

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

PHẠM THỊ THÚY HÀ

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BỘ LỌC TÍCH CỰC ĐỂ
LỌC SÓNG HÀI TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 852.02.01

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS.TS LẠI KHẮC LÃI

Thái Nguyên - 2022

Công trình được hoàn thành tại:

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên

Tên đề tài: Nghiên cứu ứng dụng bộ lọc tích cực để lọc sóng hài trong lưới điện phân phối

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Mã số: 852.02.01

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Lại Khắc Lãi

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ:

Họp tại: Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp – Đại học Thái Nguyên

Vào hồi 14 giờ 00 ngày 16 tháng 4 năm 2022.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

Thư viện Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

Trung tâm Học liệu - Đại học Thái Nguyên

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Với sự phát triển không ngừng khoa học và công nghệ, ngày càng có nhiều thiết bị điện tử công suất tham gia vào lưới điện như các bộ biến đổi trong hệ thống điện mặt trời, điện gió, các bộ biến đổi trong các máy công cụ, bẻ mạ, ... Do bản chất phi tuyến của bộ biến đổi làm xuất hiện nhiều thành phần sóng điều hòa bậc cao, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến các chỉ tiêu chất lượng của lưới điện như tăng tổn hao, làm giảm hệ số công suất, giảm tuổi thọ của các thiết bị dùng điện, tăng chi phí sản xuất... Vì vậy việc nghiên cứu các giải pháp khử sóng hài, giảm thiểu ảnh hưởng của các bộ biến đổi điện tử công suất góp phần nâng cao chất lượng điện năng là vấn đề cấp bách đặt ra cho các nhà chuyên môn khi vận hành lưới điện.

Hiện nay có rất nhiều giải pháp khác nhau để bù công suất phản kháng, nâng cao hệ số công suất lưới điện. Những cơ sở trên đây là lý do chọn đề tài Thạc sĩ ngành Kỹ thuật điện, đề tài này có tên gọi là “Nghiên cứu ứng dụng bộ lọc tích cực để lọc sóng hài trong lưới điện phân phối”. Đề tài tập trung nghiên cứu ứng dụng điện tử công suất để giảm thiểu ảnh hưởng của sóng hài đến chất lượng điện năng của lưới phân phối.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu đề xuất giải pháp nâng cao hệ số công suất thiết bị dùng điện dựa trên biến đổi điện tử công suất.

3. Đối tượng nghiên cứu:

+ Lưới điện phân phối

+ Bộ lọc tích cực

4. Phạm vi nghiên cứu:

+ Lọc sóng hài trong lưới điện phân phối

5. Phương pháp nghiên cứu

+ Nghiên cứu lý thuyết: Phân tích đánh giá và hệ thống hóa các công trình nghiên cứu được công bố thuộc lĩnh vực liên quan: bài báo, tạp chí, sách chuyên ngành, ... từ đó đề xuất giải pháp cho bài toán cụ thể của đề tài.

+ Mô hình hóa và mô phỏng: để kiểm chứng kết quả nghiên cứu lý thuyết

6. Cấu trúc của luận văn:

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu

Chương 2: Các giải pháp hạn chế sóng hài trong lưới điện

Chương 3: Ứng dụng bộ lọc tích cực để lọc sóng hài trong lưới điện phân phối

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG

Chất lượng điện năng là tất cả các thông số của điện áp, dòng điện mà có thể gây ảnh hưởng đến hoạt động bình thường của lưới điện và các thiết bị sử dụng điện. Chất lượng điện năng bao gồm tần số, giá trị điện áp, dạng sóng, và độ cân pha (đối với hệ thống 3 pha).

Các thiết bị sử dụng điện hoạt động tốt nhất nếu chất lượng điện đảm bảo.

1.2. SÓNG HÀI VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA NÓ TRONG LƯỚI ĐIỆN

1.2.1. Khái niệm về sóng hài

Sóng điều hòa hay sóng hài có thể coi là tổng của các dạng sóng sin mà tần số của nó là bội số nguyên của tần số cơ bản.

