

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC**



ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC
ELECTRIC POWER UNIVERSITY

TRẦN ĐẠI PHONG

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO
MÁY RỬA SIÊU ÂM ỨNG DỤNG LÀM
SẠCH CÁC DỤNG CỤ Y TẾ**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ

Hà Nội - 2024

**BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC**



ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC
ELECTRIC POWER UNIVERSITY

TRẦN ĐẠI PHONG

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO
MÁY RỬA SIÊU ÂM ỨNG DỤNG LÀM
SẠCH CÁC DỤNG CỤ Y TẾ**

Chuyên ngành	: Kỹ thuật điện tử
Mã học viên	: 22CH5030013
Lớp	: CH10-KTĐT3

Người hướng dẫn khoa học: TS. Lai Thị Vân Quyên

Hà Nội - 2024

LỜI CẢM ƠN

Trong báo cáo luận văn tốt nghiệp này, em xin cảm ơn chân thành đến Cô Lai Thị Vân Quyên và các thầy cô ở trường Đại Học Điện Lực đã tận tình hướng dẫn và quan tâm đến em trong thời gian làm luận văn tốt nghiệp này. Ngoài ra, em cũng xin chân thành cảm ơn đến các anh chị bên Trung tâm Công Nghệ Xanh thuộc viện NC điện tử, Tin học, Tự động hóa đã giúp đỡ em nhiệt tình trong quá trình thiết kế, chế tạo sản phẩm trong luận văn tốt nghiệp này.

Em cũng xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến những người thân trong gia đình đã luôn ở bên động viên, quan tâm, tạo điều kiện thuận lợi nhất cho em hoàn thành luận văn tốt nghiệp này.

Em cũng xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Phòng Vật tư – thiết bị y tế của Bệnh viện Bệnh Nhiệt đới Trung Ương đã hỗ trợ cho em các dụng cụ thử nghiệm để hoàn thành luận văn này.

Em xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, ngày 2 tháng 11 năm 2024

Sinh viên thực hiện



Trần Đại Phong

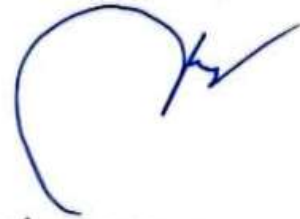
LỜI CAM ĐOAN

Em xin cam đoan toàn bộ nội dung thực hiện và kết quả thu được trong đề tài là nghiên cứu của mình cùng với sự hỗ trợ, giúp đỡ của Cô Lai Thị Vân Quyên và nhóm thực hiện đề tài cấp Bộ công thương: "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị tích hợp rửa siêu âm kết hợp dòng xoáy và sấy khô có khả năng tự kiểm tra ứng dụng trong các cơ sở y tế", mã số 144.2021.ĐT.BO/HĐKH-CN - Viện NC điện tử, tin học, tự động hóa.

Em xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong đề tài đã được chỉ rõ nguồn gốc trong phần tài liệu tham khảo.

Hà Nội, ngày 2 tháng 11 năm 2024

Sinh viên thực hiện



Trần Đại Phong

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH VẼ	vii
DANH MỤC BẢNG.....	ix
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU.....	v
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	vi
LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I. TỔNG QUAN VỀ SÓNG SIÊU ÂM VÀ THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM	4
1.1. Sóng siêu âm và hiệu quả làm sạch bằng sóng siêu âm.....	4
1.1.1. Sóng siêu âm và hiệu ứng áp điện.....	4
1.1.2. Hiệu quả làm sạch bằng sóng siêu âm	6
1.2. Tổng quan về thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm.....	10
1.2.1. Cấu tạo chung của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm.....	10
1.2.2. Các chế độ rửa cơ bản của máy làm sạch bằng sóng siêu âm.....	11
1.2.3. Phân loại máy làm sạch siêu âm	13
1.2.4. Khảo sát một số máy rửa siêu âm trên thị trường [1]	14
1.3. Kết luận	17
CHƯƠNG II. THIẾT KẾ THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM	19
2.1. Cơ sở và quan điểm thiết kế.....	19
2.2. Thiết kế sơ đồ khối cho thiết bị.....	19
2.3. Thiết kế khoang rửa siêu âm	20
2.4. Đề xuất thiết kế khối phát công suất siêu âm.....	22
2.4.1. Đề xuất thiết kế khối khuếch đại công suất	23
2.4.2. Phân tích, lựa chọn linh kiện, vật liệu thiết kế khối phát công suất siêu âm.	27
2.4.3. Thiết kế mạch công suất cho máy rửa bằng sóng siêu âm.....	32
2.5. Thiết kế Khối đo lường và khối gia nhiệt	32
2.6. Thiết kế khối giao diện người máy	34
2.7. Thiết kế khối điều khiển trung tâm	34
2.8. Thiết kế Khối nguồn nuôi	35
2.9. Thiết kế mạch điều khiển	36

2.10. Kết luận	48
CHƯƠNG III. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM	50
3.1. Chế tạo thiết bị rửa bằng sóng siêu âm	50
3.2. Thử nghiệm	52
3.2.1. Mục đích thử nghiệm	52
3.2.2. Mô hình thử nghiệm đánh giá	54
3.2.3. Kết quả thử nghiệm	55
3.3. Kết luận	56
KẾT LUẬN CHUNG	58
Kết quả đạt được	58
Hướng nghiên cứu tiếp theo	58
TÀI LIỆU THAM KHẢO	59
PHỤ LỤC	64
Phụ lục 1. Trích Chương trình điều khiển máy làm sạch bằng sóng siêu âm.....	64
Phụ lục 2: Bài Báo khoa học	70

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Các tần số sóng âm [7]	5
Hình 1.2. Loa phát sóng siêu âm [16]	5
Hình 1.3. Cơ chế tạo bọt khí xâm thực [17]	6
Hình 1.4. Biểu đồ quan hệ giữa kích thước bể và công suất siêu âm [20]	8
Hình 1.5. Nguyên lý của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm	10
Hình 1.6. Cấu tạo thành phần máy rửa siêu âm	11
Hình 1.7. Mô tả kết nối nguồn cho đầu phát siêu âm	11
Hình 1.8. Mô tả tốc độ xung siêu âm	12
Hình 1.9. Mô tả chu kỳ hoạt động của xung siêu âm	12
Hình 1.10. Dạng sóng đầu ra của chế độ xung [25]	13
Hình 1.11. Dạng sóng ngõ ra của chế độ quét (Sweep) [25]	13
Hình 1.12. Một số loại máy rửa siêu âm	14
Hình 1.13. Các đầu siêu âm bố trí dưới máy Soniclean	16
Hình 1.14. Bố trí các mạch công suất máy Soniclean	16
Hình 2.1. Sơ đồ khối thiết bị rửa siêu âm	20
Hình 2.2. Khoang rửa siêu âm SUS304	21
Hình 2.3. Sơ đồ bố trí đầu phát siêu âm	21
Hình 2.4. Đầu phát siêu âm JYD3840A	22
Hình 2.5. Sơ đồ khối của khối nguồn và khuếch đại công suất.	23
Hình 2.6. Sơ đồ mô tả sự biến đổi điện áp DC/AC	23
Hình 2.7. Biên dạng sóng ra của nguồn Class AB	24
Hình 2.8. Biên dạng sóng ra của nguồn chuyển mạch	24
Hình 2.9. Biên dạng sóng ra của nguồn Class E	25
Hình 2.10. Mạch tương đương (BVD) của đầu phát siêu âm [16]	25
Hình 2.11. Mạch khuếch đại class DE sử dụng trong nghiên cứu	26
Hình 2.12. Transistor IRF840 [16]	31
Hình 2.13. Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại công suất	32
Hình 2.14. Thiết kế mạch in PCB cho khối phát công suất siêu âm	32
Hình 2.15. Vi điều khiển PIC18F45K22	35

Hình 2.16. Mini MP1584 DC-DC Adjustable Buck module 3A.....	36
Hình 2.17. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển	46
Hình 2.18. Lưu đồ thuật toán chương trình điều khiển máy rửa siêu âm	47
Hình 2.19. Sơ đồ mạch in PCB của mạch điều khiển	48
Hình 3.1. Lắp đặt đầu phát siêu âm vào khoang rửa.....	50
Hình 3.2. Mạch phát công suất siêu âm	50
Hình 3.3. Mạch điều khiển thiết bị rửa siêu âm	51
Hình 3.4. Sơ đồ đầu nối thiết bị rửa siêu âm.....	51
Hình 3.5. Mô hình thiết bị thử nghiệm làm sạch bằng sóng siêu âm.....	52
Hình 3.6. Các đầu mũi khoan bị rỉ sét bám lâu trong các khe rãnh	53
Hình 3.7. Các đầu mũi mài với kích thước dưới 5mm bị rỉ sét	53
Hình 3.8. Kéo và kẹp sử dụng trong y tế	53
Hình 3.9. Chi tiết đầu kéo và đầu kẹp bị rỉ sét bám trên bề mặt.....	54
Hình 3.10. Chi tiết khớp nối của kéo bị bám bẩn	54
Hình 3.11. Quá trình tẩy rửa siêu âm các đầu mũi khoan, mũi mài bằng nước sạch	55
Hình 3.12. Biên dạng sóng ra của mạch công suất siêu âm.....	55
Hình 3.13. Kết quả đạt được sau khi rửa bằng sóng siêu âm.....	56
Hình 3.14. Kết quả làm sạch đối với các dụng cụ y tế bằng sóng siêu âm.....	56

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Các dải tần số và các loại dụng cụ được làm sạch.....	9
Bảng 1.2. Thông số kỹ thuật của mô hình thiết bị rửa của đề tài.....	17
Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật đầu phát siêu âm JYD3840A [14]	21
Bảng 2.2. Thông số kỹ thuật cho lõi quán biến áp dạng EE [15]	29
Bảng 2.3. Thông số kỹ thuật yêu cầu của biến áp xung cao tần	30
Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật của transistor IRF840 [16]	31
Bảng 2.5. Các loại cảm biến đo nhiệt độ	33
Bảng 2.6. Lựa chọn linh kiện và giải pháp thiết kế cho khối điều khiển trung tâm	34
Bảng 2.7. Yêu cầu Nguồn nuôi cho các mạch chức năng.....	35
Bảng 2.8. Bảng phân chia nhiệm vụ chức năng các linh kiện chính trong mạch điều khiển	36

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

Ký hiệu	Ý nghĩa
P	Áp suất
σ	Hệ số căng bề mặt
V	Điện áp
f	Tần số
N	Số vòng dây
L	Điện cảm
C	Điện dung
X_L	Cảm trở kháng
X_C	Dung trở kháng
n	Tỷ số vòng dây
A_c	Mặt cắt lõi quấn dây
I	Cường độ dòng điện
ΔI	Độ gợn sóng
S_d	Tiết diện dây quấn
D_q	Đường kính dây quấn
R	Điện trở
Z_s	Tổng trở kháng đầu vào
Z_p	Tổng trở kháng đầu ra
$\Delta\varphi$	Độ lệch pha
ω	Tần số góc
Q_c	Hiệu suất của mạch cộng hưởng
ΔT	Khoảng thời gian tại giao điểm 0 của hai dạng sóng điện áp và dòng điện

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Từ gốc	Nghĩa Tiếng Việt
AAMI	Association for the Advancement of Medical Instrumentation	Hiệp hội vì sự tiến bộ của dụng cụ y tế
PZT	Piezoelectric Transducer	Vật liệu áp điện
BZT	Bari Zirconate Titanate	Vật liệu áp điện sử dụng Bari
CPU	Central Processing Unit	Bộ xử lý trung tâm
LED	Light Emitting Diode	Đèn đi-ốt phát quang
LCD	Liquid Crystal Display	Màn hình tinh thể lỏng
PWM	Pulse Width Modulation	Điều chế độ rộng xung
RTD	Resistance temperature detector	Nhiệt điện trở
PCB	Printed Circuit Board	Bảng mạch in
BVD	Butterworth-Van Dyke	Mạch đơn giản hóa PPZT
EMC	Electrical matching circuit	Mạch kết nối cộng hưởng
PPZT	Power piezoelectric transducer	Đầu phát công suất siêu âm
TR	Transformer	Cuộn biến áp
PIC	Peripheral Interface Controller	Bộ điều khiển giao tiếp ngoại vi
RISC	Reduced Instructions Set Computer	Máy tính với tập lệnh được đơn giản hóa
RAM	Random Access Memory	Bộ nhớ khả biến
ROM	Read Only Memory	Bộ nhớ chỉ đọc
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	Bộ nhớ không mất dữ liệu khi ngừng cung cấp điện

LỜI MỞ ĐẦU

Làm sạch các dụng cụ dùng trong y tế, các sản phẩm, bán sản phẩm công nghiệp, nông nghiệp... là một khâu vô cùng quan trọng góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ chăm sóc sức khỏe con người, sản phẩm đầu ra của quy trình sản xuất. Trước đây, để làm sạch những dụng cụ, sản phẩm này người ta thường ngâm chúng trong nước, dung dịch rửa một thời gian rồi dùng bàn chải cọ để loại bỏ các chất bẩn. Tuy nhiên, hiệu quả của cách làm truyền thống này không cao, không làm sạch được những khe kẽ nhỏ, hẹp, các dụng cụ có cấu tạo phức tạp. Sau này, khi khái niệm về siêu âm được đưa ra vào năm 1922 và phát triển nhanh chóng vào những năm 1950 [1], công nghệ rửa bằng sóng siêu âm đã ra đời thay thế và khắc phục được những nhược điểm của cách làm cũ. Cơ chế xâm thực của năng lượng bóng khí tạo ra khi sóng siêu âm lan truyền trong nước đã mang lại hiệu quả làm sạch không ngờ thể hiện ở khả năng đánh bật vết bẩn tại những vị trí mà các công nghệ khác khó tiếp cận; hiệu quả tăng lên khi kết hợp với chức năng gia nhiệt và hóa chất tẩy rửa, tiết kiệm được nhân lực do sử dụng máy; không làm xước hay biến dạng bề mặt, hình khối của vật.

Cho tới ngày nay, công nghệ, thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm vẫn đã và đang được rất nhiều nhà khoa học, nhiều hãng nghiên cứu và phát triển ví dụ như công trình của Fang Peisen và cộng sự năm 2017 [2], Taran cùng các cộng sự năm 2020 [3], Xin Cheng năm 2020 [4], Wenhao Zhou và cộng sự năm 2022 [1], Tan và cộng sự năm 2022 [5]... hay hãng Skymen, Elma- Đức, Sturdy- Đài Loan, Jeiotech - Hàn Quốc. Trong nước, năm 2008, đề tài cấp Bộ khoa học và công nghệ "Thiết kế, chế tạo máy rửa siêu âm" của Viện ứng dụng công nghệ đã thiết kế mô hình thiết bị rửa siêu âm sử dụng máy phát tín hiệu và mạch khuếch đại công suất audio chất lượng cao có sẵn, bộ xử lý trung tâm sử dụng C – Control II của hãng Conrad electronic. Thiết kế này rất phức tạp, đắt tiền, cồng kềnh, tổn hao lớn. Năm 2016, Kỹ sư Lê Mạnh Cường, giám đốc công ty Vinasonic đã công bố thiết kế, chế tạo thành công máy rửa siêu âm “Made in Việt Nam”, tuy nhiên nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở mức nghiên cứu tích hợp. Năm 2021, đề tài thạc sỹ đại học Bách Khoa Hà Nội "Thiết kế máy rửa y tế" của Vũ Quốc Hưng thiết kế mô hình các mạch khuếch đại và tạo dao động sin có tần số khoảng 20 KHz – 30 KHz cho phù hợp với đầu phát siêu âm sử dụng, mạch điều khiển trung tâm sử dụng vi xử lý AVR 8 bit điều khiển nhiệt độ, thời gian, công suất, mạch chuyển mạch tiếp điểm điều khiển hoạt động của máy và đóng ngắt các mạch công suất. Phần công suất chủ yếu thiết kế biến áp phù hợp với đầu phát siêu âm sử dụng. Những nghiên cứu trong nước này chưa đưa ra được những thiết kế đầy đủ về phần công suất sao

cho hiệu quả mà tiết kiệm, chủ yếu vẫn là tích hợp. Do đó, với mong muốn được tiếp cận, tiến tới làm chủ được công nghệ tiên tiến có nhiều ứng dụng trong thực tiễn này, em lựa chọn đề tài tốt nghiệp: "**Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy rửa siêu âm ứng dụng làm sạch các dụng cụ y tế**".

Một phần kết quả của đề tài đã được trình bày trong bài báo khoa học được trích tại phần phụ lục.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Công nghệ làm sạch bằng sóng siêu âm và thiết bị ứng dụng.

Phạm vi nghiên cứu: tập trung nghiên cứu tính hiệu quả của sóng siêu âm đến khả năng làm sạch các thiết bị dụng cụ y tế, thí nghiệm và thiết kế, chế tạo mô hình máy làm sạch bằng sóng siêu âm cỡ nhỏ sử dụng trong các cơ sở y tế, phòng thí nghiệm.

Mục tiêu nghiên cứu đề tài

- Về khoa học: Xây dựng, tính toán và thiết kế market thiết bị rửa bằng sóng siêu âm.
- Về công nghệ: Làm chủ công nghệ chế tạo, sản xuất thiết bị rửa bằng sóng siêu âm
- Về thực tiễn: Chế tạo mô hình thiết bị rửa bằng sóng siêu âm và thử nghiệm sản phẩm trong thực tế.

Phương pháp nghiên cứu của luận văn

Trên cơ sở nghiên cứu các công trình nghiên cứu khoa học về thiết bị rửa bằng sóng siêu âm cũng như phân tích khảo sát các thiết bị rửa siêu âm hiện có trên thị trường. Hoàn thiện công nghệ, chế tạo máy rửa bằng sóng siêu âm.

Nội dung nghiên cứu luận văn

Bố cục gồm ba chương:

Chương I: Tổng quan về sóng siêu âm và thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm. Chương I, trình bày những kết quả nghiên cứu, tìm hiểu về sóng siêu âm, tính chất, hiện tượng vật lý hình thành cũng như mô tả khái quát cấu tạo chính của một thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm.

Chương II: Phân tích, thiết kế mô hình thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm. Từ những nghiên cứu có được trong chương I, chương II đề xuất phương án thiết kế mô hình máy rửa siêu âm, tập trung vào tính toán, đề xuất mô hình mạch công suất siêu âm, thiết kế từng phần và tích hợp thành mô hình thử nghiệm.

Chương III: Chế tạo và thử nghiệm thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm. Từ những phân tích, thiết kế mô hình thiết bị ở chương II, chương III tập trung vào nội dung chế tạo và thực nghiệm để đánh giá tính hiệu quả làm sạch của thiết bị rửa siêu âm.

Phần cuối là **phần kết luận chung** đưa ra một số kết quả đạt được của đề tài và định hướng phát triển của đề tài trong tương lai

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2024

Sinh viên thực hiện

Trần Đại Phong

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN VỀ SÓNG SIÊU ÂM VÀ THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM

Trong thời đại phát triển công nghệ nhanh chóng, công nghệ siêu âm đang được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, y tế, thực phẩm ... để làm sạch, trị liệu ... Việc sử dụng công nghệ siêu âm trong làm sạch dụng cụ y tế nhằm nâng cao chất lượng của dịch vụ chăm sóc sức khỏe là một chủ đề nghiên cứu quan trọng.

Công nghệ rửa truyền thống bằng cách ngâm thiết bị trong dung dịch rồi dùng bàn chải, chổi để loại bỏ chất bẩn ngày nay không còn đáp ứng được yêu cầu về làm sạch bề mặt và nâng cao chất lượng của sản phẩm sản xuất công nghiệp, dụng cụ y tế, dụng cụ quang học. Sóng siêu âm lan truyền trong nước tạo thành các bọt khí xâm thực có khả năng giải phóng năng lượng lớn khi nổ khiến các vết bẩn bám dính trên bề mặt vật thể bị đánh bật dễ dàng mà không hề làm xước hay biến dạng bề mặt hình khối của vật thể. Nguyên tắc làm sạch này đã khiến cho công nghệ rửa siêu âm được gọi là “Công nghệ rửa không chổi” (brushless cleaning) trở nên hiệu quả hơn hẳn so với các công nghệ cũ: Tốc độ làm sạch cao hơn, tiết kiệm nhân công, sử dụng ít hóa chất, làm sạch được cả ở những vị trí khó khi các công nghệ khác chưa thể tiếp cận. Do đó, rửa siêu âm là một trong những công nghệ làm sạch mới thay thế cách làm cũ, kém hiệu quả. Các thiết bị được thiết kế trên cơ sở công nghệ rửa siêu âm ra đời đã góp phần rất lớn vào công cuộc cải cách quy trình làm sạch dụng cụ trong nhiều ngành, nghề.

Chương I của luận văn sẽ trình bày những vấn đề nghiên cứu nêu trên để làm căn cứ phân tích, thiết kế mô hình thiết bị của đề tài.

1.1. Sóng siêu âm và hiệu quả làm sạch bằng sóng siêu âm

1.1.1. Sóng siêu âm và hiệu ứng áp điện

Sóng siêu âm là sóng cơ học có bước sóng cực ngắn - thường ngắn hơn 2 cm trong không khí. Sóng siêu âm có tần số lớn hơn ngưỡng nghe của con người (16 kHz) thường trên 20 kHz (hình 1.1 [6]). Công suất, cường độ và mật độ năng lượng là những thông số quan trọng của siêu âm ảnh hưởng trực tiếp đến những ứng dụng có sử dụng sóng âm này. Môi trường truyền của sóng siêu âm rất đa dạng có thể là không khí, chất lỏng, chất rắn với tốc độ bằng tốc độ âm thanh. Do đó, sóng siêu âm được sử dụng trong nhiều ứng dụng như làm sạch, hàn kim loại, gia công bằng cách loại bỏ phoi kim loại, tạo hình, kiểm tra kim loại, phát hiện, chuẩn đoán và điều trị trong y học, truyền tín hiệu....



Hình 1.1. Các tần số sóng âm [7]

Công nghệ siêu âm đã ra đời và phát triển sau khi hiệu ứng áp điện được hai nhà vật lý người Pháp là Jacques và Pierre Curie được phát hiện ra vào năm 1880 [8]. Nghiên cứu [8] chỉ ra rằng khi đặt một vật nặng lên tinh thể thạch anh, trên bề mặt tinh thể xuất hiện một điện tích và lượng điện tích tỷ lệ với khối lượng của vật nặng. Năm 1881, hiệu ứng áp điện nghịch đảo được mô tả như sau: Khi đặt một hiệu điện thế vào tinh thể, tinh thể bị biến dạng do sự biến dạng của mạng tinh thể gây ra bởi hiệu ứng áp điện. Khi điện áp được đảo ngược, biến dạng cũng được đảo ngược. Như vậy, hiệu ứng áp điện là hiện tượng vật lý mà một chất dẫn điện được đặt trong một trường điện có thể tạo ra một điện thế giữa hai đầu của nó. Do đó, hiệu ứng áp điện đóng vai trò là mối ghép giữa mạch và cơ tính của tinh thể.

Các nhà nghiên cứu đã phát hiện một loại vật liệu khi được kéo dãn dưới một lực cơ học có thể sản sinh ra điện tích trên bề mặt vật liệu. Vật liệu đó gọi là vật liệu áp điện. Vật liệu áp điện có thể tạo ra điện trường do biến dạng cơ học, hoặc biến dạng cơ học do tác dụng của điện trường. Nếu vật liệu hoạt động ở tần số cao, vật liệu sẽ tỏa nhiệt lượng lớn, khi vật liệu hoạt động ở nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ Curie thì vật liệu sẽ mất đi tính áp điện và nó có thể gây hư hỏng thiết bị.

