh của 12 tháng trước đây, nếu các thiết bị mới thì I_R có thể được tính toán bằng cách ước lượng dựa trên các tài liệu của thiết bị tiêu dùng.

Nguồn phát sinh sóng hài

Trước khi có sự xuất hiện của các linh kiện bán dẫn công suất, nguyên nhân chính gây ra méo dạng sóng là các lò hồ quang, đèn huỳnh quang, và ở mức độ thấp hơn là từ máy biến áp và máy điện quay.

Các thiết bị có hiện tượng bão hòa mạch từ

Các thiết bị loại này bao gồm các máy biến áp và các thiết bị điện từ khác với cấu trúc có lõi thép tại đó điều hòa được sinh ra do các tính chất từ hóa phi tuyến của lõi sắt. Các máy biến áp thường được thiết kế để hoạt động ở dưới điểm bão hòa, mật độ từ cảm của máy biến áp được lựa chọn dựa trên các yếu tố như giá thành thép, các tổn hao không tải, độ ồn và các nhân tố khác. Thông thường dòng từ hóa của máy biến áp

chứa rất nhiều các điều hòa, nó có giá trị nhỏ hơn 1% dòng đầy tải. Mặc dù điều hòa sinh ra bởi máy biến áp rõ ràng là nhỏ hơn các thiết bị điện tử công suất nhưng trong hệ thống điện, nhất là hệ thống điện phân phối có đến hàng trăm máy biến áp cho nên điều hòa gây bởi máy biến áp cũng cần được chú ý.

Các thiết bị có hiện tượng phóng tia lửa điện

Lò hồ quang điện

Sóng hài sinh ra từ các lò hồ quang sử dụng trong sản xuất thép là không thể dự đoán được vì tia lửa điện thay đổi liên tục, không tuần hoàn theo chu kỳ. Phân tích cho thấy dòng điện hồ quang bao gồm một dải liên tục các bậc sóng hài cả nguyên và không nguyên. Tuy nhiên các sóng hài bậc nguyên, đặc biệt là từ bậc hai đến bậc bảy, có vị trí quan trọng hơn nhiều so với hài bậc không nguyên. Biên độ của sóng hài cũng giảm tương ứng theo bậc hài của nó. Khi mức kim loại nóng chảy trong bể chứa tăng dần, tia hồ quang trở nên ổn định hơn, dẫn đến mức độ méo dạng sóng giảm. Dòng điện trở nên đối xứng ở đoạn gần trục không và như vậy sẽ triệt tiêu các bậc hài chẵn và bậc hài không nguyên.

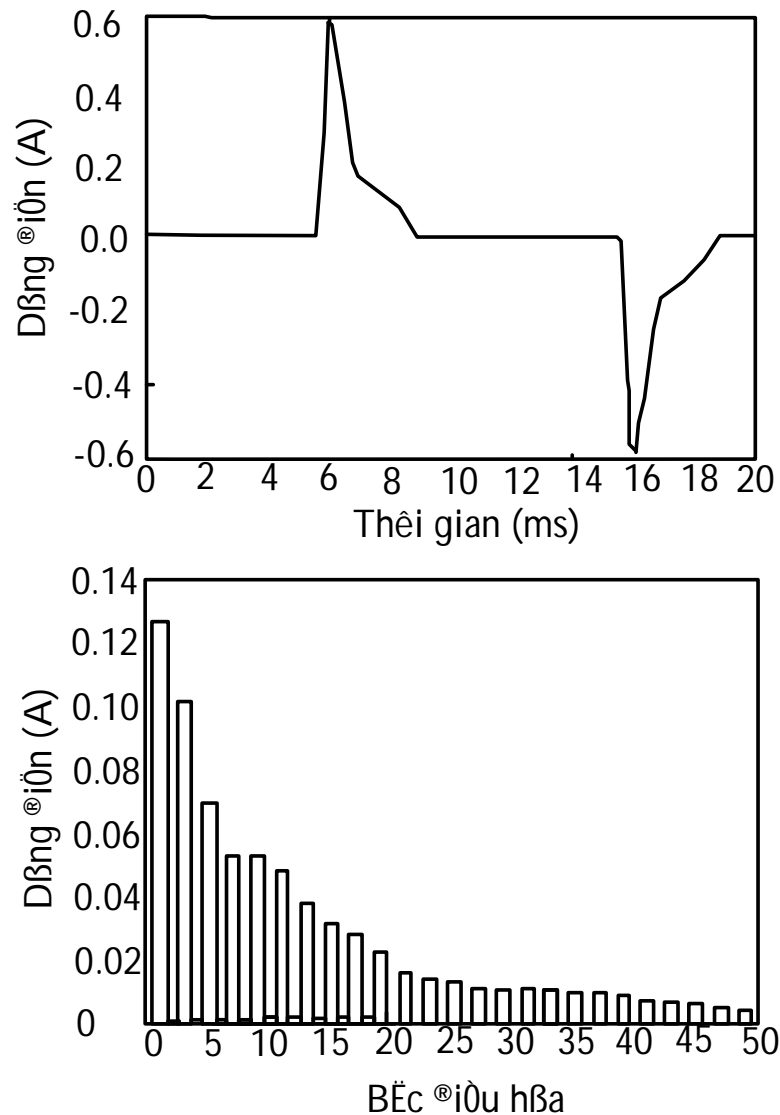
Bảng dưới đưa ra giá trị của các bậc sóng hài theo hai giai đoạn của quá trình luyện thép. Các lò khác nhau sẽ có các giá trị khác nhau.

	Phân trăm thành phần hài theo thành phần cơ bản				
	Bậc hài				
	2	3	4	5	7
Giai đoạn luyện thép					
Nung nóng chảy (tia lửa điện không ổn định)	7.7	5.8	2.5	4.2	3.1
Luyện (tia lửa điện ổn định)	0.0	2.0	0.0	2.1	0.0

Bảng 1 Các thành phần hài của dòng điện lò hồ quang trong hai giai đoạn của quá trình luyện thép [8]

Các loại đèn phóng điện

Đây là loại tải có tính phi tuyến cao. Hình dưới chỉ ra dạng sóng dòng điện và phổ tần sóng hài của loại đèn hiệu suất cao



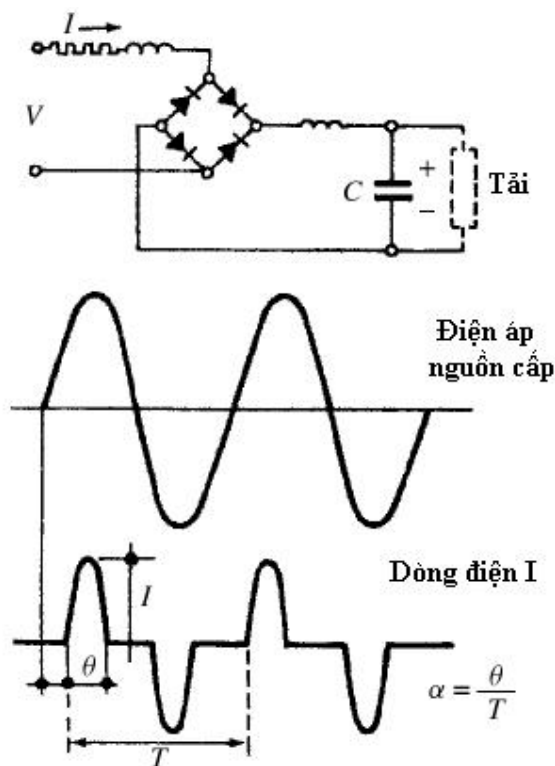
Hình 9 Dạng sóng dòng điện (a) và phổ tần (b) của đèn phóng điện hiệu suất cao [8]

Tác hại của loại tải này cần đặc biệt chú ý trong trường hợp đèn huỳnh quang. Khi đó phải cần thêm các chấn lưu từ để hạn chế dòng điện trong giới hạn của ống đèn huỳnh quang và ổn định tia hồ quang.

Chỉnh lưu một pha

Có rất nhiều thiết bị điện đòi hỏi phải có nguồn cấp một chiều để hoạt động. Cầu chỉnh lưu diode một pha được dùng phổ biến để tạo nên những nguồn một chiều này bởi giá thành hạ và áp cung cấp khá ổn định trong những điều kiện làm việc bình thường.

Mạch điện trong hình 10 sinh ra các xung dòng điện khá hẹp tại mỗi nửa chu kỳ của điện áp nguồn cấp. Do tụ điện dc chỉ được tích điện khi điện áp nguồn vượt qua mức điện áp dc (đó là đoạn gần với đỉnh của sóng điện áp hình sin).



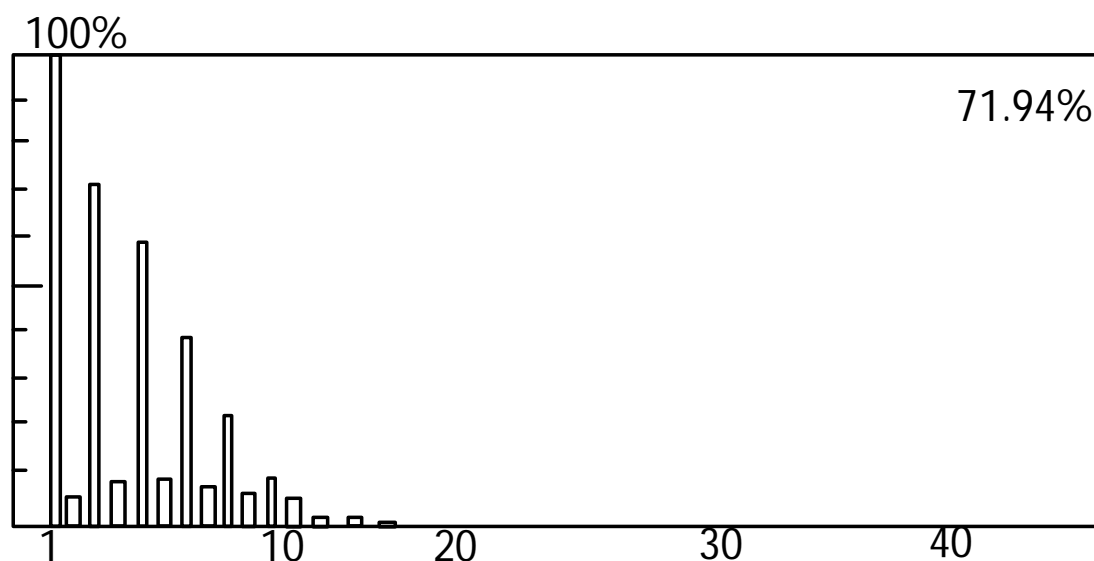
Hình 10 Nguồn một chiều gồm chỉnh lưu cầu một pha và tụ điện [8]

Phân tích Fourier của dạng xung này như sau

$$I_n = \frac{8\alpha I}{\pi} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{\cos n\alpha\pi}{1-n^2\alpha^2\pi^2} \cos n\omega t \quad [8]$$

Với I là giá trị đỉnh của xung dòng điện và $\alpha = \theta/T$

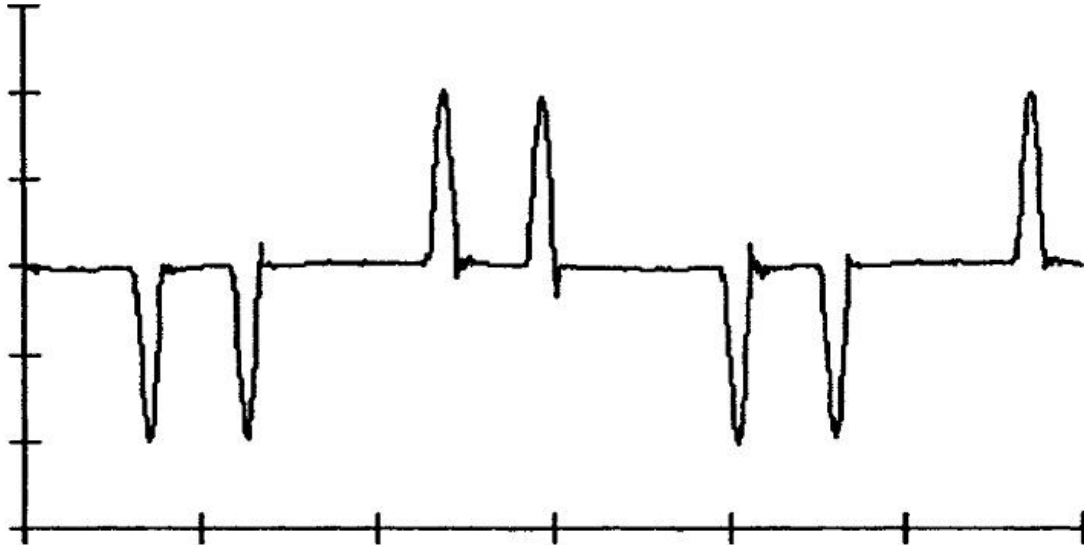
Hình 11 thể hiện phổ tần của sóng hài sinh ra từ bộ máy tính cá nhân và máy in.



Hình 11 Dòng điều hòa sinh ra bởi bộ PC và Máy in

Bộ biến đổi ba pha nguồn áp

Một bộ biến đổi nguồn áp (Voltage source converter VSC) được đặc trưng bởi tính dung phía một chiều và hệ thống phía xoay chiều có tính cảm [8]. Dạng đơn giản nhất của một bộ VSC là cầu diode 6 xung với một tụ điện lớn bắc qua hai cực của đầu ra. Trong mạch điện này thì tụ điện được tích điện trong mỗi nửa chu kỳ của điện áp nguồn cấp bởi hai xung dòng điện, dạng điển hình như sau.



Hình 12 Dạng dòng điện của bộ biến đổi ba pha nguồn áp

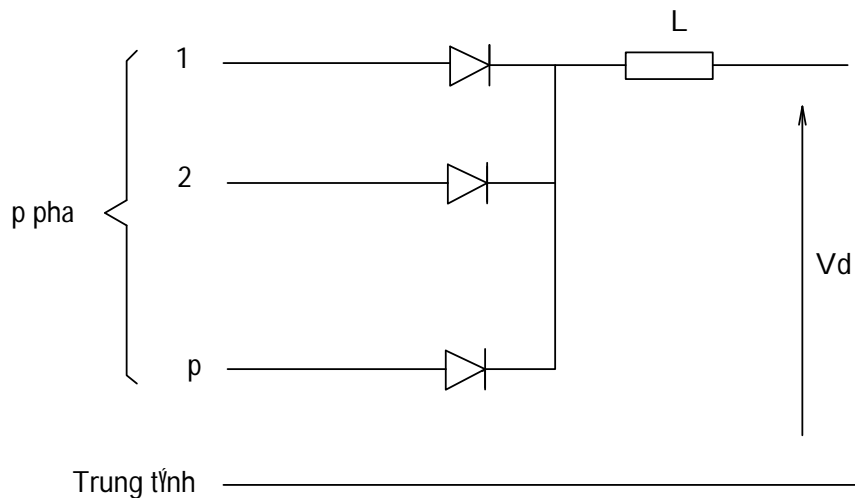
Không giống như bộ nguồn một chiều chỉnh lưu một pha, do không có dây trung tính nên trường hợp này các hài triplen không xuất hiện. Việc thêm vào phía ac các cuộn kháng có thể làm giảm đáng kể dòng hài, đây cũng là phương pháp hay sử dụng trong các bộ biến tần có sử dụng điều chế độ rộng xung.

