**MỤC LỤC**

[Chương 1 3](#_Toc491633930)

[TỔNG QUAN VỀ SÓNG ĐIỀU HÒA VÀ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG 3](#_Toc491633931)

[1.1 Tổng quan về sóng hài 3](#_Toc491633932)

[1.1.1 Giới thiệu chung 3](#_Toc491633933)

[1.1.2 Các nguồn phát sinh sóng hài trong mạng điện 5](#_Toc491633934)

[1.1.3 Ảnh hưởng của sóng hài bậc cao 6](#_Toc491633935)

[1.2 Tổng quan về công suất phản kháng 8](#_Toc491633936)

[1.2.1 Giới thiệu chung 8](#_Toc491633937)

[1.2.2 Hiệu quả của việc bù công suất phản kháng 8](#_Toc491633938)

[Chương 2 10](#_Toc491633939)

[CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC SÓNG HÀI 10](#_Toc491633940)

[2.1 Khái niệm lọc sóng hài 10](#_Toc491633941)

[2.2 Các phương pháp lọc sóng hài 10](#_Toc491633942)

[2.3 Kết luận 10](#_Toc491633943)

[Chương 3 12](#_Toc491633944)

[LỌC TÍCH CỰC TRONG MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP 12](#_Toc491633945)

[3.1 Mô hình hệ thống 12](#_Toc491633946)

[3.2 Tải phi tuyến 12](#_Toc491633947)

[3.3 Lọc tích cực AF 12](#_Toc491633948)

[3.4.1 Cấu trúc hệ điều khiển 13](#_Toc491633949)

[3.4.2 Các phương pháp điều khiển bộ lọc tích cực 14](#_Toc491633950)

[3.5 Kết luận 23](#_Toc491633951)

[Chương 4 24](#_Toc491633952)

[THIẾT KẾ BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO TẢI PHI TUYẾN 24](#_Toc491633953)

[4.1 Phân tích ảnh hưởng đến lưới điện của tải phi tuyến dạng bể mạ 24](#_Toc491633954)

[4.1.1 Giới thiệu chung 24](#_Toc491633955)

[4.1.2 Phân tích ảnh hưởng đến lưới của phụ tải bể mạ. 27](#_Toc491633956)

[4.2.1 Xác định giá trị điện áp một chiều của nghịch lưu 27](#_Toc491633957)

[4.2.2 Xác định giá trị tụ điện C 28](#_Toc491633958)

[4.2.3 Xác định giá trị điện cảm L 28](#_Toc491633959)

[4.2.4 Xác định và lựa chọn thông số van điều khiển 28](#_Toc491633960)

[4.3.1 Trường hợp điện áp lưới tại điểm kết nối là đối xứng 29](#_Toc491633961)

[4.3.2 Trường hợp điện áp tại điểm nối giữa mạch lọc và lưới là không đối xứng 29](#_Toc491633962)

[4.3.3 Nhận xét 31](#_Toc491633963)

[4.4. Kết luận 32](#_Toc491633964)

LỜI NÓI ĐẦU

# Chương 1

# TỔNG QUAN VỀ SÓNG ĐIỀU HÒA VÀ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

# 1.1 Tổng quan về sóng hài

## 1.1.1 Giới thiệu chung

Hoạt động của hệ thống điện đó là một quá trình cân bằng giữa tổng công suất phát và công suất thu. Trong đó, phát công suất thuộc về phía nguồn mà chủ đạo là các nhà máy điện phát ra công suất 3 pha xoay chiều hình sin tần số cơ bản 50Hz (hoặc (60) Hz đối với một số nước như Mỹ, Nhật...). Ngược lại, thu công suất thuộc về phía hộ tiêu thụ hay còn gọi là tải với nhiều loại hình khác nhau là nguyên nhân dẫn đến sự xuất hiện các thành phần không sin trong hệ thống điện. Nói một cách khác là các sóng hài bậc cao (bội số của tần số cơ bản) được sinh ra ngoài mong muốn.

Theo phân tích Fourier, một sóng dòng điện hay điện áp hình sin khi bị méo dạng tương đương với một phổ sóng hài gồm một sóng tần số cơ bản, còn lại là các thành phần sóng hài bậc cao. Tỷ lệ các thành phần sóng hài này phụ thuộc vào độ méo dạng so với ban đầu. Hiện nay các sóng hài bậc cao được nhiều người đặt cho tên gọi là sóng hài.

**

Hình 1. 1 Dạng sóng sin chuẩn và sin bị méo dạng



Hình 1. 2 Sóng cơ bản và các sóng hài h1, h2, h3

Trong hệ thống ba pha đối xứng, dòng điện hay điện áp các pha bị méo dạng và các sóng hài bậc lẻ có thể phân biệt thành các thành thành phần thứ tự thuận, nghịch, không:

* Thành phần thứ tự thuận gồm: các sóng hài bậc h1, h7, h10…



* Thành phần thứ tự nghịch gồm: các sóng hài bậc h2, h8, h11



## 1.1.2 Các nguồn phát sinh sóng hài trong mạng điện

Các sóng hài trong công nghiệp chủ yếu được tạo ra bởi tất cả các tải phi tuyến. Các phần tử phi tuyến điển hình là quộn dây của máy biến áp, động cơ làm việc ở chế độ bão hòa mạch từ, các dụng cụ bán dẫn công suất như thyristor, diode của các bộ biến đổi (chỉnh lưu, nghịch lưu, điều áp xoay chiều…), các đèn điện tử, máy hàn, các hệ truyền động điện…

*1. Máy biến áp*

 Hiện tượng bão hòa mạch từ của máy biến áp lực có thể sinh ra sóng hài bậc cao. Khi biên độ điện áp và từ thông đủ lớn để rơi vào vùng không tuyến tính trong đường cong B-H sẽ dẫn đến dòng điện từ bị méo và có chứa các sóng hài bậc cao.

*2. Động cơ*

 Các sóng hài bậc cao được phát sinh bởi máy điện quay liên quan chủ yếu tới các biến thiên của từ trở gây ra bởi các khe hở giữa roto và stato. Các máy điện đồng bộ có thể sản sinh ra sóng hài bậc cao bởi biến dạng từ trường, sự bão hòa trong các mạch chính và do các dây quấn dùng để giảm dao động đặt không đối xứng.

*3. Thiết bị điện tử công suất*

Bản thân các bộ biến đổi điện tử công suất (chỉnh lưu, nghịch lưu, điều áp xoay chiều…) đều được cấu thành từ các thiết bị bán dẫn như diode, thyristor, MOSFET, IGBT, GTO… là những phần tử phi tuyến gây sóng hài bậc cao.