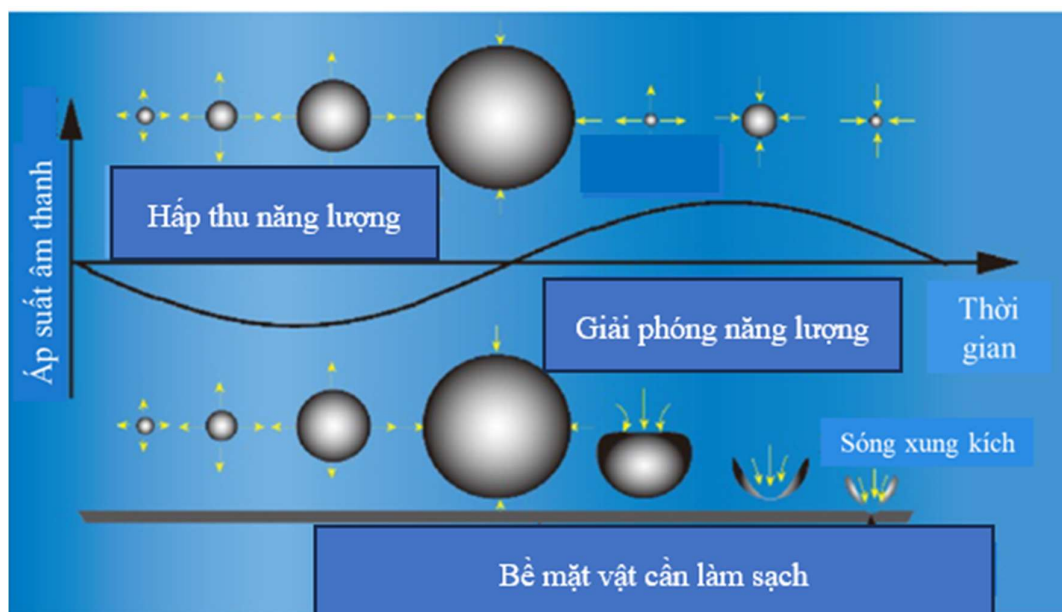
Các vật liệu áp điện đầu tiên là các tinh thể tự nhiên như thạch anh và muối Rochelle. Sau khi được cắt, đánh bóng, tạo kích thước chính xác, những vật liệu này được thiết lập thành rung động cộng hưởng trong các mạch điện để hoạt động như máy phát tần số. Sau đó đến năm 1950, sau nhiều nghiên cứu, sóng siêu âm đã được đưa vào sử dụng cho công việc làm sạch.



Hình 1.2. Loa phát sóng siêu âm [16]

1.1.2. Hiệu quả làm sạch bằng sóng siêu âm

Nguyên tắc vệ sinh, làm sạch bằng sóng siêu âm dựa trên **hiệu ứng xâm thực của các bọt khí** trong môi trường chất lỏng để loại bỏ các hạt bụi bẩn, các mảng bám tồn tại trên bề mặt dụng cụ. Nguyên lý này được mô tả ở hình 1.3. Khi truyền qua dung dịch tẩy rửa, sóng siêu âm tạo ra các lực kéo và nén xen kẽ dao động ở cùng tần số làm hình thành và phá vỡ các bọt khí. Những bọt khí phát triển theo hai giai đoạn: giai đoạn hấp thụ năng lượng và giải phóng năng lượng. Giai đoạn hấp thụ năng lượng thể hiện ở việc kích thước các bọt khí tăng dần lên. Giai đoạn giải phóng năng lượng thể hiện ở việc các bọt khí to đến mức tới hạn, bị vỡ ra, tạo ra năng lượng nổ đánh bật các chất bẩn khỏi bề mặt cần làm sạch.



Hình 1.3. Cơ chế tạo bọt khí xâm thực [9]

Sajjadi [10] đã nghiên cứu ảnh hưởng của năng lượng siêu âm đối với thể tích và kiểu chất lỏng của các bóng khí, đồng thời phân tích mô phỏng quá trình hình thành và đặc điểm động học của chúng. Phân tích mô hình toán học cho thấy công suất siêu âm ảnh hưởng đáng kể đến điều kiện hình thành và vận tốc dao động của các bóng khí, tổng khối lượng bóng khí tăng khoảng 4,95% cho mỗi lần tăng 100 W công suất siêu âm.

Khi áp suất âm P_m lớn hơn áp suất tĩnh của chất lỏng P_0 , hiện tượng xâm thực xảy ra đánh thủ độ bền kết cấu của chất lỏng. Lúc này ngưỡng tạo bọt khí I_c (cường độ hoặc biên độ âm thanh thấp nhất mà tại đó xảy ra tạo bọt khí trong chất lỏng) có thể được biểu thị bằng biểu thức 1.1 [4]:

$$I_c = P_0 - P_v + \frac{2}{3\sqrt{3}} \sqrt{\left(\frac{2T}{R_0}\right)^3 / \left(P_0 - P_v + \frac{2T}{R_v}\right)} \quad (1.1)$$

Trong đó:

P_0 là áp suất tĩnh của chất lỏng,

P_m là biên độ của áp suất âm,

P_v là áp suất hơi,

σ là hệ số căng bề mặt

R_0, R_u là bán kính ban đầu của hạt nhân tạo bọt; bán kính lúc nổ của bọt khí.

T là nhiệt độ của chất lỏng

Từ biểu thức 1.1, ngưỡng xâm thực có liên quan đến loại chất lỏng, nhiệt độ, áp suất, bán kính bong bóng khí và hàm lượng khí. Khi xảy ra hiện tượng xâm thực, các bong bóng khí sinh ra dưới tác dụng của áp suất âm thanh bị co dần liên tục đến một ngưỡng xác định sẽ vỡ ra và tạo ra sóng xung kích có nhiệt độ và áp suất hàng nghìn atm cục bộ, đủ cao để phá vỡ chất rắn trên bề mặt làm việc, quá trình được mô tả như hình 1.3. Năng lượng sóng xung kích thủy lực tạo ra hiệu ứng hút mạnh mẽ. Những sóng xung kích có thể đạt nhiệt độ cao tới 10.000°F và áp suất thủy động lực học thấp tới 10.000 pounds trên mỗi inch vuông (PSI), làm lỏng và loại bỏ vi sinh vật cũng như các mảnh vụn bám dính khác từ ngay cả những bề mặt khó tiếp cận nhất của một dụng cụ y tế. Trên thực tế, các yếu tố ảnh hưởng của cường độ xâm thực rất phức tạp, nó liên quan đến môi trường chất lỏng xung quanh, tần số sóng và áp suất siêu âm, kích thước bong bóng, v.v [4] [9].

Như vậy có thể thấy: hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm phụ thuộc vào các thông số vật lý như tần số siêu âm, công suất, phân bố trường siêu âm, đặc tính của dung dịch tẩy rửa, thời gian tác động, hình dạng vết bẩn cần làm sạch, đặc tính âm thanh, v.v. Bên cạnh đó, vì quá trình làm sạch bằng sóng siêu âm phụ thuộc vào năng lượng sóng xung kích từ sự nổ của các bong bóng khí, nên tất cả các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ và số lần nổ của bong bóng khí trong chất lỏng đều ảnh hưởng tới hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm.

Ảnh hưởng của kích thước và số lượng bong bóng khí

Lượng năng lượng giải phóng trong quá trình nổ bong bóng khí có liên quan đến kích thước của nó. Các bong bóng kích thước lớn hơn giải phóng nhiều năng lượng hơn trong quá trình nổ so với các bong bóng kích thước nhỏ. Nói chung, việc giải phóng năng lượng nổ có lợi cho quá trình làm sạch bằng sóng siêu âm. Tuy nhiên,

quá nhiều năng lượng được giải phóng bởi các bong bóng kích thước lớn hoặc dư thừa trong một số trường hợp, có thể gây ra thiệt hại cho các dụng cụ nhạy cảm, dễ bị hư hại. [11].

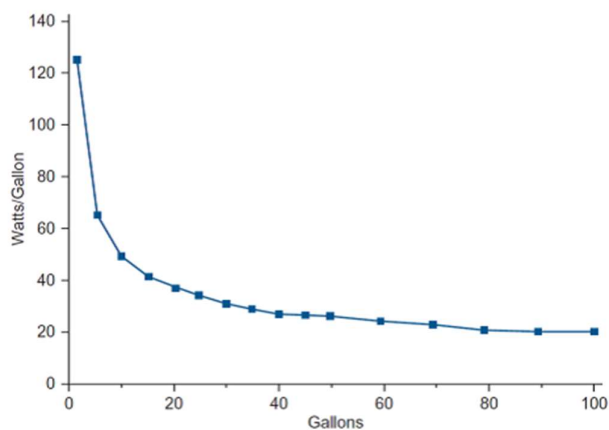
Ảnh hưởng của hóa chất tẩy rửa và nhiệt độ

Hóa chất làm sạch (chất tẩy rửa) là hỗn hợp tổng hợp nhân tạo của các thành phần nước và chất hóa học có khả năng làm sạch. Khi kết hợp với làm sạch bằng sóng siêu âm, chất tẩy rửa gốc nước đã được chứng minh là có hiệu quả và triệt để trong việc làm sạch mọi bề mặt của các bộ phận công nghiệp và nhiều đồ vật khác. Các chất tẩy rửa tiếp xúc với các chất hoạt động bề mặt giúp giảm sự bám giữ của các chất gây ô nhiễm trên dụng cụ, trong khi hiệu ứng tạo bọt khí bắt nguồn từ sóng siêu âm đánh vào vật thể tạo ra hàng triệu bọt khí bắn phá các bụi bẩn bám dính trên bề mặt vật thể.

Nhiệt độ cũng là một yếu tố quan trọng liên quan đến hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm. Bản thân sóng siêu âm khi tạo ra các vụ nổ bóng khí cũng sẽ tạo ra một lượng nhiệt đáng kể. Tuy nhiên, với một số dung môi làm sạch, nhiệt độ này chưa đủ nên cần thêm khâu gia nhiệt để tăng khả năng làm sạch của sóng siêu âm kết hợp hóa chất.

Ảnh hưởng của công suất siêu âm

Công suất siêu âm phải đảm bảo để tạo ra các vụ nổ bóng khí trong toàn thể tích chất lỏng. Đơn vị đo lường cho công suất siêu âm của các bể là Watts trên gallon. Khi thể tích bể tăng lên, tổng công suất cấp không đổi, số watt trên mỗi gallon cần thiết để đạt được hiệu suất siêu âm tương đương sẽ giảm xuống. Hình 1.4. thể hiện mối quan hệ giữa công suất và kích thước bể rửa siêu âm. Tuy nhiên, có thể thay đổi với từng trường hợp cụ thể.



Hình 1.4. Biểu đồ quan hệ giữa kích thước bể và công suất siêu âm [12]

Mặc dù công suất cao thường mang lại hiệu quả làm sạch cao và quá trình nhanh hơn, nhưng công suất quá lớn có thể làm hỏng các dụng cụ cần làm sạch vì vậy cần có thực nghiệm để tìm ra công suất tối ưu cho thiết kế. Công suất siêu âm từ 50-100W/3,78L chất tẩy rửa là phù hợp để rửa các dụng cụ y tế mà không làm hư hại.

Ảnh hưởng của tần số siêu âm

Kích thước bóng khí tỷ lệ nghịch với tần số siêu âm. Tần số sóng siêu âm tăng lên, năng lượng được giải phóng bởi mỗi vụ nổ bóng khí giảm vì kích thước chúng nhỏ hơn. Tùy thuộc vào ứng dụng, có thể đạt được hiệu quả làm sạch mong muốn bằng cách tạo ra một số lượng nhỏ các vụ nổ năng lượng cao hoặc một số lượng lớn các vụ nổ năng lượng thấp. Tần số siêu âm thấp hơn sẽ tạo ra các bóng khí lớn hơn, vì vậy khi chúng nổ sẽ giải phóng năng lượng làm sạch lớn hơn.

Tần số 25 kHz thường sử dụng để làm sạch các chi tiết có độ cứng cao, tần số khoảng 40 kHz là tần số được sử dụng trong 95% ứng dụng [12]. Trong y tế, do tính chất các dụng cụ là kim loại, nhựa cứng và các sản phẩm có bề mặt trơn, bóng nên tần số sóng siêu âm cần tạo ra bong bóng nhỏ ít có khả năng gây thiệt hại bề mặt và có thể thâm nhập tốt hơn vào khu vực nhỏ hẹp. Các hãng thường dùng loại có tần số từ 37 kHz đến 45 kHz để làm sạch các dụng cụ y tế.

Trong các quá trình làm sạch thô, các tần số thấp dưới 30 kHz lại cho hiệu quả tốt hơn. Tuy nhiên, tần số thấp cũng làm tăng độ ồn khi hoạt động. Máy làm sạch bằng sóng siêu âm tần số rất thấp có thể gây ra hư hỏng nghiêm trọng cho bề mặt của vật được làm sạch. Ứng dụng các dải tần số sóng siêu âm trong làm sạch được chỉ ra trong bảng 1.1.

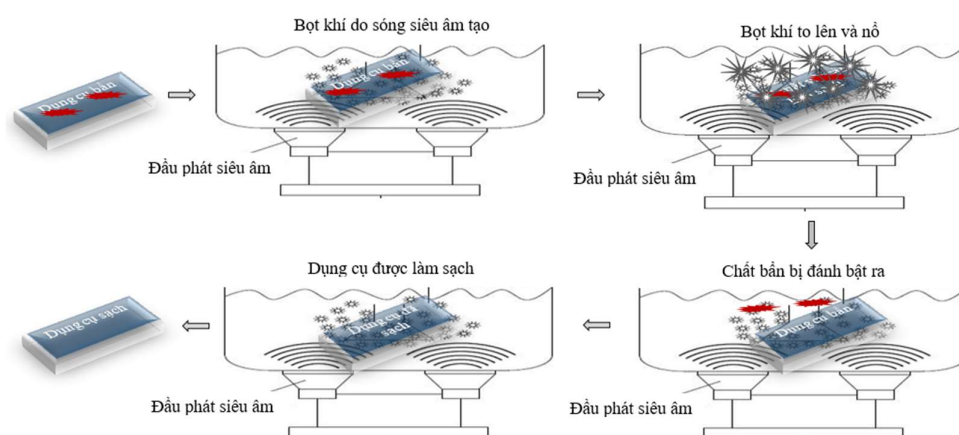
Bảng 1.1. Các dải tần số và các loại dụng cụ được làm sạch

Dải tần số	Loại dụng cụ làm sạch
20–40 kHz	động cơ và các bộ phận kim loại nặng. Thích hợp để loại bỏ các loại đất dính nhiều dầu mỡ
40–70 kHz	các bộ phận máy, quang học và các bộ phận khác. Dải tần này rất tốt trong việc loại bỏ các hạt nhỏ
70–190 kHz	làm sạch nhẹ nhàng các thành phần vật liệu giá trị cao như trang sức, thiết bị điện tử, kim loại nhẹ có bề mặt bóng nhẵn thiết bị quang học, các thành phần ổ đĩa và các bộ phận nhạy cảm khác
190–500 kHz	làm sạch siêu mịn các tấm bán dẫn, siêu mỏng gốm sứ, quang học và gương hoặc phản xạ kim loại được đánh bóng cao

1.2. Tổng quan về thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm

1.2.1. Cấu tạo chung của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm

Các thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm đầu tiên hoạt động ở tần số từ một đến vài trăm kHz, gần đỉnh của phổ tần số siêu âm. Máy làm sạch bằng sóng siêu âm hoạt động ở tần số cao như vậy ban đầu không có ứng dụng thực tế vì hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm tần số cao thấp. Sau đó, sóng siêu âm với tần số thấp đã được sử dụng để cải thiện điều này. Tần số sóng siêu âm sử dụng trong làm sạch nằm trong dải từ 20 kHz đến 200 kHz. Trong dải tần này, sóng siêu âm có cường độ cao tạo ra các bọt khí lỏng xâm thực có thể loại bỏ các chất gây ô nhiễm khỏi bề mặt của vật được làm sạch (Hình 1.5).



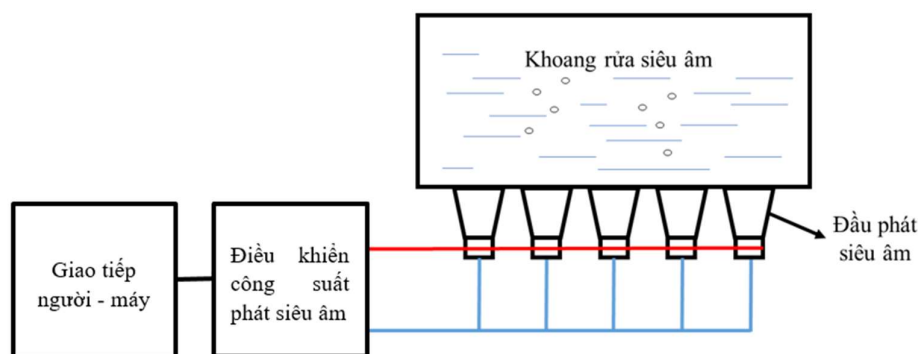
Hình 1.5. Nguyên lý của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm

Các bọt khí giúp cho việc hòa tan chất gây ô nhiễm bằng dung môi dễ dàng hơn. Trong trường hợp chất làm sạch không hòa tan chất gây ô nhiễm, năng lượng giải phóng bởi sự bùng nổ của các bong bóng tạo bọt đủ để phá vỡ liên kết giữ của chất bẩn với bề mặt của vật.

Trên thế giới đã có nhiều hãng sản xuất máy rửa siêu âm như Skymen, Elma-Đức, Sturdy-Đài Loan, Jeiotech-Hàn Quốc... Các thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm đều có thể được chia thành ba phần chính như trong hình 1.6. Ngoài ra, thiết bị có thể có thêm bộ phận gia nhiệt để tăng hiệu quả làm sạch.

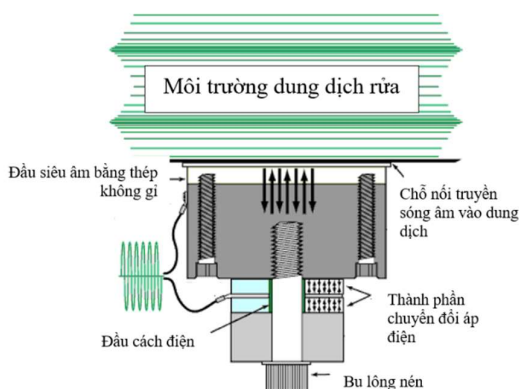
Cấu tạo máy rửa siêu âm nói chung gồm: Khối giao diện người – máy. Khối điều khiển công suất (hình 3) được gắn dưới hoặc bên cạnh của khoang rửa [5]. Mạch điều khiển công suất cần thiết để sao cho tần số phát phải cộng hưởng được với tần số hoạt động của đầu siêu âm để hiệu quả siêu âm đạt được cao nhất có thể

- Khối giao tiếp người – máy: cho phép người sử dụng điều khiển các chế độ chạy của thiết bị rửa



Hình 1.6. Cấu tạo thành phần máy rửa siêu âm

- **Khởi điều khiển công suất:** cung cấp năng lượng điện để khởi phát chuyển đổi thành năng lượng sóng âm trên các đầu phát được gắn dưới hoặc bên cạnh của khoang rửa. Mạch điều khiển công suất cần thiết kể sao cho tần số phát phải cộng hưởng được với tần số hoạt động của đầu siêu âm để hiệu quả siêu âm đạt được cao nhất có thể. Tần số điện sử dụng trong sản xuất là 50 và 60 Hz, trong khi đó, tần số siêu âm nằm trong khoảng từ 20 kHz trở lên. Bởi thế, đầu ra của nguồn phát siêu âm phải thích hợp với loại tần số sóng siêu âm sẽ sử dụng.



Hình 1.7. Mô tả kết nối nguồn cho đầu phát siêu âm

- **Khởi phát siêu âm và khoang rửa:** phát ra sóng siêu âm truyền qua thành khoang rửa và dung môi rửa để làm sạch dụng cụ. Khởi phát siêu âm bao gồm nhiều đầu phát siêu âm (chuyển đổi năng lượng điện sang năng lượng sóng âm). Kết nối nguồn cho đầu phát siêu âm được mô tả như trong hình 1.7. Khoang rửa phải đủ bền để chống xói mòn do tạo bọt khí nổ và phải chống ăn mòn để chống lại sự tấn công của hóa chất từ dung dịch tẩy rửa. Do đó, vật liệu chế tạo khoang rửa siêu âm thường là inox, trong y tế là inox 304.

1.2.2. Các chế độ rửa cơ bản của máy làm sạch bằng sóng siêu âm

Các máy rửa siêu âm trên thị trường hiện nay hoạt động chủ yếu ở hai chế độ: Khử khí (Degas/ AutoDegas), Quét (Sweep). Các chế độ này có thể hoạt động

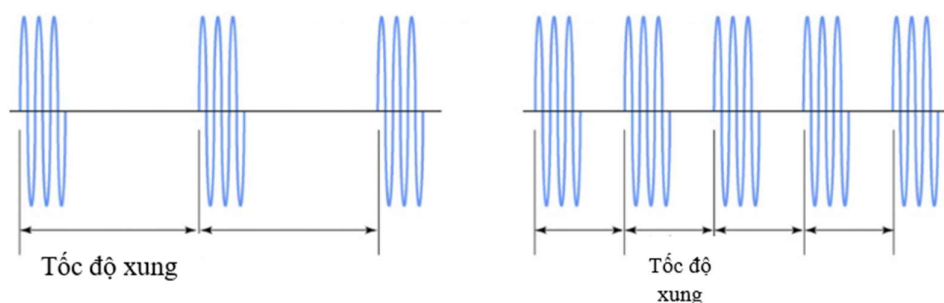
đơn lẻ hoặc kết hợp với nhau, với dung dịch tẩy rửa và bộ phận gia nhiệt để tăng hiệu quả làm sạch. Ngoài ra, một số máy có thêm chế độ chạy xung PULSE.

1.2.2.1. Chế độ khử khí (Degas/ AutoDegas)

Nhiều dụng cụ cần làm sạch khi thả vào bể rửa có thể hình thành các lớp bọt khí bám quanh bề mặt vật dụng gây cản trở quá trình các bọt khí xâm thực vào vết bẩn. Điều này khiến cho các vết bẩn khó bị đánh bật khỏi bề mặt vật dụng. Để loại bỏ các bọt khí bám ban đầu này, cần sử dụng chế độ khử khí.

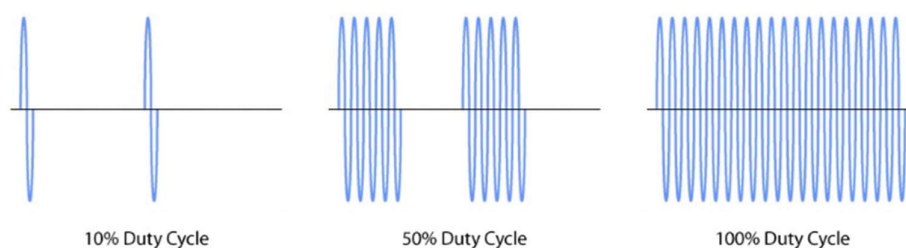
Chế độ khử khí là chế độ tạo ra các khoảng nghỉ ngắn trong chu kỳ siêu âm, cho phép bong khí kết hợp nổi lên trên và vỡ ra. Về bản chất chính là quá trình bật và tắt khối điều khiển phát công suất siêu âm. Hai thông số xác định chế độ xung của khối điều khiển công suất siêu âm là:

Tốc độ xung: số lần bật tắt khối điều khiển phát công suất siêu âm trong một khoảng thời gian nhất định (Hình 1.8)



Hình 1.8. Mô tả tốc độ xung siêu âm

Chu kỳ hoạt động: tỷ lệ phần trăm thời gian công suất siêu âm được bật trong mỗi xung dao động từ 0 đến 100% (Hình 1.9)

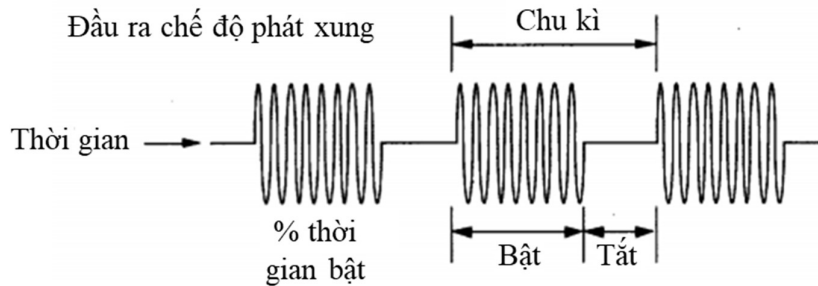


Hình 1.9. Mô tả chu kỳ hoạt động của xung siêu âm

Ở chế độ Degas, tốc độ xung cỡ vài giây và chu kỳ hoạt động từ 10 đến 50%. Thời gian tắt của chu kỳ degas tạo cơ hội cho các bong bóng khí hình thành kết hợp với nhau, nổi lên trên bề mặt chất lỏng trong thời gian năng lượng siêu âm đang tắt.

