

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ – BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ



LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP
THIẾT KẾ NỒI HƠI TIỆT TRÙNG DẠNG PHUN NUỚC
CHO LON NUỚC CỐT DỪA

Sinh viên thực hiện: Trần Hoàng Minh

Nhựt MSSV: 2010499

Giảng viên hướng dẫn: Võ Anh Huy

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 13 tháng 01 năm 2025

LỜI CẢM ƠN

Đối với những người công nhân, kỹ sư, sinh viên học tập và làm việc trong các nghành kỹ thuật, cơ khí, điện tử, xây dựng... Hiểu được cách thức máy móc vận hành là một kiến thức vô cùng quan trọng. Đồ án tốt nghiệp là môn học giúp học sinh tiến gần hơn đến thực tế, áp dụng các kiến thức của mình vào máy móc, vi mạch. giúp học sinh nắm được các kiến thức về các chi tiết, bộ phận của máy, hiểu biết về cách chúng hoạt động. Ngoài ra còn giúp học sinh trau dồi thêm về các kỹ năng giao tiếp, thực hành trong cơ quan, xí nghiệp, thái độ và kỷ luật tốt. Bên cạnh đó học sinh còn có thể định hướng được thế mạnh và sở thích của mình, nghề nghiệp trong tương lai.

Đó là lý do em thực hiện báo cáo này để đúc kết những nội dung, ôn lại các kiến thức đã học và cũng là minh chứng quá trình học tập của sinh viên.

Trong suốt quá trình học tập và thực hiện vừa qua, em xin cảm ơn thầy Võ Anh Huy đã trang bị cho em những phương tiện để em tiếp cận các máy móc trong công nghiệp cũng như cung cấp các kiến thức cần có của một sinh viên cơ điện tử. Bên cạnh đó, em xin cảm ơn nhà trường đã giúp đỡ em rất nhiều, tạo điều kiện cho sinh viên thực hiện đồ án dễ dàng, một môi trường năng động, sáng tạo, giúp em có thể hoàn thành bài báo cáo này. Bài báo cáo gồm 5 chương từ phần nghiên cứu đến mô phỏng, thực hành.

Hạn chế của quá trình thực hiện là quá trình dựa trên lý thuyết, chưa có thực nghiệm và kiểm nghiệm thực tế, nên có thể có độ lệch nhất định tùy vào điều kiện thực tế Tất cả chúng đều có thể dẫn đến những sai sót khi trình bày. Em rất mong thầy/cô, mọi người thông cảm cho sự sai sót này.

Em xin chân thành cảm ơn!

TP Hồ Chí Minh, ngày 9 tháng 5 năm 2025

Sinh viên thực hiện

Trần Hoàng Minh Nhựt

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN HỆ THỐNG TIỆT TRÙNG	1
1.1 Mục tiêu.....	1
1.2 Khái niệm chung	1
1.2.1 Quá trình hình thành	1
1.2.2 Thanh trùng	2
1.2.3 Tiệt trùng	2
1.2.4 Sự khác biệt.....	4
1.3 Tổng quan về nồi tiệt trùng	6
1.3.1 Khái niệm	6
1.3.2 Các phương pháp tiệt trùng	7
1.3.3 Phân loại nồi hấp tiệt trùng	9
1.3.4 Ứng dụng.....	12
1.3.5 Ảnh hưởng của loại bao bì cho từng chế độ tiệt trùng	13
CHƯƠNG 2: LÝ THUYẾT TIỆT TRÙNG	15
2.1 Các khái niệm cần thiết trong tiệt trùng	15
2.1.1 Các tác nhân gây hại trong thực phẩm	15
2.1.2 Giá trị D – thời gian phân rã thập phân.....	21
2.1.3 Chỉ số khử trùng PNSU và SAL.....	22
2.1.4 Giá trị z – hệ số hiệu quả nhiệt.....	23
2.1.5 Giá trị F0 – thời gian tiếp xúc tương đương ở 121°C	25
2.1.6 Tỉ lệ diệt khuẩn – lethal rate	27
2.2 Các pha tiệt trùng.....	30
2.3 Nước cốt dừa – quy trình tiệt trùng.....	31
CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN HỆ THỐNG	33
3.1 Cấu hình hệ thống	33
3.1.1 Cấu tạo hệ thống nồi tiệt trùng	33
3.1.2 Hệ thống điện.....	35
3.1.3 Lựa chọn cảm biến	36
3.1.4 Lựa chọn PLC.....	38
3.2 Tính toán thời gian tiệt trùng	40
3.2.1 Tính thời gian tiếp xúc F0.....	40
3.2.2 Tính thời gian tiệt trùng B	43
3.3 Tính toán cơ khí	50

3.3.1 Chọn vòi phun.....	50
3.3.2 Chọn đường ống	51
3.3.3 Tính toán chọn máy bơm.....	52
3.3.4 Chọn nồi trực	55
3.3.5 Chọn bộ trao đổi nhiệt	59
3.3.6 Tính toán đai dẫn động, ô lăn, xác định dung sai.....	62
3.4 Nguyên lý điều khiển.....	68
3.4.1 Nguyên lý điều khiển.....	68
3.4.2 Điều khiển PID	73
3.4.4 Quy tắc an toàn.....	73
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG	75
4.1 Tính thông số gia nhiệt	75
4.2 Tính toán quá trình gia nhiệt và hạ nhiệt	78
4.3 Phân tích phương trình hàm truyền của hệ thống	83
4.4 Lập phương trình nhiệt độ của sản phẩm.....	94
4.5 Áp suất của hệ thống.....	95
4.6 Mô phỏng	97
4.7 Điều khiển nhiệt độ PID thực tế.....	110
CHƯƠNG 5: TỔNG KẾT	118
5.1 Những hạn chế và cách giảm sự ảnh hưởng của chúng trong bài nghiên cứu	118
5.2 Gợi ý phát triển cài tiến	118
5.3 Kết luận	119
TÀI LIỆU THAM KHẢO	121

SƠ ĐỒ BẢNG BIỂU

Sơ đồ 1.1: Điều kiện nhiệt độ thời gian cho UHT và Canning	3
Bảng 1.1: Bảng so sánh thanh trùng và tiệt trùng	5
Bảng 1.2: Các loại sản phẩm áp tương thích từng phương pháp	6
Bảng 2.1: Các loại vi khuẩn cần xét và điều kiện chết của chúng	17
Sơ đồ 2.1: Tỷ lệ phá hủy vi sinh vật và chất dinh dưỡng trong xử lý UHT	18
Sơ đồ 2.2: Mức độ tiêu diệt vi khuẩn theo thời gian phân rã thập phân D.....	22
Sơ đồ 2.3 Biến động của thời gian phân rã thập phân D.....	23
Sơ đồ 2.4: Hệ số hiệu quả nhiệt z	24
Bảng 2.2: Giá trị D và giá trị z trung bình đối với một số vi sinh vật.....	25
Sơ đồ 2.5: Phương pháp tổng hợp xấp xỉ thời gian tiếp xúc tương đương F0	27
Bảng 2.3: Bảng tỉ lệ diệt khuẩn với $z = 10^{\circ}\text{C}$	29
Bảng 2.4: Bảng tỉ lệ diệt khuẩn với z nằm trong khoảng 7 đến 12°C	30
Hình 3.1: Bản vẽ tổng quát hệ thống	35
Sơ đồ 3.1: Sơ đồ bản vẽ điện hệ thống	35
Sơ đồ 3.2: Giá trị F0 tổng hợp qua từng giai đoạn	41
Sơ đồ 3.3: Giá trị F0 tương tác với thời gian thực	42
Hình 3.2: Quá trình truyền nhiệt.....	45
Bảng 3.1: Hệ số truyền nhiệt bề mặt	46
Bảng 3.2: Hệ số truyền nhiệt vỏ hộp	46
Bảng 3.3: Hệ số truyền nhiệt phương pháp tiệt trùng	47
Bảng 3.4: Hệ số bề mặt sản phẩm	48
Bảng 3.5: Hệ số quán tính nhiệt	48
Bảng 3.6: Giá trị fh/U dựa trên giá trị $\log(g)$	50
Hình 3.3: Kết cấu nối cao su	55
Hình 3.4: Kết cấu bulong dạng đĩa	56
Bảng 3.7: Thông số nối trực, kích thước mm	57
Hình 3.5: Kết cấu nối trực đĩa	58
Hình 3.6: Ổ bi đỡ một dây SKF.....	65

Bảng 3.8: Bảng sung sai lắp ghép của trục.....	68
Sơ đồ 3.4: Sơ đồ P&ID.....	70
Sơ đồ 3.5: Sơ đồ khối điều khiển hệ thống	72
Sơ đồ 3.6: Nguyên lý điều khiển nhiệt độ PID.....	73
Bảng 4.1: Thông số thiết kế cơ bản của hệ thống	75
Hình 4.1: Nhiệt từ bộ gia nhiệt vào buồng	84
Bảng 4.2: Bảng hơi nước bão hòa	88
Sơ đồ 4.1: Đường cong áp suất hơi bão hòa.....	96
Bảng 4.3: Bảng thông số van điều khiển.....	97
Sơ đồ 4.2: Sơ đồ điều khiển giai đoạn một	98
Sơ đồ 4.3: Mô hình điều khiển giai đoạn một	99
Sơ đồ 4.4: Biểu đồ Bode hệ thống điều khiển giai đoạn một.....	99
Sơ đồ 4.5: Biểu đồ Nyquist hệ thống điều khiển giai đoạn một.....	100
Sơ đồ 4.6: Giá trị điều khiển giai đoạn một.....	101
Sơ đồ 4.7: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn một	102
Sơ đồ 4.8: Sơ đồ điều khiển giai đoạn hai	102
Sơ đồ 4.9: Mô hình điều khiển giai đoạn hai	103
Sơ đồ 4.10: Giá trị điều khiển giai đoạn hai	103
Sơ đồ 4.11: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn hai.....	104
Sơ đồ 4.12: Sơ đồ điều khiển giai đoạn ba	104
Sơ đồ 4.13: Mô hình điều khiển giai đoạn ba.....	105
Sơ đồ 4.14: Biểu đồ Bode hệ thống điều khiển giai đoạn b	105
Sơ đồ 4.15: Biểu đồ Nyquist hệ thống điều khiển giai đoạn ba	106
Sơ đồ 4.16: Giá trị điều khiển giai đoạn ba	107
Sơ đồ 4.17: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn ba.....	108
Sơ đồ 4.18: Giá trị nhiệt độ trong quá trình tiệt trùng	108
Sơ đồ 4.19: Giá trị áp suất trong lon và buồng.....	109
Sơ đồ 4.20: Giá trị F0 tích lũy	109
Sơ đồ 4.21: Quá trình auto tune.....	110

Sơ đồ 4.22: Đáp ứng của một mô hình với đầu vào nắc	111
Sơ đồ 4.23: Sơ đồ mô phỏng điều khiển cơ bản của một mô hình.....	111
Sơ đồ 4.24: Đáp ứng relay của một mô hình.....	112
Sơ đồ 4.25: Logic điều khiển đáp ứng relay.....	112
Sơ đồ 4.26: Đáp ứng relay của hệ thống quanh 60°C	113
Bảng 4.4: Hệ số Tuning Ziegler - Nichols	113
Sơ đồ 4.27: Đáp ứng PID theo các phương pháp	114
Sơ đồ 4.28: Đáp ứng relay của hệ thống quanh 90°C	115
Sơ đồ 4.29: Đáp ứng PID theo các phương pháp	116
Bảng 4.5: Đáp ứng khi thay đổi các hệ số PID	117

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN HỆ THỐNG TIỆT TRÙNG

1.1 Mục tiêu

Thiết kế nồi hấp tiệt trùng (retort sterilizer) cho nước cốt dừa lon, thông số:

- Kích thước lon D x H lần lượt là 7.6 cm và 10.2 cm. Nước cốt loại 20% chất béo.
- Số lượng lon: 27 lon.
- Kích thước nồi D x L lần lượt là 60 cm và 94 cm.
- Nhiệt độ tiệt trùng là 121.1°C (250F).
- Tiệt trùng theo phương pháp phun nước và hơi nóng (steam - water spray type).

1.2 Khái niệm chung

1.2.1 Quá trình hình thành

Ô nhiễm thực phẩm bởi vi sinh vật là một mối quan tâm lớn về sức khỏe cộng đồng, trong đó nấm gây ra sự hư hỏng và vi khuẩn gây bệnh từ thực phẩm. Các bào tử, chẳng hạn như từ Clostridium Thermosaccolyticum, Bacillus spp và Clostridium botulinum, cũng có thể gây ra các rủi ro về sức khỏe vì chúng thường chịu nhiệt rất tốt và phát triển mạnh trong điều kiện kỵ khí (Awuah, Ramaswamy, & Economides, 2007). Bệnh từ thực phẩm ảnh hưởng đến hàng tỷ người mỗi năm và tạo ra gánh nặng lớn đối với sức khỏe cộng đồng trên toàn cầu. Để ngăn chặn điều này, việc thực hiện các quy trình như tiệt trùng và thanh trùng là vô cùng quan trọng để đảm bảo an toàn thực phẩm.

Xử lý nhiệt là một kỹ thuật được sử dụng rộng rãi để bảo quản thực phẩm và đã thu hút sự quan tâm ngày càng tăng trong những năm gần đây do nhu cầu về thực phẩm chất lượng cao, có thời gian bảo quản lâu hơn. Xử lý nhiệt là một công nghệ xử lý nhiệt phổ biến trong ngành công nghiệp thực phẩm vì nó là phương pháp an toàn, không chứa hóa chất và hiệu quả về chi phí để tạo ra hương vị và mùi thơm trong khi kéo dài thời gian bảo quản. Mục tiêu chính của xử lý nhiệt là tiêu diệt các chất gây ô nhiễm nguy hiểm, bao gồm cả C. botulinum, có thể được ngăn chặn trong các sản phẩm thực phẩm bằng cách kiểm soát mức pH (≤ 4.6) và độ hoạt nước (≤ 0.85). Tiệt trùng là cần thiết để đảm bảo không có vi khuẩn sống sót, nhưng đối với các hoạt động thương mại, việc tiếp xúc với nhiệt độ cực cao làm giảm đáng kể chất lượng thực phẩm. Thay vào đó, thực phẩm được xử lý thông qua một quy trình gọi là “tiệt trùng thương mại”.

Thực tế, việc sử dụng nhiệt để bảo quản thực phẩm trong ứng dụng thương mại lần đầu tiên được ghi nhận từ thời Chiến tranh Napoleon vào đầu những năm 1800 và kể từ đó đã trở thành một phương pháp đáng tin cậy và đơn giản. Vào thời điểm trận Waterloo, quân đội Anh đã có khẩu phần ăn đóng hộp và điều này cũng hỗ trợ nhiều nhà thám hiểm của thế kỷ 19 và đầu thế kỷ 20 đạt được mục tiêu của họ. Chính Nicholas Appert, một người làm bánh kẹo vào năm 1804, đã niêm phong các lọ thủy tinh bằng nhựa và

phát hiện ra cách giữ cho các loại thực phẩm như thịt cừu, rau củ và sữa không bị hư hỏng. Sau đó vào năm 1810, Pierre Durand đã được cấp bằng sáng chế Anh cho hộp kim loại, loại hộp mà với một vài khác biệt nhỏ, vẫn là loại bao bì phổ biến nhất cho thực phẩm bảo quản cho đến ngày nay. Nhưng mãi đến năm 1854, khi Louis Pasteur chứng minh tác động của vi sinh vật gây hư hỏng đối với sữa, chúng ta mới hiểu tại sao nhiệt lại là một hình thức bảo quản hiệu quả và an toàn như vậy.

1.2.2 Thanh trùng

Thanh trùng là quá trình làm nóng thực phẩm hoặc chất lỏng (như sữa, nước trái cây) đến một nhiệt độ nhất định trong một khoảng thời gian rồi làm nguội nhanh để tiêu diệt vi sinh vật gây hại mà không làm thay đổi đáng kể thành phần dinh dưỡng hoặc hương vị. Thanh trùng không diệt hết tất cả vi khuẩn, chỉ tiêu diệt vi khuẩn gây bệnh và giảm số lượng vi khuẩn hư hỏng, giúp thực phẩm bảo quản lâu hơn. Một số phương pháp thanh trùng phổ biến:

Thanh trùng thấp nhiệt độ, thời gian dài (LT LT - Low Temperature, Long Time):
62 - 65°C trong 30 phút

Thanh trùng cao nhiệt độ, thời gian ngắn (HTST - High Temperature, Short Time):
72 - 75°C trong 15 - 30 giây

Siêu thanh trùng (UHT - Ultra High Temperature): 135 - 150°C trong 2 - 5 giây
(thường dùng cho sữa tiệt trùng)

1.2.3 Tiệt trùng

Tiệt trùng là quá trình loại bỏ hoặc tiêu diệt hoàn toàn tất cả các vi sinh vật, bao gồm vi khuẩn, virus, nấm và bào tử, trên các bề mặt hoặc vật dụng. Mục đích của tiệt trùng là đảm bảo rằng không còn vi sinh vật nào có thể gây nhiễm trùng hoặc bệnh tật. Quá trình này có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, chẳng hạn như sử dụng nhiệt độ cao (hơi nước áp suất hoặc nhiệt khô), hóa chất khử trùng mạnh (ethylene oxide, hydrogen peroxide), bức xạ (tia UV hoặc tia gamma), hoặc lọc (để loại bỏ vi sinh vật từ không khí hoặc dung dịch). Tiệt trùng là một biện pháp quan trọng trong y tế, dược phẩm, công nghiệp thực phẩm và các phòng thí nghiệm để đảm bảo môi trường vô trùng và an toàn. Đối với tiệt trùng nhiệt – phương pháp được sử dụng trong bài nghiên cứu, có hai phương pháp chính là tiệt trùng trong retort (Canning hoặc Retorting) và tiệt trùng UHT.

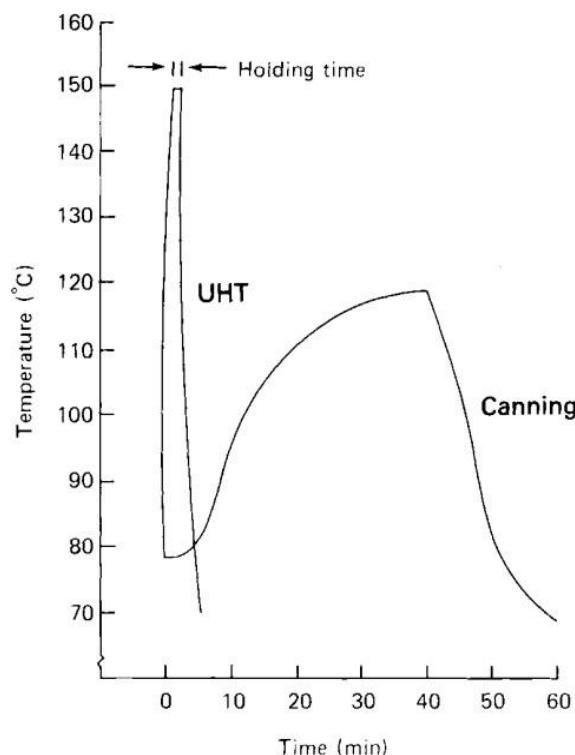
Tiệt trùng trong retort (Canning/Retorting) là phương pháp gia nhiệt thực phẩm trong bao bì kín như hộp thiếc, chai thủy tinh hoặc túi nhựa chịu nhiệt nhằm tiêu diệt toàn bộ vi sinh vật, kể cả bào tử. Quá trình này thường diễn ra ở nhiệt độ 110 – 130°C trong khoảng 10 – 90 phút, tùy thuộc vào loại sản phẩm và kích thước bao bì. Có nhiều phương pháp retort như tiệt trùng bằng hơi nước, nước nóng hoặc đối lưu không khí, trong đó hơi nước bão hòa và nước phun trực tiếp là phổ biến nhất. Sau khi tiệt trùng, sản phẩm cần được làm nguội nhanh để tránh quá nhiệt. Phương pháp này thường áp

dụng cho thực phẩm đóng hộp như cá hộp, thịt hộp, sữa đặc và các món ăn chế biến sẵn trong túi retort.

Tiệt trùng UHT (Ultra High Temperature) là phương pháp gia nhiệt thực phẩm lồng lên nhiệt độ cực cao từ 135 – 150°C trong thời gian rất ngắn, khoảng 2 – 5 giây, sau đó làm lạnh nhanh để giữ nguyên chất lượng sản phẩm. Có hai hệ thống UHT chính: hệ thống trực tiếp sử dụng hơi nước bão hòa phun vào sản phẩm và hệ thống gián tiếp sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt. So với retort, UHT giúp bảo toàn hương vị và chất dinh dưỡng tốt hơn, đồng thời kéo dài thời gian bảo quản lên đến 6 – 12 tháng mà không cần làm lạnh. Phương pháp này thường áp dụng cho sữa UHT, nước trái cây, nước dừa, súp lỏng và sữa đậu nành.

Thời gian quá trình tiệt trùng phụ thuộc vào các yếu tố:

- Khả năng chịu nhiệt của vi sinh vật hoặc enzyme có thể có trong thực phẩm
- Điều kiện gia nhiệt
- Độ pH của thực phẩm
- Kích thước của hộp đựng
- Trạng thái vật lý của thực phẩm.



Sơ đồ 1.1: Điều kiện nhiệt độ thời gian cho UHT và Canning

Ưu điểm:

- An toàn sức khỏe: Tiệt trùng tiêu diệt các vi sinh vật gây bệnh, đảm bảo an toàn cho người tiêu dùng.

- Kéo dài thời gian bảo quản: Giúp sản phẩm không bị hư hỏng trong thời gian dài, tiện lợi cho việc lưu trữ và vận chuyển.
- Bảo đảm chất lượng: Giữ nguyên hương vị, dinh dưỡng và màu sắc của sản phẩm.
- Hiệu quả cao: Diệt khuẩn hiệu quả, kể cả các vi khuẩn kháng thuốc.
- Ứng dụng rộng rãi: Có thể áp dụng cho nhiều loại sản phẩm từ y tế, dược phẩm đến thực phẩm.
- Đảm bảo vệ sinh: Giảm thiểu nguy cơ nhiễm khuẩn chéo, bảo đảm an toàn vệ sinh thực phẩm.

Hạn chế:

- Chi phí cao: Thiết bị và quy trình tiệt trùng có thể đắt đỏ.
- Ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm: Một số phương pháp tiệt trùng, như nhiệt độ cao, có thể làm thay đổi cấu trúc, hương vị hoặc chất dinh dưỡng của sản phẩm.
- Yêu cầu kỹ thuật cao: Cần có kiến thức và kỹ năng để vận hành các thiết bị tiệt trùng phức tạp.