Tùy thuộc vào cấu trúc của các bộ biến đổi mà sóng hài sinh ra khác nhau. Các mạch chỉnh lưu trong biến tần thường là chỉnh lưu cầu ba pha có ưu điểm là đơn giản, rẻ, chắc chắn nhưng sản sinh nhiều sóng hài. Để giảm bớt sóng hài có thể dùng hai mạch chỉnh lưu cầu ba pha ghép lai với nhau tạo thành chỉnh lưu 12 xung hoặc ghép 4 bộ chỉnh lưu cầu ba pha vào tạo thành bộ chỉnh lưu 24 xung.

Ví dụ sóng hài gây ra bởi một số bộ biến đổi công suất:

- Chỉnh lưu cầu một pha: Giả sử xét với tải có tính cảm

Hình 1. 5 Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu cầu một pha

- Chỉnh lưu cầu ba pha: các van bán dẫn có thể là GTO, diode, thyristor…

Trường hợp chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển:

Ta thấy dòng điện đầu vào bộ chỉnh lưu cầu ba pha có độ méo rất lớn THD=28,52 %. Các thành phần sóng hài này là do tính phi tuyến của bộ chỉnh lưu cầu gây ra. Trong đó các thành phần sóng hài bậc 5, 7, 11 là chủ yếu.

Đối với bộ chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển, Sơ đồ nguyên lý của chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển như hình 1.11. Các kết quả mô phỏng cho ảnh hưởng đến dòng phía nguồn (đầu vào chỉnh lưu) như sau:Ứng ứng góc điều khiển là α = 300 dòng điện phía lưới được mô phỏng kèm theo phân tích FFT bằng Matlab như hình 1.12Ứng ứng góc điều khiển là α = 500 dòng điện phía lưới được mô phỏng kèm theo phân tích FFT bằng Matlab như hình 1.13

Từ phân tích ở trên với chỉnh lưu cầu ba pha ta thấy khi thay đổi, góc góc điều khiển tăng thì các thành phần sóng hài bậc cao sinh ra càng lớn làm độ méo dòng điện càng tăng.

*- Các đèn huỳnh quang.*

Ngày nay các đèn huỳnh quang được sử dụng rộng rãi do có ưu điểm là tiết kiệm được chi phí. Tuy nhiên sóng hài bậc cao sinh ra bởi đèn huỳnh quang cũng rất lớn.

*- Các thiết bị hồ quang.*

Các thiết bị thường gặp trong hệ thống điện là các lò hồ quang công nghiệp. Theo thống kê thì điện áp lò hồ quang cho thấy sóng hài bậc cao đầu ra biến thiên rất lớn ví dụ như sóng hài bậc 5 là 8% khi bắt đầu nóng chảy, 6% ở cuối gian đoạn nóng chảy và 2% của giai đoạn cơ bản trong suốt thời gian tinh luyện.

# 1.1.3 Ảnh hưởng của sóng hài bậc cao

Sự tồn tại sóng hài bậc cao gây ảnh hưởng tới tất cả các thiết bị và đường dây truyền tải điện. Chúng gây ra quá áp, méo điện áp lưới làm giảm chất lượng điện năng. Nói chung chúng gây ra tăng nhiệt độ trong các thiết bị và ảnh hưởng tới cách điện, làm tăng tổn hao điện năng, làm giảm tuổi thọ của thiết bị, trong nhiều trường hợp thậm chí còn gây hỏng thiết bị.

Ảnh hưởng quan trọng nhất của sóng hài bậc cao đó là việc làm tăng giá trị hiệu dụng cũng như giá trị đỉnh của dòng điện và điện áp. Có thể thấy rõ qua công thức sau:





Khi giá trị hiệu dụng và giá trị biên độ của tín hiệu dòng điện hay điện áp tăng do sóng hài bậc cao sẽ gây ra một số vấn đề:

* Tăng phát nóng của dây dẫn điện, thiết bị điện. Gây ảnh hưởng đến độ bền cách điện của vật liệu
* Giảm khả năng mang tải của dây dẫn điện.
* Các sóng hài bậc cao gây ra tổn thất đồng, tổn thất từ thông tản và tổn thất sắt làm tăng nhiệt độ máy biến áp và tăng tổn thất điện năng.
* Tổn hao trên cuộn dây và lõi thép động cơ tăng, làm méo momen, giảm hiệu suất máy, gây tiếng ồn, các sóng hài bậc cao còn có thể sinh ra momen xoắn trục động cơ hoặc gây ra dao động cộng hưởng cơ khí làm hỏng các bộ phận cơ khí trong động cơ.
* Gây ảnh hưởng đến hoạt động của các thiết bị bảo vệ ( tác động sai): các sóng hài bậc cao có thể làm momen tác động của rơle biến dạng gây ra hiện tượng nháy, tác động ngược, có thể làm méo dạng điện áp, dòng điện dẫn đến thời điểm tác động của rơle sai lệch.
* Với các thiết bị đo: ảnh hưởng đến sai số của các thiết bị đo, làm cho kết quả đo bị sai lệch.
* Với tụ điện: làm cho tụ bị quá nhiệt và trong nhiều trường hợp có thể dẫn tới phá hủy chất điện môi.
* Các sóng hài bậc cao còn làm các thiết bị sử dụng điện và đèn chiếu sáng bị chập chờn.
* Gây ảnh hưởng tới các thiết bị viễn thông : các sóng hài bậc cao có thể gây sóng điện từ lan truyền trong không gian làm ảnh hưởng đến thiết bị thu phát sóng.

Với những tác hại như vậy việc quy định một tiêu chuẩn thống nhất về các thành phần sóng hài bậc cao trên lưới cần được đưa ra để hạn chế ảnh hưởng của chúng tới các thiết bị tiêu dùng điện khác và đảm bảo chất lượng điện năng. Vì vậy, Việt Nam đã áp dụng tiêu chuẩn 519 của IEEE và 1000-4-3 của IEC về giới hạn thành phần sóng hài bậc cao trên lưới. Cụ thể như sau:

# 1.2 Tổng quan về công suất phản kháng

## 1.2.1 Giới thiệu chung

Công suất biểu kiến S trong mạng điện xoay chiều gồm hai thành phần có liên hệ với nhau qua biểu thức (1.2) và đồ thị vectơ biểu diễn trên hình 1.16:

- P là công suất tác dụng được biến thành công hữu ích như cơ năng, quang năng, nhiệt năng…

- Q là công suất để từ hoá và tạo ra từ thông tản trong các máy điện xoay chiều

1.2.2 Hiệu quả của việc bù công suất phản kháng

* **Giảm tổn thất công suất ΔP trong mạng điện:**

 

Khi giảm được Q truyền tải trên đường dây thì sẽ giảm được thành phần tổn thất công suất do công suất phản kháng gây ra, ΔP(Q).