Để đánh giá độ lớn của sóng hài người ta sử dụng thông số THD (Total Harmonic Distortion - gọi là hệ số méo dạng).

1.2.2. Ảnh hưởng của sóng điều hòa bậc cao

Sự tồn tại sóng điều hòa 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 trong các thiết bị giảm 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.

1.3. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY RA SÓNG HÀI TRONG LƯỚI ĐIỆN

Nguyên nhân cơ bản nhất gây ra sóng điều hòa bậc cao trong lưới điện là do tính phi tuyến của các thiết bị điện được nối với lưới điện, như máy biến áp, máy phát điện, động cơ điện, các bộ biến đổi điện tử công suất trong hệ thống năng lượng tái tạo, các tải phi tuyến, ...

KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Chương 1 trình bày tổng quan về các chỉ tiêu chất lượng điện năng; Sóng hài và ảnh hưởng của chúng đến chất lượng điện năng và tác hại của chúng đối với các thiết bị dùng điện, đồng thời phân tích các nguyên nhân gây ra sóng hài trong lưới điện. Những vấn đề nêu ở chương 1 là cơ sở cho việc nghiên cứu, đề xuất các giải pháp hạn chế sóng hài trong các chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2. CÁC GIẢI PHÁP HẠN CHẾ SÓNG HÀI TRONG LƯỚI ĐIỆN

2.1. NGUYÊN TẮC CHUNG

Về nguyên tắc để khử hoặc làm suy giảm sóng hài trong lưới điện ta có thể dùng các giải pháp sau:

- Nâng cao chất lượng các bộ biến đổi điện tử công suất nối với lưới điện.
- Sử dụng cuộn kháng chặn thành phần sóng hài đi vào tải.
- Sử dụng bộ lọc để lọc thành phần sóng hài

2.2. CUỘN KHÁNG CHẶN VÀ CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG CÁC BỘ BIẾN ĐỔI ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

2.2.1. Sử dụng cuộn kháng chặn

2.2.2. Cải thiện chất lượng các bộ biến đổi điện tử công suất

2.3. CÁC BỘ LỌC THỤ ĐỘNG

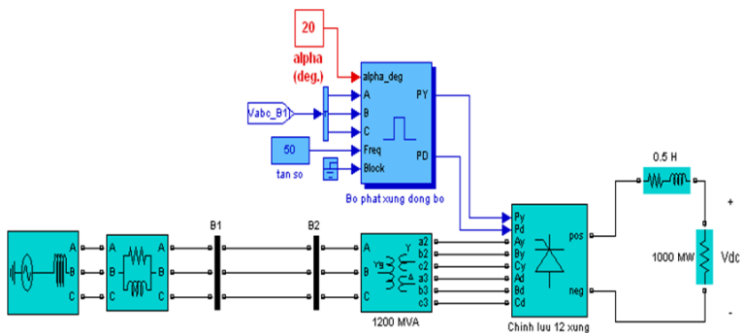
2.3.1. Bộ lọc RC

2.3.2. Bộ lọc LC

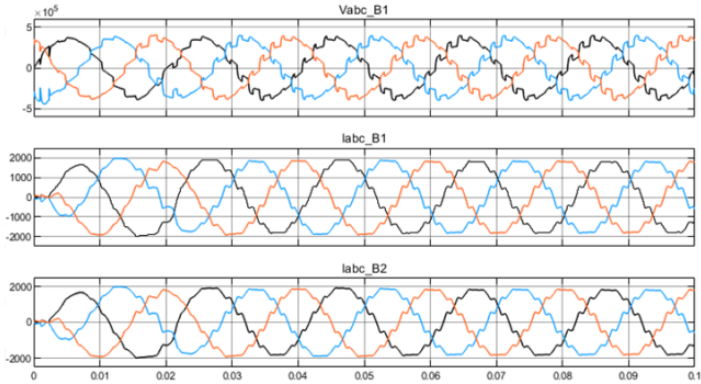
2.3.3. Khảo sát hiệu năng của lọc thụ động đối với lưới điện có tải phi tuyến