Bộ biến đổi ba pha nguồn dòng

Bộ biến đổi nguồn dòng (Current source converter) được đặc trưng bởi tính cảm phía một chiều cũng như xoay chiều [8]. Tính cảm này được tạo ra từ các cuộn kháng san bằng ở phía một chiều. Trong mạch này thì dòng một chiều tạo ra gần như là hằng, bộ biến đổi sẽ là nguồn áp hài với phía một chiều và nguồn dòng hài với phía xoay chiều. Các van có thể khóa điện áp ở cả hai chiều nhưng đòi hỏi chỉ dẫn dòng theo một chiều. Các bộ biến đổi lớn thường là loại nguồn dòng vì có thể có được các van thyristor chịu được dòng lớn.

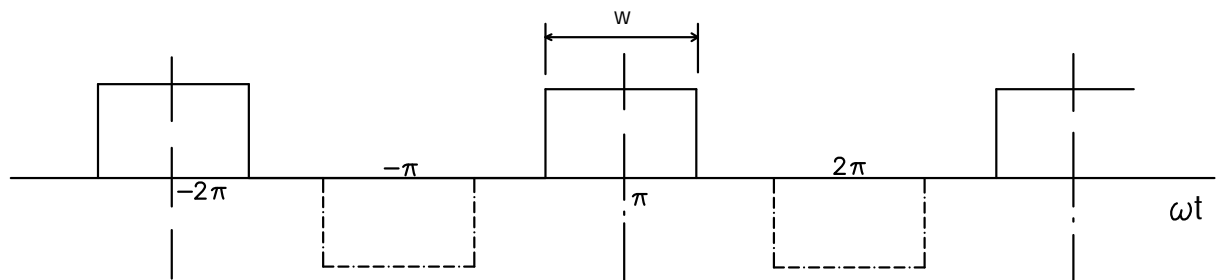
Với điều kiện đối xứng hoàn toàn của hệ thống thì các dòng điện sinh ra trên các pha là như nhau.

Xét một bộ biến đổi lý tưởng p pha, một chiều như hình dưới.



Hình 13 Bộ biến đổi p pha , một chiều [8]

Bộ biến đổi này không có trở kháng phía xoay chiều và kháng san bằng phía một chiều có giá trị vô cùng lớn. Dòng điện pha của bộ biến đổi có dạng các xung chữ nhật



Hình 14 Chuỗi xung dương và âm [8]

với bề rộng xung là $w = 2\pi / p$, tuần hoàn theo chu kỳ nguồn cấp.

Chọn điểm gốc ở giữa của xung nên hàm $F(\omega t)$ là một hàm chẵn, do vậy phân tích Fourier chỉ gồm các thành phần cosin. Hệ số của chuỗi Fourier với dòng là 1pu tính như sau [8]

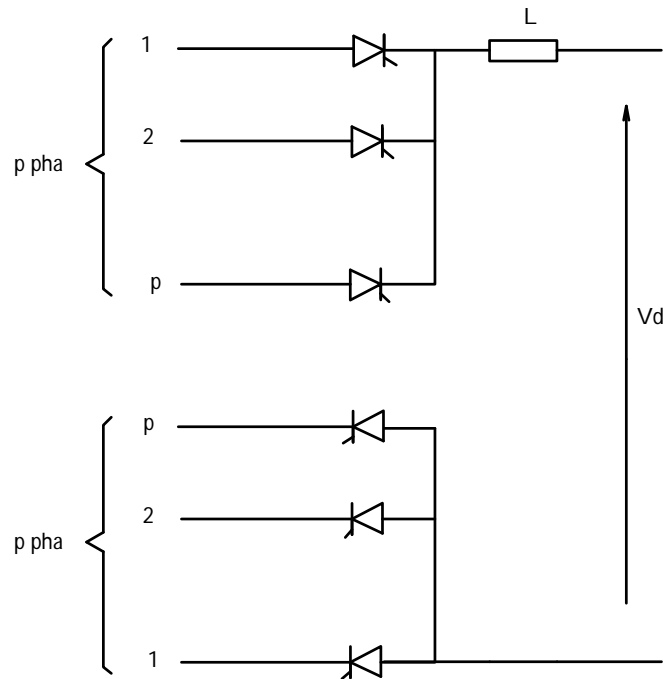
$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-w/2}^{w/2} d(\omega t) = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{p}$$

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_{-w/2}^{w/2} \cos(n\omega t) d(\omega t) = \frac{2}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{p}\right)$$

Như vậy chuỗi Fourier tương ứng cho các xung dòng dương là [8]

$$F_p = \frac{2}{\pi} \left(\frac{w}{4} + \sin\left(\frac{w}{2}\right) \cos(\omega t) + \frac{1}{2} \sin\left(\frac{2w}{2}\right) \cos(2\omega t) + \frac{1}{3} \sin\left(\frac{3w}{2}\right) \cos(3\omega t) \right. \\ \left. + \frac{1}{4} \sin\left(\frac{4w}{2}\right) \cos(4\omega t) + \dots \right)$$

Xét một bộ biến đổi p pha, hai chiều như hình dưới



Hình 15 Bộ biến đổi p pha, hai chiều [8]

Biến đổi công thức như ở trên cho nhóm van chiều ngược lại ta có chuỗi Fourier [8]

$$F_p = \frac{2}{\pi} \left(-\frac{w}{4} + \sin\left(\frac{w}{2}\right) \cos(\omega t) - \frac{1}{2} \sin\left(\frac{2w}{2}\right) \cos(2\omega t) + \frac{1}{3} \sin\left(\frac{3w}{2}\right) \cos(3\omega t) \right) - \frac{1}{4} \sin\left(\frac{4w}{2}\right) \cos(4\omega t) + \dots$$

Dòng điện pha của bộ biến đổi hai chiều có cả xung âm và xung dương xen kẽ nhau. Chuỗi Fourier như sau [8]

$$F = F_p + F_n = \frac{4}{\pi} \left(\sin(w/2) \cos(\omega t) + \frac{1}{3} \sin\left(\frac{3w}{2}\right) \cos(3\omega t) \right) + \frac{1}{5} \sin\left(\frac{5w}{2}\right) \cos(5\omega t) + \dots$$

Theo công thức này thì thành phần một chiều và bậc hài chẵn đã bị triệt tiêu.

Mạch 6 xung

Mạch chỉnh lưu 6 xung tạo ra từ mạch chỉnh lưu 3 pha, 2 chiều. Thay $w = 2\pi/3$ và thêm vào giá trị dòng điện một chiều I_d ta có dòng điện trên pha a như sau [8]

$$i_a = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d \left(\cos(\omega t) - \frac{1}{5} \cos(5\omega t) + \frac{1}{7} \cos(7\omega t) - \frac{1}{11} \cos(11\omega t) + \frac{1}{13} \cos(13\omega t) \right) - \frac{1}{17} \cos(17\omega t) + \frac{1}{19} \cos(19\omega t) \dots$$

Từ công thức ta thấy [8]

- (1) Không có các hài lẻ bội 3 (triplen)
- (2) Các bậc hài xuất hiện là $6k \pm 1$, với k là số nguyên
- (3) Các hài bậc $6k+1$ có thứ tự thuận và hài bậc $6k-1$ có thứ tự nghịch.
- (4) Giá trị hiệu dụng của bậc hài cơ bản là

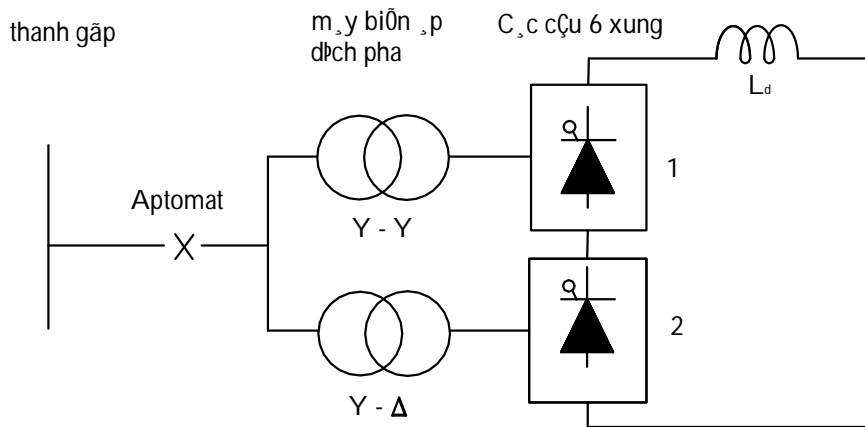
$$I_1 = \left(1/\sqrt{(2)}\right) \left(2\sqrt{3}/\pi\right) I_d = \left(\sqrt{6}/\pi\right) I_d$$

- (5) Giá trị hiệu dụng của hài bậc n là

$$I_n = I_1/n$$

Mạch 12 xung

Mạch 12 xung tạo từ hai nhóm 6 xung, cấp điện từ hai máy biến áp nối song song, dịch pha 30°



Hình 16 Cấu trúc bộ biến đổi 12 xung [8]

Dòng điện pha bây giờ là tổng hai dòng phía sơ cấp của máy biến áp đầu sao-sao và sao-tam giác.

$$(i_a)_{12} = 2 \left(\frac{2\sqrt{3}}{\pi} \right) I_d \left(\cos(\omega t) - \frac{1}{11} \cos(11\omega t) + \frac{1}{13} \cos(13\omega t) \right. \\ \left. - \frac{1}{23} \cos(23\omega t) + \frac{1}{25} \cos(25\omega t) \dots \right)$$

Ta thấy chỉ còn các bậc hài $12k \pm 1$. Các bậc hài $6k \pm 1$ chạy vòng giữa hai biến áp nhưng không đi vào lưới. [8]

Ảnh hưởng của máy biến áp và trở kháng hệ thống đến sự phát sinh sóng hài

Trên thực tế do có điện kháng trên lưới nên xuất hiện quá trình trùng dẫn khi chuyển mạch.

Dòng chuyển mạch tính theo công thức sau

$$i_c = \frac{E}{\sqrt{2}X_c} (\cos(\alpha) - \cos(\omega t)) \quad [8]$$

Với X_c là điện kháng (một pha) của mạch, giá trị gần bằng với điện kháng tản của máy biến áp.

Tới cuối quá trình chuyển mạch thì $i_c = I_d$ và $\omega t = \mu$, lúc đó phương trình trên trở thành

$$I_d = \frac{E}{\sqrt{2}X_c} [\cos(\alpha) - \cos(\alpha + \mu)] \quad [8]$$

Từ hai phương trình ta rút ra

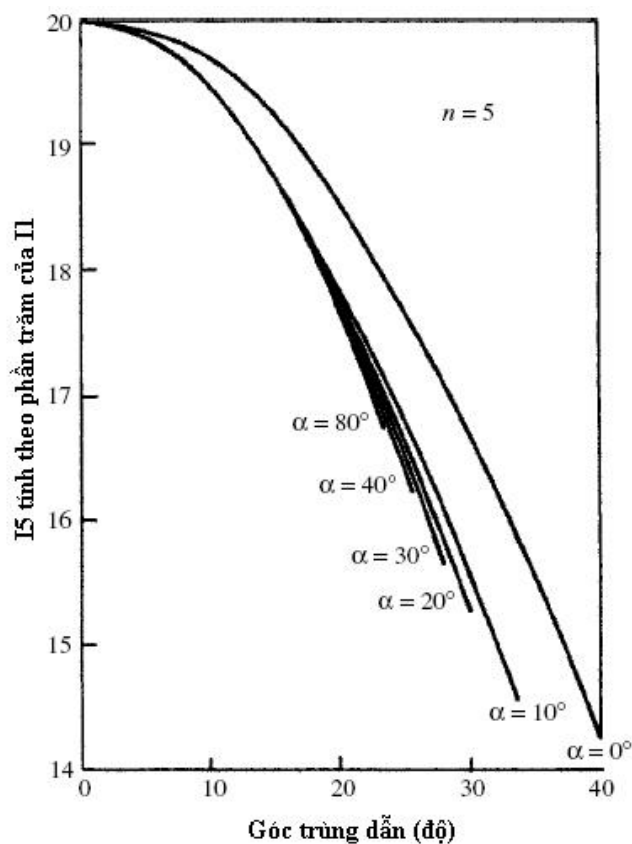
$$i_c = I_d \left(\frac{\cos(\alpha) - \cos(\omega t)}{\cos(\alpha) - \cos(\alpha + \mu)} \right) \text{ với } \alpha < \omega t < \alpha + \mu \quad [8]$$

Phần còn lại của xung dòng điện là

$$i = I_d \text{ với } \alpha + \mu < \omega t < \alpha + 2\pi/3$$

$$i = I_d - I_d \left[\frac{\cos(\alpha + 2\pi/3) - \cos(\omega t)}{\cos(\alpha + 2\pi/3) - \cos(\alpha + 2\pi/3 + \mu)} \right] \text{ với } \alpha + \frac{2\pi}{3} < \omega t < \alpha + \frac{2\pi}{3} + \mu \quad [8]$$

xung dòng âm vẫn có tính chất đối xứng nửa sóng do vậy chỉ có các hài bậc lẻ. Sóng hài có thể được biểu diễn theo góc trễ đánh xung, góc trùng dẫn và biên độ như hình dưới.

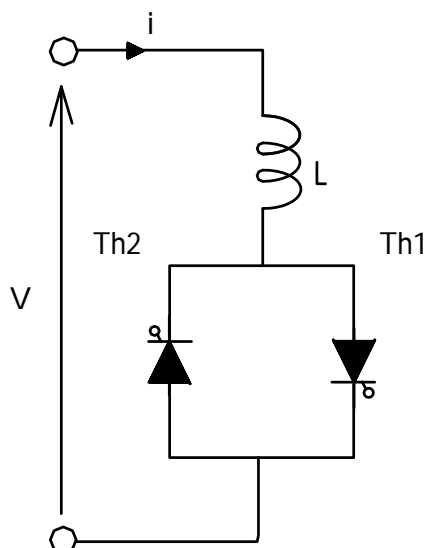


Hình 17 I_5 theo góc trễ đánh xung và góc trùng dẫn [8]

Các cuộn kháng điều khiển bằng thyristor

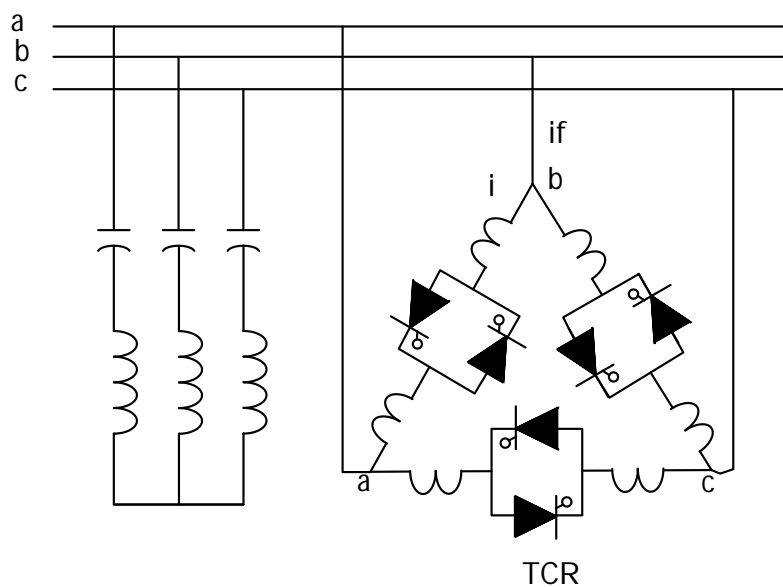
Bộ bù công suất phản kháng tĩnh

Bộ bù công suất phản kháng tĩnh (Static VAR compensator SVC) sử dụng các cuộn kháng được điều khiển bởi thyristor thường được sử dụng trong hệ thống truyền tải điện cao thế và trong một vài nhà máy công nghiệp như nhà máy sử dụng là hồ quang điện. Mục đích chính là để tạo ra khả năng điều khiển điện áp nhanh chóng và rất nhiều các tác dụng khác như giảm nhấp nháy (flicker), cải thiện hệ số công suất, cân bằng pha và tạo ổn định cho hệ thống điện.



