

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

VÕ TUẤN

**ỨNG DỤNG HỆ MỜ NƠON ĐIỀU KHIỂN
BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO Lò NẤU THÉP
CẢM ỨNG**

Chuyên ngành: Tự động hóa

Mã số: 60.52.60

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Bê

ĐÀ NẴNG – NĂM 2011

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Ngoài các thông tin được sử dụng và viện dẫn trong tài liệu tham khảo, các kết quả nghiên cứu khác nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào.

Tác giả luận văn

Võ Tuấn

MỤC LỤC

TRANG PHỤ BÌA

LỜI CAM ĐOAN

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

DANH MỤC CÁC BẢNG

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Chương 1 - Lò cảm ứng và sóng hài do lò cảm ứng gây ra	3
1.1. Tổng quan về lò nấu thép cảm ứng.....	3
1.1.1. Giới thiệu chung về lò cảm ứng	3
1.1.2. Các bộ nguồn tần số cao.....	4
1.1.3. Phạm vi ứng dụng của thiết bị gia nhiệt tần số.....	4
1.1.4. Phân loại các thiết bị gia nhiệt tần số.....	5
1.2. Lò nấu thép cảm ứng sử dụng mạch nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng song song	5
1.2.1. Giới thiệu về mạch lò cộng hưởng song song	5
1.2.2. Mô hình hóa lò nấu thép cảm ứng sử dụng mạch nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng song song trên phần mềm matlab/Simulink	7
1.3. Sóng hài và ảnh hưởng của sóng hài do lò nấu thép cảm ứng gây ra lên lưới điện	15
1.4. Kết luận chương 1	19
Chương 2 – SÓNG HÀI VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC SÓNG HÀI	20
2.1. Tổng quan về sóng hài	20
2.2. Nguyên nhân gây ra sóng hài	23
2.3. Ảnh hưởng của sóng hài	29
2.4. Một số tiêu chuẩn giới hạn thành phần sóng hài trên lưới.....	31
2.4.1. Tiêu chuẩn IEEE std 519	31
2.4.2. Tiêu chuẩn IEC 1000-3-4	32
2.5. Các phương pháp lọc sóng hài	33
2.5.1. Bộ lọc thụ động	33
2.5.2. Bộ lọc chủ động	35
2.5.3. Bộ lọc hỗn hợp	40
2.5.4. Chức năng và nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực	42
2.6. Kết luận chương 2	44
Chương 3 – PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG HỆ MỜ NƠON	45

3.1.	Sự kết hợp giữa logic mờ và mạng nơron	45
3.1.1.	<i>Khái niệm</i>	45
3.1.2.	<i>Kết hợp điều khiển mờ và mạng nơron</i>	46
3.2.	Nơron Mờ.....	50
3.3.	Huấn luyện mạng nơron-mờ.....	52
3.4.	ANFIS.....	57
3.5.	Sử dụng công cụ ANFIS trong matlab để thiết kế hệ mờ - nơron (Anfis and the Anfis editor GUI).....	60
3.5.1.	<i>Khái niệm</i>	60
3.5.2.	<i>Mô hình học và suy diễn mờ thông qua ANFIS (Model Learning and Inference Through ANFIS)</i>	61
3.5.3.	<i>Xác nhận dữ liệu huấn luyện (Familiarity Breeds Validation)</i>	62
3.6.	Sử dụng bộ soạn thảo ANFIS GUI	64
3.6.1.	<i>Các chức năng của ANFIS GUI</i>	64
3.6.2.	<i>Khuôn dạng dữ liệu và bộ soạn thảo ANFIS GUI: kiểm tra và huấn luyện (Data Formalities and the ANFIS Editor GUI: Checking and Training)</i>	66
3.7.	Kết luận chương 3	66
Chương 4 – ỨNG DỤNG HỆ MỜ NƠON ĐIỀU KHIỂN BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO Lò NẤU THÉP CẢM ỨNG 67		
4.1.	Xác định cấu trúc bộ lọc tích cực AF cho lò nấu thép cảm ứng.....	67
4.2.	Tính toán các thông số của bộ lọc AF.....	68
4.2.1.	<i>Tính chọn giá trị nguồn một chiều cấp cho nghịch lưu</i>	68
4.2.2.	<i>Tính chọn giá trị tụ điện C</i>	68
4.2.3.	<i>Tính chọn giá trị điện cảm L_f</i>	69
4.2.4.	<i>Xác định và lựa chọn thông số van điều khiển</i>	69
4.3.	Cấu trúc điều khiển AF	70
4.3.1.	<i>Xác định dòng điện bù hài (i_{ref})</i>	70
4.3.2.	<i>Bộ lọc thông thấp (LPF)</i>	71
4.3.3.	<i>Phương pháp điều chế PWM</i>	72
4.4.	Mô hình hóa bộ lọc AF bằng phần mềm Matlab/Simulink.....	73
4.4.1.	<i>Khâu tách dòng điện hài BPF</i>	73
4.4.2.	<i>Bộ lọc thông thấp LPF</i>	74
4.4.3.	<i>Bộ điều khiển ANFIS</i>	74
4.4.4.	<i>Khâu AF</i>	75
4.5.	Ứng dụng hệ mờ điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng.....	75
4.5.1.	<i>Xây dựng bộ điều khiển mờ</i>	75

4.6.	Ứng dụng hệ mờ nơron điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng.	81
4.6.1.	<i>Xây dựng tập dữ liệu huấn luyện</i>	81
4.6.2.	<i>Sử dụng công cụ ANFIS trong Matlab thiết kế hệ mờ nơron điều khiển bộ lọc tích cực AF cho lò nấu thép cảm ứng.</i>	82
Chương 5 – ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC		88
5.1.	Đánh giá kết quả đạt được khi sử dụng hệ mờ nơron	88
5.2.	So sánh kết quả đạt được.....	90
5.3.	Kết luận chương 5	92

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

QUYẾT ĐỊNH GIAO ĐỀ TÀI LUẬN VĂN (BẢN SAO)

PHỤ LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

❖ Ký hiệu

Ký hiệu	Chú thích
i_C	: Dòng điện chạy qua tụ C
i_{Lt}	: Dòng điện chạy qua cuộn dây cảm ứng của lò
i_n	: Tổng của hai dòng điện i_C và i_{Lt}
V_f	: điện áp đầu ra của nghịch lưu
V_s	: điện áp nguồn
ξ_t	: biên độ của xung tam giác
f_t	: tần số của xung tam giác
ω_c	: tần số cắt
τ	: hằng số thời gian của bộ lọc
i_{ref}	: dòng điện đặt
i_s	: dòng điện nguồn
i_{sA}	: dòng điện nguồn pha A
i_f	: dòng điện phát ra từ AF
i_{lA}	: dòng điện tải pha A

❖ Các từ viết tắt

Từ viết tắt	Giải thích
AC	: Alteration Current
AF	: Shunt Active Filter
AFs	: Series Active Filter
ANFIS	: Adaptive Network-based Fuzzy Inference System
BPF	: Band Pass Filter
DC	: Direction Current
DFT	: Discrete Fourier Transform
FFT	: Fast Fourier Transform
Fund	: Fundamental
LPF	: Low Pass Filter
MBA	: Máy Biến Áp
NLCH	: Nghịch Lưu Cộng Hưởng
PWM	: Pulse Width Modulation
SVC	: Static Var Compensator
THD	: Total Harmonic Distortion
UPQC	: Unified Power Quality Conditioner
VSI	: Voltage Source Inverter

DANH MỤC CÁC BẢNG

Số hiệu bảng	Tên bảng	Trang
1.1	So sánh hiệu suất và việc cung cấp điện cho lò nấu thép cảm ứng	6
1.2	Tỷ lệ các thành phần sóng hài trong dòng điện nguồn	17
2.1	Giới hạn nhiễu điện áp theo tiêu chuẩn IEEE std 519	31
2.2	Giới hạn nhiễu dòng điện theo tiêu chuẩn IEEE std 519	32
2.3	Tiêu chuẩn IEC 1000-3-4	3.2
3.1	Hai tiêu chí cơ bản giúp người thiết kế logic mờ và mạng nơron	46
4.1	Bảng luật hợp thành	77
4.2	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa của dòng điện nguồn pha A trước và sau khi có bộ lọc AF tác động sử dụng điều khiển mờ	80
5.1	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa của dòng điện nguồn pha A trước và sau khi có bộ lọc AF tác động sử dụng điều khiển ANFIS	90
5.2	Thống kê các thành phần sóng hài bậc cao trong hai trường hợp điều khiển mờ và điều khiển mờ nơron	92

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Số hiệu hình vẽ	Tên hình vẽ	Trang
1. 1	Cấu tạo chung của lò nấu thép cảm ứng	4
1. 2	Mạch lò cảm ứng song song	5
1. 3	Mạch cấp điện cho tải lò nấu thép cảm ứng	7
1. 4	Mô hình hệ thống cung cấp điện lò nấu thép cảm ứng trên phần mềm Matlab/Simulink	8
1. 5	Nguồn cung cấp ba pha ba dây	8
1. 6	Khối chỉnh lưu có điều khiển	9
1. 7	Khối nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng	10
1. 8	Khối lò nấu thép cảm ứng	10
1. 9	Khối phát xung điều khiển	11
1. 10	Giản đồ xung kích điều khiển bộ nghịch lưu cộng hưởng	12
1. 11	Khối đo lường và hiển thị	13
1. 12	Dạng sóng điện áp và dòng điện tại các điểm đo trên sơ đồ mô phỏng lò cảm ứng	14
1. 13	Đồ thị điện áp nguồn cung cấp	15
1. 14	Đồ thị dòng điện nguồn cung cấp	15
1. 15	Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=78158\mu H$	16
1. 16	Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=88442\mu H$	16
1. 17	Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=1084\mu H$	17
1. 18	Đồ thị thành phần bậc 5 của dòng điện nguồn pha A	18
2. 1	Dạng sóng điều hòa bất kỳ	20
2. 2	Các thành phần của sóng điều hòa	20
2. 3	Phân tích F_n thành a_n và b_n	22
2. 5	Phổ của một sóng điều hòa	22
2. 6	Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển	25
2. 7	Dạng sóng dòng điện nguồn cấp cho bộ chỉnh lưu	26
2. 8	Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu một pha	26
2. 9	Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển	26
2. 10	Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển	27
2. 11	Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển	27
2. 12	Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển	28
2. 13	Dòng điện bộ chỉnh lưu cầu ba pha ứng với góc điều khiển 300	28
2. 14	Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 300	29
2. 15	Dòng điện bộ chỉnh lưu cầu ba pha ứng với góc điều khiển 900	29
2. 16	Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 900	30
2. 17	Bộ lọc RC	34
2. 18	Bộ lọc LC	35
2. 19	Cấu hình VSI	37
2. 20	Cấu hình CSI	37

2. 21	Bộ lọc tích cực song song AF	38
2. 22	Bộ lọc tích cực nối tiếp AFs	38
2. 23	Bộ lọc tích cực thống nhất UPQC	39
2. 24	Bộ lọc tích cực ba dây	40
2. 25	Bộ lọc tích cực bốn dây có điểm giữa	41
2. 26	Bộ lọc tích cực bốn dây	41
2. 27	Bộ lọc hỗn hợp	42
2. 28	Sơ đồ thể hiện nguyên lý làm việc của AF	43
2. 29	Cấu trúc bộ lọc nối tiếp AFs	44
4. 1	Cấu trúc tổng quát của toàn bộ lò nấu thép cảm ứng có bộ lọc AF	68
4. 2	Cấu trúc điều khiển bộ lọc tích cực AF	71
4. 3	Sơ đồ mạch điện và đặc tính band pass filter	72
4. 4	Sơ đồ mạch điện LPF	72
4. 5	Phương pháp điều chế PWM	74
4. 6	Mô hình khâu tách dòng điện hài BPF	74
4. 7	Mô hình khâu lọc thông thấp LPF	75
4. 8	Mô hình khâu điều khiển ANFIS	75
4. 9	Mô hình khâu nghịch lưu AF	76
4. 10	Mờ hóa biến ngôn ngữ e	77
4. 11	Mờ hóa biến ngôn ngữ de	77
4. 12	Mờ hóa biến ngôn ngữ u	78
4. 13	Quan hệ giữa u theo e và de	79
4. 14	Sơ đồ tổng quát của hệ thống sử dụng bộ điều khiển mờ	79
4. 15	Phổ tín hiệu điện áp pha A	80
4. 16	Phổ tín hiệu dòng điện pha A	81
4. 17	Sơ đồ tổng quát của hệ thống khi sử dụng công cụ ANFIS để điều khiển	83
4. 18	Cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI	84
4. 19	Cửa sổ huấn luyện trong cửa sổ ANFIS EDITOR	84
4. 20	Cấu trúc của hệ thống suy diễn mờ	85
4. 21	Kết quả huấn luyện	86
4. 22	Phổ tín hiệu điện áp pha A	87
4. 23	Phổ tín hiệu dòng điện pha A	87
5. 1	Dòng điện tải i_{lA} và dòng điện nguồn i_{sA}	89
5. 2	Phổ tín hiệu của dòng điện sau điểm nối chung i_{lA}	89
5. 3	Phổ tín hiệu của dòng điện pha A trước điểm nối chung i_{sA}	89
5. 4	Phổ tín hiệu của dòng điện i_{sA} và i_{lA}	90
5. 5	Dạng sóng dòng điện nguồn i_{sA} trong hai trường hợp sử dụng bộ điều khiển mờ và điều khiển ANFIS	92
5. 6	Phổ tính hiệu của sóng dòng điện nguồn trong các trường hợp sử dụng điều khiển mờ và điều khiển ANFIS	92

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài.

Với mục tiêu công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước và chiến lược đến năm 2020 đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp thì vấn đề nâng cao chất lượng điện năng là một trong những vấn đề được ngành điện nói riêng và nhà nước nói chung đặt lên hàng đầu. Tuy nhiên với sự phát triển công nghiệp hiện nay của nước ta, nhiều nhà máy xí nghiệp được hình thành khắp nơi, các lò công nghiệp ngày càng được sử dụng nhiều ở các khu công nghiệp như: lò cảm ứng, lò hồ quang, lò điện trở... Đây chính là một trong các nguyên nhân hàng đầu dẫn đến tổn thất điện năng, chất lượng điện kém, gây ảnh hưởng các thiết bị viễn thông...

Với tốc độ công nghiệp hóa ở nước ta hiện nay, việc áp dụng các tiêu chuẩn khống chế mức thải sóng hài trên lưới điện để hạn chế ảnh hưởng của chúng tới các thiết bị tiêu dùng khác và đảm bảo chất lượng điện năng là điều tất yếu.

Trên thế giới đã và đang áp dụng các tiêu chuẩn để khống chế mức thải sóng hài như tiêu chuẩn: IEEE 159-2002, IEC 1000-4-3.

Như vậy việc nghiên cứu điều khiển các bộ lọc để giảm sóng hài do các lò công nghiệp này thải ra là vấn đề cấp thiết, nhằm nâng cao chất lượng điện năng cho lưới điện.

Nắm bắt được vấn đề này, tôi đã quyết định chọn đề tài: “Ứng dụng hệ mờ noron điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng”.

2. Mục đích nghiên cứu.

Đề tài nghiên cứu ứng dụng hệ mờ noron điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng, nhằm nâng cao chất lượng điện năng cho lưới điện.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

❖ Đối tượng nghiên cứu:

- Bộ lọc tích cực AF
- Nguồn tải lò nấu thép cảm ứng
- Lý thuyết điều khiển mờ noron

- Phần mềm Matlab/Simulink

❖ **Phạm vi nghiên cứu:**

- Điều khiển bộ lọc tích cực AF cho nguồn lò nấu thép cảm ứng ứng dụng hệ mờ neuron.
- Mô phỏng quá trình điều khiển.

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với mô phỏng kiểm chứng trên phần mềm Matlab/Simulink.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài là xây dựng cấu trúc điều khiển và bộ điều khiển mờ neural, điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng, nhằm giảm sóng hài do lò thải ra để nâng cao chất lượng điện năng cho lưới điện. Đề tài hoàn toàn có thể ứng dụng vào thực tiễn.

6. Cấu trúc luận văn

Luận văn được trình bày theo cấu trúc như sau:

Mở đầu

Chương 1: Lò cảm ứng và sóng hài do lò cảm ứng gây ra.

Chương 2: Các phương pháp lọc sóng hài.

Chương 3: Phương pháp điều khiển sử dụng hệ mờ neuron.

Chương 4: Ứng dụng hệ mờ neural điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng.

Chương 5: Đánh giá kết quả đạt được.

Chương 1 - Lò cảm ứng và sóng hài do lò cảm ứng GÂY RA

1.1. Tổng quan về lò nấu thép cảm ứng

1.1.1. Giới thiệu chung về lò cảm ứng

Nguyên lý làm việc của lò cảm ứng dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, khi đưa một khối kim loại vào trong một từ trường biến thiên, trong khối kim loại xuất hiện dòng điện xoáy, nhiệt năng do dòng điện xoáy đốt nóng khối kim loại.

Nhiệt năng truyền vào khối kim loại phụ thuộc vào các yếu tố sau:

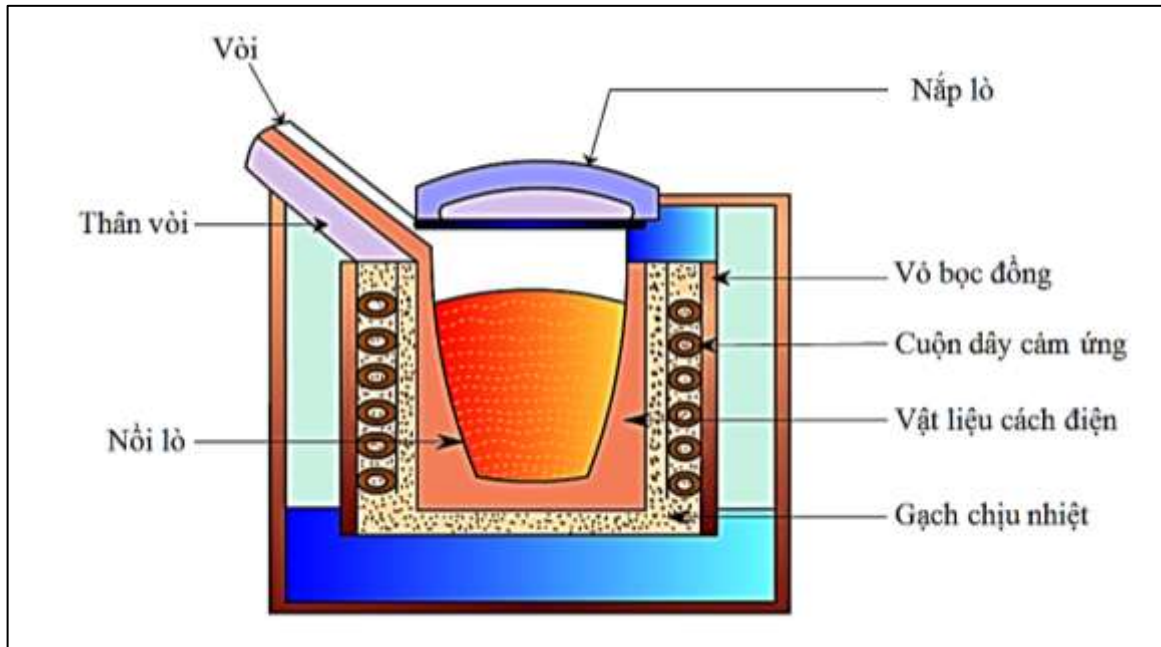
- Điện trở suất ρ và hệ số từ thẩm μ của kim loại
- Trị số dòng điện của nguồn cấp. Nếu tăng trị số dòng điện lên hai lần thì nhiệt năng tăng lên bốn lần.
- Tần số dòng điện của nguồn cấp. Nếu tăng tần số lên bốn lần thì nhiệt năng sẽ tăng lên hai lần.

Từ đó ta nhận thấy rằng: tăng dòng điện của nguồn cấp hiệu quả hơn tần số của nguồn cấp nhưng thực tế trị số dòng không thể tăng lên được quá lớn vì lý do cách điện, trị số dòng lớn làm nóng chảy vòng cảm ứng (mặc dầu đã được làm mát bằng dòng nước liên tục) cho nên thực tế người ta tăng tần số của nguồn cấp.

Cấu tạo chung của lò nấu thép cảm ứng được thể hiện ở hình 1.1. Các bộ phận chính của các loại lò cảm ứng là giống nhau bao gồm:

- Tủ điện, là bộ phận rất quan trọng của lò, dùng để cung cấp nguồn điện cho quá trình nấu luyện thép.
- Bộ phận cơ điện quay nghiêng lò.
- Khung lò có tác dụng cố định các vòng cảm ứng với nồi lò, khung lò được làm bằng vật liệu kim loại hoàn toàn không có tính nhiễm từ.
- Cuộn cảm ứng, cuộn cảm ứng được làm bằng ống đồng quấn nhiều vòng hình xoắn ốc.
- Nồi lò chứa liệu kim loại.

- Hệ thống nước làm nguội, bên trong lò luôn có nước làm nguội trong quá trình chạy lò.



Hình 1. 1. Cấu tạo chung của lò nấu thép cảm ứng

1.1.2. Các bộ nguồn tần số cao

Các bộ nguồn tần số cao có thể tạo ra bằng các phương pháp sau:

- Dùng máy phát điện đặc biệt tần số cao do kết cấu cơ khí nên tần số của máy phát không vượt quá 2000Hz.
- Bộ biến tần dùng thyristor do công nghệ chế tạo linh kiện bán dẫn chưa chế tạo được loại thyristor tần số cao nên tần số chỉ giới hạn tới 2000Hz.
- Bộ biến tần dùng đèn phát điện tử, tần số cao tới 400kHz bằng cách dùng đèn điện tử ba cực nhưng hiệu suất của bộ nguồn không cao, tuổi thọ của đèn thấp.

1.1.3. Phạm vi ứng dụng của thiết bị gia nhiệt tần số

- Nấu chảy kim loại trong môi trường không khí (lò kiểu hở) trong môi trường chân không hoặc khí trơ (lò kiểu kín)
- Thực hiện các nguyên công nhiệt luyện như tôi, ram; đặc biệt ứng dụng để tôi bề mặt các chi tiết như bánh răng, cổ trục khuỷu của động cơ diesel khi yêu cầu độ cứng bề ngoài cao.

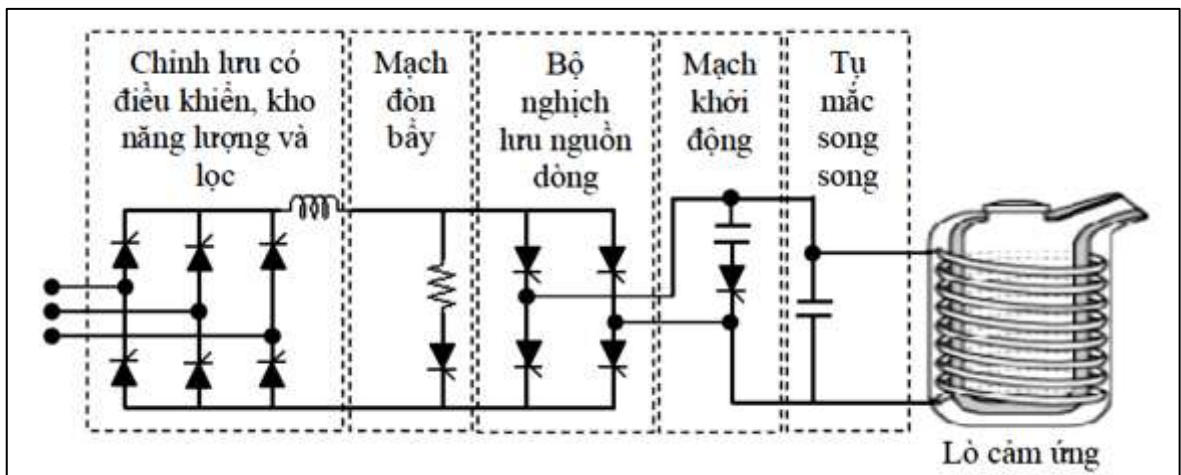
1.1.4. Phân loại các thiết bị gia nhiệt tần số

- ❖ Theo tần số làm việc
 - Thiết bị gia nhiệt tần số công nghiệp $f=50\text{Hz}$.
 - Thiết bị gia nhiệt trung tần (lò trung tần) có tần số làm việc $f=(0,5 \div 10)\text{kHz}$.
 - Thiết bị gia nhiệt tần số cao, có tần số làm việc lớn hơn 10kHz .
- ❖ Theo cấu tạo của lò.
 - Lò cảm ứng có lõi thép, thường là lò có tần số công nghiệp được cấp nguồn từ biến áp động lực có công suất từ 75 đến 1000kVA .
 - Lò cảm ứng không lõi thép kiểu hở và kiểu kín dùng nấu chảy thép chất lượng cao, gang, kim loại màu và hợp kim.

1.2. Lò nấu thép cảm ứng sử dụng mạch nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng song song

1.2.1. Giới thiệu về mạch lò cộng hưởng song song

Hệ thống cung cấp điện cho mạch lò cộng hưởng song song được thể hiện như hình 1.2 sau:



Hình 1. 2. Mạch lò cảm ứng song song

Ở mạch lò cộng hưởng song song, việc tạo ra nguồn DC có phần phức tạp hơn so với mạch lò cộng hưởng nối tiếp vì cần đến bộ chỉnh lưu có điều khiển, thông qua đó người ta mới có thể thay đổi được công suất cấp cho lò. Phần DC, có cuộn kháng làm nhiệm vụ của kho năng lượng và lọc. Bộ biến đổi DC sang AC là bộ nghịch lưu cộng hưởng (NLCH) nguồn dòng là bộ biến đổi đặc biệt, thường dung

tiristor. Đặc điểm cơ bản của NLCH có phụ tải là một mạch vòng dao động với dòng hoặc áp dạng hình sin, do đó các tiristor trên sơ đồ sẽ chuyển mạch tự nhiên.

Các NLCH nguồn dòng được xây dựng với công suất ngày càng lớn đến vài MW, tần số từ 2000Hz đến 500Hz theo chiều tăng của công suất. Ngoài ra, để hỗ trợ cho việc khởi động lò, hệ thống cung cấp điện phải có thêm mạch khởi động để tạo ra ít nhất một chu kỳ dao động trên tải, sau đó là việc điều khiển đóng cắt các van ở phần nghịch lưu để dao động trên tải được duy trì. Mạch đòn bẩy có tác dụng xả năng lượng trong cuộn dây sau khi quá trình nấu chảy đã hoàn tất.

Việc thiết kế nguồn cung cấp khác nhau cũng có những ảnh hưởng khác nhau đến hiệu suất của lò [7], bảng 1.1 thể hiện sự so sánh hiệu suất và việc cung cấp điện cho lò nấu thép cảm ứng.

Bảng 1. 1. So sánh hiệu suất và việc cung cấp điện cho lò nấu thép cảm ứng

Đặc điểm	Bộ biến đổi nguồn dòng	Bộ biến đổi nguồn áp
- Khả năng điều khiển cho quá trình nấu chảy	- Thấp	- Rất cao
- Hiệu suất nấu chảy	- 70 – 80%	- 75 – 85%
- Bộ biến đổi nguồn AC sang DC	- Chính lưu có điều khiển	- Chính lưu không điều khiển
- Kho năng lượng DC	- Cuộn kháng, động	- Tụ điện, tĩnh

Lò cảm ứng trong quá trình vận hành gây ra những vấn đề như: bơm ngược hài sẽ gây quá tải cho hệ thống nguồn cung cấp, đưa nhiều vào MBA lò, làm cho điện áp không ổn định, gây tổn thất cho hệ thống truyền dẫn, giảm tuổi thọ của các thiết bị lân cận, gây nhiễu thiết bị điều khiển, truyền thông và thiết bị bảo vệ [7].

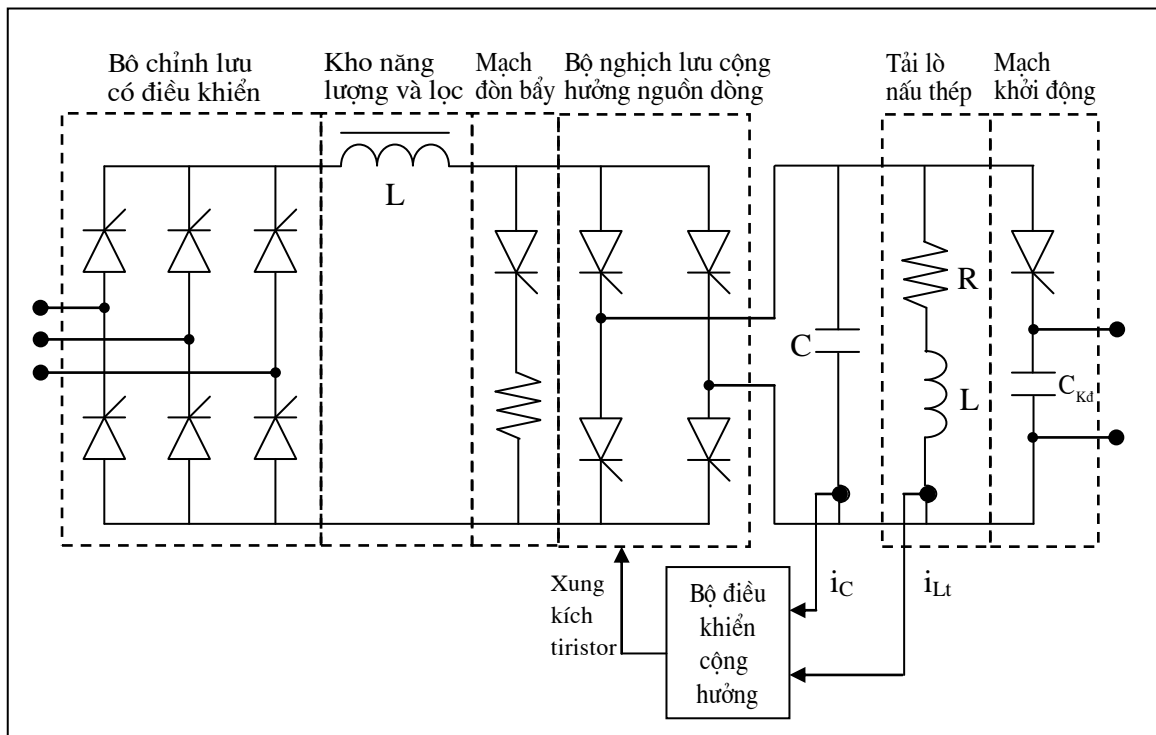
So với mạch lò cộng hưởng nguồn dòng, mạch lò cộng hưởng nguồn áp có nhiều ưu điểm hơn, sự phát triển của nó đi cùng với công nghệ chế tạo thiết bị bán dẫn công suất và đó cũng là lý do vì sao ngày nay mạch lò cộng hưởng nguồn áp chiếm đến 90%. Tuy nhiên ở Việt Nam mạch lò cộng hưởng nguồn dòng vẫn còn sử dụng phổ biến trong lĩnh vực gia nhiệt cảm ứng, và đặc biệt là nấu thép cảm ứng được nhập từ Liên Xô, Trung Quốc với công nghệ đã cũ và đây cũng chính là vấn đề nặng nề cho

hệ thống cung cấp điện cho lò về hài và đặc biệt là gánh nặng về công suất phản kháng. Đây chính là đối tượng được lựa chọn để nghiên cứu sự ảnh hưởng của nó đến hệ thống điện và trên cơ sở đó thiết kế bộ lọc tích cực.

1.2.2. Mô hình hóa lò nấu thép cảm ứng sử dụng mạch nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng song song trên phần mềm matlab/Simulink

Các thông số của mô hình:

- Điện áp cấp vào phía chỉnh lưu: $U_p=220V$, $f=50(Hz)$
- Điện áp định mức trên tải: $800(V)$
- Tần số định mức của tải: $700(Hz)$
- Công suất định mức của tải: $300(kW)$
- Điện trở và điện kháng của đường dây, máy biến áp trước B1 và sau B1 lần lượt là: $R_S=0.1\Omega$, $L_S=0.03mH$, $R_l=0.15\Omega$, $L_l=0.07mH$.

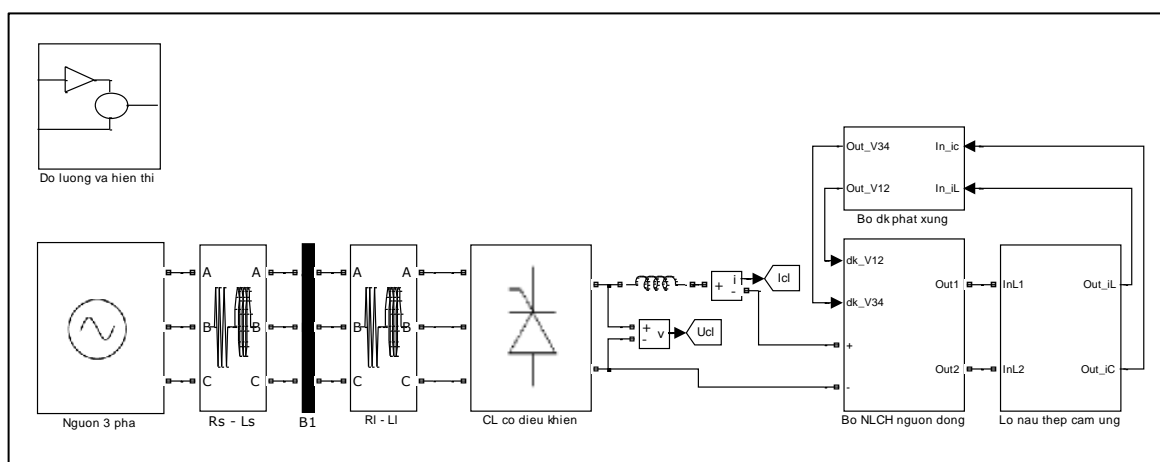


Hình 1. 3. Mạch cấp điện cho tải lò nấu thép cảm ứng

Cung cấp điện cho lò là hệ thống nguồn xoay chiều ba pha qua chỉnh cầu ba pha có điều khiển để tạo nguồn một chiều cấp tải. Cuộn cảm L_d đóng vai trò kho năng lượng và lọc. Việc thay đổi công suất cấp vào lò thông qua việc thay đổi U_d ở

phía đầu ra của bộ chỉnh lưu. Trong hệ thống này bao gồm nguồn cấp, bộ chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển, bộ nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng, bộ phát xung điều khiển cộng hưởng, tải lò nấu thép cảm ứng và các mạch phụ trợ. Trong trường hợp này ta giả sử nguồn cấp cho hệ thống là nguồn lý tưởng (sin và cân bằng). Trong phần này ta sẽ sử dụng phần mềm Matlab/Simulink để đánh giá dòng điện hài do đặc tính của tải lò nấu thép gây ra trên lưới.

Sơ đồ mô hình hệ thống được mô phỏng trên Matlab/Simulink ở hình sau

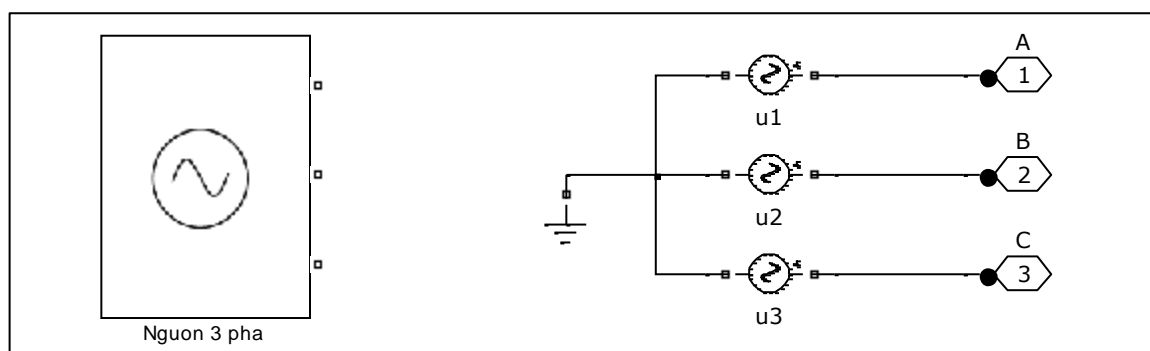


Hình 1. 4. Mô hình hệ thống cung cấp điện lò nấu thép cảm ứng trên phần mềm Matlab/Simulink

Các khối chính trong hệ thống cung cấp điện cho lò nấu thép cảm ứng bao gồm các thành phần như sau:

❖ **Khối cấp nguồn**

Hệ thống nguồn ba pha ba dây, có trị hiệu dụng $U=220V$, tần số $50Hz$, các pha A, B, C lệch pha nhau 120° .

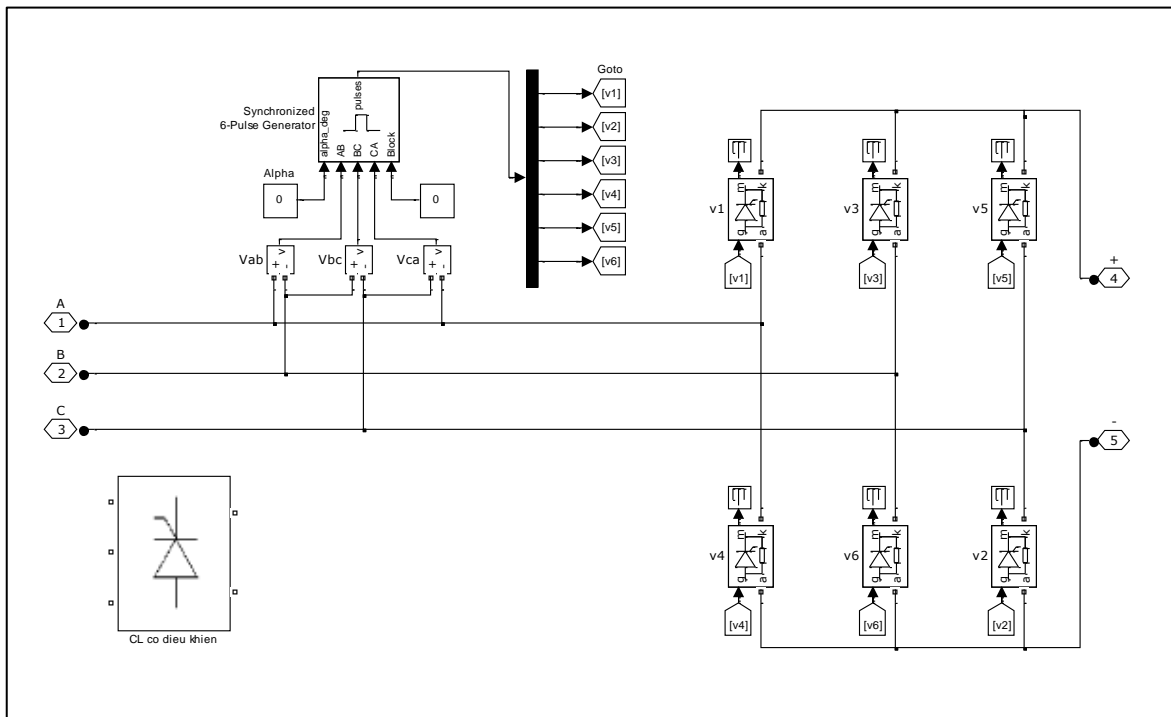


Hình 1. 5. Nguồn cung cấp ba pha ba dây

❖ Khối chỉnh lưu có điều khiển

Sử dụng chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển hoàn toàn, chức năng của khối này là biến đổi điện áp xoay chiều ba pha thành điện áp một chiều cung cấp cho mạch nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng.