Xét nguồn điện cung cấp cho tải phi tuyến là một bộ chỉnh lưu có điều khiển sử dụng Thyristor. Ta sẽ mô phỏng hệ thống trên Matlab -Simulink - Simcape trong 2 trường hợp không có bộ lọc và có bộ lọc thụ động [2, 10, 13].

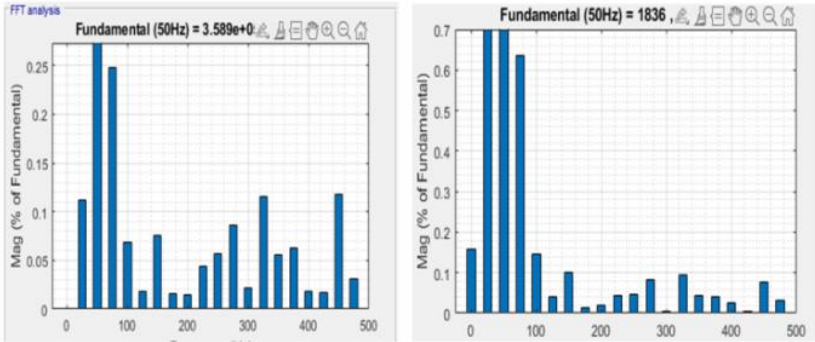
a) Khi không sử dụng lọc: Sơ đồ mô phỏng như hình 2.3. Sau khi chạy mô phỏng ta thu được các kết quả như hình 2.4 và Hình 2.5.



Hình 2.3. Mạch chỉnh lưu 12 xung không có bộ lọc Kết quả phân tích



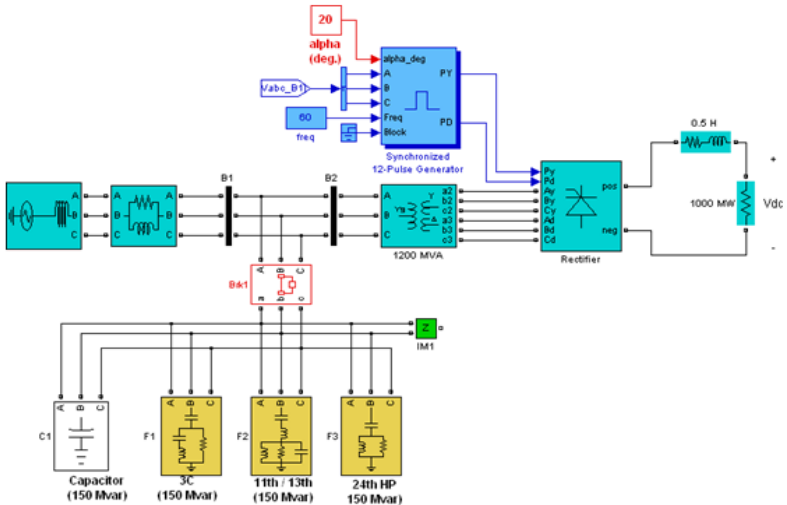
Hình 2.4. Dạng sóng điện áp và dòng điện trên đường dây



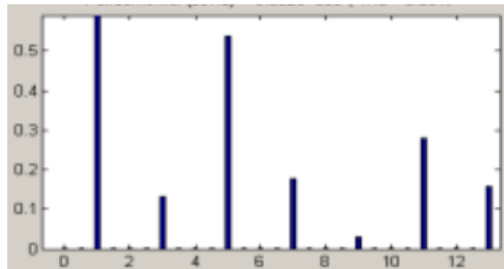
Hình 2.5. Phổ Fourier điện áp và dòng điện trên đường dây

b) Khi có sử dụng lọc:

Sơ đồ mô phỏng hệ thống khi có bộ lọc thụ động như hình 2.6. Sau khi chạy mô phỏng ta thu được đồ thị phổ Fourier của điện áp trên đường dây như hình 2.7.