Hình 18 Cuộn kháng điều khiển bằng thyristor [8]

Hình dưới là một mạch SVC ba pha điển hình đầu tam giác. Dòng điện trong ba cuộn dây chậm pha gần 90° so với áp tương ứng vì điện trở ở đây là không đáng kể.



Hình 19 Bộ TCR đấu song song với bộ tụ bù [8]

Trong điều kiện không bị gián đoạn, dòng điện là hình sin. Tuy nhiên góc đánh xung mở có trễ sẽ làm giảm biên độ của dòng điện và làm méo dạng sóng.

Dòng điện tức thời được biểu diễn theo biểu thức

$$i = \sqrt{2} \frac{V}{X_L} (\cos(\alpha) + \cos(\omega t)) \quad \text{V} \text{ i } \quad \alpha < \omega t < \alpha + \sigma \quad [8]$$

và

$$i = 0 \quad \text{V} \text{ i } \quad \alpha + \sigma < \omega t < \alpha + \pi \quad [8]$$

Với V là giá trị hiệu dụng của điện áp nguồn cấp, $X_L = \omega L$ là điện kháng cuộn dây

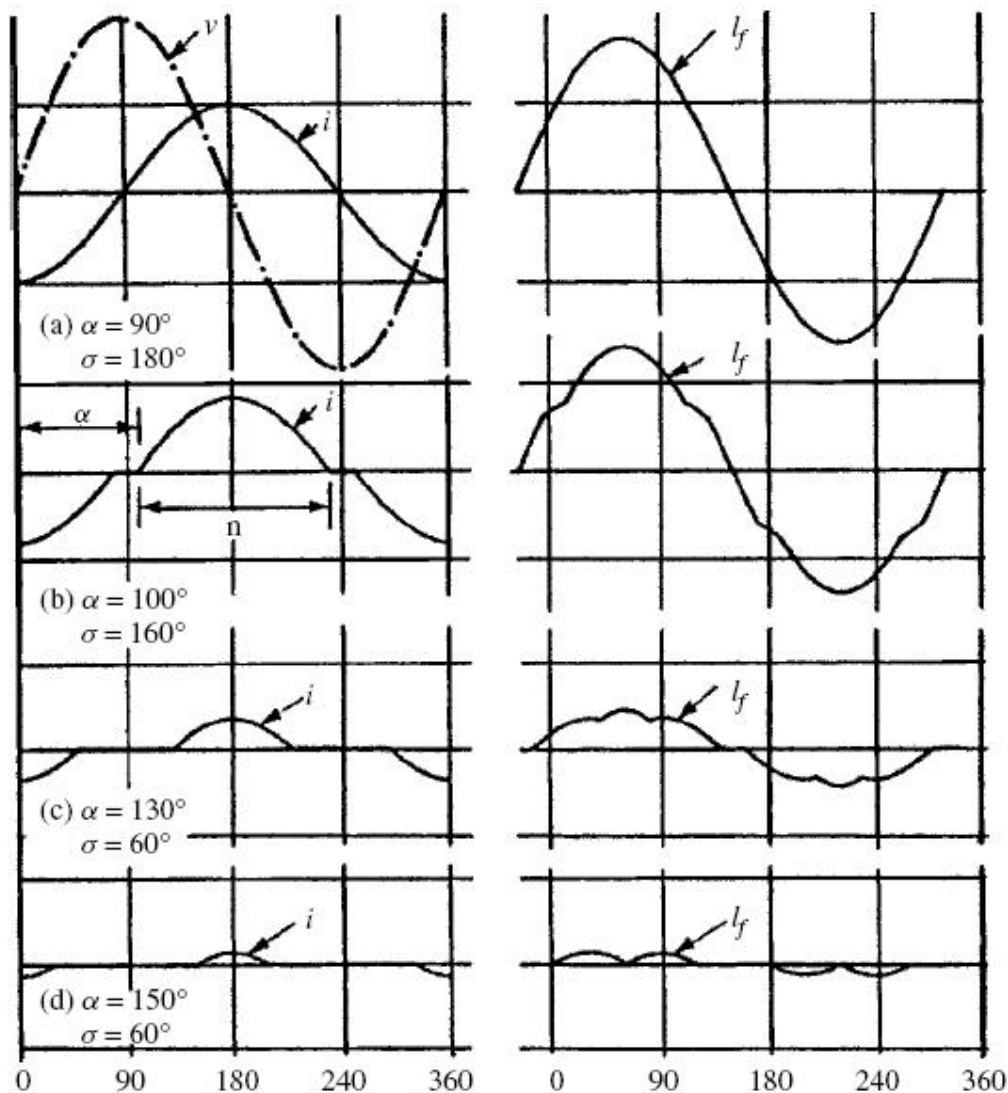
tại tần số cơ bản và α là góc trễ đánh xung.

Dòng hài sinh ra bởi sự dẫn dòng không liên tục chỉ có bậc lẻ với điều kiện là góc trễ đánh xung của hai van đấu ngược nhau là như nhau.

Giá trị hiệu dụng của dòng hài tính theo công thức

$$I_n = \frac{4V}{\pi X_L} \left[\frac{\sin((n+1)\alpha)}{2(n+1)} + \frac{\sin((n-1)\alpha)}{2(n-1)} - \cos(\alpha) \frac{\sin(n\alpha)}{n} \right] \quad [8]$$

Với $n = 3, 5, 7 \dots$



Hình 20 Dạng dòng điện trong TCR [8]

Bảng dưới là giá trị của các bậc hài. Hài bậc 3 có xuất hiện nhưng được giữ không đi vào lưới nhờ sơ đồ nối hình tam giác.

**Biên độ lớn nhất của dòng hài
sinh ra bởi TCR**

Bậc hài	%
1	100
3	(13.78)
5	5.05
7	2.59
9	(1.57)
11	1.05
13	0.75
15	(0.57)
17	0.44
19	0.35
21	(0.29)
23	0.24
25	0.2
27	(0.17)
29	0.15
31	0.13

Bảng 2 Biên độ lớn nhất của dòng hài sinh ra bởi TCR

Chương 2

CÁC BIỆN PHÁP CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG VÀ HẠN CHẾ SÓNG HÀI

Đánh giá méo điều hòa

Điểm nối chung

Việc đánh giá độ méo điều hòa thường được thực hiện tại điểm giữa hộ sử dụng và hệ thống phân phối, tại điểm này có các hộ sử dụng khác cùng nối tới. Điểm này gọi là điểm nối chung (point of common coupling).

Điểm PCC có thể ở phía sơ cấp hoặc thứ cấp của máy biến áp phụ thuộc vào máy biến áp đó có cung cấp tải cho nhiều hộ sử dụng hay là không. Điều này có nghĩa là nếu có nhiều hộ sử dụng cùng lấy nguồn từ phía sơ cấp của máy biến áp thì PCC ở phía sơ cấp, còn ngược lại, nếu có nhiều hộ sử dụng cùng lấy nguồn từ phía thứ cấp thì PCC ở phía thứ cấp.

Khi điểm PCC ở phía sơ cấp thì việc đo đặc dòng điện vẫn thực hiện ở phía thứ cấp. Sau đó kết quả được quy về phía sơ cấp, có tính đến cả ảnh hưởng của sơ đồ đấu máy biến áp với các hài thứ tự không.

Đánh giá méo điều hòa ở hệ thống phân phối

Đánh giá méo điều hòa ở phía hệ thống phân phối là việc xác định mức độ méo điều hòa có thể chấp nhận được đối với các hộ sử dụng. Tiêu chuẩn IEEE std 519-1992 đưa ra các số liệu giới hạn cụ thể. Trong bảng dưới đây giá trị THD được tính theo phần trăm của điện áp hiệu dụng định mức chứ không phải theo phần trăm của giá trị điện áp tần số cơ bản.

Giới hạn về méo áp hài theo phần trăm của điện áp định mức cơ bản		
Áp tại thanh cái tại điểm PCC, V_n (kV)	Méo điện áp cho từng điều hòa (%)	Méo điện áp tổng THD_{V_n} (%)
$V_n < 69$	3.0	5.0

$69 < V_n \leq 161$	1.5	2.5
$V_n > 161$	1.0	1.5

Bảng 3 Giới hạn về méo áp điều hòa theo phần trăm của điện áp định mức ở tần số cơ bản [16]

Đánh giá điều hòa ở phía người sử dụng

Các sự cố do méo điều hòa hay xảy ra ở phía người sử dụng hơn là ở hệ thống cung cấp. Lý do là vì phần lớn các tải phi tuyến nằm trong khu vực người sử dụng, mà mức độ méo hài là lớn nhất tại vị trí gần nguồn phát điều hòa. Sự cố nghiêm trọng nhất là khi xảy ra cộng hưởng tại vị trí có tải phi tuyến và tụ bù hệ số công suất.

Tiêu chuẩn IEEE std 519-1992 đã đưa ra mức độ dòng hài giới hạn tại điểm PCC như bảng dưới

Giới hạn dòng điều hòa I_h tính theo phần trăm của I_L						
$V_n \leq 69$ kV						
I_{SC}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20-50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50-100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100-1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
$V_n > 161 \text{ kV}$						
< 50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
≥ 50	3.0	1.50	1.15	0.45	0.22	3.75

Bảng 4 Giới hạn dòng điều hòa tính theo phần trăm của I_L [16]

I_h là trị hiệu dụng của các thành phần điều hòa

I_{SC} là dòng điện ngắn mạch tại điểm PCC

I_L là thành phần cơ bản của dòng tải nhu cầu lớn nhất tại điểm PCC

Các biện pháp hạn chế sóng hài

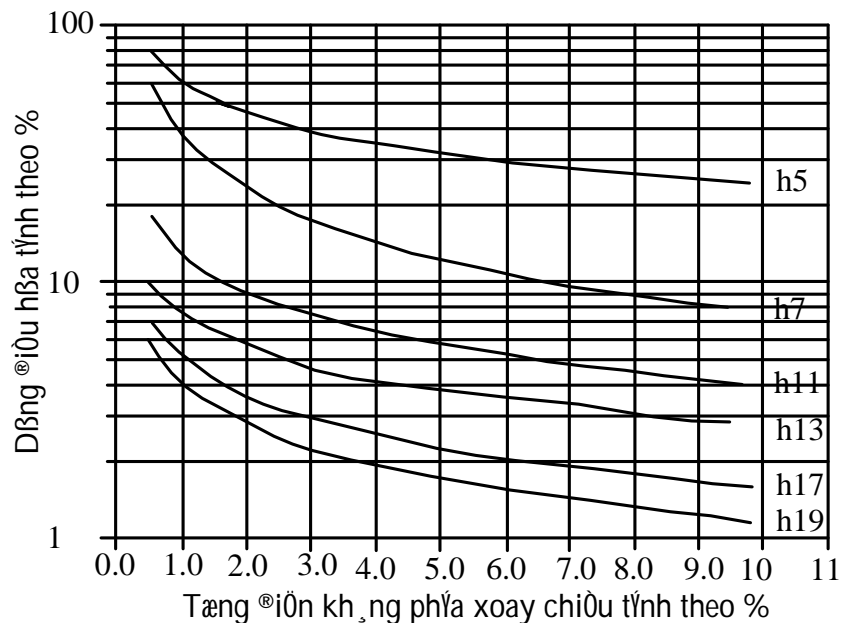
Ở chương trước ta đã nói về cách tính toán độ méo hài áp và méo hài dòng cho nhiều loại thiết bị. Chương này sẽ nêu lên các giải pháp cần sử dụng khi các kết quả tính toán về méo hài áp và dòng cho thấy chất lượng điện năng chưa đạt yêu cầu.

Hạn chế công suất các tải phi tuyến

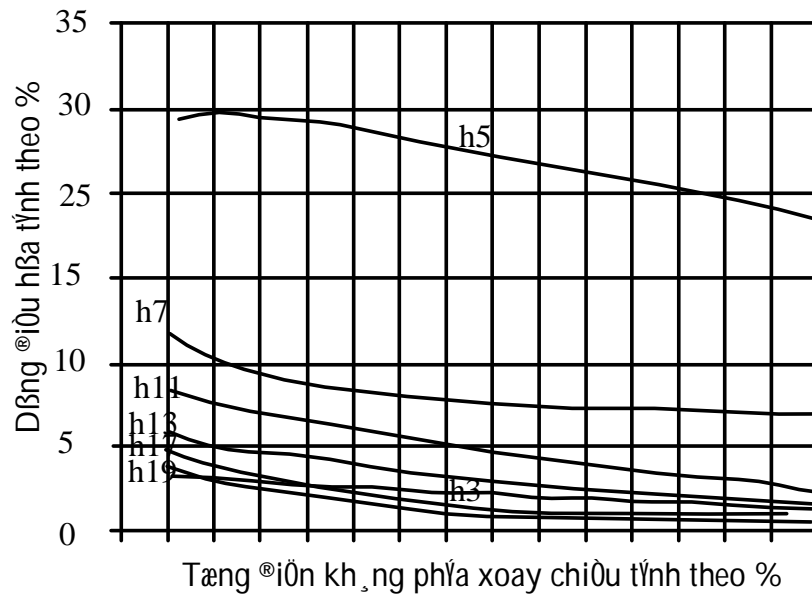
Với một tải phi tuyến luôn có một mức công suất lớn nhất mà tại đó mức độ méo của dòng và áp sinh ra vẫn nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE 519-1992. Lượng công suất này là bao nhiêu còn phụ thuộc vào loại tải phi tuyến và vào nguồn điện.