* **Giảm được tổn thất điện áp ΔU trong mạng:**

Biểu thức tính tổn thất điện áp được tính như sau:



khi giảm được Q truyền tải trên đường dây (trong mạng) sẽ giảm được thành phần tổn thất điện áp do công suất phản kháng gây nên, ΔU(Q).

* **Tăng được khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp**

Khả năng truyền tải của đường dây và máy biến áp phụ thuộc vào điều kiện phát nóng, tức là phụ thuộc vào dòng điện cho phép của chúng. Trong khi đó dòng điện chạy trên đường dây và máy biến áp được tính như sau:



chứng tỏ rằng, với cùng một tình trạng phát nóng nhất định của đường dây hay máy biến áp, ta có thể tăng khả năng truyền tải công suất tác dụng P của mạng bằng cách giảm công suất phản kháng Q mà chúng phải truyền tải. Vì thế khi vẫn giữ nguyên đường dây hay máy biến áp, nếu cosϕ của mạng được nâng cao thì khả năng truyền tải của đường dây hay máy biến áp sẽ được tăng lên.

# Chương 2

# CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC SÓNG HÀI

# 2.1 Khái niệm lọc sóng hài

# 2.2 Các phương pháp lọc sóng hài

Theo nguyên lý làm việc, có hai loại bộ lọc cơ bản là:

1. Bộ lọc chủ động (ative filters)
2. Bộ lọc thụ động (passive filters)
3. Kết hợp ưu điểm của hai loại trên ta có bộ lọc hỗn hợp

Nguyên lý hoạt động của sơ đồ: AFs đóng vai trò tương tực như AF, điều khác nhau ở chỗ là điểm kết nối không liên hệ trực tiếp về điện mà thông qua liên hệ điện từ bởi máy biến áp đã mở rộng phạm vi áp dụng lọc tích cực cho các lưới điện áp cao. Tại điểm kết nối VAF, AFs tạo ra tổng trở đường dây tương đương. Nếu nhìn từ phía tải, tổng trở này bằng không với sóng cơ bản và bằng vô cùng với các sóng hài. Như vậy, giữa nguồn và tải có sự cách ly về sóng hài. Điều này có thể được mính họa bằng các .

# 2.3 Kết luận

Phần trên đã phân tích về nguyên nhân phát sinh và tác hại của sóng hài trong hoạt động của quá trình sản xuất và tiêu thụ điện; Mô tả khái quát các mô hình lọc sóng hài. Đặc biệt chỉ ra các ưu điểm của bộ lọc tích cực và tiềm năng của nó. Trong tương lai, lọc tích cực sẽ được phát triển và ứng dụng rộng rãi bởi một số lý do chính sau đây:

- Các nguồn phát sinh sóng hài là không thể tránh khỏi, thậm chí ngày càng nhiều ít nhất là trong nhiều năm nữa, khi mà các tiến bộ về bộ biến đổi công suất trong công nghiệp chưa được áp dụng (hoặc thay thế) một cách triệt để những tiến bộ mới về cấu trúc, linh kiện bán dẫn và kỹ thuật điều khiển.

- Các mô hình lọc tích cực được áp dụng nhanh những tiến bộ về kỹ thuật và linh kiện điện tử công suất.

- Cùng một mục tiêu làm sạch lưới điện không bị ô nhiễm sóng hài thì việc đầu tư cho lọc có hiệu quả cao hơn là thay thế hoặc áp dụng các bộ biến đổi công suất chất lượng cao (thế hệ mới).

- Từ một lọc tích cực, có thể phát triển thêm chức năng bù công suất phản kháng mà không hề phải bổ sung thiết bị mạch lực (đắt tiền) trong khi chỉ cần tích hợp thêm cho hệ điều khiển khối bù CSPK (rẻ tiền) là có được tổ hợp thiết bị lọc và bù CSPK. Hai chức năng trên cùng một thiết bị có thể hoạt động đồng thời và độc lập nhau sẽ mạng lại một hiệu quả kinh tế và kỹ thuật rất lớn có thể áp dụng rộng rãi cho nhiều hình thức mạng điện khác nhau trong hệ thống điện.

Nhiệm vụ tiếp theo nghiên cứu xây dựng một mô hình lọc tích cực áp dụng cho một đối tượng cụ thể trong mạng điện phân phối mà nguồn phát sinh sóng hài là các tải phi tuyến công suất lớn trong xí nghiệp công nghiệp.

# Chương 3

# LỌC TÍCH CỰC TRONG MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP

# 3.1 Mô hình hệ thống

# 3.2 Tải phi tuyến

Điển hình cho tải phi tuyến ta nghiên cứu một bộ chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển. Trong hình 3.1, tải phi tuyến được xem như một cầu chỉnh lưu có điều khiển

Đối với bộ cầu chỉnh lưu 3 pha ta không bàn luận thêm nữa, vì được coi như đã quá quen thuộc cả trong thực tế cũng như lý thuyết. Tuy nhiên, để minh họa trong trường hợp này ta có thể mô phỏng hình ảnh của dòng điện chỉnh lưu ứng với các góc mở α khác nhau và phân tích sóng hài gây ô nhiễm dòng điện lưới phía trước chỉnh lưu. Việc điều chỉnh công suất hay dòng điện tải thông qua điều chỉnh góc mở α (anfa) điều khiển các van TQua phân tích và các kết quả mô phỏng cho thấy, các tải chỉnh lưu có thê gây mức độ ô nhiễm sóng hài rất lớn, hơn nữa phổ sóng hài không cố định do tính của chất tải có điều khiển. Như vậy, lọc thụ động sẽ tỏ ra bất lực mà chỉ có lọc động mới có thể khắc phục được giải quyết được việc loại khử được hoàn toàn sóng hài.

# 3.3 Lọc tích cực AF

Cấu trúc của một bộ lọc tích cực gồm hai khối chính là khối mạch lực và khối điều khiển được mô tả - Phần mạch lực, hiểu theo nghĩa đã phát biểu ở trên rằng AF là một máy phát sóng hài ngược thì đương nhiên AF có chức năng của một nghịch lưu 3 pha.