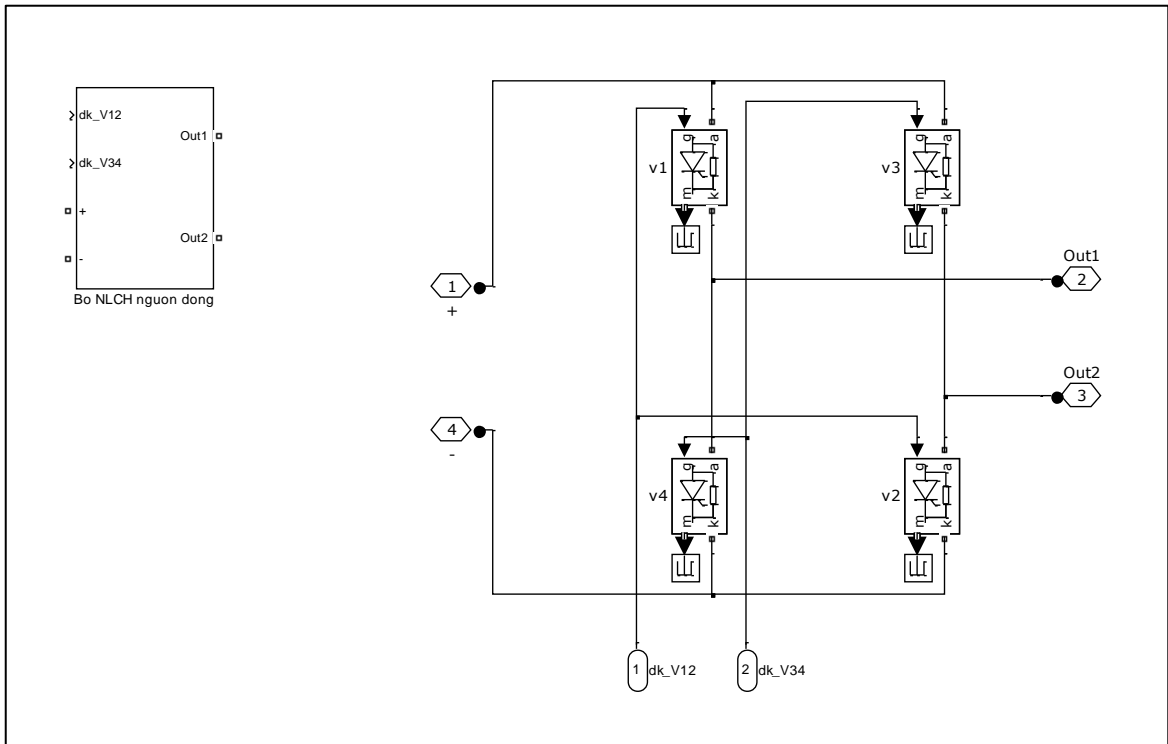
Để điều khiển các tiristor ta sử dụng bộ phát xung và bộ tạo điện áp đồng bộ như trên mô hình.



Hình 1. 6. Khối chỉnh lưu có điều khiển

❖ Khối nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng

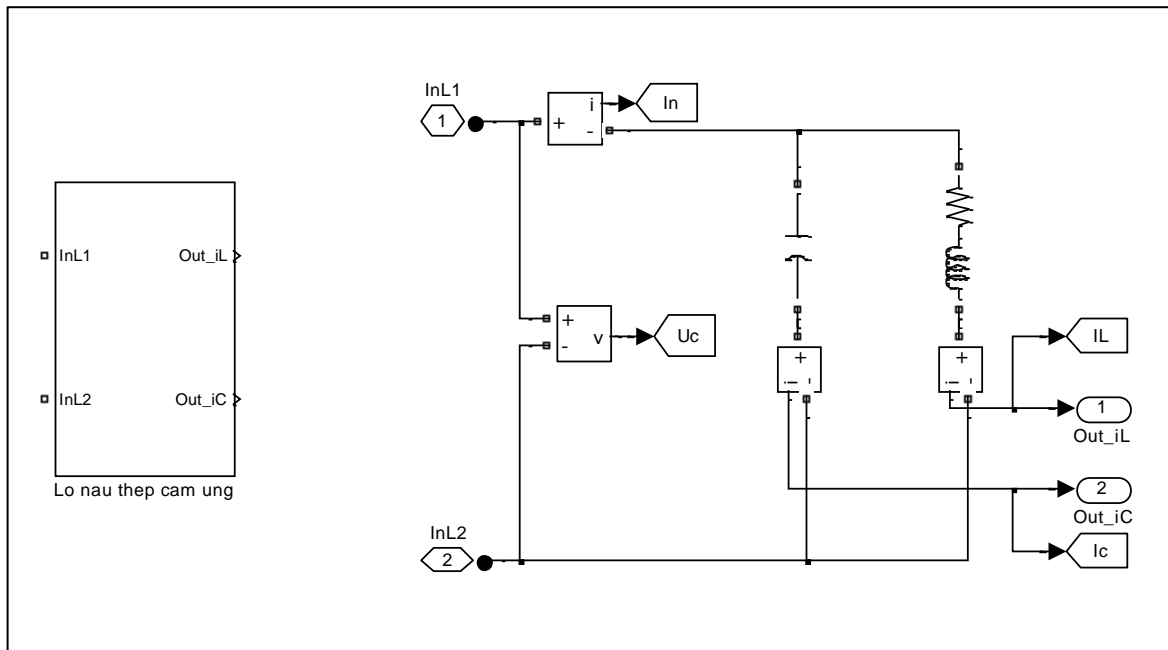
Là bộ nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng một pha, sử dụng các van tiristor công suất lớn. Mô hình khối nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng được thể hiện trên hình 1.7. Ưu điểm lớn nhất của NLCH nguồn dòng là tận dụng được khả năng quá tải rất lớn của các tiristor.



Hình 1. 7. Khối nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng

❖ **Khối lò nấu thép cảm ứng**

Khối lò nấu thép cảm ứng này là khối lò nấu thép cảm ứng song song. Mô hình khối này được thể hiện trên hình 1.8.



Hình 1. 8. Khối lò nấu thép cảm ứng

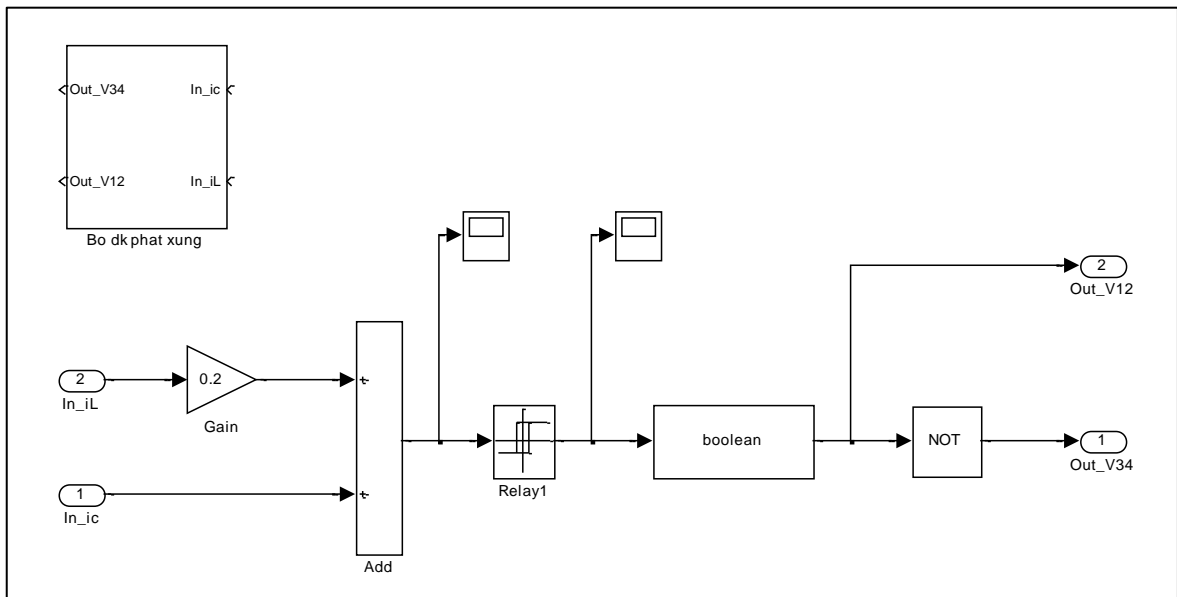
Với các tham số của lò trong phần 1.2.2. ta tính được các thông số của cuộn dây cảm ứng (R_t và L_t) và điện dung C của tụ điện nối song song với cuộn dây cảm ứng [7], như sau:

$$R_t=71.424\text{m}\Omega; L_t=88.442\mu\text{H}; C=653.35\mu\text{F}.$$

Trong suốt quá trình nấu một mẻ thép, điện cảm của cuộn dây cảm ứng L_t có sự thay đổi theo chiều tăng dần từ khi bắt đầu gia nhiệt cho đến khi vật liệu đạt nhiệt độ 750°C (điểm nhiệt Curie của vật liệu sắt từ) [7]. Khi đó điện cảm L_t bắt đầu theo chiều giảm cho đến khi đạt nhiệt độ vào khoảng 1100°C đến 1250°C là kết thúc một mẻ nấu. Trong mô hình tải chọn L_t thay đổi từ $78.158\mu\text{H}$ đến $108.4\mu\text{H}$. Do tải lò nấu thép cảm ứng là đối tượng phi tuyến khá phức tạp, trong khuôn khổ của đề tài không đi sâu nghiên cứu toàn bộ diễn biến của quá trình nấu một mẻ thép. Để đơn giản, đề tài chỉ đi khảo sát một số điểm hợp lý, để phân tích dạng sóng phát ra từ tải lò để làm cơ sở cho việc điều khiển bộ lọc sau này.

❖ Khối phát xung điều khiển

Khối phát xung điều khiển cho chức năng điều khiển các tiristor trong khối nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng. Sơ đồ khối được thể hiện trên hình 1.9.



Hình 1. 9. Khối phát xung điều khiển

Để điều khiển các van tiristor ta dựa dựa vào biểu thức dòng điện tổng i_n của dòng i_C và i_{L_t} như sau:

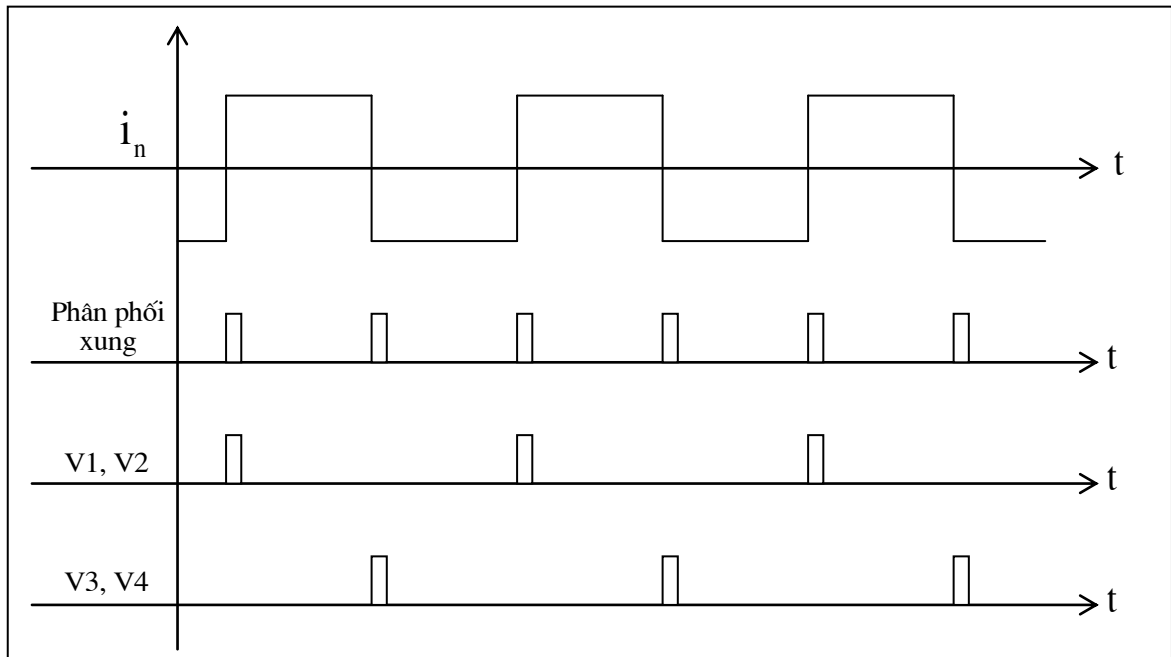
$$i_n = i_C + i_{L_t} \quad (1.1)$$

Trong đó:

- i_C là dòng điện chạy qua tụ C
- i_{L_t} là dòng điện chạy qua cuộn dây cảm ứng của lò
- i_n là tổng của hai dòng điện i_C và i_{L_t}

Thời điểm dòng điện i_n chạy qua điểm không chính là thời điểm phát tín hiệu điều khiển mở cặp van tương ứng, nguyên tắc phát xung điều khiển các tiristor được thể hiện ở hình 1.10.

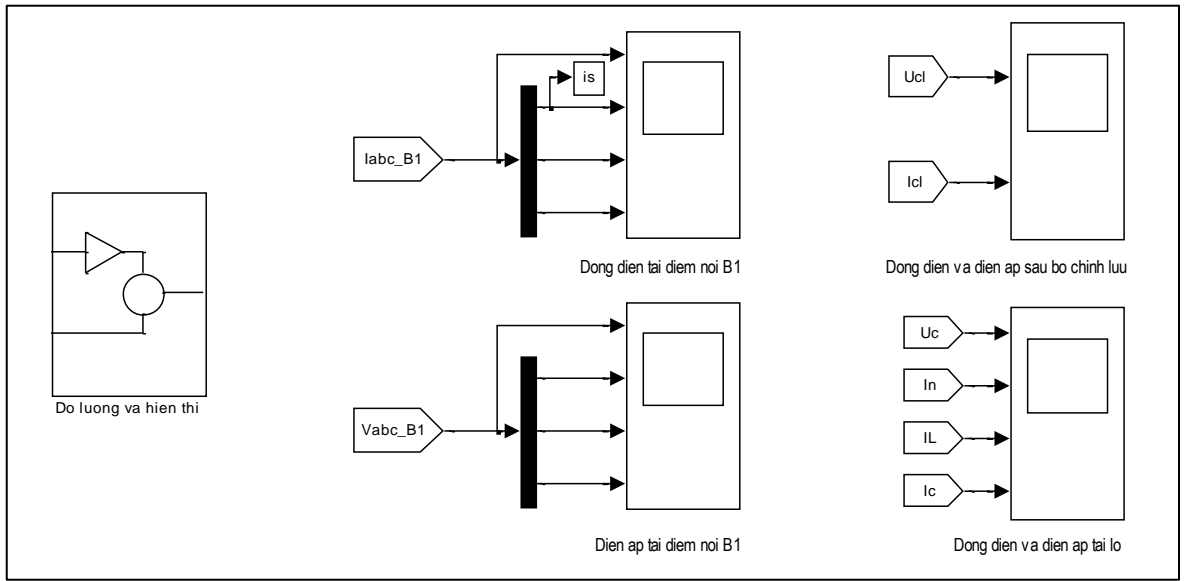
Do dòng qua tụ C và dòng qua tải lò có dạng gần sin nên có thể dễ dàng đo được bằng biến dòng. Góc nghịch lưu β có thể điều chỉnh được bằng việc điều chỉnh hai vector dòng điện i_C và i_{L_t} .



Hình 1. 10. Giải đồ xung kích điều khiển bộ nghịch lưu cộng hưởng

❖ Khối đo lường và hiển thị.

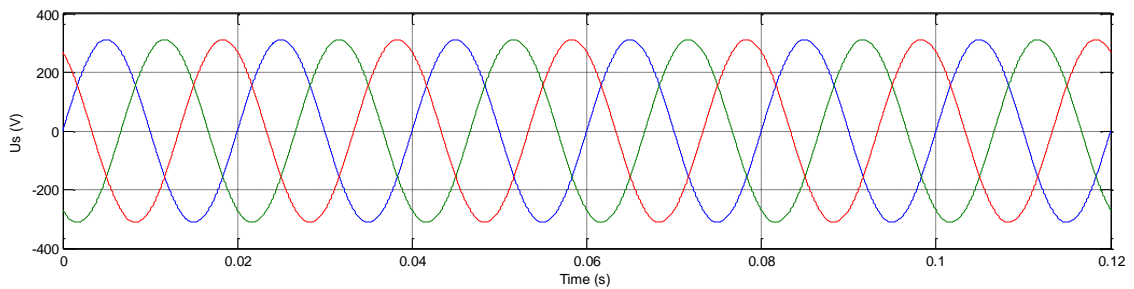
Khối này đo lường và hiển thị thông tin về quá trình để phục vụ cho việc khảo sát và phân tích lò. Mô hình khối đo lường và hiển thị được thể hiện trên hình 1.11.



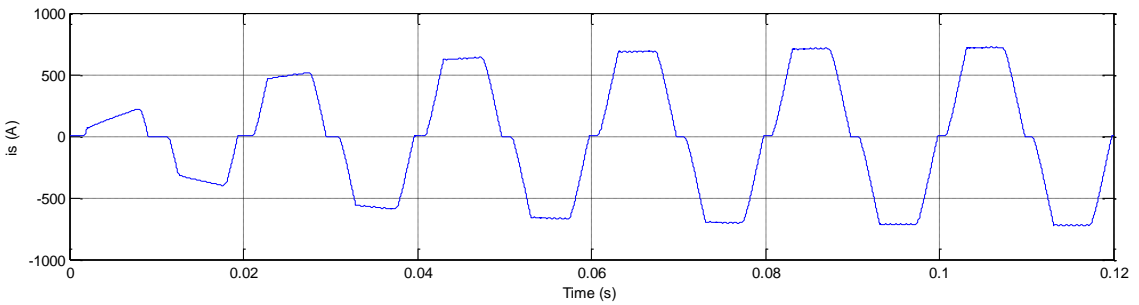
Hình 1. 11. Khối đo lường và hiển thị

Dạng sóng của điện áp và dòng điện tại các điểm đo trên sơ đồ mô phỏng của lò nấu thép cảm ứng

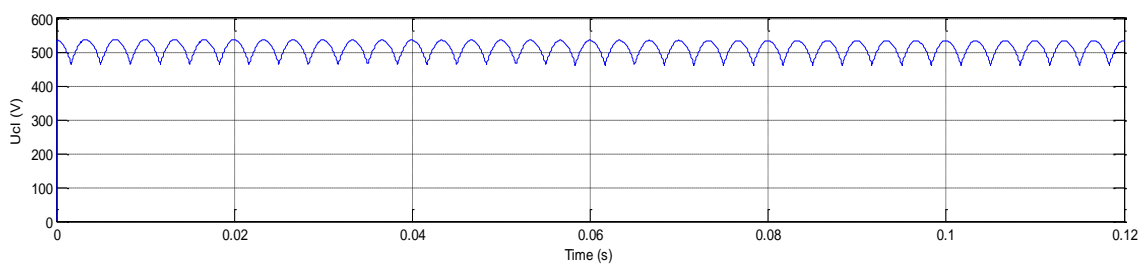
Điện áp nguồn cấp cho lò

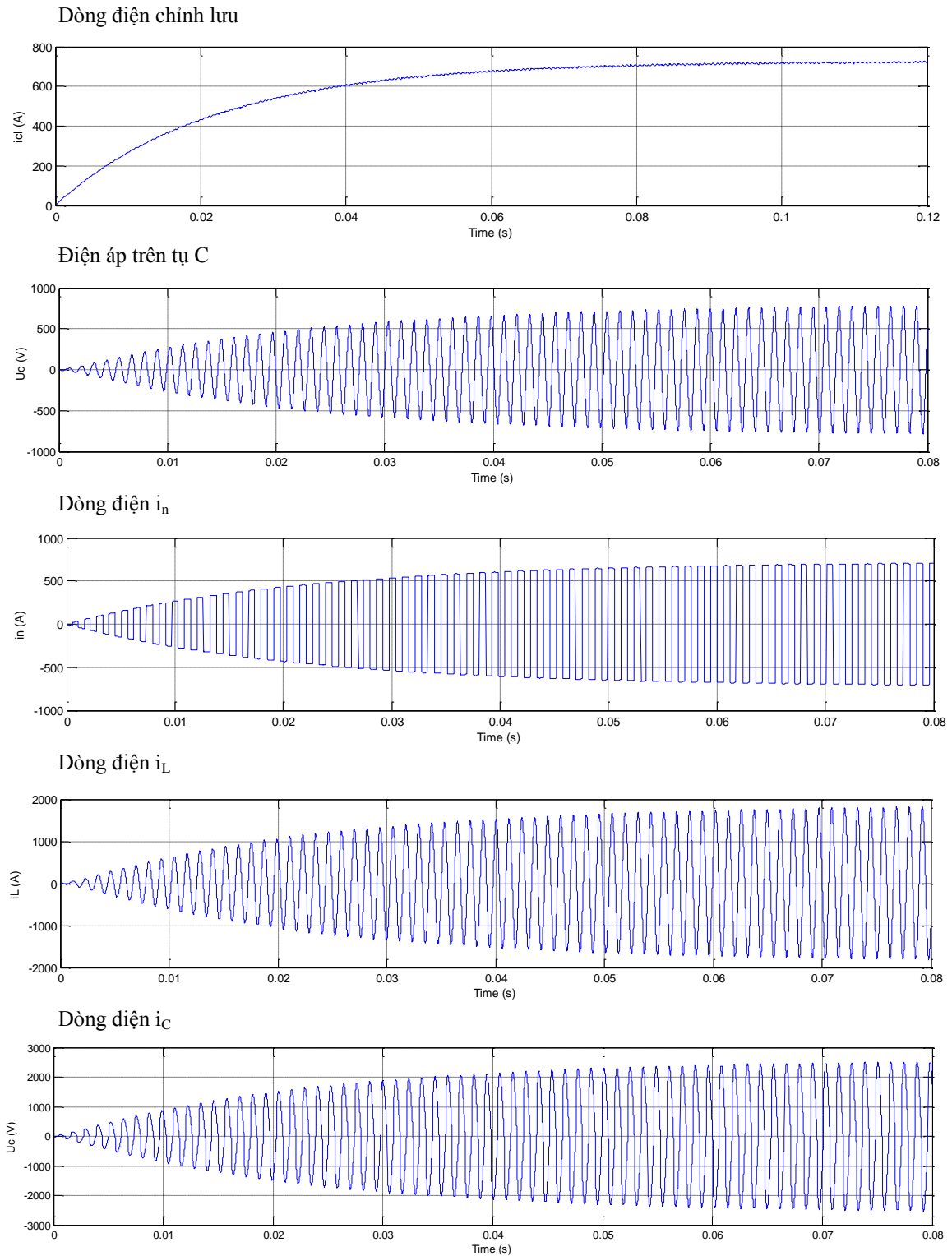


Dòng điện nguồn pha A cấp cho lò



Điện áp chỉnh lưu



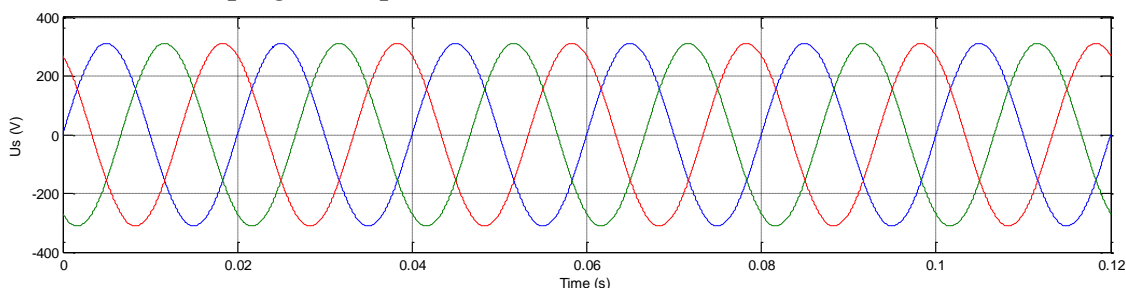


Hình 1. 12. Dạng sóng điện áp và dòng điện tại các điểm đo trên sơ đồ mô phỏng lò cảm ứng.

1.3. Sóng hài và ảnh hưởng của sóng hài do lò nấu thép cảm ứng gây ra lên lưới điện

Dựa vào hệ thống mô phỏng lò nấu thép cảm ứng ở phần trên ta tiến hành phân tích sóng hài và ảnh hưởng của sóng hài do lò cảm ứng gây ra lên lưới điện.

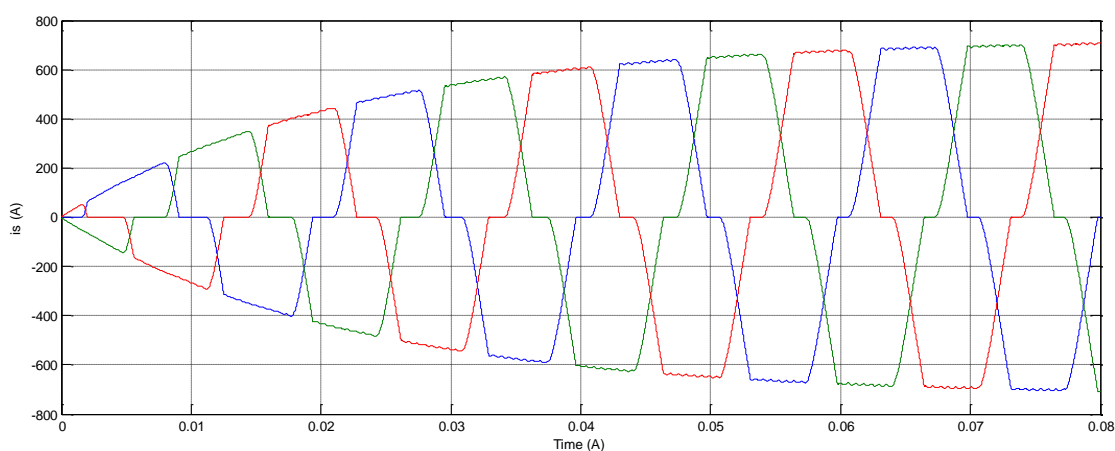
❖ Xét điện áp nguồn cấp cho lò



Hình 1. 13. Đồ thị điện áp nguồn cung cấp

Từ đồ thị điện áp trên hình 1. 13 chứng tỏ điện áp nguồn cung cấp không bị ảnh hưởng nhiều bởi tải.

❖ Dòng điện nguồn cấp cho tải lò

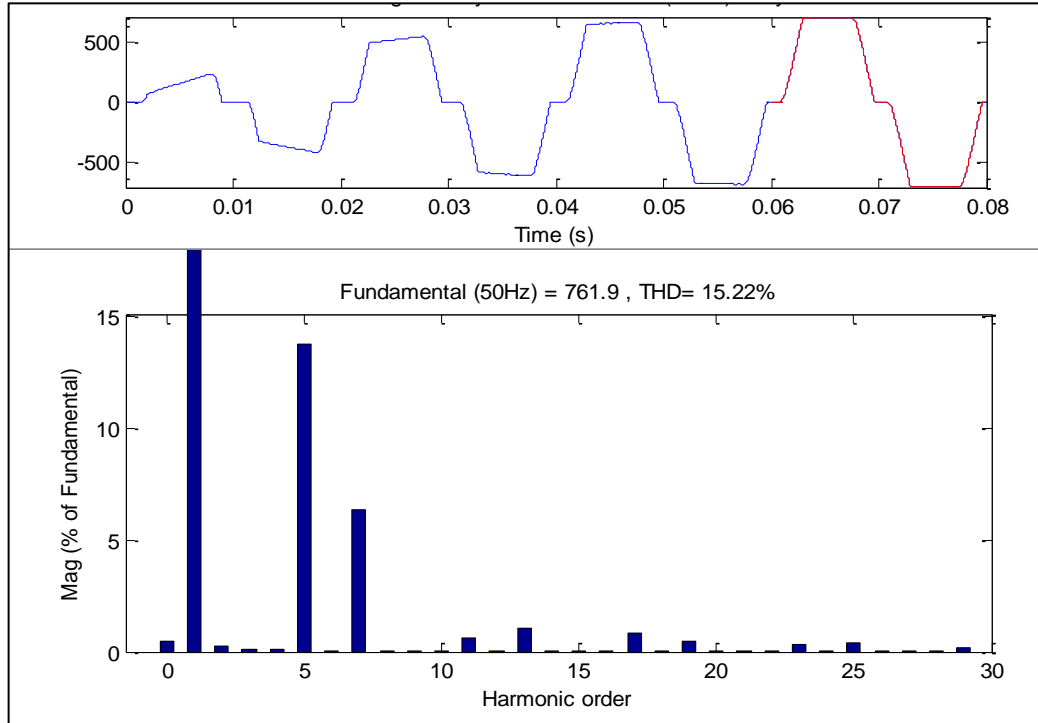


Hình 1. 14. Đồ thị dòng điện nguồn cung cấp

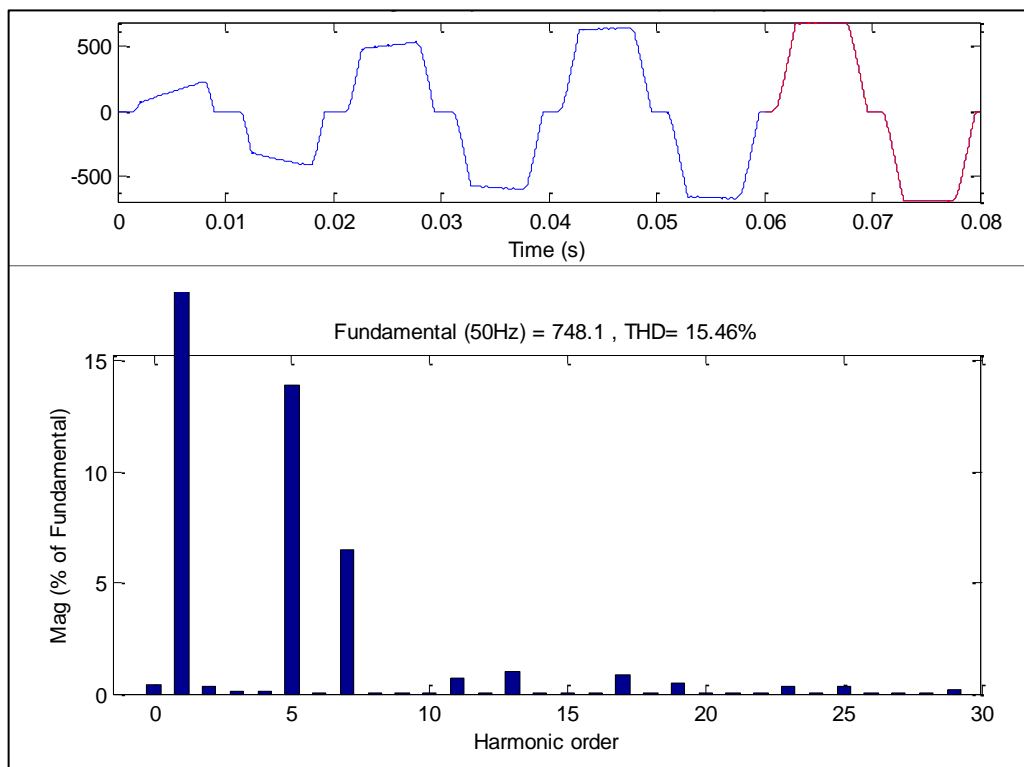
Qua đồ thị hình 1. 14 ta nhận thấy dòng điện các pha không còn dạng hình sin nữa mà bị méo dạng đi rất nhiều so với dạng sin chuẩn do chứa nhiều thành phần sóng điều hòa bậc cao sinh ra do tính phi tuyến của tải lò.

Tiếp theo ta phân tích dòng trên pha A, từ đó đánh giá các thành phần sóng hài bậc cao. Việc phân tích này sẽ được tiến hành tại một số điểm khác nhau theo sự biến thiên của điện cảm L_t , để quan sát sự biến động của các sóng hài, cụ thể ta sẽ tiến hành phân tích tại ba điểm $L_t=78.158\mu\text{H}$, $L_t=88.442\mu\text{H}$ và $L_t=108.4\mu\text{H}$.

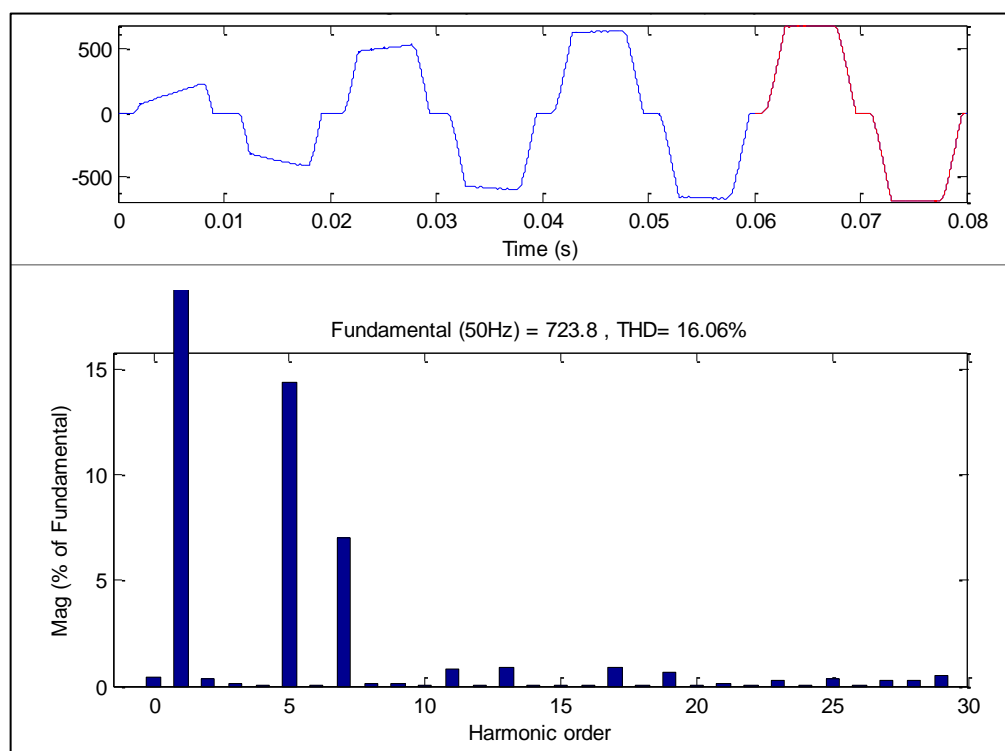
Phân tích phổ dòng điện pha A tại các giá trị L_t nói trên cho ta các kết quả tương ứng ở các hình sau:



Hình 1. 15. Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=78.158\mu\text{H}$



Hình 1. 16. Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=88.442\mu\text{H}$



Hình 1. 17. Phổ tín hiệu dòng điện pha A ứng với $L_t=108.4\mu\text{H}$

Bảng 1. 2. Tỷ lệ các thành phần sóng hài trong dòng điện nguồn

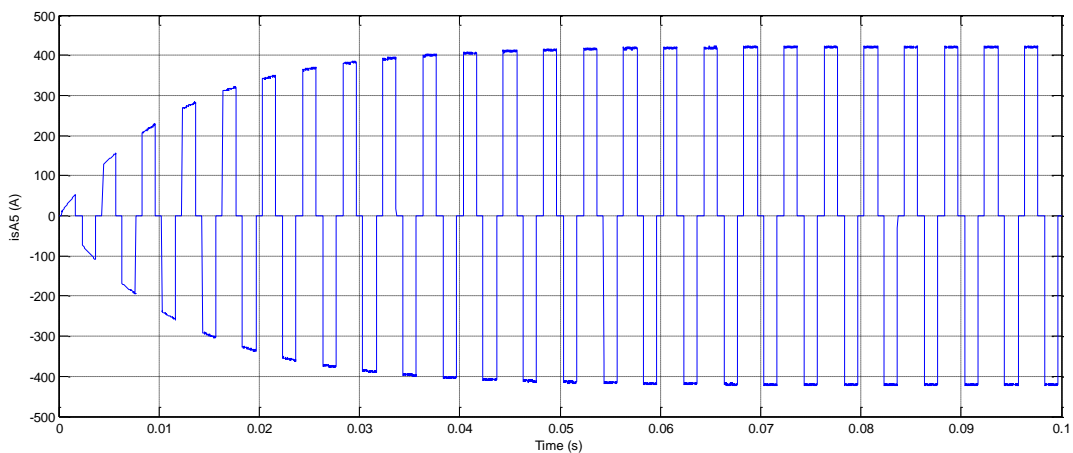
Bậc của sóng hài	Tỷ lệ các thành phần sóng hài (%)		
	$L_t=78.158\mu\text{H}$	$L_t=88.442\mu\text{H}$	$L_t=108.4\mu\text{H}$
DC	0.48	0.44	0.42
Fund	100.00	100.00	100.00
2	0.26	0.31	0.31
3	0.13	0.14	0.09
4	0.10	0.12	0.06
5	13.74	13.90	14.34
6	0.05	0.07	0.04
7	6.33	6.53	6.99
8	0.06	0.05	0.08
9	0.05	0.03	0.11
10	0.07	0.03	0.06
11	0.62	0.68	0.82
12	0.03	0.01	0.02
13	1.04	0.99	0.86
14	0.02	0.03	0.03
15	0.02	0.02	0.04

16	0.01	0.03	0.03
17	0.83	0.88	0.91
18	0.03	0.03	0.05
19	0.47	0.49	0.62
20	0.01	0.02	0.04

Đối chiếu với tiêu chuẩn IEEE std 519 ta thấy tổng hệ số méo dạng dòng điện THD của ba trường hợp trên lần lượt là THD=15.22%, THD=15.46% và THD=16.06% vượt xa giá trị quy định trong bảng tiêu chuẩn là hệ số THD phải nhỏ hơn 5%.

Từ bảng 1.2 ta thấy các sóng hài bậc 5 và bậc 7, chiếm tỷ lệ khá lớn. Trong đó thành phần sóng điều hòa bậc 5 chiếm tỷ lệ rất lớn. Căn cứ theo tiêu chuẩn IEC1000-3-4 ta thấy rằng các thành phần sóng hài trong dòng điện lưới đều vượt quá tiêu chuẩn cho phép được quy định theo bảng tiêu chuẩn. Do đó cần có biện pháp để đảm bảo hạn chế được các thành phần sóng hài bậc cao trên lưới. Biện pháp được sử dụng là bộ lọc tích cực sẽ được trình bày trong các chương sau. Cũng theo bảng 1.2 ta thấy, trong ba trường hợp biến thiên của điện cảm tải, các thành phần sóng hài cùng bậc có giá trị tương đương nhau, các thành phần sóng hài cùng bậc có giá trị tương đương nhau.

Sau đây là đồ thị thành phần sóng hài bậc 5 của dòng điện pha A, là thành phần chiếm tỷ lệ lớn nhất, được đo trong trường hợp giá trị cuộn cảm $L_t=78.158\mu\text{H}$



Hình 1. 18. Đồ thị thành phần bậc 5 của dòng điện nguồn pha A

1.4. Kết luận chương 1

Chương này luận văn đi tìm hiểu tổng quan về lò nấu thép cảm ứng, sau đó tìm hiểu chi tiết về lò nấu thép cảm ứng song song sử dụng bộ nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng.

Phân tích sóng hài và ảnh hưởng của sóng hài do lò nấu thép cảm ứng gây ra bằng cách mô hình hóa, mô phỏng lò nấu thép cảm ứng sử dụng phần mềm Matlab/simulink, với các công cụ phân tích phổ tín hiệu.

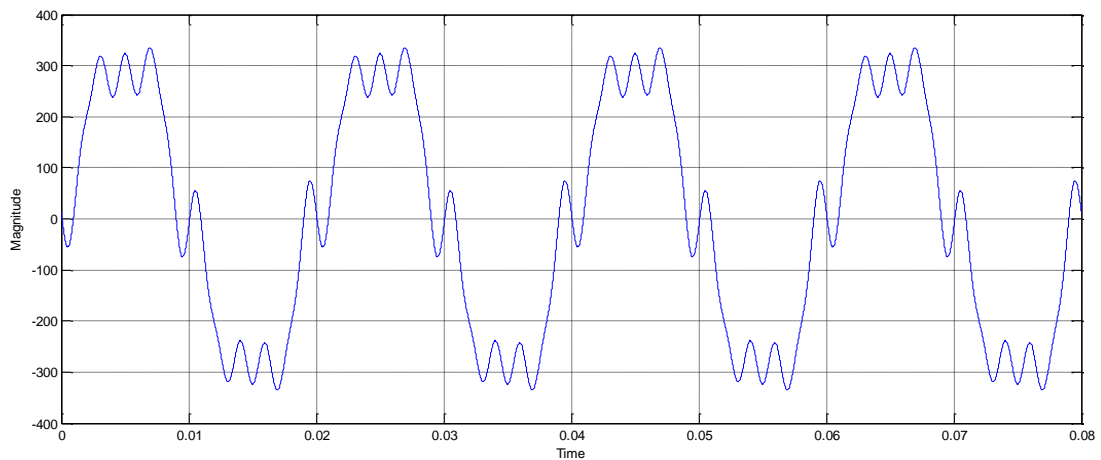
Thông qua việc tìm hiểu, mô phỏng và phân tích này, nhận thấy tổng độ méo dạng THD dòng điện nguồn của lò là rất lớn, vượt xa giá trị tiêu chuẩn cho phép. Vì vậy, việc thực hiện lọc sóng hài cho lò là vấn đề tất yếu nhằm đảm bảo chất lượng điện năng cho lưới điện.

Chương tiếp theo luận văn sẽ đi tìm hiểu chi tiết về sóng hài và các phương pháp lọc sóng hài, nhằm hiểu rõ hơn về bản chất, nguồn gốc và tác hại của sóng hài, các phương pháp lọc sóng hài. Từ đó đề xuất phương pháp lọc sóng hài phù hợp cho lò nấu thép cảm ứng.