1.2.4 Sự khác biệt

Bảng so sánh thanh trùng tiệt trùng

Tiêu chí	Thanh trùng (Pasteurization)	Tiết trùng (Sterilization)
Mục đích	Tiêu diệt vi khuẩn gây bệnh và giảm số lượng vi khuẩn hư hỏng	Tiêu diệt hoàn toàn tất cả vi sinh vật (bao gồm bào tử)
Mức độ tiêu diệt vi sinh vật	Chỉ tiêu diệt vi khuẩn thông thường, không diệt hết được bào tử	Tiêu diệt vi khuẩn, nấm, virus và bào tử
Nhiệt độ và thời gian	62 - 75°C (LT LT, HTST) hoặc 135 - 150°C (UHT)	121°C trong 15 phút (autoclave), 160 - 170°C trong 1 - 2 giờ (nhiệt khô)
Ứng dụng	Thực phẩm (sữa, nước trái cây, bia, trứng lỏng, mật ong) nhạy nhiệt	Y tế (dụng cụ phẫu thuật, bông băng), thực phẩm đóng hộp, vi sinh học

Phương pháp phổ biến	- Thanh trùng thấp nhiệt (LT LT) - Thanh trùng cao nhiệt (HTST) - Siêu thanh trùng (UHT)	- Tiệt trùng hơi nước (autoclave) - Tiệt trùng nhiệt khô - Tiệt trùng bằng tia gamma, UV - Tiệt trùng bằng hóa chất (EtO, H ₂ O ₂)
Ảnh hưởng đến sản phẩm	Ít thay đổi chất dinh dưỡng, hương vị và cấu trúc	Có thể làm thay đổi chất lượng, dinh dưỡng hoặc hương vị sản phẩm
Thời gian bảo quản sản phẩm	Dài hơn so với thực phẩm tươi nhưng vẫn cần bảo quản lạnh < 3 tuần	Rất lâu, có thể bảo quản ở nhiệt độ phòng

Bảng 1.1: Bảng so sánh thanh trùng và tiệt trùng

Loại sản phẩm áp dụng

Loại sản phẩm	Thanh trùng (Pasteurization)	Tiệt trùng (Sterilization)
Sữa & các sản phẩm từ sữa	Sữa thanh trùng (HTST, LT LT) Phô mai mềm, sữa chua	Sữa tiệt trùng (UHT) Phô mai cứng (nếu cần bảo quản lâu)
Nước trái cây & đồ uống	Nước cam, nước ép trái cây Bia, rượu (nếu có vi sinh vật)	Nước trái cây đóng hộp Siro trái cây tiệt trùng
Thực phẩm đóng hộp	Không áp dụng	Thịt hộp, cá hộp, súp đóng hộp Rau củ đóng hộp (đậu, cà chua, dưa chuột)
Trứng & sản phẩm từ trứng	Trứng lỏng thanh trùng Mayonnaise & sốt trứng	Trứng tiệt trùng dạng bột Trứng đóng hộp lâu dài

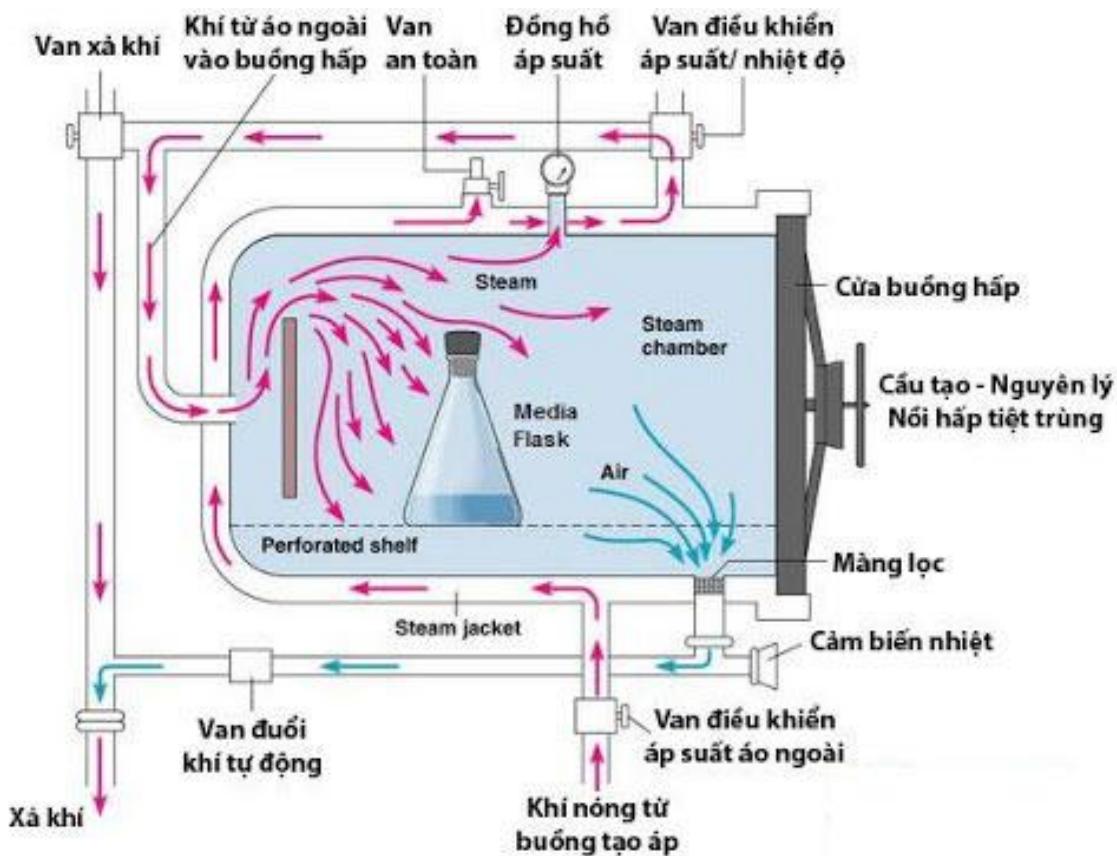
Mật ong	Mật ong thanh trùng (loại bỏ men, kéo dài thời gian bảo quản)	Không cần tiệt trùng (trừ trường hợp đặc biệt)
Thịt & hải sản	Không áp dụng	Thịt hộp, cá hộp. Hải sản tiệt trùng
Dụng cụ y tế & phòng thí nghiệm	Không áp dụng	Dao mổ, bơm kim tiêm Găng tay y tế, thiết bị cây mổ
Thực phẩm dành cho trẻ sơ sinh	Không áp dụng	Sữa bột, thức ăn dặm đóng hộp Sữa công thức tiệt trùng
Thực phẩm chế biến sẵn	Súp & nước dùng thanh trùng	Súp đóng hộp tiệt trùng Thức ăn sẵn đóng gói chân không
Gia vị & nước sốt	Nước sốt thanh trùng (tương ớt, tương cà)	Nước sốt đóng hộp để bảo quản lâu dài
Dụng cụ nhà bếp & vật dụng	Không áp dụng	Chai lọ đựng thực phẩm tiệt trùng trước khi đóng gói

Bảng 1.2: Các loại sản phẩm áp dụng tiệt trùng theo phương pháp

1.3 Tổng quan về nồi tiệt trùng

1.3.1 Khái niệm

Nồi hấp tiệt trùng (Retort) là thiết bị dùng để khử trùng những vật như dụng cụ phẫu thuật, thiết bị, dụng cụ y tế, hay các vật dụng trong phòng thí nghiệm. Trên thực tế, chiếc nồi hấp này giống như một nồi áp suất không lò, sử dụng hơi nước để tiêu diệt hết các loại vi sinh vật hay vi trùng còn sót lại sau khi các vật cần khử trùng đã được rửa qua bằng nước sôi hay chất tẩy rửa.



1.3.2 Các phương pháp tiệt trùng

Hơi nước bao hòa

Thiết bị xử lý bằng hơi nước bao hòa là một loại nồi hấp đơn giản thường có thiết kế thẳng đứng và sử dụng hơi nước làm môi chất gia nhiệt. Việc loại bỏ không khí trong giai đoạn thông gió bằng cách sử dụng phương pháp phun hơi nước là rất quan trọng để ngăn chặn sự hình thành các vùng lạnh. Việc sử dụng hơi nước bao hòa trong quá trình xử lý đã được chứng minh là có hiệu quả về chi phí và năng lượng so với các phương pháp gia nhiệt khác, vì thế nó được dung chủ yếu trong các quy trình khử trùng một số ưu điểm có thể kể đến như:

- + Nhiệt độ cao : Hơi nước bao hòa thường đạt nhiệt độ 121°C (250°F) hoặc cao hơn, đủ để làm biến tính protein và phá vỡ cấu trúc tế bào.
- + Nhiệt ẩm : Sự hiện diện của hơi nước giúp thẩm thấu vật liệu hiệu quả hơn nhiệt khô, cho phép hơi nước tiếp cận bên trong dụng cụ và vật dụng đang được khử trùng.
- + Truyền năng lượng : Hơi nước giải phóng nhiệt ẩn khi ngưng tụ trên bề mặt, làm nhiệt độ tăng nhanh và đảm bảo phân phối nhiệt toàn diện.
- + Kiểm soát áp suất : Việc sử dụng áp suất (ví dụ, trong nồi hấp) cho phép tăng nhiệt độ mà không cần đun sôi, giúp tăng cường quá trình khử trùng.

+ Kiểm soát chu trình : Chu trình khử trùng có thể được kiểm soát cẩn thận về thời gian và nhiệt độ, đảm bảo tiêu diệt hiệu quả mọi vi sinh vật.

Tuy nhiên, loại nồi hấp này gặp phải một số thách thức như biến động áp suất, làm cho việc xử lý các túi, hộp nửa cứng và khay trở nên khó khăn mà không bị biến dạng bao bì hoặc hình thành điểm lạnh.

Phun nước

Kỹ thuật nước chảy là một loại gia nhiệt gián tiếp bằng hơi nước, trong đó nước được phun dưới áp suất lên các khay trên cùng của giỏ nồi hấp. Phương pháp này phân phối nhiệt đều qua một lượng lớn nước, cho phép nhiệt truyền qua các bức tường bên của hộp chứa khi nước đi qua các hộp chứa. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng lo ngại về sự phân tán nhiệt độ không đầy đủ là không có cơ sở, vì sự biến đổi trong mức độ tiêu diệt vi sinh vật trong quá trình xử lý là nhỏ, và có sự biến đổi nhiệt độ đáng kể trong suốt quá trình nấu. Hơn nữa, các đầu phun tạo sương được đặt xung quanh buồng có thể được sử dụng để tăng cường quá trình xử lý bằng cách cung cấp khả năng truyền nhiệt tuyệt vời và làm nóng nhanh mà không cần quạt để lưu thông không khí.

Ngâm nước

Ngâm nước là một quá trình xử lý nồi hấp phổ biến (Adepoju và cộng sự, 2017), trong đó nước được đun nóng trước và sau đó được bơm vào nồi hấp để xử lý. Hộp chứa thường được ngâm hoàn toàn trong nước trong quá trình xử lý, với áp suất dư tạo ra bằng cách thổi không khí hoặc hơi nước để cải thiện mô hình truyền nhiệt. Tuy nhiên, trong một số tình huống, chẳng hạn như ngâm một phần, các gói chỉ được ngâm một phần trong nước (dưới một nửa). Điều này có thể có lợi cho tốc độ quay cao, vì lồng tạo ra ít sự xáo trộn hơn (Featherstone, 2015; Holland, 2008).

Nước được tuần hoàn trong quá trình gia nhiệt để đảm bảo phân phối nhiệt đều khắp nồi hấp. Các nhà nghiên cứu đã phát hiện ra rằng vị trí của sản phẩm trong khay và chiều cao của khay có thể ảnh hưởng đến hệ số truyền nhiệt (Ramaswamy và cộng sự, 1991). Sự lưu thông kém có thể dẫn đến truyền nhiệt không đều. Kiểm soát sự nồi của các gói có thể là một thách thức, và các túi và khay thường cản trở quá trình này, làm tăng chi phí sản xuất giỏ và giảm khả năng thích ứng. Ngâm một phần xảy ra khi thùng chứa được lắp đầy một nửa với nước, và một phần của quá trình quay diễn ra trong và ngoài nước. Phương pháp này có lợi cho tốc độ quay cao vì lồng tạo ra ít sự xáo trộn. Các nhà sản xuất như Stock Inc., FMC, Lagarde, và Lubeck sản xuất hệ thống này (Holland, 2008).

Hỗn hợp hơi nước – không khí

Việc sử dụng hơi nước và không khí là một môi trường gia nhiệt phổ biến khác. Lagarde Autoclaves đã cấp bằng sáng chế cho quy trình này vào năm 1972, và nó rất hiệu quả. Quy trình này khác biệt đáng kể so với nồi hấp hơi nước, với một thùng chứa nằm ngang có cửa mở nhanh để dễ dàng nạp và dỡ giỏ, lưu thông hơi nước cường bức, và quan trọng nhất là kiểm soát độc lập nhiệt độ và áp suất (Holland, 2008). Hơi nước và không khí được cung cấp liên tục vào thùng chứa nồi hấp để tạo ra một hỗn hợp đồng nhất. Khi nước và hơi nước được kết hợp, nồi hấp được nén khí, tạo ra một tình huống áp suất dư dẫn đến việc thông hơi liên tục. Dòng chảy liên tục của hơi nước nóng qua các hộp chứa ngăn chặn sự hình thành các điểm lạnh (Adepoju và cộng sự, 2017). Kỹ thuật này ban đầu được thiết kế cho các hộp chứa linh hoạt và nửa cứng, chẳng hạn như khẩu phần ăn quân đội trong các gói nhôm, nhưng kể từ đó đã được áp dụng cho các túi và thực phẩm ăn liền (Holland, 2008).

Các nghiên cứu ban đầu về môi trường xử lý hơi nước–không khí đã tiết lộ khả năng tạo ra một hỗn hợp hơi nước không đồng nhất (Ramaswamy và cộng sự, 1991). Châu Âu và Nhật Bản đã sử dụng phương pháp này cho thương mại trong một thời gian dài trước khi Bắc Mỹ áp dụng nó. Các nghiên cứu sau này tiết lộ rằng mô hình truyền nhiệt sẽ đủ nếu có sự pha trộn đủ (Ramaswamy và cộng sự, 1991). Loại luồng khí được xác định bởi thiết kế của nồi hấp. Nồi hấp dòng chảy dương tạo ra luồng khí hướng lên và được thiết kế cho các nồi hấp đứng. Các luồng ngang được sử dụng trong nồi hấp Lagarde, được thiết kế cho các nồi hấp ngang. Một nghiên cứu so sánh hai kiểu này phát hiện ra rằng chỉ số tốc độ gia nhiệt trung bình chung của dòng chảy dương chỉ cao hơn một chút so với nồi hấp Lagarde (Ramaswamy & Tung, 1988).

Phun hơi nước

Năm 1983, Surdry của Tây Ban Nha đã cấp bằng sáng chế cho phương pháp phun hơi nước và nước, đây là một kỹ thuật xử lý theo lô mới. Phương pháp này sử dụng không khí phun để cung cấp khả năng truyền nhiệt tuyệt vời cho các hộp chứa cứng, và không sử dụng quạt để lưu thông không khí. Thay vào đó, nước được rút từ máy bơm và kết hợp với nước ngưng tụ từ trung tâm của nồi hấp và nước ngưng tụ tuần hoàn trước khi được cung cấp trực tiếp vào buồng qua các đầu phun tạo sương đặt xung quanh nó. Mặc dù các đầu phun tạo sương cho phép làm nóng nhanh, nhưng chúng có xu hướng cản trở dòng nước trong quá trình làm mát, dẫn đến thời gian xử lý lâu hơn so với các nồi hấp nước chảy, ngâm hoặc phun nước (Holland, 2008).

1.3.3 Phân loại nồi hấp tiệt trùng

Phân loại theo kiểu dáng thiết kế

- + Nồi hấp để bàn: là nồi hấp dung tích vừa và nhỏ thông thường nhỏ hơn 50 lít. Thiết kế kiểu để bàn có dạng hộp hoặc dạng trụ tròn đơn giản có tay xách



+ Nồi hấp kiểu đứng: là nồi hấp đặt sàn, kiểu đứng hình trụ tròn hoặc có khung thép hình hộp bao quanh. Có dung tích trung bình lớn có thể hấp các mẫu: Dụng cụ, đồ vải, môi trường nuôi cấy



+ Nồi hấp nằm ngang là nồi hấp có dung tích lớn tới rất lớn, có thiết kế kiểu buồng hấp nằm ngang. Nồi có thiết kế 2 buồng riêng biệt: Buồng gia tạo áp suất riêng và buồng hấp tiệt trùng riêng



Phân loại theo ứng dụng

+ Nồi hấp tiệt trùng y tế: Tiệt trùng dụng cụ y tế, dụng cụ phẫu thuật, vật liệu y tế (như bông, gạc, kim tiêm, ống tiêm, v.v.).

Đặc điểm: Có thể đạt được nhiệt độ từ 121°C đến 134°C và áp suất cao để đảm bảo tiêu diệt hoàn toàn các vi sinh vật. Các nồi này thường đi kèm với hệ thống điều khiển và giám sát nghiêm ngặt để đảm bảo hiệu quả tiệt trùng.

Ví dụ: Nồi hấp tiệt trùng nhỏ dùng trong phòng khám, bệnh viện, hoặc các trung tâm y tế.



+ Nồi hấp tiệt trùng trong phòng thí nghiệm: Tiệt trùng dụng cụ thí nghiệm, mẫu sinh học, phương tiện cấy vi sinh vật, hoặc các vật liệu cần tiệt trùng trong nghiên cứu khoa học.

Đặc điểm: Các nồi hấp này có khả năng tiệt trùng với nhiệt độ và áp suất được điều chỉnh linh hoạt, đồng thời thường được trang bị các tính năng giám sát nhiệt độ và thời gian chính xác để đảm bảo hiệu quả tiệt trùng.

+ Nồi hấp tiệt trùng công nghiệp: Tiệt trùng thực phẩm, dược phẩm, bao bì, hoặc các sản phẩm trong quá trình sản xuất.

Đặc điểm: Những nồi hấp này có dung tích lớn và thiết kế đặc biệt để xử lý các sản phẩm sản xuất hàng loạt hoặc quy mô công nghiệp. Nồi hấp công nghiệp có thể tiệt trùng các sản phẩm như hộp thực phẩm, chai lọ, hoặc các thiết bị dược phẩm.

Ví dụ: Nồi hấp tiệt trùng trong các nhà máy sản xuất thực phẩm, dược phẩm hoặc thiết bị y tế.

+ Nồi hấp tiệt trùng trong nông nghiệp: Tiệt trùng đất, hạt giống, hoặc dụng cụ nông nghiệp để ngăn ngừa bệnh tật và vi khuẩn gây hại cho cây trồng.

Đặc điểm: Nồi hấp này thường có dung tích lớn, phù hợp với các yêu cầu tiệt trùng trong nông nghiệp, giúp loại bỏ mầm bệnh, nấm mốc, hoặc các tác nhân gây hại cho cây trồng.

Ví dụ: Nồi hấp tiệt trùng dùng trong việc xử lý đất, hạt giống trước khi gieo trồng.

1.3.4 Ứng dụng

Nồi hấp tiệt trùng được sử dụng rộng rãi các lĩnh vực như:

Trong y tế: Nồi hấp được sử dụng để tiệt trùng các loại dụng cụ: Dao kéo, banh, kẹp, ống nội soi... trong phẫu thuật. Tiệt trùng các loại đồ vải: Quần áo phẫu thuật, quần áo bệnh nhân... Hấp các mẫu thải bỏ có nguy cơ gây phát tán các loại vi khuẩn vi rút, nguồn phát tán nguồn bệnh...

Trong ngành công nghệ sinh học - Nuôi cấy mô: Nồi hấp được sử dụng để hấp môi trường nuôi cấy. Hấp dụng cụ nuôi cấy: Chai lọ, đĩa peptri, que cấy.... Hấp các mẫu thải bỏ có nguy cơ phát tán các vi sinh vật gây hại ra môi trường.

Trong ngành Thực phẩm - Đồ uống: Nồi hấp được sử dụng như một thiết bị tiệt trùng, tiệt trùng giúp tiệt trùng các loại chai, lọ bình chứa trước khi chiết rót đóng hộp. Và tiệt trùng các sản phẩm đóng chai, đóng hộp giúp thực phẩm, đồ uống có thể bảo quản lâu hơn..

Trong sản xuất công nghiệp: Nồi hấp tiệt trùng có thể sử dụng để tiệt trùng các sản phẩm yêu cầu cao độ tiệt trùng như: Các loại ống hút từ tre, cỏ. Các loại chai lọ thuỷ tinh...

Nhược điểm của nồi hấp tiệt trùng:

Bên cạnh những ưu điểm vượt trội của nồi hấp tiệt trùng dụng cụ y tế thì nó cũng có một số nhược điểm mà người sử dụng phải biết đến như:

+ Phương pháp tiệt trùng nước có hại cho các thiết bị nhạy nhiệt, các dụng cụ vi phẫu cũng sẽ bị ảnh hưởng và hư hỏng nếu bạn tiệt trùng bằng biện pháp này nhiều lần.

+ Có thể khiến cho dụng cụ y tế nhanh chóng bị rỉ sét, do phương pháp có tiếp xúc với nước. Đồng thời thiết bị cần diệt trùng cũng dễ dàng bị gây hỏng.

Ưu điểm của nồi hấp tiệt trùng:

+ Nồi hấp tiệt trùng nước không gây độc hại cho bệnh nhân hoặc với cả các nhân viên y tế khi tiếp xúc thực hiện các thao tác bấm hay tiến hành khử trùng. Và cũng đảm bảo không gây ảnh hưởng xấu đến môi trường xung quanh cũng như không khí.

+ Chu kỳ hoạt động của máy rất dễ làm quen và kiểm soát và giám sát các quá trình của máy.

+ Tiệt trùng vi khuẩn nhanh chóng và đạt hiệu quả, đảm bảo loại hoàn toàn các vi sinh vật bám trên các thiết bị y tế trước khi khử trùng.

+ Máy hấp tiệt trùng nước ít ảnh hưởng bởi các loại đất hưu cơ hay đất vô cơ trong khi đang tiến hành khử trùng.

+ Thời gian tiệt trùng của mỗi chu kỳ diễn ra vô cùng nhanh chóng và hiệu quả. Do đó ta có thể tiến hành khử trùng liên tục và nhiều thiết bị y tế cũng lúc.