Tăng điện kháng phía nguồn xoay chiều đầu vào tải phi tuyến

Với bộ biến đổi 3 pha 6 xung thì biện pháp đầu tiên để cải thiện là thêm vào phía đầu vào xoay chiều một điện kháng. Tác dụng của việc thêm điện kháng này có thể được đánh giá một cách định lượng theo hình 21 và 22 dưới đây. Ta có thể giải thích một cách định tính như sau, cuộn kháng có tác dụng làm chậm tốc độ tăng của dòng khi dòng điện chuyển từ van này sang van khác (chuyển mạch). Với phương pháp này thì việc cải thiện được độ méo sóng hài bao nhiêu lại phụ thuộc vào lượng sụt áp cho phép với tải là bao nhiêu.[9]

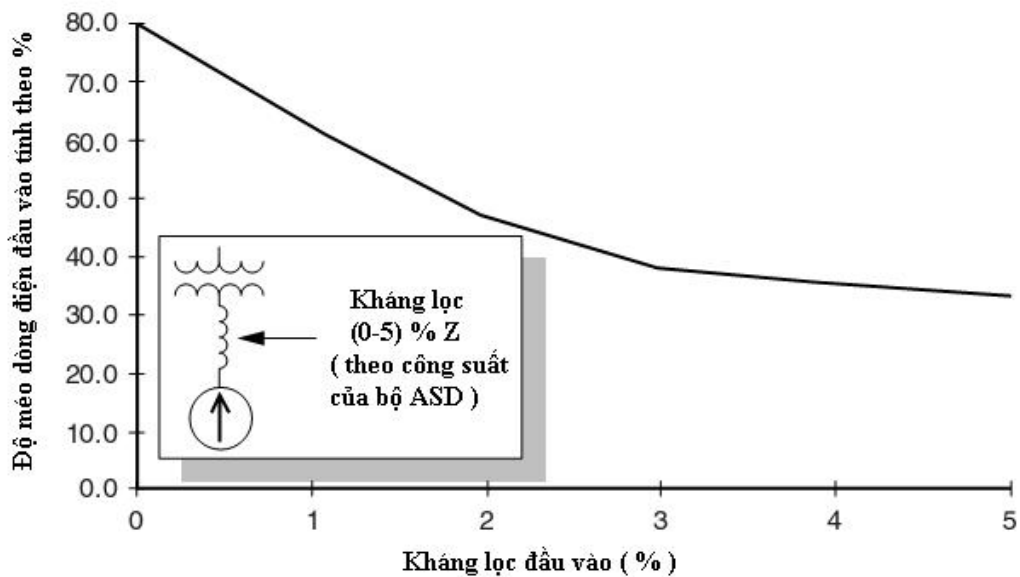


Hình 21 Dòng điều hòa sinh ra từ cầu chỉnh lưu ba pha có tụ lọc phía một chiều và nguồn cấp là SP1 [9]



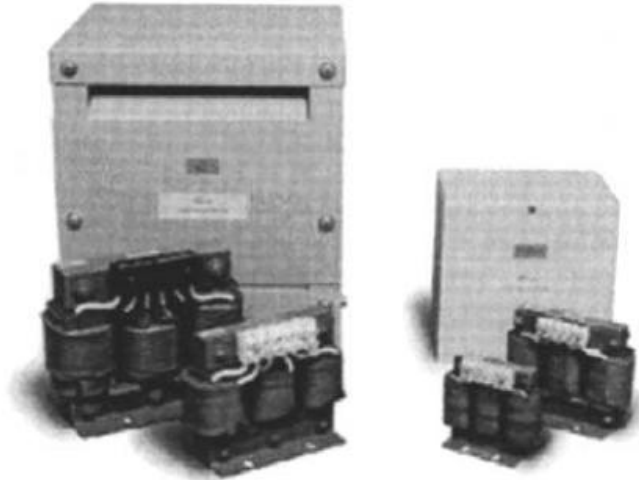
Hình 22 Dòng điều hòa sinh ra từ cầu chỉnh lưu ba pha có kháng lọc phía một chiều và nguồn cấp là SP2 [9]

Một cuộn kháng có điện kháng phần trăm là 3% có thể giảm độ méo dòng điện sinh ra bởi bộ điều chỉnh tốc độ kiểu PWM từ khoảng 80% xuống còn khoảng 40%. Tác dụng giảm méo hài của cuộn kháng được mô tả qua hình 23, ta thấy tác dụng của cuộn kháng giảm dần đi khi độ lớn của cuộn kháng vượt quá 3%. Độ lớn của cuộn kháng ở đây tính theo cơ sở là công suất của bộ truyền động (kVA). [14]



Hình 23 Độ giảm méo điều hòa của một ASD loại PWM theo kháng lọc đầu vào [14]

Hình dưới là ảnh chụp của cuộn kháng dùng cho bộ biến tần 480 V sản xuất bởi tập đoàn MTE [14]



Hình 24 Kháng lọc ba pha cho ASD (sản phẩm của MTE corp) [14]

Tính toán sụt áp với một bộ biến đổi cầu 6 xung, điện kháng ở phía xoay chiều có thể được biểu diễn bằng một điện trở tương đương ở phía một chiều có giá trị là $(\pi/6)X_{pu}$ [9] và quy ước rằng không có tổn hao công suất trên điện trở này. Với một loạt các giá trị thử nghiệm thì kết quả là độ sụt áp xấp xỉ bằng một nửa giá trị của điện kháng phần trăm phía xoay chiều. Ví dụ, nếu tăng điện kháng từ 2% lên 10% thì điện áp đầu ra sẽ giảm từ $0.99V_d$ đến $0.95V_d$, và tương ứng hằng số sóng hài sẽ giảm từ 210.6 xuống 137.7, độ méo áp giảm 34% [9]. Sự cải thiện này có thể là phù hợp trong nhiều trường hợp. Đây dĩ nhiên là một biện pháp đơn giản, thích hợp cho các trường hợp không bị ảnh hưởng quá nhiều bởi yếu tố sụt áp, và đi kèm là dòng điện tăng lên.

Điện kháng phía xoay chiều này có thể là điện kháng tản của máy biến áp, nhưng trừ khi việc sử dụng máy biến áp là bắt buộc còn không thì dùng một cuộn kháng độc lập sẽ tiết kiệm chi phí hơn mà vẫn có hiệu quả tương đương [15].

Phương pháp đa xung

Nội dung của phương pháp đa xung là sử dụng nhiều bộ biến đổi theo một cách thích hợp sao cho sóng hài sinh ra bởi bộ biến đổi này sẽ bị triệt tiêu bởi bộ biến đổi khác. Bằng cách này những sóng hài nhất định, phụ thuộc số bộ biến đổi được lắp, được loại bỏ khỏi hệ thống. Phương pháp này rất đơn giản và hiệu quả trong việc hạn chế sóng hài của các bộ biến đổi điện tử công suất. Phương pháp đa xung được dùng rộng rãi trong các ứng dụng có công suất lớn trong công nghiệp cơ điện tử. Việc các bộ biến đổi ngày càng được sử dụng rộng rãi đã đẩy mạnh việc ứng dụng phương pháp đa xung trong các ứng dụng công suất nhỏ tới 100 hp hoặc hơn. [9]

Phương pháp đa xung có hai ưu điểm quan trọng và hai ưu điểm này đạt được đồng thời, đó là:

- (1) Giảm dòng hài ở phía đầu vào xoay chiều của bộ biến đổi
- (2) Giảm được độ nhấp nhô của áp phía một chiều của bộ biến đổi [9]

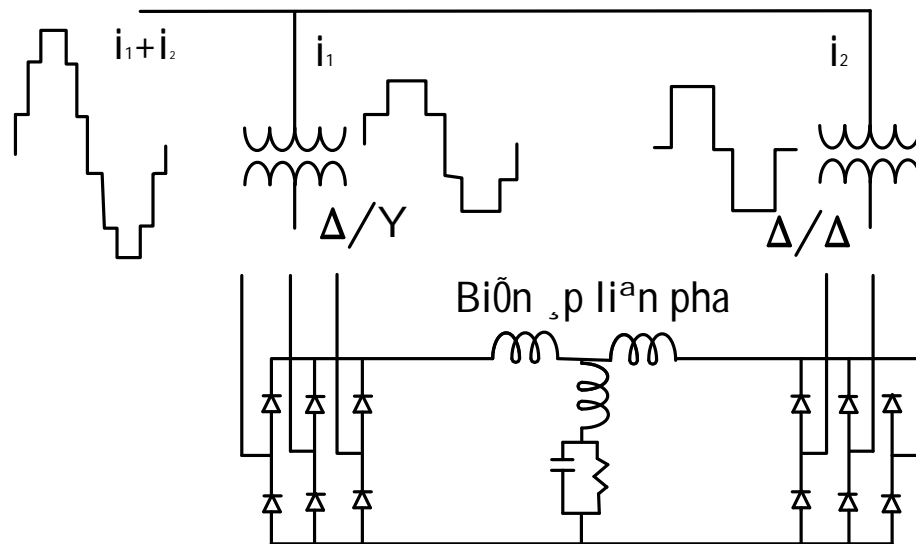
Phương pháp đa xung được đặc trưng bởi việc sử dụng nhiều bộ biến đổi (hoặc là nhiều van bán dẫn) và một tải chung phía một chiều. Máy biến áp dịch pha cũng là

một thành phần quan trọng để tạo ra cơ chế triệt tiêu các bậc sóng hài theo cặp, ví dụ bậc 5 và bậc 7, bậc 11 và bậc 13 ...

Sự dịch pha sinh ra bởi máy biến áp dẫn đến các dòng hài sinh ra bởi bộ biến đổi này ngược pha với các dòng hài sinh ra từ bộ biến đổi khác. Nếu tải của các bộ biến đổi là giống nhau thì sẽ có các bậc hài nhất định bị triệt tiêu hoàn toàn.

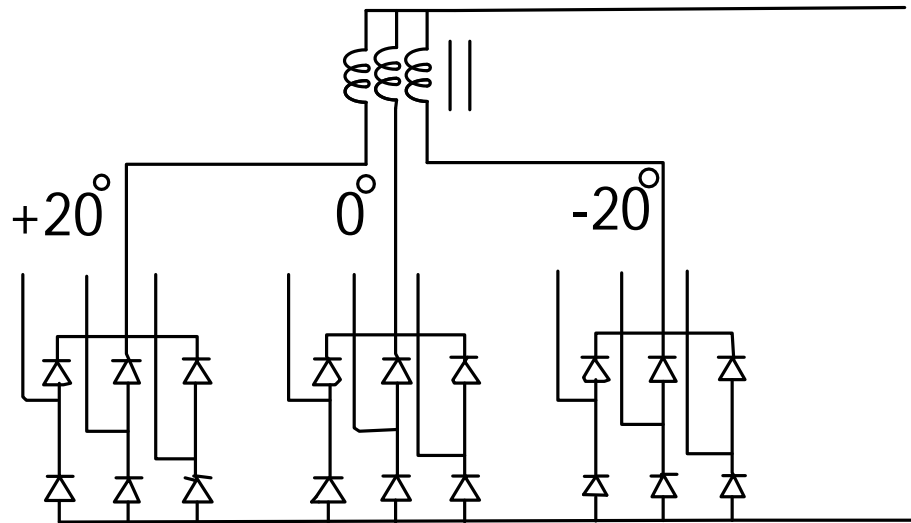
Mặc dù tải trong thực tế không thể giống nhau hoàn toàn, đây vẫn là một phương pháp giúp giảm thiểu sóng hài tới một mức độ khi trong hệ thống có nhiều bộ biến đổi điện tử công suất.

Để các bộ biến đổi điện tử công suất có thể hoạt động một cách độc lập và duy trì được trạng thái dẫn của các van tại góc 120° trong sơ đồ nối sẽ sử dụng các máy biến áp liên pha. Một ví dụ được đưa ra trong hình 25 dưới đây:



Hình 25 Kết hợp hai bộ biến đổi 6 xung cấp cùng cho một tải tạo hệ thống 12 xung [9]

Trên hình 26 là cấu trúc tạo ra mạch biến đổi 18 xung bằng cách sử dụng song song 3 cầu 6 xung cộng thêm các máy biến áp liên pha. Các máy biến áp dịch pha tạo ra các góc dịch pha là $\pm 20^\circ$



Hình 26 3 mạch chỉnh lưu cầu 6 xung kết hợp cùng cấp cho một tải tạo hệ thống 18 xung [9]

Biên độ các dòng hài luôn tỉ lệ nghịch với bậc hài, hay là tần số hài của nó. Do vậy, khi sử dụng phương pháp đa xung làm triệt tiêu các hài bậc thấp thì chỉ còn lại các hài với biên độ nhỏ.

Xét hình 26. Với mỗi một bộ biến đổi cầu 3 pha 6 xung sẽ sinh ra một áp một chiều nhấp nháy 6 xung trong một chu kỳ của điện áp nguồn cấp. Các bậc hài đặc tính sinh ra bởi bộ biến đổi này là $(6k \pm 1)$, với k là một số nguyên dương bất kỳ. Khi có 3 bộ biến đổi cầu 3 pha 6 xung được kết hợp như hình vẽ lúc này các bậc hài đặc tính là $(18k \pm 1)$ với biên độ các hài tương ứng là $1/(18k \pm 1)$. Lúc này bậc hài chủ yếu là bậc 17 với biên độ chỉ là $1/17$, tức là 5.88%. [9]

Để triệt tiêu được sóng hài thì các bộ biến đổi điện tử công suất phải được cấp nguồn từ các máy biến áp dịch pha. Góc dịch pha phải phù hợp với số lượng bộ biến đổi. Tổng quát ta có góc dịch pha nhỏ nhất cần để triệt tiêu sóng hài khi sử dụng các bộ biến đổi 6 xung trong phương pháp đa xung là

$$\text{Góc dịch pha nhỏ nhất} = \frac{60^\circ}{\text{Số bộ biến đổi}} \quad [9]$$

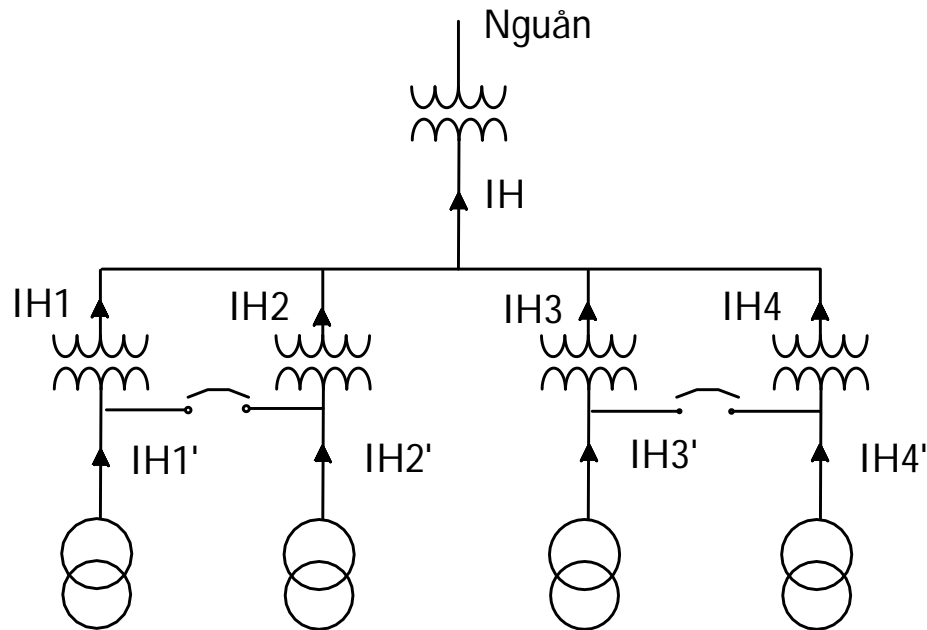
Dùng các bộ lọc

Một phương pháp khác để lọc hài là sử dụng các bộ lọc cho hệ thống điện. Hệ thống điện được tính toán đánh giá và sau đó một thiết bị bù thích hợp ví dụ như một bộ lọc điều chỉnh được lắp thêm vào. Phương pháp dùng bộ lọc cho hệ thống, dù là lọc thụ động hay lọc tích cực, đều có ưu điểm là có thể tháo lắp thêm vào hệ thống khá dễ dàng nhưng lại chỉ là những giải pháp có tính chất tạm thời. Khi hệ thống điện thay đổi, ví dụ như có thêm các tải phi tuyến trong hệ, các giả thiết để thiết kế bộ lọc cũng thay đổi. Trong trường hợp này các thiết bị bù có thể trở nên quá tải và không còn hiệu quả nữa.