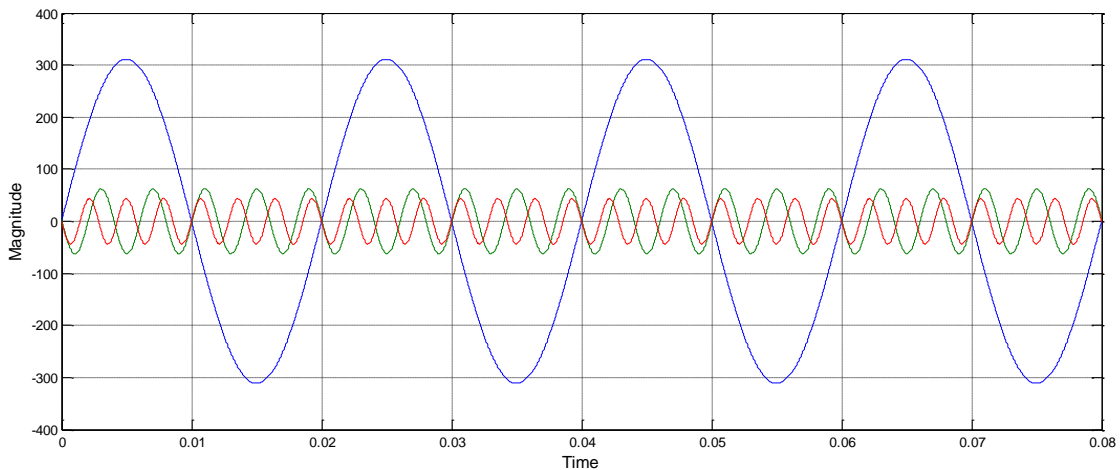
Chương 2 – SÓNG HÀI VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP LỌC SÓNG HÀI

2.1. Tổng quan về sóng hài

Sóng hài là trường hợp riêng của sóng điều hòa, sóng điều hòa có thể coi là tổng của các dạng sóng sin mà tần số của nó là bội số của tần số cơ bản, nếu bội số là số nguyên thì gọi là hài (harmonic), bội số khác số nguyên gọi là hiện tượng âm hài (interharmonic). Hay nói cách khác một sóng điều hòa bất kỳ là tổng của sóng thành phần cơ bản và các thành phần điều hòa bậc cao hơn.



Hình 2. 1. Dạng sóng điều hòa bất kỳ



Hình 2. 2. Các thành phần của sóng điều hòa

Với điều kiện vận hành cân bằng các sóng điều hòa bậc cao có thể chia thành thành phần thứ tự thuận, nghịch, không:

- Thành phần thứ tự thuận: các sóng điều hòa bậc 4, 7, 11...

- Thành phần thứ tự nghịch: các sóng điều hòa bậc 2, 5, 8...
- Thành phần thứ tự không: các sóng điều hòa bậc 3, 6, 9...

Đối với điều kiện không cân bằng trong các pha chẳng hạn như điện áp hệ thống không cân bằng, tải các pha không đối xứng, mỗi sóng điều hòa có thể xảy ra một trong ba thành phần thứ tự nói trên.

Sóng điều hòa bậc cao ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng lưới điện và phải chú ý khi tổng sóng điều hòa dòng điện bậc cao cao hơn mức độ cho phép. Sóng điều hòa dòng điện bậc cao là dòng điện có tần số bằng bội số nguyên lần tần số cơ bản. Ví dụ dòng 250(Hz) trên lưới 50(Hz) là dòng điều hòa bậc 5, dòng 250(Hz) là dòng không sử dụng được với các thiết bị trên lưới. Vì vậy nó sẽ chuyển sang dạng nhiệt năng và gây tổn hao.

Sử dụng chuỗi Fourier với chu kỳ T(s), tần số cơ bản $f=1:T$ (Hz) hay $\omega=2\pi f$ (rad/s) có thể biểu diễn một sóng điều hòa với biểu thức như sau:

$$f(\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} F_n \sin(n\omega t + \Psi_n) \quad (2.1)$$

Trong đó:

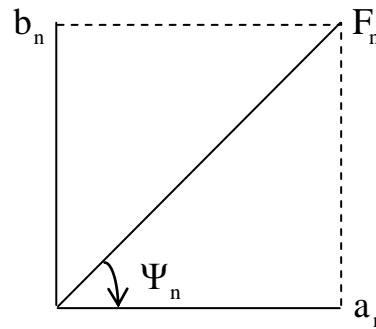
- $\frac{a_0}{2}$: là giá trị trung bình
- F_n : Biên độ của sóng điều hòa bậc n trong chuỗi Fourier
- $F_n \sin(n\omega t + \Psi_n)$: là thành phần sóng cơ bản
- $F_n \sin(n\omega t + \Psi_n)$: là thành phần sóng điều hòa bậc n
- Ψ_n : góc pha của sóng điều hòa bậc n

Ta có thể viết như sau:

$$F_n \sin(n\omega t + \Psi_n) = F_n (\sin n\omega t \cdot \cos \Psi_n + \cos n\omega t \cdot \sin \Psi_n) \quad (2.2)$$

Ta quy ước như sau:

$$F_n \cos \psi_n = a_n \quad \text{và} \quad F_n \sin \psi_n = b_n$$



Hình 2. 3. Phân tích F_n thành a_n và b_n

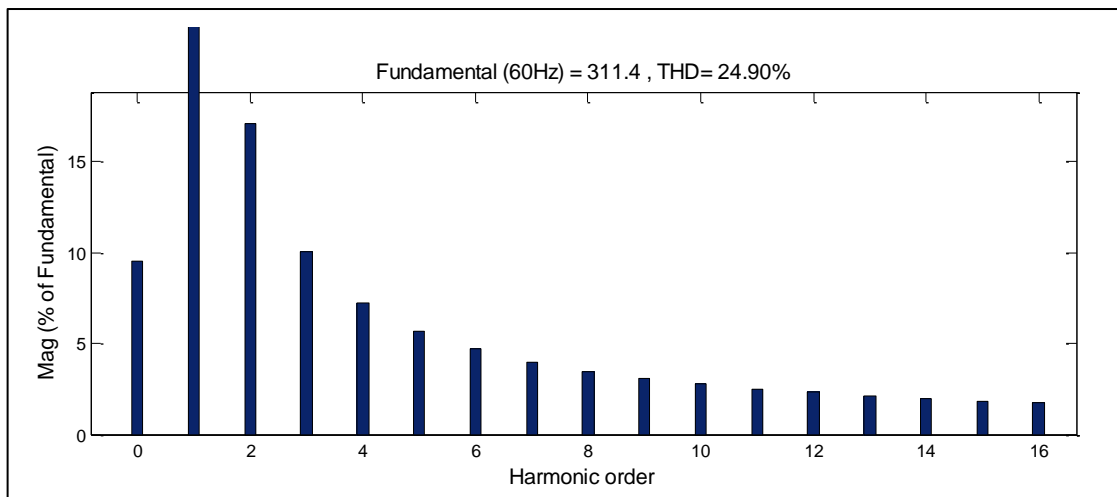
Khi đó ta có thể viết như sau:

$$f(\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega t) \quad (2.3)$$

Hay:

$$f(\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \right) \quad (2.4)$$

Ví dụ về phổ sóng điều hòa:



Hình 2. 4. Phổ của một sóng điều hòa

Một tham số quan trọng để đánh giá sóng điều hòa là hệ số méo dạng (Total Harmonic Distortion)

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} X_n^2}}{X_1} \quad (2.5)$$

Trong đó:

- X_1 : là thành phần cơ bản
- X_n : là biên độ thành phần điều hòa bậc n

Từ công thức (2.5) ta có thể đánh giá độ méo dòng điện và điện áp qua hệ số méo dạng dòng điện và hệ số méo dạng điện áp.

- Hệ số méo dạng dòng điện:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2.6)$$

Trong đó:

- I_1 : là biên độ dòng điện cơ bản
- I_n : là biên độ thành phần điều hòa bậc n
- Hệ số méo dạng điện áp:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \quad (2.7)$$

Trong đó:

- U_1 : là biên độ dòng điện cơ bản
- U_n : là biên độ thành phần điều hòa bậc n

2.2. Nguyên nhân gây ra sóng hài

Các nguồn sinh sóng điều hòa trong công nghiệp được tạo ra bởi tất cả các tải phi tuyến. Các phần tử phi tuyến điển hình là lõi thép của MBA, động cơ (đặc tính bão hòa của vật liệu sắt 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, nguồn hàn, các hệ truyền động điện, lò hồ quang điện, lò nấu thép cảm ứng, lò tôi cao tần... Dưới đây là một số nguồn tạo sóng điều hòa phổ biến trong công nghiệp:

❖ Máy biến áp:

Hiện tượng bão hòa mạch từ của MBA lực có thể sinh ra sóng điều hòa 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 điều hòa bậc cao. Các MBA cũng sinh ra sóng điều hòa khi vận hành ở điện áp cao hơn điện áp định mức.

❖ **Động cơ:**

Tương tự MBA, động cơ xoay chiều khi hoạt động sinh ra sóng điều hòa dòng điện bậc cao. Các sóng điều hòa 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 điều hòa bậc cao bởi vì dạng từ trường, sự bão hòa trong các mạch chính, các đường rò và do các dây quấn dùng để giảm dao động đặt không đối xứng.

❖ **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. Thực tế thì loại đèn này không hơn gì về hiệu quả tạo ánh sáng với đèn dây đốt, điểm nổi trội hơn của nó là độ sáng được duy trì trong thời gian dài, tuổi thọ lớn hơn. Tuy nhiên sóng điều hòa 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, các máy hàn... Theo thông kê thì điện áp lò hồ quang cho thấy sóng điều hòa bậc cao đầu ra biến thiên rất lớn ví dụ như sóng điều hòa bậc 5 là 8% khi bắt đầu nóng chảy, 6% ở cuối giai đoạn nóng chảy và 2% của giai đoạn cơ bản trong suốt thời gian tinh luyện.

❖ **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 là nguồn gốc gây sóng điều hòa bậc cao.

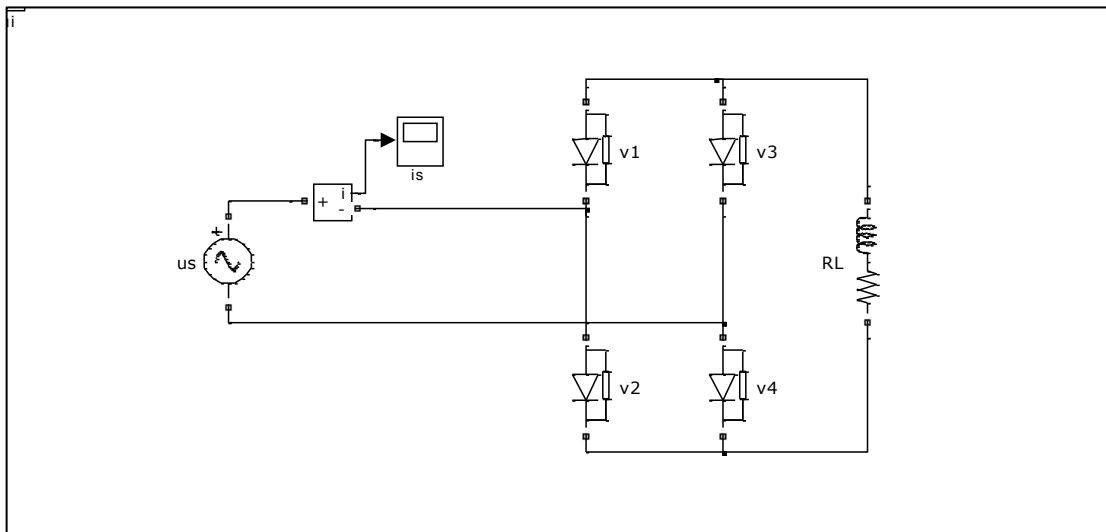
Tùy thuộc vào cấu trúc của các bộ biến đổi mà sóng điều hòa sinh ra khác nhau. Các mạch chỉnh lưu trong biến tần thường là chỉnh lưu cầu ba pha có ưu điểm

là đơn giản, rẻ, chắc chắn nhưng thành phần đầu vào chứa nhiều sóng điều hòa. Do đó để giảm bớt sóng điều hòa có thể dùng hai mạch chỉnh lưu cầu ba pha ghép lại 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 sẽ cho ra dòng điện trơn hơn, giảm được các thành phần điều hòa. Từ đó có thể thấy là khi muốn giảm sóng điều hòa dòng điện ta có thể tăng số van trong mạch chỉnh lưu lên. Tuy nhiên khi đó gây ra một số bất lợi như công kênh, nặng, điều khiển phức tạp, tổn thất công suất và sinh ra sóng điều hòa dòng điện bậc cao khi tải không đối xứng hoặc điện áp không đối xứng.

Ta xét dạng sóng điều hòa gây ra bởi một số bộ biến đổi công suất:

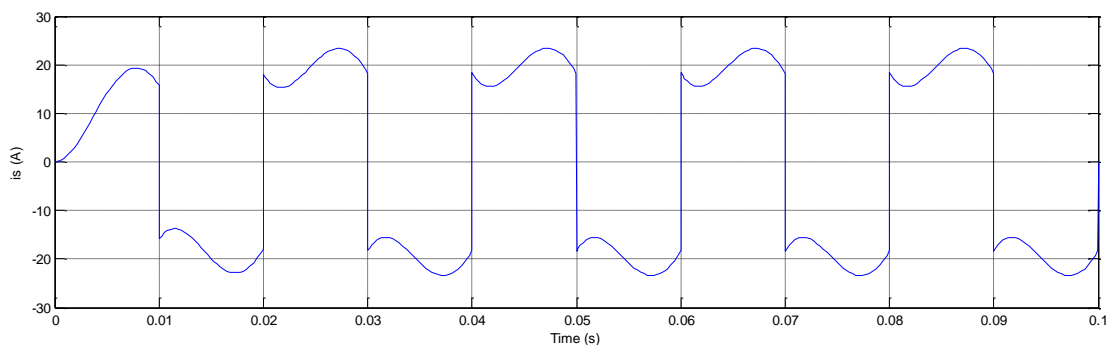
□ Chỉnh lưu cầu một pha (tải có tính cảm)

Sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển được mô phỏng trên phần mềm matlab/simulink như hình sau:

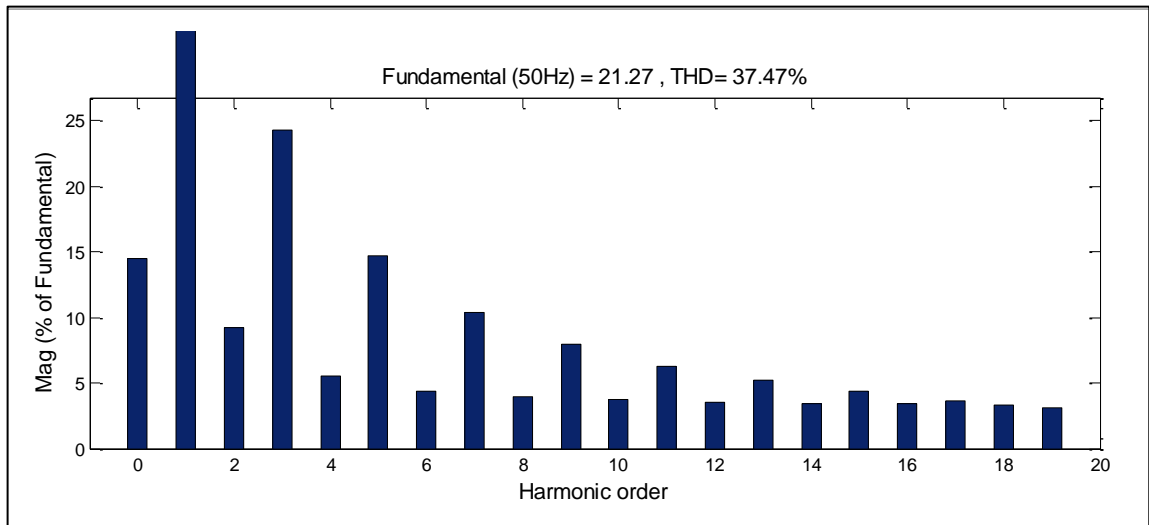


Hình 2. 5. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha không điều khiển

Dòng điện trên đường dây cấp nguồn cho bộ chỉnh lưu:

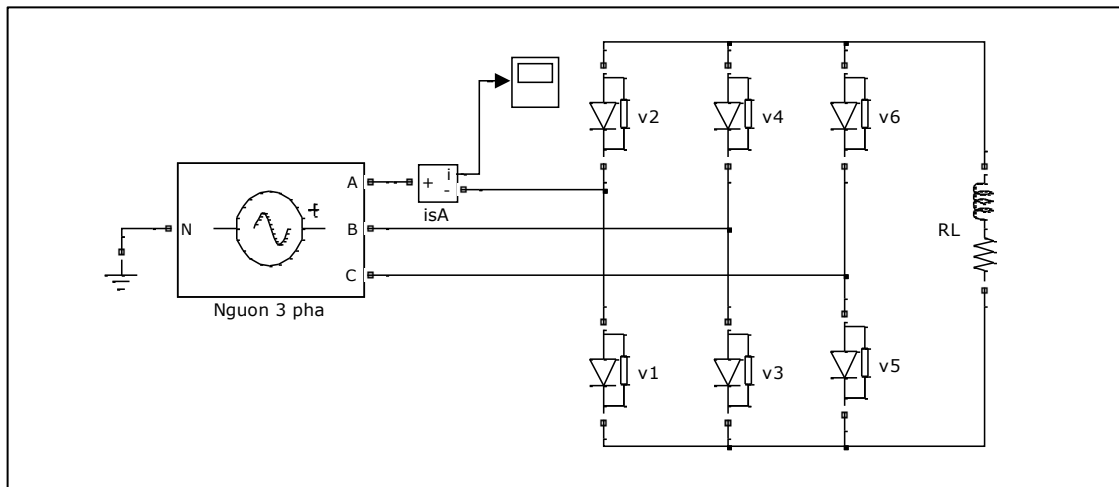


Hình 2. 6. Dạng sóng dòng điện nguồn cấp cho bộ chỉnh lưu



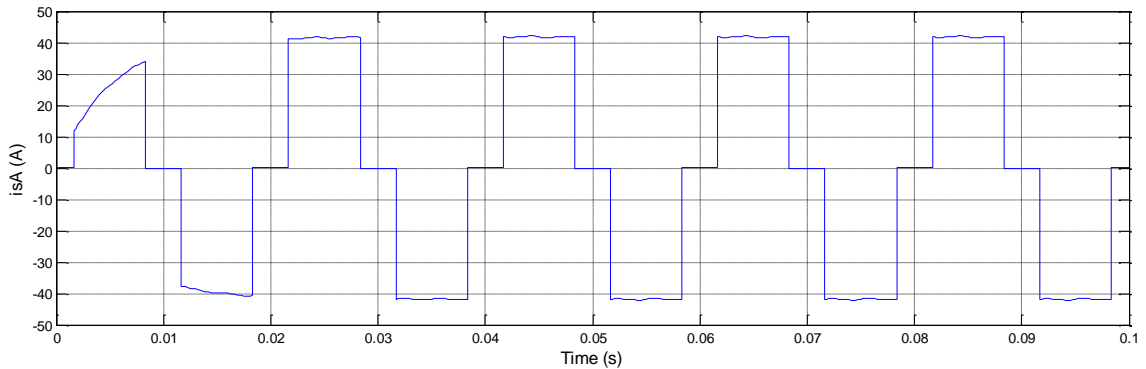
Hình 2. 7. Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu một pha

❑ Chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển (tải có tính cảm)

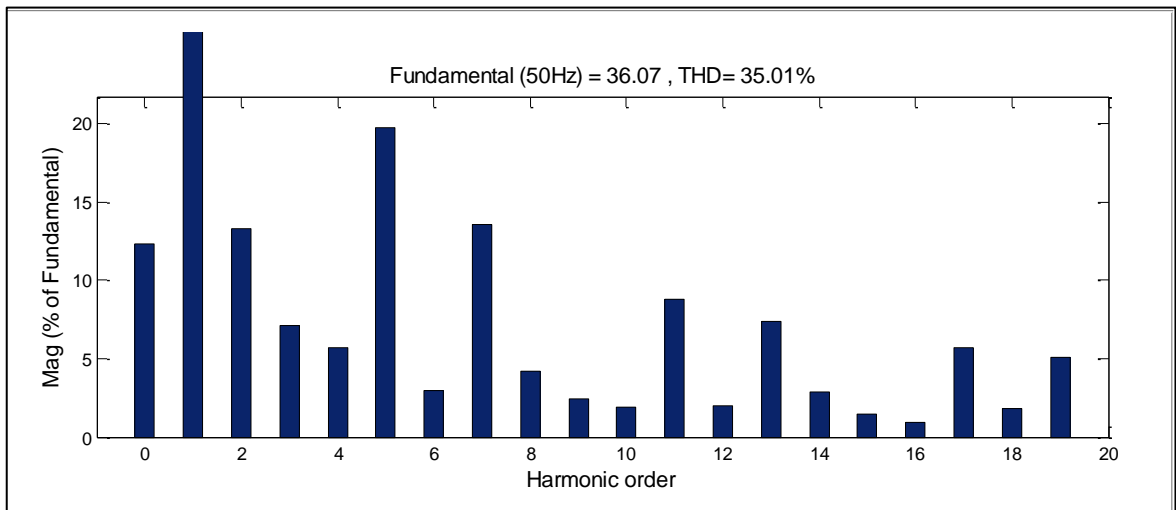


Hình 2. 8. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển

Dạng sóng dòng điện trên pha A của nguồn cấp cho chỉnh lưu



Hình 2. 9. Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển

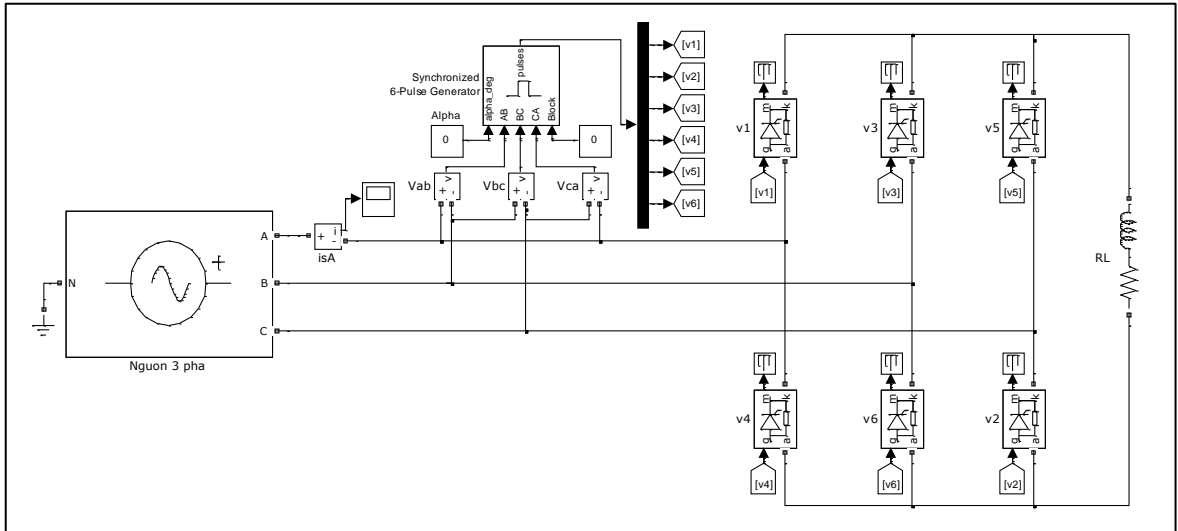


Hình 2. 10. Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển

Ta thấy dòng điện đầu vào bộ chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển có độ méo rất lớn $THD=35,01\%$. Các thành phần sóng điều hòa này là do tính phi tuyến của bộ chỉnh lưu cầu gây ra. Trong đó các thành phần sóng điều hòa bậc 5, 7, 11, 13 là chủ yếu.

❑ Chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển (tải có tính cảm)

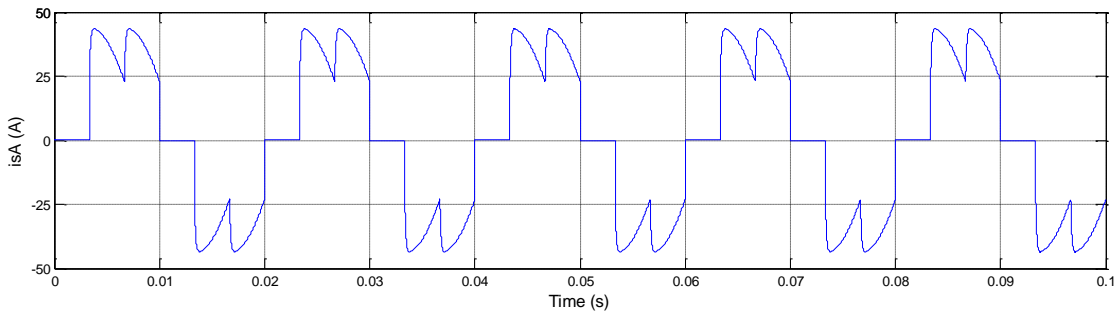
Sơ đồ mạch chỉnh lưu ba pha có điều khiển được mô phỏng trên phần mềm matlab/simulink như hình 1.12. Sơ đồ sử dụng bộ nguồn xoay chiều ba pha, có hiệu điện thế hiệu dụng 220V, các góc lệch pha nhau 120^0 . Khối chỉnh lưu có điều khiển sử dụng các tiristor công suất.



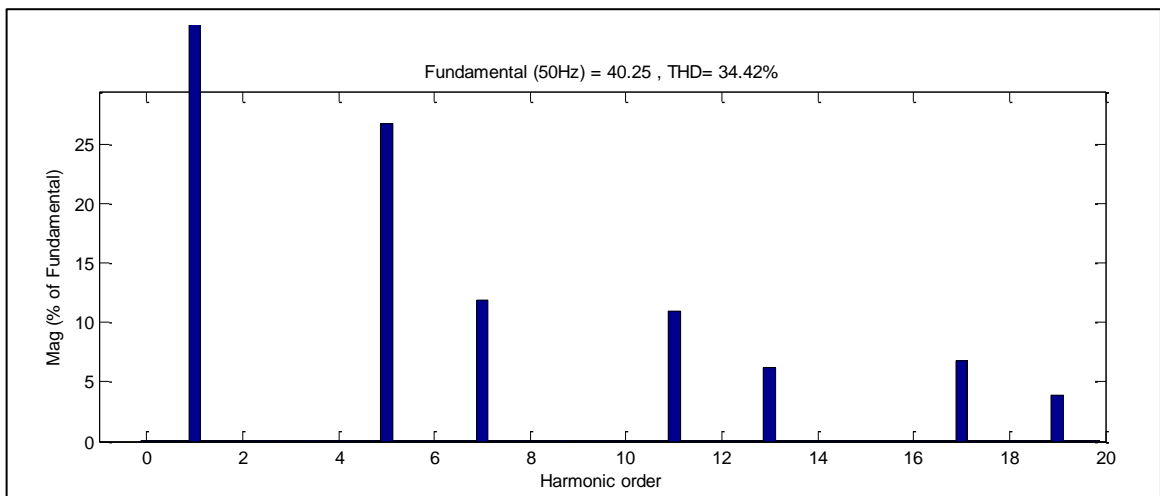
Hình 2. 11. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển

○ Trường hợp góc điều khiển alpha bằng 30^0

Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 30^0



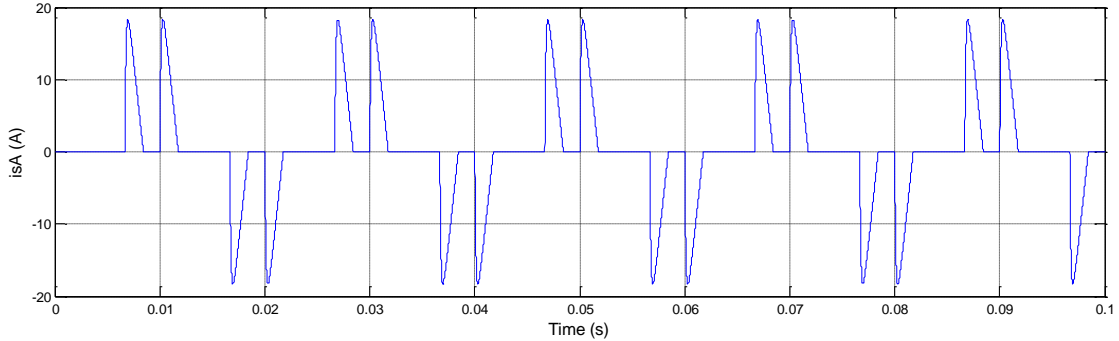
Hình 2. 12. Dòng điện bộ chỉnh lưu cầu ba pha ứng với góc điều khiển 30^0



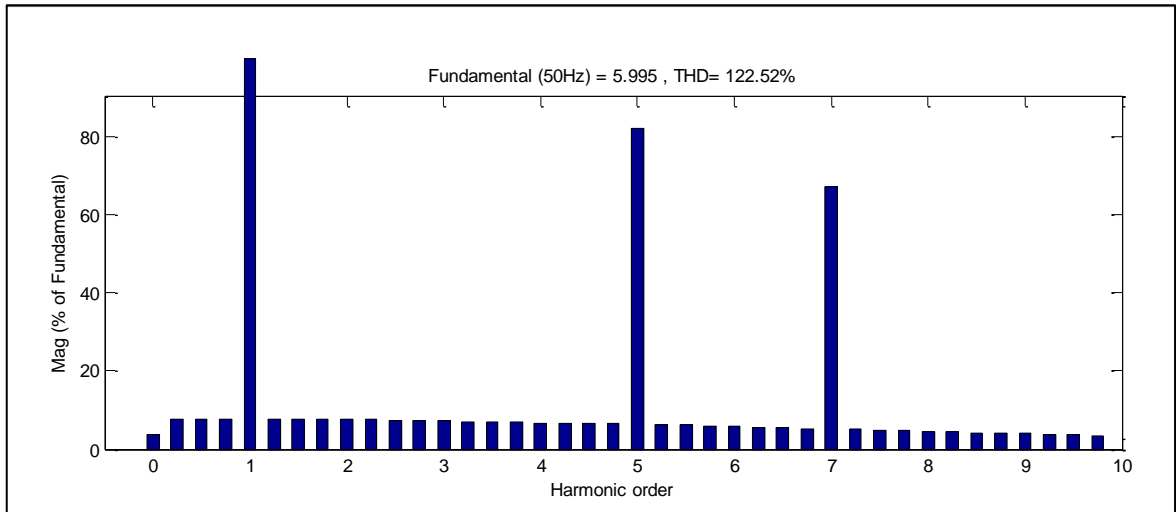
Hình 2. 13. Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 30^0

○ **Trường hợp góc điều khiển alpha bằng 90^0**

Dòng điện lưới gây bởi bộ chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 90^0



Hình 2. 14. Dòng điện bộ chỉnh lưu cầu ba pha ứng với góc điều khiển 90^0



Hình 2. 15. Phổ dòng điện chỉnh lưu cầu 3 pha có điều khiển 90^0

Từ kết quả ở trên với chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển ta thấy khi thay đổi góc điều khiển thì độ méo dòng điện cũng tăng lên rất lớn THD=122.52% trong trường hợp góc điều khiển là 90^0 so với khi góc điều khiển 30^0 có THD=34,42% .

Như vậy khi càng tăng góc điều khiển thì các thành phần sóng điều hòa bậc cao sinh ra càng lớn làm độ méo dòng điện càng tăng.

2.3. Ảnh hưởng của sóng hài

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 độ trong các thiết bị và ảnh

hường 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 điều hòa 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:

$$U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt} = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} U_n^2} = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots}$$

$$I_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} I_n^2} = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots}$$

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

- Làm tăng phát nóng của dây dẫn điện, thiết bị điện.
- Gây ảnh hưởng đến độ bền cách điện của vật liệu, làm giảm khả năng mang tải của dây dẫn điện.
- Với MBA: Các sóng điều hòa bậc cao gây ra tổn thất đồng, tổn thất từ thông tản và tổn thất sắt làm tăng nhiệt độ MBA do đó làm tăng tổn thất điện năng.
- Động cơ điện: Tổn hao trên cuộn dây và lõi thép động cơ tăng, làm méo dạng momen, giảm hiệu suất máy, gây tiếng ồn, các sóng điều hòa 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 điều hòa bậc cao có thể làm momen tác động của role 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 role sai lệch, gây cảnh báo nhầm của các UPS.
- 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 điều hòa bậc cao còn làm các thiết bị sử dụng điện và đèn chiếu sáng bị chập chờn ảnh hưởng đến con người.
- Gây ảnh hưởng tới các thiết bị viễn thông: các sóng điều hòa bậc cao có thể gây sóng điện từ lan truyền trong không gian làm ảnh hưởng đến thiết bị thu phát sóng.

2.4. Một số tiêu chuẩn giới hạn thành phần sóng hài trên lưới

Với những tác hại to lớn đã được đề cập ở phần trên, 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 cho lưới điện.

Ở nước ta hiện chưa có tiêu chuẩn nào về việc hạn chế thành phần sóng hài trên lưới. Tuy nhiên với sự phát triển mạnh mẽ về công nghiệp ở nước ta hiện nay, việc xây dựng và áp dụng các tiêu chuẩn giới hạn sóng hài trên lưới điện là vấn đề tất yếu trong thời gian tới đây.

Trên thế giới đã xây dựng và áp dụng một số tiêu chuẩn như tiêu chuẩn IEEE std 519, IEC 1000-4-3 để giới hạn các thành phần sóng hài trên lưới điện.

Sau đây sẽ giới thiệu một số tiêu chuẩn trên thế giới về giới hạn các thành phần sóng hài trên lưới điện mà Việt Nam được phép áp dụng.

2.4.1. Tiêu chuẩn IEEE std 519

- ❖ Tiêu chuẩn IEEE std 519 giới hạn nhiễu điện áp trên lưới điện (IEEE std 519, Recommend Practices for Utilities)

Tiêu chuẩn được trình bày ở bảng sau:

Bảng 2. 1. Giới hạn nhiễu điện áp theo tiêu chuẩn IEEE std 519

Điện áp tại điểm nối chung (Point Common Couping)	Nhiễu điện áp từng loại sóng điều hòa (%)= U_h/U_1	Nhiễu điện áp tổng cộng các loại sóng hài THD (%)
69kV và thấp hơn	3,0	5,0
Trên 69kV tới 161kV	1,5	2,5
Trên 161kV	1,0	1,5

- ❖ Tiêu chuẩn IEEE std 519 giới hạn nhiễu dòng điện trên lưới điện (IEEE std 519, Recommend Practices for Individual Consumer)

Tiêu chuẩn này giới hạn nhiễu dòng điện cho hệ thống phân phối chung quy định cho cấp điện áp từ 120V tới 69KV. Tiêu chuẩn được trình bày trong bảng sau.

Bảng 2. 2. Giới hạn nhiễu dòng điện theo tiêu chuẩn IEEE std 519

Nhiễu dòng điện tối đa (% của $I_{\text{tải}}$) (Maximum Harmonic Current Distortion)						
Tỷ số ngắn mạch ($SCR=I_{SC}/I_{\text{tải}}$)	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \leq 35$	THD
Dưới 20	4,0	2,0	1,5	6,0	0,3	5,0
20 tới 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 tới 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 tới 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
Trên 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
<i>Hài bậc chẵn được giới hạn tới 25% của giới hạn bậc lẻ ở trên</i>						
<i>h: bậc của sóng điều hòa</i>						

2.4.2. Tiêu chuẩn IEC 1000-3-4

Bảng sau trình bày tiêu chuẩn IEC 1000-3-4, quy phạm tiêu chuẩn có tính bắt buộc cho thiết bị trên 75A dòng đầu vào mỗi pha

Bảng 2. 3. Tiêu chuẩn IEC 1000-3-4

Bậc sóng điều hòa (n)	Dòng điều hòa có thể chấp nhận được I_n/I_1 (%)	Bậc sóng điều hòa (n)	Dòng điều hòa có thể chấp nhận được I_n/I_1 (%)
3	19	19	1,1
5	9,5	21	$\leq 0,6$
7	6,5	23	0,9
9	3,8	25	0,8
11	3,1	27	$\leq 0,6$
13	2,0	29	0,7
15	0,7	31	0,7
17	1,2	≥ 33	$\leq 0,6$
<i>Sóng hài bậc chẵn: $\leq 4/n$ hoặc $\leq 0,6$</i>			

2.5. Các phương pháp lọc sóng hài

Để nâng cao chất lượng điện năng thì việc áp dụng các tiêu chuẩn giới hạn sóng hài là vấn đề tất yếu, nhưng làm thế nào để chúng ta đưa sóng hài nằm trong giới hạn cho phép đó? Đó chính là việc phải sử dụng các bộ lọc sóng hài. Bộ lọc là thiết bị tạo ra đặc tuyến tần số định trước mà chức năng của nó là cho một số tần số đi qua nhất định đồng thời loại bỏ những tần số khác.

Các bộ lọc sóng hài được sử dụng phổ biến hiện nay là:

- Bộ lọc thụ động (Passive Filter).
- Bộ lọc chủ động (Active Filter).
- Bộ lọc hỗn hợp cả chủ động và thụ động.

2.5.1. Bộ lọc thụ động

Bao gồm các phần tử R, L, C được ghép nối với nhau và được lựa chọn cho một tần số lọc xác định. Nguyên lý làm việc của bộ lọc loại này là ngắn mạch đối với sóng điều hòa cần lọc để sóng điều hòa đó chảy ra khỏi hệ thống.

Trong sơ đồ lọc ba pha có hai loại bộ lọc là bộ lọc RC và bộ lọc LC. Trong cả hai loại bộ lọc này đều có tụ điện, tụ điện có thể mắc hình tam giác hoặc hình sao. Khi mắc tụ điện hình tam giác có ưu điểm là tiết kiệm dung lượng tụ, song không loại trừ được hết sóng điều hòa điện áp dây. Bộ tụ đấu hình sao có dung lượng tụ tăng lên 3 lần nhưng loại được sóng điều hòa cả điện áp dây và điện áp pha và đặc biệt khi tụ đấu sao có trung tính thì có thể loại luôn cả điện áp thứ tự không sinh ra bởi sự chuyển mạch van bán dẫn. Các loại lọc được sử dụng phổ biến như:

❖ Bộ lọc RC

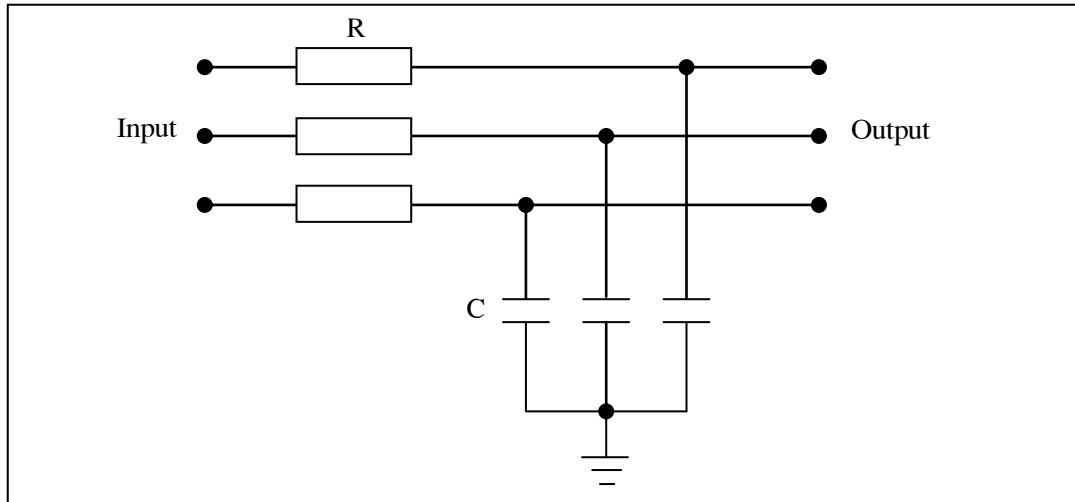
Cấu trúc bộ lọc RC được thể hiện như hình 2.17

☐ Ưu điểm

- Bộ lọc RC là loại bộ lọc đơn giản nhất, giá thành rẻ.
- Vận hành ổn định.