1.3.5 Ảnh hưởng của loại bao bì cho từng chế độ tiệt trùng

1. Chai thủy tinh hoặc nhựa

- Chai thủy tinh: Chịu nhiệt tốt nhưng có nguy cơ nứt vỡ do sốc nhiệt, cần kiểm soát tốc độ làm nóng/làm nguội.
- Chai nhựa: Có thể biến dạng nếu gặp nhiệt độ quá cao, cần chọn phương pháp tiệt trùng phù hợp như UHT + chiết rót vô trùng.
- Chai có nắp kim loại hoặc gioăng cao su: Cần kiểm tra độ bền vật liệu với hơi nước hoặc hóa chất khử trùng

Phương pháp thường dùng:

- Tiệt trùng bằng nhiệt ướt (nước nóng, hơi nước): Áp dụng cho chai thủy tinh, sử dụng nồi hấp (autoclave) hoặc phun nước nóng.
- Tiệt trùng UHT (Ultra High Temperature) kết hợp chiết rót vô trùng: Áp dụng cho chai nhựa, sử dụng tiệt trùng sản phẩm trước khi đóng gói để tránh hư hỏng do nhiệt độ cao.
- Tiệt trùng bằng khí EO (ethylene oxide) hoặc tia UV: Được sử dụng với chai nhựa không chịu được nhiệt độ cao.

2. Túi nhựa mềm

- Không chịu được nhiệt độ và áp suất cao như lon hoặc chai thủy tinh, nên tiệt trùng sản phẩm trước khi đóng gói.
- Quá trình cân bằng áp suất rất quan trọng
- Kiểm tra độ bền màng bao bì với hóa chất khử trùng như H₂O₂ để tránh làm hỏng vật liệu.

Phương pháp thường dùng:

- Tiệt trùng bằng UHT kết hợp chiết rót vô trùng: Sản phẩm được tiệt trùng trước, sau đó đóng vào bịch trong môi trường vô trùng.
- Tiệt trùng bằng hydrogen peroxide (H₂O₂) hoặc tia UV: Áp dụng cho bề mặt bên trong của bao bì trước khi chiết rót.
- Tiệt trùng bằng hơi nước hoặc khí nóng: Hiếm khi áp dụng trực tiếp do bịch có thể không chịu được nhiệt cao.

3. Lon kim loại

- Kiểm soát áp suất trong quá trình tiệt trùng để tránh biến dạng lon.
- Tránh ăn mòn lon bằng cách điều chỉnh độ pH của sản phẩm (đặc biệt với lon thiếc).
- Làm nguội dần sau tiệt trùng để tránh sốc nhiệt gây biến dạng nắp lon. Phương pháp thường dùng:
 - Tiệt trùng bằng nồi hấp (Retort sterilization): Sử dụng hơi nước hoặc nước nóng dưới áp suất cao (từ 115 - 130°C) để tiệt trùng cả sản phẩm và bao bì cùng lúc.
 - Tiệt trùng bằng phương pháp phun nước nóng (Spray Sterilization): Phù hợp với sản phẩm có độ nhạy cảm với nhiệt.

CHƯƠNG 2: LÝ THUYẾT TIỆT TRÙNG

2.1 Các khái niệm cần thiết trong tiệt trùng

Tính thời gian nhỏ nhất để tiệt trùng một lượng vi khuẩn theo yêu cầu và đảm bảo nhiệt độ đều toàn sản phẩm (thời gian giữ nhiệt độ 250F)

- Thời gian nhiệt độ vào tâm sản phẩm
- Thời gian vi khuẩn chết khi giữ nhiệt 250F

Chúng ta hãy giả sử ngâm trong hơi nước bão hòa (tức là ngưng tụ), ở nhiệt độ không đổi, một hệ thống bị ô nhiễm bởi một loại vi sinh vật (mà chúng ta giả sử, để đơn giản, là tinh khiết và đồng nhất), ví dụ một lọ chứa hỗn dịch nước của một vi sinh vật bào tử nhất định. Người ta đã chứng minh bằng thực nghiệm rằng, trong các điều kiện trên, phản ứng phân hủy nhiệt của vi sinh vật đang đề cập tuân theo các định luật phản ứng hóa học. Sử dụng N để chỉ số lượng vi sinh vật có trong hệ thống tại một thời điểm nhất định, sự biến thiên của số này là hàm số của thời gian t đã chọn tiếp xúc với nhiệt độ khử trùng đã chọn có thể được viết là

$$\frac{dN}{N} = -K dt \quad (2.1)$$

Trong đó: N là số lượng vi sinh vật sau thời gian tiếp xúc t

K là hằng số tốc độ phản ứng phụ thuộc vào loài và điều kiện của vi sinh vật

2.1.1 Các tác nhân gây hại trong thực phẩm

Vì khuẩn:

Khi nói đến tác nhân gây hại cho con người trong thực phẩm ta không thể không đề cập đến vi khuẩn. Đây là những vi sinh vật có khả năng phát triển mạnh trong thực phẩm và gây ra các bệnh truyền qua thực phẩm nếu không được kiểm soát đúng cách. Một số loại vi khuẩn phổ biến và tác động của chúng bao gồm:

Salmonella

- Thường có trong thịt gia cầm, trứng, sữa chưa tiệt trùng và các sản phẩm từ sữa.
- Gây ra ngộ độc thực phẩm với các triệu chứng như đau bụng, tiêu chảy, sốt và nôn mửa.

Escherichia coli (E. coli), đặc biệt là *E. coli O157:H7*

- Xuất hiện trong thịt bò sống hoặc chưa nấu chín, rau sống, nước bị ô nhiễm.

- Có thể gây tiêu chảy nghiêm trọng, hội chứng tan máu-ure (HUS) có thể dẫn đến suy thận.

Listeria monocytogenes

- Tồn tại trong thực phẩm ché biến sẵn như phô mai mềm, xúc xích, sữa chưa tiệt trùng.
- Gây bệnh listeriosis, đặc biệt nguy hiểm đối với phụ nữ mang thai, trẻ sơ sinh và người già.

Clostridium botulinum

- Xuất hiện trong thực phẩm đóng hộp kém chất lượng, thực phẩm bảo quản trong điều kiện yếm khí.
- Gây ngộ độc botulism với triệu chứng liệt cơ, khó thở, nguy cơ tử vong cao.

Staphylococcus aureus

- Có mặt trên da, tay người, mũi và thực phẩm bị nhiễm khuẩn do ché biến không vệ sinh.
- Sản sinh độc tố gây ngộ độc thực phẩm với triệu chứng buồn nôn, nôn mửa, đau bụng trong thời gian ngắn.

Campylobacter

- Thường có trong thịt gia cầm chưa nấu chín, sữa chưa tiệt trùng và nước bị ô nhiễm.
- Gây viêm ruột, tiêu chảy ra máu, sốt và đau bụng dữ dội.

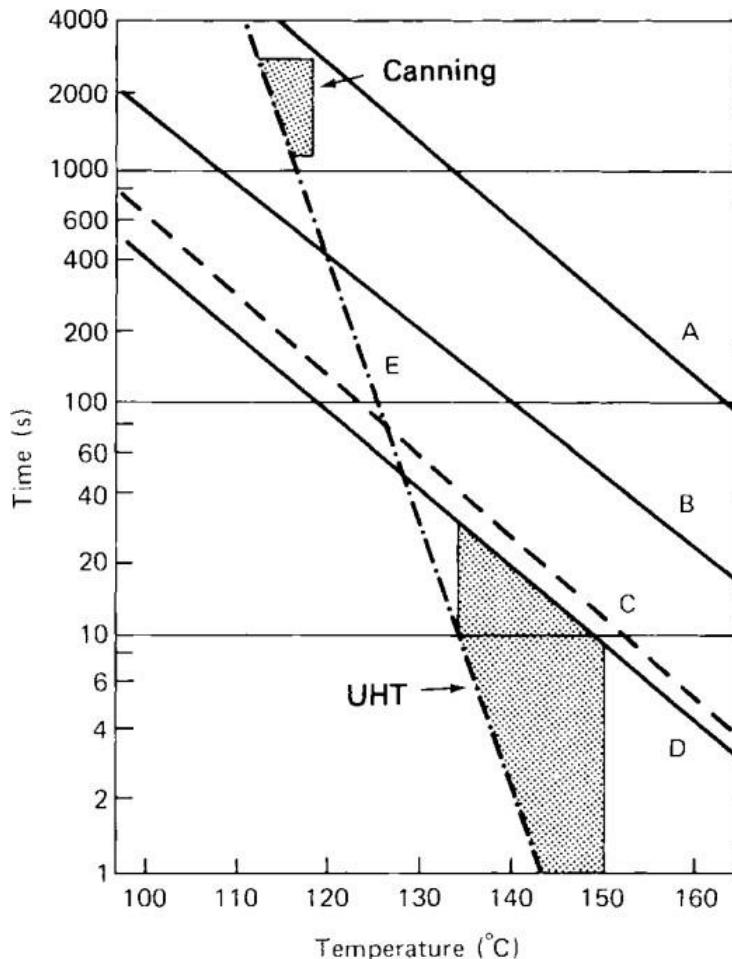
Bào tử vi khuẩn (Spore-forming bacteria) như Clostridium botulinum và Bacillus cereus chịu nhiệt rất cao, chỉ bị tiêu diệt ở nhiệt độ trên 121°C (nấu áp suất cao hoặc hấp tiệt trùng). Các vi khuẩn thông thường bị tiêu diệt trong khoảng 60 - 80°C, áp suất 1-1.1 bar

C. bào tử Botulinum là một trong những bào tử kháng nhiệt nhất trong số các sinh vật gây bệnh, và độc tố sản sinh có thể gây tử vong ở tỉ lệ cao, do đó, sự bát hoạt của chúng được coi là tiêu chuẩn triệt sản thương mại. Trong trường hợp không có oxy và các điều kiện phù hợp khác, các bào tử này mầm, phát triển và sau đó là độc tố bài tiết (National Institutes of Health (NIH)).

Loại vi khuẩn cần xét trong nước cốt dừa sau khi tiệt trùng (theo US FDA (Food and Drug Administration))

Loại vi khuẩn	Nhiệt độ chết (°C)	Ghi chú	Z (°C)	D121 (min)
<i>Salmonella</i>	60°C (10 phút)	Gây ngộ độc thực phẩm	4 – 6°C	0.002 – 0.2
<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	70°C (2 phút)	Một số chủng có thể nguy hiểm	4 – 6°C	0.002 – 0.1 min
<i>Listeria monocytogenes</i>	75°C (15 giây)	Có thể phát triển ở nhiệt độ lạnh	5 – 7°C	0.05 – 0.4 min
<i>Clostridium botulinum</i>	121°C (15 phút)	Sinh bào tử, cần tiệt trùng để tiêu diệt hoàn toàn	10 - 12°C	0.1 – 0.25 min

Bảng 2.1: Các loại vi khuẩn cần xét và điều kiện chết của chúng



Sơ đồ 2.1: Tỷ lệ phá hủy vi sinh vật và chất dinh dưỡng trong xử lý UHT: dòng A, 40% thiamin; dòng B, 10% thiamin; dòng C, 1% lysine; dòng D, 3% thiamin; Dòng E, vi sinh vật. (After Killeit (1986))

Nấm mốc:

Nấm mốc là vi sinh vật đa bào (tế bào nhân thực) có hình thái sợi nấm (sợi). Chúng bao gồm các tế bào hình ống, có đường kính từ 30 đến 100 µm, được gọi là sợi nấm, tạo thành một khối lớn gọi là sợi nấm. Nấm mốc là một loại vi sinh vật thuộc nhóm nấm, phát triển mạnh trong môi trường ẩm ướt, thiếu ánh sáng và giàu chất hữu cơ. Chúng có thể xuất hiện trên nhiều loại thực phẩm như bánh mì, trái cây, ngũ cốc, đậu, sữa và các sản phẩm từ sữa. Một số loại nấm mốc không gây hại, thậm chí còn được sử dụng trong sản xuất thực phẩm (như phô mai xanh, nước tương), nhưng nhiều loại khác có thể sinh ra độc tố nguy hiểm cho sức khỏe con người.

Ảnh hưởng của nấm mốc đến sức khỏe

- Ngộ độc cấp tính khi ăn phải thực phẩm chứa nhiều độc tố nấm mốc, gây buồn nôn, nôn mửa, tiêu chảy.
- Ảnh hưởng lâu dài đến gan, thận, hệ miễn dịch, thậm chí gây ung thư nếu tiếp xúc thường xuyên với độc tố nấm mốc.

- Một số nấm mốc có thể gây bệnh hô hấp khi hít phải bào tử nấm, đặc biệt nguy hiểm với người bị suy giảm miễn dịch.

Các loại nấm mốc phổ biến như Aspergillus, Penicillium, Fusarium đều hầu hết bị tiêu diệt ở nhiệt độ thanh trùng 60-90 độ trong khoảng thời gian 15 phút tùy loại. Việc kiểm soát nấm mốc trong thực phẩm không chỉ giúp đảm bảo chất lượng thực phẩm mà còn bảo vệ sức khỏe người tiêu dùng khỏi nguy cơ ngộ độc và các bệnh nghiêm trọng liên quan đến độc tố nấm mốc.

Nấm men:

Nấm men là một loại vi sinh vật thuộc nhóm nấm, có kích thước rất nhỏ (chỉ vài micromet) và sinh sản chủ yếu bằng hình thức nảy chồi. Chúng thường tồn tại trong môi trường giàu đường và ẩm ướt, có thể phát triển trên thực phẩm như trái cây, sữa, nước ép, bánh mì và đồ uống có cồn.

Thời gian sinh trưởng của nấm men chậm hơn so với vi khuẩn, với thời gian điển hình là 2 đến 3 giờ trong thực phẩm, từ khi nhiễm một loại nấm men/g thực phẩm ban đầu đến hư hỏng trong khoảng 40 đến 60 giờ. Giống như nấm mốc, nấm men có thể lây lan qua không khí hoặc bằng các phương tiện khác và có thể bám trên bề mặt thực phẩm. Các khuẩn lạc nấm men thường ẩm hoặc nhót và có màu trắng kem. Nấm men thích Aw từ 0,90 đến 0,94, nhưng có thể phát triển dưới 0,90. Trên thực tế, một số loại nấm men thường có thể phát triển ở Aw thấp tới 0,60. Các vi sinh vật này phát triển tốt nhất trong phạm vi axit trung gian, độ pH từ 4,0 đến 4,5. Nấm men có nhiều khả năng phát triển trên thực phẩm có độ pH thấp hơn và trên những thực phẩm được đóng gói chân không. Thực phẩm bị nhiễm nhiều nấm men thường có mùi trái cây nhẹ.

Nấm men có thể có lợi hoặc gây hại tùy theo loài và điều kiện phát triển. Một số nấm men được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm, nhưng một số khác có thể gây hư hỏng thực phẩm hoặc ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

Ảnh hưởng của nấm men đến thực phẩm và sức khỏe

- Được sử dụng trong công nghệ lên men để sản xuất bia, rượu, bánh mì, sữa chua.
- Một số nấm men có lợi giúp cân bằng hệ vi sinh đường ruột, hỗ trợ tiêu hóa.
- Một số loài nấm men gây hư hỏng thực phẩm, làm thay đổi màu sắc, mùi vị và kết cấu của thực phẩm.
- Nấm men gây bệnh như Candida có thể ảnh hưởng đến sức khỏe, gây nhiễm trùng ở miệng, đường ruột và âm đạo nếu phát triển quá mức.

Nấm men dễ xử lý hơn nấm mốc, nhiệt độ sinh trưởng của nấm men trong thực phẩm là từ 5 – 45°C, nhưng đều bị tiêu diệt ở nhiệt độ 55 – 80°C trong 10 phút, điều này có thể đạt được ở quá trình thanh trùng. Các loại nấm men phổ biến là *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida spp.*, *Zygosaccharomyces*.

Enzyme:

Enzym là các protein có vai trò xúc tác sinh học, thúc đẩy và điều chỉnh các phản ứng hóa học trong cơ thể sinh vật. Trong thực phẩm, enzym có thể có nguồn gốc từ vi sinh vật, thực vật hoặc động vật. Chúng có thể có lợi (giúp chế biến thực phẩm) hoặc có hại (gây hư hỏng thực phẩm). Đối với nước cốt dừa:

Enzym lipase

Cơ chế tác động: Enzym lipase phân hủy chất béo trong nước cốt dừa thành glycerol và axit béo tự do. Axit béo này có thể bị oxy hóa, dẫn đến mùi ôi khét và hư hỏng chất lượng dầu dừa.

- Làm mất mùi thơm tự nhiên của nước cốt dừa.
- Khiến sản phẩm có vị chua hoặc đắng.
- Giảm giá trị dinh dưỡng của nước cốt dừa do sự phân hủy lipid.

Enzym polyphenol oxidase (PPO)

Cơ chế tác động: Polyphenol oxidase xúc tác quá trình oxy hóa polyphenol có trong nước cốt dừa, làm sản phẩm chuyển sang màu nâu hoặc vàng.

- Mất màu trắng đặc trưng của nước cốt dừa, làm giảm tính thẩm mỹ.
- Chất lượng nước cốt dừa suy giảm do oxy hóa.

Enzym protease

Cơ chế tác động: Protease phân hủy protein có trong nước cốt dừa, khiến hệ nhũ tương giữa dầu và nước bị phá vỡ.

- Nước cốt dừa bị tách lớp nhanh hơn, tạo lớp dầu phía trên và nước phía dưới.
- Kết cấu nước cốt dừa trở nên lỏng hơn, kém hấp dẫn khi sử dụng.

Enzym amylase

Cơ chế tác động: Enzym amylase phân hủy tinh bột và các polysaccharide có trong nước cốt dừa thành đường đơn, ảnh hưởng đến độ sánh của sản phẩm.

- Làm nước cốt dừa mất độ đặc, trở nên loãng hơn.
- Ảnh hưởng đến cấu trúc món ăn khi chế biến với nước cốt dừa. Enzyme có thể được bắt hoạt hoặc phân rã bằng nhiều cách:
- Xử lý nhiệt: Đun sôi nước cốt dừa ở 80-100°C trong khoảng thời gian 5 phút để vô hiệu hóa enzym có hại.
- Bảo quản lạnh: Giữ nước cốt dừa ở nhiệt độ thấp (0-4°C) để làm chậm hoạt động của enzym.

- Thêm chất chống oxy hóa: Sử dụng vitamin C hoặc axit citric để hạn chế sự oxy hóa do enzym.
- Loại bỏ không khí: Đóng gói chân không để giảm sự tiếp xúc với oxy, ngăn chặn quá trình oxy hóa do enzym.

Kiểm soát enzym là một yếu tố quan trọng để bảo quản nước cốt dừa lâu hơn, duy trì hương vị và chất lượng sản phẩm.

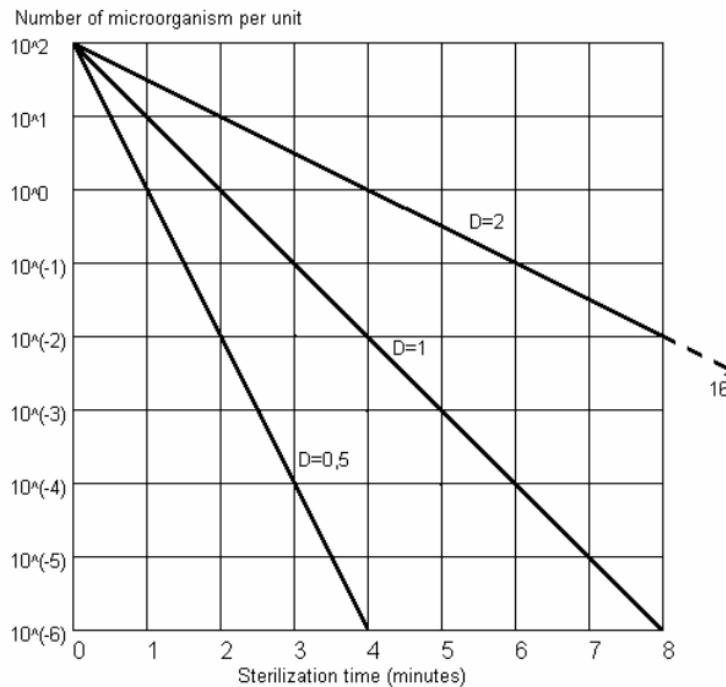
2.1.2 Giá trị D – thời gian phân rã thập phân

Giá trị D được định nghĩa là thời gian phân rã (hoặc giảm) thập phân, nghĩa là thời gian cần thiết (phút), ở nhiệt độ T xác định, để giảm quần thể vi sinh vật đang được xem xét bằng một giá trị logarit, tức là từ 100% xuống 10% giá trị ban đầu.

Giá trị D thay đổi tùy vào loại và môi trường của vi sinh vật

Vào năm 2007, Parenteral Drug Association (PDA) đã đặt tên cho tham số này là giá trị Điện trở. Nó là nghịch đảo của tốc độ phản ứng k, vì nếu $t = k^{-1}$ thì $N = 0.1N_0$.

Ở nhiệt độ 121°C, giá trị D thường dao động trong khoảng 0,5 đến 2 phút, số thường xuyên giả định D121 = 1, dùng đối với các vi sinh vật hay gấp phải, khi không có dữ liệu thực nghiệm cụ thể hơn. Rõ ràng kết quả khử trùng ở nhiệt độ không đổi có thể rất khác nhau tùy thuộc vào giá trị D của các loài vi sinh vật gây ô nhiễm (hoặc giá trị D lớn nhất, trong trường hợp ô nhiễm hỗn hợp). Biểu đồ sau đây cho thấy mức độ nhiễm bẩn đạt được là 10^{-6} trong 8 phút, bắt đầu từ mức nhiễm bẩn đơn vị ban đầu là 10^2 , ở 121°C nếu D = 1. Cần 16 phút cho cùng một kết quả nếu D = 2 và 4 là đủ nếu D = 0,5 (xem sơ đồ 1).



Sơ đồ 2.2: Mức độ tiêu diệt vi khuẩn theo thời gian phân rã thập phân D

2.1.3 Chỉ số khử trùng PNSU và SAL

Ta hãy xét trong một lô đơn vị (lọ, chai hoặc các đơn vị khác) với đơn vị nhiễm bẩn không đổi ban đầu là 100 vi sinh vật. Nếu giá trị D ở 121°C được giả sử là 1, sau một phút ở 121° C thì đạt được mức khử còn 10 vi sinh vật; sau một phút nữa, chỉ còn 1 vi sinh vật còn sống sót. Sau một phút nữa, quần thể vi sinh vật sống sót sẽ là 1/10 vi sinh vật. Sự nhiễm bẩn 1/10 không được hiểu là mỗi đơn vị chứa 1/10 vi sinh vật, điều này vô nghĩa về mặt sinh học (trong trường hợp này đơn vị có thể vô trùng) nhưng có khả năng có 1/10 trong số các đơn vị vẫn bị ô nhiễm trong lô các đơn vị đã tiệt trùng.