- Phần điều khiển có khả năng phát hiện tức thời sự xuất hiện của sóng hài phát sinh trên lưới để tính toán và điều khiển nghịch lưu phát sóng hài ngược.

Đây là điểm khác biệt căn bản với các chỉnh lưu thông thường. Điện áp rơi trên điện cảm L là u1 chính là hiệu giữa điện áp nguồn uL và điện áp của bộ biến đổi uS :

u1 = uL - uS (3.1)

Với uL không đổi, do đó sẽ điều khiển được u1 thông qua điều khiển u­S. Từ việc điều khiển được u1 ta sẽ điều khiển được dòng điện iL chạy trên đường dây. Biẻu thứ (3.10) có thể được diễn tả bằng đồ thị vector như hình 3.113.4 Các phương pháp điều khiển lọc AF

## 3.4.1 Cấu trúc hệ điều khiển

Có hai cấu trúc điều khiển khác nhau tùy thuộc vào cách mà dòng điện được đo.

1. *Phương pháp vòng hở*

Phương pháp này dựa trên việc đo thành phần dòng điện phía tải từ đó tách ra thành phần sóng hài chứa trong dòng tải. Cấu trúc điều khiển vòng hở cho chinh lưu PWM thực hiện chức năng mạch lọc tích cực:



Hình 3. 14 Cấu trúc điêu khiển vòng hở chỉnh lưu PWM với chức năng mạch lọc tích cực

Theo phương pháp này thì không có thông tin phản hồi về dòng điên trên lưới. Tất cả sai lệch trong hệ thống cả trong quá trình đo và điều khiển sẽ gây ra các sóng hài trên dòng điện lưới, các thành phần này là không xác định. Cấu trúc điều khiển này có ưu điểm là ổn định nhưng yêu cầu số cảm biến đo dòng nhiều (4 cảm biến).

1. *Phương pháp vòng kín*

Phuơng pháp này dựa trên việc đo dòng điện trên lưới từ đó xác định được dòng bù cần thiết.

Theo phương pháp điều khiển vòng kín sẽ có thêm một mạch vòng điều chỉnh dòng điện lưới bên ngoài mạch vòng điều chỉnh dòng tải. Phương pháp này có ưu điểm là thuật toán điều khiển đơn giản hơn so với cấu trúc vòng hở và yêu cầu số cảm biến đo dòng ít hơn (2 cảm biến).

Cấu trúc điều khiển vòng kín cho chỉnh lưu PWM thực hiện chức năng mạch lọc tích cực:



Hình 3. 15 Cấu trúc điêu khiển vòng kín chỉnh lưu PWM với chức năng mạch lọc tích cực

## 3.4.2 Các phương pháp điều khiển bộ lọc tích cực

3.4.2.1 Cơ sở của phương pháp điều khiển

Theo nguyên lý chung để lọc sóng hài thì vấn đề cơ bản của cấu trúc điều khiển là ta phải xác nhận dạng được rõ các thành phần sóng hài xuất hiện trên lưới để xác định được dòng cần bù được tạo ra bởi mạch lọc nhằm loại bỏ hoàn toàn các dòng điều hòa bậc cao. Việc xác định dòng bù cần thiết có nhiều phương pháp khác nhau. Có thể chia ra làm hai phương pháp chính để xác định dòng điều hòa bậc cao cần bù là phương pháp trong miền thời gian và phương pháp trong miền tần số, [7]. Cụ thể ta xét một số phương pháp sau:

1. *Phương pháp dựa trên miền tần số:*

Phương pháp này dựa trên phân tích Furier. Trong lớp phương pháp này xin giới thiệu hai phương pháp điển hình là: phương pháp DFT (Discrete Fourier Transform) và phương pháp FFT (Fast Fourier Transform).

* Phương pháp DFT (Discrete Fourier Transform): là thuật toán biến đổi cho các tín hiệu rời rạc, kết quả của phép phân tích đưa ra cả biên độ và pha của thành phần sóng hài mong muốn theo công thức sau:

 (3.2)

Hay có thể viết dưới dạng sau:

 (3.3)



 (3.4)

Trong đó:

- n là số mẫu trong một chu kỳ tần số cơ bản

- x(n) là tín hiệu đầu vào ( dòng hoặc áp ) ở thời điểm n

- Xh là vecto Fourier của sóng hài bậc h của tín hiệu vào,  là biên độ của vecto Xh,  là góc pha của vecto Xh

- Xhr là phần thực của Xh

- Xhi là phần ảo của Xh

Khi mỗi thành phần điều hòa đã được xác định, từ đó tổng hợp lại trong miền thời gian để tạo tín hiệu bù cho bộ điều khiển thực hiện.

* Phương pháp Fast Fourier Transform (FFT)

 

*a) b)*

Hình 3. 16 Phương pháp FFT

*a) Lấy mẫu; b) Phân tích sóng hài*

Các bước thực hiện phương pháp FFT:

- Lấy mẫu dòng điện tải và tính toán biên độ và pha của từng thành phần sóng hài (ứng với mỗi tần số khác nhau).

- Số lượng mẫu trong một chu kỳ càng lớn thì giá trị fmax càng lớn.

- Tách thành phần dòng cơ bản từ dòng đầu vào. Dễ dàng thực hiện việc này bằng cách thiết lập tần số từ 0 đến 50 Hz sau đó thực hiện FFT-1 (IFFT) để có tín hiệu trong miền thời gian bao gồm biên độ và pha của mỗi thành phần sóng hài. Việc tính toán này thực hiện trong mỗi chu kỳ của dòng chính để đảm bảo rằng FFT tính toán hoàn tất trong một chu kỳ để tránh méo do phổ tần số.

Tổng hợp dòng bù từ các thành phần sóng hài.

Ưu điểm của phương pháp FFT là có thể tác động tới từng thành phần sóng hài theo ý muốn nhưng có khối lượng tính toán rất lớn.

1. *Phương pháp dựa trên miền thời gian*

Phương pháp trên miền thời gian có ưu điểm hơn hẳn là khối lượng tính toán ít hơn so với phương pháp trên miền tần số. Theo lớp phương pháp này có hai phương pháp điển hình là: phương pháp xá định dòng bù trên khung tọa độ dq và phương pháp dựa trên thuyết công suất tức thời p-q của Akagi…

1. *Phương pháp trên khung tọa độ dq:*

Theo phương pháp này có thể xác định toàn bộ dòng bù hoặc có thể lựa chọn từng thành phần sóng hài cần bù.