☐ Nhược điểm

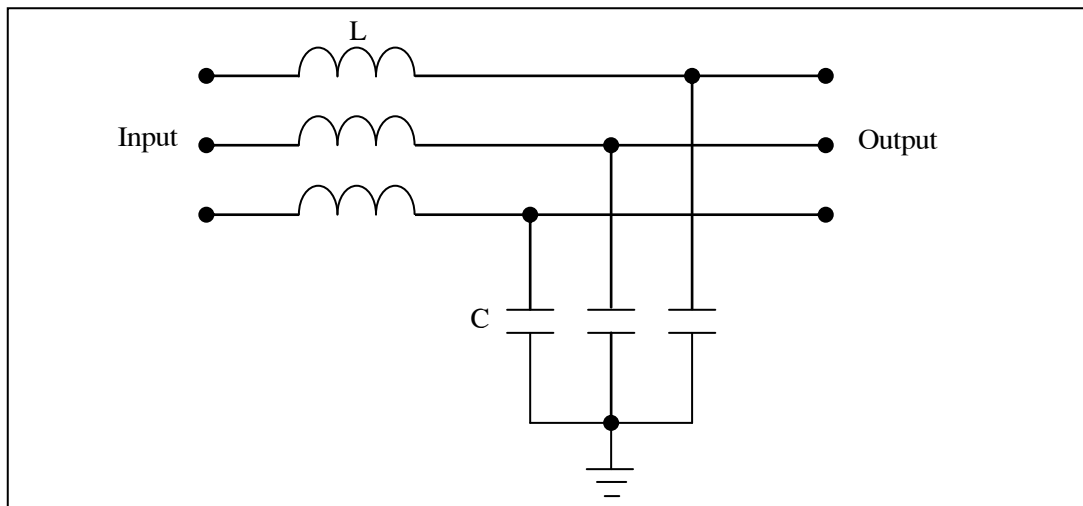
- Có tổn hao trên điện trở, tổn hao này càng lớn khi công suất lớn.
- Khả năng chọn lọc tần số kém.



Hình 2. 16. Bộ lọc RC

❖ Bộ lọc RC

Cấu trúc bộ lọc LC được thể hiện như hình sau



Hình 2. 17. Bộ lọc LC

- ❖ Ưu điểm: Bộ lọc LC có khả năng lọc tốt nhất, có khả năng lọc được nhiều tần số theo ý muốn.
- ❖ Nhược điểm:
 - Giá thành đắt và sự vận hành của mạch kém tin cậy hơn bộ lọc RC do trong mạch có cuộn cảm.
 - Gây nhiễu cho các thiết bị thông tin do sự phát sinh sóng điện từ từ cuộn cảm

- Có thể xuất hiện hiện tượng cộng hưởng làm tăng dòng và áp dẫn đến hỏng thiết bị.

Khi ở đầu thấp của dải âm tần các trị số điện cảm tăng khi tần số cần thiết lọc giảm gây một số vấn đề như:

- Do cuộn cảm là thiết bị có tổn hao bên trong bản thân nó và tổn hao đó lại
- tăng rõ rệt khi cần điện cảm rất lớn cho tần số thấp. Độ hao này làm suy giảm đáng kể hệ số phẩm chất đối với mỗi cuộn dây và đặc tuyến lọc bị lệch đi nhiều so với dạng cần thiết.
- Khi điện cảm cuộn dây lớn thì làm tăng kích thước của chúng dẫn đến làm tăng kích thước bộ lọc đồng thời làm tăng giá thành bộ lọc.

2.5.2. Bộ lọc chủ động

Dựa trên nền tảng là các bộ biến đổi điện tử công suất lớn do đó bộ lọc tích cực có nguyên lý làm việc khác bộ lọc thụ động cũng như có nhiều ưu điểm và tính năng hơn.

Mặc dù có nhiều phương pháp khử và hạn chế sóng điều hòa bậc cao như dùng bộ lọc thụ động, sử dụng máy biến áp đầu Δ/Y ... Nhưng phương pháp sử dụng bộ lọc tích cực là phương pháp hiện đại ngày càng chiếm ưu thế, rất mềm dẻo trong cấu hình phần cứng lẫn phần mềm để xử lý phù hợp với những loại tải và các điều kiện điện áp nguồn cung cấp khác nhau.

❖ Vai trò của bộ lọc tích cực

☐ Bù sóng điều hòa điện áp

Bù điện áp thường không được chú ý nhiều trong hệ thống điện vì điện áp tiêu thụ tại điểm đầu dây chung thường duy trì trong phạm vi giới hạn cơ bản đối với các sự cố tăng hoặc giảm áp. Vấn đề bù điện áp chỉ được xem xét đến khi tải nhạy với sự xuất hiện sóng điều hòa điện áp bậc cao trong lưới nguồn như các thiết bị bảo vệ hệ thống điện.

☐ Bù sóng điều hòa dòng điện

Bù sóng điều hòa dòng điện có ý nghĩa quan trọng đối với các tải có công suất vừa và nhỏ. Việc giảm thành phần sóng điều hòa dòng điện trong lưới còn có tác dụng giảm độ méo dạng điện áp tại điểm đầu dây chung.

❑ Bù công suất

Bộ lọc tích cực ngoài chức năng lọc có thể thêm chức năng bù công suất phản kháng, tuy nhiên khi thêm chức năng bù công suất phản kháng thì mạch điều khiển sẽ rất phức tạp, bị hạn chế về công suất. Do đó thường kết hợp chức năng bù công suất phản kháng và lọc sóng điều hòa ở dải công suất nhỏ, ở dải công suất lớn thì có thể bù bằng SVC (Static Var Compensators) đóng ngắt bằng thyristor, tuy nó đáp ứng chậm nhưng giá thành rẻ .

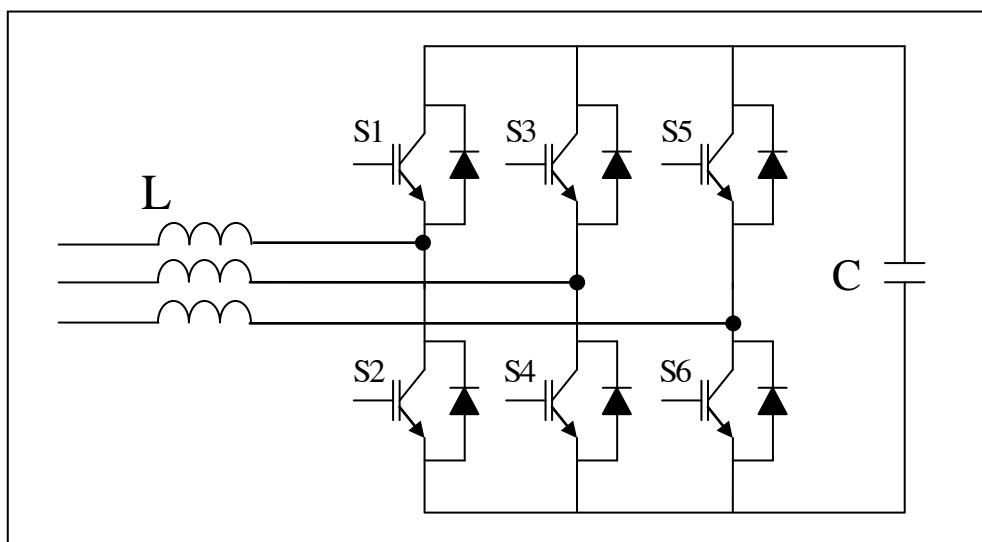
❖ Phân loại bộ lọc tích cực

Có nhiều cách phân loại dựa theo các tiêu chí khác nhau chẳng hạn như dựa vào bộ biến đổi công suất được sử dụng, dựa theo sơ đồ kết nối bộ lọc, dựa theo nguồn cấp...

❑ Phân loại theo bộ biến đổi công suất:

Căn cứ vào bộ biến đổi công suất trong bộ lọc ta có hai loại bộ lọc tích cực: cấu trúc bộ biến đổi nguồn áp VSI (Voltage Source Inverter) và bộ biến đổi nguồn dòng CSI (Current Source Inverter).

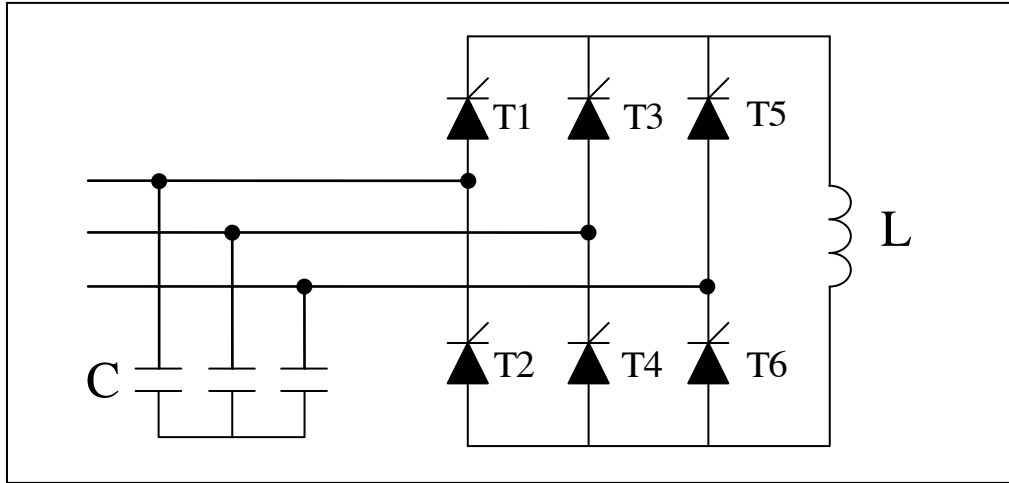
• Cấu trúc bộ lọc tích cực VSI



Hình 2. 18. Cấu hình VSI

Đặc điểm của cấu trúc VSI là có thể mở rộng ra cấu trúc đa bậc

- Cấu trúc bộ lọc tích cực CSI



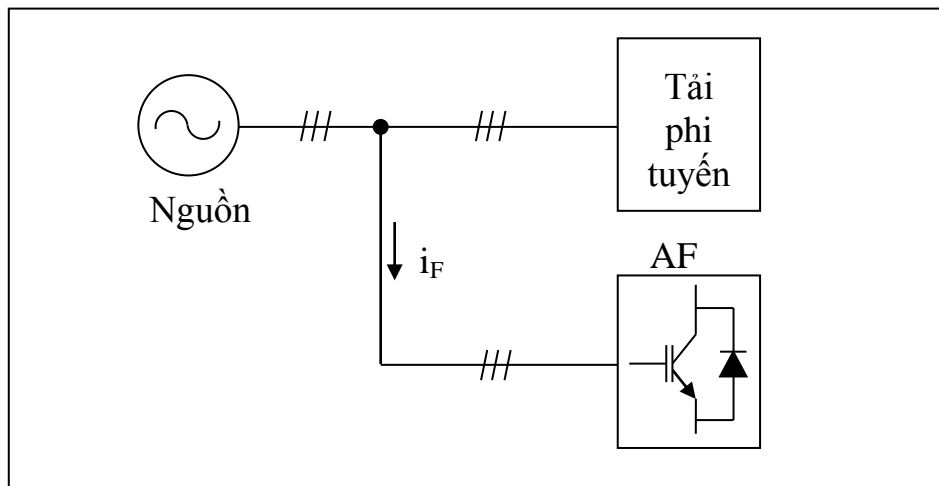
Hình 2. 19. Cấu hình CSI

Đặc điểm của bộ lọc CSI là có tần số đóng cắt hạn chế, tổn hao đóng cắt lớn, không thể mở rộng ra cấu trúc đa bậc

- Phân loại theo sơ đồ:

Phân loại theo sơ đồ ta có bộ lọc tích cực song song AF, bộ lọc tích cực nối tiếp AFs và bộ lọc tích cực thống nhất UPQC

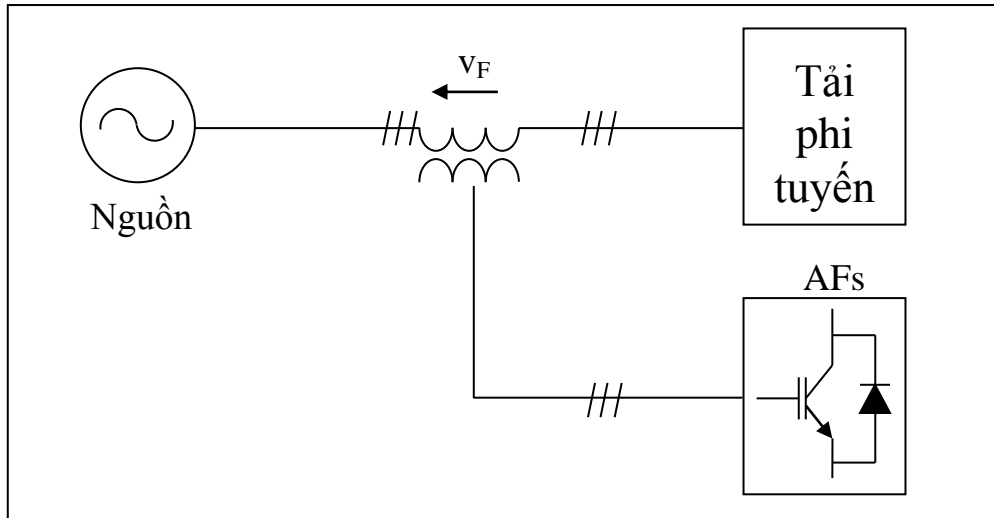
- Bộ lọc tích cực song song (Shunt Active Filter – AF)



Hình 2. 20. Bộ lọc tích cực song song AF

Đặc điểm của bộ lọc tích cực song song là bù sóng hài dòng điện, bù công suất phản kháng, bù dòng điện không cân bằng.

- Bộ lọc tích cực nối tiếp (Series Active Filter – Afs)



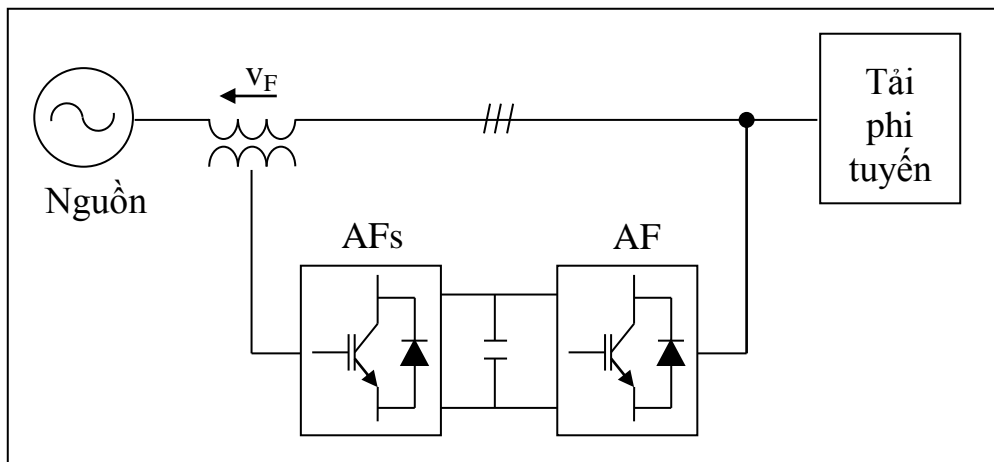
Hình 2. 21. Bộ lọc tích cực nối tiếp AFs

Đặc điểm của bộ lọc tích cực nối tiếp là bù sóng hài điện áp bậc cao, điều chỉnh và cân bằng điện áp tại điểm kết nối.

- Bộ lọc tích cực thống nhất (Unified Power Quality Conditioner – UPQC)

Là sự kết hợp của bộ lọc tích cực nối tiếp AFs và bộ lọc tích cực song song. Trong UPQC, bộ lọc tích cực nối tiếp AFs có chức năng cách ly sóng điều hòa giữa tải và nguồn, điều chỉnh điện áp, giảm dao động, giữ điện áp cân bằng. Còn bộ lọc tích cực song song AF có chức năng lọc sóng điều hòa, triệt tiêu thành phần thứ tự âm. Tuy nhiên giá thành đắt và điều khiển phức tạp.

Sơ đồ bộ lọc tích cực thống nhất như hình vẽ sau

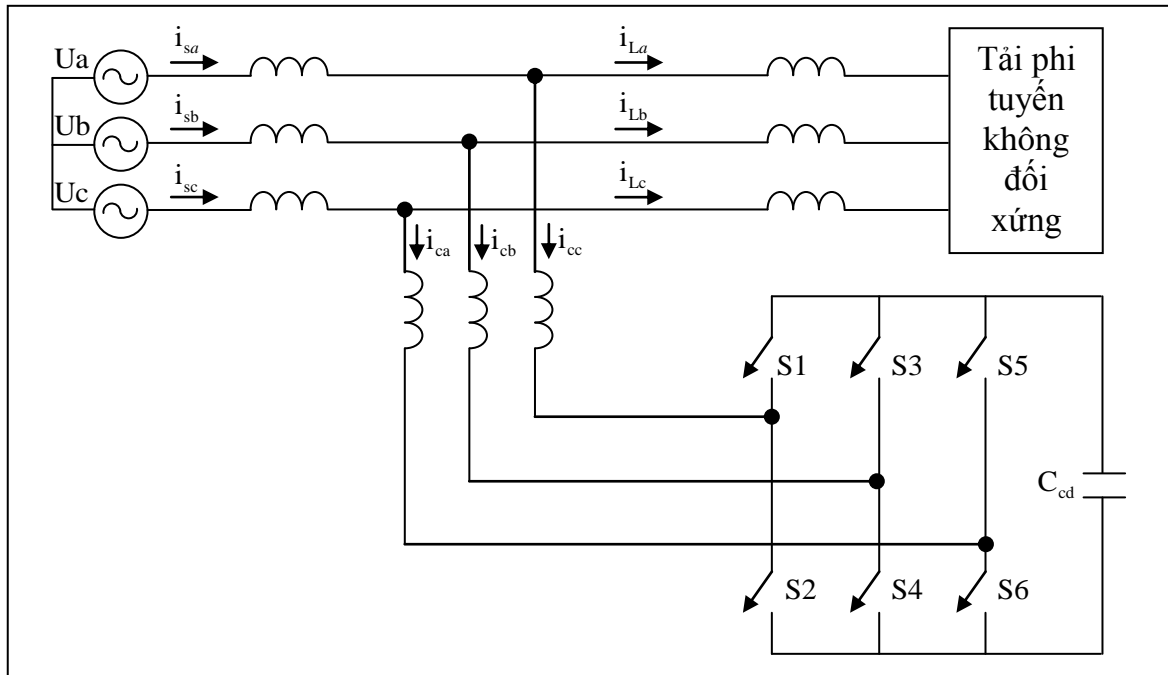


Hình 2. 22. Bộ lọc tích cực thống nhất UPQC

□ Phân loại theo nguồn cấp

Căn cứ vào nguồn cung cấp cho tải mà bộ lọc tích cực đầu vào mà người ta chia ra:

- Bộ lọc tích cực hai dây: dùng cho tải phi tuyến một pha.
- Bộ lọc tích cực ba dây: dùng cho tải phi tuyến ba pha không có trung tính.

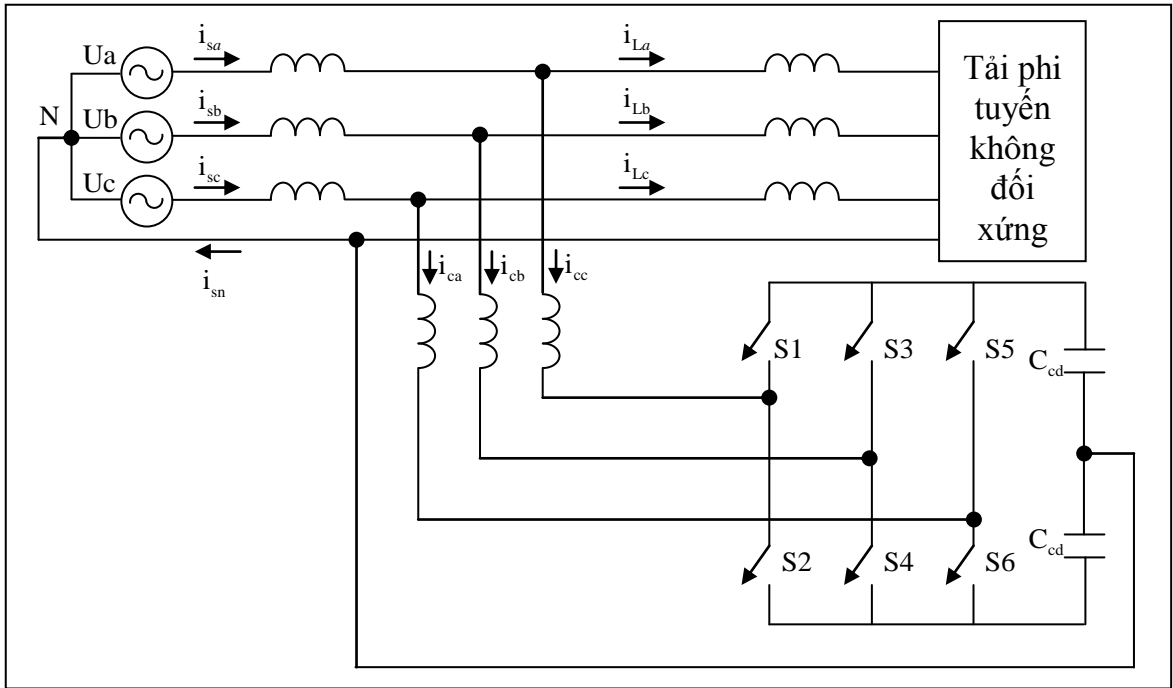


Hình 2. 23. Bộ lọc tích cực ba dây

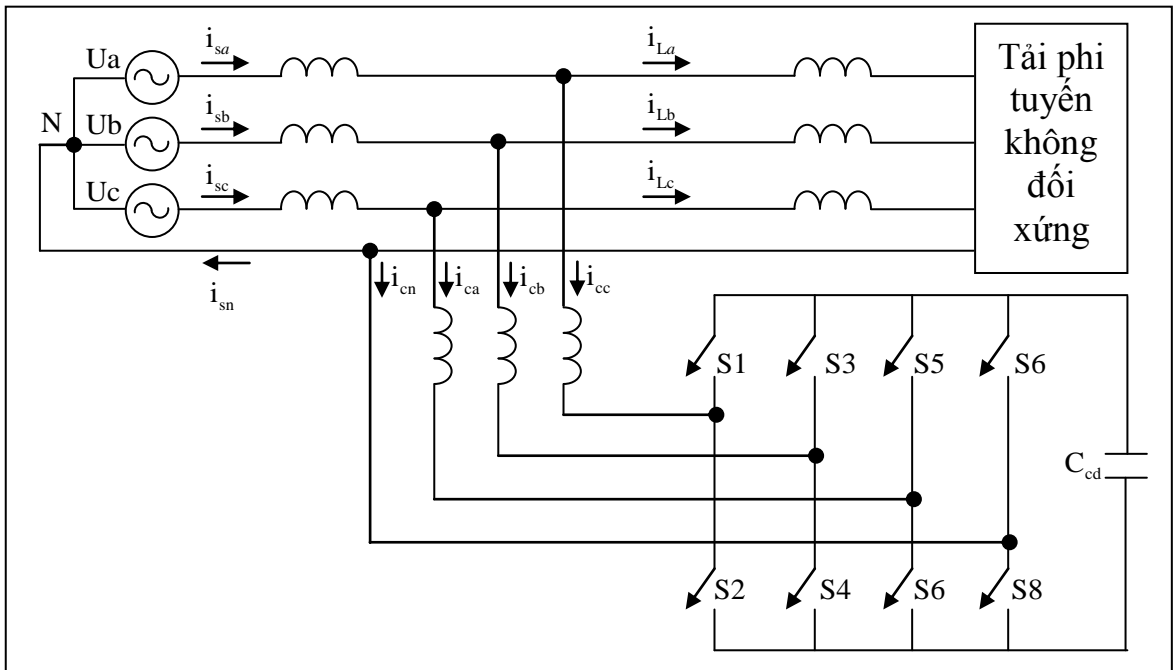
- Bộ lọc tích cực bốn dây:

Bộ lọc tích cực bốn dây có thể dùng cho tải phi tuyến một pha cấp nguồn từ hệ thống nguồn cấp bốn dây (có thêm dây trung tính) hoặc dùng cho tải phi tuyến ba pha có dây trung tính. Trong hệ này bộ lọc sẽ loại bỏ sự quá dòng ở dây trung tính.

Trong bộ lọc tích cực loại này, có thể chia ra bộ lọc tích cực bốn dây có điểm giữa và bộ lọc tích cực bốn dây. Cấu trúc bộ lọc tích cực bốn dây có điểm giữa thường được sử dụng phổ biến hơn do nó yêu cầu số van bán dẫn ít hơn, tuy nhiên cấu trúc điều khiển sẽ phức tạp hơn và yêu cầu tụ có dung lượng lớn, đặc biệt vấn đề cân bằng điện áp trên tụ cần phải được quan tâm. Trong khi đó cấu trúc bốn dây thì điều khiển đơn giản hơn, dung lượng tụ yêu cầu thấp hơn nhưng cần số van chuyển mạch lớn hơn.



Hình 2. 24. Bộ lọc tích cực bốn dây có điểm giữa



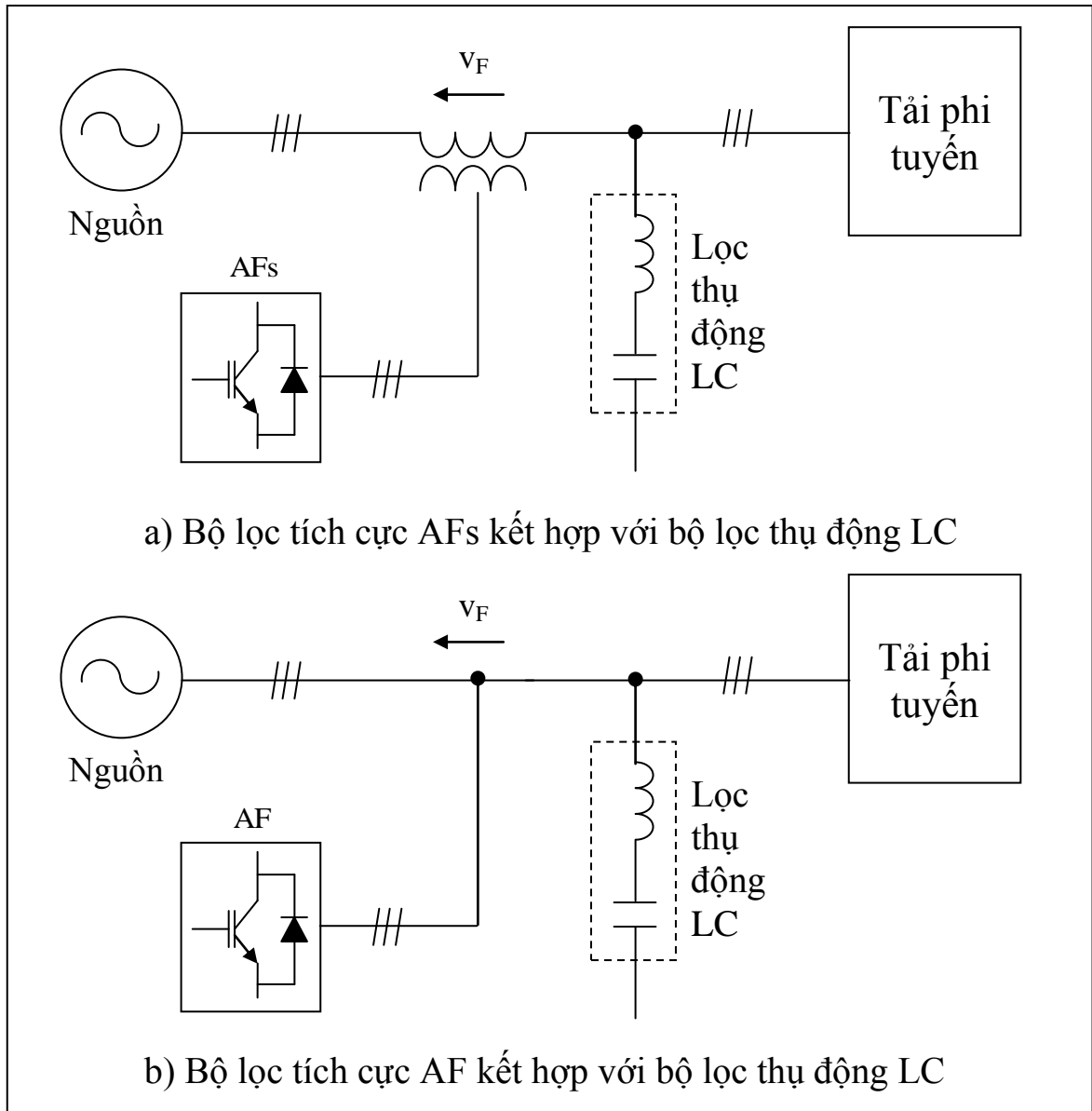
Hình 2. 25. Bộ lọc tích cực bốn dây

2.5.3. Bộ lọc hỗn hợp

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

động sẽ lọc những sóng điều hòa mà bộ lọc tích cực không lọc được hoặc lọc một cách khó khăn. Chính vì thế thông số chỉ tiêu của bộ lọc thụ động sẽ không cần quá cao qua đó giảm được chi phí.

Sơ đồ cấu trúc bộ lọc hỗn hợp như hình 1.28a và hình 1.28b.



Hình 2. 26. Bộ lọc hỗn hợp

Ngoài ra khi kết hợp AF và AFs ta được bộ UPQC (Unified Power Quality Conditioner) gọi là bộ lọc tích tích cực thống nhất, kết hợp được cả tính năng của AF và AFs như đã trình bày ở phần trên.

2.5.4. Chức năng và nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực

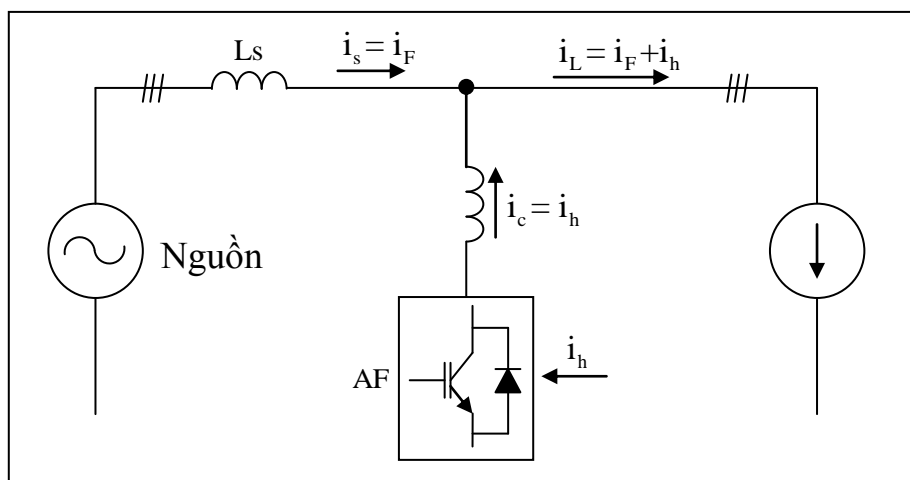
Trong phần này ta sẽ tìm hiểu nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực loại song song AF và bộ lọc tích cực loại nối tiếp AFs.

❖ Bộ lọc tích cực song song AF

Chức năng của AF là triệt tiêu các sóng điều hòa dòng điện bậc cao sinh bởi tải phi tuyến ảnh hưởng lên đường dây, trả lại cho dòng điện trên đường dây hình sin chuẩn. Ngoài ra AF còn có thể bù công suất phản kháng tại điểm kết nối giữa AF và lưới điện. Việc xác định vị trí đặt bộ lọc cần phải được tính toán theo một số nguyên tắc như:

- Giảm thiểu tối đa thời gian truyền, khoảng cách lan truyền của sóng điều hòa trên đường dây. Điều này được thực hiện bằng việc đặt thiết bị lọc gần nguồn sinh sóng điều hòa.
- Đặt thiết bị lọc giữa nguồn với các thiết bị nhạy cảm với sóng điều hòa để hạn chế ảnh hưởng của sóng điều hòa tới thiết bị.
- Để thực hiện chức năng này bộ lọc AF hoạt động như một bộ nguồn ba pha tạo ra dòng điện thích hợp bơm lên đường dây. Dòng điện này sẽ triệt tiêu các sóng điều hòa bậc cao sinh ra bởi tải phi tuyến là thành phần ngược pha với tổng sóng điều hòa dòng điện bậc cao.
- Thành phần bù công suất phản kháng

Sơ đồ sau thể hiện nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực song song AF



Hình 2. 27. Sơ đồ thể hiện nguyên lý làm việc của AF

Ta có thể phân tích thành phần dòng tải hành hai thành phần, đó là thành phần cơ bản i_F và thành phần sóng hài i_h .

$$i_L = i_F + i_h$$

Dòng do AF bơm lên đường dây:

$$i_C = i_h$$

Khi đó dòng trên đường dây sẽ là:

$$i_S = i_L - i_h = i_F + i_h - i_h = i_F$$

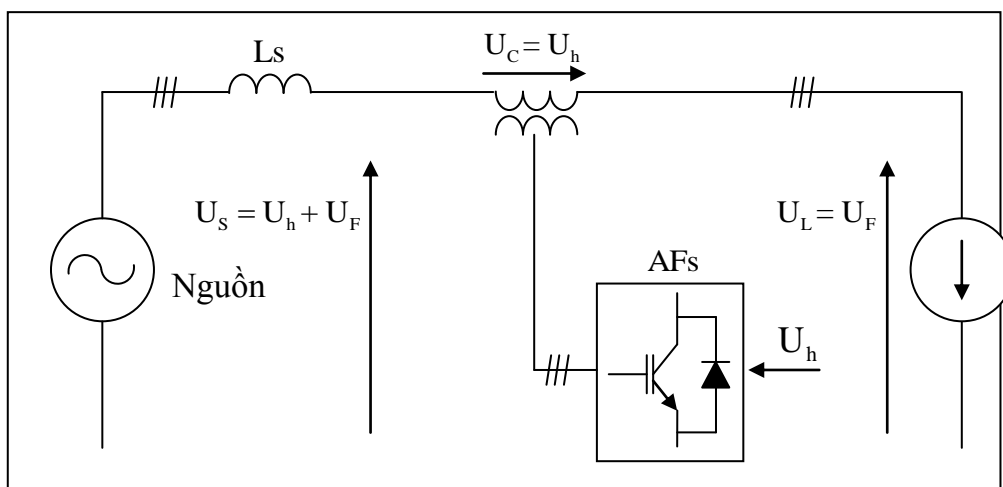
Như vậy dòng trên đường dây chỉ chứa thành phần cơ bản, các thành phần sóng hài bậc cao được bộ lọc loại bỏ. Nếu nhìn từ phía tải bộ lọc AF tương đương với một trở kháng song song có thể thay đổi với trở kháng bằng không, hoặc rất nhỏ so với các sóng điều hòa và bằng vô cùng lớn với thành phần cơ bản.

❖ Bộ lọc tích cực nối tiếp AFs

Chức năng của bộ lọc tích cực nối tiếp AFs là triệt tiêu thành phần sóng điều hòa điện áp bậc cao sinh bởi tải phi tuyến để điện áp có dạng sin chuẩn. Ngoài ra nó còn có chức năng điều chỉnh và cân bằng điện áp.

Để thực hiện chức năng này AFs tạo ra sự cách ly về sóng điều hòa bậc cao giữa tải và lưới thông qua việc tạo một điện áp tương ứng dọc đường dây phía thứ cấp máy biến áp kết nối.

Sơ đồ sau thể hiện nguyên lý làm việc của bộ lọc tích cực nối tiếp



Hình 2. 28. Cấu trúc bộ lọc nối tiếp AFs

Ta có thể phân tích điện áp nguồn thành hai thành phần là: thành phần cơ bản U_F và thành phần sóng hài U_h .

$$U_S = U_F + U_h$$

Điện áp dọc đường dây do AFs tạo ra ngược pha so với tổng sóng điều hòa điện áp bậc cao và triệt tiêu thành phần bậc cao này đảm bảo điện áp có dạng sin. Nhìn từ phía tải AFs tạo ra một tổng trở đường dây, tổng trở này bằng không đối với sóng cơ bản và bằng vô cùng lớn với các thành phần sóng điều hòa bậc cao do đó giữa nguồn và tải có sự cách ly sóng điều hòa.

2.6. Kết luận chương 2

Trong chương này đề tài đi tìm hiểu về tổng quan về sóng hài, nguyên nhân, tác hại và các tiêu chuẩn giới hạn sóng hài quốc tế mà Việt Nam được áp dụng.

Đề tài đi phân tích chi tiết sóng hài của một số bộ biến đổi điện tử công suất gây ra cho lưới điện, từ đó đánh giá được mức độ ảnh hưởng của chúng lên lưới điện.

Chương 3 – PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN SỬ DỤNG HỆ MỜ NORON

3.1. Sự kết hợp giữa logic mờ và mạng nơron

3.1.1. *Khái niệm*

Khi khảo sát mạng nơron và logic mờ, ta thấy mỗi loại đều có điểm mạnh, điểm yếu riêng của nó.

Đối với logic mờ, ta dễ dàng thiết kế một hệ thống mong muốn chỉ bằng các luật Nếu - thì (If-Then) gần với việc xử lý của con người. Với đa số ứng dụng thì điều này cho phép tạo ra lời giải đơn giản hơn, trong khoảng thời gian ngắn hơn. Thêm nữa, ta dễ dàng sử dụng những hiểu biết của mình về đối tượng để tối ưu hệ thống một cách trực tiếp.

Tuy nhiên, đi đôi với các ưu điểm hệ điều khiển mờ còn tồn tại một số khuyết như việc thiết kế và tối ưu hóa hệ logic mờ đòi hỏi phải có một số kinh nghiệm về điều khiển đối tượng, đối với những người mới thiết kế lần đầu điều đó hoàn toàn không đơn giản. Mặt khác còn hàng loạt những câu hỏi khác đặt ra cho người thiết kế mà nếu chỉ dừng lại ở tư duy logic mờ thì hầu như chưa có lời giải, ví dụ: Số tập mờ trong mỗi biến ngôn ngữ cần chọn bao nhiêu là tối ưu? Hình dạng các tập mờ thế nào? Vị trí mỗi tập mờ ở đâu? Việc kết hợp các tập mờ như thế nào? Trọng số của mỗi luật điều khiển bằng bao nhiêu? Nếu như tri thức cần đưa vào hệ được thể hiện dưới dạng các tập dữ liệu (điều này thường gặp khi thu thập và xử lý dữ liệu để nhận dạng đối tượng) thì làm thế nào?...

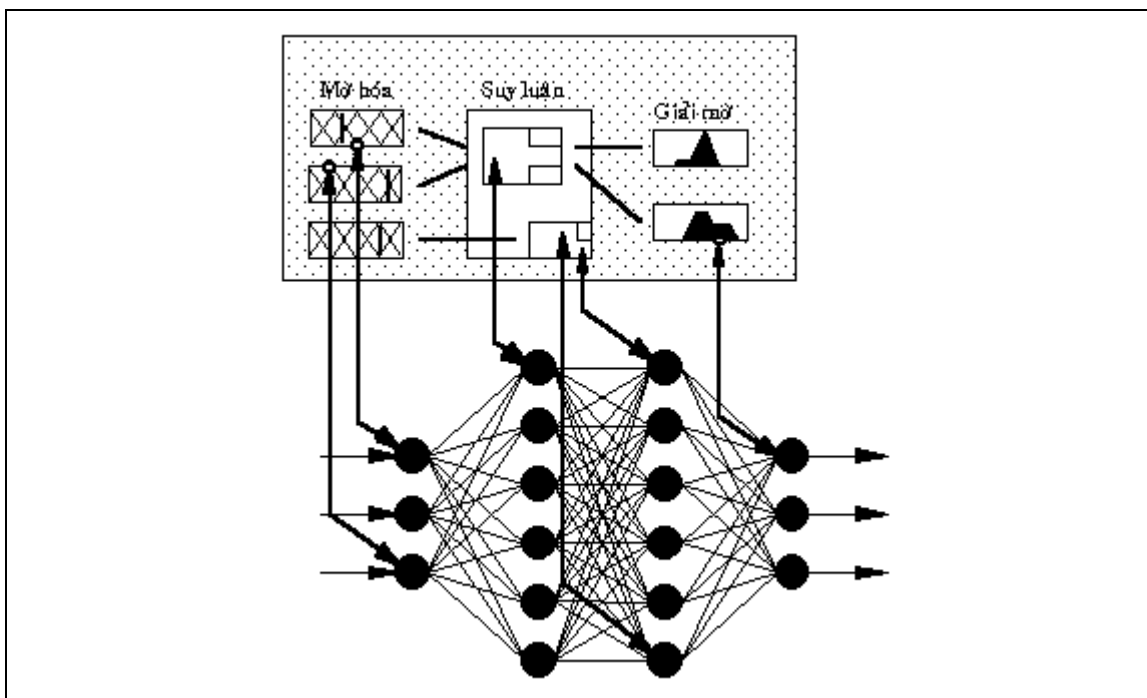
Đối với mạng nơron, chúng có một số ưu điểm như xử lý song song nên tốc độ xử lý rất nhanh; Mạng nơron có khả năng học hỏi; Ta có thể huấn luyện mạng để xấp xỉ một hàm phi tuyến bất kỳ, đặc biệt khi đã biết một tập dữ liệu vào/ra... Song nhược điểm cơ bản của mạng nơron là khó giải thích rõ ràng hoạt động của mạng nơron như thế nào. Do vậy việc chỉnh sửa trong mạng nơron rất khó khăn.

Hai tiêu chí cơ bản trợ giúp cho người thiết kế ở logic mờ và ở mạng nơron thể hiện trái ngược nhau (bảng 3.1).