Nếu đơn vị đó không còn được coi là một lọ hoặc một chai mà là toàn bộ các vật phẩm được sản xuất trong một khoảng thời gian thì số lượng vi sinh vật ban đầu có trong mỗi vật phẩm phải được nhân với số lượng vật phẩm được sản xuất, và thời gian tiếp xúc để đạt được mức giảm tương đương số lượng vi sinh vật còn sót lại trong toàn bộ sản phẩm được sản xuất phải được tăng lên tương ứng.

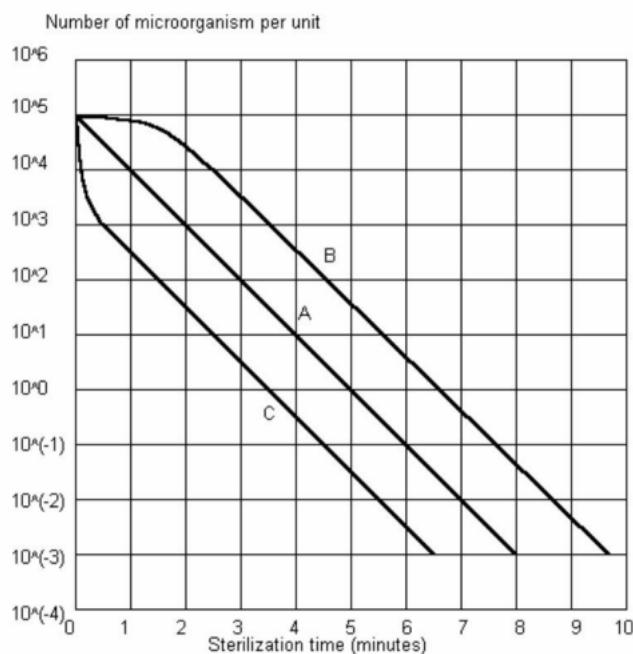
Trong ngành dược phẩm và sản xuất thuốc, PNSU và SAL là hai thuật ngữ phổ biến liên quan đến quá trình tiệt trùng và đánh giá sạch của các sản phẩm và thiết bị y tế. Đây là những chỉ số quan trọng để đảm bảo rằng sản phẩm đã được tiệt trùng một cách hiệu quả và đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn và chất lượng.

- PNSU (Probability of Non-Sterile Unit): Đây là xác suất của một đơn vị (unit) không phải là kháng khuẩn (non-sterile) trong một lô sản phẩm sau khi đã được tiệt trùng. PNSU được tính toán và đánh giá để đảm bảo rằng tiến trình tiệt trùng đã loại bỏ hầu hết các vi sinh vật từ sản phẩm. Mức độ PNSU thấp hơn cho thấy rằng quá trình tiệt trùng đã thành công và sản phẩm an toàn để sử dụng.

- SAL (Sterility Assurance Level): Đây là một chỉ số thể hiện mức độ đảm bảo về sự kháng khuẩn (sterility) của một sản phẩm sau khi đã qua quá trình tiệt trùng. SAL được đo bằng xác suất một đơn vị sản phẩm còn lại có vi khuẩn không kháng khuẩn sau khi đã tiệt trùng. Ví dụ, SAL 10^{-6} có nghĩa là có 1 trên xác suất 10 triệu rằng mỗi đơn vị sản phẩm vẫn còn có vi sinh vật không kháng khuẩn sau khi tiệt trùng.

Đảm bảo PNSU và SAL đúng chuẩn là rất quan trọng trong sản xuất các sản phẩm y tế và dược phẩm để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong sử dụng. Nhất là chắc chắn rằng ngay cả điểm lạnh nhất bên trong các đơn vị của lô cũng đã nhận được lượng nhiệt ấm gây chết người đủ để đạt được PNSU cần thiết.

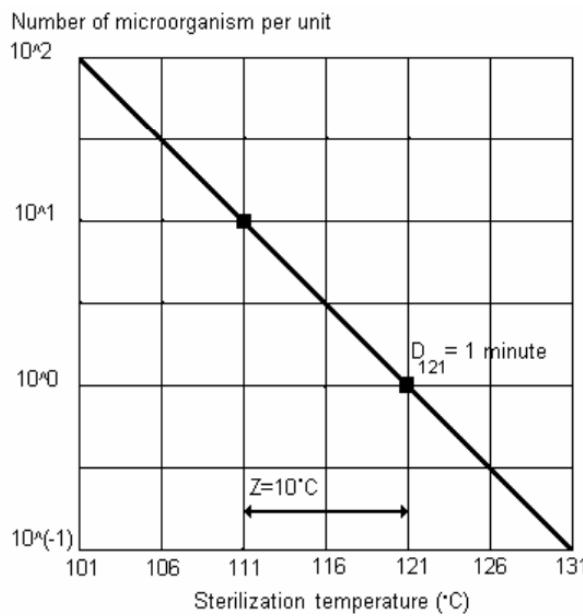
Trên thực tế, các đường sống sót được xem xét cho đến nay chỉ mang tính lý thuyết. Các đường diệt khuẩn có thể không thẳng và điểm khác biệt phổ biến nhất là chúng lõm hoặc lồi, đặc biệt ở nồng độ cao tức là chúng giống đường đi của đường cong B và C đối với đường thẳng lý thuyết A.



Sơ đồ 2.3 Biến động của thời gian phân rã thập phân D

2.1.4 Giá trị z – hệ số hiệu quả nhiệt

Tất cả những cân nhắc ở trên đã được phát triển dựa trên giả định cơ bản rằng nhiệt độ của hơi nước được giữ không đổi trong suốt thời gian tiếp xúc. Ta biết giá trị D sẽ thay đổi khi nhiệt độ thay đổi. Nếu các giá trị D thu được từ dữ liệu thực nghiệm của một loài vi sinh vật nhất định được vẽ trên biểu đồ bán logarit dưới dạng hàm của nhiệt độ T, thì sẽ thu được đường dẫn tương tự như sau:



Sơ đồ 2.4: Hệ số hiệu quả nhiệt z

Trong trường hợp này, có thể thấy rằng giá trị D là 1 phút ở 121°C (tức là giá trị trung bình thường được cho là có thể chấp nhận được khi không có dữ liệu thực nghiệm chính xác hơn). Cũng có thể thấy rằng, trong ví dụ của Sơ đồ (2.3), giá trị D thay đổi theo hệ số 10 nếu nhiệt độ thay đổi 10°C .

Giá trị z được định nghĩa là hệ số nhiệt độ tiêu diệt vi sinh vật, tức là số độ nhiệt độ gây ra sự thay đổi D gấp 10 lần (hay nói chung hơn là tốc độ khử trùng). Cụ thể hơn, giá trị này cho biết độ nhạy của vi sinh vật có thể dao động như thế nào khi nhiệt độ thay đổi. Giá trị z được định nghĩa là mức tăng nhiệt độ cần thiết để tăng tỷ lệ tử vong lên gấp 10 lần. Nói cách khác, đó là nhiệt độ cần thiết để giảm giá trị D đi 10 lần.

Giá trị z thường dao động trong khoảng từ 6 đến 13 đối với khử trùng bằng hơi nước trong khoảng 100 đến 130°C ; giá trị z thường được giả định bằng 10 trong trường hợp không có dữ liệu thực nghiệm chính xác hơn.

Thực tế là giá trị D thay đổi 10 lần khi nhiệt độ thay đổi 10°C , khi $z = 10$, không được dẫn đến giả định sai lầm rằng D thay đổi một lần (tức là gấp đôi) khi tăng 1°C , rõ ràng điều này là không đúng sự thật. Người ta chứng minh được khi tăng 1°C , giá trị D sẽ thay đổi khoảng 26%, Đây là một tỷ lệ khá lớn nó minh họa cho những tác động mạnh mẽ được tạo ra khi nhiệt độ khử trùng cũng chỉ thấp hơn một vài độ so với giá trị dự kiến, ở một số điểm của lô hàng.

Ta cũng nên biết rằng tác động của sự thay đổi nhiệt độ giảm đáng kể cả khi nhiệt độ tăng và nếu phương pháp khử trùng được thay đổi, giá trị z giảm xuống khoảng một nửa (và thậm chí ít hơn) đối với khử trùng khô ở khoảng 200°C . Trong những điều kiện này, giá trị z là khoảng 20 thay vì khoảng 10. Do đó, sự chênh lệch nhiệt độ nhỏ có thể rất lớn trong khử trùng bằng hơi nước sẽ kém hiệu quả hơn nhiều trong khử trùng khô.

Bảng sau liệt kê các giá trị D và giá trị z trung bình đối với một số vi sinh vật “điển hình” trên thực tế, giá trị D và giá trị z thực tế phụ thuộc phần lớn vào môi trường chứa vi sinh vật.

AVERAGE VALUE OF D AND z FOR SOME TYPICAL MICROORGANISMS		
Microorganism	D ₁₂₁ (minutes)	z (°C)
Clostridium botulinum	0.2	10
Geobacillus stearothermophilus	2.0	6
Bacillus subtilis	0.5	10
Bacillus megaterium	0.04	7
Clostridium sporogenes	0.8 - 1.4	13
Clostridium histolyticum	0.01	10

Bảng 2.2: Giá trị D và giá trị z trung bình đối với một số vi sinh vật

2.1.5 Giá trị F₀ – thời gian tiếp xúc tương đương ở 121°C

Như đã thấy ở trên, giá trị D là hàm số của nhiệt độ tiếp xúc T trong điều kiện hơi bão hòa đối với từng vi sinh vật khác nhau:

$$D = D(T)$$

Trên cơ sở định nghĩa hệ số z, nó cũng phải là

$$(T - z) = D(T) * 10 \quad (2.2)$$

Với điều kiện hiển nhiên là $D = D_0$ nếu $T = T_0$, hàm toán học thỏa mãn mối quan hệ trên là

$$D = D_0 * 10^{(T_0 - T)/z} \quad (2.3)$$

Trong đó D_0 là giá trị của D ở nhiệt độ T_0

Bây giờ chúng ta tính khoảng thời gian cần thiết để đạt được ở nhiệt độ không đổi T_0 mức giảm tương tự của quần thể vi sinh vật đạt được ở nhiệt độ tiếp xúc thực tế T, thay đổi liên tục trong một khoảng thời gian nhất định t.

$$\int_0^{t_0} \frac{dN_{T_0}}{N} = \int_0^t \frac{dN_T}{N} \quad (2.4)$$

Kết hợp với biểu thức (2.1) và định nghĩa của giá trị D

$$\int_0^{t_0} \frac{dt_0}{D_0} = \int_0^t \frac{dt}{D} \quad (2.5)$$

Giá trị D thay đổi theo nhiệt độ tiếp xúc thực tế và được cho bởi biểu thức (4), nhưng D_0 là hằng số, vì vậy chúng ta có thể viết:

$$t_0 = \int_0^t 10^{\frac{T-T_0}{z}} dt \quad (2.6)$$

Do đó, có thể tính toán tác động gây chết của quần thể vi sinh vật với nhiệt độ thay đổi T bằng cách liên hệ nó với quá trình khử trùng giả định được thực hiện ở nhiệt độ không đổi T_0 trong thời gian t_0 .

Nếu nhiệt độ tham chiếu không đổi được giả sử bằng $121,11^\circ\text{C}$ (ban đầu là 250°F) và giá trị z bằng 10, thì thời gian tương đương được cho bởi biểu thức (2.6) được đặt tên là F_0 :

$$F_0 = \int_0^t 10^{\frac{T-121.11}{10}} dt \quad (2.7)$$

F_0 là thời gian tiếp xúc tương đương ở $121,11^\circ\text{C}$ của thời gian tiếp xúc thực tế ở nhiệt độ thay đổi, được tính cho một vi sinh vật lý tưởng có hệ số nhiệt độ tiêu diệt bằng 10°C .

Được giới thiệu lần đầu tiên bởi Hiệp hội Đồ hộp Quốc gia vào năm 1968 (a), F_0 đã trở thành một chủ đề trong sản xuất dược phẩm kể từ khi được FDA sử dụng rộng rãi trong lịch sử. Quy tắc đề xuất ngày 1 tháng 6 năm 1976, với định nghĩa sau:

" F_0 có nghĩa là khoảng thời gian tương đương, tính bằng phút ở 121°C hoặc 250°F , được chuyển đổi đến sản phẩm bằng quy trình khử trùng".

Để tính toán thực tế F_0 , "giả sử giá trị z là 10°C hoặc 18°F ; thuật ngữ giá trị z có nghĩa là độ dốc của đường cong thời gian chết nhiệt và có thể được biểu thị bằng số độ cần thiết để mang lại sự thay đổi gấp 10 lần về tỷ lệ tử vong".

Trong hầu hết các trường hợp, giá trị chính xác $121,11^\circ\text{C}$ được thay thế bằng giá trị xấp xỉ 121°C . Hơn nữa, thông tin về các giá trị nhiệt độ dưới dạng hàm liên tục của thời gian trôi qua thường không có sẵn và F_0 được tính như sau:

$$F_0 = \Delta t \sum 10^{\frac{T-121.11}{z}} \quad (2.8)$$

Trong đó:

Δt khoảng thời gian giữa hai lần đo tiếp theo của T

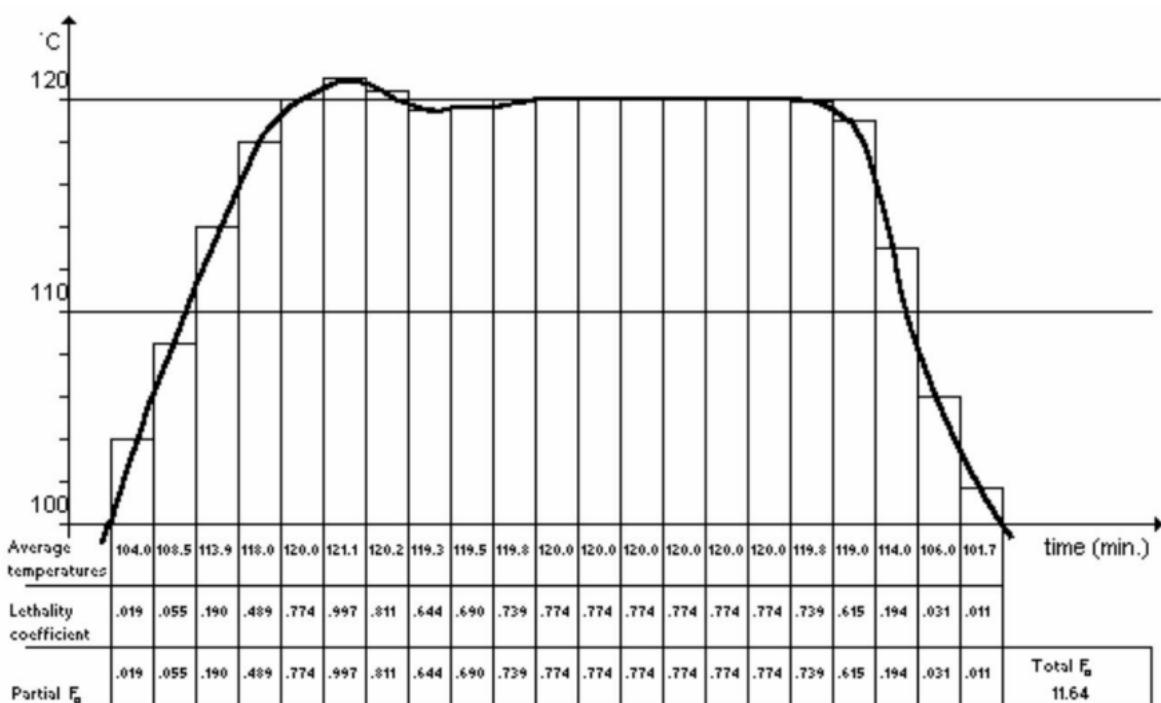
T là nhiệt độ của sản phẩm đã tiệt trùng tại thời điểm t

z là hệ số nhiệt độ, có thể giả sử bằng 10°C .

Nếu nhiệt độ $F_0 = 15$ phút và nhiệt độ cao hơn 121°C thì thời gian tiếp xúc nhiệt cần thiết bé hơn 15 phút. Ngược lại nếu thời gian tiếp xúc nhiệt lớn hơn 15 phút thì nhiệt độ bé hơn 121°C . Về cơ bản, nhiệt độ càng thấp thì thời gian tiếp xúc càng cao để đảm

bảo vi sinh vật được tiêu diệt. Người ta chỉ ra rằng, cứ thay đổi 10 độ từ 121°C thì thời gian sẽ tăng hoặc giảm 10 lần, ví dụ, nếu ta tiệt trùng ở 111°C thì cần quy trình 150 phút so với quy trình 15 phút ở 121°C, nếu ta dùng 131°C thì chỉ cần quy trình khoảng 72 giây để làm điều tương tự.

Như đã đề cập ở trên, thông thường nhiệt độ tiệt trùng không duy trì chính xác ở giá trị đã đặt trong suốt thời gian hoạt động, hơn nữa, các giai đoạn làm nóng và làm mát cũng cung cấp một lượng nhiệt diệt khuẩn nhất định và có thể được xem xét trong tính toán. Sơ đồ 4 dưới đây là ví dụ về tính toán đồ thị của F0 được thực hiện theo quy trình ghi lại nhiệt độ tiệt trùng bên trong thùng chua. Việc tính toán được thực hiện bằng cách lấy các khoảng thời gian một phút ($t = 1$), sử dụng bao gồm cả lượng diệt khuẩn của giai đoạn làm nóng và làm mát (trên 100°C). F0 cuối cùng là tổng các đoạn F0 nhỏ hơn trước đó, từ lúc nhiệt độ có ý nghĩa diệt khuẩn mà ta đã đặt. Chương 3 sẽ nói rõ hơn về quy trình tính toán trong giai đoạn này.



Sơ đồ 2.5: Phương pháp tổng hợp xấp xỉ thời gian tiếp xúc tương đương F0

2.1.6 Tỉ lệ diệt khuẩn – lethal rate

Do biểu thức hàm mũ nên việc tính F0 không thể đạt tốc độ cao. Do đó, các bảng đã được phát triển để liệt kê cái gọi là Tỉ lệ diệt khuẩn, tức là các hệ số tương đương cho phép so sánh mức phơi nhiễm ở nhiệt độ T với mức phơi nhiễm trong cùng thời gian ở 121°C. Tỉ lệ diệt khuẩn cũng có thể được coi là giá trị F0 cho một đơn vị thời gian.

Bảng 2 và 3 trình bày hai ví dụ về tính toán F0. Trong Bảng 2.2, giả định $z = 10$ °C và do đó giá trị F0 được tính theo định nghĩa của nó ở 121,11 °C (250°F). Trong

Bảng 2.3, các giá trị z được giả định là thay đổi trong khoảng từ 7 đến 12 và các thời điểm tương đương khác nhau ở 121°C được tính toán trên cơ sở đó. Ta có thể thấy sự thay đổi của giá trị z ảnh hưởng đáng kể đến Tỉ lệ diệt khuẩn khi T thay đổi.