Hình 2.6. Bộ lọc thụ động



Hình 2.7. Phổ điện áp khi sử dụng bộ lọc thụ động

*** Nhận xét:**

Ta thấy rằng khi không có bộ lọc thụ động dạng sóng dòng và áp trên đường dây có dạng khác sin, hệ số THD xấp xỉ 16%. Khi có lắp thêm lọc thụ động, dạng đường cong dòng điện và điện áp đã giảm đáng kể, hệ số THD chỉ còn khoảng 9%.

2.4. LỌC TÍCH CỰC

2.4.1. Định nghĩa

2.4.2. Phân loại mạch lọc tích cực

2.4.3. Tính năng của lọc tích cực

2.5. BỘ LỌC HỖN HỢP

Bộ lọc hỗn hợp là sự kết hợp của bộ lọc chủ động và bộ lọc thụ động. Mục đích là giảm chi phí đầu tư ban đầu và cải thiện hiệu quả của bộ lọc động.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Chương 2 trình bày nguyên tắc lọc sóng hài trong lưới điện; cấu trúc của các bộ lọc thụ động, lọc tích cực, sơ đồ và các tính năng cũng như ưu, nhược điểm của từng loại lọc sóng hài.

Bộ lọc LC cho phép giảm THD tới 10%, có thể tới 5% khi phối hợp với điện kháng chặn. Song, đối với các phụ tải động có đặc tính phi tuyến tức thời luôn biến động như máy hàn, lò hồ quang... các sóng hài luôn thay đổi, do đó bộ thụ động không đáp ứng được yêu cầu khử hết sóng hài. Để khắc phục ta cần bộ lọc tích cực được điều khiển theo tín hiệu dạng sóng nguồn, dạng sóng tải và được phản ánh qua phản hồi dòng điện.

Bộ lọc tích cực cho chất lượng lọc tốt, có khả năng khử hết sóng hài trong mọi chế độ vận hành của hệ thống.

Bộ lọc hỗn hợp cũng có khả năng khử sóng hài tốt, ngoài ra nó còn giảm kinh phí đầu tư.

CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG BỘ LỌC TÍCH CỰC ĐỂ LỌC SÓNG HÀI TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

3.1. LƯỚI PHÂN PHỐI VỚI BỘ LỌC TÍCH CỰC

3.1.1. Sơ đồ khối của lọc tích cực trong lưới phân phối

3.1.2. Sơ đồ mạch lọc của lọc tích cực

3.2. ĐIỀU KHIỂN BỘ LỌC TÍCH CỰC

3.2.1. Nguyên tắc điều khiển

3.2.2. Phương pháp điều khiển trong miền tần số

3.2.3. Phương pháp điều khiển trong miền thời gian

3.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH DÒNG ĐIỆN BÙ

3.3.1. Xác định dòng điện bù dựa trên hệ qui chiếu dq

3.3.2. Xác định dòng bù dựa trên lý thuyết công suất tức thời p, q

3.4. XUNG ĐIỀU KHIỂN BỘ NGHỊCH LƯU TRONG AF

3.4.1. Điều chế độ rộng xung dựa trên sóng mang (CB-PWM)

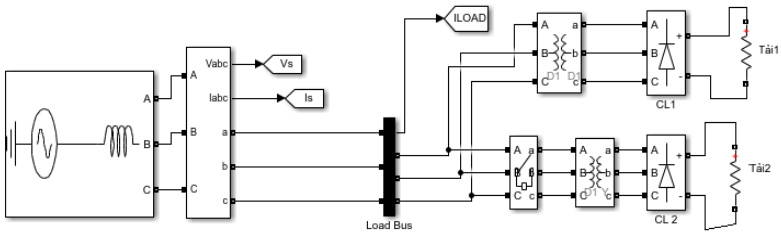
3.4.2. Điều chế véc tơ không gian (SVM)