Bảng 3. 1 Hai tiêu chí cơ bản giúp người thiết kế logic mờ và mạng nơron

Tiêu chí	Mạng nơron	Logic mờ
Thể hiện tri thức	Không tường minh, khó giải thích và khó sửa đổi.	Tường minh, dễ kiểm chứng hoạt động và dễ sửa đổi.
Khả năng học	Có khả năng học thông qua các dữ liệu	Không có khả năng học: bạn phải tự kiểm tra tất cả

Từ những phân tích trên, ta thấy nếu kết hợp logic mờ và mạng nơron, ta sẽ có một hệ lai với ưu điểm của cả hai: logic mờ cho phép thiết kế hệ dễ dàng, tường minh trong khi mạng nơron cho phép học những gì mà ta yêu cầu về bộ điều khiển. Nó sửa đổi các hàm phụ thuộc về hình dạng, vị trí và sự kết hợp,... hoàn toàn tự động. Điều này làm giảm bớt thời gian cũng như giảm bớt chi phí khi phát triển hệ (hình 3.1).



Hình 3. 1. Mô hình hệ mờ-nơron

3.1.2. Kết hợp điều khiển mờ và mạng nơron

❖ Cấu trúc chung của hệ mờ - nơron

Có nhiều cách kết khác nhau để hợp mạng nơron với logic mờ.

Sử dụng các nơron RBF mô tả dưới đây, sự mờ hoá có thể đạt được rất dễ dàng. Mỗi biến ngôn ngữ được xây dựng bằng 1 nơron. Chú ý rằng kiểu hàm của

neuron không nhất thiết phải là hàm Gauss mà có thể là hàm khác. Trong phần này hàm liên thuộc kiểu tam giác có thể không được sử dụng vì chúng không trơn. Các neuron mờ hoá đóng vai trò lớp vào của mạng.

Tiếp theo, lớp ẩn là toán tử MIN. Đôi khi hàm này được thay bằng toán tử PROD. Mỗi neuron nhân với giá trị đầu vào của nó và sử dụng số này như đầu ra của nó. Lớp thứ 3 được xây dựng bởi các neuron MAX (ta có thể sử dụng SUM thay vào đó). Lớp này tương tự lớp trước nhưng chúng cộng các đầu vào.

Nếu các luật đã biết, ta sẽ chỉ có mối liên hệ neuron PROD được sử dụng với các khối tổng tương ứng, nói cách khác là xây dựng đường liên lạc giữa mỗi neuron của 2 lớp này và sử dụng phép nhân cho mỗi kết nối. Việc thực hiện từng quy tắc như vậy được định nghĩa ở thời điểm đầu. Khi tối ưu mạng, giá trị của mỗi quy tắc là 1 hoặc 0 (luật hợp lệ hoặc không hợp lệ). Như vậy, các luật cơ sở như là một nhân tố bổ sung để hoàn thiện mạng.

Cuối cùng, tất cả các neuron tổng được liên kết với neuron đơn tạo thành lớp ra. Khối này xác định một giá trị cứng bằng việc xây dựng tích của mỗi vị trí MAX của neuron với giá trị tương ứng của nó và phân chia tổng này theo vị trí neuron. Đây chính là phương pháp singleton để xác định giá trị rõ ở đầu ra.

Mạng có tham số sau để thay đổi các đặc trưng của nó:

- Giá trị trung bình của mỗi hàm liên thuộc (vì là giá trị cực đại của nó).
- Chiều rộng của mỗi hàm liên thuộc.
- Tính hợp lệ (giá trị) của mỗi quy tắc.

Nhìn chung, giá trị của mỗi quy tắc không nhất thiết phải là 1 hoặc 0, chủ yếu chúng nằm giữa 2 giá trị này. Nếu bằng 0 ta coi luật đó bị mất, bình thường ta coi một luật bằng 1 hoặc bằng 0 với một mức độ nhất định.

❖ Biểu diễn luật If-Then theo cấu trúc mạng neuron

Xét hệ SISO, luật điều khiển có dạng:

$$\mathbf{R}_i = \text{Nếu } x \text{ là } \mathbf{A}_i \text{ Thì } y \text{ là } \mathbf{B}_i \quad (3.1)$$

với A_i, B_i là các tập mờ, $i = 1, \dots, n$.

Mỗi luật của (3.1) có thể chuyển thành một mẫu dữ liệu cho mạng neuron

đa tầng bằng cách lấy phần “Nếu” làm đầu vào và phần “Thì” làm đầu ra của mạng. Từ đó ta chuyển khối luật thành tập dữ liệu sau:

$$\{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\}.$$

Đối với hệ MISO, việc biểu diễn khối luật dưới dạng tập dữ liệu cũng tương tự như đối với hệ SISO.

Ví dụ: Luật Ri :

$$\text{Nếu } x \text{ là } A_i \text{ và } y \text{ là } B_i \text{ Thì } z \text{ là } C_i \quad (3.2)$$

với A_i, B_i, C_i là các tập mờ, $i = 1, \dots, n$.

Tập dữ liệu của khối luật là:

$$\{(A_i, B_i), C_i\}, 1 \leq i \leq n.$$

Còn đối với hệ MIMO thì khối luật :

$$R_i : \text{Nếu } x \text{ là } A_i \text{ và } y \text{ là } B_i \text{ Thì } r \text{ là } C_i \text{ và } s \text{ là } D_i \quad (3.3)$$

với A_i, B_i, C_i, D_i là các tập mờ, $i = 1, \dots, n$.

Tập dữ liệu của khối luật là:

$$\{(A_i, B_i), (C_i, D_i)\}, 1 \leq i \leq n.$$

Có hai cách để thực hiện luật "Nếu...Thì" (If...Then) dựa trên giải thuật lan truyền ngược sai lệch :

Phương pháp Umano - Ezawa

Theo phương pháp này, một tập mờ được biểu diễn bởi một số xác định các giá trị của hàm liên thuộc của nó. Ta thực hiện theo các bước sau:

- Đặt $[\alpha_1, \alpha_2]$ chứa miền xác định của biến ngôn ngữ đầu vào (tức miền xác định của tất cả A_i).
- Đặt $[\beta_1, \beta_2]$ chứa miền xác định của biến ngôn ngữ đầu ra (tức miền xác định của tất cả B_i).
- Với M, N nguyên dương, $M \geq 2$ và $N \geq 2$ ta đặt:

$$x_i = \alpha_i + (i - 1)(\alpha_2 - \alpha_1)/(N - 1)$$

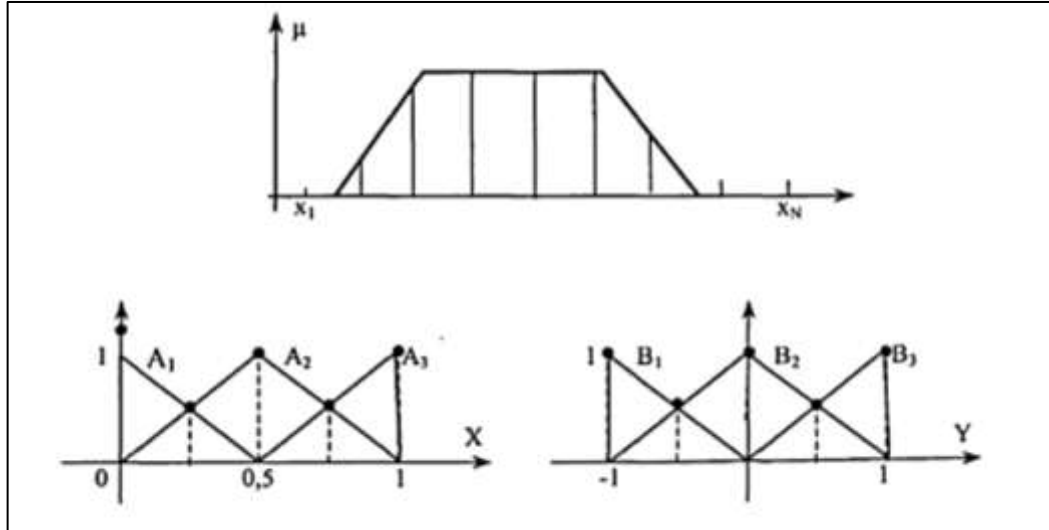
$$y_j = \beta_1 + (j - 1)(\beta_2 - \beta_1)/(M - 1)$$

$$\text{với } 1 \leq i \leq N \text{ và } 1 \leq j \leq M.$$

- Rời rạc hóa các tập mờ thành tập các cặp vào-ra (hình 3.3).

$\{(A_i(x_1), \dots, A_i(x_N)), (B_i(y_1), \dots, B_i(y_M))\}$, với $1 \leq i \leq n$.

Đặt $a_{ij} = A_i(x_j)$, $b_{ij} = B_i(y_j)$, khi đó mạng nơron mờ sẽ chuyển thành mạng nơron rõ với N đầu vào và M đầu ra. Từ đó có thể cho mạng học bằng giải thuật huấn luyện mạng nơron đã biết.



Hình 3. 2. Rời rạc hóa hàm liên thuộc và các hàm liên thuộc các tập mờ vào/ra

Xét một hệ có 3 luật mờ với các tập mờ vào và ra như hình 3.3:

R1 : Nếu x là A_1 Thì y là B_1 ;

R2 : Nếu x là A_2 Thì y là B_2 ;

R3 : Nếu x là A_3 Thì y là B_3 ;

với các hàm phụ thuộc:

$$\mu_{small}(u) = 1 - 2u, 0 \leq u \leq \frac{1}{2}$$

$$\mu_{medium}(u) = 1 - 2\left|u - \frac{1}{2}\right|, 0 \leq u \leq 1$$

$$\mu_{big}(u) = 2u - 1, \frac{1}{2} \leq u \leq 1$$

$$\mu_{negative} = -u, -1 \leq u \leq 0$$

$$\mu_{zero} = 1 - 2|u|, -\frac{1}{2} \leq u \leq \frac{1}{2}$$

$$\mu_{positive} = u, 0 \leq u \leq 1$$

- Tập dữ liệu được rút ra từ các luật này có dạng:

$$\{(A_1, B_1), (A_2, B_2), (A_3, B_3)\}.$$

- Đặt $[\alpha_1, \alpha_2] = [0 \ 1]$ là miền xác định của biến ngôn ngữ đầu vào.
- Đặt $[\beta_1, \beta_2] = [-1 \ 1]$ là miền xác định của biến ngôn ngữ đầu ra.
- Đặt $M = N = 5$, Ta có:

$$x_i = (i - 1)/4, \text{ với } 1 \leq i \leq 5$$

$$\Rightarrow x_1 = 0; x_2 = 0,25; x_3 = 0,5; x_4 = 0,75; x_5 = 1 \text{ và}$$

$$y_j = 1 + (j - 1)2/4 = -3/2 + j/2, \text{ với } 1 \leq j \leq 5$$

$$\Rightarrow y_1 = -1; y_2 = -0,5; y_3 = 0; y_4 = 0,5; y_5 = 1.$$

- Tập dữ liệu gồm 3 cặp vào-ra là:

$$\{(a_{11}, \dots, a_{15}), (b_{11}, \dots, b_{15})\}$$

$$\{(a_{21}, \dots, a_{25}), (b_{21}, \dots, b_{25})\}$$

$$\{(a_{31}, \dots, a_{35}), (b_{31}, \dots, b_{35})\}$$

$$\text{với: } a_{1i} = \mu_{\text{small}}(x_i) \quad b_{1j} = \mu_{\text{negative}}(y_j)$$

$$a_{2i} = \mu_{\text{medium}}(x_i) \quad b_{2j} = \mu_{\text{zem}}(y_j)$$

$$a_{3i} = \mu_{\text{big}}(x_i) \quad b_{3j} = \mu_{\text{positive}}(y_j)$$

Như vậy ta có:

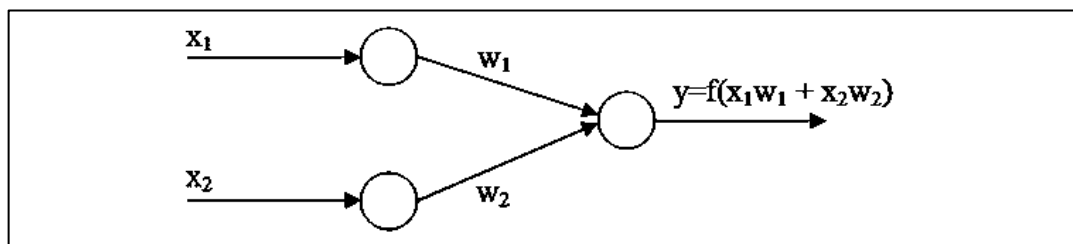
$$\{(1; 0,5; 0; 0; 0), (1; 0,5; 0; 0; 0)\}$$

$$\{10; 0,5; 1; 0,5; 0\}, (0; 0; 1; 0; 0)\}$$

$$\{10; 0; 0; 0,5; 1\}, (0; 0; 0; 0,5; 1)\}.$$

3.2. Neuron Mờ

Xét mạng neuron như hình 3.3. Trong đó: các tín hiệu vào-ra và các trọng số đều là số thực; Hai neuron ở đầu vào không làm thay đổi tín hiệu nên đầu ra của nó cũng là đầu vào.



Hình 3. 3. Mạng neuron

Tín hiệu x_i kết hợp với trọng số w_i tạo thành tích:

$$p_i = w_i x_i, \quad i = 1, 2.$$

Đầu vào của nơron ở tầng ra là sự kết hợp của các p_i theo phép cộng:

$$p_1 + p_2 = w_1 x_1 + w_2 x_2.$$

- Nơron này dùng một hàm chuyển f để tạo đầu ra.

$$y = f(w_1 x_1 + w_2 x_2), \quad f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Mạng nơron dùng phép nhân, phép cộng và hàm dạng chữ S được gọi là mạng nơron chuẩn.

Nếu mạng nơron dùng các phép toán khác như t-norm, t-conorm để kết hợp dữ liệu được gọi là mạng nơron lai. Mạng nơron lai là cơ sở để tạo ra cấu trúc nơron mờ dựa trên các phép toán mờ. Để có mạng nơron mờ ta thực hiện: Biểu diễn các đầu vào (thường là các độ phụ thuộc) x_1, x_2 và trọng số w_1, w_2 trên khoảng $[0, 1]$.

- Mạng nơron lai có thể không dùng các phép toán nhân, phép toán cộng hoặc hàm dạng chữ S bởi vì kết quả của các phép toán này có thể không nằm trong khoảng $[0, 1]$.

Định nghĩa: Mạng nơron lai là mạng nơron sử dụng tín hiệu rõ và hàm truyền rõ, song sự kết hợp x_i và w_i dùng các phép toán t-norm, t-conorm hay các phép toán liên tục khác và sự liên kết p_1 và p_2 dùng các hàm t-norm, t-conorm hay các hàm liên tục khác, hàm chuyển f có thể là một hàm liên tục bất kỳ.

Chú ý: đối với mạng nơron mờ thì giá trị vào, giá trị ra, và trọng số là những số thực nằm trong khoảng $[0, 1]$.

Nơron mờ AND (hình 3.4)

Tín hiệu x_i và trọng số w_i được kết hợp bởi conorm S tạo thành:

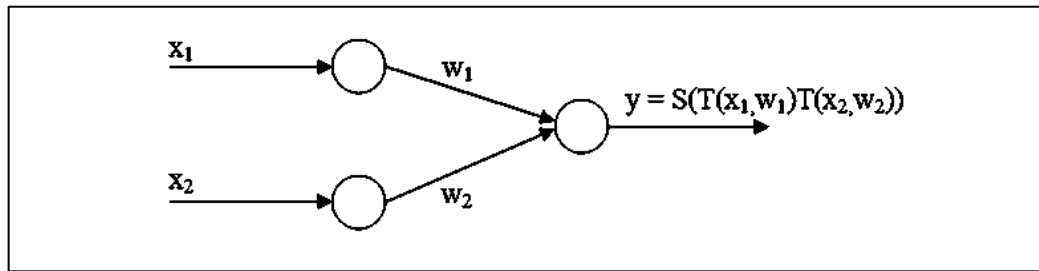
$$p_i = S(w_i, x_i), \quad i = 1, 2$$

Các p_i được tính bởi norm T để tạo đầu ra của nơron.

$$y = \text{AND}(p_1, p_2) = T(p_1, p_2) = T(S(w_1, x_1), S(w_2, x_2)).$$

Nếu $T = \min$ và $S = \max$ thì nơron mờ AND chính là luật hợp thành min-max

$$y = \min\{w_1 \vee x_1, w_2 \vee x_2\}$$



Hình 3. 4. Noron mờ AND

3.3. Huấn luyện mạng nơron-mờ

Đối với mô hình mờ, mối quan hệ phi tuyến vào-ra phụ thuộc rất nhiều vào các phân vùng mờ của không gian vào-ra. Do đó việc chỉnh định hàm liên thuộc trong các mô hình mờ trở nên rất quan trọng. Trong mạng nơron mờ việc chỉnh định này có thể xem như là vấn đề tối ưu dùng giải thuật học để giải quyết.

Đầu tiên ta giả định các hàm liên thuộc có một hình dạng nhất định. Sau đó ta thay đổi các thông số của hình dạng đó qua quá trình học bằng mạng nơron.

Như vậy ta cần một tập dữ liệu ở dạng các cặp vào-ra mong muốn để cho mạng nơron học và cũng cần phải có một bảng các luật sơ khởi dựa trên các hàm phụ thuộc đó.

Giả sử cần thực hiện ánh xạ:

$$y^k = f(x^k) = f(x_1^k, \dots, x_n^k), \text{ với } k = 1, \dots, K$$

Ta có tập dữ liệu : $\{(x^1, y^1), \dots, (x^k, y^k)\}$.

Dùng luật If-Then (nếu - thì) để thực hiện ánh xạ này:

R_i : Nếu x_1 là A_{i1} và... và x_n là A_{in} thì $y = z_i, 1 \leq i \leq m$

với A_{if} là các tập mờ có dạng hình tam giác và z_i là số thực.

Đặt α^k là giá trị ra của hệ khi ta đưa vào x^k .

Ký hiệu α_i là giá trị ra của luật thứ i , được định nghĩa theo tích Larsen:

$$\alpha_i = \prod_{j=1}^n A_{ij}(x_j^k)$$

(cũng có thể định nghĩa các t-norm khác).

Giải mờ theo phương pháp trung bình trọng tâm ta có:

$$o^k = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^m \alpha_i}$$

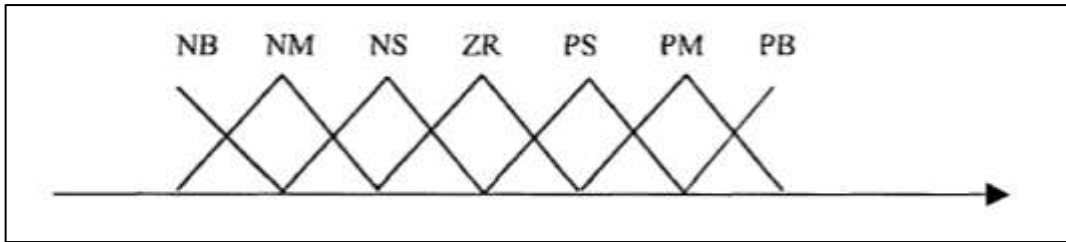
Sai lệch của mẫu thứ k là:

$$E_k = \frac{1}{2} (o^k - y^k)^2$$

Dùng phương thức giảm để học z_i trong phần kết quả của luật Ri:

$$z_i(t+1) = z_i(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_i} = z_i(t) - \eta (o^k - y^k) \frac{\alpha_i}{\alpha_1 + \dots + \alpha_m}, \quad i = \overline{1, m}$$

Cho rằng mỗi biến ngôn ngữ có 7 tập mờ như hình 3.5: {NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB}.



Hình 3. 5. Tập mờ

Các hàm liên thuộc có hình dạng tam giác được đặc trưng bởi 3 tham số: tâm, độ rộng trái, độ rộng phải. Các tham số này của tam giác cũng được học bằng phương thức giảm.

Ví dụ: Xét 2 luật mờ SISO

R_1 : Nếu x là A_1 Thì $y = z_1$

R_2 : Nếu x là A_2 Thì $y = z_2$

Giả sử A_1 và A_2 được định nghĩa bởi :

$$A_1 = \frac{1}{1 + \exp[b_1(x - a_1)]} \quad A_2 = \frac{1}{1 + \exp[b_2(x - a_2)]}$$

với a_1, a_2, b_1, b_2 là các giá trị khởi tạo ban đầu.

Vậy giá trị ra của luật là:

$$\alpha_1 = A_1 = \frac{1}{1 + \exp[b_1(x - a_1)]} \quad \alpha_2 = A_2 = \frac{1}{1 + \exp[b_2(x - a_2)]}$$

Giá trị ra của hệ mờ:

$$o = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{A_1(x)z_1 + A_2(x)z_2}{A_1(x) + A_2(x)}$$

Giả sử chúng ta có tập dữ liệu cần học:

$$\{(x_1, y_1), \dots, (x_k, y_k)\}.$$

Nhiệm vụ của chúng ta là xây dựng 2 luật mờ dựa trên các tập mờ đã sửa đổi, sao cho kết quả tạo ra tương thích với các cặp vào-ra cho trước.

Định nghĩa sai lệch cho mẫu thứ k:

$$E_k = E_k(a_1, b_1, a_2, b_2, z_1, z_2) = \frac{1}{2} [o^k(a_1, b_1, a_2, b_2, z_1, z_2) - y^k]^2$$

Dùng phương thức giảm để học:

$$\begin{aligned} z_1(t+1) &= z_1(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_1} = z_1(t) - \eta(o^k - y^k) \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \\ &= z_1(t) - \eta(o^k - y^k) \frac{A_1(x^k)}{A_1(x^k) + A_2(x^k)} \end{aligned}$$

tương tự:

$$z_2(t+1) = z_2(t) - \eta(o^k - y^k) \frac{A_2(x^k)}{A_1(x^k) + A_2(x^k)}$$

$$a_1(t+1) = a_1(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial a_1}$$

$$b_1(t+1) = b_1(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial b_1}$$

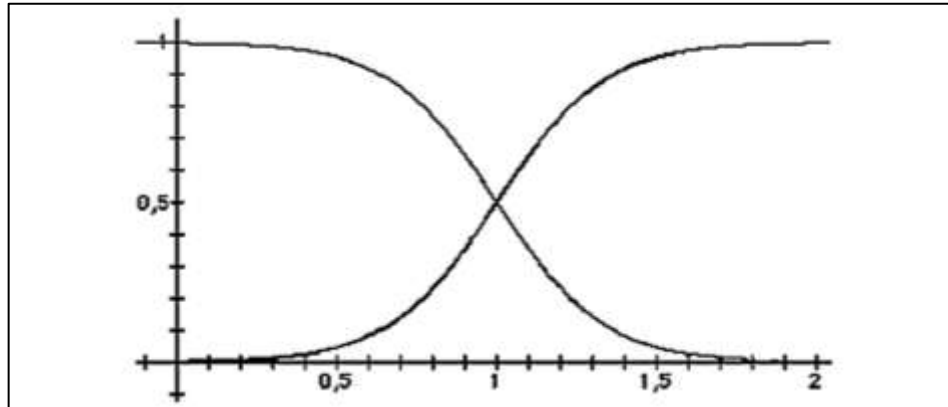
$$a_2(t+1) = a_2(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial a_2}$$

$$b_2(t+1) = b_2(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial b_2}$$

Luật học sẽ đơn giản hơn nếu ta dùng các hàm liên thuộc có dạng hình 3.6:

$$A_1(x) = \frac{1}{1 + \exp[-b(x - a)]} \quad A_2(x) = \frac{1}{1 + \exp[b(x - a)]}$$

khi đó $A_1(x) + A_2(x) = 1, \forall x$.



Hình 3. 6. Một dạng của hàm liên thuộc

Việc sửa đổi được thực hiện như sau :

$$z_1(t+1) = z_1(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_1} = z_1(t) - \eta(o^k - y^k)A_1(x^k)$$

$$z_2(t+1) = z_2(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial z_2} = z_2(t) - \eta(o^k - y^k)A_2(x^k)$$

$$a(t+1) = a(t) - \eta \frac{\partial E_k(a, b)}{\partial a}$$

Với:

$$\frac{\partial E_k(a, b)}{\partial a} = (o^k - y^k) \frac{\partial o^k}{\partial a} =$$

$$(o^k - y^k) \frac{\partial}{\partial a} [z_1 A_1(x^k) + z_2 A_2(x^k)] =$$

$$(o^k - y^k) \frac{\partial}{\partial a} [z_1 A_1(x^k) + z_2 (1 - A_1(x^k))] =$$

$$(o^k - y^k) (z_1 - z_2) \frac{\partial A_1(x^k)}{\partial a} =$$

$$(o^k - y^k) (z_1 - z_2) b \frac{\exp(b(x^k - a))}{[1 + \exp(b(x^k - a))]^2} =$$

$$(o^k - y^k) (z_1 - z_2) b A_1(x^k) (1 - A_1(x^k)) =$$

$$(o^k - y^k) (z_1 - z_2) b A_1(x^k) A_2(x^k).$$

và :

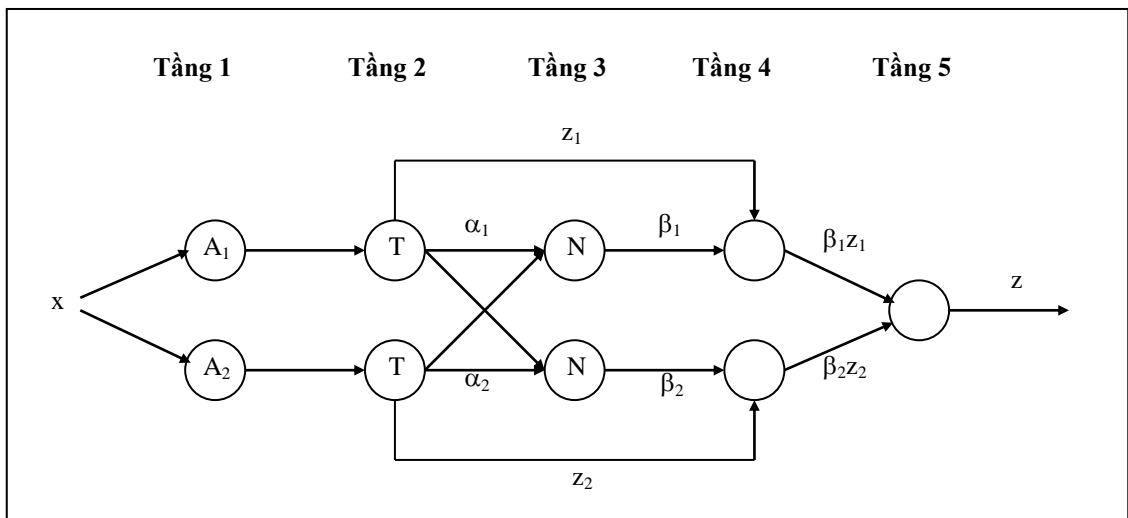
$$b(t+1) = b(t) - \eta \frac{\partial E_k(a, b)}{\partial b}$$

$$\frac{\partial E_k(a, b)}{\partial b} = (o^k - y^k)(z_1 - z_2) \frac{\partial}{\partial b} \left[\frac{1}{1 + \exp(b(x^k - a))} \right] =$$

$$-(o^k - y^k)(z_1 - z_2)(x^k - a)A_1(x^k)(1 - A_1(x^k)) =$$

$$-(o^k - y^k)(z_1 - z_2)(x^k - a)A_1(x^k)A_2(x^k).$$

Mạng nơron cho hệ mờ này sẽ như hình 3.10, mạng này gồm 5 lớp:



Hình 3. 7. Mạng nơron của một hệ mờ

Lớp 1: Giá trị ra từ nút chính là độ phụ thuộc của biến đối với tập mờ.

Lớp 2: Tạo giá trị ra của luật: $\alpha_1 = A_1$; $\alpha_2 = A_2$.

Những nút này được gán nhãn T bởi vì chúng ta có thể chọn nhiều phép toán t-norm khác nhau cho phép AND (VÀ).

Lớp 3: Lấy trung bình:

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad \beta_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

Lớp 4: Giá trị ra của nơron là tích của z_i và β_i .

Lớp 5: Kết hợp tạo giá trị ra cuối cùng của hệ: $z = \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2$.

3.4. ANFIS

Mạng thích nghi dựa trên cơ sở hệ suy luận mờ (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System-ANFIS), được Jang đề xuất năm 1992. Sử dụng các luật học mờ dạng TSK như sau:

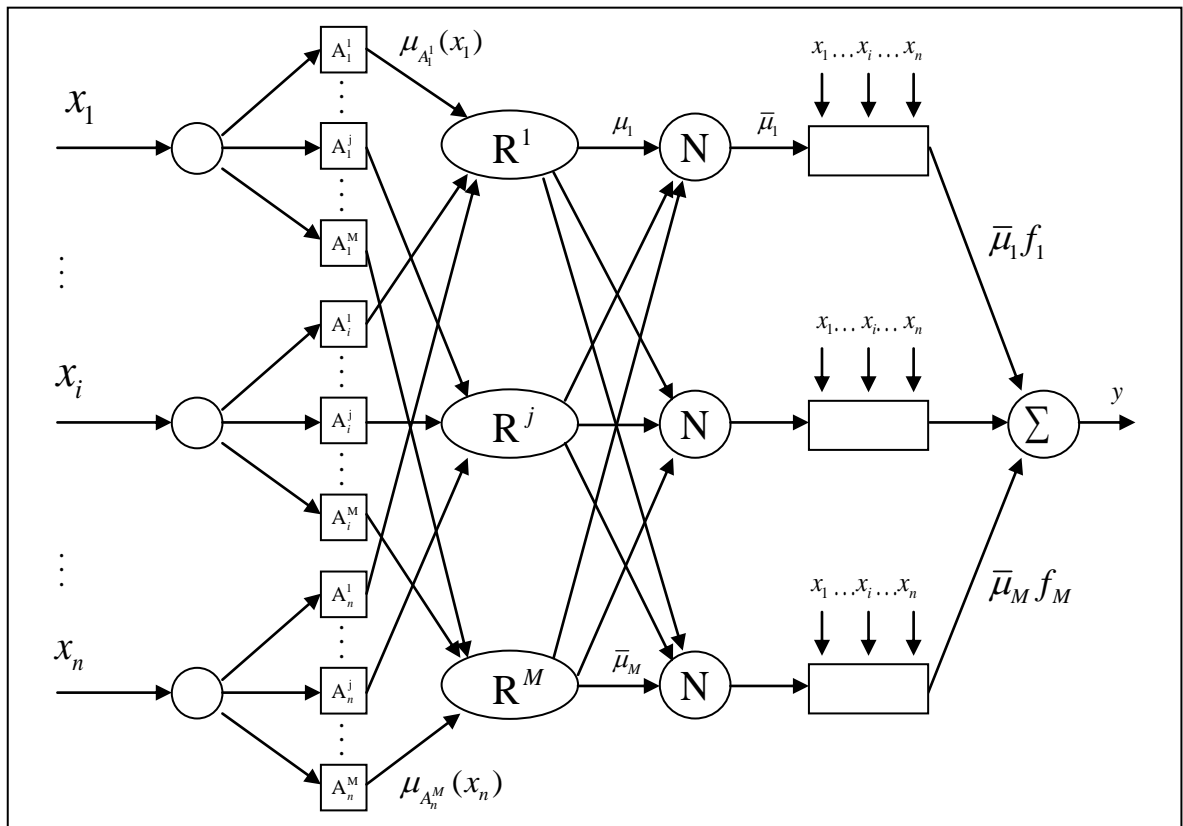
Luật học thứ j là R^j có dạng:

If x_1 is A_1^j And x_2 is A_2^j And ... And x_n A_n^j

$$\text{Then } f_j = \bar{\mu}_j (p_0^j + \sum_{i=1}^n p_i^j x_i)$$

Với x_i là các biến ngôn ngữ đầu vào ($i=1,2,3,\dots,n$), y là biến đầu ra $A_i^j(x_i)$ là các biến ngôn ngữ mờ của biến đầu vào x_i , $\mu_{A_j^i}(x_i)$ là hàm liên thuộc của mỗi biến ngôn ngữ đầu vào ($j=1,2,3,\dots,n$), p_i^j thuộc tập hợp R là các hệ số của hàm tuyến tính $f_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

ANFIS có cấu trúc như hình 3.8, gồm các lớp như sau:



Hình 3. 8. Sơ đồ cấu trúc của ANFIS

Lớp 1: Là lớp đầu vào, mỗi nơ-ron thứ I có một tín hiệu vào x_i

Lớp 2: Mỗi phần tử là một hàm liên thuộc $\mu_{A_j}^i(x_i)$ có dạng hình tam giác, hình Gauss, hoặc hàm hình chuông, ... Trong đó các thông số của các dạng hàm liên thuộc ở lớp 2 là các thông số điều chỉnh.

Lớp 3: Mỗi phần tử π tương ứng thực hiện một luật thứ j :

$$\mu_j = \prod_{i=1}^n \mu_i^j(x_i)$$

Lớp 4: Mỗi phần tử N tương ứng thực hiện tính toán:

$$\bar{\mu}_j = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j}$$

Lớp 5: Mỗi phần tử thứ j của lớp 5 thực hiện tính toán giá trị:

$$f_j = \bar{\mu}_j (p_0^j + \sum_{i=1}^n p_i^j x_i)$$

Với $\bar{\mu}_j$ là giá trị đầu ra của lớp 4 và $\{p_0^j, p_1^j, p_2^j, \dots, p_i^j, \dots, p_n^j\}$ là các thông số điều chỉnh.

Lớp 6: Chỉ có một phần tử thực hiện phép tổng tính giá trị đầu ra

$$y = \frac{\sum_{j=1}^M \mu_j f_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j}$$

Nếu cho trước hàm liên thuộc đầu ra mong muốn là: $f(x) = y^d$

Sử dụng tiêu chuẩn bình phương của sai lệch giữa hàm đầu ra mong muốn

với hàm đầu ra $E = \frac{1}{2} (y^d - y)^2$

Thay giá trị đầu y vào có:

$$E = \frac{1}{2} \left[y^d - \frac{\sum_{j=1}^M \mu_j f_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} \right]^2 = \frac{1}{2} \left[y^d - \frac{\sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i) \right) f_j}{\sum_{j=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i) \right)} \right]^2$$

Để đạt được mong muốn E cực tiểu hay tín hiệu đầu ra y của ANFIS bán theo được tín hiệu đầu ra mong muốn y^d cần điều chỉnh bộ thông số của hàm liên thuộc ở

lớp 2 và bộ thông số $\{p_0^j, p_1^j, p_2^j, \dots, p_i^j, \dots, p_n^j\}$ ở lớp 5.

Như vậy luật cập nhật giá trị các thông số điều chỉnh còn phụ thuộc vào dạng hàm liên thuộc mà ANFIS sử dụng.

Để tiện cho việc tính toán, sau đây là các luật cập nhật giá trị các thông số điều chỉnh khi ANFIS sử dụng các dạng hàm liên thuộc thường dùng.

- Trường hợp dùng hàm liên thuộc có dạng hình tam giác

$$\mu_{A_i^j(x_i)} = 1 - \frac{2|x_i - a_i^j|}{b_i^j}$$

Các thông số điều chỉnh trong quá trình học của mạng ANFIS được cập nhật theo các biểu thức sau:

$$a_i^j(t+1) = a_i^j(t) - \eta_a \frac{\partial E}{\partial a_i^j(x_i)}$$

$$b_i^j(t+1) = b_i^j(t) - \eta_b \frac{\partial E}{\partial b_i^j(x_i)}$$

$$p_i^j(t+1) = p_i^j(t) - \eta_p \frac{\partial E}{\partial p_i^j(x_i)}$$

Trong đó: η_a, η_b, η_p là các hệ số học

Chứng minh được:

$$\frac{\partial E}{\partial a_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d) \operatorname{sgn}(x_i - a_i^j(x_i)) \frac{2}{\mu_{A_i^j(x_i)} b_i^j(x_i)}$$

$$\frac{\partial E}{\partial b_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d) (f_j - y) \frac{1 - \mu_{A_i^j(x_i)}}{\mu_{A_i^j(x_i)} b_i^j(x_i)}$$

$$\frac{\partial E}{\partial p_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d) x_i$$

- Trường hợp hàm liên thuộc có dạng hình Gauss

$$\mu_{A_i^j(x_i)} = e^{-\frac{(x_i - c_i^j)^2}{2(\delta_i^j)^2}}$$

Các thông số điều chỉnh trong quá trình học của mạng ANFIS được cập nhật

theo các biểu thức sau:

$$c_i^j(t+1) = c_i^j(t) - \eta_c \frac{\partial E}{\partial c_i^j(x_i)}$$

$$\delta_i^j(t+1) = \delta_i^j(t) - \eta_\delta \frac{\partial E}{\partial \delta_i^j(x_i)}$$

$$p_i^j(t+1) = p_i^j(t) - \eta_p \frac{\partial E}{\partial p_i^j(x_i)}$$

Trong đó: $\eta_c, \eta_\delta, \eta_p$ là các hệ số học

Chứng minh được:

$$\frac{\partial E}{\partial c_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d)(f_j - y)(x_i - c_i^j(x_i)) \frac{1}{\delta_i^j(x_i)^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \delta_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d)(f_j - y)(x_i - c_i^j(x_i)) \frac{1}{\delta_i^j(x_i)^3}$$

$$\frac{\partial E}{\partial p_i^j(x_i)} = \frac{\mu_j}{\sum_{j=1}^M \mu_j} (y - y^d)x_i$$

3.5. Sử dụng công cụ ANFIS trong matlab để thiết kế hệ mờ - neuron (Anfis and the Anfis editor GUI)

3.5.1. Khái niệm

Cấu trúc cơ bản của hệ thống suy luận mờ như chúng ta đã thấy là mô hình thực hiện sự ánh xạ các thuộc tính vào đến các hàm liên thuộc vào, hàm liên thuộc vào đến các luật, các luật đến tập các thuộc tính ra, các thuộc tính ra đến hàm liên thuộc ra và hàm liên thuộc ra đến giá trị ra đơn trị hoặc quyết định kết hợp với đầu ra. Chúng ta mới chỉ đề cập đến các hàm liên thuộc được bố trí trước và ở mức độ nào đó việc chọn còn tùy tiện. Đồng thời chúng ta cũng mới chỉ áp dụng các suy diễn mờ để mô hình hoá hệ thống mà cấu trúc luật về cơ bản được định trước bằng việc sử dụng sự thể hiện của thuộc tính của các biến trong mô hình.

Trong phần này, ta sẽ việc sử dụng hàm anfis và ANFIS Editor GUI trong bộ công cụ Fuzzy Logic Toolbox của Matlab. Công cụ này áp dụng kỹ thuật suy

diễn mờ để mô hình hoá đối tượng. Như ta đã biết ở phần suy diễn mờ GUI hình dạng của hàm liên thuộc phụ thuộc vào các tham số, khi thay đổi các tham số sẽ thay đổi hình dạng của hàm liên thuộc. Thay vì nhìn vào dữ liệu để chọn tham số hàm liên thuộc chúng ta thấy các hàm liên thuộc có thể được chọn một cách tự động.

Giả thiết ta muốn áp dụng suy diễn mờ cho hệ thống mà đối với nó ta đã có một tập dữ liệu vào/ra, ta có thể sử dụng để mô hình hoá, mô hình sắp tới hoặc một vài phương pháp tương tự. Không nhất thiết phải có cấu trúc mô hình định trước làm cơ sở cho thuộc tính của các biến trong hệ thống. Có một vài mô hình trạng thái trên nó chúng ta không thể nhận thấy dữ liệu và không thể hình dung được hình dạng của hàm liên thuộc. Đúng hơn là việc chọn các thông số liên kết với các hàm liên thuộc định sẵn là tùy tiện, các thông số này được chọn sao cho làm biến đổi tập dữ liệu vào/ra đến bậc được miêu tả cho dạng đó của các biến trong các giá trị dữ liệu. Do đó được gọi là kỹ thuật học neuro-Adaptive hợp thành anfis.

3.5.2. *Mô hình học và suy diễn mờ thông qua ANFIS (Model Learning and Inference Through ANFIS)*

Ý tưởng cơ bản của kỹ thuật học neuro-adaptive rất đơn giản. Kỹ thuật này đưa ra cơ chế cho mô hình mờ có thủ tục để học thông tin về tập dữ liệu theo thứ tự ước tính các tham số của hàm liên thuộc mà nó cho phép kết hợp với hệ thống suy diễn mờ theo hướng dữ liệu vào/ra nhất định. Phương pháp học này làm việc tương tự như mạng nơron. Bộ công cụ logic mờ dùng để thực hiện việc điều chỉnh tham số của hàm liên thuộc được gọi là anfis. Ta có thể mở anfis từ dòng lệnh hoặc từ giao diện đồ hoạ (ANFIS Editor GUI). Hai cách này tương tự nhau, chúng được sử dụng hoán đổi nhau. Tuy nhiên, giữa chúng cũng có đôi chút khác biệt (chúng ta sẽ bàn đến ở phần sau).

