

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

NGUYỄN ĐÌNH GIẢNG

**NGHIÊN CỨU LỌC SÓNG HÀI NHẪM NÂNG CAO
CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG**

Ngành: KỸ THUẬT ĐIỆN

Mã số: 8520201

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN

Người hướng dẫn khoa học: TS. ĐẶNG DANH HOÀNG

Thái Nguyên - 2019

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Nguyễn Đình Giảng**

Sinh ngày: 26 tháng 3 năm 1976

Học viên lớp cao học khoá 20 – Kỹ thuật điện - Trường Đại học Kỹ Thuật Công Nghiệp – Đại học Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại: Công ty điện lực Bắc Kạn.

Tôi cam đoan toàn bộ nội dung trong luận văn do tôi làm theo định hướng của giáo viên hướng dẫn, không sao chép của người khác.

Các phần trích lục các tài liệu tham khảo đã được chỉ ra trong luận văn.

Nếu có gì sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm.

Tác giả luận văn

Nguyễn Đình Giảng

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên tác giả xin chân thành cảm ơn tới các thầy giáo, cô giáo Khoa sau đại học, Khoa Điện trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp cùng các thầy giáo, cô giáo, các anh chị tại Trung tâm thí nghiệm đã giúp đỡ và đóng góp nhiều ý kiến quan trọng cho tác giả để tác giả có thể hoàn thành bản luận văn của mình.

Trong quá trình thực hiện đề tài tôi đã nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của các thầy, cô giáo trong khoa Điện của trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp thuộc Đại học Thái Nguyên và các bạn đồng nghiệp. Đặc biệt là dưới sự hướng dẫn và góp ý của thầy TS. Đặng Danh Hoàng đã giúp cho đề tài hoàn thành mang tính khoa học cao. Tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu của các thầy, cô.

Do thời gian, kiến thức, kinh nghiệm và tài liệu tham khảo còn hạn chế nên đề tài khó tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo và các bạn đồng nghiệp để tôi tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện hơn nữa trong quá trình công tác sau này.

Học viên

Nguyễn Đình Giảng

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ	viii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	1
3. Nội dung của luận văn.....	1
Chương 1: TỔNG QUAN LƯỚI ĐIỆN THÀNH PHỐ BẮC KẠN VÀ PHỤ TẢI PHÁT SINH SÓNG HÀI	3
1.1. Tổng quan lưới điện thành phố Bắc Kạn	3
1.1.1. Lưới điện trung thế.....	4
1.1.2. Tồn thất điện năng của khu vực thành phố Bắc Kạn trong một vài năm gần đây	7
1.2.3. Đánh giá hiện trạng theo kết quả tính toán	8
1.2. Sự phát sinh sóng điều hòa bậc cao (sóng hài) trong hệ thống cung cấp điện.....	9
1.2.1. Những vấn đề cơ bản về sóng điều hòa bậc cao	9
1.2.2. Một số nguyên nhân cơ bản phát sinh sóng điều hòa bậc cao	16
1.3. Kết luận chương 1	23
Chương 2: XÂY DỰNG CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG BỘ LỌC TÍCH CỰC ĐỂ LỌC SÓNG HÀI VÀ BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG	25
2.1. Tổng quan bộ lọc sóng điều hòa bậc cao	25
2.1.1 Bộ lọc thụ động	25
2.1.2. Bộ lọc chủ động (bộ lọc tích cực)	27
2.2. Phân loại và nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực	28

2.2.1. Phân loại theo sơ đồ nguyên lý	28
2.2.2. Phân loại theo nguồn cung cấp điện.....	32
2.2.3. Phân loại theo bộ biến đổi công suất.....	34
2.3 Bộ lọc hỗn hợp.....	35
2.4. Nguyên lý làm việc của thiết bị bù tích cực.....	37
2.5. Các thuật toán lọc tích cực	39
2.5.1 Các thuật toán lọc tích cực dựa trên miền tần số	39
2.5.2. Các phương pháp lọc tích cực dựa trên miền thời gian	41
2.6. Xây dựng cấu trúc điều khiển	47
2.7. Kết luận chương 2	50
Chương 3: MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG.....	51
3.1. Xây dựng mô hình bộ lọc trên phần mềm Matlab/Simulink.....	51
3.1.1. Khối nguồn xoay chiều 3 pha.....	51
3.1.2. Khối tải phi tuyến.....	52
3.1.2. Khối bộ lọc tích cực	52
3.1.3. Khâu tính toán độ méo dạng (THD)	59
3.1.4. Khâu chuyển đổi để lấy tín hiệu đo dòng điện và điện áp ba pha.....	60
3.1.5. Khâu đo dòng điện, điện áp.....	60
3.2. Sơ đồ mô phỏng	60
3.3. Kết quả mô phỏng và đánh giá chất lượng hệ thống.....	62
3.3.1. Kết quả mô phỏng trường hợp chưa có bộ lọc tích cực	62
3.3.2. Kết quả mô phỏng trường hợp có bộ lọc tích cực.....	64
3.3.3. Đánh giá chất lượng điều khiển hệ thống	70
3.4. Kết luận chương 3	71
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	72
TÀI LIỆU THAM KHẢO	73