Bảng Tỉ lệ diệt khuẩn với nhiệt độ từ 90 đến $130,9^{\circ}\text{C}$ và các khoảng thay đổi nhiệt là $0,1^{\circ}\text{C}$ cho phép ta điều chỉnh tỉ lệ diệt khuẩn. Do đó, nếu chúng ta đề cập đến hệ số ở 120°C , chúng ta có thể nói rằng bất kỳ thời gian khử trùng nào ở 120°C phải được nhân với 0,774 để bằng thời gian ở $121,1^{\circ}\text{C}$, tức là biểu thị nó là F0.

$$1 \text{ phút ở } 120^{\circ}\text{C} = 1' \times 0,774 = 0,77 \text{ phút ở } 121,1^{\circ}\text{C}$$

$$15 \text{ phút ở } 120,0^{\circ}\text{C} = 15' \times 0,774 = 11,61 \text{ phút ở } 121,1^{\circ}\text{C}$$

$$20 \text{ phút ở } 120,0^{\circ}\text{C} = 20' \times 0,774 = 15,87 \text{ phút ở } 121,1^{\circ}\text{C}$$

T°C	+0.0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9
	LETHAL RATE									
90	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001
91	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001
92	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.001	.002
93	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
94	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
95	.002	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003
96	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.004	.004	.004	.004
97	.004	.004	.004	.004	.004	.004	.004	.005	.005	.005
98	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.006	.006	.006	.006
99	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.008
100	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.009	.009	.010
101	.010	.010	.010	.010	.011	.011	.011	.011	.012	.012
102	.012	.013	.013	.013	.013	.014	.014	.014	.015	.015
103	.015	.016	.016	.017	.017	.017	.018	.018	.019	.019
104	.019	.020	.020	.021	.021	.022	.022	.023	.023	.024
105	.024	.025	.026	.026	.027	.027	.028	.029	.029	.030
106	.031	.032	.032	.033	.034	.035	.035	.036	.037	.038
107	.039	.040	.041	.042	.043	.044	.045	.046	.047	.048
108	.049	.050	.051	.052	.054	.055	.056	.057	.059	.060
109	.062	.063	.064	.066	.067	.069	.071	.072	.074	.076
110	.077	.079	.081	.083	.085	.087	.089	.091	.093	.095
111	.097	.100	.102	.104	.107	.109	.112	.115	.117	.120
112	.123	.126	.128	.131	.135	.138	.141	.144	.148	.151
113	.154	.158	.162	.166	.169	.173	.177	.182	.186	.190
114	.194	.199	.204	.208	.213	.218	.223	.229	.234	.239
115	.245	.251	.256	.262	.268	.275	.281	.288	.294	.301
116	.308	.315	.323	.330	.338	.346	.354	.362	.371	.379
117	.388	.397	.406	.416	.426	.435	.446	.456	.467	.477
118	.489	.500	.512	.523	.536	.548	.561	.574	.587	.601
119	.615	.629	.644	.659	.674	.690	.706	.723	.739	.757
120	.774	.792	.811	.830	.849	.869	.889	.910	.931	.953
121	.975	.997	1.021	1.044	1.069	1.093	1.119	1.145	1.172	1.199
122	1.227	1.256	1.285	1.315	1.346	1.377	1.409	1.442	1.475	1.510
123	1.545	1.581	1.618	1.655	1.694	1.733	1.774	1.815	1.857	1.901
124	1.945	1.990	2.037	2.084	2.133	2.182	2.233	2.285	2.338	2.393
125	2.448	2.506	2.564	2.624	2.685	2.747	2.811	2.877	2.994	3.012
126	3.082	3.154	3.228	3.303	3.380	3.459	3.539	3.622	3.706	3.792
127	3.881	3.971	4.063	4.158	4.255	4.354	4.456	4.559	4.666	4.774
128	4.885	4.999	5.116	5.235	5.357	5.482	5.608	5.740	5.874	6.010
129	6.150	6.294	6.440	6.590	6.744	6.901	7.062	7.226	7.394	7.567
130	7.743	7.293	8.108	8.297	8.490	8.688	8.890	9.097	9.309	9.526

Bảng 2.3: Bảng tỉ lệ diệt khuẩn với z = 10°C

TEMPERATURE (°C)	z-VALUES (°C)					
	7	8	9	10	11	12
	LETHAL RATE					
100	.001	.002	.005	.008	.012	.018
101	.001	.003	.006	.010	.015	.022
102	.002	.004	.008	.013	.019	.026
103	.003	.006	.010	.016	.023	.032
104	.004	.007	.013	.020	.028	.038
105	.005	.010	.017	.025	.035	.046
106	.007	.013	.022	.032	.043	.056
107	.010	.018	.028	.040	.053	.068
108	.014	.024	.036	.050	.066	.083
109	.019	.032	.046	.063	.081	.100
110	.026	.042	.060	.079	.100	.121
111	.037	.056	.077	.100	.123	.147
112	.052	.075	.100	.126	.152	.178
113	.072	.100	.129	.158	.187	.215
114	.100	.133	.167	.200	.231	.261
114.5	.118	.154	.190	.224	.257	.287
115	.139	.178	.215	.251	.285	.316
115.5	.164	.205	.245	.282	.316	.348
116	.193	.237	.278	.316	.351	.383
116.5	.228	.274	.316	.355	.390	.422
117	.268	.316	.359	.398	.433	.464
117.5	.316	.365	.408	.447	.481	.511
118	.373	.422	.464	.501	.534	.562
118.5	.439	.489	.527	.562	.593	.619
119	.518	.562	.599	.631	.658	.681
119.5	.611	.649	.681	.708	.731	.750
120	.720	.750	.774	.794	.811	.825
120.5	.848	.886	.880	.891	.901	.909
121	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
121.5	1.11	1.16	1.14	1.12	1.11	1.10
122	1.39	1.33	1.29	1.23	1.22	1.21
122.5	1.64	1.54	1.47	1.14	1.37	1.33
123	1.93	1.78	1.67	1.59	1.52	1.47
123.5	2.28	2.05	1.90	1.78	1.69	1.62
124	2.68	2.37	2.15	2.00	1.87	1.78
125	4.39	3.16	2.78	2.82	2.31	2.15
126	5.18	4.22	3.59	3.16	2.85	2.61
127	7.20	5.62	4.64	3.98	3.51	3.16
128	10.0	7.50	6.00	5.01	4.33	3.83
129	13.9	10.0	7.74	6.31	5.34	4.64
130	19.3	13.3	10.0	7.94	6.58	5.62

Bảng 2.4: Bảng ti lệ diệt khuẩn với z nằm trong khoảng 7 đến 12°C

2.2 Các pha tiệt trùng

Quá trình tiệt trùng bằng hệ thống nồi hơi phun nước thường trải qua các giai đoạn sau:

Chuẩn bị:

Sau khi đặt các gioi hàng cần tiệt trùng và đóng cửa để bắt đầu quá trình, nước máy (hoặc tốt hơn là nước cát) được đổ vào bình đun đến mức nhất định (thấp hơn gioi), luôn được điều khiển bởi bộ điều khiển mực nước. Nước này cũng có thể được làm nóng trước đến nhiệt độ yêu cầu để ngăn ngừa sự giảm nhiệt độ của sản phẩm khi bắt đầu quá trình. Nước đổ vào có thể dùng bơm hoặc đổ trực tiếp, lượng nước này tuần hoàn trong máy giúp cho quá trình tiệt trùng. Đảm bảo lượng nước phải sạch vì nó sẽ trực tiếp xúc với sản phẩm (nước mềm).

Gia nhiệt:

Khi van thông hơi đóng lại, nhiệt độ tăng dần đạt đến nhiệt độ náu đã đặt trước rất nhanh. Điều này đạt được khi cho hơi nước nóng chạy qua bộ trao đổi nhiệt, gia nhiệt cho nước tuần hoàn được phun liên tục trong buồng chứa sản phẩm.

Khi nhiệt độ tăng, khí nén cũng được bơm vào buồng để cân bằng áp suất do hộp sản phẩm nở ra, tránh làm hư hại sản phẩm, áp suất tăng dần theo nhiệt độ, van hơi nóng sẽ đóng lại khi nhiệt độ đủ để điều khiển bằng bộ gia nhiệt.

Tiết trùng:

Khi nhiệt độ sản phẩm đạt đến điểm tiệt trùng, hệ thống sẽ duy trì nhiệt độ trong nồi bằng bộ gia nhiệt cũng như bộ trao đổi nhiệt, các van khí, bên cạnh đó áp suất cũng cần được giữ tại nhiệt độ cân bằng để đảm bảo tỉ lệ hơi và nước, bảo vệ sản phẩm. Bộ điều khiển của máy sẽ đọc dữ liệu liên tục và tính toán thời gian cần thiết gia nhiệt, khi đạt đủ thời gian F0 cần thiết, quá trình sẽ hoàn tất.

Làm mát

Sau khi tiệt trùng xong, giai đoạn làm mát sẽ tự động được bật. Lúc này, van hơi đóng lại, sau đó van nước mở ra để nước làm mát từ tháp giải nhiệt chảy qua Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, sau đó lấy nhiệt từ nước đã khử trùng quay trở lại tháp giải nhiệt. Tại thời điểm này, áp suất bên trong được duy trì liên tục trong một thời gian để giữ cho sản phẩm không bị biến dạng hoặc vỡ trong thời gian làm nguội sớm. Trong giai đoạn làm mát, nhiều bước làm mát có thể được lập trình để đạt được khả năng làm mát tốt ở giai đoạn đầu và làm mát nhanh ở các giai đoạn sau. Chắc chắn máy bơm nước sẽ tiếp tục chạy trong suốt quá trình, ngoài ra, van xả sẽ mở nếu mực nước quá cao.

Kết thúc

Khi nhiệt độ nguội và đạt đến giá trị đã cài đặt, thường cao hơn nhiệt độ ngoài khoảng 15°C, bơm tuần hoàn nước tắt, đồng thời van xả, van xả mở hoàn toàn để giải phóng áp suất và nước bên trong. Khi áp suất được giải phóng hoàn toàn, hệ thống khóa cửa an toàn sẽ tắt cho phép mở cửa và dỡ gio.

2.3 Nước cốt dừa – quy trình tiệt trùng

Quả dừa là loại trái cây nhiệt đới được trồng và tiến hành rộng rãi ở các nước Đông Nam Á và Nam Á như Ấn Độ, Philippines, Việt Nam, Sri Lanka, Thái Lan, Malaysia,

Indonesia, một số nước Châu Phi (Nigeria, Ghana) và các nước Trung Mỹ (Dominica, Belize). Dừa tươi ở các nước này sản xuất ra đủ loại sản phẩm bao gồm nước cốt dừa, nước dừa, dầu dừa và các sản phẩm từ dừa nạo sấy, trong số các sản phẩm này, nước cốt dừa là một trong những đồ uống được ưa chuộng nhất từ dừa tươi do có hàm lượng protein, vitamin cao. và các nguyên tố vi lượng. Các sản phẩm sữa dừa được sản xuất bằng cách chuẩn bị một lượng lớn cơm dừa xay mịn và chiết xuất, trong đó hầu hết các chất rắn, chất xơ và cặn được tách ra và lọc, có hoặc không có thêm nước và hương vị, được xử lý nhiệt thích hợp và đóng gói trong thùng chứa để tiêu thụ trực tiếp hoặc sử dụng bán lẻ.

Cơm dừa tươi có thể được chế biến thành nước cốt dừa nhạt (hàm lượng chất béo 5%-7%), nước cốt dừa vừa (hàm lượng chất béo 10%-20%), nước cốt dừa nhiều chất béo (hàm lượng chất béo 20%-30%) và kem dừa (hàm lượng chất béo 30%-40%) theo hàm lượng chất béo của sản phẩm cuối cùng, hàm lượng chất béo mong muốn trong nước cốt dừa có thể được pha loãng bằng nước tinh khiết RO trong quá trình chế biến.

Các máy chế biến nước cốt dừa bao gồm thiết bị rửa và chần thịt dừa, máy xay và ép thịt dừa, máy chiết xuất nước cốt dừa, bộ lọc và tách nước cốt dừa, công thức nước cốt dừa, máy đồng nhất, khử khí và thanh trùng/khử trùng, máy làm đầy nước cốt dừa và máy đóng gói, nhà máy làm sạch CIP, hệ thống nước RO. Tất cả các máy chế biến nước cốt dừa đều được làm bằng nguyên liệu SUS304 cấp thực phẩm.

Quy trình sản xuất nước cốt dừa. Dừa tươi sau khi bóc vỏ, bóc vỏ sẽ thu được phần cùi dừa. Sau đó, cùi dừa tươi sẽ được chần hoặc sơ chế bằng nước nóng hoặc hơi nước rồi cho vào máy giặt lồng giặt để rửa. Thịt dừa sạch sẽ được xay thành từng hạt nhỏ và cho vào máy vắt để thu được nước cốt dừa. Sau đó, các bộ lọc sẽ được áp dụng để loại bỏ chất rắn và chất xơ trong nước cốt dừa. Để tránh tình trạng nước cốt dừa bị hư hỏng, sữa sẽ được thanh trùng trước và bảo quản trong thùng cách nhiệt cho công thức và tiêu chuẩn hóa tiếp theo. Nước cốt dừa sau khi được trộn với các nguyên liệu khác theo công thức sẽ được đồng nhất, thanh trùng/tiết trùng UHT và khử khí. Cuối cùng nước cốt dừa sẽ được đóng vào thùng.

CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN HỆ THỐNG

3.1 Cấu hình hệ thống

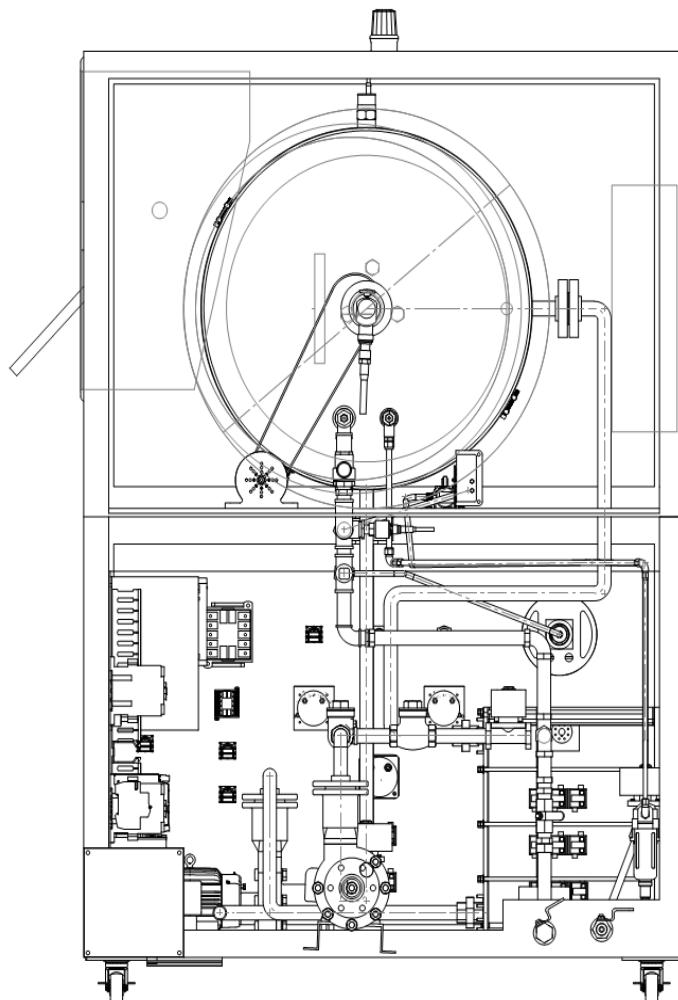
3.1.1 Cấu tạo hệ thống nồi tiệt trùng

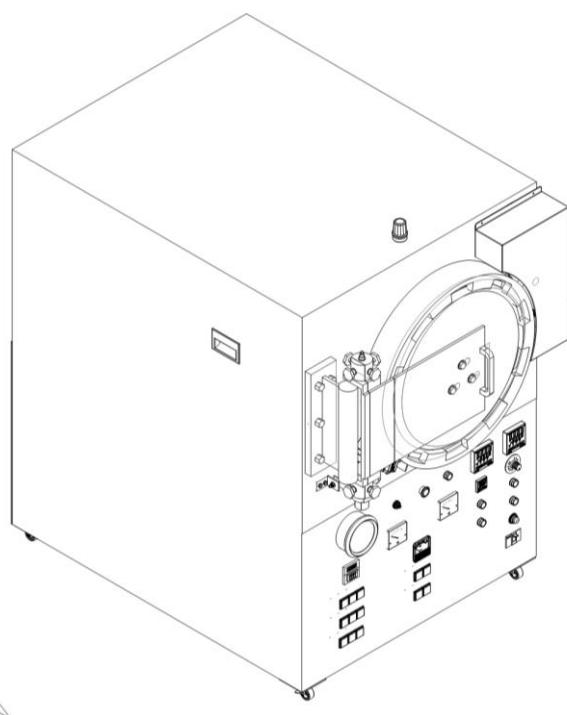
Bao gồm các chi tiết:

- Máy biến áp đầu vào chuyển AC 380V thành AC 200V cho hệ thống sử dụng.
- CB tổng ngắt mạch bằng tay để kích hoạt hệ thống.
- Relay bảo vệ mạch điện, relay nhiệt trên contactor.
- Bộ điều khiển chuyển AC 200V thành DC 24V.
- PLC Mitsubishi FX2N-48MR và bộ mở rộng chân để điều khiển hệ thống.
- Các bộ đọc ADC và DAC của dòng FX2N để điều khiển van và đọc giá trị
- Relay trung gian bật tắt đèn báo cửa (đóng, khóa).
- Bộ lọc nhiễu cho nguồn điện cấp vào PLC.
- Bộ điều khiển nhiệt độ và các cảm biến nhiệt độ PT100.
- Bộ điều khiển áp suất, điều chỉnh áp suất sao cho khớp với thông số cài đặt.
- Cảm biến áp suất loại relay.
- Bộ contactor điều khiển dòng điện cho động cơ và bộ gia nhiệt.
- Xy lanh khóa cửa.
- Van PID điều khiển khí áp
- Công tắc hành trình nhằm kiểm tra cửa đã đóng kín trước khi vận hành.
- Bộ lọc khí nén đầu vào
- Máy chuyển áp suất để chuyển đổi áp suất thành tín hiệu điện.
- Van điện tử xả nước, van điện tử hơi nóng.
- Van điện tử cấp khí nén, van điện tử cấp nước.
- Bộ trao đổi nhiệt độ.
- Cảm biến mức nước.
- Van xả khi áp suất quá cao.
- Các đèn tín hiệu cho các trạng thái, nút bấm cài đặt thông số.

- Loa và đèn khẩn cấp.
- Đồng hồ đo áp suất, dòng điện và tốc độ quay.
- Timer cài đặt thời gian hoạt động.

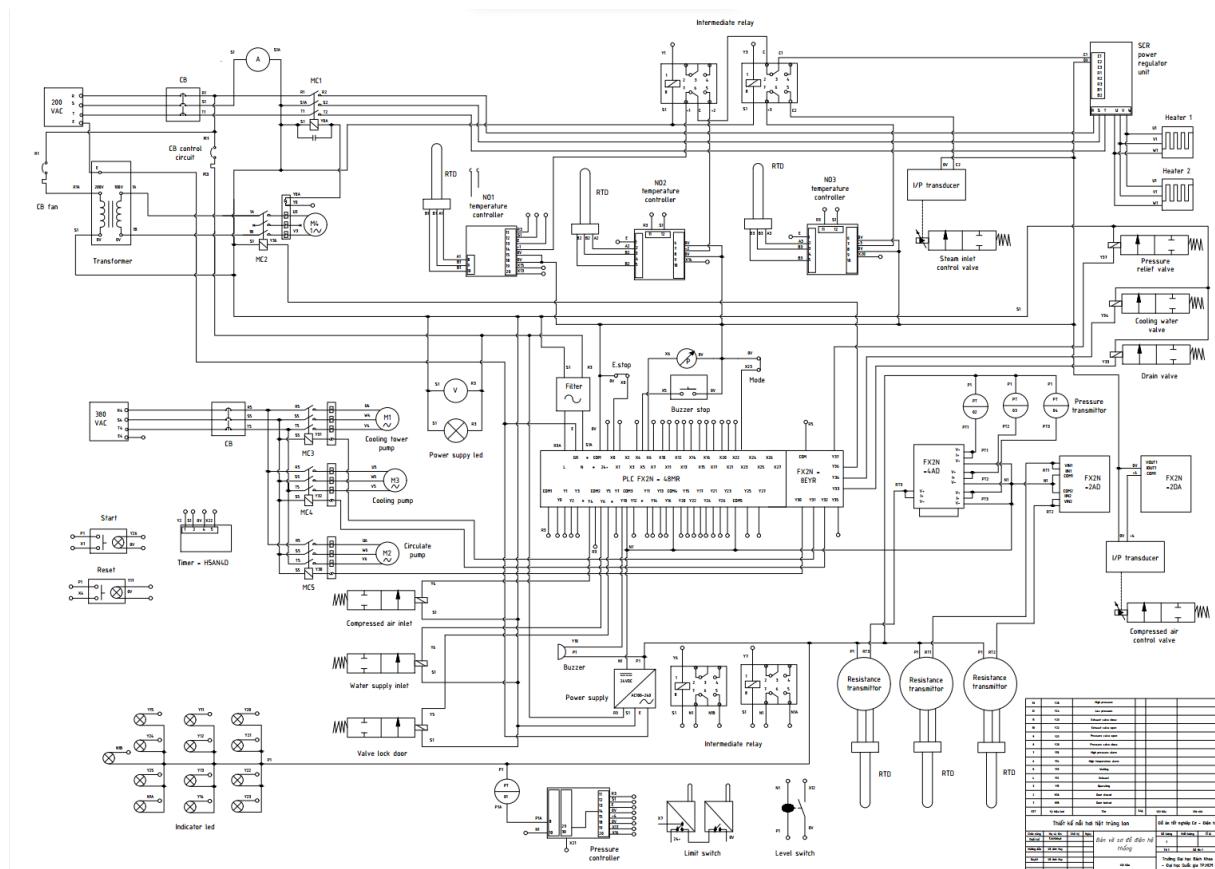
Ngoài ra cần có bộ tạo hơi nước (nồi hơi), bộ tạo khí nén và bể nước đầu vào cho máy sử dụng, các đường ống khí, đầu nối ống, van khóa bằng tay khi sửa chữa.





Hình 3.1: Bản vẽ tổng quát hệ thống

3.1.2 Hệ thống điện



Sơ đồ 3.1: Sơ đồ bản vẽ điện hệ thống

3.1.3 Lựa chọn cảm biến

Nguồn điện: nếu không xét đến máy biến áp chung thì ta dùng hai nguồn điện chính là 200 VAC dành cho các thiết bị điện và 380 VAC dành cho các bơm nước.

Cảm biến: gồm các cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất.

+ Cảm biến nhiệt độ có các loại

Cảm biến nhiệt độ nhiệt điện (Thermocouple)

Nguyên lý hoạt động: Dựa trên hiện tượng nhiệt điện (seebeck effect), khi hai kim loại khác nhau tiếp xúc với nhau và có sự chênh lệch nhiệt độ, sẽ tạo ra một điện áp.

Đặc điểm:

Phạm vi nhiệt độ rộng (từ -200°C đến 2500°C tùy loại).

Giá thành rẻ, dễ sử dụng.

Độ chính xác không cao như các loại cảm biến khác.

Ứng dụng: Sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp, nồi hơi, lò nấu kim loại, máy móc chế tạo.

Cảm biến nhiệt độ RTD (Resistance Temperature Detector)

Nguyên lý hoạt động: RTD sử dụng sự thay đổi của điện trở của một vật liệu (thường là platinum) khi nhiệt độ thay đổi.

Đặc điểm:

Độ chính xác cao, ổn định lâu dài.

Phạm vi nhiệt độ hạn chế hơn thermocouple (thường từ -200°C đến 850°C).

Chi phí cao hơn so với thermocouple.

Ứng dụng: Thường được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác cao, như trong các ngành công nghiệp hóa chất, dược phẩm, hoặc nghiên cứu.

Cảm biến nhiệt độ cảm ứng (Thermistor)

Nguyên lý hoạt động: Thermistor là loại điện trở có sự thay đổi điện trở rõ rệt khi nhiệt độ thay đổi. Có hai loại thermistor: NTC (Negative Temperature Coefficient) và PTC (Positive Temperature Coefficient).

Đặc điểm:

Giá thành rẻ, dễ dàng chế tạo.

Dải nhiệt độ nhỏ, thường từ -50°C đến 150°C (cho NTC).

Độ chính xác cao trong dải nhiệt độ hẹp.

Ứng dụng: Sử dụng trong các thiết bị điện tử, điều hòa không khí, máy lạnh, hoặc nhiệt độ trong các sản phẩm gia dụng.

Cảm biến nhiệt độ hồng ngoại (Infrared Temperature Sensor)

Nguyên lý hoạt động: Dựa vào khả năng phát ra bức xạ hồng ngoại của các vật thể khi chúng thay đổi nhiệt độ. Các cảm biến này đo bức xạ hồng ngoại và chuyển thành nhiệt độ.

Đặc điểm:

Không cần tiếp xúc trực tiếp với vật thể cần đo.

Phạm vi nhiệt độ rộng (từ -50°C đến 1000°C).

Độ chính xác bị ảnh hưởng bởi môi trường xung quanh và chất liệu bề mặt cần đo.

Ứng dụng: Dùng trong các ứng dụng đo nhiệt độ của vật thể không thể tiếp xúc trực tiếp, như đo nhiệt độ trong quá trình sản xuất, kiểm tra thiết bị điện, và các ứng dụng y tế.