Bộ lọc thụ động

Bộ lọc thụ động có thể được thiết kế để giảm được các điều hòa bậc cao. Vị trí lắp đặt cũng như kiểu bộ lọc và thông số kết cấu của nó đều phải thay đổi tùy vào từng trường hợp cụ thể của hệ thống điện.

Thông thường các bộ lọc thụ động có kết cấu gồm nhiều loại đường dẫn song song có trở kháng thấp đối với nhiều bậc hài khác nhau. Dòng hài sẽ chảy qua các đường dẫn có trở kháng thấp này và làm áp hài tại điểm xét giảm đi. Xét một hệ thống điện như trên hình 27, nguồn sinh dòng hài được phân bố rải khắp hệ thống. Ta thấy nguồn sinh sóng hài là từ nhiều loại thiết bị khác nhau của các hãng sản xuất khác nhau và để xác định ai là người phải chịu trách nhiệm cho bộ lọc nào là điều không thể. Một bộ lọc cho một thiết bị cụ thể nào đó sẽ được đặt gần ngay thiết bị đó để có thể lợi dụng được điện kháng nguồn tính đến điểm đặt đó. Trong nhiều trường hợp khi có đủ điện kháng nguồn tính tại điểm ta xét để giảm sóng hài thì một bộ lọc đặt tại điểm này có thể sẽ hút sóng hài từ nhiều nguồn hài khác nhau chảy đến. Điểm đặt này gọi là điểm nối chung (point of common coupling PCC). Tuy nhiên trong mọi trường hợp bộ lọc phải được thiết kế để tránh quá tải khi phải hứng dòng hài chảy đến từ những phần khác của hệ thống điện, điều này khiến việc tính toán trở nên phức tạp.



Hình 27 Hệ thống điện với các nguồn hài phân tán [9]

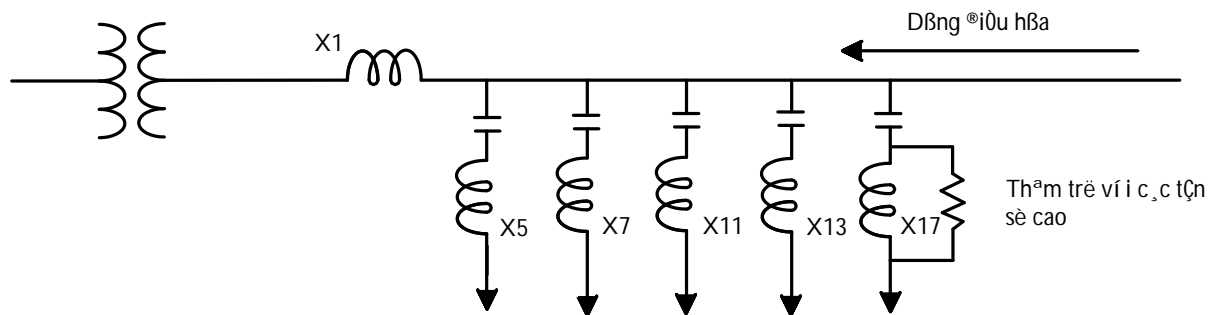
Trở kháng của nguồn có thể được thể hiện bằng một điện cảm và cách thức lọc đơn giản nhất là nối song song thêm một tụ vào. Tuy vậy cách này thường là không đạt yêu cầu do cần những tụ rất lớn để có thể tạo ra trở kháng nhỏ với một bậc hài, ví dụ bậc 5. Tụ lọc và điện kháng nguồn sẽ có điểm cộng hưởng song song (tạo trở kháng cao) tại một tần số dưới tần số lọc của bộ lọc. Cộng hưởng song song tạo trở kháng cao này không được xuất hiện tại các giá trị tần số là bội của tần số nguồn cấp để phòng có những bậc hài tại các tần số bội đó.

Độ lớn của tụ lọc có thể được giảm đáng kể bằng cách nối một cuộn kháng nối tiếp với nó, và bộ cuộn kháng – tụ lọc này được điều chỉnh cộng hưởng nối tiếp tại vị trí

gần với tần số hài cần lọc. Cộng hưởng song song vẫn xuất hiện nhưng sẽ tại tần số cao hơn so với cộng hưởng song song khi ta chỉ dùng tụ lọc (hai bộ lọc ta xét tất nhiên làm suy giảm bậc hài đi một lượng như nhau). Hiện tượng cộng hưởng song song đòi hỏi sự tính toán đánh giá theo từng trường hợp cụ thể. Tại tần số lớn hơn tần số chỉnh của bộ lọc (tuned frequency), sự suy giảm dòng hài thu được với bộ lọc điều chỉnh sẽ thấp hơn so với bộ lọc chỉ dùng tụ.

Nếu một bộ lọc được chỉnh chính xác tới một tần số hài nào đó, ví dụ bậc 5, thì bộ lọc sẽ tạo ra một trở kháng rất thấp tại tần số hài đó. Điều này có lợi cho quá trình lọc nhưng khi đó bộ lọc điều chỉnh này sẽ nhận dòng hài bậc 5 từ mọi nơi trong hệ thống điện và sẽ bị quá tải. Trong nhiều trường hợp, bộ lọc hài bậc 5 phải được chỉnh để cộng hưởng tại bậc hài 4.7 hoặc 4.8. Như vậy bộ lọc có thể bị giảm khả năng lọc hài nhưng lại tránh được khả năng bị quá tải.

Cấu trúc lắp các bộ lọc tạo đường dẫn song song được vẽ trên hình 28. Đường dẫn trở kháng thấp với những hài xác định tạo bởi các phần tử tụ điện và cuộn kháng được điều chỉnh cộng hưởng nối tiếp mắc dọc trên lộ dây cáp điện. Các bộ lọc này có thể có thêm thành phần điện trở mắc song song với cuộn kháng để tăng khả năng làm suy giảm các hài bậc cao. Thiết kế các bộ lọc tạo ra trở kháng thấp tại một tần số nhất định mà không gây ra trở kháng cao không mong muốn tại một tần số khác đòi hỏi cần có những thiết kế chi tiết.



Hình 28 Nhiều bộ lọc điều chỉnh nối tiếp mắc song song để bắt các bậc hài [9]

Hình 28 thể hiện cách lắp các bộ lọc để lọc các bậc hài đặc tính sinh ra bởi bộ biến đổi điện tử công suất 6 xung. Các hài khác cũng được lọc theo cách tương tự. Trong nhiều trường hợp thực tế một bộ lọc chỉnh cho hạn chế hài bậc 5 có thể đã là đủ.

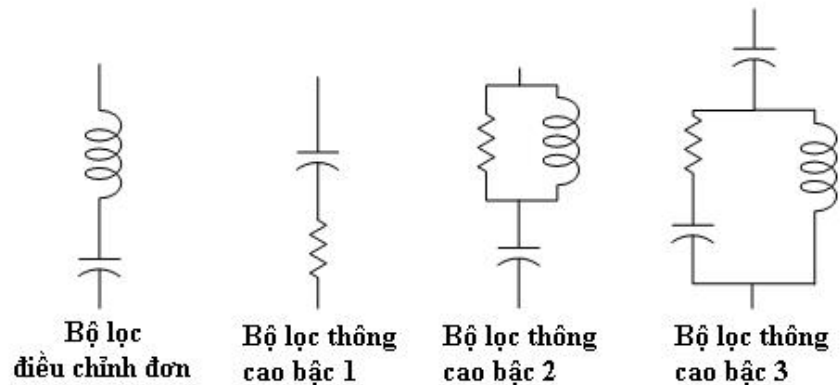
Tác dụng của các bộ lọc nối song song này là tạo những đường dẫn trở kháng thấp cho những sóng hài nhất định. Một bộ lọc hài 3 pha trong thực tế có thể kết hợp bản tự 3 pha nối tam giác với các cuộn kháng một pha.

Thiết kế cuối cùng của một bộ lọc vẫn phải đảm bảo độ dự trữ khi tính đến dung sai của các thành phần trong mạch và sự thay đổi của hệ thống điện. Ví dụ giá trị của tụ điện và cuộn kháng có thể thay đổi trong khoảng $\pm 5\%$ giá trị định mức, cũng như vậy phải tính đến cả thay đổi do nhiệt độ và các điều kiện làm việc khác. [9]

Bộ lọc thụ động có thể được phân chia thành một số loại như sau:

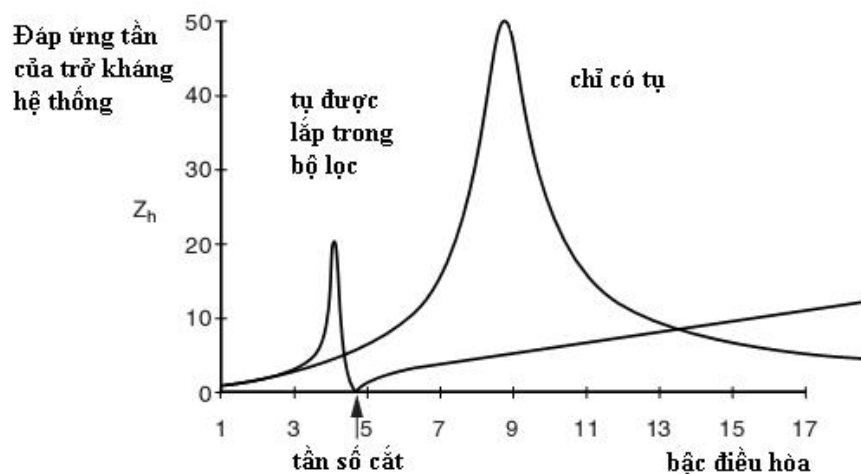
Bộ lọc thụ động rẽ nhánh

Sử dụng bộ lọc kiểu này mang lại tính kinh tế cao và thường khá hiệu quả trong phần lớn các trường hợp. Bộ lọc được điều chỉnh để cộng hưởng nối tiếp tại một tần số hài nhất định qua đó tạo ra một đường dẫn trở kháng thấp cho dòng hài đó. Bộ lọc này được nối theo kiểu rẽ nhánh với hệ thống điện. Ngoài tác dụng hạn chế sóng hài thiết bị này còn có thể cải thiện hệ số công suất. Thực tế người ta thường tận dụng luôn các tụ bù hệ số công suất để tạo thành bộ lọc này.



Hình 29 Các bộ lọc thụ động thường gặp [14]

Một điểm cần chú ý với bộ lọc này đó là nó tạo ra một điểm cộng hưởng song song tại tần số dưới tần số chỉnh. Ta phải tránh để tần số cộng hưởng này trùng với một tần số điều hòa nào đó. Bộ lọc thường được chỉnh để có tần số lọc nhỏ hơn một chút so với bậc hài cần lọc qua đó sẽ tạo ra một biên độ an toàn trong trường hợp một vài thông số thay đổi.

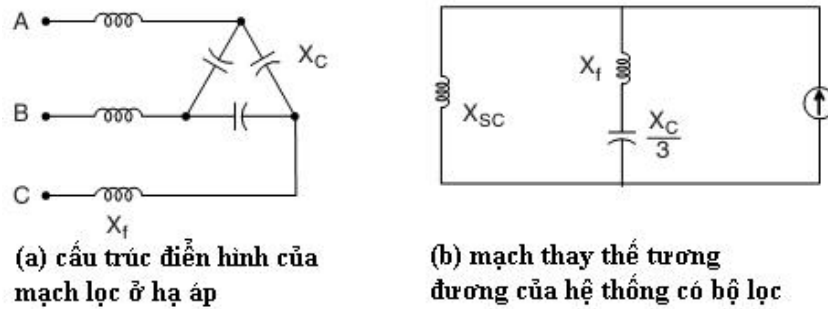


Hình 30 Bộ lọc điều hòa bậc 5 và ảnh hưởng của nó với hệ thống [14]

Để tránh sự cố xảy ra với hiện tượng cộng hưởng này các bộ lọc phải được thiết kế để lọc ngay từ bậc hài nhỏ nhất.

Thường các tụ điện hạ áp thường được nối tam giác, do vậy ta có cấu trúc điển hình

của một bộ lọc rẽ nhánh ở hạ áp như hình dưới đây:



Hình 31 Cấu trúc bộ lọc và mạch thay thế tương đương [14]

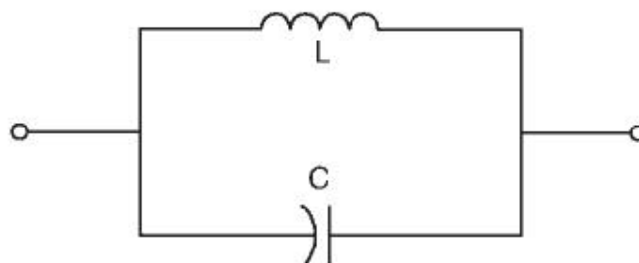
Cấu trúc của bộ lọc như vậy sẽ không thu hút được dòng điện thứ tự không do tụ được nối tam giác. Điều này làm bộ lọc không hiệu quả trong việc lọc các hài triplen thứ tự không. Do đó ở hạ áp để hạn chế các hài này ta phải sử dụng các biện pháp khác.

Ngược lại, các tụ điện trong mạng phân phối thường được nối sao. Điều này tạo thuận lợi cho việc hạn chế hài triplen. Lắp một cuộn kháng ở trung tính của bộ tụ là cách thông thường để bộ tụ lọc đi hài thứ tự không.

Bộ lọc thụ động chỉ nên được lắp đặt khi trở kháng ngắn mạch tại điểm lắp đặt có giá trị không đổi. Lý do là vì với bộ lọc này thì tần số điều chỉnh để lọc điều hòa là không đổi nhưng điểm cộng hưởng song song lại thay đổi tùy vào trở kháng của hệ thống. Đây cũng là lý do để không sử dụng bộ lọc kiểu này với hệ có máy phát điện dự phòng. Máy phát điện dự phòng có trở kháng cao hơn rất nhiều so với trở kháng lưới điện dẫn đến điểm cộng hưởng song song lúc này có giá trị thấp hơn nhiều và như vậy sẽ dẫn đến việc khuếch đại các sóng hài.

Bộ lọc thụ động kiểu nối tiếp

Bộ lọc này nối nối tiếp với tải . Bộ lọc gồm điện dung và điện kháng nối song song được điều chỉnh để có trở kháng cao với một tần số hài nhất định. Trở kháng cao này ngăn dòng điều hòa có tần số bằng tần số chỉnh của bộ lọc. Tại tần số cơ bản bộ lọc có trở kháng thấp và như vậy cho phép dòng cơ bản đi qua.