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Các ký hiệu:

STT	Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
1	f	Tần số lưới điện
2	$f(t)$	Hàm chu kỳ không sin
3	U_1	Biên độ thành phần điện áp điều hoà cơ bản
4	U_n	Biên độ thành phần điện áp điều hoà bậc n
5	I_1	Biên độ thành phần dòng điện điều hoà cơ bản
6	I_n	Biên độ thành phần dòng điện điều hoà bậc n
7	PF	Hệ số công suất
8	p	Công suất tác dụng tức thời
9	q	Công suất phản kháng tức thời
10	P	Công suất tác dụng
11	Q	Công suất phản kháng
12	R	Điện trở lọc
13	L	Điện cảm lọc
14	C	Điện dung lọc
15	i_s	Dòng điện nguồn
16	i_L	Dòng điện lưới phía tải (dòng tải)
17	i_F	Dòng điện chạy qua bộ lọc
18	U_s	Điện áp nguồn
19	U_h	Điện áp thành phần điều hoà bậc cao
20	U_F	Điện áp thành phần cơ bản
21	u_0, u_α, u_β	Điện áp biểu diễn trên hệ trục $\alpha\beta$
22	u_a, u_b, u_c	Điện áp biểu diễn trên hệ trục abc
23	i_a, i_b, i_c	Dòng điện biểu diễn trên hệ trục abc
24	i_0, i_α, i_β	Dòng điện biểu diễn trên hệ trục $\alpha\beta$
25	u_d, u_q	Điện áp biểu diễn trên hệ trục dq

26	i_d, i_q	Dòng điện biểu diễn trên hệ trục dq
27	ω	Tần số góc nguồn điện
28	U_{dc}	Điện áp 1 chiều
29	S	Công suất biểu kiến
30	\bar{p}, \bar{q}	Công suất tác dụng, phản kháng tương ứng với thành phần dòng 1 chiều
31	\tilde{p}, \tilde{q}	Công suất tác dụng, phản kháng tương ứng với thành phần dòng xoay chiều
32	T	Chu kỳ dòng điện

Các chữ viết tắt

STT	Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
33	CSPK	Công suất phản kháng
34	CSTD	Công suất tác dụng
35	THD	Hệ số méo dạng
36	SVC	Đóng ngắt bằng Thyristor
37	DC	Một chiều
38	AC	Xoay chiều
39	AF _n	Bộ lọc tích cực song song
40	AF _s	Bộ lọc tích cực nối tiếp
41	TSR	Thyristor Switched Reactor
42	TCR	Thyristor controller Reactor
43	DFT	Discrete Fourier Transform
44	FFT	Fast Fourier Transform
45	PLL	Phase locked loop
46	SVM	Space vector modulation method

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Mang tải của đường dây trung thế sau trạm 110kV Bắc Kạn	6
Bảng 1.2. Tồn thất điện năng qua các năm của thành phố Bắc Kạn.....	7
Bảng 1.3. Kết quả công suất các lộ trung thế.....	8
Bảng 1.4. Tồn thất điện năng kỹ thuật qua các năm của TP Bắc Kạn.....	9
Bảng 1.5. Tiêu chuẩn IEEE std 519 về giới hạn nhiễu điện áp	15