Cảm biến nhiệt độ bán dẫn (Semiconductor Temperature Sensor)

Nguyên lý hoạt động: Sử dụng đặc tính của các vật liệu bán dẫn như silicon, trong đó điện trở thay đổi theo nhiệt độ.

Đặc điểm:

Phạm vi nhiệt độ hạn chế hơn so với thermocouple và RTD.

Thường có độ chính xác thấp hơn so với RTD, nhưng chi phí thấp.

Ứng dụng: Được sử dụng trong các mạch điện tử, máy tính, và các thiết bị đo nhiệt độ nhỏ.

→ Yêu cầu hệ thống là cảm biến phải hoạt động được trong môi trường nhiệt độ cao và chống nước, tín hiệu trả về có thể đọc được từ controller, khoảng đo có thể đo là 30-12°C. Chọn cảm biến nhiệt độ RTD vì tính ổn định và sai số thấp.

+ Cảm biến áp suất có các loại

Cảm biến áp suất điện trở (Strain Gauge Pressure Sensor)

Nguyên lý hoạt động: Sử dụng một bộ cảm biến điện trở (strain gauge) gắn trên vật liệu đàn hồi, khi áp suất tác động, vật liệu biến dạng dẫn đến sự thay đổi điện trở. Sự thay đổi này sẽ được chuyển thành tín hiệu điện.

Đặc điểm:

Độ chính xác cao và dễ dàng sử dụng.

Có thể đo được áp suất trong dải rộng.

Phản ứng nhanh và ổn định lâu dài.

Ứng dụng: Sử dụng trong các ứng dụng đo áp suất trong công nghiệp, ô tô, thiết bị y tế và các hệ thống đo lường chính xác.

Cảm biến áp suất điện dung (Capacitive Pressure Sensor)

Nguyên lý hoạt động: Dựa trên sự thay đổi điện dung giữa hai bề mặt điện cực khi có sự thay đổi áp suất. Khi áp suất thay đổi, khoảng cách giữa các điện cực thay đổi, làm thay đổi giá trị điện dung.

Đặc điểm:

Dễ dàng chế tạo và có độ ổn định cao.

Được sử dụng trong các ứng dụng yêu cầu độ chính xác và độ bền cao.

Ứng dụng: Các thiết bị đo áp suất trong môi trường yêu cầu độ chính xác cao và khả năng chịu được điều kiện khắc nghiệt.

Cảm biến áp suất áp điện piezoelectric (Piezoelectric Pressure Sensor)

Nguyên lý hoạt động: Dựa trên tính chất của các vật liệu piezoelectric (vật liệu có khả năng sinh điện khi chịu lực). Khi áp suất tác động vào cảm biến, nó tạo ra một tín hiệu điện.

Đặc điểm:

Phản ứng nhanh với sự thay đổi áp suất.

Thích hợp với các ứng dụng đo áp suất động (áp suất thay đổi nhanh).

Ứng dụng: Được sử dụng trong các ứng dụng đo áp suất động, chẳng hạn như trong động cơ, hệ thống thủy lực, và các cảm biến va chạm.

→ Yêu cầu hệ thống là cảm biến phải hoạt động được trong môi trường nhiệt độ cao và chống nước, tín hiệu trả về có thể đọc được từ controller, khoảng đo có thể là 1-2.1 bar. Chọn cảm biến điện áp điện trở vì tính ổn định và chi phí thấp, trong khi cảm biến loại điện dung cần các biện pháp hiệu chỉnh phù hợp vì độ phi tuyến cũng như điện dung bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ, cảm biến điện áp thiết kế để đo tải động nên sai số tuyến tính lớn hơn và sai số trong thời gian dài do mất áp lớn, bên cạnh đó cần bộ khuếch đại điện áp để hoạt động.

3.1.4 Lựa chọn PLC

Dựa vào cấu hình thiết kế hệ thống ta lập bảng đầu vào và đầu ra của PLC như sau:

Thiết bị	Tên biến
Nút E.stop	X0
Nút Start	X1
Nút reset	X4
Nút tắt buzzer	X5
Đồng hồ áp suất	X6
Công tắc hành trình khóa cửa	X7
Cảm biến mức	X12
Bộ điều khiển số 1 báo mức cao	X13
Bộ điều khiển số 2 báo mức cao	X14
Bộ điều khiển số 1 báo mức thấp	X15
Bộ điều khiển áp suất báo mức cao	X16
Bộ điều khiển áp suất báo mức thấp	X17
Bộ điều khiển số 3 báo mức cao	X20
Bộ điều khiển áp suất báo EV/HB	/X21
Timer báo về	X22
Nút chỉnh chế độ	X23
Bộ gia nhiệt thứ nhất	Y0
Relay trung gian – gia nhiệt c2	Y1
Timer kích	Y2
Relay trung gian – gia nhiệt c3	Y3
Van đầu vào khí nén	Y4
Van chốt cửa	Y5
Van cho nước vào buồng	Y6
Relay trung gian 1 – Đèn chốt cửa	Y7
Loa báo	Y10

Đèn báo đang hoạt động	Y11
Đèn báo xả khí	Y12
Đèn báo trạng thái chờ	Y13
Đèn báo nhiệt độ cao	Y14
Đèn báo áp suất cao	Y15
Đèn E.stop	Y16
Đèn báo nút reset	Y17
Đèn báo van áp suất khí đóng	Y20
Đèn báo van áp suất khí mở	Y21
Đèn báo van khí xả mở	Y22
Đèn báo van khí xả đóng	Y23
Đèn báo áp suất thấp	Y24
Đèn báo áp suất cao	Y25
Đèn nút start	Y26
Bơm tuần hoàn	Y30
Bơm tháp giải nhiệt	Y31
Bơm bộ trao đổi nhiệt	Y32
Van xả đáy	Y33
Van nước mát	Y34
Quạt	Y36
Van giảm áp	Y37

Vậy ta chọn PLC FX2N-48MR với 24 ngõ vào/ra, thêm một module FX2N-8EYR cho các output thêm.

3.2 Tính toán thời gian tiệt trùng

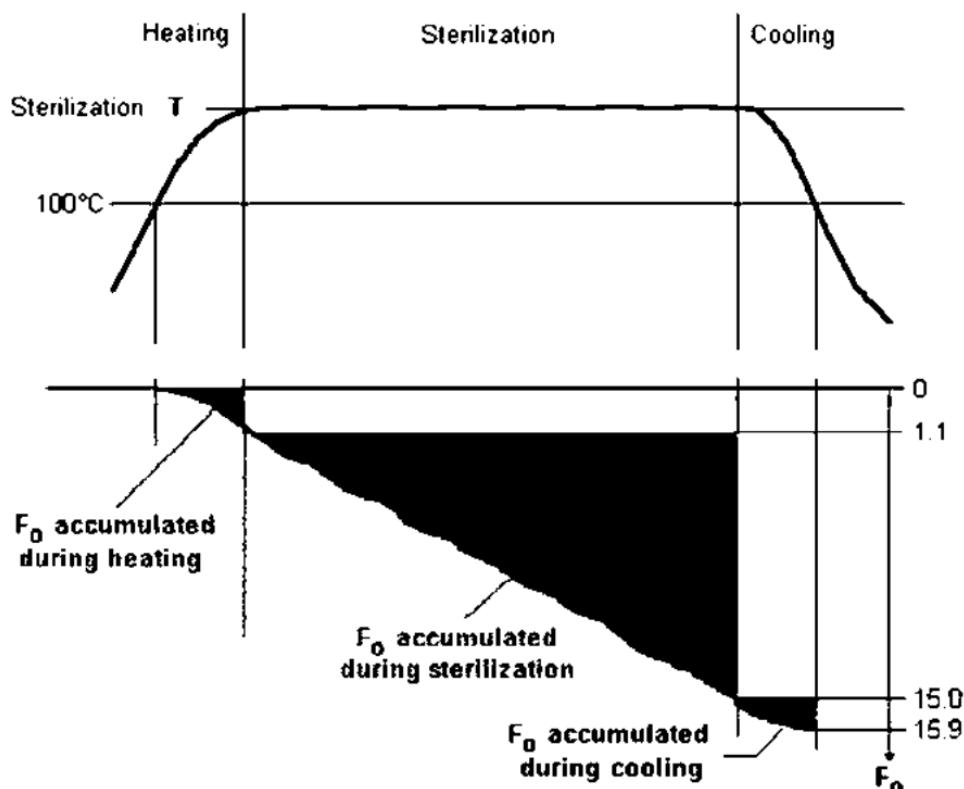
3.2.1 Tính thời gian tiếp xúc F0

Có nhiều phương pháp tính thời gian tiệt trùng trong quá trình, ta sẽ dùng phương pháp nội suy F0 để tính toán vì độ chính xác của nó.

Nhiệt độ bắt đầu tính toán F0, thường có thể được đặt trước từ 90°C trở lên (các quá trình trước đó phải được đảm bảo ổn định). Nếu nhiệt độ bắt đầu tính toán được đặt ở giá trị thấp hơn 0,5°C so với nhiệt độ khử trùng thì chỉ tính đến liều lượng diệt khuẩn

được cung cấp trong giai đoạn khử trùng. Nếu nó được đặt ở 100°C (như trong Ví dụ 2, xem bên dưới), liều lượng diệt khuẩn được cung cấp trong quá trình gia nhiệt sẽ được tính vào giai đoạn khử trùng, trong khi liều diệt khuẩn được cung cấp trong quá trình làm mát (giảm xuống đến giá trị đặt trước) cũng được đưa vào tính toán. Cần phải luôn nhớ rằng phải đạt được và bảo toàn các điều kiện nhiệt ẩm để mang lại ý nghĩa sinh học cho các giá trị F0, vì lý do này, ta không tính giá trị F0 cho các nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ khử trùng tối thiểu (120,5°C) khi sản phẩm được tiệt trùng là các loại đặc và cứng.

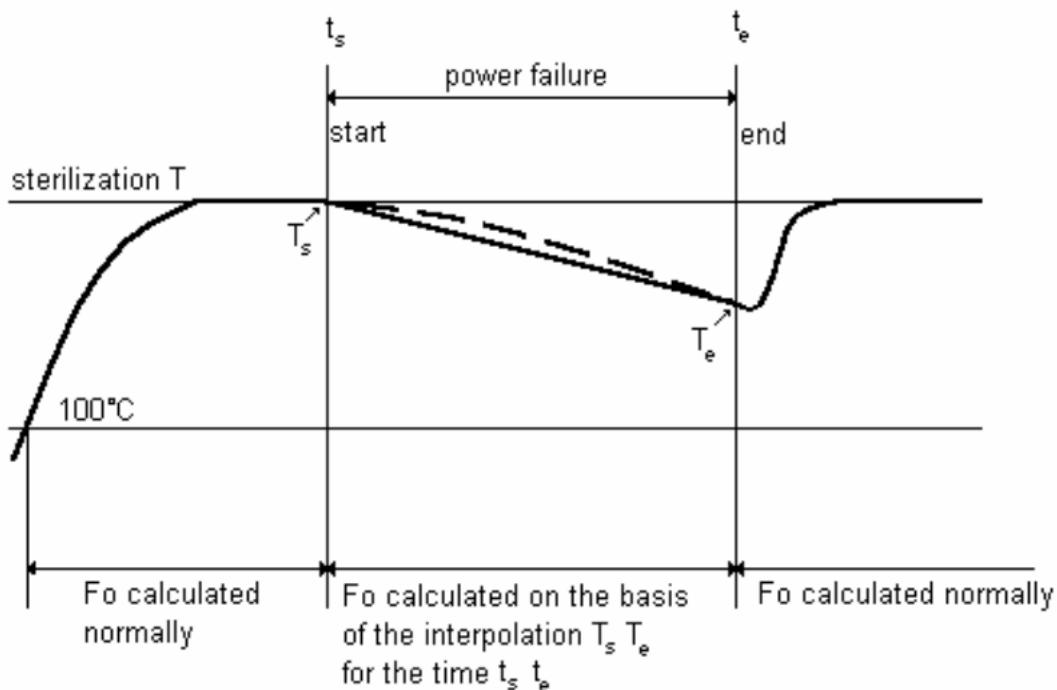
Việc tính toán F0 được thực hiện độc lập cho từng đầu dò trên cơ sở thời gian rất nhỏ, khoảng 1 giây hoặc ít hơn. Do đó, cứ sau mỗi giây hoặc ít hơn, và riêng biệt đối với mỗi đầu dò nhiệt độ được sử dụng để theo dõi quá trình, máy tính sẽ lấy nhiệt độ vào và ra từ cơ sở thời gian, tính trung bình chúng, nhập nhiệt độ trung bình này vào công thức F0, tính toán và thêm nó vào F0 tích lũy trước đó cho đầu dò đó. Mỗi khoảng thời gian do người lập trình lựa chọn, các giá trị này sẽ được ghi lại. Các giá trị được tích lũy bởi đầu dò lạnh nhất được hiển thị trên màn hình và được làm mới sau mỗi 1 hoặc 2 giây. Khi chúng đạt đến giá trị mục tiêu đặt trước, giai đoạn khử trùng sẽ kết thúc.



Sơ đồ 3.2: Giá trị F0 tổng hợp qua từng giai đoạn

Trong trường hợp nguồn điện không được đảm bảo hoặc gặp bất kỳ sự sụt giảm công suất nào trong quá trình tiệt trùng, khi công suất ổn định trở lại, ta tính thời gian tiếp xúc nhiệt F0 bằng cách nội suy tuyến tính giữa hai khoảng thời gian sụt công suất (với điều kiện nhiệt độ không sụt quá khoảng nhiệt tính toán), vì hệ thống có quan tính

nhiệt nên nhiệt độ trên lý thuyết với các điều kiện thường sẽ không giảm nhanh hơn đường tuyến tính giữa hai thời điểm, vì thế ta có thể đảm bảo $F \geq F_0$.



Sơ đồ 3.3: Giá trị F_0 tương tác với thời gian thực

Theo tài liệu (2), đối với vùng nhiệt đới, giá trị F tiệt trùng được tính như sau:

$$F = D \cdot [\log_{10}(\text{số vi khuẩn ban đầu trong can}) - \log_{10}(\text{chỉ số khử trùng})] \quad (3.1)$$

Trong đó:

F là thời gian tiệt trùng cần thiết trong một nhiệt độ cụ thể

D là thời gian phân rã thập phân ở một giá trị z cụ thể.

Chỉ số khử trùng là tỉ lệ can không đạt chuẩn có thể được tìm thấy, ví dụ giá trị 10^{-5} là tỉ lệ bé hơn 1 can không đạt chuẩn trong 10^5 can tiệt trùng.

Dựa vào bảng 6.1 tài liệu (2), vi khuẩn thường xuyên được tính toán trong tiệt trùng là Clostridium botulinum bởi số lượng và sự dẻo dai của chúng. Các thông số có thể xác định là:

- $\text{SAL} = 10^{-12}$
- $z = 10$
- $D_{121}^{10} = 0.2 \text{ min}$
- số vi khuẩn ban đầu trong 1 gram nguyên liệu = 1/gram

Số vi khuẩn ban đầu trong can tìm được khi ta có khối lượng nguyên liệu trong can. Với can 400 ml và khối lượng riêng đã tính là 1005 kg/m^3 , số lượng vi khuẩn trong can là

số lượng trong 1 can = khối lượng gram nguyên liệu * số vi khuẩn trong 1 gram

$$\text{số lượng trong 1 can} = 1000 * (0.0004 * 1005) * 1 = 402$$

Vậy ta có

$$F_{121}^{10} = D_{121}^{10} \cdot [\log_{10}(\text{số vi khuẩn ban đầu trong can}) - \log_{10}(\text{SAL})] \quad (3.2)$$

$$F_{121}^{10} = 0.2 \cdot [\log_{10}(402) - \log_{10}(10^{-12})]$$

$$F_{121}^{10} = 2.92 \text{ min}$$

Thời gian tiệt trùng khi nhiệt độ đến tâm sản phẩm là khoảng 3 phút cho loại vi khuẩn này.

3.2.2 Tính thời gian tiệt trùng B

Thời gian tiệt trùng là thời gian cấp nhiệt tiệt trùng cần thiết của sản phẩm đóng gói, tính từ lúc bật gia nhiệt đến lúc tắt nó, đồng thời quá trình nước làm mát được bắt đầu. Công thức sau có nguồn gốc từ việc sử dụng phương trình tích phân F0 đơn giản và thay thế một mô hình thực nghiệm về phân bố nhiệt độ từ các thí nghiệm thẩm nhập nhiệt. Mỗi người đã sử dụng các biểu diễn khác nhau để mô hình hóa các đường cong gia nhiệt và làm mát. Các phương pháp Ball (Ball 1923; Ball & Olson 1957) liên quan đến các tham số f_h và j để gia nhiệt theo đường thẳng và một hàm hyperbolic để mô hình hóa sự bắt đầu làm mát. Phương pháp này được phát triển thêm bởi một số người, đặc biệt là Jakobsen (1954), Hayakawa (1970) và Stumbo (1973). Gillespy (1953), Hicks (1951), Flambert và Deltour (1972a) đã sử dụng các phương trình có nguồn gốc lý thuyết dựa trên sự truyền nhiệt dẫn vào các bình chứa hình trụ.

Thời gian tiệt trùng tổng là thời gian mà từ khi hơi nóng gia nhiệt được bật cho đến lúc tắt, nó đảm bảo quá trình F0 được tích lũy đầy đủ và tạo profile hoạt động của chu trình, từ đó giúp tối ưu, tính toán và lựa chọn các mô hình. Giá trị thường được gọi bằng B và được C.O. Ball (1923) đưa ra như sau:

$$\log(T_r - T) = -B/f_h + \log [j_h(T_r - T_{ih})] \quad (3.3)$$

Trong đó:

B (min)	Tổng thời gian tiệt trùng
---------	---------------------------

f_h (min)	Hệ số truyền nhiệt
j_h	Hệ số quán tính nhiệt
T_r ($^{\circ}$ C)	Nhiệt độ trong nồi
T_{ih} ($^{\circ}$ C)	Nhiệt độ sản phẩm trước khi tiệt trùng
T ($^{\circ}$ C)	Nhiệt độ của sản phẩm trước khi tắt nhiệt

Tính f_h

f_h phụ thuộc vào thành phần và trạng thái của sản phẩm được tiệt trùng, với sản phẩm là dạng lỏng ta có thể tính như sau:

$$f_h = \frac{2.3 * c_p * \rho}{U * S} \quad (3.4)$$

Trong đó

c_p (J/(Kg $^{\circ}$ C))	Nhiệt dung riêng của sản phẩm
ρ (Kg/m 3)	Khối lượng riêng của sản phẩm
U ($\frac{J}{s * m^2 * ^{\circ}C}$)	Hệ số truyền nhiệt chung từ nhiệt độ trung bình nồi hơi đến điểm lạnh nhất của sản phẩm
S ($\frac{m^2}{m^3}$)	Hệ số bè mặt của sản phẩm lấy bằng tỉ lệ diện tích trên thể tích sản phẩm

Nhiệt dung riêng của nước cốt dừa 20% chất béo, bằng cách lấy nhiệt dung riêng của nước và dầu dừa (100% chất béo), ta ước lượng được

$$c_p = 3747 \text{ (J/(Kg $^{\circ}$ C)}$$

Khối lượng riêng của nước cốt dừa, theo trọng lượng riêng vào khoảng 1.0029-1.0080 (Gonzalez, 1990; Tangsuphoom, 2008), vì vậy khối lượng riêng của nó được tính

$$\rho = 1.005 * 1000 = 1005 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

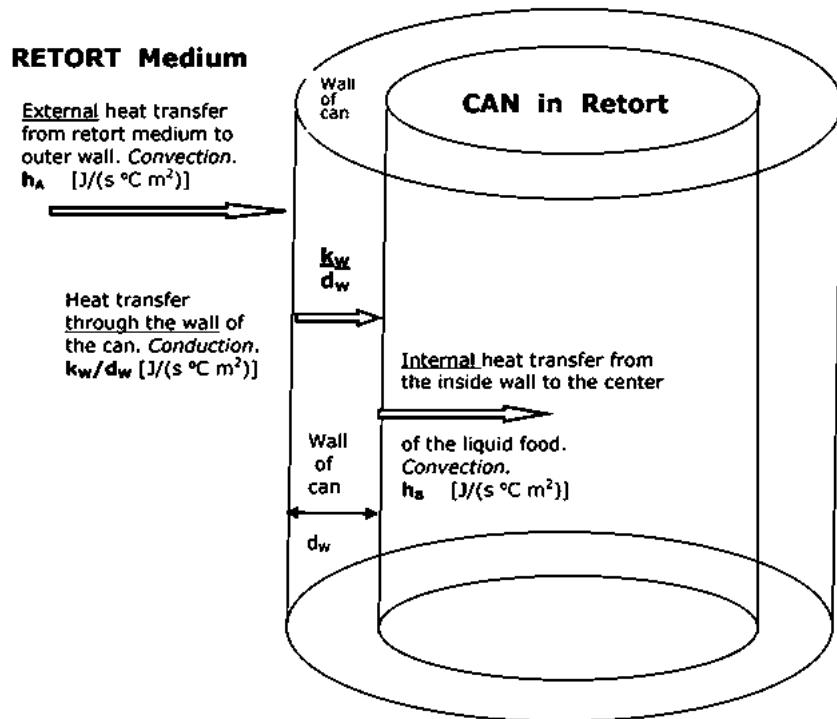
Hệ số truyền nhiệt chung U phụ thuộc nhiều yếu tố, ta có thể tính bằng công thức:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_A} + \frac{1}{k_w/d_w} + \frac{1}{h_B} \quad (3.5)$$

Trong đó:

$h_A (\frac{J}{s \cdot m^2 \cdot {}^\circ C})$	Hệ số truyền nhiệt bề mặt
$k_w (\frac{J}{s \cdot m \cdot {}^\circ C})$	Hệ số dẫn nhiệt vách
$d_w (m)$	Độ dày vách sản phẩm
$h_B (\frac{J}{s \cdot m^2 \cdot {}^\circ C})$	Hệ số truyền nhiệt từ vách trong đến tâm sản phẩm

Hình minh họa sau cho thấy quá trình truyền nhiệt và các yếu tố ảnh hưởng của nó đến các thông số.



Hình 3.2: Quá trình truyền nhiệt

Đầu tiên nhiệt lượng sẽ truyền từ nồi hơi đến vách ngoài của vỏ hộp. Lượng nhiệt nhận được được gọi là hệ số truyền nhiệt bề mặt h_A . Bảng sau cho thấy giá trị trung bình của hệ số này, thay đổi dựa trên trạng thái nhiệt bên trong nồi hơi và cách truyền nhiệt của chúng.

