

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**LÊ KIM DUNG**

**Thiết kế lọc tích cực để khắc phục ảnh hưởng của sóng hài do các phụ tải công nghiệp gây ra trong lưới điện**

2014

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan những vấn đề được trình bày trong bản luận văn này là những nghiên cứu của riêng cá nhân tôi, có tham khảo một số tài liệu và bài báo của các tác giả trong và ngoài nước đã được xuất bản.

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm nếu có sử dụng lại kết quả của người khác.

**Tác giả**

*Lê Kim Dung*

---

## LỜI CẢM ƠN

Đề tài luận văn thạc sĩ được hoàn thành tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên. Có được bản luận văn tốt nghiệp này, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, Khoa Điện, Khoa đào tạo sau đại học, đặc biệt là thầy giáo TS. Ngô Đức Minh, đã trực tiếp hướng dẫn, dìu dắt, giúp đỡ tôi với những chỉ dẫn khoa học quý giá trong suốt quá trình triển khai, nghiên cứu và hoàn thành đề tài:

*“Thiết kế bộ lọc tích cực để khắc phục ảnh hưởng của sóng hài do các phụ tải công nghiệp gây ra trong lưới điện”.*

Xin chân thành cảm ơn các Thầy Cô giáo - Các nhà khoa học đã trực tiếp giảng dạy truyền đạt những kiến thức khoa học chuyên ngành cho bản thân tôi trong những năm tháng qua.

Tuy nhiên, do có sự hạn chế về thời gian và kiến thức nên Luận văn không tránh khỏi những thiếu sót. Tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các Thầy Cô giáo - Các nhà khoa học để tôi tiến bộ hơn.

Một lần nữa tôi xin chân thành cảm ơn các thầy (cô) giáo đã hết lòng quan tâm, giúp đỡ, tạo điều kiện để tôi hoàn thành Luận văn.

***Trân trọng cảm ơn./.***

***Thái Nguyên, ngày 20 tháng 5 năm 2014***  
**Học viên**

***Lê Kim Dung***

---

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Giới hạn nhiễu điện áp (Voltage Distortion Limit) .....	15
Bảng 1.2. Giới hạn nhiễu dòng điện cho hệ thống phân phối chung(Current Distortion Limits for General Distribution System) (120V tới 69KV) .....	16
Bảng 1.3. IEC 1000-3-4 (quy phạm, có tính chất bắt buộc) .....	16
Bảng 4.1. Tỷ lệ các thành phần dòng điều hòa trong dòng điện nguồn.....	61
Bảng 4.2 đưa ra kết quả tính giá trị ứng với các thành phần điều hòa xoay chiều bậc cao: .....	66
Bảng 4.2. Biên thiên dòng điện với các thành phần sóng hài .....	66
Bảng 4.3. Giá trị các thành phần sóng hài trong dòng điện nguồn .....	75

---

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

AF	: Active – filter
THĐ	: Total – Harmonic Distortion
CSPK	: Công suất phản kháng
CSTD	: Công suất tác dụng
PWM	: Pulse width modulation
VSC	: Nghịch lưu nguồn áp
FFT	: Fast Fourier Trans Form
DFT	:Discrete Fourier Transform

---

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	iii
MỤC LỤC .....	v
LỜI NÓI ĐẦU .....	1
<b>Chương 1: TỔNG QUAN VỀ SÓNG ĐIỀU HÒA VÀ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG.....</b>	<b>3</b>
1.1. Tổng quan về sóng hài .....	3
1.1.1. Giới thiệu chung.....	3
1.1.2. Các nguồn phát sinh sóng hài trong mạng điện .....	7
1.2. Tổng quan về công suất phản kháng .....	16
1.2.1. Giới thiệu chung.....	16
1.3. Kết luận chương 1 .....	18
<b>Chương 2: CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC SÓNG HÀI .....</b>	<b>19</b>
2.1. Khái niệm lọc sóng hài.....	19
2.2. Các phương pháp lọc sóng hài .....	19
2.2.1. Bộ lọc thụ động .....	19
2.2.2. Bộ lọc chủ động .....	21
2.3. Kết luận. ....	26
<b>Chương 3: LỌC TÍCH CỰC VÀ BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG TRONG MẠNG ĐIỆN XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP .....</b>	<b>27</b>
3.1. Mô hình hệ thống .....	27
3.2. Tải phi tuyến .....	28
3.3. Lọc tích cực AF.....	31
3.4. Các phương pháp điều khiển lọc AF.....	35
3.4.1. Cấu trúc hệ điều khiển.....	35
3.4.2. Các phương pháp điều khiển bộ lọc tích cực .....	36
3.5. Kết luận .....	48