Hình 32 Bộ lọc thụ động kiểu nối tiếp [14]

Bộ lọc nối tiếp được sử dụng để ngăn một hài nhất định (ví dụ hài bậc 3) và thường dùng trong mạch một pha vì khi đó không thể lợi dụng được đặc tính thứ tự

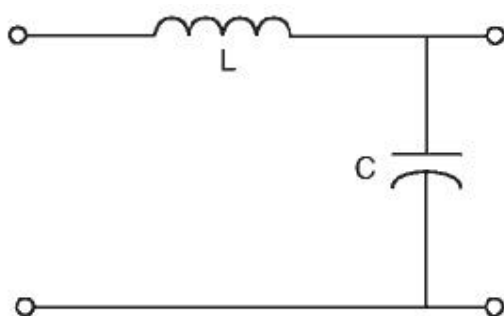
không.

Khi lọc nhiều bậc hài khác nhau thì bộ lọc kiểu này tỏ ra hạn chế. Lý do là vì cấu trúc mạch lọc khi đó gồm nhiều bộ lọc nối tiếp, mỗi bộ lọc được điều chỉnh để lọc một hài nhất định, dẫn đến tổn hao quá lớn.

Ngoài ra bộ lọc nối tiếp còn phải mang dòng đầy tải khi làm việc và phải lắp thêm các thiết bị bảo vệ quá dòng.

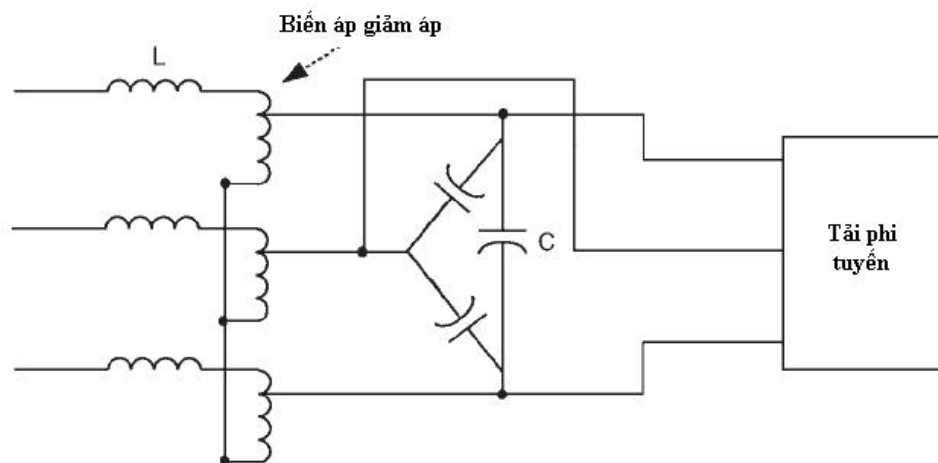
Bộ lọc thông thấp

Khi phải lọc một dải nhiều tần số điều hòa, bộ lọc thông thấp là một giải pháp lý tưởng. Với bộ lọc này, dòng hài có tần số nhỏ hơn tần số cắt có thể đi qua còn dòng hài có tần số cao hơn tần số cắt sẽ bị lọc đi. Cấu trúc điển hình của một bộ lọc kiểu này như trên hình 33



Hình 33 Cấu trúc của bộ lọc thông thấp [14]

Bộ lọc thông thấp ứng dụng trong công nghiệp có cấu trúc như sau



Hình 34 Bộ lọc thông thấp dùng trong công nghiệp

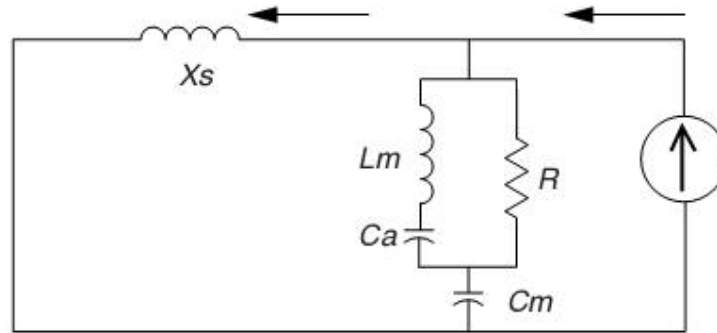
Trong cấu trúc trên sự có mặt của tụ điện làm tăng điện áp tại đầu vào của tải, do vậy cần lắp thêm một máy biến áp giảm áp.[14]

Bộ lọc tụ C

Bộ lọc tụ C là một giải pháp có thể thay thế được cho bộ lọc thông thấp. Bộ lọc này có thể làm suy giảm một dải các bậc điều hòa sinh ra từ các bộ biến đổi điện tử công

suất, các lò hồ quang ...

Cấu trúc của bộ lọc tụ C như hình dưới đây

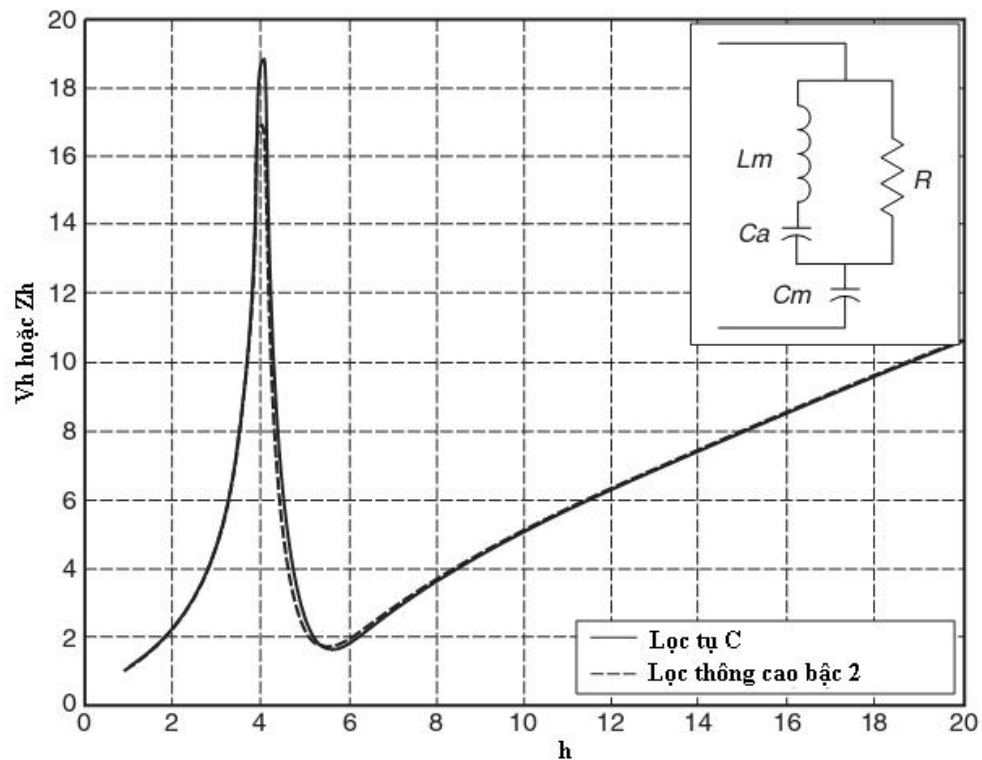


Hình 35 Mạch thay thế tương đương khi lắp bộ lọc tụ C [14]

Nguyên lý của bộ lọc như sau :

Tại tần số cơ bản tụ C_a và L_m tạo ra cộng hưởng dẫn đến ngắn mạch điện trở R . Do vậy các tổn hao sinh ra do trở R được loại trừ.

Tại tần số hài bậc cao, dung kháng C_a rất nhỏ trong khi cảm kháng L_m lớn, và điện kháng của nhánh $L_m C_a$ gần bằng kháng của L_m . Lúc này bộ lọc tụ C lại có dạng giống như bộ lọc thông cao bậc hai. Nói cách khác, đáp ứng tần của bộ lọc kiểu tụ C và bộ lọc thông cao bậc hai là gần giống nhau ở đoạn tần số cao.



Hình 36 Bộ lọc tụ C và đáp ứng tần của trở kháng (đường nét liền) [14]

Bộ lọc tích cực

Nguyên lý của bộ lọc tích cực là bơm vào trong hệ thống các sóng hài ngược pha với các sóng hài sinh ra do tải phi tuyến, từ đó triệt tiêu chúng.

Bộ lọc tích cực được phân loại theo cách chúng được nối vào mạch

- nối nối tiếp
- nối song song rẽ nhanh
- kết hợp giữa lọc tích cực và lọc thụ động

Các biện pháp khắc phục hài thứ tự không

Hài thứ tự không là các hài có bậc là bội lẻ của 3, ví dụ 3, 9, 15, 21 ... Đây là các dòng điện hài có thứ tự không. Tác hại của hài thứ tự không là chúng sẽ cộng lại với nhau và đi về dây trung tính. Điều này có thể khiến dòng trong dây trung tính lớn gấp 2, 3 lần dòng trong dây pha.

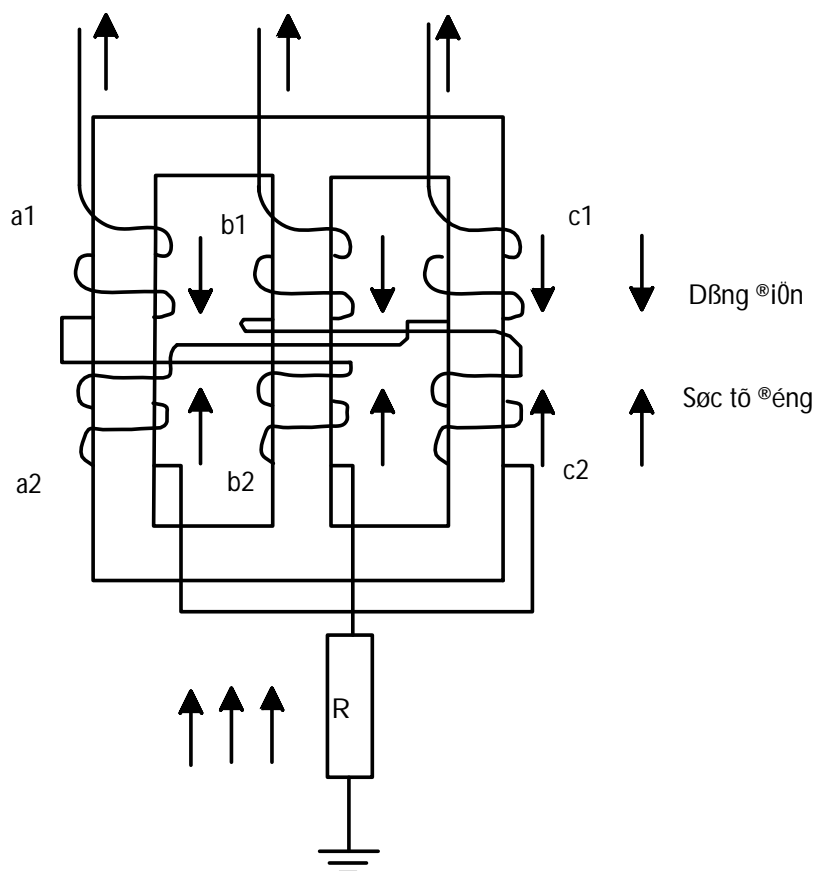
Các giải pháp đưa ra để khắc phục là:[15]

- tăng tiết diện dây trung tính, nhờ đó dây trung tính chịu mang dòng lớn hơn và tránh được sự cố
- sử dụng nhiều dây trung tính riêng cho từng dây pha cấp điện cho tải phi tuyến
- sử dụng các bộ lọc, máy biến áp nối sao-tam giác, máy biến áp nối zigzag [15]

Máy biến áp kiểu zigzag thường được dùng trong các ứng dụng thương mại để hạn chế các hài thứ tự không. Hai vấn đề lớn nhất trong các ứng dụng thương mại là quá tải dây trung tính và phát nhiệt máy biến áp đều được khắc phục khi lắp đặt hợp lý máy biến áp nối zigzag

Máy biến áp kiểu này có tác dụng như một bộ lọc với các dòng điện thứ tự không vì nó tạo ra một đường dẫn trở kháng thấp cho các dòng điện này trở về dây trung tính. [15]

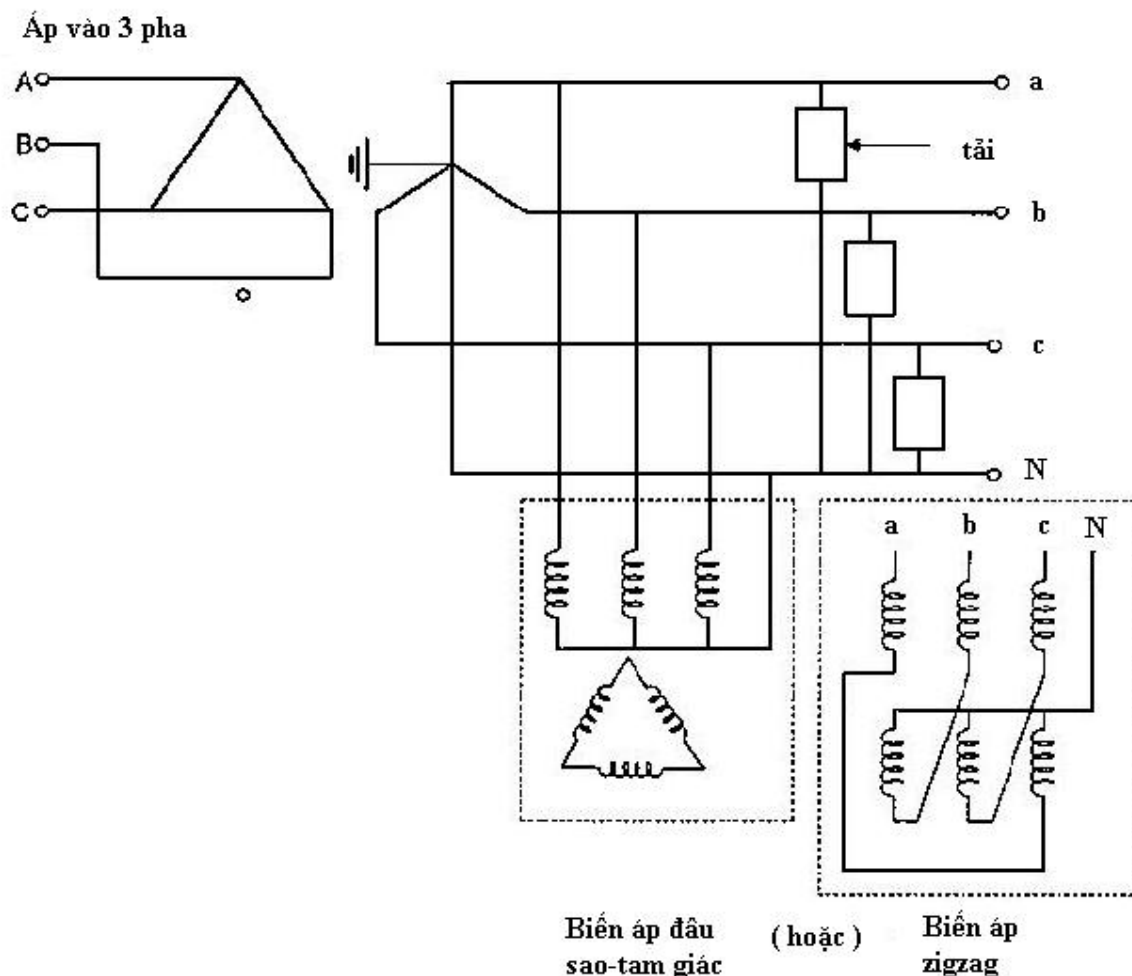
Trong một máy biến áp kiểu zigzag, tất cả các cuộn dây quấn đều có số vòng bằng nhau, mỗi cặp cuộn dây quấn trên cùng một trụ được quấn ngược chiều nhau. Máy biến áp kiểu zigzag có trở kháng thứ tự không bé. Mô hình máy biến áp zigzag như hình dưới.