1.2.2.2. Chế độ xung (Pulse)

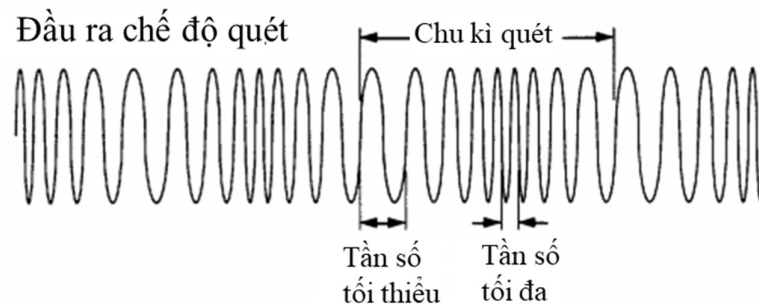
Ở chế độ Pulse, tốc độ xung nhanh hơn và chu kỳ hoạt động lớn hơn, quá trình làm sạch có thể được tăng cường khi năng lượng siêu âm được hấp thụ nhiều hơn khiến các bọt khí vỡ ra sản sinh áp lực lớn hơn, năng lượng cao lặp đi lặp lại mỗi lần bật nguồn năng lượng như mô tả trong hình 1.10.



Hình 1.10. Dạng sóng đầu ra của chế độ xung [13]

1.2.2.3. Chế độ quét (Sweep)

Chế độ quét có tác dụng đảm bảo dụng cụ sẽ được tẩy rửa đồng đều tại mọi vị trí. Một số khối điều khiển phát công suất chỉ có thể tạo sóng âm tần số cố định, trong khi những nguồn khác có thể cung cấp tần số trong dải. Sử dụng một tần số cố định sẽ tạo ra các điểm tập trung nhiều bọt khí và những vùng không có bọt khí. Điều này khiến có chỗ dụng cụ được làm sạch, có chỗ lại không. Để giải quyết những vấn đề này, thiết bị rửa phải chạy ở chế độ quét (sweep). Trong chế độ quét, tần số đầu ra của khối điều khiển công suất phát được điều biến xung quanh tần số trung tâm (hình 1.11).



Hình 1.11. Dạng sóng ngõ ra của chế độ quét (Sweep) [13]

1.2.3. Phân loại máy làm sạch siêu âm

Về cách phân loại máy làm sạch siêu âm, có nhiều cách phân loại khác nhau: kết cấu, quy mô, ngành nghề, mục đích sử dụng. Về kết cấu một máy rửa siêu âm, ta có thể phân thành hai loại chính:

- Máy làm sạch siêu âm dạng đơn: Máy làm sạch siêu âm đơn là máy độc lập phù hợp để làm sạch các bộ phận vừa và nhỏ. Các thiết kế tiên tiến hơn sử dụng các thùng chứa đơn có nhiều chức năng bằng cách kết hợp các bước làm sạch, rửa và làm khô (hình 1.12a). Các ứng dụng quy mô nhỏ như đồ trang sức, thiết bị phòng thí nghiệm và làm sạch thiết bị phẫu thuật chỉ cần một bể làm sạch. Việc làm sạch và khô đều được thực hiện trong cùng 1 khoang.

- Máy làm sạch siêu âm nhiều bể: Loại này có các bể riêng biệt cho các bước khác nhau của quy trình làm sạch (Hình 1.12b). Phổ biến nhất là có một hệ thống ba bể, trong đó mỗi bể là một trạm thực hiện việc làm sạch, rửa hoặc làm khô. Đối với các dây chuyền sản xuất có công suất cao hơn, nhiều bể làm sạch được sử dụng. Nhiều hệ thống bể làm sạch có thể có các giai đoạn rửa sơ bộ để loại bỏ các mảnh vụn rời, trong khi các bể khác thực hiện làm sạch bằng siêu âm. Các hệ thống hoàn toàn tự động cũng sử dụng rô-bốt giàn để lấy và mang các giỏ chứa các bộ phận. Giàn hạ giỏ vào bể trong một khoảng thời gian cụ thể, sau đó chuyển giỏ đến trạm tiếp theo, ngoài ra trong máy nhiều bể này có thêm hệ thống nước lưu động chạy tuần hoàn có màng lọc giúp cho những chất bẩn được đẩy đi làm tăng khả năng tẩy rửa làm sạch của máy trên những thiết bị công nghiệp lớn đóng mằng bám nhiều tầng.



a. Máy đơn



b. Máy nhiều bể

Hình 1.12. Một số loại máy rửa siêu âm

1.2.4. Khảo sát một số máy rửa siêu âm trên thị trường [1]

Khảo sát máy rửa siêu âm của một số hãng về thông số kỹ thuật, tính năng của máy cho thấy:

- Tần số siêu âm trong khoảng từ 20 kHz đến 200 kHz. Trong y tế, do tính chất các dụng cụ là kim loại, nhựa cứng và các sản phẩm có bề mặt trơn, bóng nên tần số sóng siêu âm cần tạo ra bong bóng nhỏ ít có khả năng gây thiệt hại bề mặt và có thể thâm nhập tốt hơn vào khu vực nhỏ hẹp. Các hãng thường dùng loại có tần số từ 37 kHz đến 45 kHz để làm sạch các dụng cụ y tế. Có thể dùng loại có một

tần số hoặc hai tần số tùy vào nhu cầu. Tuy nhiên, vấn đề sử dụng nhiều tần số siêu âm sẽ có tác động lớn đến thiết kế bộ phát công suất nguồn của máy và do đó giá thành cũng cao hơn.

- Mặt điều khiển có thể chỉ thị bằng LED 7 thanh, LCD hoặc đơn giản là các LED đơn và các phím sờ, phím bấm và núm vặn dạng biến trở hoặc núm vặn encoder. Phần mặt điều khiển này tùy theo sở thích mà người sử dụng có thể lựa chọn.

- Tính năng làm sạch thì có các tính năng quét (Sweep), khử khí (Degas), khử khí tự động theo chu kỳ làm việc (Auto Degas), chạy xung (Pulse) và có thể có thêm gia nhiệt hoặc không. Chế độ chạy xung PULSE là chế độ được hãng Elma thêm vào dòng sản phẩm siêu âm loại P để tăng hiệu quả làm sạch.

- Vỏ máy có thể bằng inox hoặc nhựa nhưng lòng bể bên trong luôn bằng inox.

- Phụ kiện đi theo máy luôn có giỏ, tạo hiệu quả cho quá trình siêu âm cũng như giảm ảnh hưởng tới tuổi thọ của bể.

- Tiêu chuẩn bảo vệ của các loại máy siêu âm là IP20.

Cụ thể, với dòng máy siêu âm Elma S của ElmaSonic. Đây là dòng máy thích hợp sử dụng trong các trung tâm y tế thực hành, bệnh viện... có dung tích trong khoảng từ 0,8 đến 90L:

- Tần số siêu âm: 37 kHz;

- Công suất siêu âm: 800 W;

- Công suất gia nhiệt: 2.000 W;

- Có chế độ Degas/Autodegas: khử khí;

- Chế độ quét (sweep) - tối ưu hóa sự phân bố trường âm trong bồn rửa;

- Dải nhiệt độ dung dịch được cài đặt từ 30°C đến 80°C (trừ Elmasonic S10/H);

- Thời gian làm sạch cài đặt được từ 1 đến 30 phút;

- Bộ điều khiển kiểm soát nhiệt độ Auto Start: tự động khởi động chức năng siêu âm ngay khi đạt nhiệt độ cài đặt.

Xét cụ thể một máy rửa siêu âm của hãng Soniclean. Máy chỉ có chức năng rửa siêu âm với các đầu siêu âm được gắn ở dưới đáy vỏ như trong hình 1.13.



Hình 1.13. Các đầu siêu âm bố trí dưới máy Soniclean

Về phần công suất điện cấp cho các đầu siêu âm, các đầu siêu âm được chia ra thành các bộ. Mạch công suất được sử dụng để cấp riêng cho các bộ này. Hình 1.14 mô tả việc phân chia công suất cấp này. Ưu điểm của việc phân chia này sẽ giảm tải được các linh kiện sử dụng trên mạch công suất và dễ dàng thay thế, sửa chữa. Hạn chế của thiết kế kiểu này là có thể xảy ra hiện tượng cộng hưởng không đều. Điều này khiến cho máy kêu to hơn khi hoạt động. Về thiết kế mạch công suất, những mạch này đều sử dụng nguồn công suất bơm xung 50% duty free với tần số cố định.



Hình 1.14. Bố trí các mạch công suất máy Soniclean

1.3. Kết luận

Chương I đã trình bày cơ sở lý thuyết về sóng siêu âm và hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm. Phương pháp làm sạch hiệu quả bằng sóng siêu âm chủ yếu dựa trên hiện tượng tạo bọt khí xâm thực. Khi kết hợp sóng siêu âm cùng với hóa chất tẩy rửa và nhiệt độ thích hợp, hiệu quả làm sạch được tăng lên nhiều lần. Chương I cũng đề cập tới nghiên cứu về cấu tạo chung, chế độ hoạt động cũng như cách phân loại của một máy rửa siêu âm. Chế độ hoạt động của máy rửa siêu âm bao gồm chế độ khử khí, xung, quét. Các chế độ này lần lượt đã được tìm hiểu thể hiện qua biểu đồ dạng xung của khối điều khiển phát công suất để làm cơ sở thiết kế dạng xung cho thiết bị trong nghiên cứu.

Từ những nghiên cứu tổng quan trên đây, cùng với dụng cụ dự kiến sẽ sử dụng để rửa là những dụng cụ trong khoa khám chữa bệnh, đề tài xác định bài toán đặt ra là thiết kế, chế tạo mô hình máy rửa siêu âm dạng đơn với các thông số kỹ thuật được chỉ ra trong bảng 1.2:

Bảng 1.2. Thông số kỹ thuật của mô hình thiết bị rửa của đề tài

<i>ST T</i>	<i>Thông số kỹ thuật</i>	<i>Đơn vị</i>	<i>Yêu cầu</i>
1	Dung lượng của máy	L	15
2	Nhiệt độ rửa	°C	30÷80
3	Thời gian thiết lập	phút	1÷99
4	Công suất siêu âm hiệu dụng	W	≤ 300
5	Công suất gia nhiệt	W	≤ 200
6	Tần số siêu âm trung tâm	kHz	40
7	Tự động khởi động chức năng siêu âm khi đạt nhiệt độ cài đặt		Có
8	Các chế độ chạy và thông số cài đặt: + Chế độ Sweep + Chế độ Degas/AutoDegas + Chế độ gia nhiệt nước (có gia nhiệt hoặc không) và nhiệt độ gia nhiệt nước)		Có Có Có Có

9	Nguồn cung cấp	V_{AC}/Hz	$(220\div 240) V_{AC}/$ 50 Hz
10	Điều khiển thông qua màn hiển thị LED/LCD thân thiện với người sử dụng		Có
12	Vật liệu chế tạo máy		SUS304

CHƯƠNG II. THIẾT KẾ THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM

Chương I đã trình bày những nghiên cứu tổng quan về sóng siêu âm, công nghệ làm sạch bằng sóng siêu âm và thiết bị ứng dụng công nghệ đó rồi từ đó xác định bài toán đặt ra đối với đề tài là thiết kế, chế tạo mô hình máy rửa siêu âm dạng đơn với các thông số kỹ thuật được cho trong bảng 1.2.

Chương II sẽ tiến hành giải quyết bài toán từ việc thiết kế sơ đồ khối đến thiết kế từng thành phần của thiết bị. Cụ thể đi sâu đề xuất mô hình mạch công suất của khối điều khiển phát công suất siêu âm. Phần thiết kế khung, giá, khoang chậu rửa sẽ không được trình bày trong nghiên cứu này.

2.1. Cơ sở và quan điểm thiết kế

Thiết bị rửa siêu âm đã được ứng dụng rất nhiều trong việc làm sạch dụng cụ thiết bị trong các cơ sở y tế để làm sạch các dụng cụ y tế, dụng cụ thí nghiệm trong bước đầu tiên của quá trình phòng chống nhiễm khuẩn.

Môi trường hoạt động của thiết bị là ở những nơi có độ ẩm cao, ngày ngày thiết bị phải tiếp xúc với hóa chất, do đó cần phải được thiết kế sao cho chịu được môi trường này. Thiết bị cần được thiết kế sao cho vừa thân thiện với môi trường vừa đảm bảo thuận tiện, dễ sử dụng đối với người dùng, đây là một trong những vấn đề không thể bỏ qua. Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan ở chương I, quan điểm thiết kế sản phẩm của đề tài như sau:

- Phần cứng của thiết bị được xây dựng trên cơ sở các module với những linh kiện, nguyên liệu có chất lượng tốt.
- Phần giao diện người dùng, điều khiển và phần nguồn cùng công suất được thiết kế rời, có cách ly các phần với nhau để giảm gây nhiễu lẫn nhau.

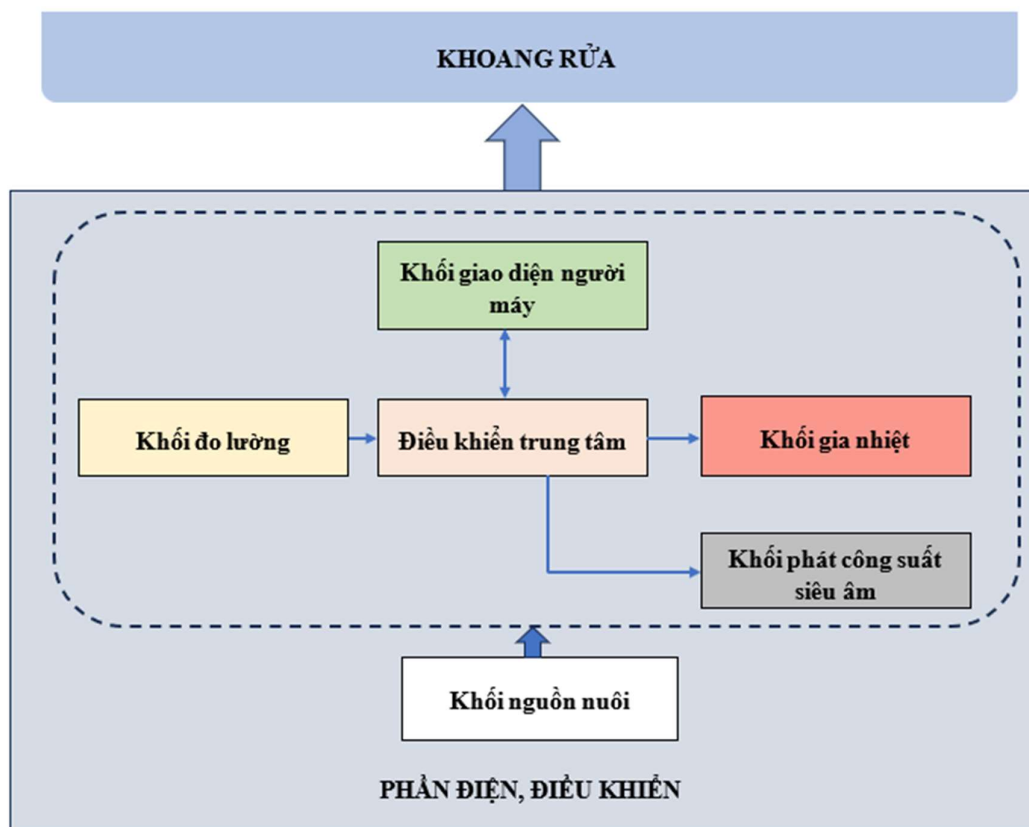
2.2. Thiết kế sơ đồ khối cho thiết bị

Thiết bị của đề tài có sơ đồ khối như hình 2.1:

Thiết bị rửa siêu âm thiết kế bao gồm hai phần chính là: Phần Khoang rửa và phần điện, điều khiển. Khoang rửa: là khoang làm việc chính của thiết bị, đựng dung dịch rửa và các dụng cụ, sản phẩm cần làm sạch. Phần điện, điều khiển gồm các khối chức năng chính:

- Khối điều khiển trung tâm: có nhiệm vụ điều hành toàn bộ chức năng của thiết bị từ điều khiển khối phát công suất siêu âm, khối gia nhiệt, giao diện người – máy đến đọc tín hiệu đo từ khối đo lường.
- Khối tạo phát công suất siêu âm: bao gồm bộ phát công suất siêu âm và đầu phát siêu âm.

- Khối gia nhiệt: bao gồm tấm gia nhiệt, có chức năng chính là làm nóng dung dịch rửa đạt đến nhiệt độ làm việc.
- Khối giao diện người máy: cho phép người sử dụng giao tiếp với máy, điều khiển và xem các trạng thái, thông số máy qua màn hình và phím bấm
- Khối đo lường: giám sát nhiệt độ nước rửa.
- Khối nguồn nuôi: cấp toàn bộ điện cho thiết bị hoạt động.



Hình 2.1. Sơ đồ khối thiết bị rửa siêu âm

Từ sơ đồ khối thiết bị rửa siêu âm cùng với những thông số kỹ thuật đã xác định ở chương I, thiết bị được thiết kế như sau:

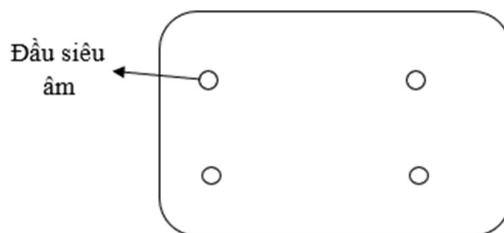
2.3. Thiết kế khoang rửa siêu âm

Từ các thông số kỹ thuật yêu cầu đã đề ra ở chương I, đề tài đã lựa chọn sử dụng bồn rửa siêu âm có dung tích 15 lít với các kích thước dài x rộng x cao lần lượt là 20x38x20 cm. Bể rửa có chất liệu làm bằng inox 304 (SUS304), đây là chất liệu có độ bền cao, chịu được các tác động từ môi trường, hoá chất do đó, người dùng có thể sử dụng nhiều loại dung dịch làm sạch khác nhau mà không ảnh hưởng đến tuổi đời sản phẩm. Hình 2.2 mô tả khoang bể rửa được sử dụng trong hệ thống làm sạch bằng sóng siêu âm.



Hình 2.2. Khoang rửa siêu âm SUS304

Với dung tích bể rửa đưa ra ban đầu, việc thiết kế cơ khí cho mảng siêu âm là rất quan trọng, nó ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất hoạt động cũng như tính hiệu quả làm sạch của máy. Với thiết bị có dung tích rửa là 15 lít, sau khi tính toán, ước lượng, khoang rửa sẽ có kích thước (rộng x dài x cao) là 38x20x20 cm. Với tấm đáy có kích thước 38 x 20 cm, từ thực nghiệm, khoảng cách bố trí đầu siêu âm là 10-15 cm (tâm – tâm) sẽ đảm bảo được sóng siêu âm lan truyền trong toàn bộ lượng nước rửa”. Như vậy có thể bố trí 4 đầu siêu âm như trong hình 2.3.



Hình 2.3. Sơ đồ bố trí đầu phát siêu âm

Trong phần thông số kỹ thuật đặt ra đối với thiết bị của đề tài, với tần số sóng siêu âm yêu cầu là 40 kHz, công suất siêu âm hiệu dụng <300W. Như đã đưa ra kết quả nghiên cứu ở phần Tổng quan: “Công suất siêu âm từ 50-100W/3,78L chất tẩy rửa là phù hợp để rửa các dụng cụ y tế mà không làm hư hại”. Chính vì vậy, đề tài lựa chọn đầu siêu âm có tần số 40kHz với công suất hoạt động là 60W. Cụ thể đề tài lựa chọn đầu phát sóng siêu âm JYD3840A của hãng JiayuandaTE – xuất xứ Trung Quốc có các thông số kỹ thuật như trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật đầu phát siêu âm JYD3840A [14]

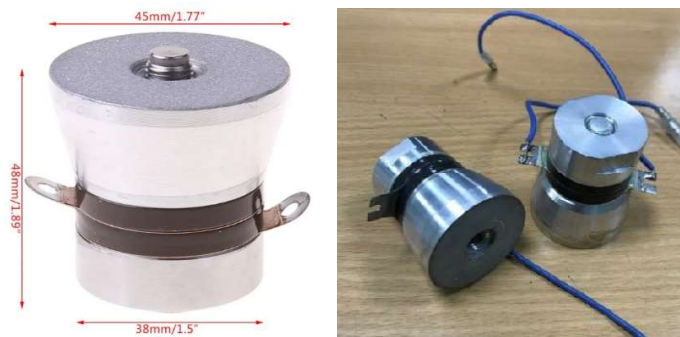
Tần số (kHz)	Công suất siêu âm lớn nhất (W)	Dung kháng tĩnh (pF)	Trở kháng cộng hưởng (Ω)	Kích thước (đường kính – độ cao) (mm)	Chất liệu	Nhiệt độ hoạt động ($^{\circ}\text{C}$)
40	60	3800 $\pm$ 10	$\leq$ 20	48 x 45	PZT	90

Việc sử dụng đầu phát siêu âm này do vật liệu áp điện PZT có nhiều tính năng tốt hơn như bền hơn, chịu nhiệt tốt hơn mặc dù vật liệu này đã được phát triển từ rất lâu đời và sử dụng chủ yếu làm vật liệu áp điện.

Với cách bố trí đầu phát công suất như hình 2.3, công suất siêu âm lớn nhất mà máy đạt được là: $P = 4 \times 60 = 240W$.

Lúc này công suất siêu âm hiệu dụng là: $240 / 1,4 = 171W < 300W$.

Như vậy khối phát công suất siêu âm sẽ được thiết kế như trong mục 2.4.

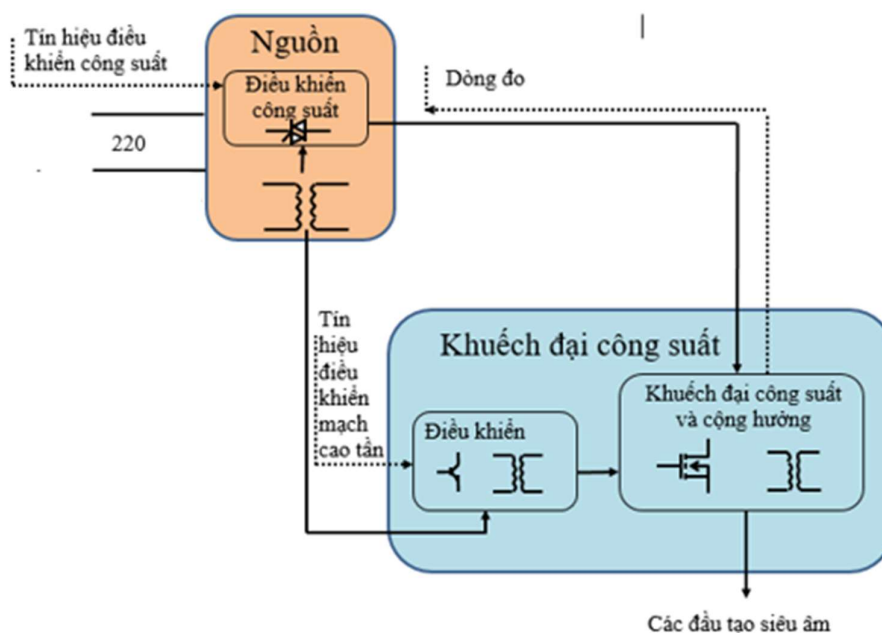


Hình 2.4. Đầu phát siêu âm JYD3840A

2.4. Đề xuất thiết kế khối phát công suất siêu âm

Phần khối phát công suất siêu âm được thiết kế chia ra làm hai khối chính là khối nguồn cấp và khối khuếch đại công suất. Sơ đồ khối tổng quát được chỉ ra trong hình 2.5.

- **Khối nguồn** khối cấp nguồn cho các thành phần trong khối khuếch đại công suất. Ở đây chính là biến áp xung cao tần.
- **Khối khuếch đại công suất** gồm hai khối nhỏ bên trong là khối điều khiển và khối khuếch đại công suất và cộng hưởng.
 - Khối điều khiển nhận tín hiệu điều khiển từ phần điều khiển trung tâm để tạo ra các xung điều khiển sơ công suất ở khối khuếch đại công suất.
 - Khối khuếch đại công suất và cộng hưởng nhận tín hiệu điều khiển từ khối điều khiển để tạo ra các dạng xung có tần số trung tâm là 40kHz tương thích với đầu tạo siêu âm tương ứng với các chế độ hoạt động sweep/degas do người sử dụng đặt. Điện áp cấp cho khối khuếch đại công suất được lấy từ khối nguồn.



Hình 2.5. Sơ đồ khối của khối nguồn và khuếch đại công suất.