Cách truyền nhiệt	Hệ số truyền nhiệt bề mặt ($\frac{J}{s \cdot m^2 \cdot {}^\circ C}$)
Hơi nước	

Hơi nước bão hòa	12000
Hơi nước với 3% không khí	3500
Hơi nước với 6% không khí	1200
Nước	
Hệ phun nước	5000
Nước nóng	4000
Nước trong hồi hơi xoay và quạt	3000
Nước trong nồi hơi đứng yên	1500
Ngâm trong nước	800
Không khí nóng	
Không khí khô	20-120
Dòng chảy không khí (quạt)	30
Không khí đứng yên	6

Bảng 3.1: Hệ số truyền nhiệt bề mặt

Ta thiết kế theo hệ thống phun nước nên $h_A = 5000 \left(\frac{J}{s \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$

Quá trình tiếp theo của nhiệt sẽ truyền quá thành lon sản phẩm, vì môi trường là kim loại (sắt, thép, nhôm) nên tốc độ cũng như hệ số sẽ khác đi so với ban đầu. Ảnh hưởng chính bởi hai thông số hệ số truyền nhiệt của thành lon và độ dày lon. Bảng sau mô tả thông số đó ở một số nguyên liệu phổ biến làm thành bọc sản phẩm.

Nguyên liệu	Hệ số truyền nhiệt $k_w \left(\frac{J}{s \cdot m \cdot ^\circ C} \right)$	Độ dày thành bao $d_w \text{ (mm)}$	Tỉ lệ $k_w / d_w \left(\frac{J}{s \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$
Tâm kim loại (lon)	60	0.23	26000
Thủy tinh (chai, bình)	0.7	2.5	280
Nhôm	280	0.2	1400000
Nhựa (chai, bịch)	1.4	0.05	28000

Bảng 3.2: Hệ số truyền nhiệt vỏ hộp

Ta chọn được các hệ này dựa vào thành lon tâm kim loại.

Cuối cùng lượng nhiệt trải qua thành lon cần truyền đến tâm sản phẩm (chất lỏng), tốc độ và hiệu suất quá trình này phụ thuộc lớn vào tính chất hóa lý của sản phẩm, được biểu thị bằng hệ số h_B , trong trường hợp là chất lỏng nó sẽ được truyền tốt hơn khi chất lỏng đó có độ nhớt thấp và được các quá trình phụ kích thích (ví dụ như xoay sản phẩm trong nồi hơi xoay). Bảng sau cho thấy giá trị xấp xỉ của hệ số này tùy vào tính chất của hệ thống và của sản phẩm.

Thông số sản phẩm	Thông số nồi hơi	Hệ số truyền nhiệt $h_B (\frac{J}{s*m^2*^oC})$	Ví dụ sản phẩm
Thực phẩm có độ nhớt rất thấp	Nồi hơi đứng yên	1500	Thực phẩm đóng hộp như sữa, nước ép, bia
	Nồi hơi xoay	3000	
Thực phẩm có độ nhớt vừa	Nồi hơi xoay	500 - 1000	Cháo, sốt cà chua, xiro
	Nồi hơi đứng yên	100 - 500	
Thực phẩm độ nhớt cao	Nồi hơi xoay	40 - 50	Đường glucose dạng lỏng
	Nồi hơi đứng yên	10 - 30	
Thực phẩm rắn	Dẫn nhiệt	10 - 30	Phô mai, thịt

Bảng 3.3: Hệ số truyền nhiệt phương pháp tiệt trùng

Ta chọn hệ số cho nước cốt dừa là khoảng 100 – 500, theo bảng 8 tài liệu (3), hệ số này trong nồi hơi đứng yên, vỏ hộp kim loại, dùng nước tiệt trùng sẽ là $h_B = 100 (\frac{J}{s*m^2*^oC})$

Sau khi tìm được các hệ số ta thay vào công thức:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_A} + \frac{1}{k_w/d_w} + \frac{1}{h_B}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{5000} + \frac{1}{26000} + \frac{1}{100}$$

$$U = 97.6709 (\frac{J}{s * m^2 * ^o C})$$

Hệ số bề mặt của sản phẩm S được tính theo công thức trong bảng sau:

Hình dạng hộp	Sản phẩm dạng lỏng (m^2/m^3)	Sản phẩm dạng rắn (m^4/m^6)
Trụ	$S = 2/H + 4/D (m^2/m^3)$	$S^{*2} = \frac{9.93}{H^{*2}} + \frac{23.2}{D^{*2}}$

Hộp chữ nhật	$S = 2/H + 2/L + 2/W$ (m^2/m^3)	$S^{*2} = 14.2 \left(\frac{1}{H^{*2}} + \frac{1}{L^{*2}} + \frac{1}{W^2} \right)$
Lập phương	$S = 6/D$ (m^2/m^3)	$S^{*2} = \frac{42.6}{D^{*2}}$
Hình oval	$S = 2/H + 2/(B*D) + 2/(S*D)$ (m^2/m^3)	-
Quả cầu tròn	$S = 6/D$ (m^2/m^3)	$S^{*2} = \frac{39.5}{D^{*2}}$

Bảng 3.4: Hệ số bè mặt sản phẩm

Các kích thước D và H đo sản phẩm lần lượt là 7.6 cm và 10.2 cm. Hệ số bè mặt S theo bảng 4 tài liệu (3).

Vậy ta có

$$S = \frac{2}{H} + \frac{4}{D} = \frac{2}{0.102} + \frac{4}{0.076} = 72.2394 \text{ } (\frac{m^2}{m^3})$$

Như vậy hệ số truyền nhiệt chung của hệ là:

$$f_h = \frac{2.3 * c_p * \rho}{U * S}$$

$$f_h = \frac{2.3 * 3747 * 1005}{97.6709 * 72.2394}$$

$$f_h = 1227.5474 \text{ (s)} = 20.46 \text{ phút}$$

Tính chọn j_h

Hệ số quán tính nhiệt j_h thay đổi tùy theo độ nhót của sản phẩm, theo tài liệu (3) j_h có thể chọn trong bảng sau:

Tính chất sản phẩm	j_h
Chất lỏng + nồi hơi xoay	$0.8 < j_h < 1.2$
Chất lỏng + nồi hơi đứng yên	$1.0 < j_h < 1.4$
Chất lỏng độ nhót cao + nồi hơi xoay	$1.2 < j_h < 1.8$
Chất lỏng độ nhót cao + nồi hơi đứng yên	$1.6 < j_h < 2.0$
Chất rắn	$j_h = 2.0$

Bảng 3.5: Hệ số quán tính nhiệt

Dựa vào tính chất nước cốt dừa và dạng nồi hơi, ta chọn j_h không quá cao vì nước cốt dừa có độ nhót vừa, chọn $j_h = 1.6$.

Tính T_r , T_{ih}

Nhiệt độ nồi hơi cao hơn 1-2 độ C so với nhiệt độ ở tâm sản phẩm, ta định nhiệt độ nồi hơi là $T_r = 123^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ ban đầu của sản phẩm khi đo là $T_{ih} = 25^\circ\text{C}$.

Tính T

Nhiệt độ ở tâm sản phẩm khi gia nhiệt hơi tắt. Như đã trình bày ở chương 1, trong thực tế nhiệt độ ở tâm sản phẩm không nhất thiết phải đạt được nhiệt độ tiệt trùng (đối với những loại sản phẩm có thời gian F_0 ngắn), đây là nhiệt độ tức thời tại tâm sản phẩm khi lò hơi được tắt và bắt đầu quá trình làm mát, tức là ở thời điểm này F_0 tích lũy đã đạt giá trị yêu cầu.

$\log(T_r - T)$ còn được gọi là $\log(g)$

Để giải thời gian tiệt trùng, Ball đã lập bảng tính giá trị $\log(g)$ dựa vào f_h/U với f_h/U được xác định bởi:

$$\frac{f_h}{U} = \frac{f_h}{F_o} \times L \quad (3.6)$$

Thay $F_o = 2.92$ min và L (lethality rate)

$$L = 10^{(T-250)/z} \quad (3.7)$$

Với $T = 123^\circ\text{C} = 253.4^\circ\text{F}$ và $z = 18^\circ\text{F}$

$$\frac{f_h}{U} = \frac{1227.5474/60}{2.92} \times 10^{(253.4-250)/18} = 10.8241$$

Log g	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-2.00	0.369	0.368	0.366	0.365	0.364	0.362	0.361	0.360	0.358	0.357
-1.90	0.383	0.382	0.380	0.379	0.377	0.376	0.375	0.373	0.372	0.370
-1.80	0.398	0.397	0.395	0.394	0.392	0.391	0.389	0.388	0.386	0.385
-1.70	0.415	0.413	0.412	0.410	0.408	0.407	0.405	0.403	0.402	0.400
-1.60	0.433	0.431	0.429	0.427	0.426	0.424	0.422	0.420	0.418	0.417
-1.50	0.452	0.450	0.448	0.446	0.444	0.442	0.441	0.439	0.437	0.435
-1.40	0.474	0.472	0.469	0.467	0.465	0.463	0.461	0.459	0.457	0.455
-1.30	0.498	0.495	0.493	0.490	0.488	0.485	0.483	0.481	0.478	0.476
-1.20	0.524	0.521	0.518	0.515	0.513	0.510	0.508	0.505	0.503	0.500
-1.10	0.552	0.549	0.546	0.543	0.541	0.538	0.535	0.532	0.529	0.526
-1.00	0.585	0.581	0.578	0.575	0.571	0.568	0.565	0.562	0.559	0.556
-0.90	0.623	0.618	0.614	0.609	0.604	0.599	0.599	0.595	0.592	0.588
-0.80	0.670	0.665	0.660	0.656	0.651	0.647	0.642	0.637	0.633	0.628
-0.70	0.717	0.712	0.708	0.703	0.698	0.693	0.689	0.684	0.679	0.674
-0.60	0.769	0.763	0.758	0.753	0.747	0.742	0.737	0.732	0.727	0.722
-0.50	0.827	0.820	0.814	0.808	0.802	0.797	0.791	0.785	0.780	0.774
-0.40	0.894	0.887	0.880	0.873	0.866	0.859	0.852	0.846	0.839	0.833
-0.30	0.974	0.966	0.957	0.949	0.940	0.932	0.924	0.917	0.909	0.901
-0.20	1.071	1.060	1.050	1.040	1.030	1.020	1.011	1.001	0.992	0.983
-0.10	1.187	1.175	1.162	1.150	1.138	1.126	1.115	1.103	1.092	1.081
-0.00	1.314	1.299	1.284	1.269	1.255	1.241	1.227	1.214	1.200	
0.00	1.330	1.346	1.362	1.379	1.396	1.413	1.431	1.449	1.468	1.487
0.10	1.506	1.526	1.546	1.567	1.588	1.610	1.632	1.654	1.678	1.701
0.20	1.726	1.751	1.776	1.803	1.829	1.857	1.885	1.914	1.944	1.974
0.30	2.005	2.037	2.070	2.104	2.139	2.174	2.211	2.248	2.287	2.327
0.40	2.368	2.410	2.454	2.498	2.544	2.592	2.640	2.691	2.743	2.796
0.50	2.852	2.909	2.968	3.029	3.092	3.157	3.224	3.294	3.366	3.441
0.60	3.519	3.599	3.682	3.768	3.858	3.951	4.048	4.148	4.252	4.361
0.70	4.474	4.591	4.714	4.842	4.975	5.113	5.258	5.410	5.568	5.733
0.80	5.906	6.087	6.276	6.474	6.682	6.901	7.130	7.370	7.623	7.889
0.90	8.168	8.463	8.773	9.100	9.445	9.809	10.194	10.600	11.031	11.486
1.00	11.969	12.481	13.024	13.601	14.213	14.865	15.560	16.299	17.088	17.929
1.10	18.828	19.789	20.817	21.919	23.100	24.367	25.729	27.192	28.767	30.465
1.20	32.295	34.271	36.407	38.718	41.221	43.935	46.881	50.083	53.568	57.364
1.30	61.505	66.028	70.974	76.389	82.326	88.843	96.008	103.895	112.589	122.187
1.40	132.8	144.5	157.6	172.0	188.1	206.0	226.0	248.4	273.4	301.4
1.50	332.9	368.3	408.2	453.3	504.3	562.0	626.6	702.2	787.1	884.2

Bảng 3.6: Giá trị f_h/U dựa trên giá trị $\log(g)$

Vậy $\log(g)$ là khoảng 0.975

$$\log(g) = -B/f_h + \log[j_h(T_r - T_{ih})]$$

$$B = f_h \times (\log[j_h(T_r - T_{ih})] - \log(g))$$

$$B = \frac{269}{60} \times (\log[1.6(253.4 - 77)] - 0.975)$$

$$B = 30.19 \text{ phút}$$

Cuối cùng, nếu có được thời gian tăng (CUT) ta có thể xác định thời gian tiệt trùng và ngược lại

$$B = P_t + 0.42CUT \quad (3.8)$$

3.3 Tính toán cơ khí

3.3.1 Chọn vòi phun

Ta chọn vòi phun sao cho nước phun đều và góc đú bao quát khay chứa, diện tích giao thoa lớn. Ta có thông số vòi phun DN8 (1/4'') góc 120 độ ở áp suất 3kg/cm² là 7.2 lít/phút.

Vậy với tổng 4 nhánh phun, mỗi nhánh có 5 vòi phun thì ta được tổng lưu lượng:

$$Q = \text{lưu lượng 1 vòi} * \text{số vòi} = 7.2 * 4 * 5 = 144 \text{ lít/phút}$$

3.3.2 Chọn đường ống

Chọn kích thước và loại ống cần xem xét các yếu tố sau đây:

Loại chất lỏng: Nước máy thành phố, có tính ăn mòn, chứa các chất kim loại nặng, có thể có cặn.

Lưu lượng nước: Đây là yếu tố cơ bản khi chọn đường kính ống. Đường ống phải đủ lớn để đáp ứng lưu lượng nước tối đa cần thiết mà không gây ra áp suất quá cao hay hao tổn năng lượng quá lớn.

Tốc độ dòng chảy: Tốc độ dòng chảy nên được duy trì trong giới hạn để tránh hiện tượng xâm thực và giảm mài mòn ống. Tốc độ quá cao có thể gây ra tiếng ồn và làm tăng hao tổn năng lượng. Tốc độ dòng chảy thường từ 1.0 - 3.0 m/s là phù hợp cho nước sạch.

Áp suất hệ thống: Áp suất yêu cầu trong hệ thống nước ảnh hưởng đến loại vật liệu và kích thước của đường ống. Ống phải chịu được áp suất làm việc của hệ thống mà không bị biến dạng hay vỡ. Theo tính toán áp suất nhỏ nhất cần thiết là 2 bar.

Chiều dài và hướng đi của ống: Đường ống dài và có nhiều đoạn uốn sẽ gây tăng tổn thất áp suất, làm giảm hiệu quả truyền dẫn nước và tăng chi phí vận hành do cần nhiều năng lượng hơn để bơm nước, do đó cần cân nhắc chọn kích thước phù hợp và giảm thiểu các đoạn uốn gấp.

Vật liệu ống: Mọi loại vật liệu có giới hạn về áp suất và tốc độ dòng chảy, cũng như ảnh hưởng đến độ bền của hệ thống. Các loại ống phổ biến là nhựa (PVC, PE) và kim loại (thép, inox).

Chi phí và tính khả thi: Kích thước lớn hơn sẽ tăng chi phí lắp đặt và bảo trì, nhưng kích thước nhỏ sẽ làm giảm hiệu quả vận hành.

Tính đường kính ống, ta cho vận tốc dòng chảy là 2 m/s, lưu lượng Q chuyển sang m³/s

$$144 \text{ lít/phút} = 144 \times 0.001 = 0.144 \text{ m}^3/\text{phút}$$

$$0.144 \text{ m}^3/\text{phút} = \frac{0.144}{60} = 0.0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Công thức tính lưu lượng nước

$$Q = A \times v \quad (3.9)$$

$$0.0024 = A \times 2$$

$$A = 0.0012 \text{ m}^2$$

Tiếp theo ta tính đường kính của ống

$$A = \pi \times \frac{d^2}{4} = 0.0012 \quad (3.10)$$

$$d \approx 0.0391 \text{ m} = 39.1 \text{ mm}$$

Vậy ta chọn ống thép 304 có đường kính tiêu chuẩn 1 1/2"

Độ dày thành ống theo mục đích sử dụng hàng ngày trong dân dụng và công nghiệp SCH40 = 3.68mm, đây là loại ống phổ biến nhất, ống 1 1/2" SCH40 có thể chịu được áp suất làm việc tối đa 330 psi tương ứng 22 bar. Cụ thể hơn có thể xác định thông số độ dày bằng phương trình sau:

$$SCH = 1000 * \left(\frac{P}{S} \right) \quad (3.11)$$

Trong đó: P là áp suất bên trong ống và S là ứng suất vật liệu làm ống có thể chịu đựng được.

Với áp suất làm việc quanh 3kg và cho hệ số an toàn bằng 4 ta được $P = 170 \text{ psi}$, vật liệu inox 304 có ứng suất chịu đựng là khoảng 18000 psi dạng ống, vậy

$$SCH = 1000 * \frac{170}{18000} = 9.444 < 40$$

Vậy SCH40 có thể dùng làm ống vì đáp ứng tiêu chí, và với ống nối ren ta nên chọn dày thay vì các thông số nhỏ hơn.

Đường kính ngoài (OD): 48.3 mm

Độ dày thành ống: 3.68 mm

Đường kính trong (ID): Khoảng 41 mm

3.3.3 Tính toán chọn máy bơm

Trên bản vẽ, ta đo chiều dài đường ống và chiều cao bơm, ta có thông số

- Tổng chiều dài $L = 8\text{m}$
- Chiều cao bơm $H = 2\text{m}$

Mất mát áp suất do chiều cao tính bằng công thức

$$\Delta P_h = \rho * g * H \quad (3.12)$$

Trong đó:

ρ là khối lượng riêng của nước (khoảng 1000kg/m^3)

g là gia tốc trọng trường (9.81 m/s^2)

H là chiều cao bơm lên (2 m)

$$\Delta P_h = 1000 * 9.81 * 1.5 = 19620 \text{ N/m}^2 = 0.2 \text{ kg/cm}^2$$

Mất mát áp suất trong đường ống:

$$\Delta P_{fr} = \frac{f * L * v^2}{2 * g * D} \quad (3.13)$$

Trong đó:

f là hệ số ma sát, đối với thép không gỉ f = 0.02 – 0.05

L là chiều dài ống

v là vận tốc dòng chảy

D là đường kính trong của ống 40.9 mm

Ta tính vận tốc dòng chảy

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.0024}{\pi * (0.0409)^2} = 1.83 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{fr} = \frac{0.05 * 2.3 * v^2}{2 * g * D} = \frac{0.05 * 2.3 * 1.83^2}{2 * 9.81 * 0.0409}$$

$$\Delta P_{fr} = 0.48 \text{ N/m}^2 = 4.9 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}^2$$

Vậy áp lực tại máy bơm là

$$\Delta P_{in} = \Delta P_{out} + \Delta P_{fr} + \Delta P_h = 3.2 \text{ kg/cm}^2 \quad (3.14)$$

Vậy ta chọn máy bơm có áp suất hơn 3.2 kg/cm² và lưu lượng 144 lít/phút

Tính toán công suất:

$$P = \frac{Q * H * p * g}{\eta} \quad (3.15)$$

Trong đó:

P là công suất máy bơm (W)

Q là lưu lượng (m³/s)

H là cột áp (m)

p là mật độ chất lỏng, đối với nước ta có 1000 kg/m³

g là gia tốc trọng trường bằng 9.81 m/s²

η là hiệu suất máy bơm, có giá trị 0.7 – 0.9, ta chọn 0.8

Chuyển đổi lưu lượng từ lít/phút sang m³/s

$$Q = \frac{144}{60 * 1000} = 0.0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Chuyển đổi áp suất từ kg/cm² sang m³/s

$$H = 3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 10.197 \text{ m/kg/cm}^2 = 32.63 \text{ m nước}$$

Vậy công suất máy bơm:

$$P = \frac{Q * H * \rho * g}{\eta}$$

$$P = \frac{0.0024 * 32.63 * 1000 * 9.81}{0.8}$$

$$P = 960.3 \text{ W} = 0.96 \text{ kW}$$

Ta chọn máy bơm 1.1kW để đảm bảo công suất hao hụt.

Máy bơm: KSB ETB 040-040-160-GCSBE45WSEAP4HHB

3 pha 380V, 50Hz

Nhiệt độ làm việc 150°C

Công suất 1.1kW

Lượng nước ban đầu

Lượng nước ban đầu phải thấp hơn độ cao của khay đựng, sau khi đo ước lượng ta lấy thể tích là 60 lít.

Đối với máy bơm cấp nước ta cho rằng thời gian cấp nước vào khoảng 20s với cột áp cao 2m vậy công suất tính toán sẽ là

$$Q = \frac{60}{1000 * 20} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = \frac{0.003 * 1000 * 2 * 9.81}{0.8} = 73.58W$$

Với công suất khá thấp ta nên chọn loại máy bơm nhỏ loại 0.75kW tiêu chuẩn

Tương tự với máy bơm nước mát vào bộ trao đổi nhiệt độ

$$P = \frac{0.0024 * 2 * 1000 * 9.81}{0.8} = 56.68W$$

Vậy ta chọn máy bơm lưu lượng hợp lý cho cả hai ứng dụng

Model	DWO 100T
Công suất:	0.75kW
Điện áp:	3 pha / 380V

Lưu lượng (max)	8.7 m ³ /h
Cột áp (max)	27 m

3.3.4 Chọn nối trực

Vì nối ống máy bơm đã có sẵn các đầu nối vào ra được thiết kế đúng tiêu chuẩn, nhà sản xuất đã đảm bảo các yếu tố về độ bền, chống rung và chống rò rỉ. Ta chỉ cần lắp đặt đúng cách và tuân theo hướng dẫn của nhà sản xuất là đủ để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và an toàn.