---

<b>Chương 4: THIẾT KẾ BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO TẢI PHI TUYẾN CÓ DẠNG BỂ MẠ ĐIỆN PHÂN.....</b>	<b>49</b>
4.1. Phân tích ảnh hưởng đến lưới điện của tải dạng bể mạ .....	49
4.1.1. Giới thiệu chung.....	49
4.1.2. Phân tích ảnh hưởng đến lưới của phụ tải bể mạ .....	52
4.1.3. Kết quả mô phỏng .....	58
4.2. Xây dựng cấu trúc mạch lọc cho nguồn bể mạ .....	63
4.2.1. Xác định giá trị điện áp một chiều của nghịch lưu .....	64
4.2.2. Xác định giá trị tụ điện C .....	64
4.2.3. Xác định giá trị điện cảm L.....	65
4.2.4. Xác định và lựa chọn thông số van điều khiển .....	67
4.2.5. Khâu tạo xung cho bộ nghịch lưu .....	68
4.3. Khảo sát hoạt động của mạch lọc với nguồn bể mạ.....	71
4.4. Kết luận. ....	79
<b>KẾT LUẬN .....</b>	<b>80</b>

---

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Dạng sóng sin chuẩn và sin bị méo dạng .....	3
Hình 1.2. Sóng cơ bản và các sóng hài h1, h2, h3.....	4
Hình 1.3. Phân tích Fn thành an và bn .....	6
Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu cầu một pha .....	9
Hình 1.6. Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển .....	9
Hình 1.8. Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển.....	10
Hình 1.9. Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển.....	10
Hình 1.10. Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển.....	10
Hình 1.11. Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển .....	11
Hình 1.12. Dòng điện phía lưới và phân tích phổ khi $\alpha = 300$ .....	11
Hình 1.13. Dòng điện phía lưới và phân tích phổ khi $\alpha = 500$ .....	12
Hình 1.14. Dòng điện phía lưới và phân tích phổ khi $\alpha = 700$ .....	13
Hình 1.15. Dòng điện phía lưới và phân tích phổ khi $\alpha = 900$ .....	13
Hình 1.16. Quan hệ giữa các thành phần công suất trên đồ thị vector.....	16
Hình 2.1. Bộ lọc RC .....	20
Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý AF kết nối lưới kiểu song song.....	22
Hình 2.3 Mô tả nguyên lý hoạt động của AF song song.....	23
Hình 2.4 Sơ đồ nguyên lý AFs kết nối lưới kiểu nối tiếp .....	24
Hình 2.5 Nguyên lý hoạt động của AFs.....	24
Hình 2.6 Bộ lọc kiểu lai .....	25
Hình 2.7 Bộ lọc UPQC .....	25
Hình 3.1. Sơ đồ thay thế mạng điện xí nghiệp có tải phi tuyến.....	27
Hình 3.3 Cấu trúc mô phỏng tải chỉnh lưu cầu 3 pha.....	28
Hình 3.4 Trị hiệu dụng điện áp lưới trước chỉnh lưu khi $\alpha = 15^\circ$ .....	29
Hình 3.5 Trị hiệu dụng dòng điện lưới trước chỉnh lưu khi $\alpha = 15^\circ$ .....	29
Hình 3.5 Phân tích sóng hài dòng điện lưới trước chỉnh lưu khi $\alpha = 15^\circ$ .....	30
Hình 3.7 Trị hiệu dụng dòng điện lưới trước chỉnh lưu khi $\alpha = 50^\circ$ .....	30
Hình 3.7 Phân tích sóng hài dòng điện lưới trước chỉnh lưu khi $\alpha = 50^\circ$ .....	31
Hình 3.8 Cấu trúc các khối chính của lọc tích cực .....	32
Hình 3.9. Sơ đồ mạch lọc chỉnh lưu PWM.....	33
Hình 3.10. Sơ đồ thay thế một pha chỉnh lưu PWM.....	33