2.4.1. Đề xuất thiết kế khối khuếch đại công suất

Khuếch đại công suất cần thực hiện được chức năng chuyển đổi từ điện áp một chiều về điện áp xoay chiều có các biên dạng sóng tương ứng với chế độ hoạt động của rửa siêu âm.



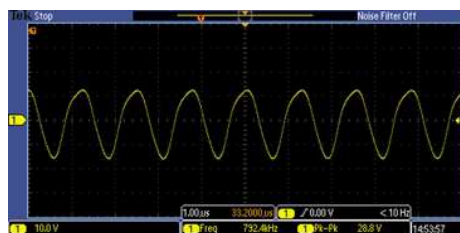
Hình 2.6. Sơ đồ mô tả sự biến đổi điện áp DC/AC

Các chức năng cơ bản cần thiết của một nguồn năng lượng công suất cho các ứng dụng này chính là tạo ra dòng điện AC ở tần số xác định từ nguồn đầu vào DC, như thể hiện trong hình 2.6. Có nhiều phương pháp khác nhau để tạo ra nguồn năng lượng này.

Trước kia, các nguồn phát công suất thường sử dụng mạch khuếch đại tuyến tính Class-A, Class-B, Class-AB hoặc Class-C.

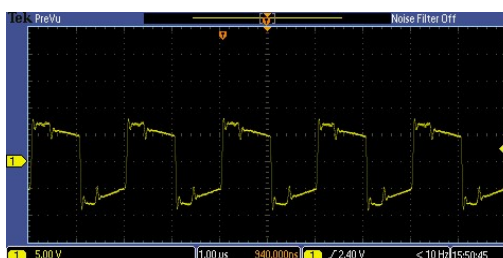
Vấn đề với cấu trúc mạch dạng này là các linh kiện công suất được sử dụng như một nguồn điện tuyến tính nên gây nhiều tổn hao phát sinh nhiệt. Điều này khiến mạch công suất nguồn tuyến tính trở nên kém hiệu quả, ví dụ như một bộ khuếch đại Class-B cấp một dòng điện hình sin tới một tải điện trở thuần sẽ có hiệu suất lý thuyết là 78,5%. (Trong thực tế hiệu suất chỉ 55-65%). Điều này đã làm cho

các mạch chuyển đổi tuyến tính sử dụng transistor trở nên kém hiệu quả hơn hẳn so với các MOSFET trong các ứng dụng công suất cao sử dụng tần số cố định.[1]



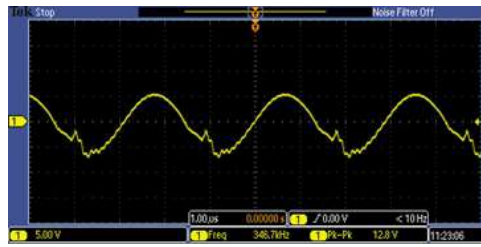
Hình 2.7. Biên dạng sóng ra của nguồn Class AB

Nhằm giảm tổn hao do dẫn dòng trong chế độ tuyến tính, với sự ra đời của các MOSFET tốc độ cao, thế hệ nguồn chuyển mạch (Switching Power) gọn nhẹ và hiệu suất cao hơn hẳn đã được phát triển. Tuy nhiên khi tăng tần số đóng cắt của các MOSFET sẽ dẫn đến việc tăng tổn hao và các khó khăn về tản nhiệt. Ngoài ra, mạch biến đổi PWM cho phép điều khiển mức năng lượng ở lõi ra nhưng gây lên hạn chế về mặt biên dạng sóng. Khi thay đổi mức công suất ra bằng cách thay đổi độ rộng xung từ $0 < P < 50\%$ thì biên dạng sóng ra đã bị biến dạng nhiều. Mạch biến đổi cộng hưởng ra đời, tạo ra bước đột phá với điều kiện chuyển mạch mềm (soft switching) nhờ phát xung điều khiển đóng mở tại các thời điểm mà khi đó dòng điện chảy qua, hoặc điện áp rơi trên sò là rất nhỏ (lý tưởng là bằng không - điều kiện ZCS và ZVS), giảm thiểu tổn hao và áp lực lên các MOSFET, tận dụng các thành phần điện dung kí sinh vào mạch cộng hưởng, biến chúng từ có hại sang có lợi. [1]



Hình 2.8. Biên dạng sóng ra của nguồn chuyển mạch

Mạch cấu trúc Class-E là một ví dụ chuyển mạch nguyên lý cộng hưởng có thể hoạt động ở tần số cao với hiệu quả tốt. Nó chuyển mạch ở điều kiện có điện áp bằng không, ($Zero\ dv/dt$ – dòng không tải) và chỉ một cấu trúc mạch duy nhất, đơn giản hơn nhiều mà vẫn đạt được công suất tương đương Class-D ở chế độ PWM. Tuy nhiên, cấu hình Class-E có một bất lợi so với một mạch Class-D ở hệ số tổn hao chuyển đổi của nó là 0.098 và của Class-D là 0.159. Về mặt lý thuyết cho phép một mạch Class-D cho phép tạo ra năng lượng hơn 62% so với một Class-E với cùng dòng điện và điện áp trên chuyển mạch của chúng.[1]



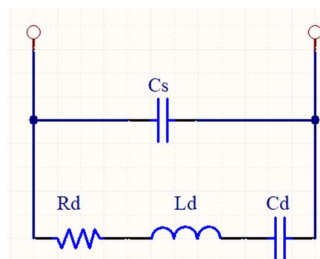
Hình 2.9. Biên dạng sóng ra của nguồn Class E

Cấu trúc Class-DE cung cấp một số tính năng tốt hơn hẳn của Class-D và Class-E. Nó dựa trên cơ sở một cấu trúc mạch Class-D nhưng hoạt động chuyển mạch biến tần kiểu cộng hưởng như hoạt động của cấu trúc Class-E. Hoạt động này khiến nó đóng mở các các van bán dẫn ở gần với chế độ điện áp và dòng điện trên tải bằng không nên không gây đột biến dv/dt hay di/dt dẫn tới tác động xấu lên các van bán dẫn. Ngoài ra, mạch biến đổi cộng hưởng trong cấu trúc Class-DE có sự tham gia của điện dung ký sinh nên đã loại bỏ các thiệt hại gây ra bởi chúng nên hoạt động rất hiệu quả ở dải tần số HF, LF.

Đặc thù của cấu trúc mạch biến đổi DC/AC Class-DE hoàn toàn phù hợp với yêu cầu nhiệm vụ tạo nguồn siêu âm của đề tài với các đặc trưng:

- Công suất cao tần tạo ra cao với một cấu trúc gọn nhẹ.
- Dạng sóng ra ổn định và tần số cố định do cộng hưởng.

Tải đầu ra của khối điều khiển công suất là đầu phát siêu âm. Đầu phát siêu âm hoạt động theo nguyên lý áp điện tạo ra các sóng âm có tần số lớn hơn 20kHz. Trong nghiên cứu của CA Ai, ZL Han và cộng sự, đầu phát siêu âm có thể được mô tả dưới dạng mạch điện tương đương Butterworth-Van Dyke (BVD) (hình 2.10) [16]. Mô hình BVD đã biểu diễn các tính chất điện và cơ học của đầu phát. Tính chất điện thể hiện ở điện dung tĩnh (C_s) luôn tồn tại trong đầu phát và được coi là một hằng số. Tính chất cơ học thể hiện ở các cuộn cảm (L_d), điện dung cơ học (C_d) và điện trở (R_d) phát sinh khi đầu phát siêu âm hoạt động.



Hình 2.10. Mạch tương đương (BVD) của đầu phát siêu âm [16]

Từ mô hình tương đương, mạch điều khiển công suất cần phải phối hợp cộng hưởng được với tần số hoạt động của đầu phát để đạt được hiệu quả cao nhất có thể.

Một số công trình nghiên cứu về các mạch điều khiển công suất cho các đầu phát siêu âm đã được công bố như nghiên cứu của Polk [16] năm 1978 đã đưa ra mô hình phối hợp cộng hưởng điện cho bốn loại cho đầu dò thạch anh bằng cách sử dụng biến áp tự ngẫu, cuộn cảm và tụ điện tuy nhiên hiệu quả chưa đáp ứng được như mong muốn. Năm 2011, El-Dahshan và cộng sự [16] đã phân tích và đề xuất một mô hình phối hợp trở kháng giữa mạch điều khiển và đầu phát siêu âm dưới dạng toán học và biểu đồ Smith nhưng độ chính xác không cao. Các công trình công bố sau này như nghiên cứu của Fang Peisen và cộng sự năm 2017 [16], Yu Fu và cộng sự năm 2019 [15], Xin Cheng năm 2021 [4]... cũng đã đề xuất mô hình Class E, Class D kết hợp các mạch Boost để tăng hiệu quả của đầu phát siêu âm.

Tuy nhiên từ những phân tích về các mô hình mạch có thể sử dụng cho các đầu phát công suất siêu âm, **nghiên cứu đề xuất thiết kế khối khuếch đại công suất theo cấu trúc Class-DE.**



Hình 2.11. Mạch khuếch đại class DE sử dụng trong nghiên cứu

2.4.2. Phân tích, lựa chọn linh kiện, vật liệu thiết kế khối phát công suất siêu âm

Từ các kết quả thu được qua quá trình nghiên cứu, phân tích thiết kế, đề tài hướng tới mục tiêu chế tạo phần phát công suất siêu âm với công suất đầu ra là $P = 240W$, hệ số an toàn chung là 1,25. Khi đó, công suất cho ra đạt mức: $P_{max} = P \times 1,25 = 240 \times 1,25 = 300W$.

Dòng điện cao tần lõi ra là dòng điện cao áp hình Sine được cách ly với nguồn cung cấp phía trước để đảm bảo an toàn cho biến áp cao tần. Toàn bộ mức năng lượng được chuyển hóa qua lõi của biến áp, do vậy biến áp cao tần cần phải có mức công suất làm việc $P \geq 300W$ và được chế tạo bằng vật liệu phù hợp với yêu cầu đề ra. Để đảm bảo chống từ thông bị bão hòa, giảm thiểu và triệt tiêu dòng xoáy Foucault trong lõi biến áp khi hoạt động ở mức cao nhất nên sử dụng lõi biến áp vật liệu từ mềm.

Tổng điện dung bộ phát siêu âm với hai đầu phát siêu âm được mắc song song với nhau:

$$\Sigma C_s = 4 \times C_s = 4900pF \times 4 = 19600pF \approx 20 nF \quad (2.1)$$

Dung kháng tổng:

$$\Sigma X_{C_s} = \frac{1}{2\pi f C_s} = 199 (\Omega) \quad (2.2)$$

Từ công thức:

$$f = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad (2.3)$$

Điện cảm tổng mạch công suất ra: $L = 0,80773m H \approx 0,8 mH$

Cảm kháng cuộn dây mạch ra:

$$X_L = 2\pi f L = 200,96 (\Omega) \quad (2.4)$$

Với yêu cầu công suất ra $P_{max} = 300W = P_o$ và tổng trở kháng $Z = X_C + X_L = 400 (\Omega)$ cần có tổng dòng cao tần đi qua các phần tử siêu âm là:

$$I_0 = 0,77459(A)$$

Với điện áp $U_0 = I_0 \times Z = 309,84(V)$.

Để đảm bảo thiết bị hoạt động ổn định và an toàn không vượt quá P_{max} , lấy U_0 cấp cho hệ phát siêu âm ở mức: 310 (V).

Xuất phát từ công suất đỉnh $P_o = 300W$ và các tham số giá trị tải lõi ra được xác định như trên, cần xác định được dòng đỉnh khi máy hoạt động bởi đây chính

là căn cứ lựa chọn phần tử công suất chuyển mạch cũng như biên áp công suất cao tần.

Tính toán, thiết kế biến áp xung cao tần

Thiết kế một mạch từ cho biến áp xung cao tần thường liên quan đến sự cân bằng giữa kích thước, chi phí và tổn thất điện năng.

Các thông số kỹ thuật của mạch công suất khi hoạt động:

Điện áp đầu vào ở chế độ cao nhất $V_{in} = 300V$

Điện áp đầu ra ở chế độ cao nhất $V_o = 310V$

Công suất ra Max $P_o = 300W$

Tần số trung tâm $F_s = 40kHz$

Để hệ thống làm việc ở chế độ cộng hưởng thì $D_{on}=D_{off}$ nên chu kỳ làm việc phải là:

$$D = 0.5 \quad (2.5)$$

Tức: Duty cycle = 50%.

Tỷ số vòng dây biến áp:

$$n = N_p/N_s = V_{in}/V_o = 300/310 \approx 1 \quad (2.6)$$

Thiết kế cuộn dây biến áp ra:

Với hiệu suất 90% công suất, dòng đầu vào lớn nhất qua cuộn biến áp có thể đạt được là:

$$I_{i,max} = \frac{P_o}{\eta V_{in,min}} = \frac{300}{0,9.300} = 1.148148148(A) \quad (2.7)$$

$$\approx 1,15(A)$$

Độ gợn sóng đầu vào cho phép 20%(x = 0.1 Pk-Pk) với dòng điện tối đa:

$$(\Delta I)_{max} = 0.1 \times 1,15 = 0.115 (A) \quad (2.8)$$

Vậy điện cảm tối thiểu cần có là:

$$L_{min} = \frac{V_{ct}}{16 \cdot F_s \cdot (\Delta I)_{max}} \approx 0,00406 (H) = 4,06 \text{ mH} \quad (2.9)$$

→ có thể chọn giá trị $L_{min} = 4 \text{ mH}$.

Dòng điện đỉnh qua cuộn sơ cấp là:

$$I_{i,pk} = I_{i,max} + (\Delta I)_{max} = 1,15 + 0.115 \approx 1,265 (A) \quad (2.10)$$

Năng lượng lớn nhất phát sinh trên cuộn cảm chính là:

$$E = \frac{1}{2} L I_{i,pk}^2 = 0,5 \cdot 4 \cdot 1,6002 = 3,2 (mJ) \quad (2.11)$$

Do đó diện tích vùng cửa sổ quấn dây là:

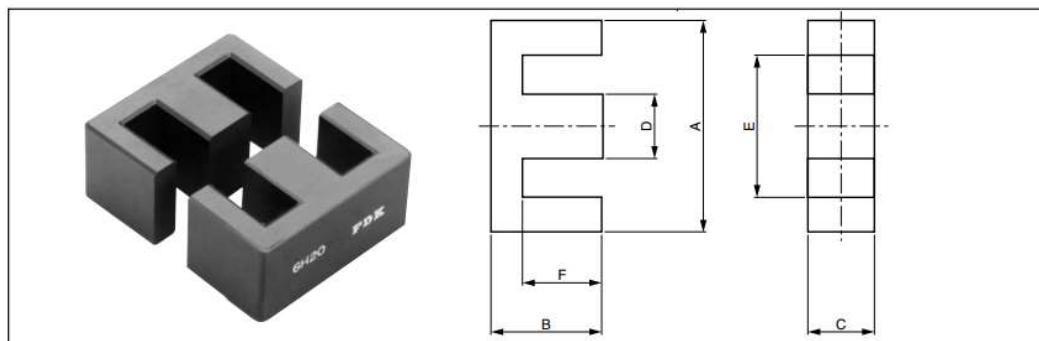
$$A_p = A_w \cdot A_c = \frac{2E}{K_w \cdot K_c \cdot J \cdot B_m} \quad (2.12)$$

Thay các tham số đầu vào, ta được:

$$A_p = \frac{6,4 \cdot 10^{-6}}{0,4 \cdot 1,3 \cdot 10^6 \cdot 0,5} = 10,666 \text{ mm}^2$$

Tham khảo tài liệu các nhà sản xuất lõi ferit, đề tài lựa chọn lõi ferit EE28/18. Lõi từ này có các tham số và kích thước phù hợp cho việc chế tạo biến áp xuất và cuộn cảm ra cho cụm công suất siêu âm.

Bảng 2.2. Thông số kỹ thuật cho lõi quấn biến áp dạng EE [15]



Product code	Dimensions (mm)					
	A	B	C	D	E	F
EE28/18	27.3±0.5	8.9±0.2	9.7±0.2	8.5±0.3	18.5—0	4.9±0.15
EE28/20	28.0±0.4	10.0 ^{+0.25} ₋₀	11.0 ⁺⁰ _{-0.6}	7.5 ⁺⁰ _{-0.5}	18.6—0	6.0 ^{+0.25} ₋₀
EE28/20B	28.0±0.5	10.7 ^{+0.15} _{-0.1}	12.0±0.3	7.2±0.3	18.6—0	6.2 ^{+0.15} _{-0.1}
EE28/25A	28.0±0.3	12.5 ^{+0.35} _{-0.15}	8.0±0.3	8.0 ^{+0.1} _{-0.3}	19.6—0	8.5 ^{+0.25} _{-0.05}

Product code	Magnetic parameter							
	C ₁ (mm ⁻¹)	Le (mm)	Ae (mm ²)	Ve (mm ³)	Ac (mm ²)	Amin. (mm ²)	Aw (mm ²)	W (×10 ⁻³ kg)
EE28/18	0.535	42.9	80.2	3440	82.5	77.6B	51.0	17.2
EE28/20	0.559	48.2	86.2	4160	77.6	77.6C	72.0	23.0
EE28/20B	0.508	49.9	98.2	4910	86.4	86.4C	73.2	25.6
EE28/25A	0.931	59.0	63.4	3740	63.2	63.2C	104	19.1

Lựa chọn biến áp xung dạng lõi từ hở nên lõi được dùng sẽ là loại EE28/18 với diện tích lõi từ là 80,2 mm², lấy tròn 80 mm² ta có số vòng dây cuộn sơ cấp là:

$$N_p = \frac{V_{ct} \cdot (1 - D)}{2A_c \cdot B_m \cdot f_s} = \frac{300 \cdot (1 - 0,5)}{2 \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,240 \cdot 10^3} = 117 \text{ vòng} \quad (2.13)$$

Với mật độ dòng: J = 3A/mm² nên dây quấn có kích thước:

$$S_d = I_{i,max} / J = 1,15 / 3 \approx 0,4 \text{ mm}^2 \quad (2.14)$$

→ Dây quấn có đường kính: $D_q = 2 \sqrt{\frac{0,4}{3,14}} \approx 0,7 \text{ mm}$

Tương tự, số vòng dây cuộn thứ cấp cần quấn là:

$$N_s = \frac{V_{ct} \cdot (1 - D)}{2A_c \cdot B_m \cdot f_s} = \frac{310 \cdot (1 - 0,5)}{2.80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,240 \cdot 10^3} = 121 \text{ vòng} \quad (2.15)$$

Qua việc phân tích, tính toán sơ bộ trong việc lựa chọn biến áp xung cao tần phát công suất cho mạch cộng hưởng, đề tài lựa chọn loại biến áp xung với các thông số kỹ thuật như Bảng 2.3:

Bảng 2.3. Thông số kỹ thuật yêu cầu của biến áp xung cao tần

Thông số kỹ thuật	Yêu cầu
Điện áp đầu vào tối đa	300V
Điện áp đầu ra tối đa	310V
Tỉ số vòng dây N_p/N_s	3/4
Dòng đầu vào lớn nhất	1,15A
Loại lõi biến áp	Lõi ferit EE28/18
Số vòng dây cuộn sơ cấp N_p	117 vòng
Số vòng cuộn dây thứ cấp N_s	121 vòng
Đường kính dây quấn D_q	0,7 mm

Lựa chọn phần tử công suất

Từ các giá trị có được của mạch từ biến áp công suất và đặc tính mạch nguyên lý, với hệ số an toàn SF = 1,5 nên transistor công suất được lựa chọn phải đáp ứng các chỉ tiêu sau:

Điện áp cực đại mà transistor phải chịu:

$$V_{CEmax} = 1,5 \cdot V_{in} = 450V \quad (2.16)$$

Giá trị dòng điện CE khi công suất cực đại là:

$$I_{Cmax} \geq 2 \cdot I_{i,pk} = 2,3 \text{ A} \quad (2.17)$$

Tản nhiệt không khí thường cho phép sử dụng 40% công suất của các van, do đó dòng tổng các transistor cần chịu được > 3A

Thiết bị hoạt động với tần số 40kHz với D = 50%, do đó tốc độ đóng cắt của Transistor phải đáp ứng không lớn hơn:

$$T = 1/f \rightarrow T = 12,5 \mu s, \text{ với SF} = 2 \text{ thì cần Transistor có } T_{on/off} \leq 6,25 \mu s$$

Từ những thông số tính toán trên, lựa chọn Transistor họ MOSFET IRF840 loại TO-220 có thể hoạt động dưới điện áp cao với tốc độ cao, nó được sử dụng cho các ứng dụng chế độ chuyển mạch 115V và 220V như bộ điều chỉnh chuyển

mạch, bộ biến tần, điều khiển động cơ, bộ điều khiển điện từ/role. Dưới đây là các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất đối với loại Transistor này.



Hình 2.12. Transistor IRF840 [16]

Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật của transistor IRF840 [16]

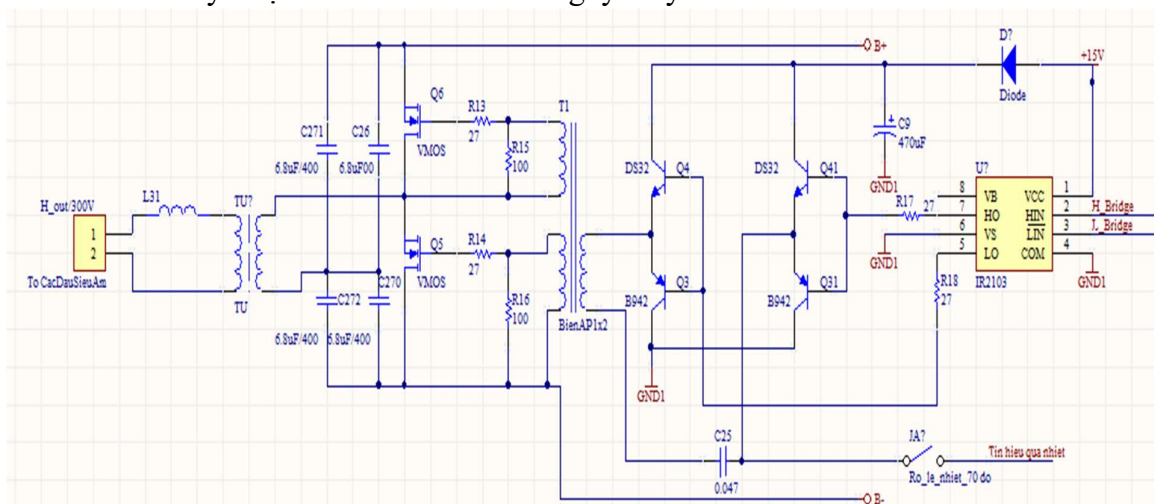
Absolute Maximum Ratings(T _C =25 °C,unless otherwise noted)			
Parameter	Symbol	MIC-IRF840N	UNIT
Drain-Source Voltage	V _{DS}	500	V
Gate-Source Voltage	V _{GS}	± 30	
Continuous Drain Current	I _D	8	A
Pulsed Drain Current(Note1)	I _{DM}	32	
Single Pulse Avalanche Energy (Note 2)	E _{AS}	440	mJ
Reverse Diode dV/dt (Note 3)	dv/dt	5	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range	T _J ,T _{STG}	-55 to +150	°C
Maximum lead temperature for soldering purposes, 1/8" from case for 5 seconds	T _L	260	°C

Thermal Characteristics				
Parameter		Symbol	TO-220TF	Units
Thermal resistance , Channel to Case		$R_{\theta(ja)}$	3.57	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal resistance , Channel to Ambient		$R_{\theta(ja)}$	62.5	$^{\circ}\text{C/W}$
Maximum Power Dissipation	$T_c=25^{\circ}\text{C}$	P_D	35	W

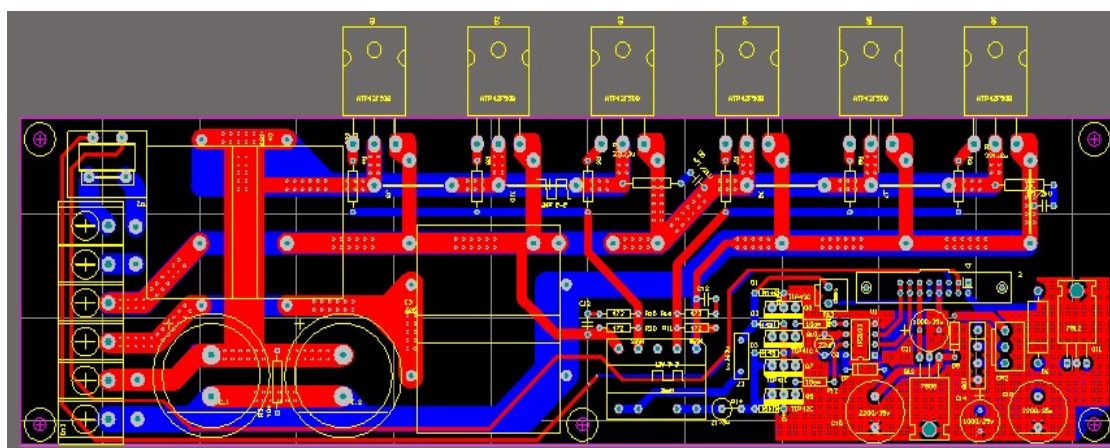
Với các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất được trình bày như bảng 2.4 cho thấy các tham số tính toán là phù hợp với thông số của nhà sản xuất. Do đó đề tài lựa chọn Transistor IRF840 cho thiết kế mạch công suất của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm.