- Phương pháp xác định toàn bộ dòng bù: phương pháp này dựa trên khung tọa độ dq để tách thành phần sóng hài bậc cao ra khỏi thành phần sóng cơ bản. Thuật toán của phương pháp này có thể được mô tả trên hình 3.15:



Hình 3. 17 Thuật toán xác định dòng bù trong khung tọa độ dq

Thực hiện phép quay khung tọa độ dq với tốc đọ của tần số cơ bản. Khi đó trong khung tọa độ dq thành phần dòng tần số cơ bản coi như thành phần dòng một chiều còn lại thành phần sóng hài như thành phần dòng xoay chiều. Sau đó sử dụng bộ lọc thông cao tách ra được thành phần xoay chiều, đó chính là thành phần của các sóng hài bậc cao cần bù.

Sau khi tính được dòng bù cần thiết trong hệ dq ta thực hiện phép hệ tọa độ sang hệ tọa độ chuẩn abc. Phép chuyển được thực hiện như sau như sau:

 (3-5)

Phương pháp xác định từng thành phần sóng hài cần bù: phương pháp này dựa trên cơ sở phép quay khung tọa độ. Điểm khác biệt so với phương pháp trên là từ dòng cần tách ra sóng hài sẽ chuyển sang khung tọa độ dq với góc quay bằng bội số lần của góc quay thành phần cơ bản, khi đó trong khung tọa độ mới dq thành phần một chiều tương ứng với thành phần sóng hài cần tách và bằng cách sử dụng bộ lọc thông thấp ta có thể tách ra được thành phần một chiều này. Sau đó chuyển sang khung tọa độ abc theo công thức (3-5) sẽ xác định được thành phần sóng hài tương ứng. Như vậy bằng phép quay khung tọa độ với góc quay ứng với mỗi thành phần sóng hài. Ưu điểm của phương pháp này là có thể tác động tới từng thành phần sóng hài bậc cao muốn lọc. Thuật toán của phương pháp được diễn tả trên hình 3.16.



Hình 3. 18 Thuật toán lựa chọn các sóng hài cần bù trong hệ dq

4.Phương pháp lý thuyết pq tức thời:

Thuyết p-q hay thuyết công suất tức thời được đưa ra bởi Akagi vào năm 1983 với mục đích là để điều khiển mạch lọc tích cực.

Các bước để xác định dòng bù cần thiết theo phương pháp này được tiến hành như sau:

1.Trước hết tính toán dòng điện và điện áp trong hệ tọa độ  từ hệ tọa độ abc theo các công thức (3.6) và (3.7):

 (3.6)

 (3.7)

Với hệ thống 3 pha không có dây trung tính thì thành phần io không tồn tại (ia+ib+ic=0) do đó (3.6), (3.7) có thể viết như sau:

 (3.8)

 (3.9)

Từ (3.8) và (3.9) tính được công suất tải theo (3.10):

 (3.10)

Công suất p, q có thể tách thành hai thành phần như (3.11):

* thành phần một chiều ,  tương ứng với thành phần cơ bản của dòng tải,
* thành phần xoay chiều , tương ứng với thành phần điều hòa bậc cao





 (3.11)

Trong đó :

 là tổng công suất tức thời xác định bởi tải

p là thành phần CSTD của 

q là thành phần CSPK của 

Từ đây, một nguyên tắc được đề xuất là: Nguồn (lưới) chỉ cung cấp thành phần một chiều p và một phần nhỏ cho công suất tổn hao của bộ nghịch lưu. Còn lại bộ lọc tích cực có nhiệm vụ cung cấp thành phần xoay chiều  và nếu có tích hợp chức năng bù CSPK thì cấp thêm thành phần q.

Khi đó ta có công suất cung cấp bởi mạch lọc:

 (3.12)

Từ dây ta có dòng cần bù:

 (3.13)

Tuy nhiên do điện áp trên tụ là không ổn định do đó để đảm bảo điện áp trên tụ là không đổi thì nguồn cần cung cấp một công suất p0 để duy trì điện áp trên tụ không đổi. Khi đó từ (3.13) ta có:

 (3.14)

Đây là công thức tính dòng bù cần thiết trong hệ  khi kết hợp cả chức năng lọc sóng hài và bù CSPK.

Từ dòng bù tính được trong hệ tọa độ  ta tính được dòng cần bù trong hệ abc. Từ (3.14) ta thu được:

 (3.15)

Trên cơ sở các phân tích ở trên ta có thuật toán điều khiển theo thuyết p-q:



Hình 3. 19 Thuật toán điều khiển dựa trên thuyết p-q tức thời

Như vậy bằng cách sử dụng thuyết p-q ta đã xác định được dòng bù cần thiết từ đó xây dựng cấu trúc điều khiển cho bộ lọc song song.

Tuy nhiên, phương pháp sử dụng thuyết p-q để tính toán dòng bù cần thiết cho chức năng lọc sóng hài và bù CSPK có hạn chế chưa được nhắc đến về điều kiện áp dụng là điện áp trong tính toán yêu cầu phải sin và cân bằng. Khi điều kiện này không được thỏa mãn thì bản thân thuyết p-q không còn đúng nữa [3]. Giải pháp để khắc phục hiện tượng điện áp lưới không sin hoặc mất cân bằng có hai cách là:

* Thứ nhất là lọc bỏ thành phần sóng hài trong điện áp lưới trước khi đưa vào tính toán. Giải pháp này thường được sử dụng khi sóng hài điện áp có tần số cao và khi lọc thành phần điều hòa không làm thay đổi góc pha của điện áp. Hơn nữa giải pháp này chỉ đáp ứng tốt khi không có thành phần thứ tự nghịch. Đây là hạn chế của giải pháp này.
* Một cách thứ hai người ta thường sử dụng đó là dùng mạch PLL (Phase-locked-loop) để xác định thành phần cơ bản của điện áp tại điểm kết nối.

Ngoài ra khi sử dụng thuyết p-q để thực hiện thuật toán điều khiển thiết bị lọc sóng hài bậc cao còn xuất hiện thành phần dòng điện ảo [3]. Tất nhiên thành phần dòng ảo có thể bị triệt tiêu nếu như lọc với đặc tính giống nhau tức là thành phần này chỉ xuất hiện khi trong quá trình tính toán dòng bù chuẩn ta chỉ bù p hoặc q hoặc chỉ bù q. Khi tính toán dòng bù cho cả $\tilde{p}$ và $\tilde{q}$ thì sẽ triệt tiêu được thành phần dòng ảo này.