---



Hình 3.11. Giảm đồ vectơ chỉnh lưu PWM.....	34
Hình 3.11. Giảm đồ vectơ chỉnh lưu PWM.....	34
Hình 3.12. Cấu trúc điều khiển vòng hở chỉnh lưu PWM với chức năng mạch lọc tích cực.....	35
Hình 3.13. Cấu trúc điều khiển vòng kín chỉnh lưu PWM với chức năng mạch lọc tích cực.....	36
Hình 3.14. Phương pháp FFT.....	38
Hình 3.15. Thuật toán xác định dòng bù trong khung tọa độ dq.....	39
Hình 3.16. Thuật toán lựa chọn các sóng hài cần bù trong hệ dq.....	40
Hình 3.17. Thuật toán điều khiển dựa trên thuyết p-q tức thời.....	43
Hình 3.18. Cấu trúc điều khiển chỉnh lưu PWM làm bộ lọc tích cực.....	44
Hình 3.19. Sơ đồ mô tả phương pháp điều khiển kiểu bang-bang.....	45
Hình 3.20. Điều khiển phát xung cho pha A bộ lọc tích cực.....	46
Hình 3.21. Sơ đồ mô tả điều khiển dòng điện pha A.....	47
Hình 4.1. Sơ đồ hệ thống bể mạ.....	50
Hình 4.2. Giải pháp lọc sử dụng bộ bù tổng.....	50
Hình 4.3. Giải pháp bù sát cục bộ phụ tải.....	51
Hình 4.4. Hệ thống cấp nguồn cho bể mạ.....	52
Hình 4.5. Mô hình hệ thống điều khiển bể mạ.....	53
Hình 4.6. Nguồn xoay chiều 3 pha.....	53
Hình 4.7. Mô hình mạch lực của tải phi tuyến.....	54
Hình 4.8. Mô hình khâu điều áp xoay chiều 3 pha.....	54
Hình 4.9. Mô hình tải bể mạ.....	55
Hình 4.10. Đặc tính biến thiên của sức điện động bể mạ.....	55
Hình 4.11. Sơ đồ khâu điều khiển dòng điện tải.....	56
Hình 4.12. Khối tính toán công suất.....	57
Hình 4.13. Mô hình khâu đo dòng điện xoay chiều 3 pha.....	57
Khâu đo áp:.....	57
Hình 4.14. Mô hình khâu đo điện áp xoay chiều 3 pha.....	57
Hình 4.15. Mô hình khối hiển thị tham số.....	58
Hình 4.16. Đồ thị điện áp nguồn cấp cho tải.....	58
Hình 4.17. Dòng điện phía nguồn cấp cho tải.....	59
Hình 4.18. Dòng điện nguồn pha A.....	59
Hình 4.19. Phân tích sóng hài dòng điện nguồn pha A tại $E=8$ (V).....	60

---

Hình 4.20. Phân tích sóng hài dòng điện nguồn pha A tại E=16 (V) .....	60
Hình 4.21. Phân tích sóng hài dòng điện nguồn pha A tại E=22 (V) .....	60
Hình 4.22. Thành phần điều hòa bậc 5 của dòng điện nguồn pha A .....	62
Hình 4.23. Thành phần điều hòa bậc 7 của dòng điện nguồn pha A .....	62
Hình 4.24. Hệ số công suất khi chưa có mạch lọc .....	63
Hình 4.25. Dòng điện và điện áp nguồn pha A .....	63
Hình 4.26. Sơ đồ nguyên lý mạch lọc có sử dụng bù .....	64
Hình 4.27. Mô hình khối tính toán dòng bù chuẩn .....	68
Hình 4.29. Khối chuyển dòng trong hệ abc sang . .....	69
Hình 4.30. Khối tính toán công suất p, q .....	69
Hình 4.31. Khối tính toán công suất ổn định điện áp trên tụ .....	69
Hình 4.32. Khối tính toán công suất bù cung cấp bởi mạch lọc.....	70
Hình 4.33. Khối tính toán dòng bù trong hệ .....	70
Hình 4.34. Khối tính toán dòng bù trong hệ abc .....	70
Hình 4.35. Khối phát xung cho bộ nghịch lưu .....	71
Hình 4.36. Mô hình mô phỏng AF cho tải bể mạ.....	72
Hình 4.37. Điện áp nguồn .....	72
Hình 4.38. Dòng điện nguồn sau khi mạch lọc tác động .....	73
Hình 4.39. Dòng điện nguồn pha A sau khi mạch lọc tác động .....	73
Hình 4.40. Phân tích sóng hài dòng điện pha A tại E=8 (V) khi mạch lọc tác động ....	74
Hình 4.41. Phân tích sóng hài dòng điện pha A tại E=16 (V) khi mạch lọc tác động ..	74
Hình 4.42. Phân tích sóng hài dòng điện pha A tại E=22 (V) khi mạch lọc tác động ..	74
Hình 4.43. Thành phần sóng hài bậc 5 trước và sau khi mạch lọc tác động .....	76
Hình 4.44. Thành phần sóng hài bậc 7 trước và sau khi mạch lọc tác động .....	76
Hình 4.45. Công suất nguồn trước và sau khi mạch lọc tác động .....	77
Hình 4.46. Công suất mạch lọc trước và sau khi tác động .....	77
Hình 4.48. Dòng điện, điện áp nguồn pha A sau khi mạch lọc tác động.....	78
Hình 4.49. Phân tích FFT Dòng điện nguồn pha A sau khi mạch lọc tác động.....	78
Hình 4.50. Dòng điện, điện áp nguồn pha A sau khi mạch lọc tác động.....	78

---