2.4.3. Thiết kế mạch công suất cho máy rửa bằng sóng siêu âm

Từ phân tích, nghiên cứu những ưu điểm của các mạch công suất sẵn có kết hợp với việc tính toán lựa chọn linh kiện điện tử, mạch khuếch đại công suất cao tần của máy được thiết kế theo sơ đồ nguyên lý như hình 2.13.



Hình 2.13. Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại công suất



Hình 2.14. Thiết kế mạch in PCB cho khối phát công suất siêu âm

2.5. Thiết kế Khối đo lường và khối gia nhiệt

Đo lường ở đây là đo nhiệt độ dung dịch rửa.

Xét về đo nhiệt độ, trên thị trường hiện nay có nhiều loại cảm biến với những ưu khuyết điểm khác nhau. Bảng 2.5 chỉ ra các ưu nhược điểm của các loại cảm biến đó.

Bảng 2.5. Các loại cảm biến đo nhiệt độ

Loại cảm biến nhiệt	Ưu điểm	Nhược điểm
Cặp nhiệt điện trở (<i>Thermocouple</i>)	Bền, đo ra nhiệt độ cao từ -100°C ÷ 1400°C . Dây của cặp nhiệt điện không dài để nối đến bộ điều khiển nên phải bù trừ offset trên bộ đọc/ điều khiển.	Sai số bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, độ nhạy không cao, cần bù trừ điểm lạnh.
Nhiệt điện trở (<i>RTD-resistance temperature detector</i>)	Độ chính xác cao hơn. Nhiệt điện trở dễ sử dụng hơn, chiều dài dây không hạn chế.	Dải đo bé hơn cặp nhiệt điện, giá thành cao hơn Dải nhiệt độ đo từ -200°C ÷ 700°C .
PTC Thermistor và NTC Thermistor	Bền, rẻ tiền, dễ chế tạo.	Dải tuyến tính hẹp từ -20°C ÷ 120°C .
Bán dẫn (IC, diode...)	Rẻ tiền, dễ chế tạo, độ nhạy cao, hoạt động ổn định, chống nhiễu tốt, mạch xử lý đơn giản. Dải đo từ -50°C ÷ 150°C .	Kém bền nếu hoạt động trong môi trường có nhiệt độ ngoài ngưỡng bảo vệ.
Đo không tiếp xúc (hỏa kế - Pyrometer) dùng hồng ngoại hay laser	Dùng trong môi trường khắc nghiệt, không cần tiếp xúc với môi trường đo. Dải đo từ -97°C ÷ 1800°C .	Độ chính xác không cao, đắt tiền.

Từ những ưu nhược điểm của các loại cảm biến nêu trên và yêu cầu của bài toán ban đầu đặt ra là nước rửa siêu âm là $30^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), đề tài đã lựa chọn cảm biến loại nhiệt điện trở, NTC để phục vụ cho việc giám sát, điều khiển thông số này. Cụ thể lựa chọn cảm biến NTC 10K, beta 3950.

Để gia nhiệt cho dung dịch rửa, lựa chọn thành phần gia nhiệt dạng tấm, gắn vào đáy của khoang rửa để truyền nhiệt qua vỏ khoang vào dung dịch. Ở đây lựa chọn tấm gia nhiệt với nguồn nuôi 220VAC/50Hz; công suất gia nhiệt cỡ 40W Điều khiển thành phần gia nhiệt, sử dụng điều khiển dạng đóng cắt rơ le thông qua ULN2003.

2.6. Thiết kế khối giao diện người máy

Đây là khối cho phép người sử dụng cài đặt các chế độ rửa, các thông số thời gian, nhiệt độ rửa,..., hiển thị các giá trị đo, trạng thái hoạt động của thiết bị hiện tại. Do đó, cần có các nút chức năng để cài đặt và màn hình hiển thị để thao tác. Đề tài lựa chọn sử dụng màn hình LCD1602 để hiển thị thông số hoạt động của máy với ưu điểm dễ sử dụng với các thành phần khác của mạch và chi phí thấp. Để điều khiển thay đổi các chức năng của máy, đề tài lựa chọn khối nút nhấn 4 chân 2 cực 6x6x9mm và nút encoder để tăng giảm giá trị của các thông số nhiệt độ, thời gian.

Ngoài ra, trên mặt giao diện còn có các đèn Led đơn chỉ thị trạng thái, còi để đưa ra các thông báo khi cần thiết.

2.7. Thiết kế khối điều khiển trung tâm

Từ phân tích, nghiên cứu các thành phần chính của một máy rửa siêu âm, thiết bị rửa của đề tài cần có các chức năng chính sau:

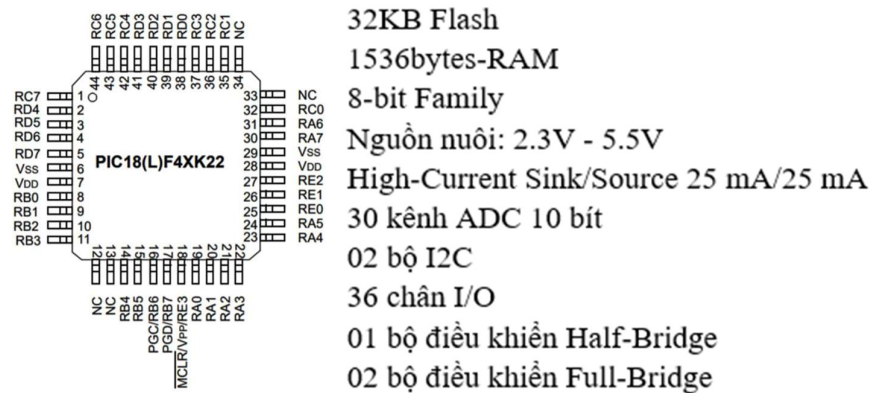
- Giao diện người dùng sử dụng cho phép cài đặt các thuộc tính sau:
 - Thiết lập thời gian rửa
 - Thiết lập nhiệt độ rửa, từ đó gia nhiệt cho nước
- Rửa bằng siêu âm với các chế độ:
 - Degas (khử khí)
 - Sweep (quét)
- Điều khiển quạt gió làm mát khối công suất điều khiển

Từ phân tích trên đây, linh kiện và giải pháp thiết kế CPU và điều khiển được liệt kê trong bảng 2.6:

Bảng 2.6. Lựa chọn linh kiện và giải pháp thiết kế cho khối điều khiển trung tâm

TT	Nhiệm vụ	Chuẩn giao tiếp
1.	Màn hình hiển thị và bàn phím (4 phím + phím encoder cài đặt)	- LCD giao tiếp - Phím đọc thẳng từ cổng đầu vào
2.	Đo nhiệt độ (01 cảm biến)	- NTC 10K, đọc từ đầu vào ADC
3.	Điều khiển khối công suất siêu âm	- Chân phát xung chế độ nửa cầu của chip
4.	Quạt làm mát cho mạch công suất	- Chân ra điều khiển
5.	Tấm gia nhiệt	- Chân ra điều khiển

Từ bảng trên, đề tài lựa chọn PIC18F45K22 làm trái tim của khối điều khiển trung tâm.



Hình 2.15. Vi điều khiển PIC18F45K22

2.8. Thiết kế Khối nguồn nuôi

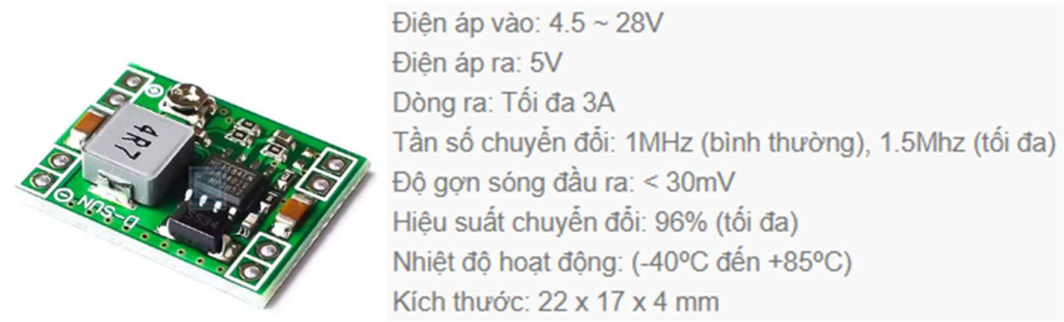
Khối cung cấp nguồn nuôi cho toàn bộ thiết bị. Tùy vào vật tư linh kiện lựa chọn, khối nguồn nuôi sẽ có đầy đủ các mức điện áp cung cấp. Bảng 2.7 thống kê lại nguồn cần cho các khối chức năng. Khối nguồn nuôi sẽ được tách riêng ra cho từng mạch.

Bảng 2.7. Yêu cầu Nguồn nuôi cho các mạch chức năng

Mạch/ khối chức năng	Điện áp đầu vào	Dòng/ áp yêu cầu	Ghi chú
Khối điều khiển trung tâm	12VDC	5VDC cho vi điều khiển, cách ly quang 12VDC cho rơ le Tiêu thụ dòng ước tính: 200 mA	
Khối phát công suất siêu âm	dùng biến áp nhiều đầu đầu vào 220V/ 50Hz đầu ra 19VAC, 9VAC.	5VDC cho các IC số chuyên dụng 15VDC cho điều khiển linh kiện công suất	Đã thiết kế trên phần nguồn riêng của khối
Khối giao diện người máy	12VDC	5VDC Cho LCD, còi, đèn Dòng cỡ 200 mA	
Khối đo lường	12VDC	5VDC; dòng cỡ 15 mA	
Khối gia nhiệt	220VDC	220VDC; dòng 190 mA	

Đối với các mạch điều khiển, đo lường, giao diện người máy, đầu vào của nguồn nuôi là từ khối biến áp 220VAC có đầu ra là 12VDC/10A và qua module

hạ áp 5VDC/3A để tạo ra nguồn 5VDC (hình 2.16);. Với nguồn nuôi đầu vào cho khối công suất siêu âm sử dụng biến áp xung có đầu vào 220VAC kết hợp với mạch chỉnh lưu cầu để cho ra điện áp một chiều tương ứng. Việc tách nguồn đảm bảo chống nhiễu giữa hai khối công suất và điều khiển.



Hình 2.16. Mini MP1584 DC-DC Adjustable Buck module 3A

2.9. Thiết kế mạch điều khiển

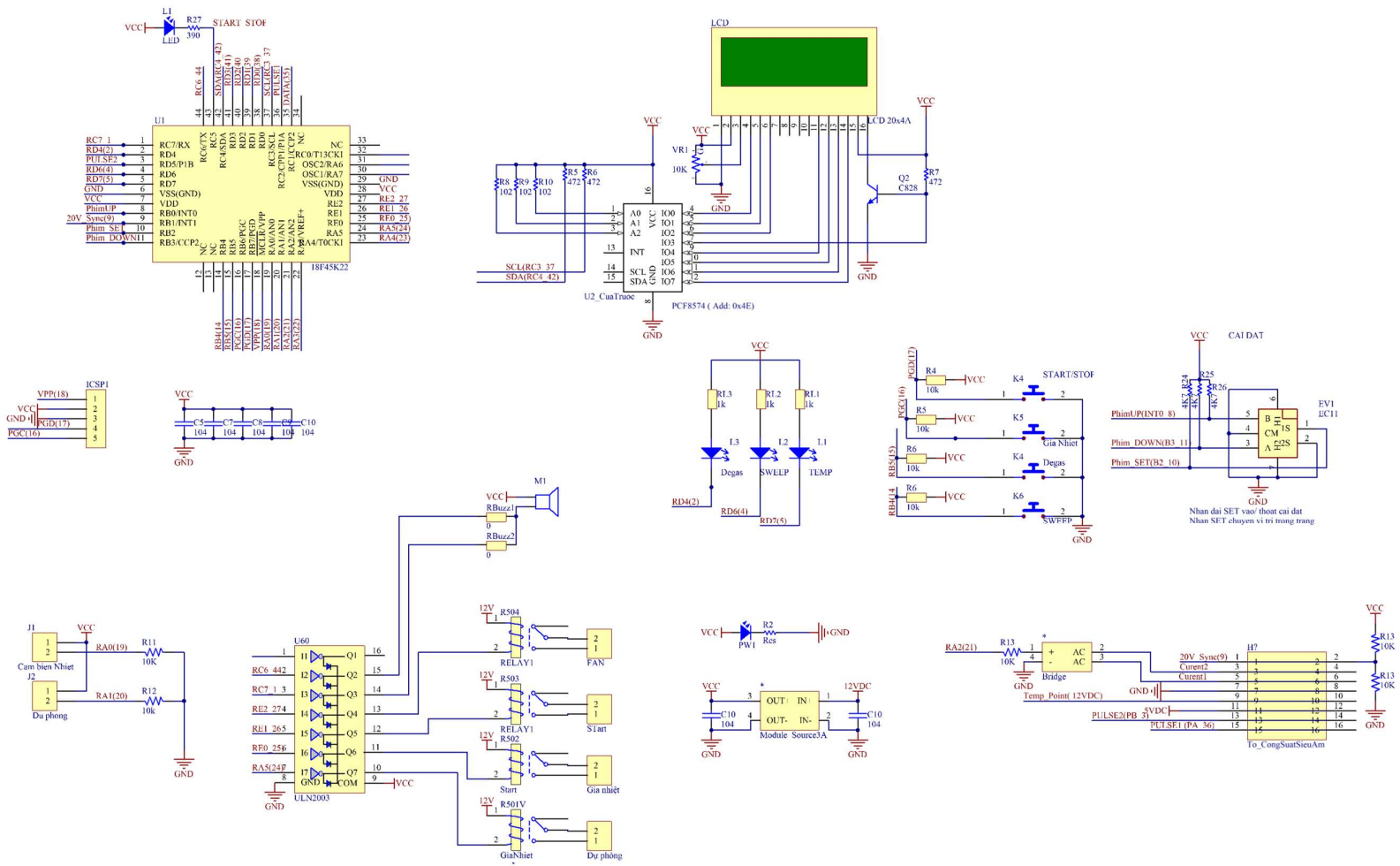
Từ những phân tích và nghiên cứu thiết kế, linh kiện điện tử và giải pháp thiết kế cho bộ điều khiển được liệt kê trong bảng 2.8:

Bảng 2.8. Bảng phân chia nhiệm vụ chức năng các linh kiện chính trong mạch điều khiển

TT	Nhiệm vụ	Lựa chọn và giải pháp
6.	Điều khiển mọi hoạt động	PIC18F45K22
7.	Màn hình hiển thị	LCD1602 kết hợp module I2C
8.	Đo nhiệt độ	Cảm biến NTC : đo nhiệt nước rửa
9.	Hệ gia nhiệt	Tấm gia nhiệt 220V-150W : đun nước trong bể làm tăng hiệu quả làm sạch khi rửa siêu âm
10.	Điều khiển khối công suất siêu âm	Chân phát xung chế độ nửa cầu của PIC
11.	Hệ làm mát khối điều khiển và công suất	Quạt tản nhiệt AC 220V
12.	Hệ thống đèn chỉ thị	Hệ thống ba đèn Led: + Đèn đỏ: Chế độ gia nhiệt + Đèn xanh lam: Chế độ Degas + Đèn xanh dương: Chế độ Sweep Còi báo mỗi khi thao tác chức năng trên máy.

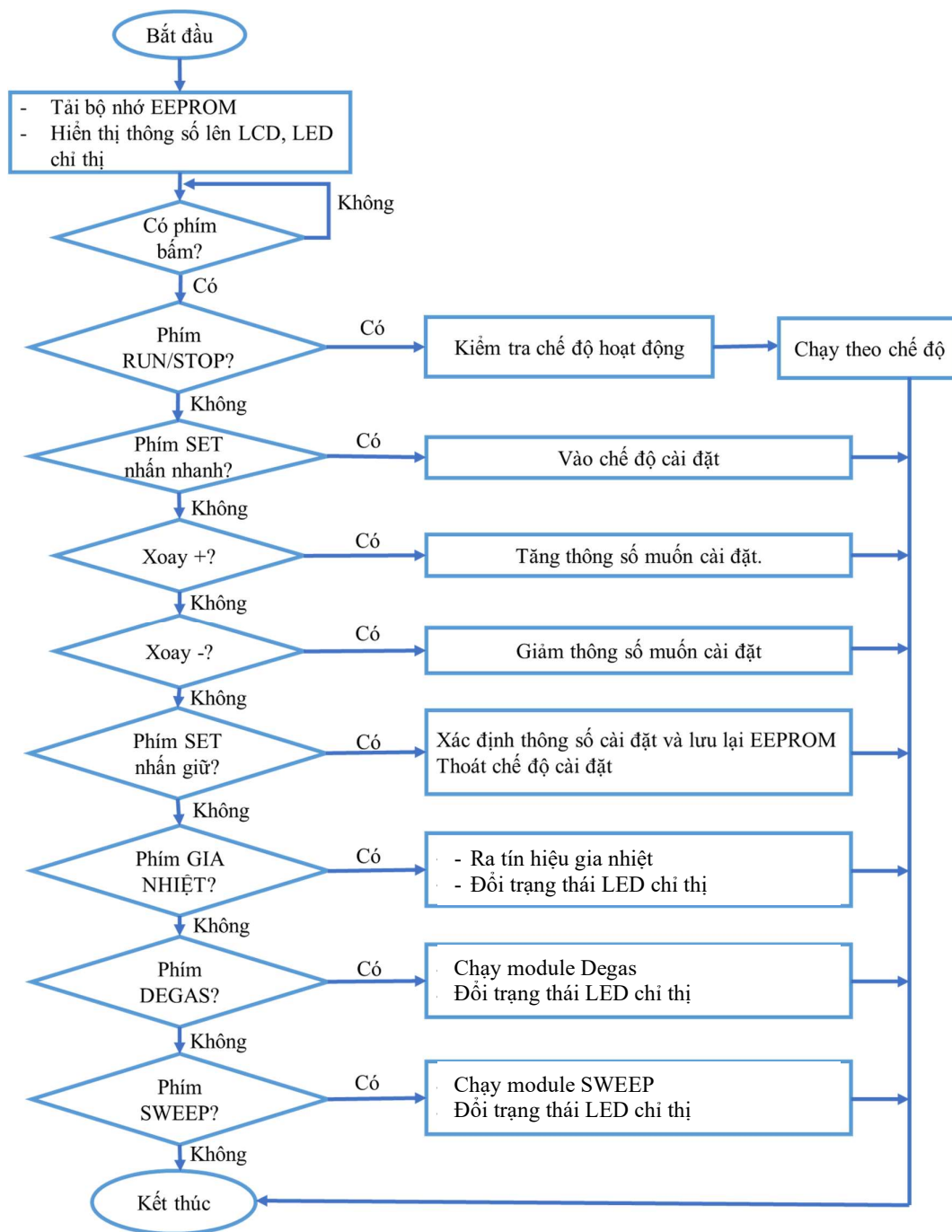
13.	Bộ phân chia tín hiệu điều khiển từ vi xử lý	ULN2003: điều khiển tải dòng điện cao bằng cách sử dụng các mạch logic kỹ thuật số như vi xử lý Relay 12V: điều khiển đóng cắt với những tải có dòng cao và bảo vệ quá dòng ảnh hưởng ngược lại đến vi xử lý
14.	Nguồn cung cấp	Điện áp cấp 12VDC: sử dụng cuộn biến áp biến đổi điện áp 220VAC sang 12VDC. Dùng diốt để chống dòng xả ngược. Dùng Module hạ áp 12VDC-5VDC để tạo nguồn 5V cho vi xử lý và các khối khác.

Thông qua việc đưa ra giải pháp thiết kế và lựa chọn linh kiện chế tạo, sơ đồ nguyên lý, sơ đồ mạch in PCB cho mạch điều khiển máy rửa và lưu đồ thuật toán chạy chương trình điều khiển cho máy rửa siêu âm.



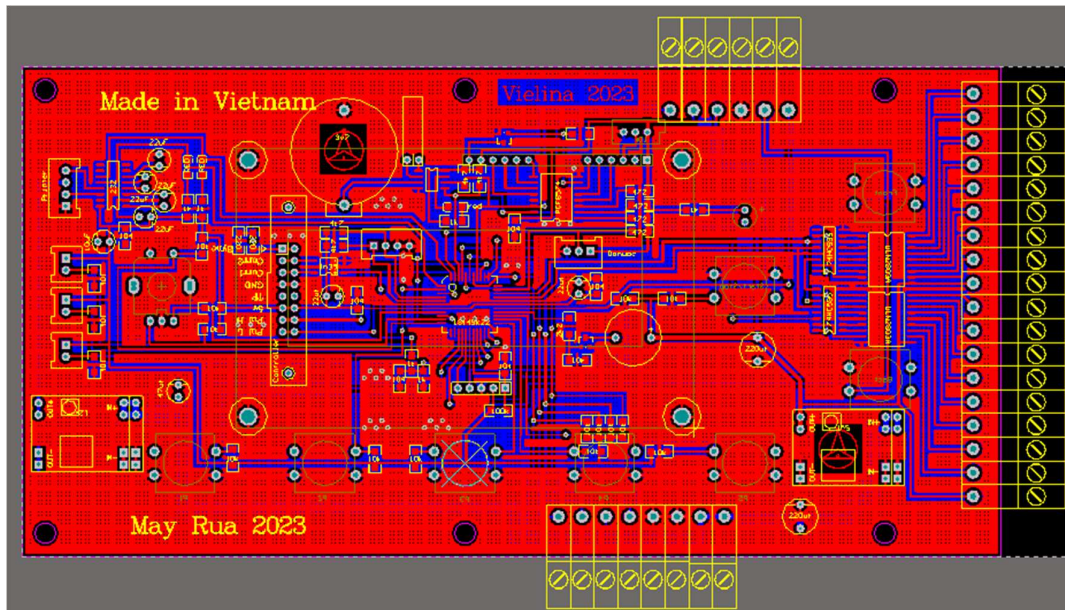
Hình 2.17. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển

Sơ đồ thuật toán chạy chương trình điều khiển được thể hiện qua hình 2.18.



Hình 2.18. Lưu đồ thuật toán chương trình điều khiển máy rửa siêu âm

Sơ đồ thiết kế mạch in PCB của mạch điều khiển trung tâm được mô tả qua hình 2.19.



Hình 2.19. Sơ đồ mạch in PCB của mạch điều khiển

2.10. Kết luận

Chương II đã trình bày kết quả phân tích thiết kế các bộ phận thành phần của một thiết bị rửa bằng sóng siêu âm. Đề xuất thiết kế mạch điều khiển phát công suất siêu âm kiểu Class DE. Quá trình tính toán, lựa chọn linh kiện điện tử cho mạch điều khiển, mạch công suất cũng như thiết kế cho các thành phần trong thiết bị rửa bằng sóng siêu âm đã được trình bày.

Phân tích thiết kế và lựa chọn vật tư là tiền đề cho việc chế tạo và thử nghiệm đánh giá hiệu quả làm sạch của sản phẩm.

CHƯƠNG III. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM

Chương II đã trình bày phân tích, tính toán, lựa chọn nguyên vật liệu thiết kế các thành phần của thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm. Trên cơ sở đó, chương III, sẽ trình bày quá trình chế tạo các bộ phận của máy rửa và tiến hành thử nghiệm chất lượng của mô hình hệ thống làm sạch bằng sóng siêu âm.

3.1. Chế tạo thiết bị rửa bằng sóng siêu âm

Sau khi hoàn thành phần khung cơ khí, tiến hành lắp đặt các đầu siêu âm vào phần đáy của bể rửa đã chuẩn bị trước đó và lắp đặt khoang rửa vào khung đỡ.