3.4.2.2 Điều khiển chỉnh lưu PWM làm chức năng mạch lọc sóng hài và bù công suất phản kháng

* *Nguyên lý điều khiển*

Trong phân tích Fourier, một sóng điều hòa bất kỳ tương đương với một sóng hài cơ bản và còn lại một phổ các sóng hài bậc cao, trong đó các sóng hài lẻ là thành phần hình thành công suất phản kháng, việc lọc sóng hài có ý nghĩa tích cực loại trừ thành phần công suất phản kháng. Vì vậy, trong thuyết pq tức thời của Akagi đề xuất cho lọc tích cực luôn đi kèm chức năng bù công suất phản kháng. Thực chất, ta có thể hiểu lọc tích cực như một thiết bị bù, vấn đề là bù âm hay bù dương theo tùy theo đối tượng mà người thiết kế lựa chọn thuật toán cho hệ điều khiển.

Nhân đây, đề tài thực hiện nghiên cứu đồng thời cả chức năng lọc sóng hài và bù công suất phản kháng cho cùng một cấu hình của lọc tích cực. Mô hình lọc tích cực với cấu trúc mạch lực kiểu PWM được diễn tả như hình 3.18



Hình 3. 20 Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM làm bộ lọc tích cực

Để đảm bảo khối một chiều của nghịch lưu có giá trị điện áp ổn định, thường người ta sử dụng tụ điện có điện dung thích hợp, điện áp trên tụ có được giữ ổn định nhờ thiết lập một kối DC/DC (ổn định điện áp một chiều). Điện áp trên tụ được đo và so sánh với giá trị điện áp chuẩn. Sai lệch của hai tín hiệu này được đưa vào bộ điều khiển, tín hiệu ra của bộ điều khiển được sử dụng để tính toán dòng bù cần thiết để loại bỏ sóng hài bậc cao và bù CSPK. Dòng bù này được coi như là tín hiệu chuẩn và dòng điện phát ra bởi bộ nghịch lưu phải đảm bảo bám theo dòng này.

Ngoài ra, để thực hiện việc này có thể có nhiều cách nhưng phương pháp điều khiển bang-bang (hysteresis current control) là phương pháp điều khiển được sử dụng phổ biến bởi những ưu điểm của nó như đáp ứng dòng điện nhanh, đơn giản và dễ thực hiện.

Đầu vào của bộ điều khiển này được lấy từ sai lệch khi so sánh dòng thực và dòng chuẩn từ đó tạo ra xung đóng cắt bộ nghịch lưu để đảm bảo dòng bù cấp từ bộ nghịch lưu bám theo dòng bù chuẩn được tính từ thuyết p-q tức thời.

# 3.5 Kết luận

Kết thúc chương 3, ta đã tìm hiểu chung về nguyên lý hoạt động của lọc tích cực với chức năng lọc sóng hài và bù CSPK. Đưa ra cấu trúc điều khiển cho chỉnh lưu PWM và sử dụng thuyết p-q để thực hiện chức năng mạch lọc song song. Chương tiếp theo ta sẽ xây dựng cấu trúc mạch lọc dùng chỉnh lưu PWM và ứng dụng trong một hoàn cảnh cụ thể với phi tuyến có dạng bể mạ.

# Chương 4

# THIẾT KẾ BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO TẢI PHI TUYẾN

Dạng tải phi tuyến được nghiên cứu trong đề tài này là hệ thống bể mạ, với nguồn cấp cho bể mạ nhôm với yêu cầu điện áp cấp cho bể mạ là 24(V), với dòng mạ cực đại đến 10.000(A).

# 4.1 Phân tích ảnh hưởng đến lưới điện của tải phi tuyến dạng bể mạ

## 4.1.1 Giới thiệu chung

Ra đời và phát triển từ khá sớm, mạ điện được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như làm đồ trang sức, chống ăn mòn, tăng tính thẩm mỹ trên các dụng cụ…Mạ điện thực chất là quá trình kết tủa kim loại lên bề mặt một lớp phủ có những tính chất cơ, lý, hóa…đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đề ra. Để có một lớp mạ đạt chất lượng tốt thì ngoài các yếu tố như quá trình gia công bề mặt kim loại trước khi mạ, dung dịch chất điện phân… thì nguồn cấp cho bể mạ cũng là một yếu tố quan trọng để nâng cao chất lượng lớp mạ.

Nguồn cấp cho bể mạ phải là nguồn một chiều với yêu cầu điện áp nhỏ và dòng điện lớn. Nguồn một chiều có thể là acquy, máy phát điện một chiều, bộ biến đổi…Ngày nay, do sự phát triển của công nghiệp bán dẫn đã chế tạo được các van bán dẫn chịu được dòng và áp cao do đó nguồn một chiều sử dụng bộ biến đổi ngày càng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp. Bộ biến đổi cho quá trình mạ có điện áp ra thấp 6(V), 12(V), 24(V), 36(V)…Tùy theo yêu cầu kỹ thuật mà chọn điện áp ra phù hợp. Ví dụ mạ Niken thường dùng điện áp ra 6(V) hay 12(V), để mạ Crom thường dùng nguồn 12(V), để đánh bóng điện hóa nhôm thường dùng nguồn 12- 24(V).

Trong phần này ta sẽ khảo sát đối với hệ thống bể cụ thể gồm 5 bể với yêu cầu cho mỗi bể mạ là điện áp cấp cho bể mạ là 24(V), dòng mạ cực đại là 10.000(A). Trong phạm vi luận văn, ta chỉ nghiên cứu trường hợp đơn giản với giả thiết trong quá trình mạ dòng điện được giữ không đổi.



Hình 4. 1 Sơ đồ hệ thống bể mạ

Để thực hiện bù cho hệ thống 5 bể mạ có hai giải pháp có thể áp dụng:

* Giải pháp thứ nhất là bù theo phương pháp điều khiển tập trung



Hình 4. 2 Giải pháp lọc sử dụng bộ bù tổng

Theo phương pháp này các bộ AF được lắp đặt riêng cho mỗi bể mạ nhưng tín hiệu điều khiển xuất phát từ một bộ điều khiển trung tâm qua cáp truyền thông. Bộ điều khiển trung tâm tính toán lượng bù tổng từ đó phân phối tới AF của từng bể mạ tương ứng tùy theo chế độ hoạt động của bể mạ. Khi một bể mạ không làm việc thì bộ điều khiển sẽ ra lệnh cho bộ lọc của bể mạ đó không làm việc. Phương pháp này có ưu điểm là tiết kiệm chi phí tuy nhiên vấn đề điều khiển lượng bù thích hợp tới từng bể mạ rất phức tạp.