Hình 37 Máy biến áp kiểu zigzag [11]

Trên hình 38 ta có một hệ thống điện ba pha, bốn dây, trung tính nối đất cấp cho một tải phi tuyến một pha. Dòng điện trong dây trung tính lúc này có hai đường để đi, cả hai đều có trở kháng thấp đó là qua trung tính nối đất và qua máy biến áp đấu tam giác-sao hoặc máy biến áp đấu zigzag. Điện áp dâng ở dây trung tính lúc này sẽ giảm đi nhiều cho dù vẫn chưa hoàn toàn ổn định.[11]

Thông thường một máy biến áp kiểu zigzag có thể rẽ nhánh tới 50% dòng hài bậc 3 khỏi dây trung tính chính. Do vậy giải pháp này hầu như luôn có thể giảm được dòng hài trong dây trung tính tới mức chấp nhận được. Nguồn hài thứ tự không lớn nhất luôn là hài bậc 3 sinh ra từ hệ thống điện của các tòa nhà cao tầng, nơi sử dụng nhiều đèn huỳnh quang, máy tính và các thiết bị liên quan.[11]



Hình 38 Biến áp đầu sao-tam giác và biến áp zigzag sử dụng để bắt các hài đi vào dây trung tính trong các hệ thống 3 pha 4 dây cấp cho tải phi tuyến [11]

Mối quan tâm và các giải pháp đã sử dụng ở Việt Nam

Ở Việt Nam hiện nay vấn đề chất lượng điện năng và đặc biệt là vấn đề hạn chế ảnh hưởng của sóng hài với chất lượng điện năng hiện đang ngày càng thu hút được sự quan tâm của các bên liên quan. Tuy nhiên do tình trạng cơ sở vật chất cũng như năng lực khoa học kỹ thuật còn đang trong bước đầu phát triển nên sự quan tâm nghiên cứu cũng như ứng dụng thực tế để cải thiện chất lượng điện năng ở ta so với các nước trên thế giới còn một khoảng cách.

Phương pháp giảm thiểu sóng hài hiện nay ta đang sử dụng phần lớn là các giải pháp được tích hợp ngay trên sản phẩm của các hãng sản xuất nước ngoài. Ví dụ trong giới thiệu sản phẩm biến tần của hãng ABB có đưa vào các ưu điểm của bộ lọc sóng

hài tích hợp trong biến tần :

“Bộ biến đổi giảm thiểu sóng hài của ABB cung cấp giải pháp hạ thấp sóng hài một cách đơn giản hợp nhất trong biến tần. Những biến tần ấy sử dụng công nghệ giảm sóng hài mà không cần dùng tới bộ lọc ngoài hay biến áp đa xung. Các biến tần giảm thiểu sóng hài sinh ra các thành phần hài bậc thấp ở phía đầu vào với tổng dòng méo thấp hơn 5%.

Vì vậy, biến tần giảm thiểu sóng hài của ABB cung cấp giải pháp đơn giản, giá thành thấp để thỏa mãn các tiêu chuẩn nghiêm ngặt về chất lượng nguồn.” Hoặc biến tần Altivar có thông tin về đặc điểm “sử dụng công nghệ “Reduced-Capacitance”: vận hành không gây ảnh hưởng sóng hài lên lưới điện cung cấp $THDI < 30\%$.”

Tuy nhiên rõ ràng đây chỉ là giải pháp có tính tạm thời trong việc đối phó với bài toán về sóng hài vì thực chất việc giải quyết bài toán không thể dựa vào việc giải quyết riêng cho một vài thiết bị, hơn nữa số tải phi tuyến có tích hợp chức năng hạn chế sóng hài là rất nhỏ so với tổng thể chung.. Hơn nữa các bộ lọc đi kèm với các thiết bị có giá thành rất cao nên rất nhiều khách hàng thường không mua các bộ lọc này. Thiết nghĩ nếu các bộ lọc này được sản xuất trong nước nhằm tận dụng những điều kiện thuận lợi sẵn có thì giá thành của chúng sẽ giảm đi rất nhiều.

Theo “Quyết định về việc ban hành đấu nối vào hệ thống điện quốc gia” của bộ Công nghiệp năm 2006 số 37/2006/QĐ-BCN có đưa ra nhiều điều luật liên quan đến mức độ sóng hài, đặc biệt là trong điều 7 chương II về “sóng hài”. Theo đó, Giá trị cực đại cho phép (tính theo % điện áp danh định) của tổng mức biến dạng điện áp gây ra bởi các thành phần sóng hài bậc cao đối với các cấp điện áp được quy định trong bảng dưới

Cấp điện áp	Tổng biến dạng
110, 220, 500 kV	3.0
Trung áp	6.5

Các đơn vị quản lý lưới điện có trách nhiệm theo dõi và kiểm soát để mức biến dạng điện áp do sóng hài trong lưới điện thuộc quyền quản lý không vượt quá các mức quy định trong bảng trên ở điều kiện vận hành bình thường.

Căn cứ các giá trị quy định trong bảng, Cục Điều tiết điện lực chủ trì xây dựng và trình Bộ trưởng Bộ Công nghiệp ban hành Quy trình kiểm tra và giám sát mức độ phát sóng hài của các thiết bị của đối tác khi đấu nối vào hệ thống điện quốc gia.

Chương 3

KHẢO SÁT HỆ BIẾN TẦN - ĐỘNG CƠ

Lý thuyết chung về hệ biến tần-động cơ

Sự cần thiết của các bộ điều tốc

Có rất nhiều lý do cho việc sử dụng các bộ điều tốc (trong đó có biến tần). Thiết bị này không thể thiếu trong hệ thống máy sản xuất giấy, ngoài ra các máy như bơm ly tâm hay quạt gió có thể tiết kiệm nhiều điện năng khi sử dụng với biến tần.

Các bộ điều tốc được sử dụng với các mục đích sau:

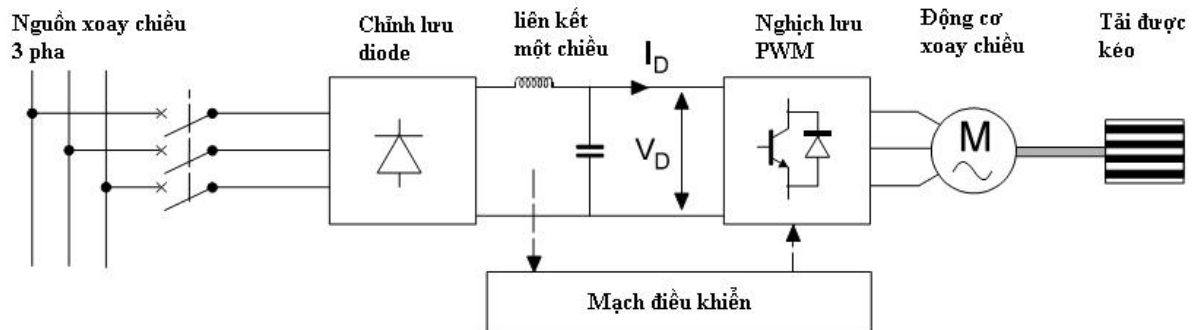
- Tạo được tốc độ đáp ứng đúng yêu cầu của công việc
- Tạo ra mô men đáp ứng đúng yêu cầu công việc
- Tiết kiệm năng lượng và tăng hiệu suất

Nguyên lý của các bộ điều tốc

Các bộ điều tốc ngoài loại dựa trên nguyên lý điện thì còn có các bộ điều tốc kiểu cơ học và các bộ điều tốc kiểu thủy lực. Ở đây ta chỉ xét đến các bộ điều tốc dựa trên nguyên lý điện .

Trái với các bộ điều tốc kiểu cơ học hay thủy lực, bộ điều tốc kiểu điện điều khiển trực tiếp tốc độ của động cơ chứ không phải qua một thiết bị trung gian khác như hệ thống đai truyền hay dòng chất lỏng.

Ta xét cụ thể về bộ điều tốc cho động cơ xoay chiều (Bộ điều tốc xoay chiều).



Hình 39 Những thành phần chính của bộ truyền động xoay chiều kiểu PWM

Từ thông khe hở không khí Φ của động cơ không đồng bộ tỉ lệ thuận với điện áp cung cấp V và tỉ lệ nghịch với tần số f .

Do đó để duy trì mật độ từ thông B không đổi trong quá trình điều tốc, điện áp stator phải được điều chỉnh tương ứng với tần số. Nếu không như vậy có thể mật độ từ thông B sẽ lên quá cao gây bão hòa nhiều phần trong lõi sắt động cơ. Điều này dẫn đến

dòng kích từ trở nên quá lớn, gây tăng tổn hao và phát nhiệt. Nếu mật độ từ thông B xuống quá thấp, mô men đầu ra sẽ giảm mạnh ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ.

Việc điều khiển tốc độ của động cơ xoay chiều khó khăn chủ yếu do sự phức tạp khi phải điều chỉnh đồng thời cả điện áp và tần số.

- Tương tự như động cơ một chiều, động cơ xoay chiều có mô men đầu ra phụ thuộc vào tích số của mật độ từ thông B và dòng điện rotor I_R . Do đó, để duy trì mô men đầu ra không đổi, mật độ từ thông phải được giữ cố định, tức là tỉ số V/f phải là hằng.
- Chiều quay của động cơ AC thay đổi bằng cách thay đổi thứ tự đánh xung mở các van của bộ nghịch lưu.
- Công suất đầu ra của động cơ xoay chiều tỉ lệ với tích của mô men và tốc độ.[10]

Các luật điều khiển thường dùng nhất cho động cơ không đồng bộ là:

- luật V/f (stator)
- luật điều khiển vectơ (điều khiển hướng trường)
- luật điều khiển trực tiếp mô men [19]

Luật điều khiển V/f vòng hở cho động cơ không đồng bộ là phương pháp điều khiển phổ biến nhất hiện nay vì nó khá đơn giản. [4]

Ta có Φ tỉ lệ với V/f. Nếu điện áp đặt vào stator không đổi $V=const$, thì khi tăng $f > f_{dm}$ từ thông trong máy sẽ giảm, do đó mô men của máy giảm. Nếu mô men tải giữ không đổi hoặc là hàm tăng của tốc độ, thì khi đó dòng điện của động cơ phải tăng lên để làm tăng mô men cho cân bằng với mô men cản. Kết quả là động cơ bị quá tải về dòng.

Khi giảm tần số để giảm tốc, từ thông Φ tăng lên và mạch từ sẽ bị bão hòa. Hiện tượng này làm tăng dòng điện từ hóa, nghĩa là tăng tổn hao thép và làm nóng máy điện.

Do vậy khi điều tần ta phải đồng thời thay đổi điện áp trên stator.

Quy luật điều chỉnh gần đúng cho các loại tải như bảng sau. Quy luật này chỉ là gần đúng do đó có thể sử dụng khi dải điều chỉnh không rộng. Nếu dải điều chỉnh lớn thì quy luật này sẽ phạm phải sai số đáng kể ở vùng tần số thấp. [4]

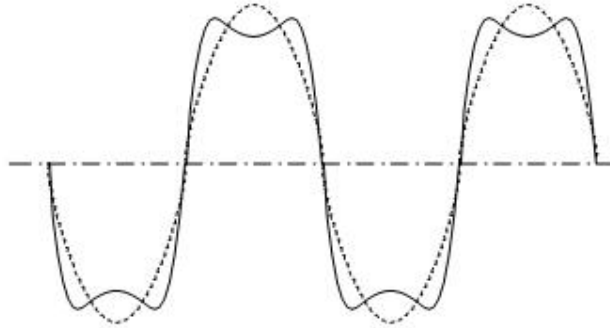
Loại tải	Quy luật điều chỉnh điện áp
Máy tiện	$V/\sqrt{f} = const$
Cần trục	$V/f = const$
Ma sát nhớt	$V/\sqrt{f^3} = const$
Quạt gió	$V/f^2 = const$

Bảng 5 Quy luật điều chỉnh [4]

Sóng hài phát sinh từ biến tần

- Phía nguồn cấp (chủ yếu)

tần số đóng cắt của cầu diode 6 xung là 300 Hz với lưới điện 50 Hz. Sóng hài sinh ra bởi bộ chỉnh lưu rơi vào khoảng tần số đến 3 kHz và được dẫn ngược về phía nguồn cấp. Sóng hài phát từ bộ chỉnh lưu có tần số tương đối thấp



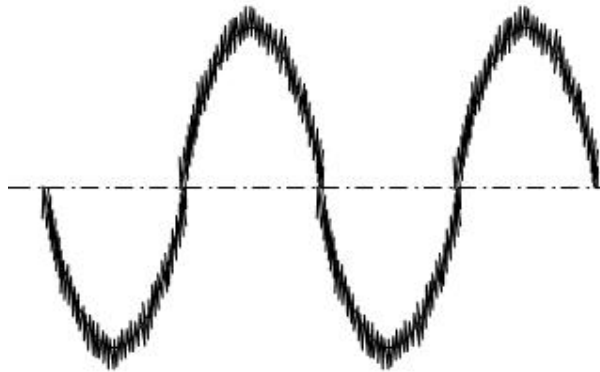
Hình 40 Dạng sóng phía nguồn cấp [10]

- Phía động cơ

Vì tần số đóng cắt của bộ nghịch lưu là rất lớn (thường từ 2 kHz đến 20 kHz), sóng hài sinh ra có tần số lên đến 10 MHz . Sóng hài này truyền dẫn theo cáp điện nối đến động cơ.

Hài phía nguồn cấp có tần số đến 3kHz nhưng chủ yếu là các bậc hài thấp.

Hài phía động cơ có tần số cao (trên 10 kHz), xếp chồng lên trên dạng sóng sin bình thường. [5]



Hình 41 Dạng sóng phía động cơ [10]

Biến tần Micromaster 420 của Siemens

Micromaster 420 là một họ các biến tần dùng điều khiển tốc độ của động cơ xoay chiều ba pha. Các loại biến tần này khá đa dạng từ biến tần 120 W đầu vào một pha tới biến tần 11 kW đầu vào 3 pha. Ở đây ta sử dụng biến tần 0.75 kW, đầu vào 3 pha.