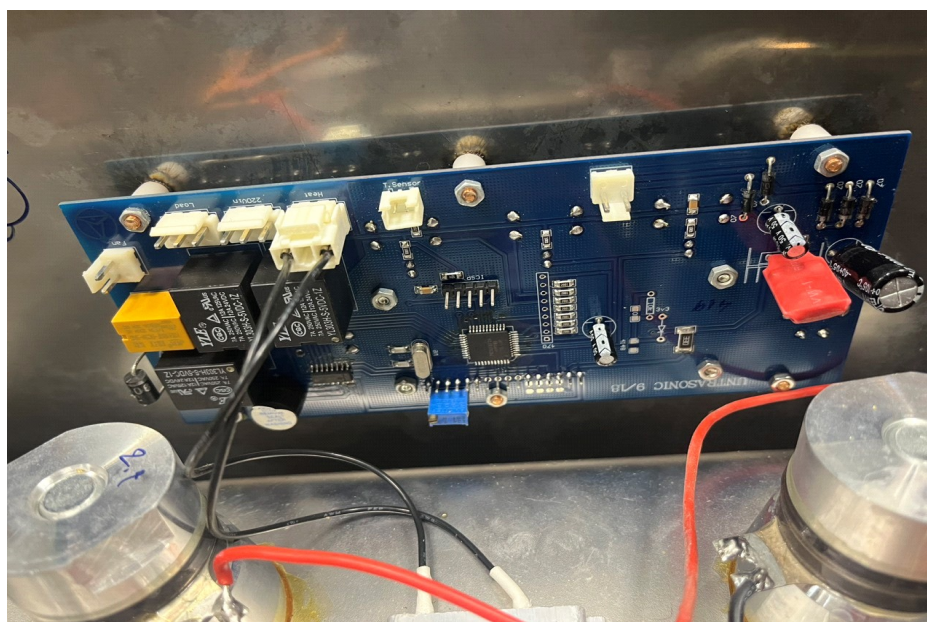
Hình 3.1. Lắp đặt đầu phát siêu âm vào khoang rửa

Mạch công suất:



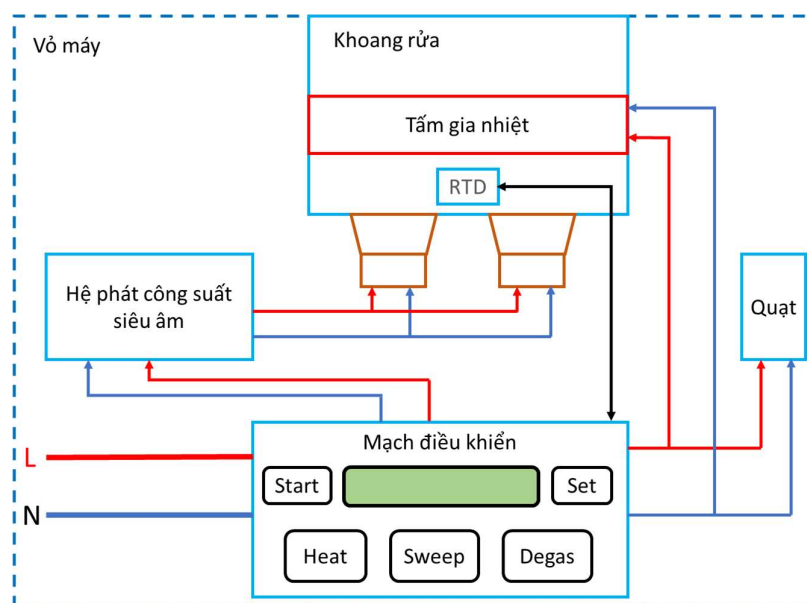
Hình 3.2. Mạch phát công suất siêu âm

Mạch điều khiển:



Hình 3.3. Mạch điều khiển thiết bị rửa siêu âm

Sau quá trình chế tạo các bộ phận riêng lẻ của thiết bị thử nghiệm, việc ghép nối hoàn chỉnh một hệ thống thử nghiệm là việc làm cần thiết. Quá trình ghép nối được thực hiện dựa trên những thiết kế, phân tích đã được trình bày ở chương II và được mô tả lại qua hình 3.4.



Hình 3.4. Sơ đồ đấu nối thiết bị rửa siêu âm

Sau quá trình đấu nối, sản phẩm đã hoàn thành và được mô tả như hình 3.5.



Hình 3.5. Mô hình thiết bị thử nghiệm làm sạch bằng sóng siêu âm

3.2. Thử nghiệm

3.2.1. Mục đích thử nghiệm

Khảo sát đánh giá thông số tín hiệu đầu ra của khối công suất điều khiển đầu phát siêu âm: tần số, dạng sóng điện áp, dòng điện qua máy hiện sóng Oscilloscope.

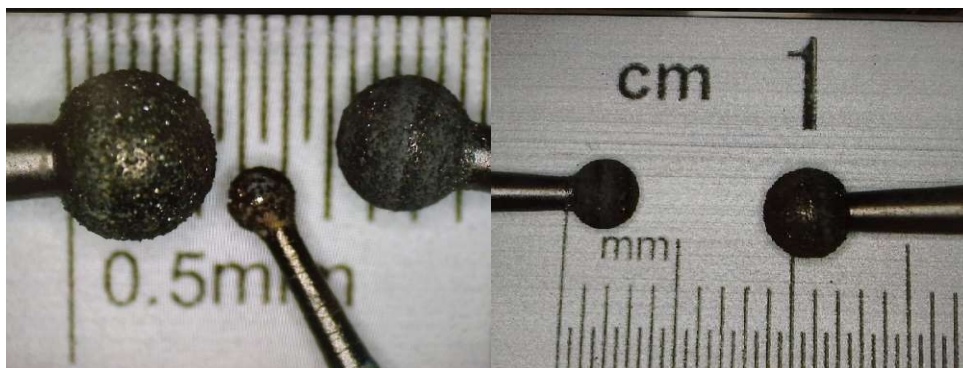
Khảo sát đánh giá ban đầu về chất lượng, hiệu quả làm sạch của sản phẩm thử nghiệm với các đối tượng đánh giá cụ thể.

Đối tượng thử nghiệm: các mẫu dụng cụ được sử dụng trong lĩnh vực điện tử và lĩnh vực y tế với cấu tạo, cấu trúc phức tạp và kích thước nhỏ.

Các mẫu dụng cụ thiết bị được thử nghiệm ở đây là các đầu mũi khoan, mũi mài có kích thước nhỏ dưới 1 cm chuyên dùng trong chế tạo mạch điện tử với các khe rãnh đã bị rỉ sét bám lâu gây ảnh hưởng đến công năng sử dụng của các đầu mũi được mô tả như trong hình 3.6 và hình 3.7.



Hình 3.6. Các đầu mũi khoan bị rỉ sét bám lâu trong các khe rãnh



Hình 3.7. Các đầu mũi mài với kích thước dưới 5mm bị rỉ sét

Mẫu thử nghiệm thứ hai là các dụng cụ y tế như kéo, kẹp y tế. Các dụng cụ này có cấu tạo phức tạp gồm nhiều khớp nối có kích thước nhỏ bị rỉ sét bám dính trên bề mặt nhưng không thể loại bỏ bằng phương pháp rửa thông thường. Những vết rỉ sét, cặn bẩn được thể hiện rõ ràng qua các hình 3.8, 3.9, 3.10. Nếu những vết cặn bẩn, rỉ sét này vẫn tồn tại bên trong các đầu lưỡi kéo, khớp kẹp thì sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng để lại những di chứng sau phẫu thuật cho bệnh nhân.



Hình 3.8. Kéo và kẹp sử dụng trong y tế



Hình 3.9. Chi tiết đầu kéo và đầu kẹp bị rỉ sét bám trên bề mặt



Hình 3.10. Chi tiết khớp nối của kéo bị bám bẩn

3.2.2. Mô hình thử nghiệm đánh giá

Sau khi đã xác định được mục đích thử nghiệm và đối tượng đánh giá, tiến hành thử nghiệm làm sạch các mẫu bằng máy rửa siêu âm.

Ban đầu, khi cho nước tẩy rửa vào khoang rửa, thiết bị sẽ chạy ở chế độ khử khí (Degas) trong thời gian ngắn để giảm bớt mật độ oxy trong nước, tăng hiệu quả làm sạch các mẫu thử.

Sau đó, với mẫu thử đầu tiên là các đầu mũi khoan, mũi mài, với kích thước khe rãnh nhỏ dưới 5mm, rỉ sét sẽ bám chặt bên trong các khe rãnh đó nên các mẫu thử sẽ được ngâm trong dung dịch tẩy rửa phù hợp để hỗ trợ làm mềm các vết rỉ sét đó kết hợp sử dụng sóng siêu âm để loại bỏ các cặn bẩn đó ra khỏi mẫu. Sau đó, tiến hành rửa lại các mẫu vật qua nước sạch một lần nữa để trung hòa lượng

chất tẩy rửa còn sót lại cũng như các vết rỉ sét nhỏ vẫn còn bám trên các dụng cụ. Hình 3.11 mô tả quá trình tiến hành thực nghiệm rửa các đầu mũi khoan, mũi mài bằng sóng siêu âm.

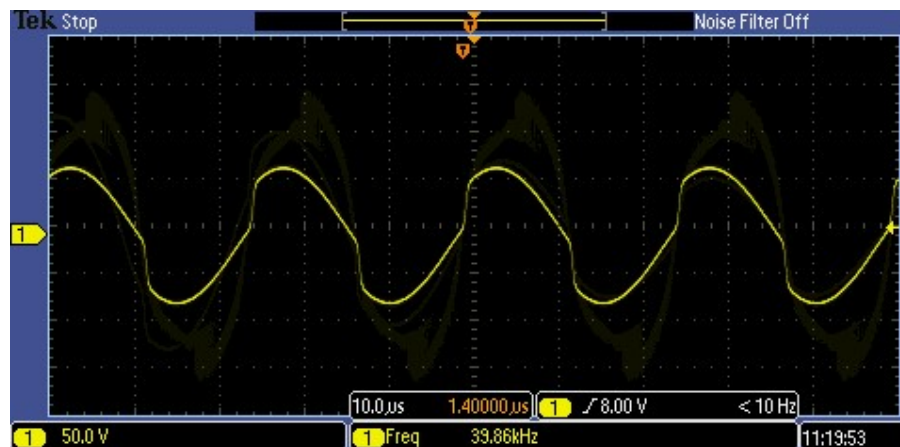


Hình 3.11. Quá trình tẩy rửa siêu âm các đầu mũi khoan, mũi mài bằng nước sạch

Với mẫu thử nhiệm thứ hai là các dụng cụ y tế như kéo, kẹp các bước làm sạch cũng tiến hành tương tự như với mẫu thử nghiệm thứ nhất.

3.2.3. Kết quả thử nghiệm

Thử nghiệm khảo sát các thông số tín hiệu đầu ra của mạch công suất siêu âm: Kết quả cho thấy tần số đầu ra xấp xỉ bằng với thông số kỹ thuật yêu cầu đã xây dựng từ chương I ($\approx 40\text{kHz}$) và dạng sóng điện áp - dòng điện đầu ra gần giống với dạng sóng như đã phân tích ở chương II. Kết quả đánh giá được mô tả qua hình 3.12.



Hình 3.12. Biên dạng sóng ra của mạch công suất siêu âm

Thử nghiệm đánh giá chủ quan ban đầu về chất lượng và tính hiệu quả làm sạch của thiết bị thử nghiệm:

Sau khi đã tiến hành tẩy rửa siêu âm các đầu mũi khoan mũi mài, ta có thể nhận thấy các vết rỉ sét đã hoàn toàn bị loại bỏ khỏi bề mặt dụng cụ như trong hình 3.13.



Hình 3.13. Kết quả đạt được sau khi rửa bằng sóng siêu âm

Kết quả thử nghiệm đối với mẫu dụng cụ thứ hai được mô tả qua hình 3.14 cho thấy hiệu quả rõ rệt của việc làm sạch bằng sóng siêu âm so với các phương pháp thông thường khác, khi các vết rỉ sét đã bị loại bỏ khỏi bề mặt dụng cụ.



Hình 3.14. Kết quả làm sạch đối với các dụng cụ y tế bằng sóng siêu âm

3.3. Kết luận

Chương III đã trình bày một phần quá trình chế tạo thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm. Quá trình chạy thử nghiệm cũng đã được tiến hành với các mẫu thử là những đầu mũi khoan mũi mài với kích thước đường kính mũi dưới 5mm và các thiết bị sử dụng trong lĩnh vực y tế là kéo và kẹp sinh thiết. Kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy hiệu quả làm sạch của hệ thống là có thể loại bỏ các vết cặn bẩn,

ri sét bám dính trong các khe rãnh nhỏ của thiết bị giúp cho thiết bị trở nên sạch sẽ và sáng bóng hơn.

Tuy nhiên, thử nghiệm mới chỉ ở mức đánh giá chủ quan ban đầu. Cần phải có nhiều bài thử nghiệm đánh giá khác để đánh giá cao tốt hơn về độ bền, độ ổn định, độ sạch của thiết bị.

KẾT LUẬN CHUNG

Kết quả đạt được

- Đề tài đã nghiên cứu, tìm hiểu tổng quan về công nghệ rửa bằng sóng siêu âm và thiết bị ứng dụng tiến tới xác định bài toán của đề tài là nghiên cứu, thiết kế mô hình thiết bị có khả năng ứng dụng rửa các dụng cụ y tế nhỏ.
- Đề tài đã chỉ ra được những nhược điểm của công nghệ rửa truyền thống và đưa ra các ưu điểm vượt trội của công nghệ rửa siêu âm qua việc khảo sát về công nghệ, về thiết bị tính năng, thành phần, cấu tạo của các thiết bị rửa siêu âm hiện có trên thị trường để làm cơ sở cho việc giải quyết bài toán.
- Đề tài đã đề xuất mô hình khối điều khiển công suất phát trên cơ sở mạch Class DE và đã được công bố trên một bài báo đăng tại tạp chí Trang thiết bị và các Công trình y tế.
- Đã thiết kế, chế tạo thành công mô hình thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm.
- Tiến hành thực nghiệm đánh giá tính hiệu quả của việc làm sạch bằng sóng siêu âm khi ứng dụng mô hình để làm sạch các dụng cụ thí nghiệm, dụng cụ y tế nhỏ.

Hướng nghiên cứu tiếp theo

Sản phẩm vẫn còn nhiều thiếu sót và cần phải cải tiến thêm một số đặc điểm, tính năng sau:

- Thiết kế thiết bị hoàn chỉnh
- Cần thử nghiệm đánh giá thêm về tính hiệu quả làm sạch bằng nhiều phương pháp đo, kiểm tra khác nhau làm tăng chất lượng cho sản phẩm.
- Tìm biện pháp để giảm tiếng ồn khi thiết bị hoạt động.
- Có thiết kế bơm nước hồi lưu trong quá trình rửa để có thể rửa được bên trong các ống nội soi

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Zhou, F. Sarpong and C. Zhou, “Use of Ultrasonic Cleaning Technology in the Whole Process of Fruit and Vegetable Processing,” 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/foods11182874>.
- [2] F. Peisen, C. Bingyan, Z. Changping, Z. Yan, Z. Ruigen, X. Xiaohui and G. Yulin, “Characteristics of electrical matching for power piezoelectric transducer,” *2017 IEEE 13th International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, 2017.
- [3] V. Taran, I. Garkusha, Y. Gnidenko, V. Krasnyj, A. Lozina, A. Tara, O. Chechelnitskyi, V. Starikov and S. Starikova, “Portable ozone sterilization device with mechanical and ultrasonic cleaning units for dentistry,” 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1063/1.5145279>.
- [4] X. Cheng, “Research and Application of Ultrasonic Cleaning Technology in Medical Equipment Cleaning under Computer Control System,” 2020. [Online]. Available: <http://doi:10.1088/1742-6596/1574/1/012042>.
- [5] W. Tan, K. Tan and K. Tan, “Developing high intensity ultrasonic cleaning (HIUC) for post-processing additively manufactured metal components,” 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2022.106829>.
- [6] S. Arefi-Oskouia, A. Khataee, M. Safarpour, Y. Orooji and V. Vatanpour, “A review on the applications of ultrasonic technology in membrane bioreactors,” *Ultrasonics - Sonochemistry*, no. 58, 2019.
- [7] Thien Phuc Medical, “Sóng siêu âm là gì? phân biệt sóng siêu âm,” 02 07 2020. [Online]. Available: <https://thietbiythienphuc.com/song-sieu-am-la-gi-phan-biet-song-sieu-am>.
- [8] T. E. o. E. Britannica, “piezoelectricity,” *Encyclopedia Britannica*, 16 February 2023. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/piezoelectricity>. [Accessed 2 March 2023].
- [9] P. Wu, L. Baia and W. Lin, “On the definition of cavitation intensity,” *Ultrasonics - Sonochemistry*, no. 67, pp. 105-141, 2020.
- [10] B. Sajjadi, A. A. A. Raman and S. Ibrahim, “Influence of ultrasound power on acoustic streaming and micro-bubbles formations in a low frequency

- sono-reactor: mathematical and 3D computational simulation,” *Ultrason Sonochem*, no. 24, pp. 193-203, 2015.
- [11 C. E. Brennen, *Cavitation and Bubble Dynamics*, New York: Oxford University Press, 1995.
- [12 F. Fuchs, “Ultrasonic cleaning and washing of surfaces,” *Power Ultrasonic*, pp. 578-589, 2015.
- [13 F. J. Fuchs, “Ultrasonic cleaning: Fundamental theory and application,” *NTRS - NASA Technical Reports Server*, p. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19950025362/downloads/19950025362.pdf>, 1995.
- [14 Shenzhen Jiayuanda Technology Co., Ltd, “Ultrasonic Vibration Head,” [Online]. Available: <https://www.weldultrasonic.com/ultrasonic-transducer/ultrasonic-cleaning-transducer/ultrasonic-vibration-head.html>.
- [15 FDK Corporation, “Ferrite cores for tranformer & choke coil,” *FDK*, p. <http://www.fdk.co.jp>.
- [16 ISC (Inchange Semiconductor Company Limited), “Alldatasheet,” [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.vn/datasheet-pdf/view/441533/ISC/MJE13009.html>.
- [17 Ultrasonic Power Corporation, “Ultrasonic Cleaning Technical Information,” [Online]. Available: <https://www.upcorp.com/technical-information/#:~:text=The%20majority%20of%20the%20ultrasonic>.
- [18 [Online]. Available: <https://congthuong.vn/viet-nam-da-san-xuat-duoc-may-rua-sieu-am-72956.html>.
- [19 [Online]. Available: <https://congthuong.vn/viet-nam-da-san-xuat-duoc-may-rua-sieu-am-72956.html>.
- [20 báo Công Thương, “Việt Nam đã sản xuất được máy rửa siêu âm,” [Online]. Available: <https://congthuong.vn/viet-nam-da-san-xuat-duoc-may-rua-sieu-am-72956.html>.
- [21 Báo Công Thương, 02 08 2016. [Online]. Available: <https://congthuong.vn/viet-nam-da-san-xuat-duoc-may-rua-sieu-am-72956.html>.

- [22] Hanoidost, “Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị làm sạch và diệt trùng dụng cụ y tế bằng kim loại ứng dụng công nghệ rửa siêu âm và tia cực tím,” 20 03 2013. [Online]. Available: <https://dost.hanoi.gov.vn/khoa-hoc-cong-nghe/-/news/0a1dDnsUqQBB/54544.html>.
- [23] I. Directory, “Ultrasonic Cleaning,” [Online]. Available: <https://www.iqsdirectory.com/articles/ultrasonic-cleaners/ultrasonic-cleaning.html>.
- [24] CircuitBread, “What is Piezoelectric Effect?,” 24 01 2022. [Online]. Available: <https://www.circuitbread.com/ee-faq/what-is-piezoelectric-effect>.
- [25] P. E. Cardinal Health, “The Role of Detergents and Disinfectants in Instrument Cleaning and Reprocessing,” *Online Continuing Education Activity*, 2014.
- [26] P. V. B. Pramod Kumar Sharma, “Analysis on piezoelectric energy harvesting small scale device – a review,” *Journal of King Saud University – Science*, p. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.11.002>, 2017.
- [27] H. A. S. Steven R Anton, “A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003–2006),” *IOP PUBLISHING*, pp. doi:10.1088/0964-1726/16/3/R01, 2007.
- [28] P. K. W. J. R. Shad Roundy, “A study of low level vibrations as a power source for wireless sensor nodes,” *Elsevier*, pp. doi:10.1016/s0140-3664(02)00248-7, 2002.
- [29] M. J. S. Lowe, “ULTRASONICS,” *Academic Press*, p. doi:10.1006/rwvb.2001.0143, 2001.
- [30] HMED Corporation, “VIỆT NAM CHẾ TẠO THÀNH CÔNG MÁY RỬA DỤNG CỤ Y TẾ,” 2008. [Online]. Available: <http://hmed.vn/tin-tuc/chi-tiet/Viet-Nam-che-cao-thanh-cong-may-rua-dung-cu-y-te.html>.
- [31] Công ty Cổ phần Uniduc, “Máy rửa siêu âm là gì? Nguyên lý hoạt động và ưu, nhược điểm,” 2021. [Online]. Available: <https://uniduc.com/vi/blog/may-rua-sieu-am>.
- [32] H. T. Đỗ and T. T. Trương, Phân tích & Thiết kế Nguồn ổn định chuyên mạch, 2002.

- [33] EMDN, “Cảm biến nhiệt độ là gì? Các loại cảm biến nhiệt độ,” 2020. [Online]. Available: <https://tudonghoadanang.com/news/cam-bien-nhiet-do/>.
- [34] Công ty TNHH Công Nghệ Trung Sơn, “Cảm biến nhiệt là gì? Nguyên lý hoạt động, ứng dụng, lưu ý khi sử dụng,” [Online]. Available: <https://tschem.com.vn/cam-bien-nhiet/>.
- [35] L. Liu, Y. Yang, P. Liu and W. Tan, “The influence of air content in water on ultrasonic cavitation field,” *Ultrasonics Sonochemistry*, no. 21, pp. 566-571, 2013.
- [36] K. Shibata, R. Wang, T. Tou and J. Koruza, “Applications of lead-free piezoelectric materials,” 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1557/mrs.2018.180>.
- [37] D. Morrison and U. Abeyratne, “Ultrasonic technique for non-destructive quality evaluation of oranges,” *Journal of Food Engineering*, no. 141, 2014.
- [38] Z. Chen and C. Zhu, “Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.),” *Postharvest Biology and Technology*, no. 61, pp. 117-123, 2011.
- [39] S. Gao, G. D. Lewis, M. Ashokkumar and Y. Hemar, “Inactivation of microorganisms by low-frequency high-power ultrasound: 1. Effect of growth phase and capsule properties of the bacteria,” *Ultrasonics Sonochemistry*, no. 21, pp. 446-453, 2014.
- [40] S. Kentish and M. Ashokkumar, “The Physical and Chemical Effects of Ultrasound,” 2010. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7472-3_1.
- [41] D. Bermúdez-Aguirre, T. Mobbs and G. V. Barbosa-Cánovas, “Ultrasound Applications in Food Processing,” 2010. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7472-3_3.
- [42] Z. Zhang, T. Gao, X. Liu, D. Li, J. Zhao, Y. Lei and Y. Wang, “Influence of sound directions on acoustic field characteristics within a rectangle-shaped sonoreactor: Numerical simulation and experimental study,” 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.12.024>.