* Giải pháp thứ hai là bù tại chỗ riêng, tức là với mỗi bể mạ sẽ có một AF riêng rẽ không liên quan tới bể mạ khác.



Hình 4. 3 Giải pháp bù sát cục bộ phụ tải

Theo phương án này thì đối với bể mạ sẽ sử dụng một AF hoạt động riêng rẽ, không liên quan tới nhau. Phương án này có ưu điểm là có thể mở rộng ra cho nhiều bể mạ, điều khiển đơn giản hơn so với giải pháp bù tổng tuy nhiên chi phí sẽ tăng.

Trong khuôn khổ luận văn nghiên cứu theo giải pháp bù riêng rẽ. Do các bể mạ là giống nhau nên theo giải pháp này ta chỉ cần xét đại diện đối với một bể mạ từ đó có thể mở rộng ra cho các bể mạ còn lại hoặc có thể thêm ứng dụng khi mở rộng số bể mạ thì khi đó chỉ cần đưa thêm mạch lọc khác.

## 4.1.2 Phân tích ảnh hưởng đến lưới của phụ tải bể mạ.

Mô hình hệ thống được diễn tả trên hình 4.4 với các thông số chính:

* Điện áp nguồn 380(V), tần số 50(Hz)
* Điện áp một chiều cấp cho bể mạ 24(V), dòng điện mạ 10.000(A)
* Thông số bộ điều chỉnh dòng điện: Kp=0,011; Ki=110



4.2 Xây dựng cấu trúc mạch lọc cho nguồn bể mạ

Từ phân tích ở trên ta thấy các thành phần sóng hài bậc cao chiếm tỷ lệ khá lớn làm méo điện áp lưới, giảm hệ số công suất. Mặt khác, do đặc tính của bể mạ có thể coi như gồm một điện trở R và một sức điện động E. Thời kỳ đầu quá trình mạ có sự biến thiên E làm cho các thành phần sóng hài bậc cao cũng thay đổi. Do đó giải pháp tốt nhất trong trường hợp này là sử dụng mạch lọc tích cưc (Active Filter).

Bộ điều áp xoay chiều là nguyên nhân phát sinh sóng hài, nên chọn điểm kết AF với hệ thống tại điểm PCC ngay đầu vào của bộ ĐAXC theo nguyên tác bù tại chỗ là giải pháp tốt nhất cho lọc và hạn chế tối đa ảnh hưởng của sóng hài đến các thiết bị trên lưới.

## 4.2.1 Xác định giá trị điện áp một chiều của nghịch lưu

Giá trị cực tiểu của điện áp một chiều được xác định theo biểu thức (4.1), [13]:

 (4.1)

Theo kinh nghiệm thiết kế, thường chọn điện áp một chiều ở giá trị :

  (4.2)

Từ (4-1) và (4.2) ta tính được điện áp một chiều cấp cho mạch nghịch lưu là Udc=700(V).

## 4.2.2 Xác định giá trị tụ điện C

 Công thức tính toán C [9] như sau:

 (4.3)

Trong đó :

 là công suất biểu kiến của bộ lọc

 Udc là giá trị điện áp một chiều cấp cho mạch nghịch lưu

 biến thiên điện áp trên tụ ( lấy khoảng 5% nên =35V)

## 4.2.3 Xác định giá trị điện cảm L

Bộ lọc tích cực được thiết kế để loại bỏ các thành phần sóng hài bậc cao khỏi thành phần cơ bản của dòng điện. Bộ lọc tích cực nên được tính toán sao cho lọc được ít nhất 20 thành phần điều hòa bậc cao [4]). Khi lọc bỏ các thành phần sóng hài bậc cao thì khi đó giá trị tần số cao của các sóng hài sẽ hạn chế kích thước của cuộn cảm.

Cuộn cảm có tác dụng như một kho, khi có dòng điện chạy qua nó sẽ tích trữ một năng lượng từ trường. Khi trị số điện cảm lớn, năng lượng từ trường này càng lớn và nó sẽ làm cho sự thay đổi dòng điện chậm lại và không bám theo được sự thay đổi của dòng bù chuẩn ở tần số cao. Ngược lại, khi trị số điện cảm của cuộn dây quá nhỏ sẽ làm cho sự thay đổi của dòng biến thiên nhanh, kết quả làm cho tần số chuyển mạch của bộ nghịch lưu tăng và gây ra tổn thất trong các van bán dẫn tăng. Do đó giá trị điện cảm của cuộn dây cần được chọn thích hợp sao cho tần số đóng cắt của các van bán dẫn không quá cao để giảm được tổn thất do chuyển mạch giữa các van bán dẫn của bộ nghịch lưu.

## 4.2.4 Xác định và lựa chọn thông số van điều khiển

Do van có tần số đóng cắt cao nên ta chọn van loại IGBT. Việc lựa chọn van là sự kết hợp của nhiều yếu tố như dòng cực đại qua van, điện áp ngược cực đại đặt lên van, tần số đóng ngắt, tổn thất do đóng ngắt, điều kiện làm mát…Việc tính toán lựa chọn van rất phúc tạp đòi hỏi nhiều yếu tố. Trong khuôn khổ luận văn ta chọn sơ bộ van theo dòng điện cực đại qua van.

Dòng điện cực đại qua van bằng tổng các thành phần sóng hài. Do chỉ có các thành phần sóng hài bậc 5, 7, 11, 17, 19 chiếm tỷ lệ chủ yếu do đó ta sẽ tính dòng qua van theo các thành phần điều hòa bậc cao này:

Imax=I5+I7+I11+I13+I17+I19=234,35+140,89+58,16+76,38+43,23+38,44 =591 (A)

Trong điều kiện bỏ qua tổn thất và điều kiện làm mát lý tưởng ta có thể chọn van với dòng qua van là:

I=2Imax=2.591=1182

4.3 Mô phỏng hoạt động của bộ AF lọc với nguồn bể mạ

## Trường hợp điện áp lưới tại điểm kết nối là đối xứng

## 4.3.2 Trường hợp điện áp tại điểm nối giữa mạch lọc và lưới là không đối xứng

* Khảo sát trong trường hợp nguồn không đối xứng:
* Khi đó ta có kết quả mô phỏng:
* Dòng điện nguồn phía trước mạch lọc:
* Phân tích phổ dòng điện nguồn pha A cho ta kết quả: Từ kết quả trên ta nhận thấy dòng điện phía trước mạch lọc không còn có dạng hình sin nữa mà bị méo đi, hệ số méo dạng dòng điện lớn vượt quá tiêu chuẩn cho phép Kết quả này là do thuyết p-q chỉ đúng trong trường hợp điện áp nguồn sin và cân bằng. Trong trường hợp này ta khảo sát với điện áp nguồn không đối xứng do đó kết quả ra không còn đúng nữa bởi bản thân thuyết p-q mà ta sử dụng trong thuật toán điều khiển sai.