❖ Tìm hiểu về ANFIS

ANFIS xuất phát từ tiến Anh là Adaptive neuro-fuzzy inference system. Sử dụng tập dữ liệu vào/ra có sẵn, hàm anfis xây dựng nên hệ thống suy diễn mờ (FIS), các thông số hàm liên thuộc của nó được điều chỉnh nhờ sử dụng các thuật toán

huấn luyện của mạng nơron như thuật toán lan truyền ngược hoặc kết hợp lan truyền với phương pháp bình phương cực tiểu. Điều đó cho phép hệ mờ của ta "học" từ tập dữ liệu chúng được mô hình.

❖ **Cấu trúc và sự điều chỉnh tham số của FIS**

Một kiểu mạng có cấu trúc tương tự mạng nơron, nó ánh xạ các đầu vào qua các hàm liên thuộc vào với các thông số tương ứng và sau đó là thông qua các hàm ra với các tham số tương ứng tạo nên các đầu ra có thể được sử dụng để giải thích ánh xạ vào/ra. Các thông số tương ứng với hàm liên thuộc sẽ thay đổi thông qua quá trình học. Việc tính toán các tham số này (hoặc việc điều chỉnh chúng) thực hiện dễ dàng bằng véc tơ gradient nó đưa ra giới hạn theo cách tốt cho hệ thống suy diễn mờ được mô hình hoá dữ liệu vào/ra theo tập các tham số nhất định. Ta đã biết, véc tơ gradient được áp dụng cho một vài thủ tục tối ưu cốt để điều chỉnh các tham số sao cho giảm nhỏ giá trị sai số (thường được định nghĩa bằng tổng bình phương sai lệch giữa đầu ra hiện thời và đầu ra mong muốn). Anfis sử dụng điều đó theo giải thuật lan truyền ngược hoặc kết hợp sự ước lượng bình phương cực tiểu và sự lan truyền ngược cho sự ước lượng tham số hàm liên thuộc.

3.5.3. Xác nhận dữ liệu huấn luyện (*Familiarity Breeds Validation*)

❖ **Tìm hiểu dữ liệu**

Phương thức tạo mẫu được sử dụng bởi anfis giống như các kỹ thuật nhận dạng hệ thống khác. Đầu tiên ta đưa ra một cấu trúc tham số mẫu (liên kết các đầu vào tới các hàm liên thuộc với các luật tới các đầu ra tới các hàm liên thuộc...). Kế đến, là thu thập dữ liệu vào/ra vào một dạng sao cho tiện lợi cho sự huấn luyện của anfis. Ta có thể sử dụng anfis để huấn luyện mô hình FIS nhằm mô phỏng dữ liệu huấn luyện đưa vào để nó sửa đổi các tham số của hàm liên thuộc theo tiêu chuẩn sai số đã lựa chọn. Nói chung, kiểu mô hình này sẽ làm việc tốt nếu dữ liệu đưa vào anfis cho sự huấn luyện tham số các hàm liên thuộc đại diện đầy đủ cho các đặc tính của tập dữ liệu mà nó được FIS huấn luyện giành cho mô hình. Điều này không phải luôn luôn xảy ra, tuy nhiên, trong một vài trường hợp trong quá trình thu thập

dữ liệu, do ảnh hưởng của nhiễu đo lường mà dữ liệu huấn luyện không thể đại diện cho tất cả các thuộc tính của dữ liệu sẽ có mặt ở mô hình.

❖ Xác định mô hình bằng cách sử dụng các phần dữ liệu thử và kiểm tra
(Model Validation Using Checking and Testing Data Sets)

Công nhận giá trị mẫu (xác định mẫu) là quá trình trong đó các vectơ vào từ dữ liệu vào/ra được đặt tại nơi mà FIS chưa được huấn luyện, mẫu được đưa tới huấn luyện FIS để mẫu FIS đón trước giá trị dữ liệu đầu ra tương ứng có tốt hay không. Nó được thực hiện bởi bộ soạn thảo ANFIS GUI. Ta có thể sử dụng một loại dữ liệu khác để công nhận giá trị mẫu trong anfis. Hình thức công nhận dữ liệu này được hình dung như một hệ thống dữ liệu kiểm tra được sử dụng để điều chỉnh sự công nhận giá trị dữ liệu. Khi dữ liệu kiểm tra được đưa tới anfis cũng giống như dữ liệu huấn luyện, mẫu FIS lựa chọn để các tham số liên quan có sai số mẫu dữ liệu nhỏ nhất.

Một vấn đề đặt ra là việc công nhận giá trị dữ liệu để tạo mẫu sử dụng các kỹ thuật thích nghi là lựa chọn tập dữ liệu tiêu biểu cho dữ liệu mẫu huấn luyện, nhưng khác biệt với dữ liệu huấn luyện được thiết lập không phải để phản hồi cho quá trình hợp thức hoá thiếu hiệu quả. Nếu ta thu thập một lượng lớn các dữ liệu, thì dữ liệu này chứa đựng đầy đủ các đặc tính tiêu biểu vì vậy quá trình thu thập dữ liệu để phục vụ mục đích kiểm tra hoặc thử sẽ dễ dàng hơn. Tuy nhiên nếu ta muốn thực hiện các phép đo ở mẫu, có thể dữ liệu huấn luyện không bao gồm tất cả các đặc tính tiêu biểu mà ta muốn.

Ý tưởng cơ bản đằng sau việc sử dụng dữ liệu kiểm tra cho hợp thức hoá là sau một điểm nhất định trong quá trình huấn luyện, mẫu bắt đầu vượt quá phần dữ liệu huấn luyện đã được thiết lập. Theo nguyên tắc, sai số mẫu cho thiết lập dữ liệu kiểm tra dường như giảm khi việc huấn luyện xảy ra tại điểm mà việc điều chỉnh quá mức bắt đầu, và sau đó sai số mẫu cho dữ liệu kiểm tra đột ngột tăng. Trong ví dụ đầu ở phần dưới đây, hai dữ liệu giống nhau được sử dụng để huấn luyện và kiểm tra, nhưng phần dữ liệu kiểm tra bị sửa đổi bởi một lượng tiếng ồn nhỏ. Bằng việc kiểm tra chuỗi sai số trong quá trình huấn luyện, rõ ràng là dữ liệu kiểm tra

không được tốt cho các mục đích hợp thức hoá mẫu. Ví dụ này minh hoạ cách sử dụng bộ soạn thảo ANFIS GUI để so sánh các dữ liệu.

❖ Một số hạn chế của Anfis

Anfis phức tạp hơn các hệ thống suy luận mờ mà chúng ta đã đề cập ở chương 1 rất nhiều, và cũng không sẵn có như các tùy chọn của hệ thống suy luận mờ. Đặc biệt, anfis chỉ hỗ trợ cho các hệ thống mờ theo mô hình Sugeno và chúng cần có những ràng buộc sau:

– Là các hệ thống loại Sugeno ở vị trí 0 hoặc 1.

– Có một đầu ra đơn, giải mờ bằng phương pháp trung bình trọng tâm. Tất cả các hàm liên thuộc đầu ra phải cùng loại, hoặc tuyến tính hoặc bất biến.

– Không chia sẻ luật điều khiển. Các luật khác nhau không thể chia sẻ cùng một hàm liên thuộc đầu ra, cụ thể là số lượng các hàm liên thuộc đầu ra phải bằng số lượng các luật.

Có một trọng lượng nhất định (đồng nhất) cho mỗi một nguyên tắc.

Khi không train đủ những ràng buộc trên, cấu trúc FIS sẽ bị sai số.

Hơn nữa, anfis không thể chấp nhận các tùy chọn thông thường mà suy luận mờ cơ bản cho phép. Vì vậy chúng ta không thể tùy ý tạo ra các hàm liên thuộc và các phương pháp giải mờ của mình mà phải sử dụng những chức năng đã cho.

3.6. Sử dụng bộ soạn thảo ANFIS GUI

3.6.1. Các chức năng của ANFIS GUI

Trong phần này, chúng ta cùng tìm hiểu cách khai thác bộ soạn thảo hệ mờ - neuron thông qua giao diện đồ họa. Để khởi động bộ soạn thảo ANFIS GUI, gõ: anfisedit. Cửa sổ thảo GUI sau đây xuất hiện trên màn hình (hình 3.11). Từ bộ soạn thảo GUI này ta có thể:

Tải dữ liệu (huân luyện, thử và kiểm tra) bằng cách lựa chọn những nút thích hợp trong phần Load thừa của GUI và bấm vào Load Data. Dữ liệu tải về được vẽ trong phần đồ thị.

Tạo một mô hình FIS ban đầu hoặc tải một mô hình FIS ban đầu bằng cách sử dụng các lựa chọn trong Generate FIS của GUI.

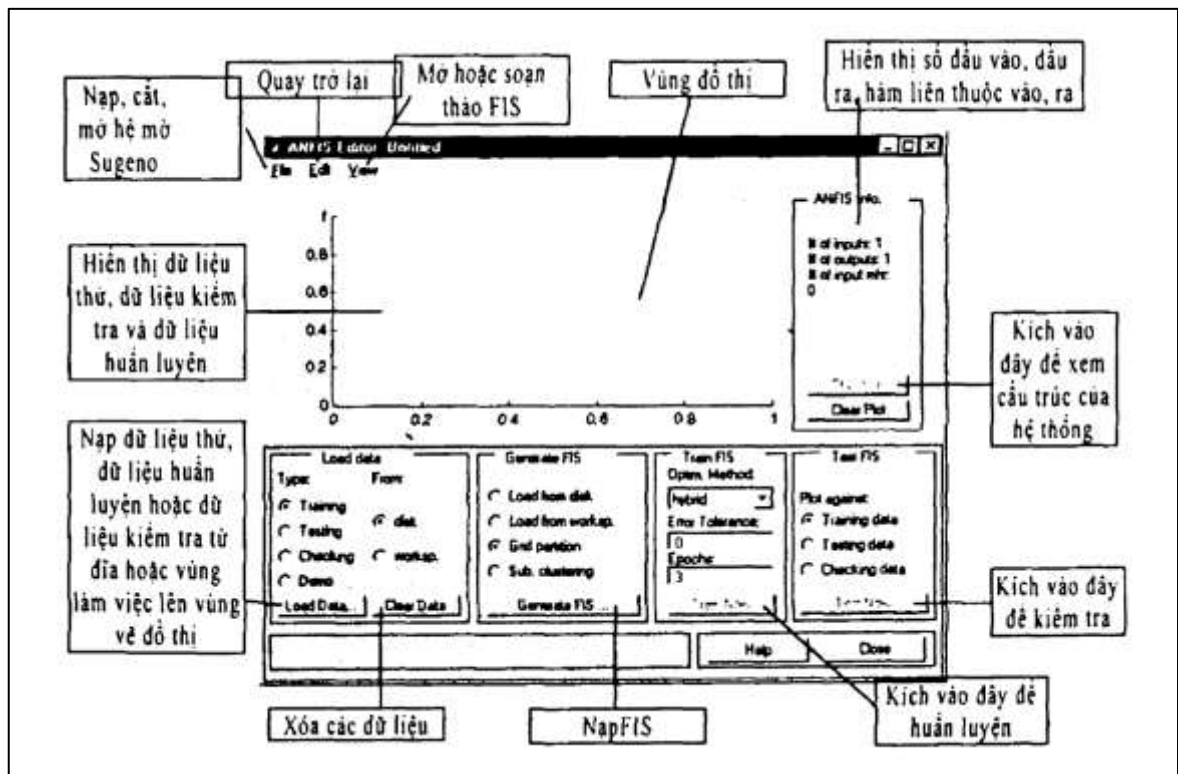
Xem cấu trúc mẫu FIS khi FIS ban đầu đã được tạo hoặc tải bằng cách nhấn vào nút Structure.

Chọn phương pháp tối ưu tham số mô hình FIS: truyền ngược hoặc kết hợp truyền ngược với bình phương nhỏ nhất (phương pháp lai).

Chọn số kỳ huấn luyện mô hình FIS bằng cách nhấn vào nút Train Now.

Huấn luyện này điều chỉnh các tham số hàm liên thuộc và các sơ đồ huấn luyện (và/ hoặc dữ liệu kiểm tra) các sơ đồ sai số trong phần sơ đồ.

Quan sát mô hình FIS để thấy được dữ liệu huấn luyện, kiểm tra hoặc thử dữ liệu đầu ra bằng cách ấn nút Test Now.



Hình 3. 9. Cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI

Chức năng này vẽ dữ liệu thử tương phản với đầu ra FIS trong phần sơ đồ.

Ta có thể sử dụng thanh thực đơn bộ soạn thảo ANFIS GUI để tải một huấn luyện FIS ban đầu, ghi FIS huấn luyện, mở một hệ thống Sugeno hoặc mở bất kỳ một GUI nào để phân tích sự huấn luyện của mô hình FIS.

3.6.2. *Khuôn dạng dữ liệu và bộ soạn thảo ANFIS GUI: kiểm tra và huấn luyện (Data Formalities and the ANFIS Editor GUI: Checking and Training)*

Để khởi động một FIS sử dụng anfis hoặc bộ soạn thảo ANFIS GUI, đầu tiên ta cần có một dữ liệu huấn luyện chứa các cặp dữ liệu đầu vào/đầu ra mong muốn của hệ thống đích. Đôi khi cũng cần tập dữ liệu thử tùy chọn có thể kiểm tra được khả năng khái quát hoá của hệ thống suy luận mờ, đồng thời tập dữ liệu kiểm tra có thể giúp đỡ việc điều chỉnh trong suốt quá trình huấn luyện. Như đã đề cập từ phần trước, việc điều chỉnh được tính để thử nghiệm huấn luyện FIS trên một dữ liệu huấn luyện đối lập dữ liệu kiểm tra, và chọn hàm tham số hàm liên thuộc nối kết với sai số kiểm tra nhỏ nhất nếu những sai số này chỉ ra việc điều chỉnh mẫu quá mức. Ta sẽ phải kiểm tra sơ đồ sai số huấn luyện nhỏ nhất để quyết định điều này. Những vấn đề này sẽ được bàn đến ở một ví dụ phần sau. Thường thì những phần dữ liệu huấn luyện và kiểm tra được thu thập dựa trên các quan sát của hệ thống đích và sau đó được lưu lại trong các tệp tin tách biệt.

Chú ý: Bất cứ tập dữ liệu nào mà ta tải vào bộ soạn thảo ANFIS GUI, (hoặc là cái được ứng dụng vào hàm lệnh anfis) phải là một ma trận với các dữ liệu đầu vào được sắp xếp như các vecto trong tất cả trừ cột cuối cùng. Dữ liệu đầu ra phải được đặt trong cột cuối cùng.

3.7. Kết luận chương 3

Trong chương này luận văn nghiên cứu, tìm hiểu về lý thuyết điều khiển mờ neuron. Sự kết hợp giữa hệ mờ và mạng neuron, tìm hiểu về cấu trúc, cách huấn luyện trong mạng mờ neuron, đặc biệt là cấu trúc điều khiển ANFIS.

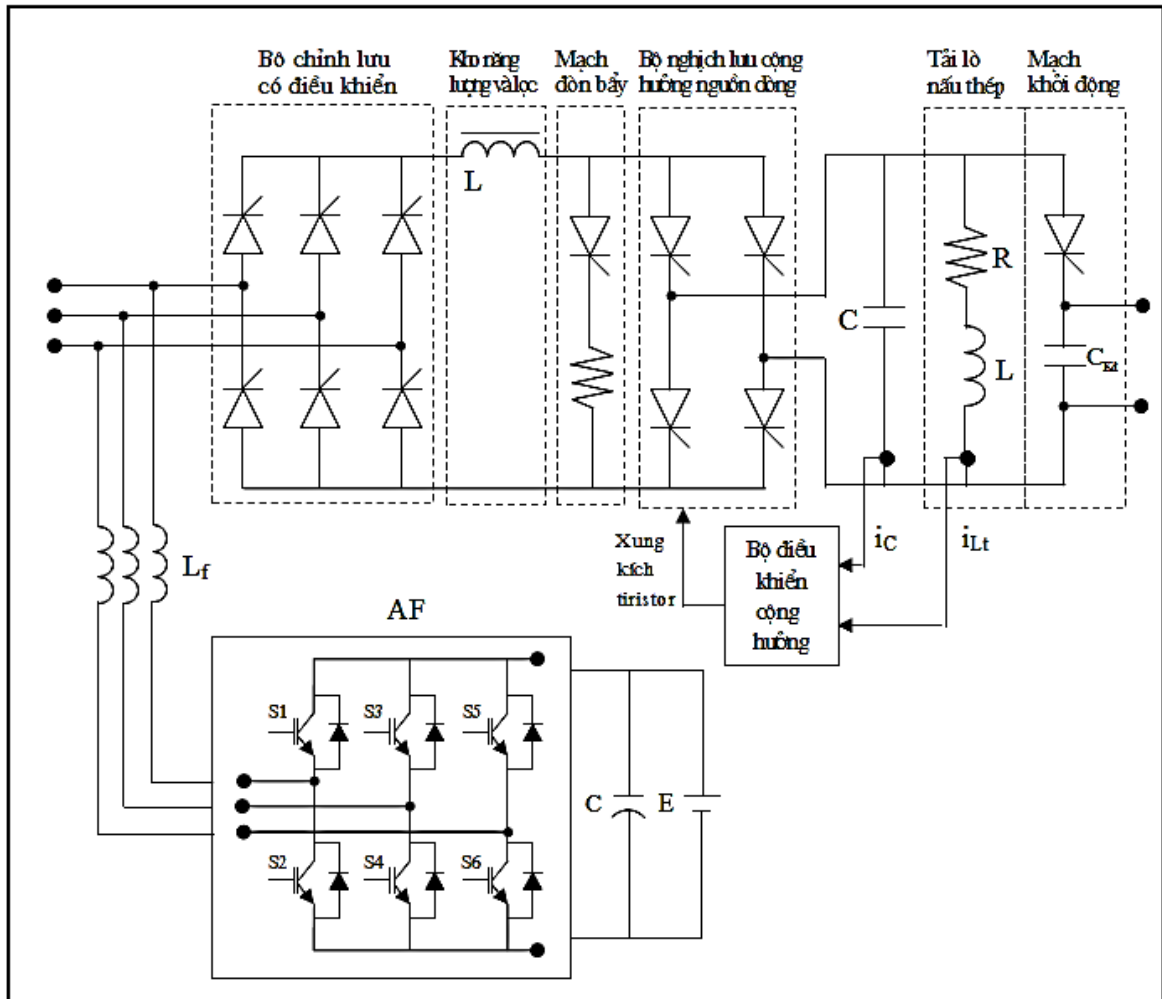
Ngoài ra cũng trong chương này luận văn đi tìm hiểu cách sử dụng công cụ ANFIS trong Matlab để thiết kế hệ mờ neuron, nhằm phục vụ cho việc thiết kế điều khiển trong chương sau.

Chương 4 – ỨNG DỤNG HỆ MỜ NƠON ĐIỀU KHIỂN BỘ LỌC TÍCH CỰC CHO LÒ NẤU THÉP CẢM ỨNG

4.1. Xác định cấu trúc bộ lọc tích cực AF cho lò nấu thép cảm ứng

Trong chương 2 ta đã tìm hiểu về các bộ lọc tích cực, trong đó ta thấy bộ lọc tích cực song song AF có nhiều ưu điểm nổi bật, phù hợp với lò nấu thép cảm ứng. Vì vậy ta sẽ sử dụng bộ lọc tích cực song song AF để lọc sóng hài cho lò. Cấu trúc và nguyên lý làm việc của bộ lọc như được trình bày ở hình 2.28 ở mục 2.5.4 của chương 2 [7].

Cấu trúc tổng quát của toàn bộ lò nấu thép cảm ứng và bộ lọc tích cực song song được trình bày như hình 4.1.



Hình 4. 1. Cấu trúc tổng quát của toàn bộ lò nấu thép cảm ứng có bộ lọc AF

Điểm nổi bộ lọc tích cực AF sát phụ tải, điểm này gọi là điểm nổi chung (PCC), AF được điều khiển theo nguyên tắc dòng điện.

4.2. Tính toán các thông số của bộ lọc AF

Các thông số của bộ lọc tích cực AF được tính chọn [6], [7], [9] như sau:

4.2.1. Tính chọn giá trị nguồn một chiều cấp cho nghịch lưu

Giá trị cực tiểu của nguồn một chiều: $E_{\min} > V_s \sqrt{2} \sqrt{3} = 2,45V_s = U_{d0}$

Thông thường chọn nguồn một chiều ở giá trị: $E = (1,2 \div 1,3)U_{d0}$

Chọn hệ số 1,3 thì nguồn một chiều cấp cho mạch nghịch lưu là:

$$E = 1,3U_{d0} = 1,3 \times 2,45 \times 220 = 700 \text{ (V)}$$

4.2.2. Tính chọn giá trị tụ điện C

Giá trị tụ điện C được tính toán sao cho đảm bảo tạo được nguồn cấp ổn định cho mạch nghịch lưu là $E = 700\text{(V)}$ và C phải đủ lớn để loại bỏ được những thành phần điện áp lặn tẩn trên tụ. Công thức tính điện dung C như sau:

$$C = \frac{S}{E \cdot \Delta U} \cdot \frac{1}{2\omega_1}$$

Trong đó :

- S là công suất biểu kiến của bộ lọc
- E là giá trị sức điện động một chiều cấp cho mạch nghịch lưu
- ΔU độ biến thiên điện áp trên tụ (lấy khoảng 5%E)

Ta có: $\Delta U = 5\%E = 5\% \cdot 700 = 35\text{(V)}$

Tính toán công suất biểu kiến của bộ lọc, công suất của bộ lọc sẽ bằng tổng công suất gây ra do các thành phần sóng hài từ bậc 2 đến bậc 63 chiếm tỉ lệ hầu hết, do đó sẽ tính toán công suất bộ lọc dựa trên các thành phần hài bậc cao này.

Ta có:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2} = THD \cdot I_1$$

$$\sqrt{\sum_{n=2}^{60} I_n^2} = THD \cdot I_1 = 15,22\% \cdot 318 = 48,4 \text{ (A)}$$

Công suất biểu kiến của bộ lọc là:

$$S = 3U_p I_p = 3 \cdot 220 \cdot 48,4 = 31943,736 \text{ (VA)}$$

Vậy giá trị điện dung C là:

$$C = \frac{S}{E \cdot \Delta U} \cdot \frac{1}{2\omega_1} = \frac{31943,736}{700 \cdot 35} \cdot \frac{1}{2 \cdot 2\pi \cdot 50} \approx 7,275 \cdot 10^{-4} \text{ (F)}$$

4.2.3. Tính chọn giá trị điện cảm L_f

$$L_{fmax} = \frac{V_f - V_s}{4\xi_t f_t} = \frac{E - V_s}{4\xi_t f_t}$$

Trong đó:

- V_f là điện áp đầu ra của nghịch lưu
- V_s là điện áp nguồn
- ξ_t là biên độ của xung tam giác
- f_t là tần số của xung tam giác

Chọn $\xi_t = 10$; $f_t = 10\text{kHz}$ thay vào ta được:

$$L_{fmax} = \frac{E - V_s}{4\xi_t f_t} = \frac{700 - 220}{4 \cdot 10 \cdot 10000} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ (H)}$$

Chọn $L_f = 0,7 \text{ (mH)}$

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

Vì các 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 phức tạp đòi hỏi nhiều yếu tố. Trong luận văn này ta chọn sơ bộ van theo dòng điện cực đại qua van.

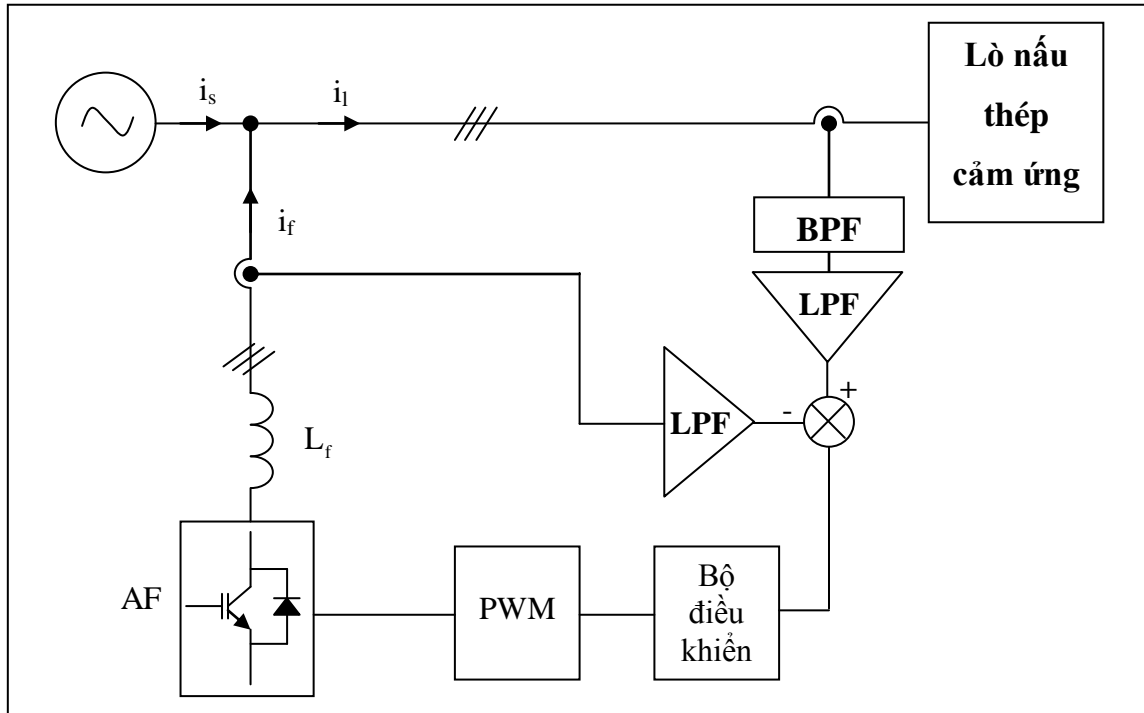
Dòng điện cực đại qua van bằng tổng các thành phần sóng hài gây ra, như đã phân tích ở trên các thành phần sóng hài từ bậc 2 đến bậc 60 chiếm tỉ lệ hầu hết và có giá trị hiệu dụng là 48,4 (A). Với tản nhiệt có tiết diện đủ lớn và điều kiện làm mát bằng quạt ta có thể chọn van với dòng định mức qua van là:

$$I_{dm} = 2I_{max} = 2 \times 48,4 = 96,8 \text{ (A)}$$

Như vậy sơ bộ ta có thể chọn các van IGBT với dòng 160 (A)

4.3. Cấu trúc điều khiển AF

Để điều khiển AF phát ra dòng điện hài bám theo dòng điện hài trên tải ta thực hiện theo cấu trúc [6], [16] như hình sau:

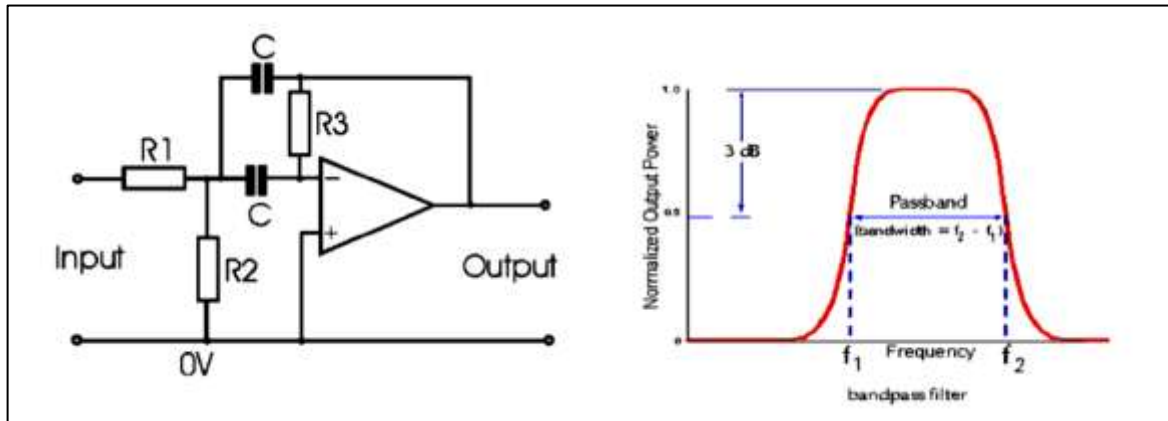


Hình 4. 2. Cấu trúc điều khiển bộ lọc tích cực AF

4.3.1. Xác định dòng điện bù hài (i_{ref})

Một trong những bước để điều khiển bộ lọc tích cực là cần phải xác định dòng bù hài chính xác và nhanh. Về thực chất dòng bù hài chính là đảo của dòng hài trên tải, có rất nhiều phương pháp để xác định dòng hài trên tải như biến đổi Fourier nhanh (FFT/Fast Fourier Transform), lý thuyết p-q tức thời, lý thuyết hệ quy chiếu d-q đồng bộ, mạng nơ ron thích nghi, sử dụng các bộ lọc tương tự hoặc số thích hợp để tách các thành phần hài. Đối với phương pháp FFT, tính toán chính xác đòi hỏi đến hai chu kỳ của sóng cần phân tích: một chu kỳ để thu thập dữ liệu, một chu kỳ để phân tích dữ liệu. Đối với các phương pháp khác, việc thực thi là rất phức tạp [6], [7]. Luận văn sử dụng giải pháp tách dòng điện hài bằng hai bộ lọc thông dải (Band pass filter) nối tiếp.

Sơ đồ mạch điện và đặc tính của BPF như hình sau:



Hình 4. 3. Sơ đồ mạch điện và đặc tính band pass filter

Hàm truyền đạt [6], [16] của BPF là:

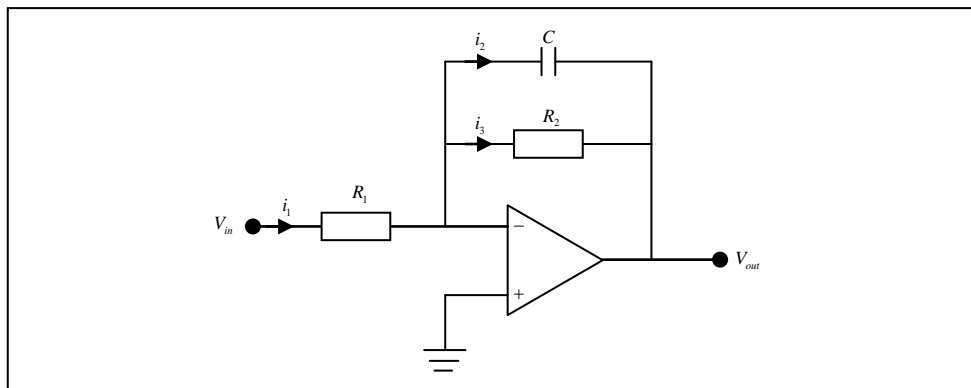
$$H_{BPF}(s) = \frac{K.B.s}{s^2 + B.s + \omega_c^2}$$

Trong đó:

- K là hệ số khuếch đại
- s là toán tử Laplace
- B là một tần số góc bằng $2\pi f_b$, $f_b = f_2 - f_1$
- ω_c là tần số cắt

4.3.2. Bộ lọc thông thấp (LPF)

Để hạn chế những dòng điện hài có tần số quá cao nhưng biên độ không ảnh hưởng đáng kể, ta dùng bộ xử lý LPF là bộ lọc thông thấp (Low pass filter). Sơ đồ mạch điện như hình sau [6], [16]:



Hình 4. 4. Sơ đồ mạch điện LPF

Hàm truyền đạt [6], [16] của LPF là:

$$H_{LPF}(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

Trong đó:

- $K = -R_2/R_1$, là hệ số khuếch đại
- $\tau = R_2C$, là hằng số thời gian của bộ lọc

$$\text{Tần số cắt: } f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi R_2 C} \text{ (Hz); } \omega_c = 2\pi f_c = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{R_2 C}$$

Chọn $K = 1$

Dựa vào phổ tín hiệu dòng điện nguồn trên hình 1.15, hình 1.16 và hình 1.17 trong chương 1, ta thấy các dòng hài từ bậc 2 đến bậc 60 có ảnh hưởng đến hệ thống nên cần phải loại bỏ. Do đó ta thiết kế LPF có tần số cắt $f_c = 50.60 = 3000$ (Hz). Suy ra hằng số thời gian của bộ lọc:

$$\tau = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 3000} \approx 5.10^{-5} \text{ (s)}$$

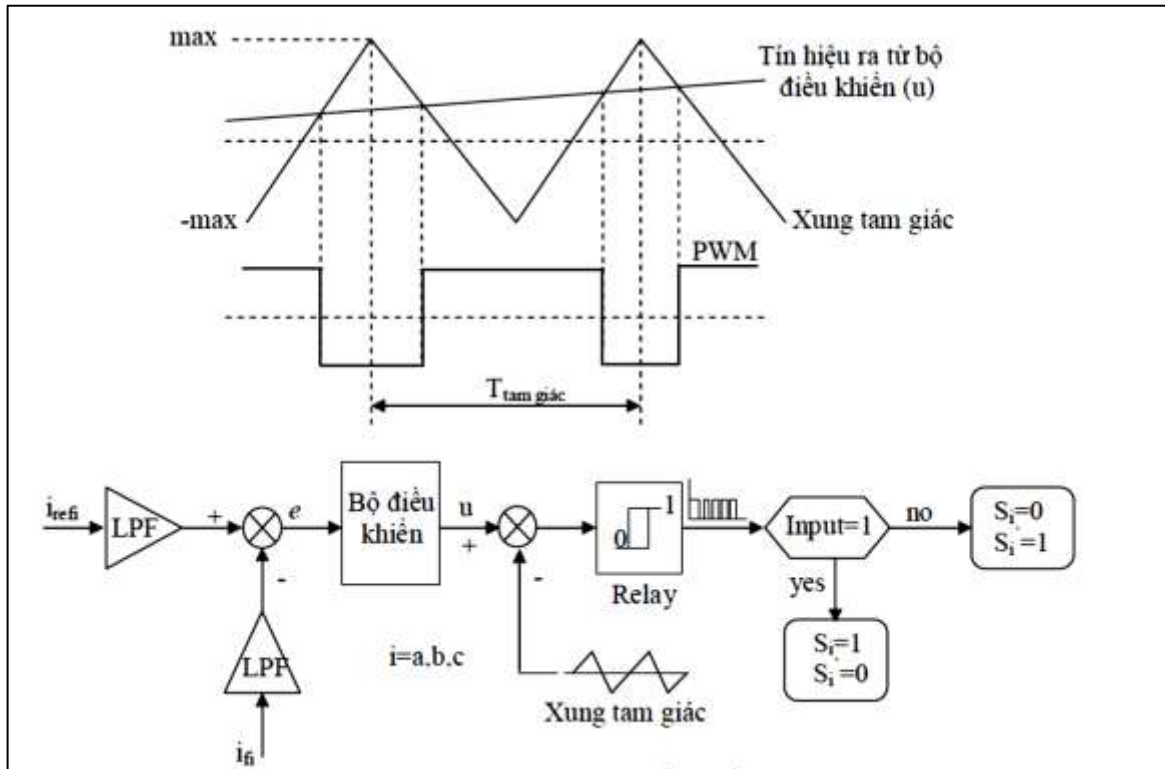
Vậy hàm truyền đạt là:

$$H_{LPF}(s) = \frac{K}{\tau s + 1} = \frac{1}{5.10^{-5} s + 1}$$

4.3.3. Phương pháp điều chế PWM

Phương pháp điều chế PWM được thực hiện như hình 4.5 [6], [16]

Tín hiệu sai lệch dòng sau khi qua bộ lọc thông thấp được bộ điều khiển xử lý thành tín hiệu u , tín hiệu u so sánh với sóng tam giác có tần số rất cao tạo thành chuỗi xung có chu kỳ bằng $T_{\text{tam giác}}$ nhưng bề rộng xung thay đổi phụ thuộc vào tín hiệu u . Chuỗi xung này qua khâu relay tạo thành tín hiệu điều khiển các van của nghịch lưu.

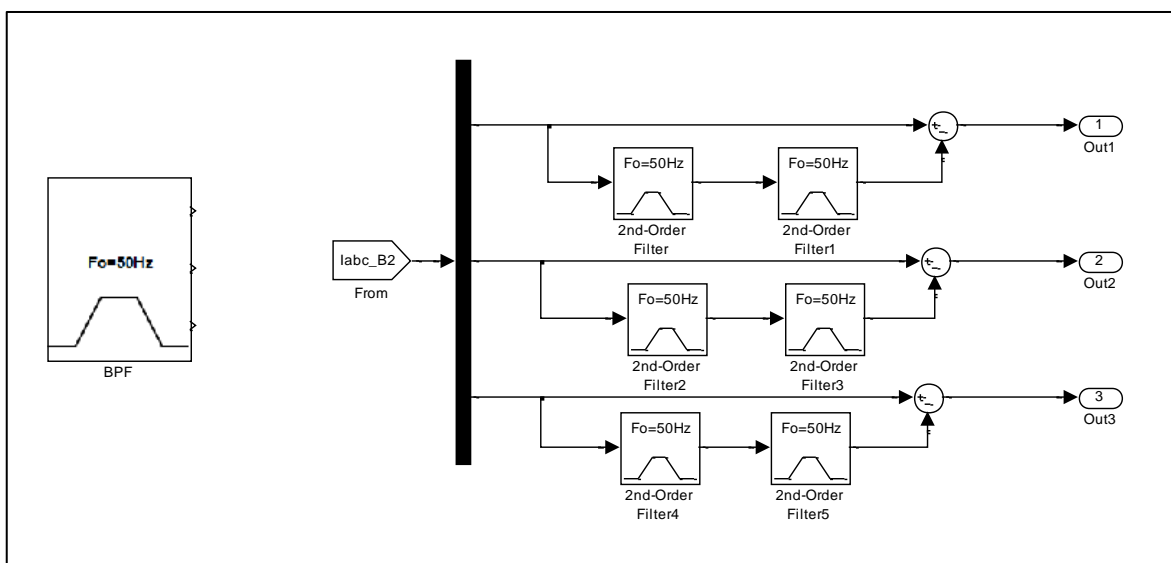


Hình 4. 5. Phương pháp điều chế PWM

4.4. Mô hình hóa bộ lọc AF bằng phần mềm Matlab/Simulink

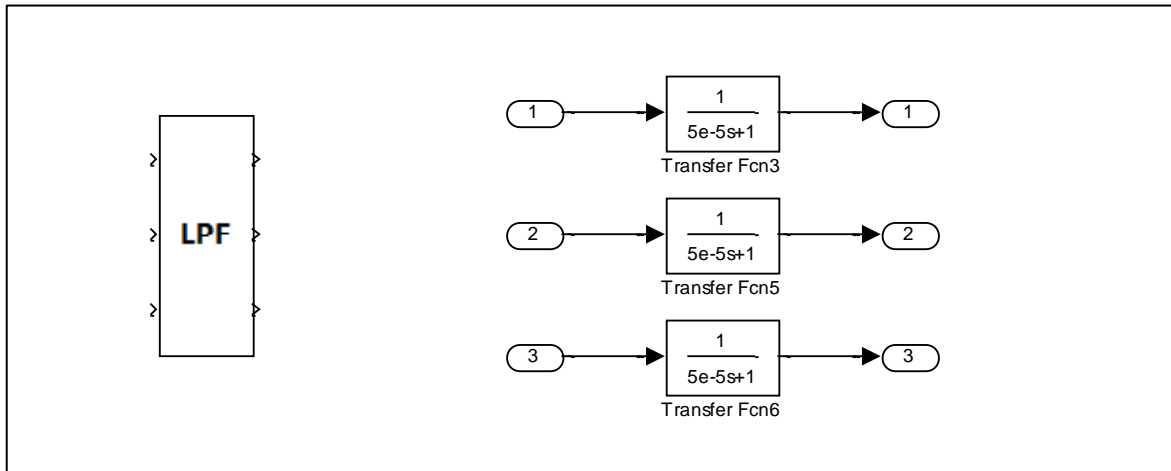
4.4.1. Khâu tách dòng điện hài BPF

Sử dụng giải pháp tách dòng điện hài bằng hai bộ lọc thông dải (Band pass filter) nối tiếp.