3.4.3. Điều chế độ rộng xung dựa trên băng trễ

3.5. MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG CỦA AF TRONG LƯỚI ĐIỆN HẠ ÁP

3.5.1. Lưới điện với tải phi tuyến khi không có lọc

Xét một nhánh của lưới điện hạ áp có sơ đồ mô phỏng khi chưa sử dụng bộ lọc như trên hình 3.20.

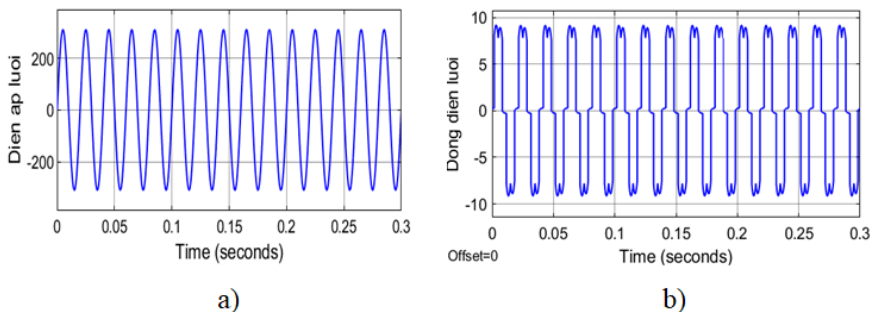


Hình 3.20. Sơ đồ mô phỏng lưới điện khi không có lọc

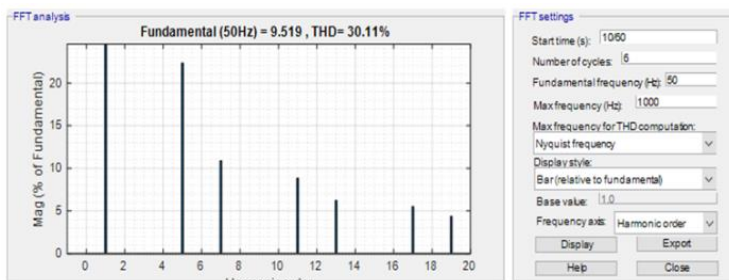
Trong sơ đồ lưới điện 3 pha cung cấp cho tải phi tuyến là các bộ chỉnh lưu cầu 3 pha không điều khiển với tải thuần trở. Do tính phi tuyến của tải nên dòng điện chạy trên đường dây bao gồm nhiều thành phần điều hòa. Các thông số của đường dây như sau:

- Nguồn điện 3 pha có điện áp pha 220V, tần số 50Hz, điện trở nguồn bằng $0,09\Omega$, điện cảm pha $L = 16.10^{-3}H$
- Tải 1 là bộ chỉnh lưu cầu 3 pha không điều khiển, công suất 10kW
- Tải 2 là bộ chỉnh lưu cầu 3 pha không điều khiển, công suất 20kW.

Kết quả mô phỏng thu được sóng điện áp trên đường dây như hình 3.21a, dòng điện chạy trên đường dây đến tải như hình 3.21b, phân tích phổ thu được $THD = 30,11\%$ (hình 3.22).