- [43 L. Hallez, F. Touyeras, J.-Y. Hihn and Y. Bailly, "Characterization of HIFU
] transducers designed for sonochemistry application: Acoustic streaming,"
Ultrasonics Sonochemistry, no. 29, pp. 420-427, 2016.
- [44 G. B. Lebon, I. Tzanakis, K. Pericleous and D. Eskin, "Experimental and
] numerical investigation of acoustic pressures in different liquids,"
Ultrasonics Sonochemistry, no. 42, pp. 411-421, 2018.
- [45 Y. Fang, T. Yamamoto and S. Komarov, "Cavitation and acoustic streaming
] generated by different sonotrode tips," *Ultrasonics Sonochemistry*, no. 48,
pp. 79-87, 2018.
- [46 C. Vanhille and C. Campos-Pozuelo, "Numerical simulations of the primary
] Bjerknes force experienced by bubbles in a standing ultrasonic field:
Nonlinear vs. linear," *Wave Motion*, no. 51, pp. 1127-1137, 2014.
- [47 Z. Wei and L. K. Weavers, "Combining COMSOL modeling with acoustic
] pressure maps to design sono-reactors," *Ultrasonics Sonochemistry*, no. 31,
pp. 490-498, 2016.
- [48 Anmasi, "Ultrasonic cleaners," [Online]. Available:
] <https://anmasi.com/prts/ultrasonic-cleaners/>.
- [49 M. Kim and S. Yoon, "Impedance matching network for high frequency
] ultrasonic transducer for cellular applications," *Ultrasonics*, no. 58, pp. 258-
267, 2016.
- [50 S. Lin and F. Zhang, "Analyses of Matching Circuits of Piezoelectric
] Ultrasonic Transducers," *Piezoelectrics & Acoustooptics*, vol. 14, no. 4, pp.
29-32, 1992.
- [51 Z. Yang and X. Ju, "Impedance matching of acoustic transducer," *High
] Voltage Engineering*, vol. 1, no. 33, pp. 70-73, 2007.
- [52 L. Han and B. Yu, "Parametric design of impedance matching circuit for
] power ultrasonic piezoelectric transducer," *Piezoelectrics & Acoustooptics*,
vol. 4, no. 37, pp. 713-716, 2015.
- [53 F. Caupin and E. Herbert, "Cavitation in water: a review," *ScienceDirect*, no.
] 7, pp. 1000-1017, 2006.
- [54 B. Verhaagen, T. Zanderink and D. F. Rivas, "Ultrasonic cleaning of 3D
] printed objects and Cleaning Challenge Devices," 2015. [Online]. Available:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.06.010>.

- [55 Microchip, “PIC16F877,” Microchip Technology Inc, [Online]. Available:
] <https://www.microchip.com/en-us/product/PIC16F877#>.
- [56 D. Vatansever, E. Siores and T. Shah, “Alternative Resources for Renewable
] Energy: Piezoelectric and Photovoltaic Smart Structures,” 2012. [Online].
Available: <http://dx.doi.org/10.5772/50570> .
- [57 C.-A. Cheng, H.-L. Cheng, C.-H. Chang, E.-C. Chang, C.-Y. Tsai and L.-F.
] Lan, “A Novel and Cost-Effective Drive Circuit for Supplying a
Piezoelectric Ceramic Actuator with Power-Factor-Correction and Soft-
Switching Features,” *Micromachines*, 2021.
- [58 R. H. Ashique, A. S. M. Shihavuddin, M. M. Khan, A. Islam, J. Ahmed, M.
] S. B. Arif, M. H. M. A. A. Mansur, M. A. u. Haq and A. Siddiquee, “An
Analysis and Modeling of the Class-E Inverter for ZVS/ZVDS at Any Duty
Ratio with High Input Ripple Current,” *Electronics*, no. 10, 2021.
- [59 Y. Mu, T. Hu, H. Gong, L. Wang and S. Li, “A dual-stage low-power
] converter driving for piezoelectric actuator applied in micro robot,”
International Journal of Advanced Robotic Systems, pp. 1-8, 2019.
- [60 H. L. Cheng, C. A. Cheng and C. C. Fang, “Single-Switch High Power Factor
] Inverter for Driving Piezoelectric Ceramic Transducer,” *PEDS2009*, pp.
1571-1576, 2009.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Trích Chương trình điều khiển máy làm sạch bằng sóng siêu âm

Khai báo các biến và thư viện:

```
// Khai bao cac bien
```

```
// Nhiet
```

```
int1 bheat=0, bnhietUP1_Down0=0, bdagianhiet=0, bflagADC=0;
```

```
unsigned int8 ucTemp_Actual=0,
```

```
ucTemp_Actual_cu=0, ucTemp_Actual_Display=0, ucTemp_Set=80,
```

```
ucTemp_Set_Display=0, countadc=0;
```

```
unsigned int16 ucTemp=0;
```

```
unsigned int8 ucMinute_Actual=0, ucMinute_Set=20, ucMinute_Set_Display=0,
```

```
ucSecond_Actual=0, ucSecond_Set=0;
```

```
// Khoi dau
```

```
unsigned int8 ucstart=0;
```

```
// Trang thai chay may va cai dat
```

```
int1 bOn_Off=0, bdao=0, bpause=0;
```

```
unsigned char ucstatus=3; // ko hien thi voi cac so lieu
```

```
// Chay degas
```

```
unsigned int8 uccount_degas=0;
```

```
int1 bdegas=0, bchaydegas=0;
```

```
// Phim
```

```
unsigned int8 bbut=0;
```

```
static unsigned int8 but=0, count=0, count1=0, ccountbackset=0,
```

```
ccountbackset1=0;
```

```
// LCD va may chay
```

```
unsigned int8 ccount=0, pos=0; // chay timer may
```

```
unsigned int8 ucpos_nhapnhay=0;
```

```
// Chay sweep
```

```
unsigned int8 ucdelay500sweep=0, count_Back=0;
```

```
int1 bsweep=0, bdaosweep=0, bbattai=0;
```

```
// Chay quat
```

```
unsigned int8 ui_Fancout=0;
```

```

Phụ lục
int1 bFan_off=0;

// Coi
unsigned int8 ccountbBUZZ30=0, ccountBUZZcanhbao=0, bBUZZ30=0,
ucBUZZ=0;
unsigned int8 countCoiCanhBao=0,ucBUZZ20=0;
int1 bruaxong=0;

```

Hàm Main:

```

void main()
{
    MCU_Init();
    VAR_Init();
    Load_EEPROM();
    lcd_init();
    delay_ms(100);
    Interrupt_enable();
    while(true)
    {
        restart_wdt();
    }
}

```

Hàm hiển thị trên LCD1602:

```
//===== Display on LCD2004
```

```

void lcd_start(void){
    lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
    printf(lcd_putc,"MAY RUA SIEU AM ");
    lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
    printf(lcd_putc,"VERSION 0.1/2023");
}

```

Phụ lục

```
void lcdf_wrk(unsigned char ucpos) {
    switch (ucpos){
        case 0://trang binh thuong
            lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
            printf(lcd_putc,"CDAT %2u%cC %02u:%02u",ucTemp_Set,223,
ucMinute_Set,ucSecond_Set);
            lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)

            printf(lcd_putc,"CHAY %2u%cC %02u:%02u",
ucTemp_Actual_Display ,223, ucMinute_Actual, ucSecond_Actual);
            break;
        case 1://trang da lu eeprom
            lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc("DANG LUU-----");
            lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc(" ***** ");
            break;
        case 2://trang thong bao loi nuoc
            lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc("  CAP NUOC? ");
            lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc(" ***** ");
            break;
        case 3://trang thong bao loi CAM BIEN
            lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc("KIEM TRA-----");
            lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc("-----CAM BIEN?");
            break;
        case 4://trang thong bao loi CAM BIEN
            lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
            lcd_putc("KIEM TRA-----");
```

Phụ lục

```
        lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc("-----GIA NHIET?");
        break;

    case 5://trang thông báo lỗi CAM BIEN
        lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc(" DUNG LAM VIEC! ");
        lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc(" ***** ");
        break;
    case 6://trang thông báo lỗi CAM BIEN
        lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc(" DANG KIEM TRA! ");

        break;
    case 7://trang thông báo lỗi CAM BIEN
        lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc("  CAI DAT  ");
        lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)
        lcd_putc(" ***** ");
        break;
    case 8://trang bình thường
        lcd_gotoxy(1,1); //(column, row start at 1,1)
        printf(lcd_putc,"CDAT %2u%cC %02u:%02u",ucTemp_Set,223,
ucMinute_Set,ucSecond_Set);
        lcd_gotoxy(1,2); //(column, row start at 1,1)

        lcd_putc("TAM DUNG  ");
        break;

    }
}
```

Phụ lục

//===== End display on LCD1602

Hàm chạy nút nhấn chức năng quét (Sweep):

case 3://SWEEP

```
    //bbut=3;
    ucBUZZ=1;
    if (bcanhbao==1){
        bcanhbao=0;
        ccountBUZZcanhbao=0;
        countCoiCanhBao=0;
        ucBUZZ=0;
        ucBUZZ20=0;
        ucdagiaitrucanhbao=1;
        bpause=0;
        uccountalarm=0;
        uccount_time_alarm=0;
        output_low(BUZZ);
        if(ucstatus!=1)ucstatus=0;
        ucstart=4;
    }
    else{
        bsweep=~bsweep;
        write_eeprom(Sweep_Status_Addr,bsweep);
        OUTPUT_BIT(SWEEP_LED,~bsweep);
        ucdelay500sweep=1;
        bdaosweep=1;
    }
    break;
```

Hàm chạy nút nhấn chức năng Khử khí (Degas):

case 4://DEGAS

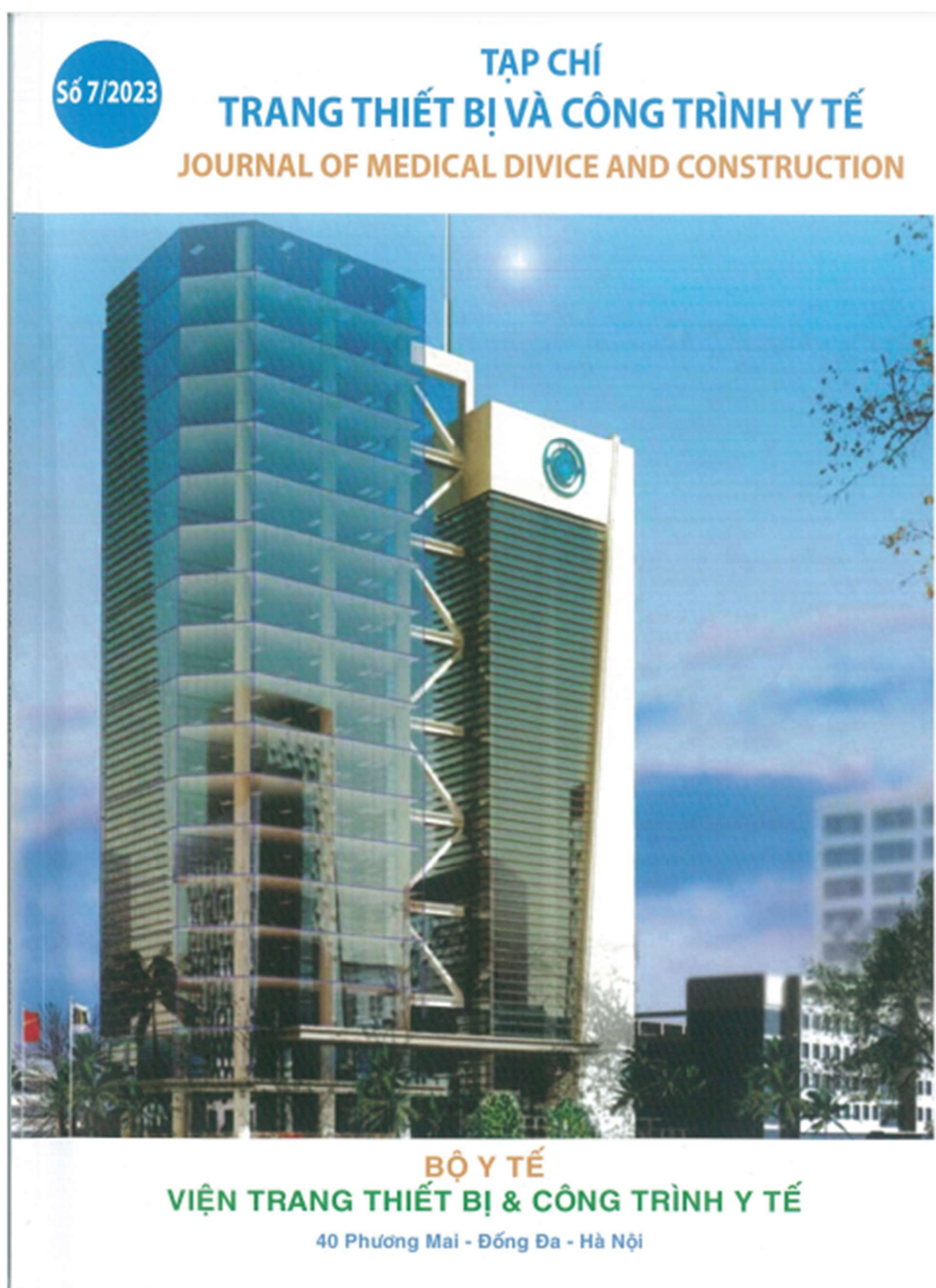
```
    // bbut=4;
    ucBUZZ=1;
```

Phụ lục

```
if (bcanhbao==1){
    bcanhbao=0;
    ccountBUZZcanhbao=0;
    countCoiCanhBao=0;
    ucBUZZ=0;
    ucBUZZ20=0;
    ucdagiaitrucanhbao=1;
    bpause=0;
    uccountalarm=0;
    uccount_time_alarm=0;
    output_low(BUZZ);
    if(ucstatus!=1)ucstatus=0;
    ucstart=4;
}
else{
    bdegas=~bdegas;
    if (bdegas==1) bchaydegas=1;
    else {bchaydegas=0;ucdelay500sweep=0; bdaosweep=0;}
    write_eeprom(Degas_Status_Addr,bdegas);
    OUTPUT_BIT(DEGAS_LED,~bdegas);
    uccount_degas=0;
}
break;
```

Phụ lục

Phụ lục 2: Bài Báo khoa học



MỤC LỤC

TIN TỨC SỰ KIỆN

THIẾT BỊ - CÔNG TRÌNH THÀNH CÔNG CÙNG Y - DƯỢC ĐÓ LÀ PHƯƠNG CHÂM CỦA VIỆN TRANG THIẾT BỊ VÀ CÔNG TRÌNH Y TẾ CHÚNG TÔI	3
HỘI THẢO QUỐC GIA THƯỜNG NIÊN NĂM 2023	17
09 ĐIỂM MỚI CỦA LUẬT ĐẦU THẦU 2023	21

THÔNG TIN QUẢN LÝ

NGHỊ ĐỊNH SỐ 07/2023/NĐ-CP CỦA CHÍNH PHỦ SỬA ĐỔI, BỔ SUNG MỘT SỐ ĐIỀU CỦA NGHỊ ĐỊNH SỐ 98/2021/NĐ-CP GÂY 08 THÁNG 11 NĂM 2021 CỦA CHÍNH PHỦ VỀ QUẢN LÝ TRANG THIẾT BỊ Y TẾ	29
THÔNG TƯ SỐ 14/2023/TT-BYT CỦA BỘ Y TẾ QUY ĐỊNH TRÌNH TỰ, THỦ TỤC XÂY DỰNG GIÁ GÓI THẦU MUA SẴM HÀNG HÓA VÀ CUNG CẤP DỊCH VỤ THUỘC LĨNH VỰC TRANG THIẾT BỊ Y TẾ TẠI CÁC CƠ SỞ Y TẾ CÔNG LẬP	41
QUYẾT ĐỊNH 2316/QĐ-BYT CỦA BỘ Y TẾ QUY ĐỊNH CHỨC NĂNG, NHIỆM VỤ, QUYỀN HẠN VÀ CƠ CẤU TỔ CHỨC CỦA CỤC CƠ SỞ HẠ TẦNG VÀ THIẾT BỊ Y TẾ THUỘC BỘ Y TẾ	54

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

PHÁT TRIỂN CÔNG NGHIỆP SẢN XUẤT THỦY TINH THỂ NHÂN TẠO (IOLS) TẠI VIỆT NAM	59
MÁY RỬA SIÊU ÂM TRÊN NỀN TẢNG NGUỒN PHÁT CÔNG SUẤT CLASS-DE	71

THÔNG TIN KHOA HỌC

HƯỚNG TỚI GIẢI PHÁP HỆ THỐNG PHÒNG MỔ HYBRID - PHÒNG MỔ TÍCH HỢP	80
QUYẾT ĐỊNH 4397/QĐ-BYT CỦA BỘ Y TẾ BAN HÀNH QUY TRÌNH KIỂM ĐỊNH AN TOÀN VÀ TÍNH NĂNG KỸ THUẬT MÁY THẬN NHÂN TẠO DÙNG TRONG ĐIỀU TRỊ NGƯỜI BỆNH	84

BAN ĐỌC CẦN BIẾT

MÁY THỞ KHÔNG XÂM NHẬP MMD-V1 - TÍNH NĂNG VÀ THÔNG SỐ KỸ THUẬT	111
MỘT SỐ HÌNH ẢNH HOẠT ĐỘNG CỦA VIỆN TRANG THIẾT BỊ VÀ CÔNG TRÌNH Y TẾ	117
THỂ LỆ VIẾT VÀ GỬI BÀI ĐĂNG TẠP CHÍ TRANG THIẾT BỊ VÀ CÔNG TRÌNH Y TẾ	123

TẠP CHÍ

TRANG THIẾT BỊ &
CÔNG TRÌNH Y TẾ

Số 7 - 2023

TỔNG BIÊN TẬP
TS. Chu Hồng ThắngPHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. Lê Thanh Hải
TS. Phạm Quang HoàiBAN BIÊN TẬP
Th.S. Hà Quang Thanh
(*Trưởng ban*)
Th.S. Nguyễn Văn Hùng
(*Phó trưởng ban*)THƯ KÝ TOÀ SOẠN
Th.S. Phạm Thị HiềnPHỤ TRÁCH BAN TRỊ SỰ
TS. Nguyễn Đình AnPHỤ TRÁCH
BAN PHÓNG VIÊN,
BAN ĐỌC & DVTT
Th.S. Lê Hồng HảiTOÀ SOẠN
Viện Trang thiết bị
và Công trình Y tế
Số 40 Phương Mai - Đống
Đa - Hà Nội
Tel: 024. 3 576 4435
Fax: 024. 3 576 4435
Email: tapchikhoa-
hocTTB@nimec.gov.vnIn tại:
Công ty TNHH In và TM Trường XuânGiấy phép xuất bản số:
634/GP-BTTTT cấp ngày 22/12/2017
của Bộ Thông tin và Truyền thông

MÁY RỬA SIÊU ÂM TRÊN NỀN TẢNG NGUỒN PHÁT CÔNG SUẤT CLASS-DE

Lai Thị Vân Quyên¹, Nguyễn Mạnh Thắng¹, Hoàng Tuấn Đạt¹,
Nguyễn Hải Dương², Lai Xuân Bách³, Trần Đại Phong⁴

⁽¹⁾Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa

⁽²⁾Đại học Bách Khoa Hà Nội

⁽³⁾Đại học Mở Hà Nội

⁽⁴⁾Bệnh viện Bệnh Nhiệt Đới Trung Ương

e-mail: vanguyen2407@gmail.com, thangloduc@gmail.com

dinghuong1903@gmail.com, duongbkhustk63@gmail.com, rangnarock94@gmail.com.

TÓM TẮT

Trong thời đại phát triển công nghệ nhanh chóng, công nghệ siêu âm đang được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, y tế, thực phẩm... để làm sạch, trị liệu.... Việc sử dụng công nghệ siêu âm trong làm sạch dụng cụ y tế để nâng cao chất lượng của dịch vụ chăm sóc sức khỏe là một chủ đề nghiên cứu quan trọng. Bài báo mô tả nghiên cứu, thiết kế máy rửa dụng cụ y tế ứng dụng công nghệ siêu âm trên nền tảng nguồn phát công suất Class DE và thử nghiệm làm sạch dụng cụ.

Từ khóa— *Máy rửa y tế, máy rửa siêu âm, nguồn phát công suất Class DE*

1. LÀM SẠCH BẰNG SÓNG SIÊU ÂM

Công nghệ làm sạch bằng sóng siêu âm

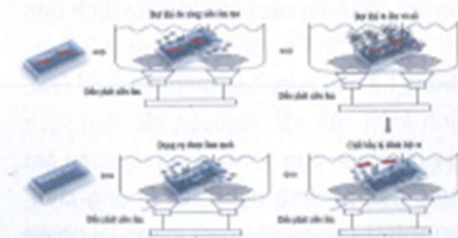
Khái niệm về sóng siêu âm được đưa ra lần đầu tiên vào năm 1922 và phát triển nhanh chóng từ năm 1950. Dựa vào công suất siêu âm có thể chia các ứng dụng của sóng siêu âm thành hai loại có thể kể đến: như kiểm tra và chẩn đoán hình ảnh bằng sóng siêu âm công suất thấp, làm sạch, hàn, mài ... bằng sóng siêu âm công suất cao [1,2]. Ngày nay, làm sạch bằng sóng siêu âm đã được ứng dụng rộng rãi trong các ngành y tế, thực phẩm, sản xuất công nghiệp... [3,5] và dần thay thế các công

nghệ rửa truyền thống bằng cách ngâm thiết bị trong dung dịch rồi dùng bàn chải, chổi để loại bỏ chất bẩn. Sóng siêu âm lan truyền trong nước tạo ra các bọt khí xâm thực có khả năng giải phóng năng lượng lớn khi nổ khiến các vết bẩn bám dính trên bề mặt vật thể bị đánh bật dễ dàng mà không hề làm xước hay biến dạng bề mặt, hình khối của vật. Nguyên tắc làm sạch này đã khiến cho công nghệ rửa siêu âm được gọi là "công nghệ rửa không chổi" (brushless cleaning) [5] và mang lại nhiều điểm thuận lợi hơn so với các phương pháp truyền thống như:

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

- Hiệu quả, tốc độ làm sạch cao hơn
- Tiết kiệm nhân công
- Sử dụng hóa chất ít hơn.
- Làm sạch được cả ở những vị trí khó khi các công nghệ khác không thể tiếp cận.

Sóng siêu âm là sóng cơ học có tần số lớn hơn ngưỡng nghe của người, thường vượt quá 20 kHz. Sóng siêu âm có bước sóng cực ngắn thường nhỏ hơn 2 cm trong không khí. Môi trường truyền của sóng siêu âm rất đa dạng có thể là không khí, chất lỏng, chất rắn với tốc độ bằng tốc độ âm thanh. Khi truyền qua dung dịch tẩy rửa, sóng siêu âm tạo ra lực kéo và nén dao động xen kẽ ở cùng tần số. Các lực dao động khiến hàng triệu lỗ hổng có kích thước siêu nhỏ được hình thành trong dung dịch tẩy rửa. Sóng siêu âm tác động trực tiếp lên bề mặt chất lỏng gia tốc cho các hạt nước với tốc độ cao hình thành nên các sóng xung kích chứa hạt bong bóng nhỏ li ti va chạm vào nhau. Năng lượng giải phóng bởi các vụ nổ bong bóng tạo ra một lực đủ để phá vỡ liên kết giữa chất bẩn với bề mặt của vật [6]. Hình 1 mô tả nguyên lý làm việc của sóng siêu âm khi làm sạch dụng cụ.



Hình 1. Mô tả nguyên lý làm sạch bằng sóng siêu âm

Cơ chế làm sạch bằng siêu âm rất phức tạp, nhưng khả năng xâm thực của năng lượng do bọt khí tạo ra khi nổ được coi là cơ chế chính.

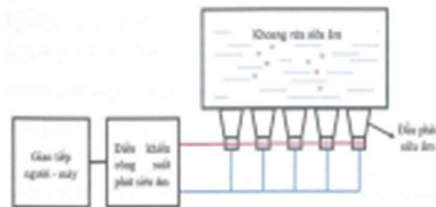
Gọi áp suất tĩnh của chất lỏng là P_0 ; biên độ của áp suất âm là P_a ; áp suất hơi là P_v ; hệ số căng bề mặt của dung dịch rửa là σ và bán kính ban đầu của bọt khí là R_0 . Khi đó áp suất âm chỉ có thể xảy ra khi $P_m > P_0$ và hiện tượng xâm thực chỉ xảy ra khi áp suất âm vượt quá độ kết dính của chất lỏng. Khi áp suất âm thanh đạt đến ngưỡng tạo bọt khí, P_c (cường độ hoặc biên độ sóng âm thấp nhất mà tại đó xảy ra hiện tượng tạo bọt khí trong chất lỏng), thì P_c có thể được biểu thị bằng biểu thức (1) [4]:

$$P_c = P_0 - P_v + \frac{2}{3\sqrt{3}} \sqrt{\frac{2T}{R_0}} \sqrt{P_0 - P_v + \frac{2T}{R_0}} \quad (1)$$

Có thể thấy rằng ngưỡng xâm thực có liên quan đến loại chất lỏng, nhiệt độ, áp suất, bán kính lõi xâm thực và hàm lượng khí. Khi xảy ra hiện tượng xâm thực, các bong bóng đóng lại và tạo ra sóng xung kích tạo ra nhiệt và áp suất hàng nghìn atm cục bộ, đủ cao để phá vỡ chất bẩn trên bề mặt phôi.