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

Hình 1.1: Sơ đồ kết dây cơ bản lưới điện Thành phố Bắc Kạn	3
Hình 1.2: Trạm 110KV Bắc Kạn	5
Hình 1.3: a) Dạng sóng sin, b) Dạng sóng sin bị méo (sóng chu kỳ không sin)	10
Hình 1.4: Các thành phần sóng điều hòa	11
Hình 1.5: Phân tích F_n thành a_n và b_n	12
Hình 1.6: Phổ của các thành phần điều hòa	13
Hình 1.7: Mô hình bộ chỉnh lưu cầu diode 1 pha không điều khiển.....	17
Hình 1.8: Dòng điện phía nguồn cung cấp sinh ra bởi bộ chỉnh lưu cầu diode 1 pha không điều khiển	17
Hình 1.9: Dạng dòng điện phía nguồn và phổ tần	18
Hình 1.10: Mô hình bộ chỉnh lưu cầu diode 3 pha không điều khiển.....	18
Hình 1.11: Dòng điện phía nguồn cung cấp sinh ra bởi bộ chỉnh lưu cầu diode 3 pha không điều khiển	19
Hình 1.12: Dạng dòng điện phía nguồn và phổ tần	19
Hình 1.13: Mô hình bộ chỉnh lưu cầu Thyristor 3 pha điều khiển trực tiếp qua bộ điều khiển PI	20
Hình 1.14: Dòng điện phía nguồn cung cấp sinh ra bởi bộ chỉnh lưu cầu Thyristor 3 pha điều khiển trực tiếp.....	20
Hình 1.15: Dạng dòng điện phía nguồn và phổ tần	21
Hình 1.16: Mô hình bộ chỉnh lưu cầu Thyristor 3 pha điều khiển PWM	21
Hình 1.17: Dòng điện phía nguồn cung cấp sinh ra bởi bộ chỉnh lưu cầu Thyristor 3 pha điều khiển PWM	22
Hình 1.18: Dạng dòng điện pha A phía nguồn và phổ tần.....	22
Hình 2.1: Bộ lọc RC – các tụ mắc hình sao	26
Hình 2.2: Bộ lọc LC - các tụ mắc hình sao	26
Hình 2.3: Bộ lọc tích cực song song	29
Hình 2.4: Cấu trúc bộ lọc song song.....	30

Hình 2.5: Bộ lọc tích cực nối tiếp	31
Hình 2.6: Sơ đồ nguyên lý làm việc của AFs.....	32
Hình 2.7: Bộ lọc tích cực 3 dây.....	33
Hình 2.8: Bộ lọc tích cực 4 dây có điểm giữa.....	34
Hình 2.9: Bộ lọc tích cực 4 dây.....	34
Hình 2.10: Cấu trúc bộ lọc kiểu bộ biến đổi nguồn áp VSI.....	35
Hình 2.11: Cấu trúc bộ lọc kiểu bộ biến đổi nguồn dòng CSI.....	35
Hình 2.12: Cấu trúc bộ lọc hỗn hợp với bộ lọc tích cực có 2 loại: a) song song và b) nối tiếp	36
Hình 2.13: Nguyên lý bù công suất phản kháng của bộ bù tích cực.....	37
Hình 2.14: Trạng thái hấp thụ công suất của bộ lọc tích cực.....	38
Hình 2.15: Trạng thái phát công suất phản kháng của bộ lọc.....	39
Hình 2.16: Phương pháp FFT	41
Hình 2.17: Thuật toán xác định dòng bù trong hệ dq	42
Hình 2.18: Thuật toán lựa chọn sóng điều hòa cần bù trong hệ dq	43
Hình 2.19: Mô hình bộ lọc tích cực theo lý thuyết p-q pq.....	45
Hình 2.20: Lưu đồ thuật toán tính dòng bù theo lý thuyết p-q.....	48
Hình 2.21: Cấu trúc điều khiển hệ thống sử dụng bộ lọc tích cực.....	49
Hình 3.1: Khối nguồn ba pha	51
Hình 3.2: Khối tải phi tuyến.....	52
Hình 3.3: Bộ biến đổi và thông số của bộ biến đổi.....	53
Hình 3.4: Mạch điều khiển của bộ lọc	54
Hình 3.5: Chuyển hệ tọa độ từ abc -> $\alpha\beta$	55
Hình 3.6: Khâu tính bù công suất PQ	56
Hình 3.7: Khâu tính toán dòng bù pq.....	57
Hình 3.8: Khâu chuyển tọa độ $\alpha\beta$ sang abc	57
Hình 3.9: Khối SVM	58
Hình 3.10: Chọn các véc tơ.....	59
Hình 3.11: Khâu tính toán TDH và thông số của TDH	59