Hình 3.21. Dạng sóng điện áp pha và dòng điện trên đường dây

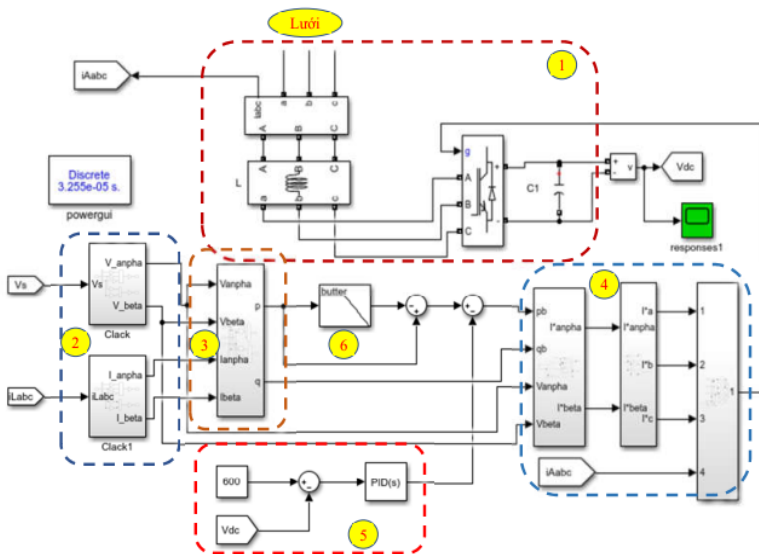


Hình 3.22. Kết quả phân tích phổ sóng

Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng, do tác động của tải phi tuyến dòng điện chạy trên đường dây bị méo dạng đáng kể, mặc dù điện áp nguồn phát là hình sin. Hệ số TDH lên tới 30,11% → không đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Do đó, cần phải dùng lọc sóng hài để giảm THD xuống dưới 6,5% theo qui định.

3.5.2. Cấu trúc và thông số bộ lọc tích cực

Sơ đồ khối mô phỏng lọc tích cực như hình 3.23, bao gồm các khối chính sau:



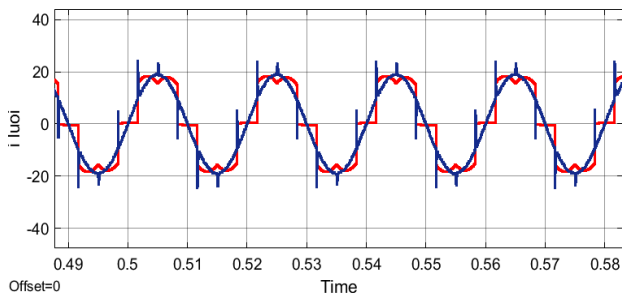
Hình 3.23. Sơ đồ mô phỏng lọc tích cực

- Khối mạch nghịch lưu nguồn áp ① bao gồm 6 tranzitor trường IGBT mắc theo sơ đồ cầu, nguồn cung cấp cho nghịch lưu là điện áp trên tụ điện C_1 có dung lượng bằng $10^{-3}F$.
- Khối ② chuyển đổi điện áp và dòng điện từ khung tham chiếu abc sang khung tham chiếu $\alpha\beta$
- Khối ③ có chức năng chuyển đổi tín hiệu từ khung tham chiếu $\alpha\beta$ sang khung tham chiếu dq
- Khối ④ Sử dụng phương pháp điều khiển băng trễ và lý thuyết công suất tức thời để tạo tín hiệu điều khiển nghịch lưu.
- Khối ⑤ có chức năng duy trì ổn định điện áp trên tụ điện (Trong luận văn mong muốn điện áp trên tụ điện duy trì ổn định tại giá trị 600V)

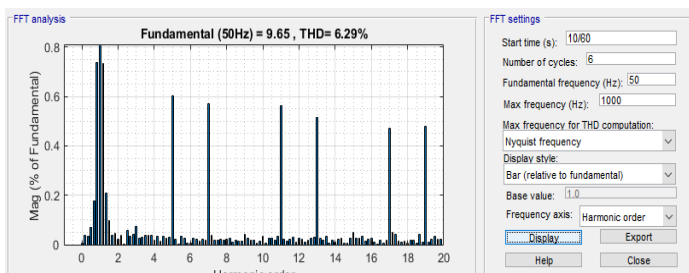
- Khôi ⑥ là bộ lọc thông cao ngăn thành phần cơ bản