Để khắc phục nhược điểm này một mạch PLL (phase-locked loop) được sử dụng. Mục đích của việc áp dụng mạch PLL là để xác định thành phần sơ bản của điện áp tại điểm kết nối giữa mạch lọc và lưới từ đó sẽ được dùng để tính toán dòng bù cần thiết theo thuyết p-q. Cấu trúc của mạch PLL:

Sơ đồ hệ thống bể mạ khi sử dụng mạch lọc trong trường hợp có sử dụng mạch PLL để khắc phục nhược điểm của thuyết p-q:

* Dòng điện nguồn phía trước mạch lọc:
* Trong trường hợp điện áp nguồn không đối xứng
* Phân tích phổ dòng điện nguồn pha A được kết quả như sau:

Có thể thấy rằng chất lượng dòng điện đã được cải thiện đáng kể trong trường hợp điện áp nguồn không đối xứng, dòng không còn bị méo nữa mà có dạng hình sin, hệ số méo dạng dòng điện đã giảm so với trước khi sử dụng mạch PLL. Trước khi sử dụng mạch PLL thì hệ số méo dòng THD=13,95%, sau khi sử dụng mạch PLL trong trường hợp điện áp nguồn không đối xứng thì hệ số THD=6,42%.

Như vậy hạn chế của thuyết p-q có thể khắc phục bằng cách sử dụng một mạch PLL. Tuy nhiên theo phương pháp này chỉ lấy thành phần điện áp nguồn cơ bản để tính toán theo thuyết p-q mà bỏ qua các thành phần điều hòa bậc cao của điện áp nguồn do đó chất lượng mạch lọc kém hơn so với trường hợp điện áp nguồn lý tưởng.

Việc sử dụng phương pháp điều khiển bang-bang có ưu điểm là dễ dàng thực hiện, đáp ứng quá độ nhanh tuy nhiên có nhược điểm là sai số trong quá trình quá độ có thể đạt giá trị lớn và tần số đóng ngắt thay đổi nhiều.

Tần số chuyển mạch phụ thuộc vào giá trị điện cảm L và độ rộng băng trễ do đó để thay đổi tần số chuyển mạch có thể tác động vào hai thông số này tuy nhiên khi độ rộng băng trễ quá nhỏ dòng điện sin hơn, các thành phần sóng điều hòa bậc cao còn rất nhỏ nhưng khi đó tần số chuyển mạch lớn .

Giá trị điện cảm L cũng không được quá lớn vì khi đó sẽ làm tăng dòng peak còn nếu quá nhỏ thì chất lượng lọc sẽ tốt hơn, làm giảm được dòng peak nhưng khi đó làm tăng tần số chuyển mạch. Do đó điện cảm L cần phải được tính toán để đảm bảo hài hòa cả hai yếu tố trên.

Tần số chuyển mạch của các van bán dẫn có thể tính toán qua công thức sau (Theo [TL-6]):



Với h là giới hạn sai lệch

Với trường hợp ta chọn sai lệch là 100(A) thì tần số chuyển mạch là:



Với trường hợp chọn sai lệch là 50(A) thì tần số chuyển mạch là:



Như khi sai lệch là 50(A) tương ứng với sai số khoảng 5% thì tần số đóng cắt của các van là rất lớn. Nên dùng độ rộng băng trễ với sai số của khâu điều chỉnh dòng là 8÷10% (Theo [TL-6]) so với giá trị dòng chuẩn.

## 4.3.3 Nhận xét

*1. Hiệu quả của mạch lọc.*

 Qua khảo sát ở trên ta thấy mạch lọc làm việc khá tốt, chất lượng dòng điện được cải thiện đáng kể. Đặc biệt mạch lọc tác động khá tốt trong trường hợp các thành phần sóng điều hòa bậc cao thay đổi.

*2. Tính khả thi.*

* Do tần số chuyển mạch của các van bán dẫn cao do đó sử dụng IGBT có thể đáp ứng được do IGBT có tần số đóng cắt cao có thể đạt đến gần 100(kHz) và có khả năng đóng cắt dòng điện lớn tới 2000(A) và điện áp tới 2000(V).
* Ta chọn tụ loại 2000() /450(V) khi đó để thỏa mãn tụ điện theo tính toán ở trên với C=3000(), điện áp trên tụ là 700(V) ta có thể ghép tụ như sau:

Trên một nhánh gồm 2 tụ ghép nối tiếp với nhau do đó điện dung một nhánh là 2000/2=1000(). Do đó điện dung tổng gồm 3 nhánh ghép song song với nhau là 1000.3=3000().

* Do thuật toán điều khiển đòi hỏi khả năng tính toán lớn do đó việc lựa chọn thiết bị điều khiển đòi hỏi phải có khả năng tính toán mạnh để đảm bảo tính thời gian thực nên có thể sử dụng DSP để đảm bảo khả năng tính toán.

*3. Những vấn đề tồn tại và hướng giải quyết.*

Sử dụng thuật toán điều khiển mạch lọc tích cực dùng thuyết p-q tức thời đòi hỏi điện áp nguồn phải sin và cân bằng. Khi điều kiện này không thỏa mãn thì khi đó thuyết p-q sẽ không đúng nữa và mạch điều khiển dùng thuyết p-q sẽ cho kết quả không đúng. Giải quyết vấn đề này bằng cách sử dụng thêm mạch PLL và vấn đề này đã được giải quyết trong luận văn.

Một hướng giải quyết khác để không bị ảnh hưởng bởi điện áp nguồn là sử dụng phép quay khung tọa độ, chuyển sang khung tọa độ dq. Bằng cách này có thể tách được từng thành phần sóng điều hòa bậc cao. Phương pháp này có ưu điểm là có thể chọn lọc từng thành phần sóng điều hòa bậc cao cần bù. Tuy nhiên khối lượng tính toán sẽ rất lớn so với phương pháp sử dụng thuyết p-q.

# 4.4. Kết luận

Mạch lọc tích cực thực hiện chức năng lọc sóng điều hòa bậc cao và bù CSPK ứng dụng cho nguồn mạ nhôm 10.000(A) cho được kết quả tốt, các thành phần sóng điều hòa bậc cao được giảm bớt, chất lượng dòng điện phía nguồn được cải thiện, hệ số công suất được nâng cao.