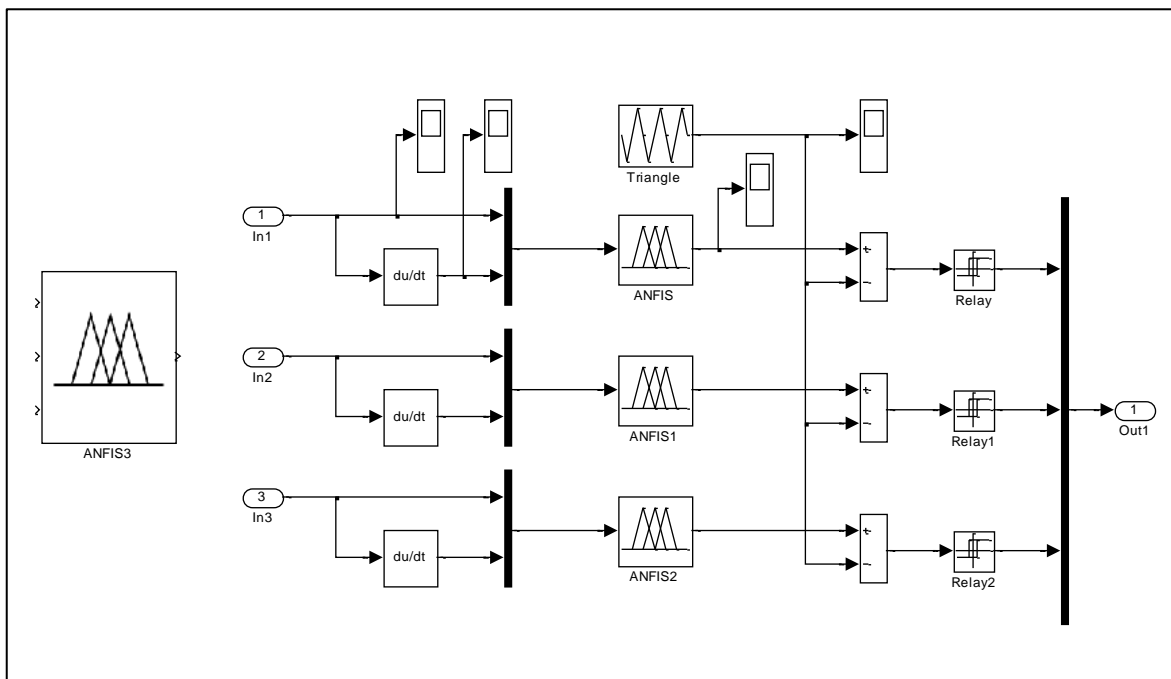
Hình 4. 6. Mô hình khâu tách dòng điện hài BPF

4.4.2. Bộ lọc thông thấp LPF



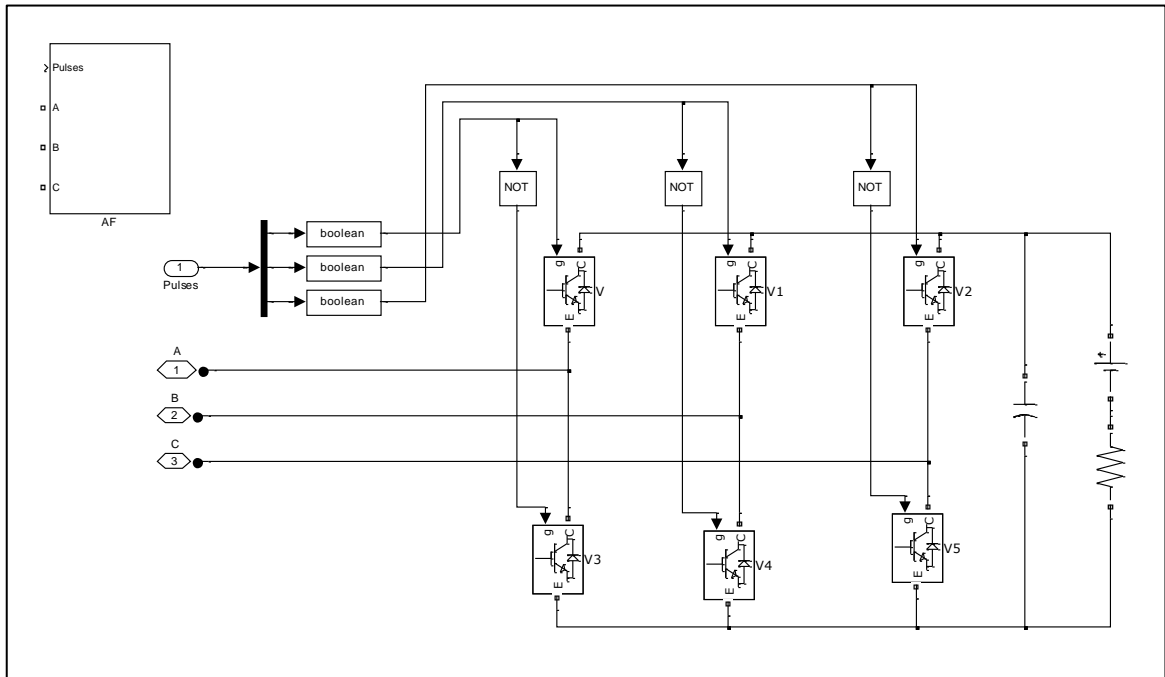
Hình 4. 7. Mô hình khâu lọc thông thấp LPF

4.4.3. Bộ điều khiển ANFIS



Hình 4. 8. Mô hình khâu điều khiển ANFIS

4.4.4. Khâu AF



Hình 4. 9. Mô hình khâu nghịch lưu AF

4.5. Ứng dụng hệ mờ điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng.

4.5.1. Xây dựng bộ điều khiển mờ

Trong phần này ta sẽ xây dựng bộ điều khiển mờ để điều khiển bộ lọc tích cực AF.

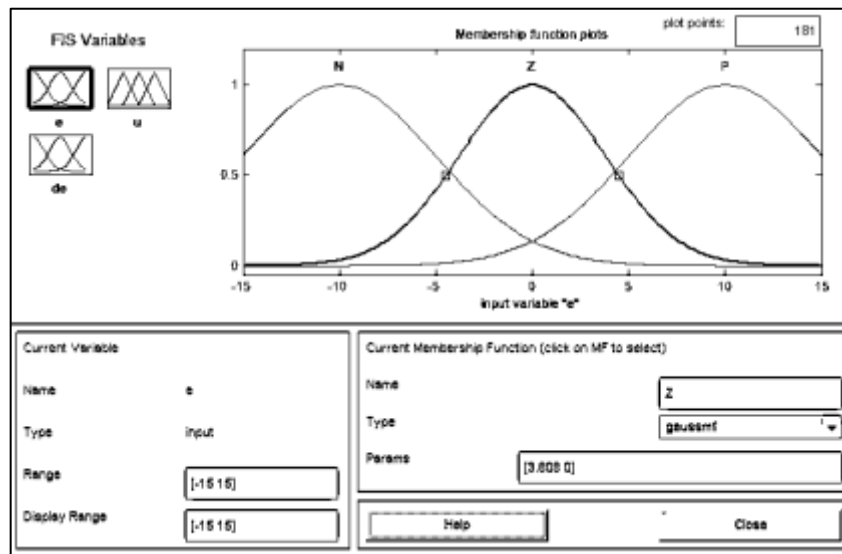
Đầu vào bộ điều khiển mờ này là sai lệch $e = i_{ref} - i_f$ và đạo hàm sai lệch de/dt (kí hiệu de). Tín hiệu ra là u .

❖ Mờ hóa

- Miền giá trị của biến ngôn ngữ đầu vào sai lệch được chọn như sau:

$e = [-15 \div 15]$. Hàm liên thuộc của biến ngôn ngữ sai lệch này được chọn như hình 4.10.

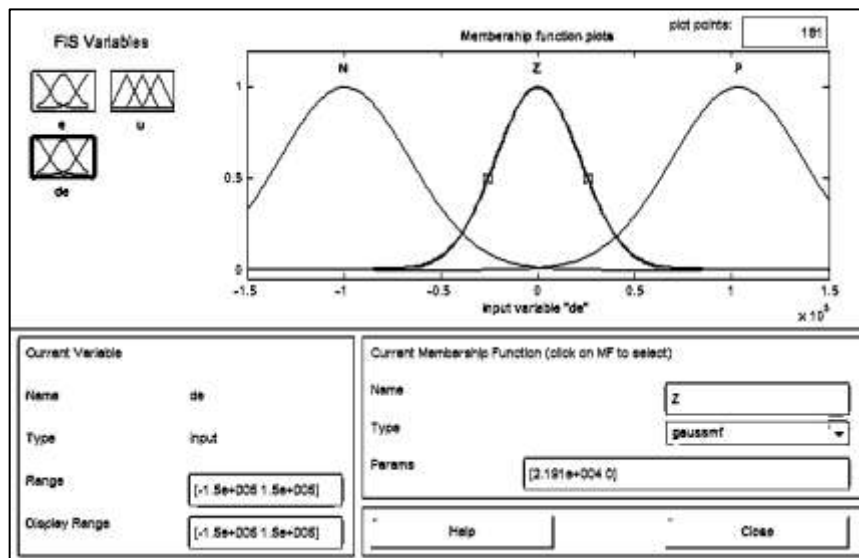
$$\mu_e^T = [\mu_N(x) \quad \mu_Z(x) \quad \mu_P(x)]$$



Hình 4. 10. Mờ hóa biến ngôn ngữ e

- Miền giá trị của biến ngôn ngữ đầu vào đạo hàm sai lệch được chọn như sau:
de = [-15e4÷15e4]. Hàm liên thuộc của biến ngôn ngữ đạo hàm sai lệch này được chọn như hình 4.11.

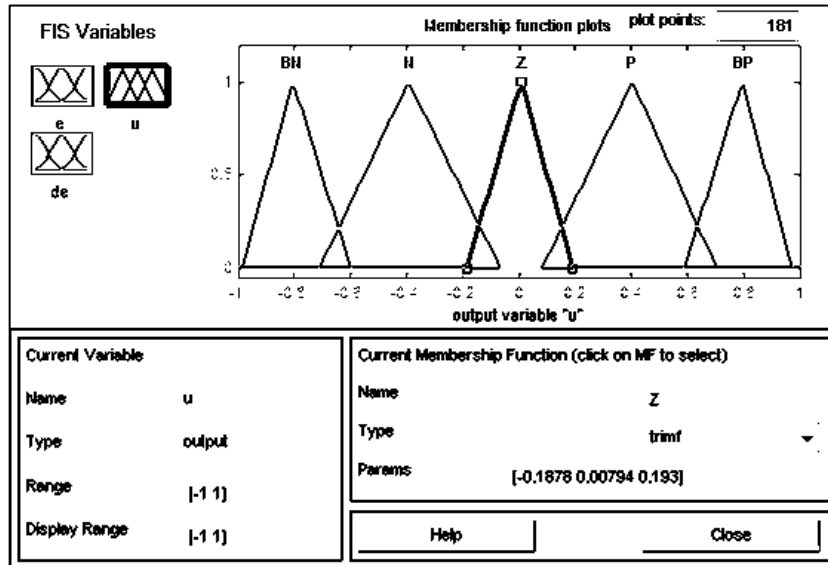
$$\mu_{de}^T = [\mu_N(x) \ \mu_Z(x) \ \mu_P(x)]$$



Hình 4. 11. Mờ hóa biến ngôn ngữ de

- Miền giá trị của biến ngôn ngữ đầu ra u được chọn như sau:
u = [-1 1]. Hàm liên thuộc của biến ngôn ngữ điện áp này được chọn như hình 4.12.

$$\mu_u^T = [\mu_{BN}(x) \mu_N(x) \mu_Z(x) \mu_P(x) \mu_{BP}(x)]$$



Hình 4. 12. Mờ hóa biến ngôn ngữ u

❖ Luật hợp thành

Với 3 tập mờ của mỗi đầu vào, ta xây dựng được $3 \times 3 = 9$ luật điều khiển.

Các luật điều khiển này được xây dựng theo các nguyên tắc sau:

- Nếu e bằng không thì u bằng không
- Nếu e dương và de âm thì u dương
- Nếu e dương và de âm hoặc dương hoặc bằng không thì u dương nhiều
- Nếu e âm và de dương thì u âm
- Nếu e âm và de âm hoặc dương hoặc bằng không thì u âm nhiều

Ta xây dựng bảng hợp thành như sau:

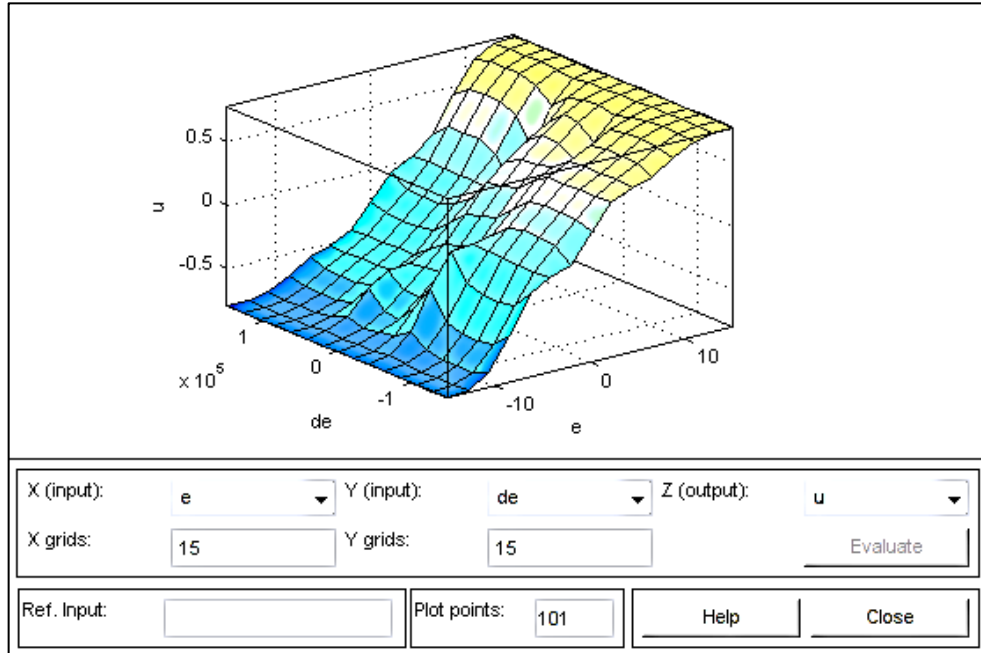
Bảng 4. 1. Bảng luật hợp thành

de \ e	N	Z	P
N	BN	P	BP
Z	BN	Z	BP
P	BN	N	BP

Chọn luật hợp thành Max-Min

❖ Giải mờ

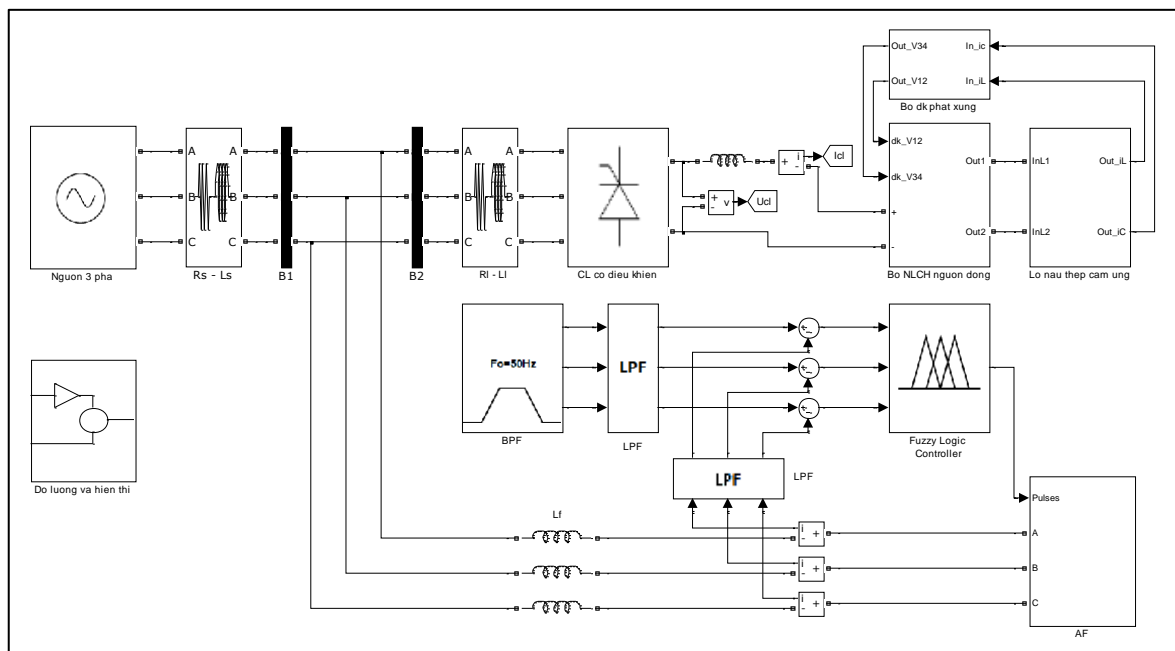
Giải mờ bằng phương pháp điểm trọng tâm.



Hình 4. 13. Quan hệ giữa u theo e và de

4.5.2. Kết quả mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink khi sử dụng bộ điều khiển mờ

☐ Sơ đồ tổng quát của hệ thống được trình bày trên hình 4.14



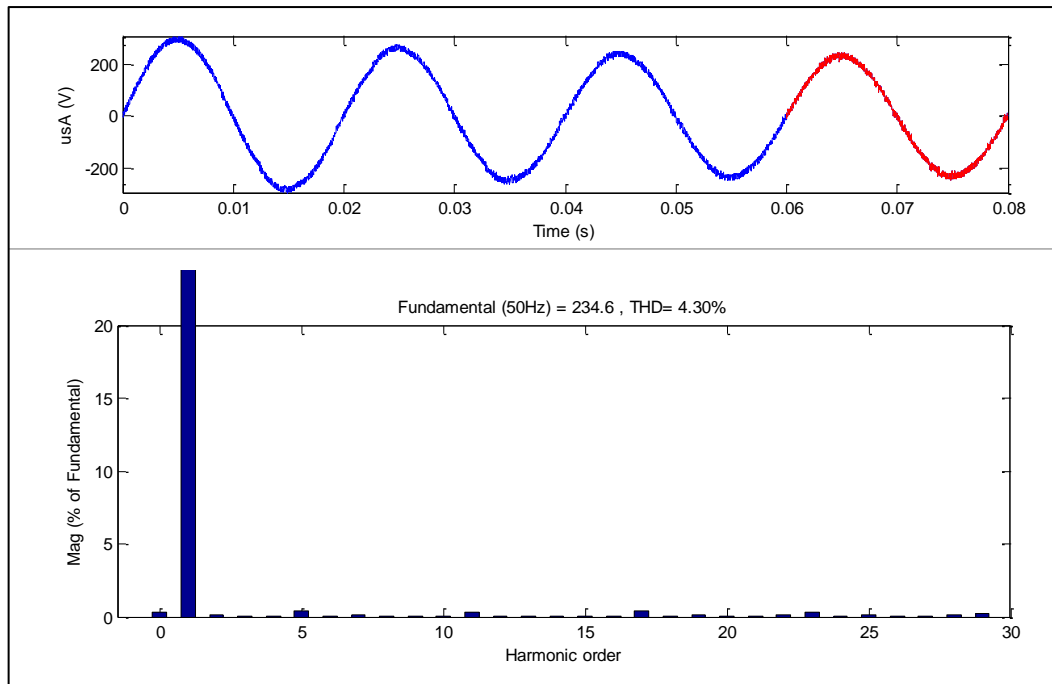
Hình 4. 14. Sơ đồ tổng quát của hệ thống sử dụng bộ điều khiển mờ

□ Thông số mô phỏng

STT	Tên các khâu	Thông số	Giá trị
1	Nguồn ba pha ba dây	e, f	220V, 50Hz
2	Điện trở và điện cảm trước B1	R_S, L_S	0.1 Ω , 0.03mH
3	Điện trở và điện cảm sau B2	R_l, L_l	0.15 Ω , 0.07mH
4	Bộ lọc BPF và LPF	ξ, K, τ	0.707, 1, 510^{-5} s
5	Điều chế xung PWM	ξ_t, f_t	1, 10kHz
6	Bộ lọc AF	E, R, C, L_f	700V, 0.5m Ω , $7,27510^{-4}$ F, 0.7mH

□ Kết quả mô phỏng

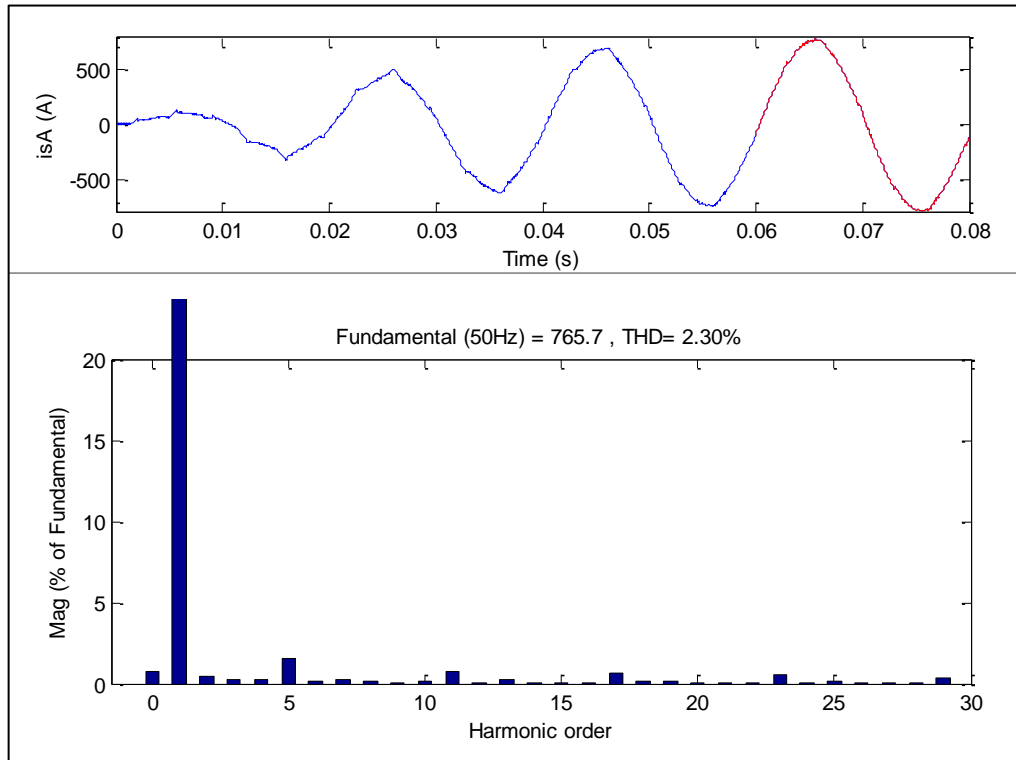
❖ Điện áp nguồn pha A (usA)



Hình 4. 15. Phổ tín hiệu điện áp pha A

Theo kết quả phân tích mô phỏng ta thấy tổng độ méo dạng THD của điện áp pha A là THD=4,3% nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159.

❖ Dòng điện nguồn pha A (isA)



Hình 4. 16. Phổ tín hiệu dòng điện pha A

Theo kết quả phân tích mô phỏng ta thấy tổng độ méo dạng THD của dòng điện pha A là $THD=2,3\%$ nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159.

Chi tiết tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa của dòng điện nguồn pha A trước và sau khi có bộ lọc AF tác động được trình bày trong bảng 4.2.

Bảng 4. 2. Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa của dòng điện nguồn pha A trước và sau khi có bộ lọc AF tác động sử dụng điều khiển mờ

Bậc sóng điều hòa	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa (%)		Bậc sóng điều hòa	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa (%)	
	Trước khi AF tác động	Sau khi AF tác động		Trước khi AF tác động	Sau khi AF tác động
DC	0.46	0.79	15	0.03	0.06
1 (Fund)	100.00	100.00	16	0.01	0.07
2	0.27	0.57	17	0.82	0.63
3	0.12	0.10	18	0.00	0.06
4	0.06	0.13	19	0.44	0.18
5	13.71	1.50	20	0.02	0.04

6	0.03	0.04	21	0.04	0.09
7	6.32	0.25	22	0.03	0.12
8	0.07	0.16	23	0.32	0.48
9	0.07	0.05	24	0.02	0.06
10	0.09	0.05	25	0.36	0.19
11	0.60	0.54	26	0.04	0.01
12	0.04	0.09	27	0.02	0.02
13	1.03	0.07	28	0.03	0.16
14	0.02	0.11	29	0.18	0.32

Theo bảng 4.2 thì tất cả các thành phần sóng hài đều thỏa mãn tiêu chuẩn IEC 1000-3-4

4.6. Ứng dụng hệ mờ neuron điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng.

Ở phần trên (mục 4.5) ta đã thiết kế bộ điều khiển sử dụng phương pháp mờ để điều khiển bộ lọc AF. Trong phần này ta xây dựng bộ điều khiển mờ neuron học thông số thông qua mạng thích nghi dựa trên cơ sở hệ suy luận mờ (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System – ANFIS). Để thiết kế bộ điều khiển ANFIS này ta chỉ cần thêm chức năng huấn luyện mạng ở phần điều khiển mờ.

4.6.1. Xây dựng tập dữ liệu huấn luyện

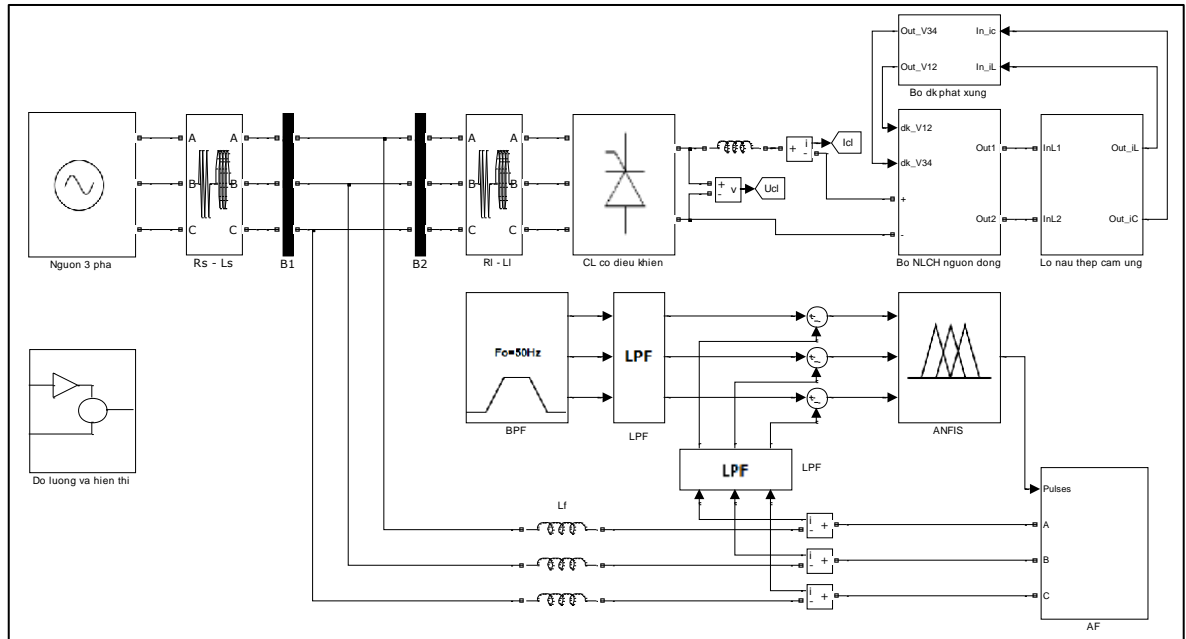
Để xây dựng dữ liệu huấn luyện, ta sử dụng dữ liệu từ bộ điều khiển mờ điều khiển bộ lọc tích cực AF (ở mục 4.5). Trong quá trình thực thi điều khiển bộ lọc AF sử dụng hệ mờ, ta tiến hành thu thập dữ liệu vào ra, sau đó tiến hành phân tích, đánh giá và cuối cùng là đưa ra quyết định sửa đổi dữ liệu cho phù hợp.

Ví dụ: khi sử dụng bộ điều khiển mờ tại thời điểm đầu vào $e=12.0058$ và $de=-10098$, thì đầu ra u có giá trị $u=0.82$ trong khi đó để bù hài tốt, chính xác thì ta chỉ cần $u=0.75$ như vậy ta phải thay đổi lại giá trị u này bằng 0.75 cho phù hợp. Ta xem xét các cặp dữ liệu để sửa đổi ứng với các giá trị đặc trưng trong quá trình điều khiển. Cứ mỗi tập dữ liệu sửa đổi ta có được một tập dữ liệu dùng để huấn luyện dưới dạng $((e_i, de_i), u_i)$.

Dữ liệu này được lưu trong file excel với tên “trndata.mat” (xem ở phần phụ lục).

4.6.2. Sử dụng công cụ ANFIS trong Matlab thiết kế hệ mờ neuron điều khiển bộ lọc tích cực AF cho lò nấu thép cảm ứng.

- Sơ đồ tổng quát của hệ thống sử dụng công cụ ANFIS được trình bày trên hình 4.17



Hình 4. 17. Sơ đồ tổng quát của hệ thống khi sử dụng công cụ ANFIS để điều khiển

- Tải dữ liệu huấn luyện

Để tải dữ liệu từ thư mục chứa tệp dữ liệu huấn luyện “trndata.mat” (xem tệp trndata.mat ở phụ lục 1) vào vùng làm việc của Matlab, từ cửa sổ lệnh ta gõ lệnh như sau:

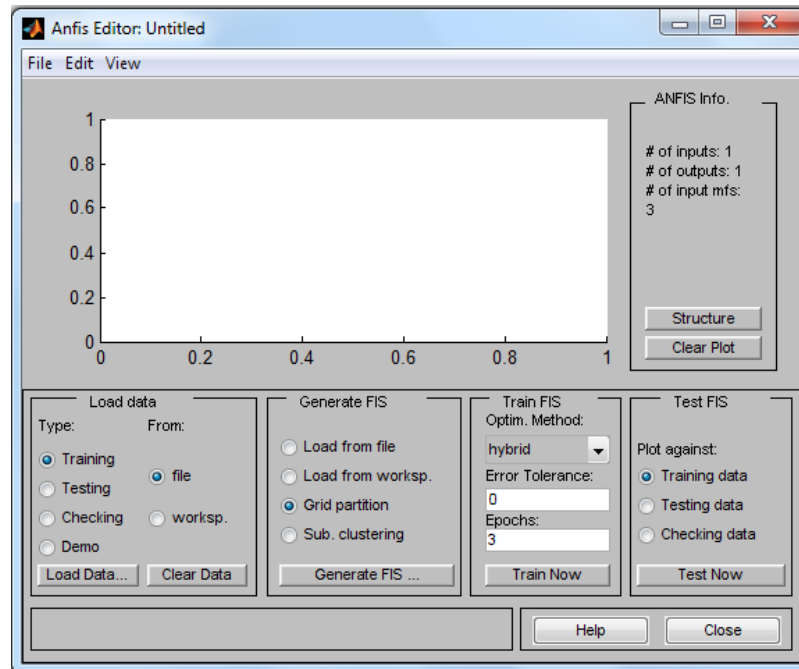
load trndata.mat

- Mở cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI (ANFIS EDITOR GUI)

Mở cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI bằng cách: từ cửa sổ lệnh của Matlab, ta thực hiện dòng lệnh sau:

anfisedit

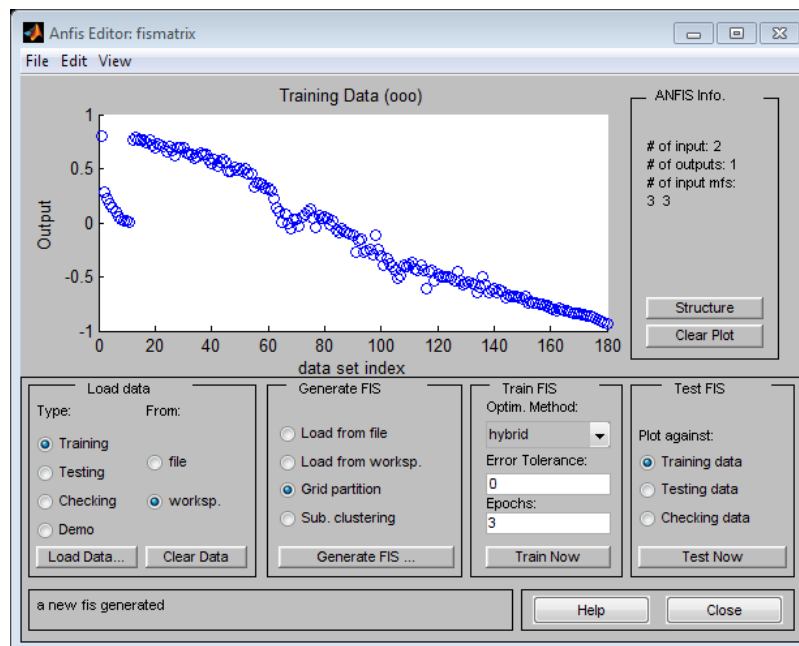
Sau khi ta thực hiện lệnh trên sẽ xuất hiện cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI như trên hình 4.18.



Hình 4. 18. Cửa sổ soạn thảo ANFIS GUI

Ta tiến hành nhập dữ liệu huấn luyện bằng cách: Trong khung **Load data** ta chọn **Training** và **worksp**, sau đó bấm chọn nút **Load data**, một cửa sổ GUI nhỏ hiện ra cho phép nhập tên dữ liệu từ workspace, thực hiện đưa tên dữ liệu **trndata** sau đó ta nhấn nút OK

Xuất hiện cửa sổ với dữ liệu luyện tập được mô tả như trên hình 4.19



Hình 4. 19. Cửa sổ huấn luyện trong cửa sổ ANFIS EDITOR

❑ Chọn các thông số ban đầu cho ANFIS

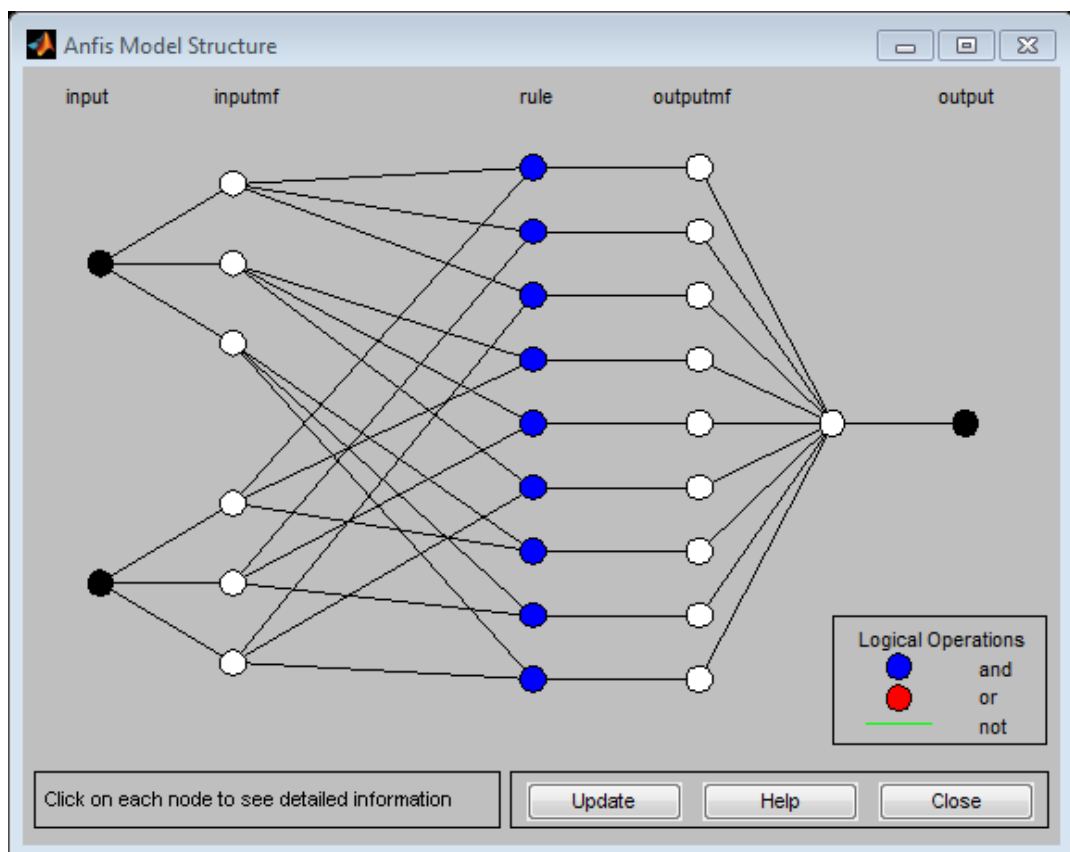
Bước này ta chọn các thông số ban đầu cho FIS và các thông số ban đầu cho các hàm liên thuộc.

– Tạo FIS ban đầu cho ANFIS

Ta tạo trước các thông số ban đầu cho FIS và lưu thành tệp setpara.fis (xem trong phần phụ lục). Ta tiến hành tải thông số ban đầu cho FIS trong danh mục Generate FIS.

Chọn **Load from file** trong danh mục Generate. Sau đó bấm vào nút Load..., sẽ xuất hiện cửa sổ, ở đó ta truy cập vào đường dẫn chứa tệp cài đặt setpara.fis (xem tệp setpara.fis ở phụ lục 2)

❑ Cấu trúc của hệ thống suy diễn mờ



Hình 4. 20. Cấu trúc của hệ thống suy diễn mờ

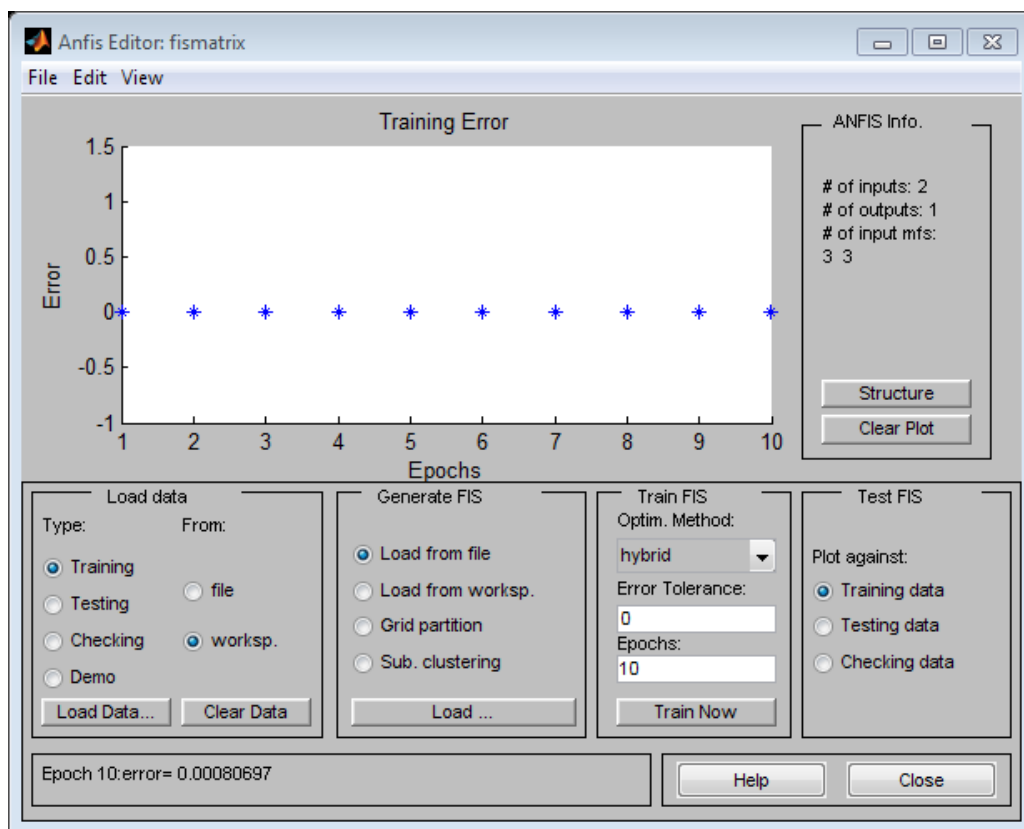
❑ Huấn luyện ANFIS

Ta chọn các thông số huấn luyện và phương pháp huấn luyện trong danh mục Train FIS

- Chọn phương pháp huấn luyện cho ANFIS theo theo phương pháp hỗn hợp giữa bình phương cực tiểu và lan truyền ngược hybrid
- Chọn sai lệch cho phép bằng 0
- Chọn chu kỳ huấn luyện là 10

Sau khi chọn xong phương pháp huấn luyện và các thông số huấn luyện, ta tiến hành huấn luyện bằng cách bấm vào nút Train Now trong danh mục Train FIS.