3.5.3. Kết quả mô phỏng

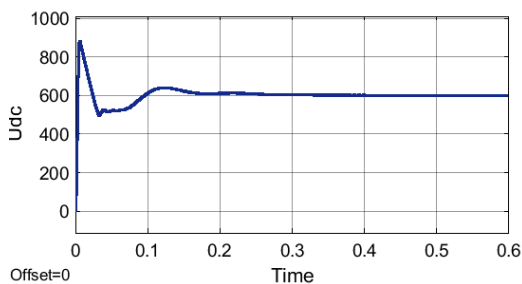
Các kết quả mô phỏng được biểu diễn trên các hình sau từ hình 3.24 đến hình 3.26.



Hình 3.24. Dạng sóng điện lưới và dòng điện tải



Hình 3.25. Phân tích phổ dòng điện lưới khi có AF



Hình 3.26. Đáp ứng điện áp một chiều trên tụ điện

*** Nhận xét**

Kết quả mô phỏng cho thấy, dưới tác động của bộ lọc tích cực, sóng hài dòng điện trên lưới đã giảm đi rõ rệt. THD đã giảm từ $THD = 31,11\%$ đến $THD = 6,29\%$, nhờ đó nâng cao chất lượng điện năng của lưới điện. Đồng thời, nhờ có bộ điều khiển điện áp một chiều mà điện áp đặt trên tụ điện được duy trì không đổi ($600V$) trong suốt quá trình làm việc.

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 trình bày cấu trúc bộ lọc tích cực sử dụng transistor trường IGBT; Đề xuất các phương pháp điều khiển bộ lọc tích cực theo vòng hở, vòng kín trong miền thời gian và miền tần số; Các phương pháp xác định dòng điện bù; Các nguyên tắc tạo xung điều khiển (PWM) cho bộ nghịch lưu; Xây dựng bộ lọc tích cực cho hệ thống điện, trong đó dòng điện bù được xác định dựa trên lý thuyết công suất tức thời; Tạo PWM cho nghịch lưu dựa trên bảng trễ. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu năng của bộ lọc tích cực trong việc nâng cao chất lượng điện năng của hệ thống điện.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Luận văn đã tập trung nghiên cứu giải quyết một số nội dung chính sau:

□ Phân tích các thông số của chất lượng điện năng, các chỉ tiêu chất lượng điện năng; Nghiên cứu nguyên nhân phát sinh sóng hài và ảnh hưởng của chúng đến chất lượng điện năng trong lưới điện;

□ Nghiên cứu các phương pháp lọc sóng hài phát sinh trong lưới điện; Sơ đồ và nguyên lý hoạt động các loại lọc thụ động, lọc tích cực, phân tích ưu, nhược điểm của từng loại lọc điện;

□ Xây dựng cấu trúc bộ lọc tích cực dựa trên nghịch lưu cầu 3 pha sử dụng IGBT cho lưới điện phân phối; đề xuất các phương pháp điều khiển bộ lọc tích cực theo lý thuyết công suất tức thời p, q ; Mô hình hóa, mô phỏng một bộ lọc tích cực cho hệ thống điện với các thông số cụ thể.

2. Kiến nghị

Do kiến thức và kinh nghiệm thực tiễn có hạn, thời gian nghiên cứu chưa nhiều nên luận văn không tránh khỏi còn nhiều sai sót cả về hình thức và nội dung. Đặc biệt, luận văn chỉ nghiên cứu tính năng lọc sóng hài của bộ lọc tích cực. Tác giả xin chân thành cảm ơn sự đóng góp ý kiến của các thầy, cô và bạn bè đồng nghiệp. Trong tương lai cần tiếp tục nghiên cứu khai thác đầy đủ các tính năng của bộ lọc tích cực như cải thiện hệ số công suất, giảm tổn thất điện năng, đồng thời xây dựng mô hình thử nghiệm bộ lọc tích cực trong thực tế.