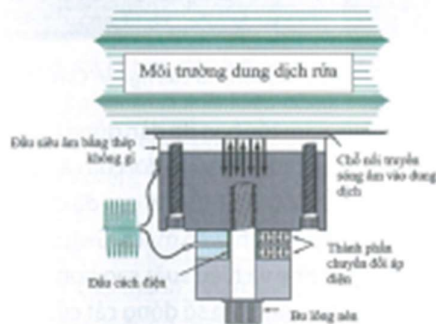
Thiết bị làm sạch bằng sóng siêu âm

Cấu tạo máy rửa siêu âm nói chung gồm khối giao tiếp người – máy, khối điều khiển công suất, khối phát siêu âm và khoang rửa (hình 2). Ngoài ra, thiết bị có thể có thêm bộ phận gia nhiệt để tăng hiệu quả làm sạch.



Hình 2. Cấu tạo chung một máy rửa siêu âm

Khối giao diện người – máy cho phép người sử dụng điều khiển các chế độ chạy của thiết bị rửa. Khối điều khiển công suất cung cấp năng lượng điện để khối phát chuyển đổi thành năng lượng sóng âm trên các đầu phát (hình 3) được gắn dưới hoặc bên cạnh của khoang rửa [5]. Mạch điều khiển công suất cần thiết kế sao cho tần số phát phải cộng hưởng được với tần số hoạt động của đầu siêu âm để hiệu quả siêu âm đạt được cao nhất có thể.



Hình 3. Mô tả kết nối nguồn cho đầu phát siêu âm [5]

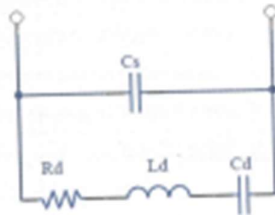
Một số công trình nghiên cứu về các mạch điều khiển công suất cho các đầu phát siêu âm đã được công bố như nghiên cứu của Polk [16] năm 1978 đã đưa ra mô hình phối hợp cộng hưởng điện cho bốn loại cho đầu dò thạch anh bằng cách sử dụng biến áp tự ngẫu, cuộn cảm và tụ

điện tuy nhiên hiệu quả chưa đáp ứng được như mong muốn. Năm 2011, El-Dahshan và cộng sự [16] đã phân tích và đề xuất một mô hình phối hợp trở kháng giữa mạch điều khiển và đầu phát siêu âm dưới dạng toán học và biểu đồ Smith nhưng độ chính xác không cao. Các công trình công bố sau này như nghiên cứu của Fang Peisen và cộng sự năm 2017 [16], Yu Fu và cộng sự năm 2019 [15], Xin Cheng năm 2021 [4]... cũng đã đề xuất mô hình Class E, Class D kết hợp các mạch Boost để tăng hiệu quả của đầu phát siêu âm. Bài báo này sẽ đưa ra một thiết kế mạch điều khiển công suất cho phép nâng cao hiệu quả của các đầu phát siêu âm kết hợp cả hai mô hình Class D và E.

II. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH MẠCH ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT TRONG MÁY RỬA SIÊU ÂM

Tải đầu ra của khối điều khiển công suất là đầu phát siêu âm. Đầu phát siêu âm hoạt động theo nguyên lý áp điện tạo ra các sóng âm có tần số lớn hơn 20kHz. Trong nghiên cứu của CA Ai, ZL Han và cộng sự, đầu phát siêu âm có thể được mô tả dưới dạng mạch điện tương đương Butterworth-Van Dyke (BVD) (hình 4) [16]. Mô hình BVD đã biểu diễn các tính chất điện và cơ học của đầu phát. Tính chất điện thể hiện ở điện dung tĩnh (Cs) luôn tồn tại trong đầu phát và được coi là một hằng số. Tính chất cơ học thể hiện ở các cuộn cảm (Ld), điện dung cơ học (Cd) và điện trở (Rd) phát sinh khi đầu phát siêu âm hoạt động.

THÔNG TIN KHOA HỌC



Hình 4. Mạch tương đương (BVD) của đầu phát siêu âm [16]

Từ mô hình tương đương, mạch điều khiển công suất cần phải phối hợp cộng hưởng được với tần số hoạt động của đầu phát để đạt được hiệu quả cao nhất có thể.

Khối công suất theo yêu cầu của máy rửa siêu âm cần thực hiện được chức năng tạo ra dòng điện xoay chiều có tần số thích hợp với tần số làm việc của đầu phát siêu âm.

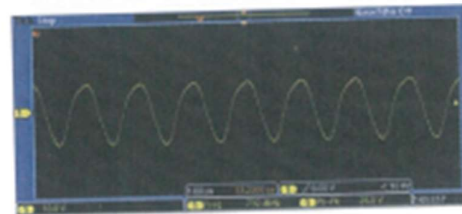


Hình 5. Sơ đồ mô tả sự biến đổi điện áp trên khối công suất

Các chức năng cơ bản cần thiết của khối điều khiển công suất phát siêu âm ở đây chính là tạo ra dòng điện AC ở tần số cộng hưởng với dao động của đầu phát từ một nguồn đầu vào DC, như thể hiện trong hình 5. Có nhiều phương pháp khác nhau để tạo ra nguồn năng lượng tần số siêu âm này.

Các nguồn phát công suất biến đổi DC-AC có thể chia thành sáu loại chính là Class-A, Class-B, Class-AB (Class-C), Class-D, Class-E, Class-DE (Class-F). Mạch Class-A, B, AB hoạt động ở vùng tuyến

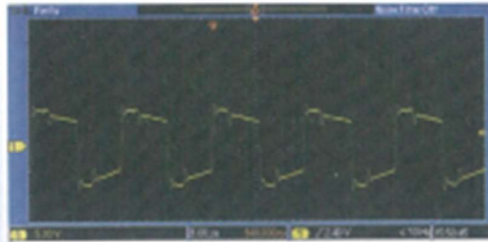
tính của transistor thường phát sinh nhiệt và tổn hao năng lượng. Điều này khiến mạch công suất tuyến tính trở nên kém hiệu quả hơn ba mô hình còn lại trong các ứng dụng công suất cao sử dụng tần số cố định. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp biến đổi này là biên dạng công suất ra so với tín hiệu phát sóng chuẩn ít méo nên đạt được dải sóng điều hòa. Song nhược điểm chính của chúng là hiệu suất kém, tổn hao trên linh kiện điện tử quá lớn dẫn tới phát sinh nhiệt nhiều, mức tiêu thụ năng lượng cao, cổng kênh và tổn kém trong chế tạo nên đang dần bị thay thế.



Hình 6. Biên dạng sóng ra của nguồn Class AB

Nhằm giảm tổn hao do dẫn dòng trong chế độ tuyến tính, với sự ra đời của các linh kiện bán dẫn MOSFET tốc độ cao đã cho ra đời thể hệ nguồn chuyển mạch (Switching Power) gọn nhẹ và hiệu suất cao hơn hẳn. Tuy nhiên khi tăng tần số đóng cắt của các linh kiện bán dẫn sẽ dẫn đến việc tăng tổn hao và các khó khăn về tần nhiệt. Ngoài ra, mạch điều chế xung (PWM) cho phép điều khiển mức năng lượng ở lối ra nhưng gây ra hạn chế về mặt biên dạng sóng. Khi thay đổi mức công suất ra bằng cách thay đổi độ rộng xung từ $0 < P < 50\%$, biên dạng sóng ra đã bị biến dạng nhiều. Chính vì vậy, phương pháp biến đổi làm gia tăng các sóng hài khiến cho quá trình

hoạt động tạo ra nhiều tiếng rít khó chịu, khó kiểm soát đồng thời gây nhiễu lên các thiết bị khác. Dù cho phép hạ giá thành chế tạo, gọn nhẹ, nhưng phương pháp này cũng dần bị thay thế do phải đi kèm với nhiều mạch phối hợp và lọc nhiễu hài phát sinh trong máy.

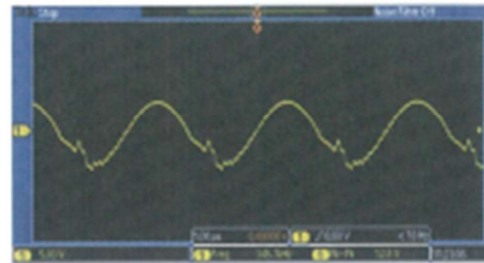


Hình 7. Biên dạng sóng ra của nguồn chuyển mạch

Mạch biến đổi cộng hưởng ra đời, tạo ra bước đột phá với điều kiện chuyển mạch mềm (soft switching) nhờ phát xung điều khiển đóng mở tại các thời điểm mà khi đó dòng điện chảy qua, hoặc điện áp rơi trên linh kiện công suất là rất nhỏ (lý tưởng là bằng không - điều kiện (Zero Current Switch- ZCS) và (Zero Voltage Switch- ZVS), giảm thiểu tổn hao và áp lực cho linh kiện bán dẫn công suất, tận dụng các thành phần điện dung ký sinh vào mạch cộng hưởng, biến chúng từ có hại sang có lợi.

Mạch cấu trúc Class-E là một ví dụ chuyển mạch nguyên lý cộng hưởng có thể hoạt động ở tần số cao với hiệu quả tốt. Nó chuyển mạch ở điều kiện có điện áp bằng không, ($Zero\ dv/dt$ – dòng không tải) và chỉ một cấu trúc mạch duy nhất, đơn giản hơn nhiều mà vẫn đạt được công suất tương đương Class-D ở chế độ

điều chế độ rộng xung (PWM). Tuy nhiên, cấu hình Class-E có một bất lợi so với một mạch Class-D ở hệ số sử dụng chuyển đổi của nó là 0.098 và của Class-D là 0.159. Về mặt lý thuyết cho phép một mạch Class-D cho phép tạo ra năng lượng hơn 62% so với một Class-E với cùng dòng điện và điện áp trên chuyển mạch của chúng.



Hình 8. Biên dạng sóng ra của nguồn Class E

Cấu trúc Class-DE đã đưa ra một số tính năng tốt hơn hẳn của Class-D và Class-E. Nó dựa trên cơ sở một cấu trúc mạch Class-D nhưng hoạt động chuyển mạch biến tần kiểu cộng hưởng như hoạt động của cấu trúc Class-E. Hoạt động này khiến nó đóng mở các linh kiện bán dẫn ở gần với chế độ điện áp và dòng điện trên tải bằng không nên không gây đột biến dv/dt hay di/dt dẫn tới tác động xấu lên các linh kiện bán dẫn. Ngoài ra, mạch biến đổi cộng hưởng trong cấu trúc Class-DE có sự tham gia của điện dung ký sinh nên đã loại bỏ các thiệt hại gây ra bởi chúng hoạt động rất hiệu quả ở dải tần số siêu âm.

Từ những phân tích trên đây, nhóm đề tài đề xuất sử dụng cấu trúc Class-DE để thiết kế mạch điều khiển công suất cho máy rửa siêu âm.

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

III. THIẾT KẾ MÁY RỬA SIÊU ÂM TRÊN NỀN TẢNG NGUỒN PHÁT CÔNG SUẤT CLASS D-E

A. Cấu trúc phần cứng

Hình 2 minh họa sơ đồ khối của một máy rửa siêu âm cũng là sơ đồ khối phần cứng của máy rửa siêu âm sẽ thiết kế trong bài báo.

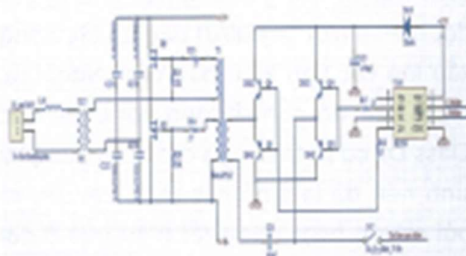
Khối 1 – Khối giao diện người – máy .

- Cho phép người sử dụng giao tiếp với máy qua các phím chức năng và các LED hiển thị và LED trạng thái.

- Xuất ra các xung điều khiển mạch công suất bên khối nguồn và khối khuếch đại công suất.

- Ra tín hiệu điều khiển gia nhiệt khi có yêu cầu

Khối 2 – Khối điều khiển phát công suất. Chức năng chính của khối này là nhận lệnh điều khiển từ khối giao diện người - máy và điều khiển để đóng mở các linh kiện bán dẫn công suất nhằm tạo ra các dạng sóng phát công suất cao phối hợp được với khối đầu phát công suất. Như phân tích ở mục 2.2, sơ đồ mạch phát công suất được chỉ ra trong hình 9.



Hình 9. Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại công suất

Khối 3 – Khối phát công suất siêu âm. Chức năng chính là biến đổi năng lượng điện thành năng lượng sóng siêu âm lan

truyền trong môi trường dung dịch chứa trong khoang rửa. Trong nghiên cứu này, nhóm sử dụng 02 đầu phát siêu âm JYD3840A để tiến hành chế tạo. Thông số kỹ thuật của đầu phát siêu âm được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật đầu phát siêu âm JYD3840A

Tần số (kHz)	Công suất siêu âm lớn nhất (W)	Dung kháng tính (pF)	Trở kháng cộng hưởng (Ω)	Kích thước (đường kính - độ cao) (mm)	Chất liệu	Nhiệt độ hoạt động ($^{\circ}\text{C}$)
40	60	3800 ± 10	≤ 20	48 x 45	PZT	90

B. Cấu trúc phần mềm

Trên cơ sở cấu hình phần cứng của máy rửa siêu âm, phần mềm của máy được chia thành các khối chức năng. Các khối này có mối liên hệ mật thiết với nhau nhằm đảm bảo cho xung phát ra và công suất phát ra đạt đúng như yêu cầu của người sử dụng. Mối liên hệ giữa các khối được chỉ ra trong hình 10.



Hình 10. Mô tả hoạt động của các khối phần mềm trong máy.

- Khối cài đặt các thông số và hiển thị sẽ giao tiếp với người sử dụng, cho phép người sử dụng cài đặt các thông số rửa của máy như chế độ DEGAS, SWEEP, GIA NHIỆT, thời gian chạy, nhiệt độ...

- Khối đo, tính toán và điều khiển công suất phát hoạt động cùng lúc với khối điều khiển và phát xung. Khi có lệnh điều khiển cho phép phát xung, khối này sẽ nhận thông số công suất đặt từ khối cài đặt để từ đó tính toán, điều khiển công suất phát đặt lên khối khuếch đại và cộng hưởng tạo xung công suất.

- Khối cảnh báo, báo động hoạt động ngay từ khi bật máy thực hiện chức năng giám sát nước có hay không có trong khoang rửa trước khi cho phép chạy quá trình rửa.

IV. THỬ NGHIỆM MÁY RỬA SIÊU ÂM CLASS DE

Mục đích thử nghiệm:

- Khảo sát đánh giá đầu ra của khối công suất điều khiển đầu phát siêu âm trên máy hiện sóng Oscilloscope.

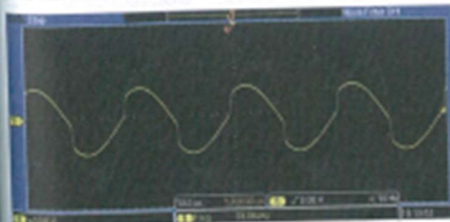
- Khảo sát đánh giá ban đầu về chất lượng, hiệu quả làm sạch các dụng cụ nhỏ dùng trong phẫu thuật nội soi trong ngành Tai-Mũi Họng.

Nơi thử nghiệm:

Thử nghiệm tại Viện nghiên cứu điện tử, tin học, tự động hóa Viettel.

Kết quả thử nghiệm:

Đánh giá xung đầu ra: Khi đo đặc xung đầu ra của mạch điều khiển công suất trên máy hiện sóng, biên dạng sóng thu được mô tả trên hình 11.



Hình 11. Biên dạng sóng ra Class-DE

Sóng ra không có sự xuất hiện các xung Ringing, không xuất hiện các hài trên sóng thu được. Tần số cộng hưởng được với tần số của đầu phát siêu âm. Điều này chứng tỏ cấu trúc mạch biến đổi DC/AC Class-DE hoàn toàn phù hợp với yêu cầu máy rửa siêu âm. Kết quả khi sử dụng cấu trúc mạch biến đổi cộng hưởng Class-DE trong chế tạo máy rửa siêu âm được đặc trưng bởi:

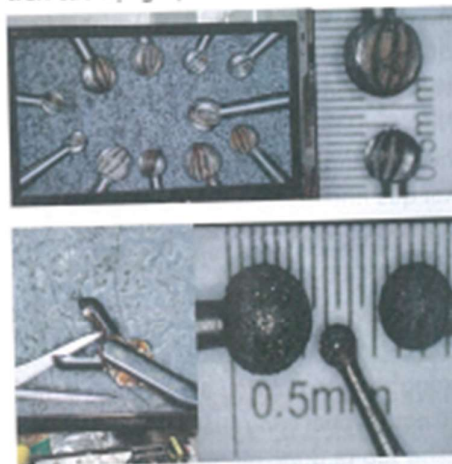
- Công suất siêu âm tạo ra lớn với một cấu trúc gọn nhẹ.

- Dạng sóng và tần số ra ổn định do hoạt động biến đổi cộng hưởng.

- Không có các sóng hài do cấu trúc biên dạng sóng gần với biên dạng sóng điều hòa.

- Hoạt động của máy nhẹ nhàng, giảm ồn, không gây nhiễu cho lưới điện.

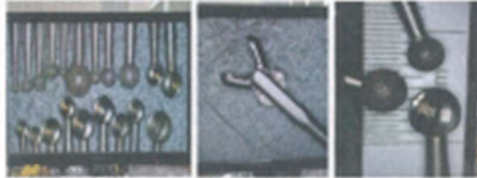
Đánh giá hiệu quả rửa của máy: dùng các biện pháp rửa hiện hành, các dụng cụ chỉ được làm sạch phía ngoài chứ không sạch được hoàn toàn ở mọi chi tiết khi rửa. Hình 12 cho chất bẩn vẫn bám kín khe, kẽ trên các dụng cụ khảo sát.



Hình 12. Hình ảnh thiết bị rửa bằng các công nghệ không phải siêu âm

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

Các mẫu trên sẽ được rửa lại trên máy rửa siêu âm trong 10 phút tại nhiệt độ 45°C. Các chất bẩn sẽ bị siêu âm kích thích bong/tách khỏi bề mặt bám rồi bị chuyển động của dòng nước cuốn chúng ra khỏi các khe kẽ và cho kết quả như hình 13.



Hình 13. Hình ảnh thiết bị rửa bằng các công nghệ siêu âm

Như trên hình ảnh ta thấy rõ các chất bẩn màu trắng kẹt trong khe, kẽ ở các đầu mũi mài hay tại khớp mũi cắt đã không còn tồn tại. Đây là một minh chứng rõ ràng về hiệu quả làm sạch của sóng siêu âm tại những nơi khe, kẽ hay che khuất khó có thể làm sạch bằng các cách/phương pháp cũ.

Hoạt động thử nghiệm chỉ sử dụng nước rửa bát thông thường làm chất hoạt động bề mặt mà không dùng bất cứ hóa chất hay Enzym chuyên dụng nào khác. Ngoài ra, nhóm đã thử nghiệm rửa với nước không có chất tẩy rửa vẫn đạt được kết quả như mong muốn nhưng thời gian rửa kéo dài hơn.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về ưu nhược điểm của các nguồn phát công suất ứng dụng trong thiết bị rửa siêu âm và đưa ra thiết kế nguồn phát công suất Class-DE có khả năng tạo ra được tần số cộng hưởng với dao động của đầu phát siêu âm, đem lại hiệu quả rửa cao. Đồng thời, bài báo cũng

đưa ra thiết kế máy rửa siêu âm trên nền tảng nguồn phát công suất Class-DE và đã được thử nghiệm rửa dụng cụ có nhiều khe kẽ cực nhỏ, phức tạp. Phương pháp Class-DE đã được áp dụng cho máy rửa dụng cụ kết hợp các công nghệ rửa siêu âm, phun áp lực và có sấy khô là sản phẩm của đề tài cấp Bộ Công Thương mã số: 144.2021.ĐT.Bo/HĐKHCN.

VI. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. High power and high frequency Class DE inverter; Ian Douglas De Veres ; August, 1999.
- [2]. Implant Surgery and High-Frequency Currents; Written by Bernard Guillaume, DDS, MS Friday, 31 October 2003. Class DE Inverters and Rectifiers for DC-DC Conversion; David C. Hamill; Power Electronics Specialists Conf., Baveno, Italy, June 1996
- [3]. Yao, Y.; Pan, Y.; Liu, S. Power ultrasound and its applications: A state-of-the-art review. *Ultrason. Sonochem.* 2020, 62, 104722. [CrossRef]
- [4]. Xin Cheng; Research and Application of Ultrasonic Cleaning Technology in Medical Equipment Cleaning under Computer Control System; ICCASIT 2020; 1574 (2020) 012042; doi:10.1088/1742-6596/1574/1/012042
- [5]. <https://www.ctgclean.com/ultrasonic-cleaning-fundamental-theory-and-application> truy cập tháng 11/2022
- [6]. Feng, H.; Barbosa-Canovas, G.; Weiss, J. *Ultrasound Applications in Food*

- Processing; Springer: New York, NY, USA, 2011; Chapter 3; pp. 65–105.
- [7]. Zhang, X.W.; Chiu, Y.J.; Yang, C.H. Design and Experiment of Ultrasonic Cleaning for Crops. *Appl. Mech. Mater.* 2012, 201–202, 697–700. [CrossRef]
- [8]. Wenhao Zhou, Frederick Sarpong and Cunshan Zhou, Use of Ultrasonic Cleaning Technology in the Whole Process of Fruit and Vegetable Processing; 2022, 11, 2874. <https://doi.org/10.3390/foods11182874>
- [9]. Zhu, Y.; Zhang, T.; Xu, D.; Wang, S.; Yuan, Y.; He, S.; Cao, Y. The removal of pesticide residues from pakchoi (*Brassica rape L. ssp.chinensis*) by ultrasonic treatment. *Food Control* 2019, 95, 176–180. [CrossRef]
- [10]. Lubner, R.J.; Kondamuri, N.S.; Knoll, R.M.; Ward, B.K.; Littlefield, P.D.; Rodgers, D.; Abdullah, K.G.; Remenschneider, A.K.; Kozin, E.D. Review of Audiovestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing. *Front. Neurol.* 2020, 11, 234. [CrossRef]
- [11]. Iversen, M.M.; Christensen, D.A.; Parker, D.L.; Holman, H.A.; Chen, J.; Frerck, M.J.; Rabbitt, R.D. Low-intensity ultrasound activates vestibular otolith organs through acoustic radiation force. *J. Acoust. Soc. Am.* 2017, 141, 4209–4219. [CrossRef]
- [12]. Takagi, R.; Koseki, Y.; Yoshizawa, S.; Umemura, S.-I. Investigation of feasibility of noise suppression method for cavitation-enhanced high-intensity focused ultrasound treatment. *Ultrasonics* 2021, 114, 106394. [CrossRef]
- [13]. Basumatary, R.; Vatankhah, H.; Dwivedi, M.; John, D.; Ramaswamy, H.S. Ultrasound-steam combination process for microbial decontamination and heat transfer enhancement. *J. Food Process Eng.* 2020, 43, e13367. [CrossRef]
- [14]. Patist, A.; Bates, D. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2008, 9, 147–154. [CrossRef]
- [15]. Yu Fu, Tie Fu and Aimin Wang; A Design of Wide-range Frequency-tracking Ultrasonic Power Supply; CISAT 2019; Journal of Physics: Conference Series 1345 (2019); doi:10.1088/1742-6596/1345/3/032095
- [16]. Fang Peisen et alCharacteristics of electrical matching for power piezoelectric transducer ; ICEMI'2017 ; DOI: 10.1109/ICEMI.2017.8265994
- [17]. EM Polk. Impedance matching circuit for piezoelectric transducers [J]. *Massachusetts Institute of Technology*, 1978, 11(1): 103-106
- [18]. A El-Dahshan, HN Ahmed, et al. An interactive approach to the design of adaptive impedance matching circuits [C]. *Electrical and Computer Engineering (CCECE). IEEE*, 2011: 607-610
- [19]. Yu-Kai Chen, Chau-Chung Song and Chih-Ying Chen ; Design and Implementation of Piezoelectric Transducer Driving System with MPPT and ZVS Features; *Asian Journal of Engineering and Technology (ISSN: 2321 - 2462) Volume 02 - Issue 05, October 2014*