Biến tần sử dụng vi xử lý để thực hiện việc điều khiển. Van sử dụng là transistor

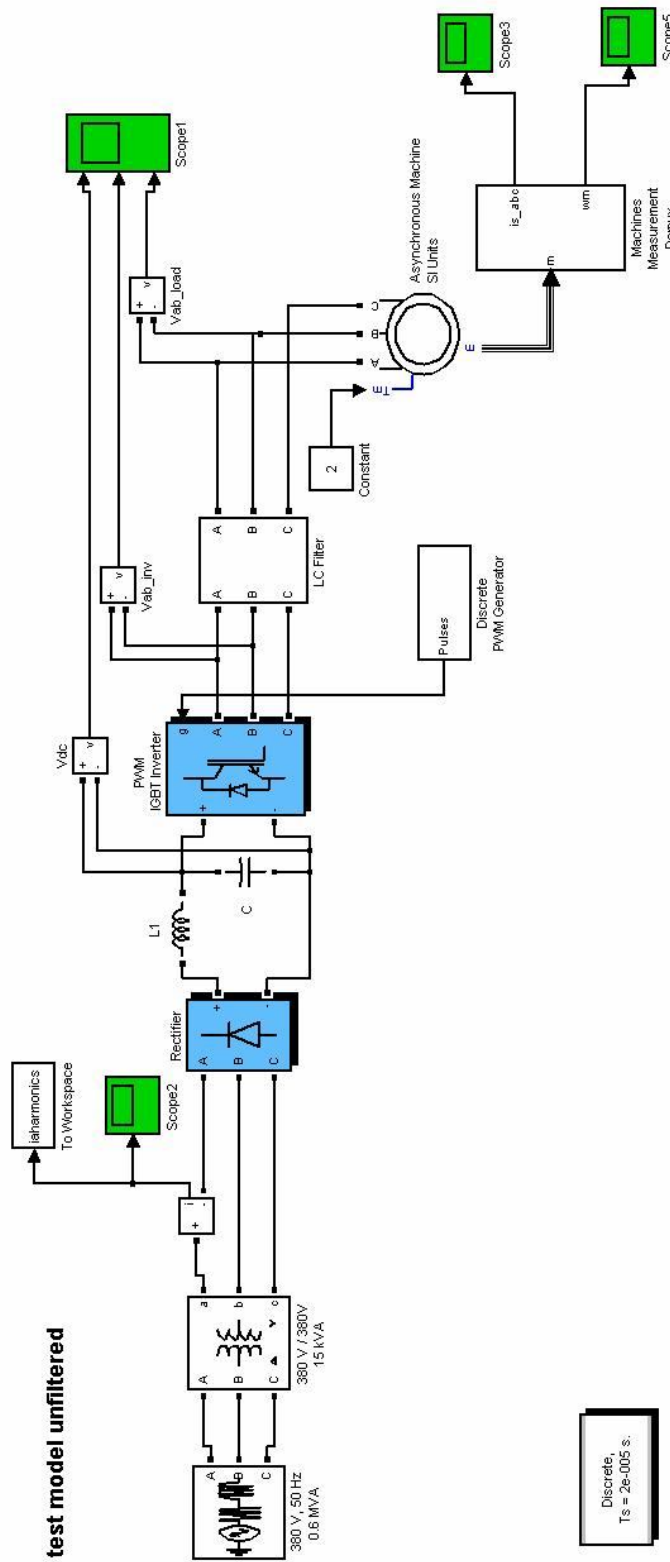
lượng cực cổng cách ly IGBT.

Micromaster 420 được lập sẵn với hệ thống các tham số mặc định (gọi là “factory”) phù hợp với khá nhiều các ứng dụng điều khiển động cơ đơn giản thường gặp. Khi cần dùng cho các ứng dụng cao cấp hơn thì ta phải sử dụng hệ thống các tham số của biến tần.



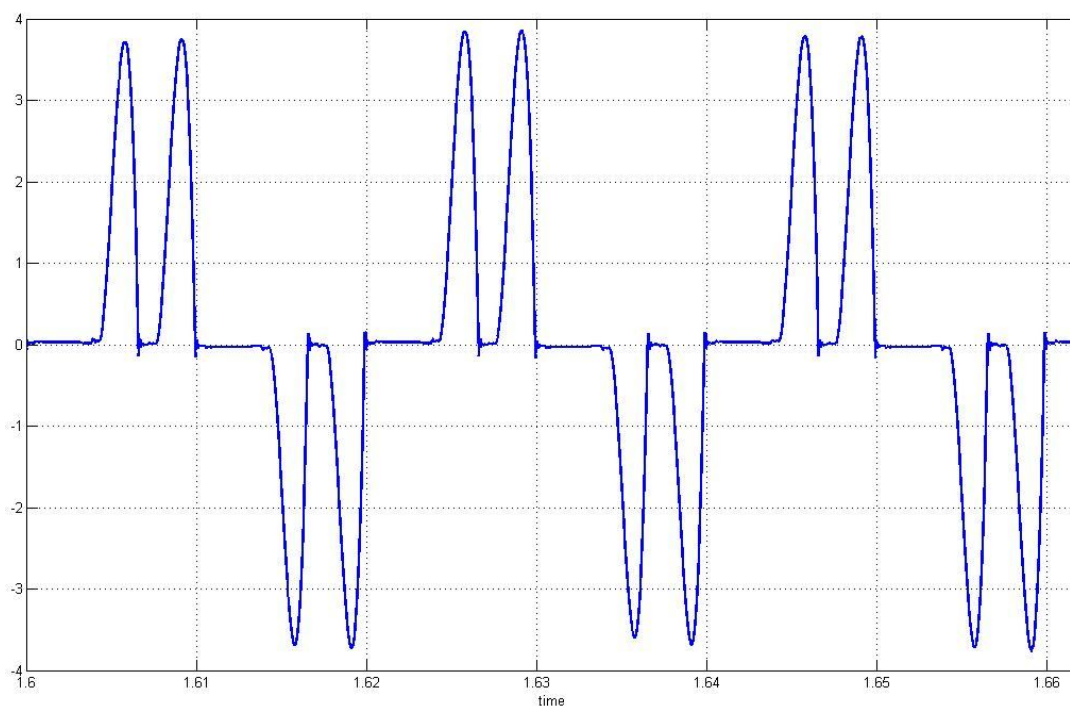
Hình 42 Biến tần Micromaster 420

Mô phỏng hệ biến tần động cơ



Hình 43 Mô phỏng hệ biến tần – động cơ

Sóng hài phát sinh với hệ thống này có dạng



Hình 44 Dạng sóng dòng điện đầu vào theo mô phỏng

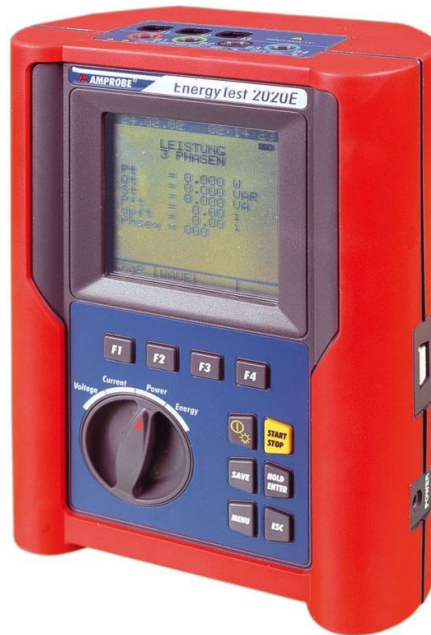
Đo đạc với hệ biến tần động cơ thực tế

Nhiệm vụ thí nghiệm

- Xây dựng mô hình thí nghiệm với nguồn phát điều hòa là biến tần
- Tạo tải cho hệ thống để thí nghiệm ở nhiều mức độ tải khác nhau
- Lắp đặt các thiết bị đo lường cần thiết để thu thập số liệu

Giới thiệu các thiết bị đo lường dùng trong thí nghiệm

Máy đo dạng sóng và phân tích phổ tần Energytest 2020E



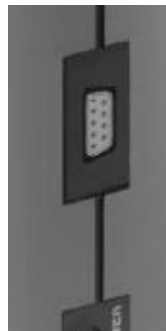
Hình 45 Energytest 2020E

Energytest 2020E là một oscilloscope đa năng của hãng Amprobe cho phép phân tích và thử nghiệm với các hệ thống đơn pha, ba pha có trung tính và không trung tính. Thiết bị sử dụng tần số trích mẫu là 6400 Hz hiển thị theo thời gian thực các tín hiệu đo.

Các đặc tính kỹ thuật chung như sau:

- Cấp điện bằng 6 pin 1.5V hoặc sử dụng nguồn cấp ngoài từ bộ adapter của Amprobe.
- Màn hình hiển thị 128×128 điểm ảnh
- Trao đổi dữ liệu với máy tính thông qua cổng truyền thông RS232
- Có thể cài đặt, vận hành máy qua cổng RS232

Cổng truyền thông RS232 :



Hình 46 Cổng truyền thông RS232

Công truyền thông này được sử dụng để kết nối Energytest 2020E với máy tính.

Cáp kết nối C232NG1



Hình 47 Cáp C232NG1 kết nối cổng RS232 của Energytest 2020E và máy tính

Que đo Ampe kìm DMCT-CE



Hình 48 Que đo Ampe kìm DMCT-CE

Sử dụng ba que đo DMCT-CE để đo cả ba pha của hệ thống

Que đo điện thế KITENERGY2



Hình 49 Que đo điện thế KITENERGY2

Các thông số kỹ thuật chính của Energytest 2020E

Thang đo	Cấp chính xác	Độ phân giải	Trở kháng đầu vào	Bảo vệ quá áp
300 V	±0.5%	0.2 V	300 kΩ (pha-trung tính)	900 V (1 phút)
600 V		0.4 V	600 kΩ (pha-pha)	

Bảng 6 Thông số kỹ thuật đo điện áp

Thang đo	Cấp chính xác	Độ phân giải	Trở kháng đầu vào	Bảo vệ quá áp
0.26 V	±0.5 %	0.0001 V	100 kΩ	5 V
1 V		0.0004 V		

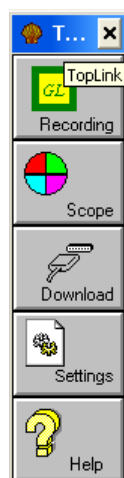
Bảng 7 Thông số kỹ thuật đo dòng điện

Thang đo	Cấp chính xác	Độ phân giải
DC-25h	± 5%	0.1 V /0.1 A
26h-33h	± 10%	
33h-49h	± 15%	

Bảng 8 Thông số kỹ thuật đo các bậc điều hòa

Phần mềm thu thập và hiển thị dữ liệu TOPLINK

Toplink là phần mềm thực hiện nhiệm vụ kết nối máy tính với oscilloscope Energytest 2020E, qua đó thu thập dữ liệu, hiển thị và phân tích dữ liệu.



Hình 50 TOPLINK

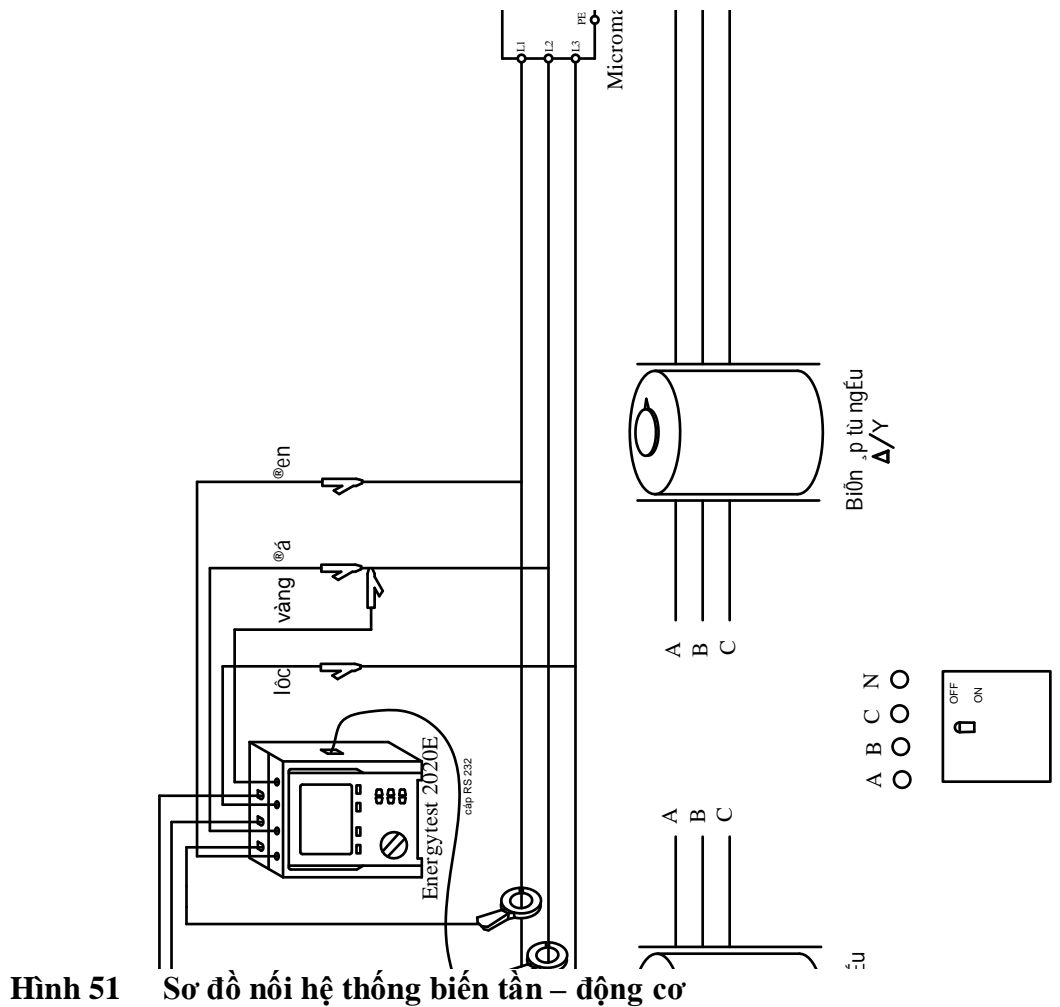
Sau khi kích hoạt Toplink sẽ thông qua dịch vụ quản lý thiết bị để nhận ra cổng kết nối với Energytest 2020E. Sau khi kết nối qua phần mềm Toplink ta có thể cài đặt các

thông số và điều khiển thiết bị đo. Số liệu cũng như dạng sóng và các phân tích có thể được thực hiện dễ dàng qua máy tính có cài đặt Toplink.

Hệ động cơ-máy phát

Để có thể thay đổi tải cho bộ biến tần lúc làm thí nghiệm ta sử dụng hệ Động cơ – Máy phát. Cấu tạo của hệ thống này gồm hai động cơ không đồng bộ 0.75 kW nối với nhau qua hệ thống pully và dây curoa. Động cơ lấy điện trực tiếp từ biến tần có pully đường kính lớn, động cơ kia có pully đường kính nhỏ. Động cơ có pully đường kính nhỏ nối với nguồn cấp là một biến áp tự ngẫu. Bằng cách điều chỉnh biến áp tự ngẫu này ta có thể điều chỉnh được tải vô cấp. Lúc này động cơ nối với biến tần sẽ làm việc ở chế độ động cơ có tải, còn động cơ kia sẽ làm việc ở chế độ phát điện về lưới.

Sơ đồ thí nghiệm



Sơ đồ thí nghiệm gồm hai biến áp tự ngẫu 220/380 15kVA, một cấp điện cho biến tần, một cấp điện vào cho động cơ có pully nhỏ. Hai biến áp tự ngẫu này lấy điện vào sơ cấp qua hai aptomat riêng rẽ trong phòng thí nghiệm. Mắc mạch thiết bị đo như trong hình vẽ và tiến hành đo đạc.