Quá trình huấn luyện được thực hiện ta có kết quả như hình sau:



Hình 4. 21. Kết quả huấn luyện

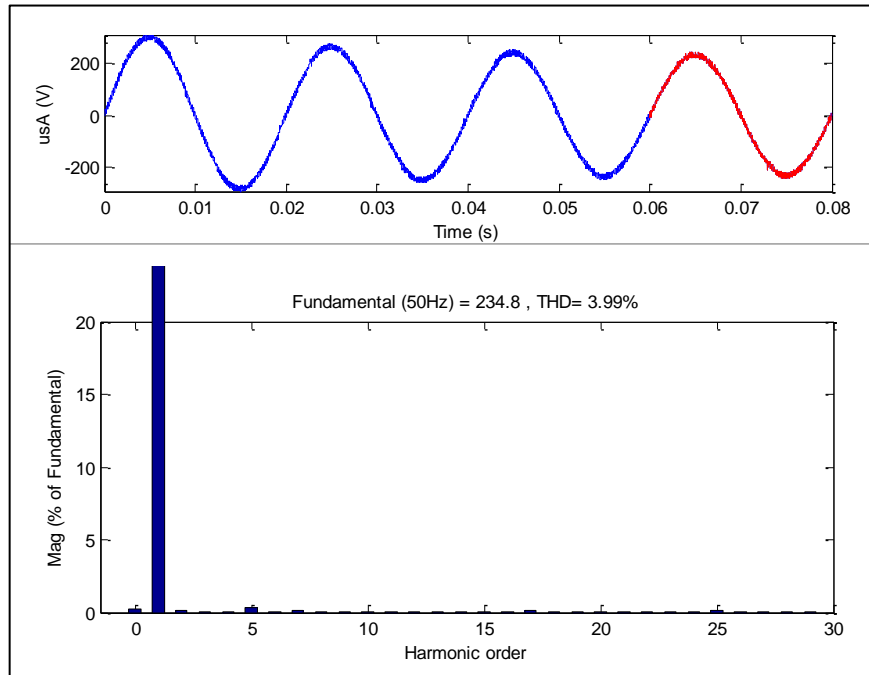
Quan sát hình trên ta thấy sau 10 chu kỳ huấn luyện thì sai lệch huấn luyện là $0.00080697 \approx 0$.

Sau khi huấn luyện xong ta xuất ma trận FIS ra với tên fismatrix.fis lưu trong thư mục MOPHONG để chạy mô phỏng hệ thống.

❑ Kết quả mô phỏng với ANFIS

Sau khi có ma trận FIS fismatrix.fis ta tiến hành mô phỏng hệ thống, và kết quả đạt được như sau:

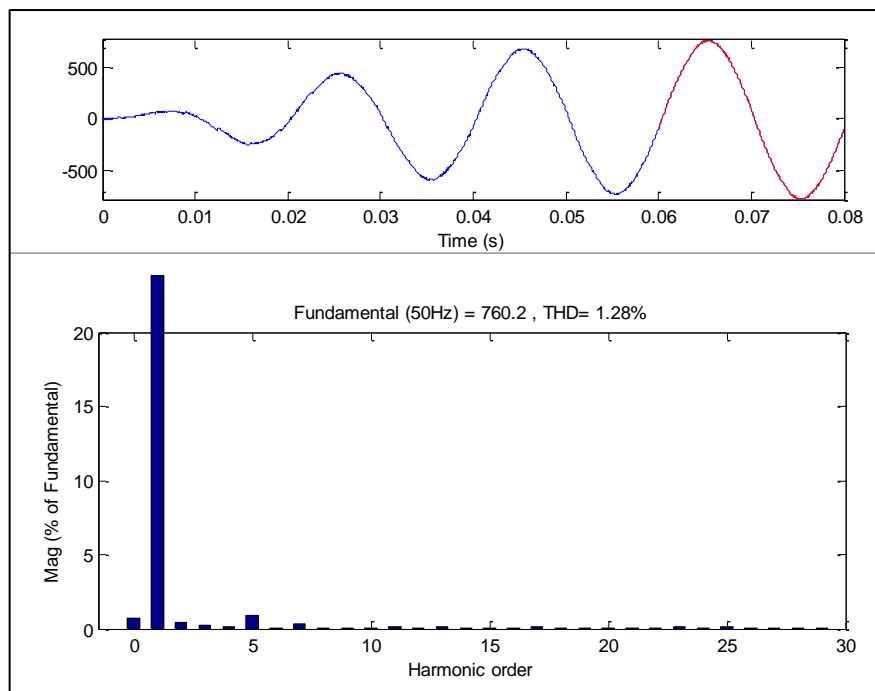
❖ Điện áp nguồn pha A (usA)



Hình 4. 22. Phổ tín hiệu điện áp pha A

Theo kết quả phân tích mô phỏng ta thấy tổng độ méo dạng THD của điện áp pha A là $\text{THD}=3.99\%$ nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159.

❖ Dòng điện nguồn pha A (isA)



Hình 4. 23. Phổ tín hiệu dòng điện pha A

Theo kết quả phân tích mô phỏng ta thấy tổng độ méo dạng THD của dòng điện pha A là $THD=1.28\%$ nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159.

4.7. Kết luận chương 4

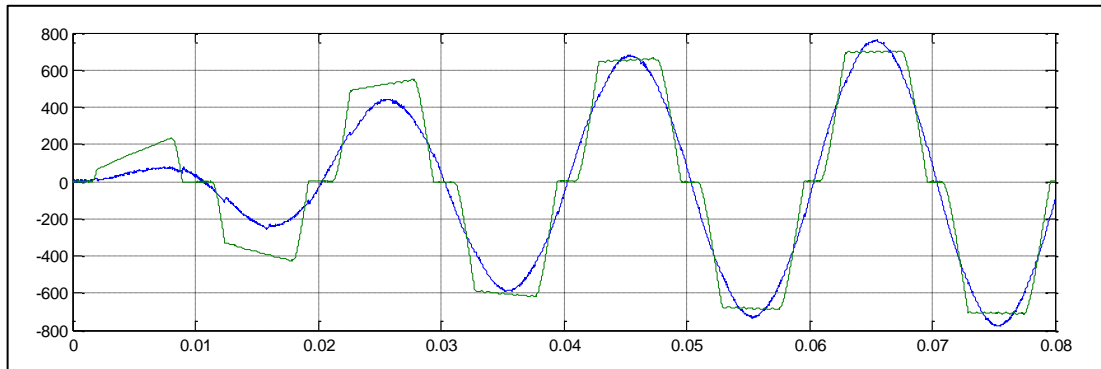
Trong chương này luận văn đi xác định cấu trúc bộ lọc AF, xác định các thông số của bộ lọc. Xây dựng cấu trúc điều khiển cho bộ lọc, sử dụng hai phương pháp điều khiển là mờ và mờ neuron. Áp dụng lý thuyết của hai phương pháp điều khiển này vào việc điều khiển bộ lọc AF. Qua đó tiến hành mô hình hóa bộ lọc và mô phỏng toàn bộ hệ thống với hai phương pháp điều khiển trên.

Chương 5 – ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

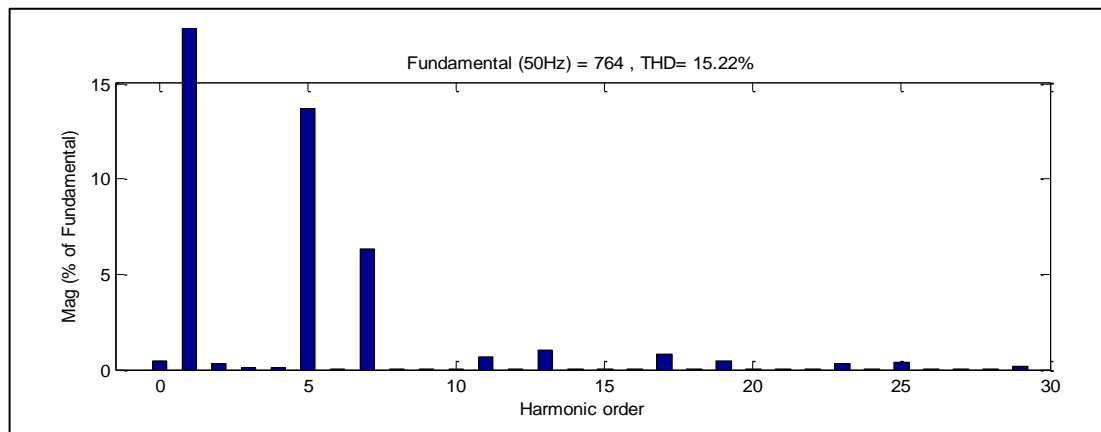
5.1. Đánh giá kết quả đạt được khi sử dụng hệ mờ neuron

Để tiện cho việc đánh giá và so sánh các kết quả đạt được, ta tiến hành phân tích kỹ thêm về kết quả mô phỏng ở chương 4.

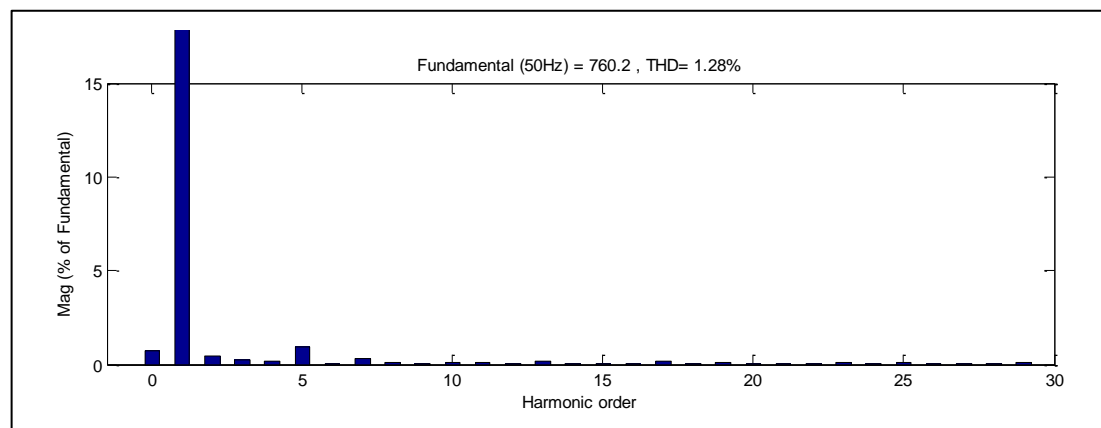
Ta xem xét dòng điện pha A trước và sau điểm nối chung AF với hệ thống lò



Hình 5. 1. Dòng điện tải i_{IA} và dòng điện nguồn i_{SA}

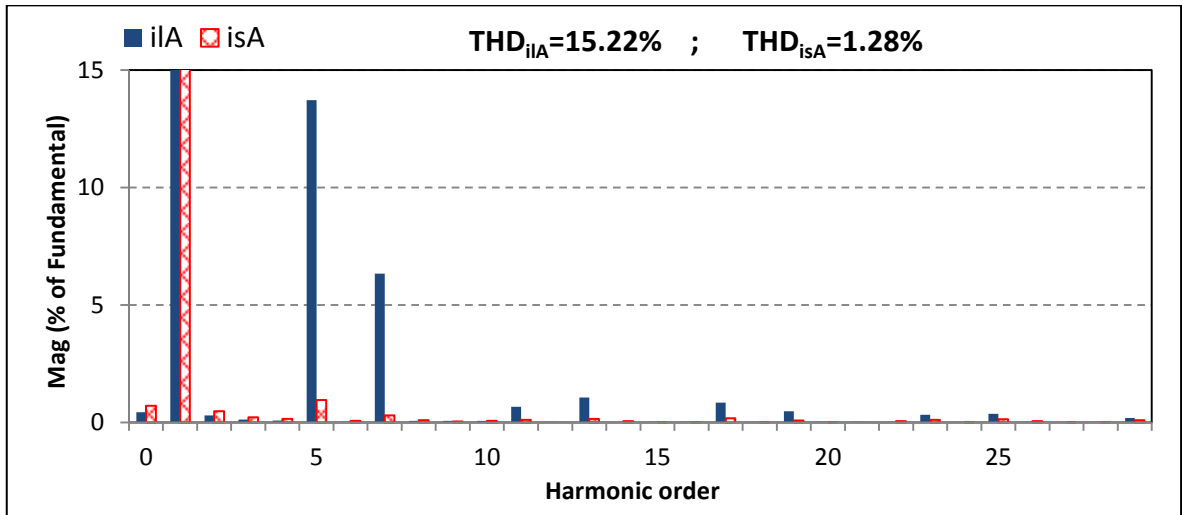


Hình 5. 2. Phổ tín hiệu của dòng điện sau điểm nối chung i_{IA}



Hình 5. 3. Phổ tín hiệu của dòng điện pha A trước điểm nối chung i_{SA}

Để dễ dàng quan sát ta gộp hai sơ đồ phân tích phổ dòng điện ở trên thành một sơ đồ chung như hình sau:



Hình 5. 4. Phổ tín hiệu của dòng điện i_{sA} và i_{IA}

Qua hình 5.4 ta dễ dàng nhận thấy tổng độ méo dạng của dòng điện tải sau điểm nối chung i_{IA} là $THD_{i_{IA}}=15,22\%$ vượt quá giới hạn tiêu chuẩn cho phép IEEE std 159 ($<5\%$), trong khi đó tổng độ méo dạng của dòng điện nguồn trước điểm nối chung $THD_{i_{sA}}=1.28\%$ đạt tiêu chuẩn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159.

Chi tiết từng thành phần sóng hài trong hình 5.4 ta thấy:

Thành phần hài bậc 5 của dòng điện i_{IA} là rất lớn, vượt qua mốc 10, còn thành phần hài bậc 7 vượt qua mốc 5. Hai thành phần đều nằm ngoài giới hạn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159. Trong khi đó thành phần hài bậc 5 và bậc 7 của dòng điện nguồn i_{sA} đều nằm dưới mốc 5 thỏa mãn tiêu chuẩn IEEE std 159.

Như vậy theo tiêu chuẩn IEEE std 159 thì bộ lọc AF đạt yêu cầu

Để xét thêm tiêu chuẩn lọc sóng hài IEC 1000-3-4, ta xem xét tỷ lệ các thành phần sóng hài trước và sau điểm nối chung được liệt kê ở bảng 5.1

Bảng 5. 1. Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa của dòng điện nguồn pha A trước và sau khi có bộ lọc AF tác động sử dụng điều khiển ANFIS

Bậc sóng điều hòa	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa (%)		Bậc sóng điều hòa	Tỷ lệ các thành phần sóng điều hòa (%)	
	Trước khi AF tác động	Sau khi AF tác động		Trước khi AF tác động	Sau khi AF tác động
DC	0.43	0.70	15	0.03	0.01
1 (Fund)	100.00	100.00	16	0.02	0.02
2	0.29	0.47	17	0.84	0.18
3	0.12	0.21	18	0.01	0.03
4	0.08	0.14	19	0.48	0.08
5	13.73	0.95	20	0.03	0.01
6	0.02	0.06	21	0.03	0.00
7	6.33	0.29	22	0.02	0.05
8	0.06	0.09	23	0.33	0.10
9	0.06	0.04	24	0.01	0.02
10	0.06	0.07	25	0.36	0.13
11	0.66	0.11	26	0.02	0.05
12	0.02	0.00	27	0.01	0.01
13	1.06	0.15	28	0.02	0.02
14	0.00	0.05	29	0.19	0.09

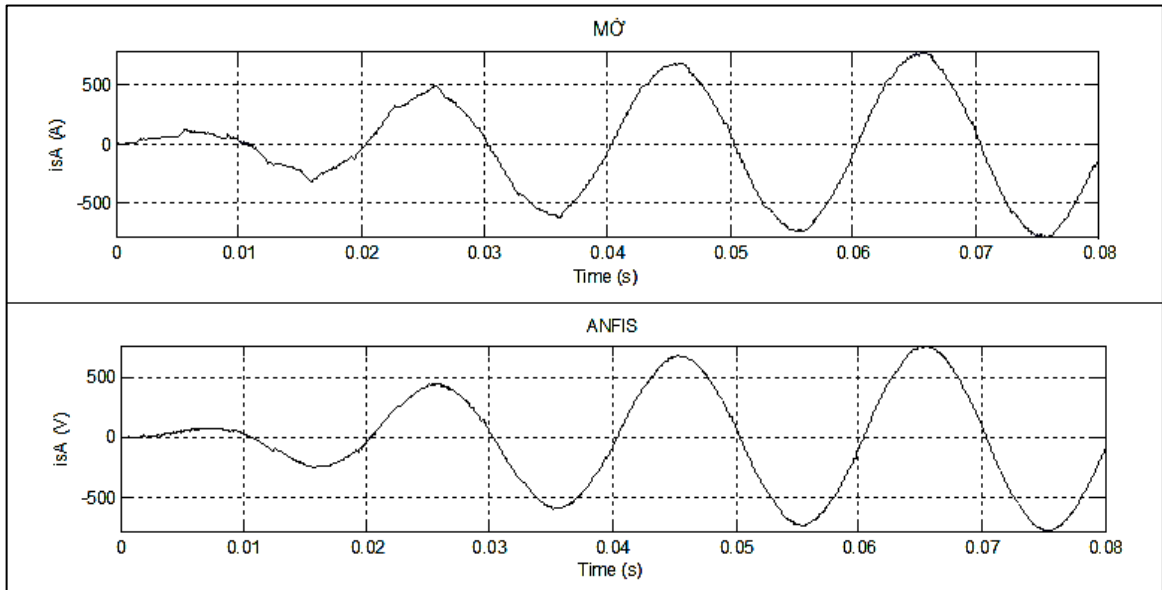
Theo bảng 5.1 ta thấy các thành phần sóng hài bậc 5, 7 giảm đi một cách đáng kể, các thành phần hài bậc lẻ khác đều nằm dưới 1% sau điểm nối chung. Các thành phần bậc chẵn sau khi có bộ lọc cũng giảm đi đáng kể, tuy có một số thành phần tăng lên nhưng không đáng kể.

Đối chiếu với tiêu chuẩn IEC 1000-3-4 cho ở bảng 2.3 ta thấy tất cả các thành phần hài đều nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn.

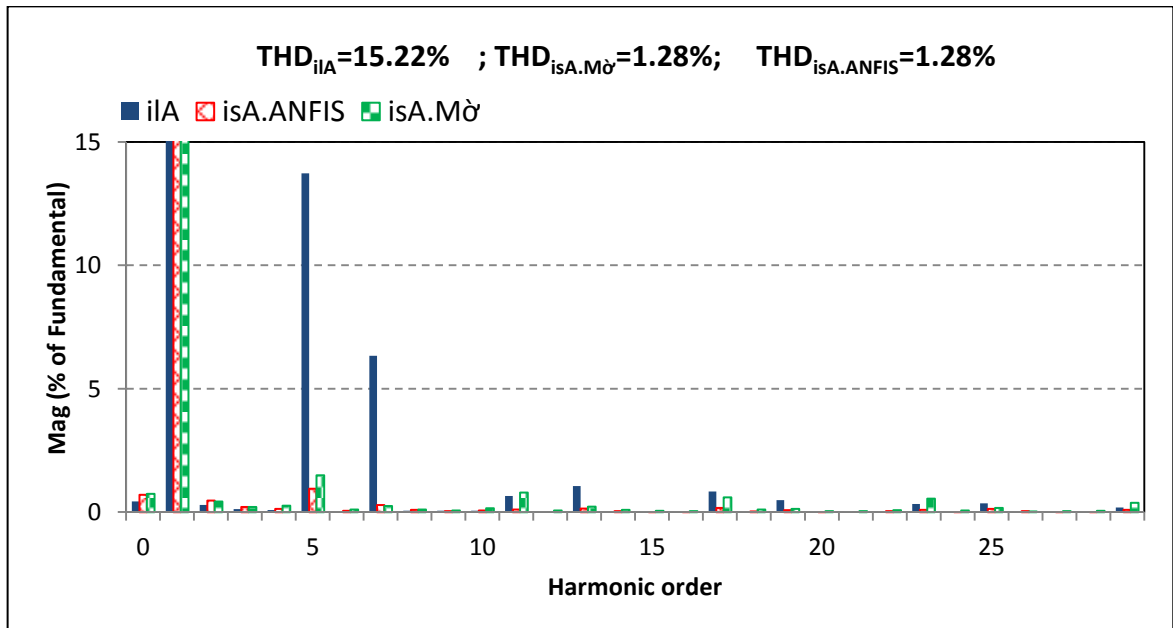
Như vậy bộ lọc tích cực AF đã đáp ứng được các tiêu chuẩn về sóng hài đã nêu ở trên.

5.2. So sánh kết quả đạt được

Trong mục 4.5 của chương 4 ta thấy, khi sử dụng bộ điều khiển mờ thì bộ lọc làm việc khá tốt, đáp ứng được với hai tiêu chuẩn lọc sóng hài IEEE std 159 và IEC 1000-3-4. Để tiện so sánh ta xét sơ đồ phân tích phổ dòng điện pha A trong hai phương pháp điều khiển mờ và điều khiển mờ neuron như hình 5.6.



Hình 5. 5. Dạng sóng dòng điện nguồn i_{sA} trong hai trường hợp sử dụng bộ điều khiển mờ và điều khiển ANFIS



Hình 5. 6. Phổ tính hiệu của sóng dòng điện nguồn trong các trường hợp sử dụng điều khiển mờ và điều khiển ANFIS

Theo phân tích trên hình 5.6 ta thấy, tổng độ méo dạng dòng điện của bộ điều khiển mờ là $THD_{MỜ} = 2.3\%$, của ANFIS là $THD_{ANFIS} = 1.28\%$, cả hai phương pháp điều khiển đều đạt yêu cầu các tiêu chuẩn. Tuy nhiên ta thấy tổng độ méo

dạng dòng điện trong bộ điều khiển ANFIS thấp hơn, đồng nghĩa với việc ANFIS đã huấn luyện, thay đổi các tham số tốt từ dữ liệu huấn luyện đầu vào. Ta dễ dàng nhận thấy dạng sóng dòng điện nguồn khi sử dụng ANFIS “mịn” hơn, không còn bị gãy khúc trong chu kỳ đầu như khi sử dụng bộ điều khiển mờ.

Để chính xác trong việc đánh giá, ta lập bảng thống kê các sóng hài bậc cao trong hai trường hợp điều khiển mờ và điều khiển mờ neuron như sau:

Bảng 5. 2. Thống kê các thành phần sóng hài bậc cao trong hai trường hợp điều khiển mờ và điều khiển mờ neuron

Bậc sóng hài	Hài của dòng điện nguồn i_{sA} tính theo % thành phần cơ bản		
	Chưa có AF	Điều khiển ANFIS	Điều khiển mờ
1	100	100	100
5	13.73	0.95	1.5
7	6.33	0.29	0.25
THD	15.22	1.28	2.3

Từ bảng 5.2 ta thấy THD của hai phương pháp điều khiển đều đạt tiêu chuẩn IEC 1000-3-4 và IEEE std 159. Trong đó phương pháp điều khiển ANFIS đạt kết quả rất khả quan 1.28%, thành phần hài bậc 5 giảm đi một cách đáng kể từ 13.73% xuống còn 0.95%.

5.3. Kết luận chương 5

Trong chương này luận văn đã đánh giá bộ lọc tích cực AF sử dụng bộ điều khiển ANFIS, bộ lọc AF đã thiết kế đáp ứng với hai tiêu chuẩn IEEE std 159 và IEC 1000-3-4.

Ngoài ra trong chương này luận văn còn so sánh phương pháp điều khiển ANFIS và điều khiển mờ, qua đó ta thấy được cả hai phương pháp điều khiển đạt yêu cầu hai tiêu chuẩn IEEE std 159 và IEC 1000-3-4, tuy nhiên khả năng điều khiển ANFIS lọc sóng hài tốt hơn, tổng độ méo dạng THD giảm một cách đáng kể.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

Thông qua đề tài “ứng dụng hệ mờ noron điều khiển bộ lọc tích cực cho lò nấu thép cảm ứng” luận văn đã thực hiện được các vấn đề sau:

- Tìm hiểu về lò nấu thép cảm ứng, mô hình hóa mô phỏng hóa lò nấu thép cảm ứng, thông qua đó phân tích ảnh hưởng của sóng hài do lò nấu thép cảm ứng gây ra. Ngoài ra đề tài còn đi phân tích chi tiết sóng hài của một số bộ biến đổi điện tử công suất gây ra cho lưới điện, từ đó đánh giá được mức độ ảnh hưởng của chúng lên lưới điện.

- Nghiên cứu, tìm hiểu về sóng hài, nguyên nhân, tác hại và các phương pháp lọc sóng hài. Các tiêu chuẩn giới hạn sóng hài quốc tế mà Việt Nam được áp dụng, cụ thể là hai tiêu chuẩn IEEE std 159 và IEC 1000-3-4.

- Nghiên cứu, tìm hiểu về lý thuyết điều khiển mờ, mạng noron và lý thuyết về hệ mờ noron.

- Ứng dụng hệ mờ noron để thiết kế điều khiển bộ lọc tích cực AF cho lò nấu thép cảm ứng. Mô hình hóa và mô phỏng toàn bộ hệ thống thông qua phần mềm Matlab, từ đó đánh giá được bộ lọc tích cực AF đã thiết kế.

Qua quá trình nghiên cứu, tìm hiểu và thiết kế. Luận văn đã thực hiện việc mô hình hóa mô phỏng toàn bộ hệ thống thông qua phần mềm Matlab, kết quả cho thấy bộ lọc tích cực AF đã thiết kế làm việc rất tốt, dòng điện nguồn sau khi lọc có tổng độ méo dạng THD đạt tiêu chuẩn cho phép của tiêu chuẩn IEEE std 159 và IEC 1000-3-4. Qua quá trình thiết kế và sử dụng hệ mờ noron ANFIS ta thấy phương pháp này rất khả quan, cần được nghiên cứu và ứng dụng nhiều hơn nữa.

Tuy nhiên vì thời gian nghiên cứu còn hạn chế, đề tài liên quan đến nhiều mảng còn mới lạ, nên luận văn chưa tìm hiểu nghiên cứu hết các ưu điểm giải pháp tách dòng hài bằng các phương pháp khác, chính vì vậy luận văn có thể chưa chọn được phương pháp tách sóng hài tối ưu. Và một điều nữa là đề tài chưa nghiên cứu thử nghiệm trên thiết bị thực tế. Đó là các vấn đề cần được khắc phục và tiếp tục nghiên cứu trong thời gian đến.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] TS. Nguyễn Bê (2007), Trang bị điện II, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng
- [2] Phạm Hữu Đức Dục (2009), Mạng nơron và ứng dụng trong điều khiển tự động, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội
- [3] Nguyễn Quốc Định, Phan Xuân Lễ, “Nghiên cứu sử dụng hệ mờ-nơron điều khiển mức chất lỏng cho hệ bồn nước đôi”, Tạp chí KH & CN, Đại học Đà Nẵng, số 4(39).2010
- [4] Nguyễn Như Hiền, Lại Khắc Lãi (2007), Hệ mờ và nơron trong kỹ thuật điều khiển, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội
- [5] Phan Văn Hiền, Giáo trình MATLAB-SIMULINK, Đại học Bách khoa Đà Nẵng
- [6] Phan Văn Hiền, Huỳnh Ngọc Thuận, “Ứng dụng logic mờ điều khiển bộ lọc tích cực cho việc giảm sóng hài dòng điện”, Tạp chí KH & CN, Đại học Đà Nẵng, số 1(42).2011
- [7] PGS. TS. Bùi Quốc Khánh, KS. Nguyễn Kim Ánh (2009), “Thiết kế bộ lọc tích cực cho việc giảm hài dòng điện và bù công suất phản kháng cho nguồn lò nấu thép cảm ứng”, Tạp chí KH & CN, Đại học Đà Nẵng, ISN 1859-1531, số 4(33)
- [8] Nguyễn Doãn Phước (2009), Lý thuyết điều khiển nâng cao, NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội
- [9] Trần Văn Thịnh, Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công (2007), Điện Tử Công Suất, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội

Tiếng Anh

- [1] G. K. Singh, “Power system harmonics research: a survey” European Transactions on Electrical Power, 2009 Page(s):151 – 172.
- [2] E.E.EL-Khoy, A. EL-Sabbe, A.El-Hefnawy, and Hamdy M.Mharous, Three phase active power filter based on current controlled voltage source inverter, Electrical Power and Energy Systems, 28 (2006), 537-547.
- [3] Juan W. Dixon, Senior Member, IEEE, Jos’e M. Contardo, and Luis A. Mor’an, Senior Member, IEEE, “A Fuzzy-Controlled Active Front-End Rectifier with

Current Harmonic Filtering Characteristics and Minimum Sensing Variables”, IEEE Transactions on power electronics, VOL. 14, NO. 4, JULY 1999.

- [4] M. El-Habrouk, M. K. Darwish and P. Mehta, “Active power filters: a review,” IEE Proc. Elec. Power Appl., vol. 147, no. 5, pp. 403-413, Sept2002.
- [5] X. Dianguo, H. Na, W. Wei, “Study on fuzzy controller with a selfadjustable factor of active power filter,” 32nd Annual Conf. of the IEEE Industrial Elec. Society, pp. 2226-2231, IECON 2006
- [6] Miguel López, Luis Morán, Juan Dixon, “A Three-Phase Active Power Filter Implemented With Multiplles Single-Phase Inverter Modules In Series”, ISIE’2000, Cholula, Mexico, pp 96-101.
- [7] Hocine Benalla and Hind Djeghloud, “Shunt Active Filter Controlled by Fuzzy Logic” Electrotechnics Laboratory, Engineer Sciences Faculty, University of Constantine Algeria, 2006, pp 231-246.
- [8] J. S. Setiadji and H. H. Tumbelaka, “Simulation of Active Filtering Applied to A Computer Centre,” Journal Technique Electro, vol. 2, pp 105-109, September 2002.
- [9] A. H. Hoevenaars, “The Answer to Harmonics: Is it Mitigation or a Robust Transformer?”, CEE News – The Power Quality Advisor, pp PQ14-17, February 2000.
- [10] I. C. Evans, “Methods of Mitigation”, Middle East Electricity, pp 25-26, December 2002.
- [11] B. Singh, K. Al-Haddad and A. Chandra, “A review of active filters for power quality improvement,” IEEE Trans. Ind. Elec., vol. 46, no. 5, pp.960-971, Oct. 1999.
- [12] T.-S. Lee, K.-S. Tee and M.-S. Chong, “Fuzzy iterative learning control for three phase shunt active power filter,” IEEE Inter. Symp. on Ind. Elec., pp. 882-885, ISIE 2006, Canada.

PHỤ LỤC

❖ Phu lục 1: Dữ liệu huấn luyện

Tệp tin “trndata.mat”

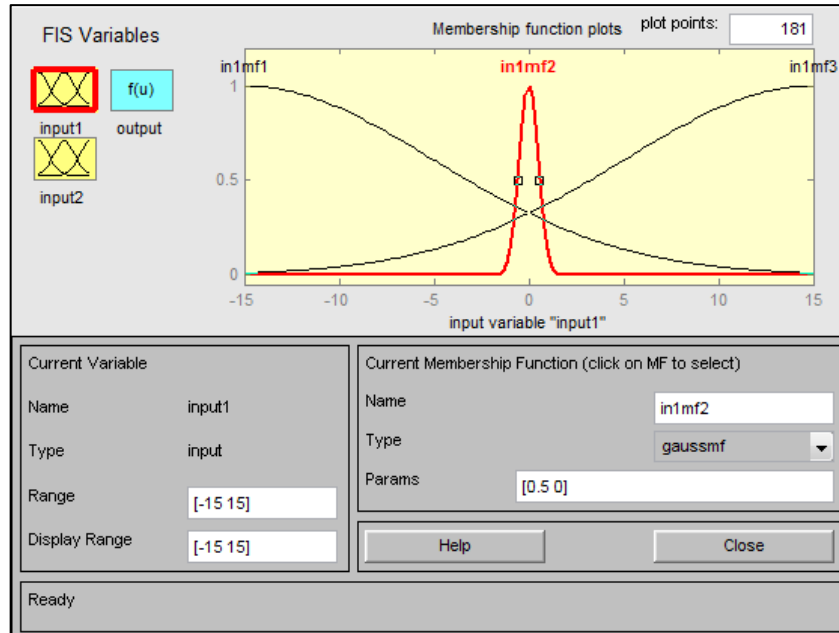
11.538	7683.073	0.797	1.703	-26187.224	0.355
11.447	-22604.539	0.770	1.501	-37984.049	0.317
11.347	60910.691	0.789	1.305	-22867.401	0.317
11.246	-50274.513	0.761	1.102	45255.559	0.292
11.104	71370.999	0.769	0.900	-34258.365	0.226
10.942	-75979.250	0.770	0.700	26310.303	0.141
10.818	82400.624	0.746	0.519	-5490.128	0.103
10.544	-99625.628	0.763	0.323	34760.604	0.004
10.489	94852.442	0.720	0.124	-34724.802	0.076
10.109	107358.210	0.696	0.018	97313.494	-0.006
9.861	-72083.402	0.728	0.010	43457.723	-0.057
9.675	-46527.736	0.716	-0.167	-23237.275	0.029
9.489	-46537.547	0.710	-0.396	-24460.613	0.030
9.249	109430.770	0.661	-0.584	57250.073	-0.028
9.202	-71710.884	0.703	-0.795	-54057.924	0.054
8.529	-83470.300	0.673	-0.994	31881.227	0.083
8.317	139169.385	0.624	-1.198	-8842.845	0.105
8.153	-7621.290	0.696	-1.331	25262.223	0.126
7.904	-5037.171	0.691	-1.509	-46142.308	0.039
7.705	22753.626	0.699	-1.770	-65285.571	-0.038
7.520	-48182.959	0.643	-1.988	-9748.342	0.062
7.307	-53073.279	0.632	-2.107	-16420.982	0.043
7.132	-36555.888	0.637	-2.396	49423.703	0.058
6.932	-77813.698	0.599	-2.593	65439.735	0.044
6.504	-41457.772	0.608	-2.795	-15738.655	-0.020
6.306	11231.054	0.647	-2.999	90973.028	0.022
6.101	39199.387	0.633	-3.199	-21210.804	-0.065
5.906	4389.211	0.627	-3.336	-29734.128	-0.091
5.706	-28844.131	0.587	-3.593	24418.419	-0.059
5.519	-52718.671	0.552	-3.795	30307.909	-0.074
5.326	-12730.126	0.588	-3.997	37533.829	-0.089
5.127	-56919.261	0.527	-4.200	53316.997	-0.100
4.907	-17497.084	0.563	-4.398	62740.481	-0.112
4.723	21593.642	0.580	-4.591	-58453.185	-0.266
4.572	-8852.363	0.556	-4.977	56169.515	-0.165
4.312	-62023.111	0.472	-4.999	75248.740	-0.153
4.111	-50159.275	0.479	-5.195	-42183.114	-0.276
3.765	-10843.643	0.511	-5.390	-22185.880	-0.260
3.524	-17942.091	0.489	-5.598	3454.722	-0.251
3.329	18442.887	0.505	-5.798	-20985.823	-0.292
3.111	-6913.578	0.477	-5.997	162739.607	-0.111
2.924	219143.356	0.506	-6.194	74566.959	-0.253
2.713	-11204.754	0.447	-6.399	31952.298	-0.301
2.503	31319.692	0.452	-6.599	-43943.710	-0.391
2.311	-63211.255	0.329	-6.792	30095.576	-0.335
2.100	84980.812	0.373	-6.998	-12266.925	-0.380

1.901	-28755.289	0.366	-7.099	-26520.562	-0.403
-7.178	-46929.710	-0.440	-12.099	-884.257	-0.737
-6.792	30095.576	-0.335	-11.598	11078.277	-0.702
-6.998	-12266.925	-0.380	-11.697	76091.383	-0.685
-7.099	-26520.562	-0.403	-11.798	-54512.124	-0.745
-12.099	-884.257	-0.737	-11.885	-25172.451	-0.731
-7.298	-76303.664	-0.518	-12.495	-17704.603	-0.766
-7.400	-62273.363	-0.487	-12.595	51522.549	-0.765
-7.493	22770.340	-0.396	-12.696	-44403.761	-0.789
-7.599	24893.345	-0.403	-12.799	-52135.560	-0.799
-7.699	50144.025	-0.397	-12.880	-64731.707	-0.811
-7.796	83943.106	-0.372	-12.996	52660.807	-0.793
-7.801	1797.089	-0.432	-13.089	-5826.533	-0.801
-7.808	-11165.810	-0.442	-13.195	-2162.810	-0.808
-7.899	75550.335	-0.390	-13.269	-28977.195	-0.817
-7.985	15416.265	-0.439	-13.388	40206.872	-0.822
-8.079	-92796.798	-0.612	-13.496	-56679.227	-0.839
-8.193	32204.757	-0.447	-13.596	-31444.992	-0.837
-8.299	49073.216	-0.445	-13.689	8065.146	-0.840
-8.396	-54325.010	-0.538	-13.799	15871.979	-0.848
-8.496	13255.801	-0.479	-13.893	-29964.163	-0.854
-8.591	-3512.555	-0.495	-13.970	-38615.562	-0.860
-8.699	-880.139	-0.501	-14.006	-55395.992	-0.866
-8.798	5686.964	-0.505	-14.176	60505.374	-0.875
-8.887	40799.472	-0.496	-14.375	60583.974	-0.890
-8.992	31932.722	-0.508	-14.589	23630.872	-0.901
-9.099	-7531.488	-0.534	-14.851	-39313.251	-0.910
-9.200	103159.463	-0.458	-14.965	-10749.000	-0.917
-9.296	10741.891	-0.540	-15.001	39053.172	-0.932
-9.396	-35144.476	-0.577			
-9.498	1204.813	-0.558			
-9.599	51765.896	-0.544			
-9.687	34396.347	-0.560			
-9.799	27203.238	-0.571			
-9.896	-61180.196	-0.643			
-9.990	4373.251	-0.592			
-10.100	120622.106	-0.502			
-10.193	76529.653	-0.570			
-10.293	-42147.296	-0.643			
-10.396	3236.924	-0.621			
-10.499	61172.932	-0.606			
-10.595	-14092.548	-0.642			
-10.684	55945.884	-0.624			
-10.782	55045.935	-0.632			
-10.884	-55570.018	-0.693			
-11.099	10365.113	-0.668			
-11.174	-13143.051	-0.680			
-11.287	-1966.698	-0.683			
-11.400	41309.312	-0.682			
-11.474	-3724.292	-0.696			

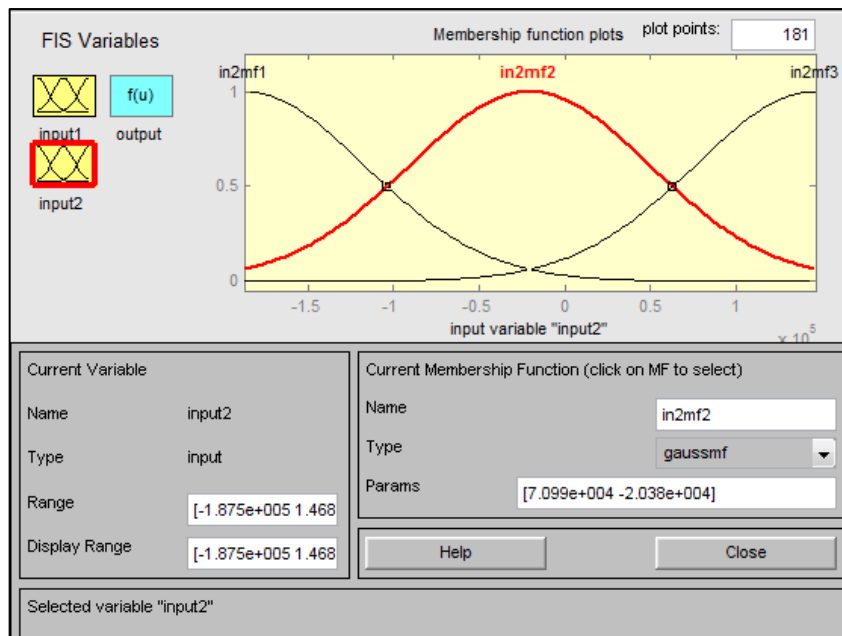
❖ **Phụ lục 2:** Cài đặt tham số FIS ban đầu

Tệp tin “setpara.fis”

Hàm liên thuộc và sự phân bố giá trị đầu vào thứ nhất (e): input1



Hàm liên thuộc và sự phân bố giá trị đầu vào thứ hai (d): input2



Sự phân bố giá trị đầu ra u (để mặc định): output

FIS Variables

Membership function plots plot points: 181

input1 output
input2

out1mf5
out1mf4
out1mf3
out1mf2
out1mf1
out1mf9
out1mf8
out1mf7
out1mf6

output variable "output"

Current Variable

Name output
Type output
Range [-1 1]
Display Range

Current Membership Function (click on MF to select)

Name out1mf1
Type linear
Params [0 0 0]

Help Close

Selected variable "output"

Luật hợp thành (để mặc định)

1. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf1) (1)
2. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf2) (1)
3. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf3) (1)
4. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf4) (1)
5. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf5) (1)
6. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf6) (1)
7. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf7) (1)
8. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf8) (1)
9. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf9) (1)

If input1 is and input2 is Then output is

in1mf1 in2mf1 out1mf1
in1mf2 in2mf2 out1mf2
in1mf3 in2mf3 out1mf3
none none out1mf4
out1mf5
out1mf6

not not not

Connection Weight:
 and or 1

Delete rule Add rule Change rule << >>

FIS Name: fismatrix Help Close