Nối ống ta cần chọn là nối ống xả đầu vào bồn và đầu ra bồn, với đường kính ngoài 48.3 mm và đường kính trong 40.9 mm

Loại coupling: Với hệ thống nước, hai loại coupling phổ biến là:

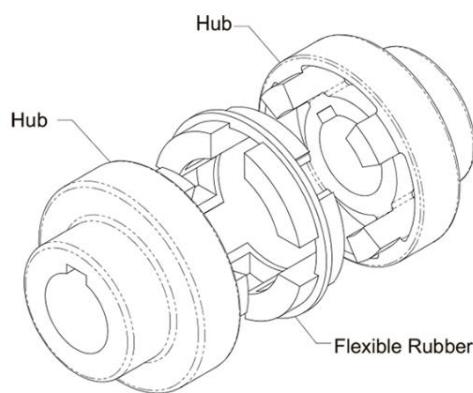
- **Khớp nối cao su đệm NM:** Khớp nối NM thường gồm hai phần kim loại (như thép hoặc hợp kim) và một phần đệm đàn hồi ở giữa (thường làm từ cao su hoặc vật liệu đàn hồi tương tự). Đệm đàn hồi ở giữa hai phần khớp nối giúp hấp thụ rung động, giảm chấn, và bù đắp cho sai lệch nhỏ trong vị trí lắp đặt. Điều này đặc biệt hữu ích khi có rung động từ lưu chất hoặc khi có thay đổi nhiệt độ khiến ống co giãn.

Ưu điểm:

Giảm chấn và giảm rung động: Phù hợp cho các hệ thống có dòng chảy hoặc rung động từ bên ngoài.

Bù sai lệch nhỏ: Cho phép kết nối linh hoạt trong trường hợp hai ống không hoàn toàn thẳng hàng.

Thường sử dụng trong các hệ thống ống nước, dầu, khí, đặc biệt là nơi có nhiều rung động hoặc cần bảo vệ các thiết bị phía sau khỏi tác động lực rung động. Tuy nhiên, khớp nối NM không thích hợp cho hệ thống yêu cầu áp suất rất cao.



Hình 3.3: kết cấu nối cao su

- **Khớp nối bulong dạng đĩa (disc coupling):** Khớp nối này gồm hai mặt bích (flange) dạng đĩa, mỗi mặt bích gắn cố định vào một đầu ống. Hai mặt bích này được kết nối

bằng các bulong, tạo thành khớp nối chắc chắn. Giữa hai mặt bích thường có một vòng đệm làm từ cao su, EPDM, hoặc các vật liệu đàn hồi khác

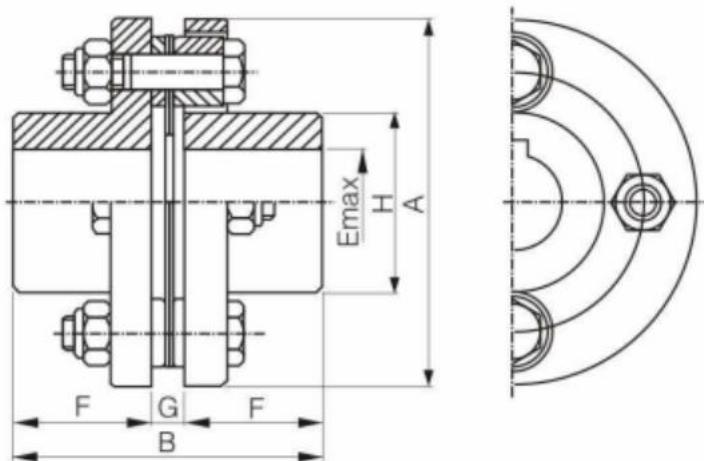
Ưu điểm:

Kết nối chắc chắn và kín: Khi siết chặt bulong, mặt bích ép vòng đệm giúp môi nối đạt độ kín cao, chịu được áp suất lớn và ngăn ngừa rò rỉ.

Khả năng chịu lực và áp suất cao: Kết nối dạng đĩa có độ bền cao, thường sử dụng trong các hệ thống yêu cầu áp suất cao và không có rung động lớn.

Dễ dàng bảo trì và tháo lắp: Khi cần bảo trì hoặc thay thế ống, việc tháo các bulong giúp tách rời hai phần của khớp nối mà không cần cắt ống, dễ bảo trì hơn so với mối hàn cố định.

Khớp nối bulong dạng đĩa được sử dụng phổ biến hơn cho các đường ống cố định, ít rung động, thường là trong các hệ thống cần chịu áp suất lớn và yêu cầu kết nối vững chắc như các hệ thống cấp thoát nước công nghiệp, dẫn khí, và dầu



Hình 3.4: kết cấu nối bulong dạng đĩa

Với yêu cầu áp suất và nhiệt độ cao, hệ thống ít chi tiết xoay rung động lớn, ta chọn loại nối trực dạng đĩa.

Chọn vật liệu

Thép không gỉ (Stainless Steel, loại 304 hoặc 316)

- Đặc điểm: Chịu ăn mòn tốt, độ bền cao, chịu nhiệt độ và áp suất ổn định, không bị ảnh hưởng bởi nước.
- Nhiệt độ làm việc: Có thể chịu được nhiệt độ lên tới 500°C , phù hợp với môi trường nước có nhiệt độ cao.
- Chống ăn mòn: Loại 316 chống ăn mòn tốt hơn 304, đặc biệt là trong môi trường ẩm và nhiệt độ cao.

2. Gang dẻo (Ductile Iron)

- Đặc điểm: Độ bền cao, chi phí thấp hơn so với thép không gỉ, thường được dùng cho các hệ thống nước công nghiệp.
- Nhiệt độ làm việc: Chịu được khoảng 230°C , phù hợp với áp suất và nhiệt độ yêu cầu.
- Chống ăn mòn: Có khả năng chịu ăn mòn ở mức độ vừa phải nhưng không bằng thép không gỉ. Nếu dùng trong môi trường tiếp xúc nước dài hạn, cần có lớp phủ chống ăn mòn.

3. Thép carbon mạ kẽm (Galvanized Carbon Steel)

- Đặc điểm: Khả năng chịu lực cao, chịu được áp suất, và chi phí thấp hơn thép không gỉ.
- Nhiệt độ làm việc: Chịu nhiệt độ cao lên đến 150°C , phù hợp với các ứng dụng nước nóng.
- Chống ăn mòn: Mạ kẽm giúp chống rỉ sét, tuy nhiên độ bền chống ăn mòn thấp hơn thép không gỉ và gang.

Lựa chọn vật liệu: Thép không gỉ (Stainless Steel 316) có độ bền cao, chịu được nhiệt độ và áp suất ổn định. Đặc biệt, khả năng chống ăn mòn của nó rất tốt khi tiếp xúc với nước trong khoảng nhiệt độ từ $30-121^{\circ}\text{C}$, không cần lớp phủ bảo vệ như gang hoặc thép carbon. Mặc dù chi phí cao hơn một chút, nhưng thép không gỉ 316 đảm bảo độ bền lâu dài và giảm chi phí bảo trì.

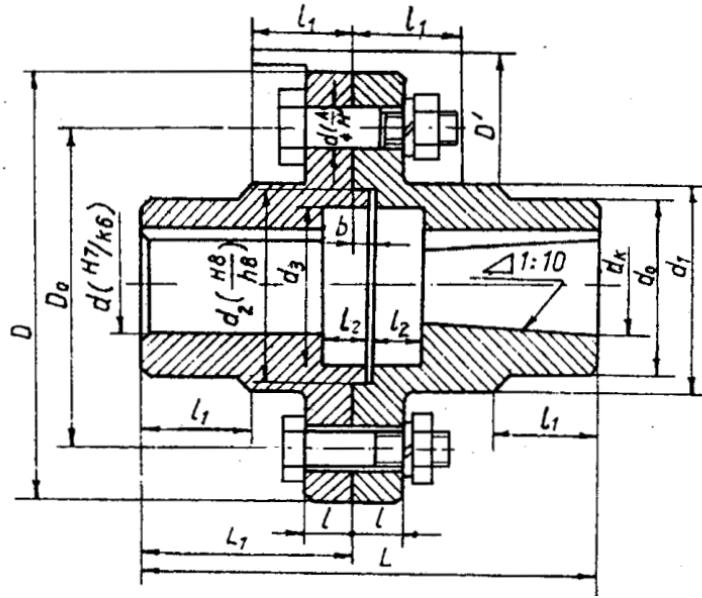
Kiểm nghiệm bulong

Có hai cách lắp bulong. Bulong được lắp có khe hở hoặc không có khe hở. Trong trường hợp thứ nhất mômen được truyền từ đĩa này sang đĩa khác nhờ lực ma sát sinh ra trên mặt ghép hai đĩa do lực xiết bulong gây nên. Trong trường hợp sau, mômen xoắn truyền trực tiếp qua thân bulong. Vì trực không xoay nên ta dùng bulong lắp không khe hở, kích thước nối trực nhỏ gọn hơn.

Tra bảng một số kích thước nối trực tiêu chuẩn theo bảng 16.4 sách “Tính toán hệ dẫn động cơ khí tập 2” ta chọn

T, Nm	d	D	D_o	L	d_4	Z	GD^2
250	40	140	110	160	11	4	0.39

Bảng 3.7: thông số nối trực, kích thước mm



Hình 3.5: kết cấu nối trực đĩa

Lực xiết cần thiết đối với mỗi bulong

$$V > \frac{2kT}{Z \cdot D_0 \cdot f} \quad (3.16)$$

Trong đó:

Do: đường kính vòng tròn qua tâm bulong

Z: số bulong

f: hệ số ma sát, có giá trị từ 0.15 đến 0.2

k: hệ số an toàn chọn 2

T: mômen xoắn danh nghĩa

Với trục tĩnh và không có yêu cầu về tải động cụ thể, mômen xoắn T chủ yếu được xác định để duy trì kết nối chặt chẽ mà không chịu quá nhiều ứng suất. Với trục rỗng, mômen xoắn cần được tính dựa trên ứng suất cắt và kích thước của trục rỗng. Mômen xoắn danh nghĩa của trục rỗng có thể xác định bằng công thức sau, giả sử lực mạnh nhất tác động là áp suất ở rìa ống tạo nên momen:

$$T = P \times A \times \frac{D_0}{2} = P \times \pi \times \left(\frac{D_0}{2}\right)^3 \quad (3.17)$$

Trong đó:

P là áp suất trong ống = 2.1 bar

A là diện tích mặt cắt của ống

$$T = 0.21 \times \pi \times \left(\frac{110}{2}\right)^3 = 109763 \text{ (Nmm)}$$

Vậy

$$V > \frac{2 \times 2 \times 0.21 \times \pi \times \left(\frac{110}{2}\right)^3}{4 \times 110 \times 0.15} = 6652 \text{ (N)}$$

Điều kiện sức bền cắt của chốt bulong:

$$\tau_c = \frac{2 \times k \times T}{\pi \times Z \times D_o \times \left(\frac{d_4}{4}\right)^2} \leq [\tau_c] \quad (3.18)$$

Trong đó

d_4 là đường kính thân bulong

$[\tau_c]$ là ứng suất cho phép $[\tau_c] = 0.25 \times \sigma_{ch}$

σ_{ch} là giới hạn chảy của thép, đối với thép SS 316 giới hạn chảy khoảng 205 MPa.

$$\tau_c = \frac{2 \times 2 \times 109763}{\pi \times 4 \times 110 \times \left(\frac{11}{2}\right)^2} \leq 0.25 \times 205$$

$$\tau_c = 28.87 \leq 51.25 \text{ MPa}$$

Vậy các kích thước thỏa điều kiện bền cắt của hệ thống.

3.3.5 Chọn bộ trao đổi nhiệt

Tốc độ hạ nhiệt phụ thuộc vào công suất của các bộ gia nhiệt, ta chọn thời gian 10 phút cho quá trình hạ nhiệt. Vậy công suất bộ gia nhiệt không kể đến quá trình mất nhiệt là khoảng:

$$Q = C * \Delta T \quad (3.19)$$

$$Q = (123 - 40) \times (mc_{nước} + mc_{sản phẩm} + mc_{thép} + mc_{kk} - mc_{loss})$$

$$Q = 83 \times (246000 + 40670 + 20560 + 668)$$

$$Q = 25555534 \text{ J}$$

$$P_{exchanger} = \frac{Q}{t} = \frac{25555534}{10 \times 60} = 42593 \text{ W}$$

Lưu ý đây là công suất trung bình trên toàn giai đoạn giảm nhiệt, ta cần bù thêm sự mất nhiệt cũng như hệ số an toàn.

Để lựa chọn bộ gia nhiệt tối ưu cho bộ trao đổi nhiệt, ta cần đánh giá các yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất và độ bền của hệ thống. Các yếu tố này đóng vai trò thiết yếu trong việc đảm bảo rằng bộ gia nhiệt không chỉ đạt được hiệu suất mong muốn mà còn hoạt động ổn định trong suốt vòng đời của nó. Bao gồm kích thước lắp đặt, loại chất lỏng, điều kiện làm việc cũng như loại trao đổi nhiệt.

Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm (Plate Heat Exchanger)

Bộ trao đổi nhiệt dạng tấm bao gồm nhiều tấm kim loại mỏng được lắp xen kẽ với nhau, tạo thành các khe dòng chảy. Chất lỏng nóng và lạnh đi qua các khe xen kẽ, truyền nhiệt qua các tấm kim loại với diện tích bề mặt lớn, giúp quá trình trao đổi nhiệt diễn ra hiệu quả hơn.

Ưu điểm:

- Hiệu suất truyền nhiệt cao: Diện tích bề mặt lớn cho phép trao đổi nhiệt nhanh chóng và hiệu quả.
- Thiết kế nhỏ gọn: Bộ trao đổi nhiệt tấm thường có kích thước nhỏ, phù hợp cho các không gian lắp đặt hạn chế.
- Dễ dàng tháo lắp và bảo trì: Các tấm có thể dễ dàng tháo rời để làm sạch và kiểm tra.

Nhược điểm:

- Giới hạn áp suất và nhiệt độ: Thường hoạt động hiệu quả ở áp suất dưới 25 bar và nhiệt độ dưới 200°C.
- Nguy cơ rò rỉ: Do có nhiều miếng đệm giữa các tấm, nếu không được bảo trì tốt, có thể gây rò rỉ chất lỏng.

Ứng dụng: Thường được sử dụng trong ngành thực phẩm, đồ uống, HVAC, và các ngành công nghiệp đòi hỏi bảo trì thường xuyên và hiệu suất trao đổi nhiệt cao nhưng không yêu cầu áp suất quá cao.

Bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm (Shell and Tube Heat Exchanger)

Bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm bao gồm một vỏ lớn chứa nhiều ống nhỏ. Chất lỏng nóng và lạnh sẽ di chuyển qua ống và không gian giữa các ống trong vỏ, truyền nhiệt qua thành ống để làm mát hoặc gia nhiệt chất lỏng.

Ưu điểm:

- Chịu áp suất và nhiệt độ cao: Thiết kế vững chắc, thích hợp cho các hệ thống cần áp suất và nhiệt độ cao, có thể lên tới 100 bar và 500°C.

- Đa dạng trong thiết kế và ứng dụng: Có thể được thiết kế với nhiều ống hơn hoặc sử dụng vật liệu chịu nhiệt tốt cho các ứng dụng đòi hỏi khắt khe.
- Bền bỉ và đáng tin cậy: Được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống công nghiệp nặng.

Nhược điểm:

- Kích thước lớn và chiếm nhiều diện tích sàn: Cần nhiều không gian lắp đặt hơn so với bộ trao đổi nhiệt dạng tấm.
- Khó khăn trong bảo trì: Các ống cần phải được kiểm tra và bảo trì định kỳ, nhưng việc tháo lắp và làm sạch phức tạp hơn.

Ứng dụng: Phù hợp cho các ngành công nghiệp nặng như dầu khí, hóa chất, và các nhà máy năng lượng, nơi yêu cầu khả năng chịu nhiệt cao và độ bền lâu dài.

Bộ trao đổi nhiệt xoắn ốc (Spiral Heat Exchanger)

Bộ trao đổi nhiệt xoắn ốc được tạo thành từ hai tấm kim loại cuộn tròn để tạo thành các kênh dòng chảy xoắn. Hai chất lỏng đi vào từ hai đầu của bộ trao đổi nhiệt và lưu thông theo hình xoắn ốc, trao đổi nhiệt qua các bề mặt của tấm.

Ưu điểm:

- Thiết kế hiệu quả cho dòng chảy liên tục: Hình xoắn giúp giảm thiểu tổn thất áp suất và giữ tốc độ dòng chảy ổn định.
- Dễ dàng vệ sinh: Thiết kế xoắn ốc giúp loại bỏ cặn bẩn và giảm thiểu khả năng tắc nghẽn.
- Hiệu suất cao trong diện tích nhỏ: Với thiết kế dạng xoắn, bộ trao đổi nhiệt này thường chiếm ít không gian lắp đặt.

Nhược điểm:

- Giới hạn trong ứng dụng nhiệt độ và áp suất: Không thích hợp cho các ứng dụng đòi hỏi nhiệt độ và áp suất quá cao.
- Khó mở rộng và sửa đổi: Vì các kênh dòng chảy được cố định, việc mở rộng hoặc thay đổi thiết kế là rất khó khăn.

Ứng dụng: Thường được sử dụng trong ngành xử lý nước thải, ngành thực phẩm, và các hệ thống trao đổi nhiệt quy mô nhỏ hoặc vừa, đặc biệt là những nơi có không gian hạn chế và yêu cầu dòng chảy ổn định.

Với yêu cầu nhiệt độ và áp suất hệ thống không quá cao, ta chọn bộ trao đổi nhiệt dạng tấm vì tính linh hoạt của nó, dễ dàng lắp đặt, bảo trì, nâng cấp module.

Chọn bộ trao đổi nhiệt tấm M3-FG

Diện tích bề mặt 0.81 m^2

Hiệu suất 90%

Gồm 15 tấm

Thông số độ dày của tấm là 0.5 mm

3.3.6 Tính toán đai dẫn động, ốc lăn, xác định dung sai

Chọn loại đai

Với điều kiện làm việc bình thường ta chọn loại đai cao su vì tính kinh tế, độ bền và dễ tìm kiếm

- Công suất: 65W
- Tỉ số truyền: 1.5
- Số vòng quay trục dẫn n₁: 1450 vòng / phút

Modun:

$$m = 35 \sqrt[3]{\frac{P_1}{n_1}} \quad (3.20)$$

Với công suất là 65W và tốc độ là 1450 rpm

$$m = 1.24 \text{ chọn } m = 1.5$$

Chiều rộng đai

$$b = \varphi_d * m \quad (3.21)$$

Với $\varphi_d = 6 \dots 9$ là hệ số chiều rộng đai, cho chọn module tiêu chuẩn lớn hơn m nên chọn giá trị nhỏ nhất bằng 6.

Theo bảng 4.28 tài liệu “Tính toán hệ thống dẫn động cơ khí”, ta chọn chiều rộng đai phù hợp với modun là b = 10 mm

Theo bảng 4.29 số răng z₁ bánh đai nhỏ được xác định để đảm bảo tuổi thọ của đai

$$z = 12$$

Vậy ta chọn z₁ = 50 và z₂ = z₁.u = 75

Chọn khoảng cách trục a sơ bộ. Chọn a = 300mm

Chiều dài đai L:

$$L = 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \quad (3.21)$$

Với đường kính ngoài bánh đai

$$d_{a1} = m * z_1 - 2\delta = 74.2 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = m * z_2 - 2\delta = 111.7 \text{ mm}$$

Trong đó δ là khoảng cách từ đáy răng đến đường trung bình của lớp chịu tải, tra bảng 4.27 ta có giá trị 0.4 mm Đường kính vòng chia bánh đai

$$d_1 = m * z_1 = 75 \text{ mm}$$

$$d_2 = m * z_2 = 112.5 \text{ mm}$$

Số răng đai: (bước đai $p = 4.71 \text{ mm}$ tra bảng 4.27)

$$z_d = \frac{2a}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{(z_2 - z_1)^2 * p}{40a} \quad (3.22)$$

$$z_d = 190$$

Theo bảng 4.30 tính chiều dài đai răng $l_d = 942 \text{ mm}$

$$\lambda = l_d - \frac{p * (z_1 + z_2)}{2} = 647.625 \text{ mm} \quad (3.23)$$

	$\Delta = \frac{m * (z_2 - z_1)}{2} = 18.75$	(3.24)
--	--	--------

Tính lại khoảng cách trực

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8\Delta^2}}{4} \quad (3.25)$$

Với

$$a = \frac{628 + \sqrt{628^2 - 8 * 100}}{4} = 323 \text{ mm}$$

Số răng đồng thời ăn khớp trên bánh đai nhỏ

$$z_0 = z_1 * \frac{\alpha_1}{360^\circ} \quad (3.26)$$

Trong đó

$$\alpha = 180^\circ - m * \frac{z_2 - z_1}{a} * 57.3^\circ = 176.35^\circ$$

Kiểm nghiệm đai:

Kiểm nghiệm lực vòng riêng, lực vòng riêng trên đai phải thỏa điều kiện:

$$q = F_t * \frac{K_d}{b} + q_m v^2 \leq [q] \quad (3.27)$$

Trong đó:

F_t là lực vòng (N)

$$F_t = \frac{1000P_1}{v} = \frac{1000 * 65 * 10^{-3}}{\frac{1450}{60 * 2\pi} * 35 * 10^{-3}} = 12.23 \text{ N} \quad (3.28)$$

$q_m = 0.0032 \text{ mm}$ là khối lượng 1 mét đai có chiều rộng 1 mm, tra bảng 4.31

$K_d = 1$ là hệ số tải trọng động, tra bảng 4.7

v là vận tốc vòng (m/s)

$$[q] = [q_0] C_z C_u \quad (3.29)$$

$[q_0] = 5 \text{ N/mm}$ là lực vòng riêng cho phép (N/mm), tra bảng 4.31

$C_z = 1$ hệ số kể đến ảnh hưởng của số răng đồng thời ăn khớp xác định theo bảng sau:

Z_0	6	5	4
C_z	1	0.8	0.6

$C_u = 1$ hệ số kể đến ảnh hưởng của truyền động tăng tốc

$u = n_1/n_2$	1-0.8	0.8-0.6	0.6-0.4	0.4-0.3	0.3 và nhỏ hơn
C_u	1	0.95	0.9	0.85	0.8

$$[q] = [q_0] C_z C_u = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$q = 12.23 * \frac{1}{10} + 0.0032 \left(\frac{1450}{60 * 2\pi} * 35 * 10^{-3} \right) = 1.22 < 5$$

Khác với các truyền động đai dẹt, đai thang và đai nhiều chẽ cần phải mắc đai lên bánh đai với lực căng ban đầu đủ lớn để tạo ra lực ma sát cần thiết, trong truyền động đai răng, lực căng ban đầu chỉ nhằm khắc phục khe hở khi ăn khớp và đảm bảo cho đai tiếp xúc tốt với bánh đai. Nó chỉ cần lớn hơn lực căng do lực li tâm sinh ra :

Lực căng đai ban đầu

$$F_0 = (1.1 : 1.3) F_v = (1.1 : 1.3) q_m v^2 \quad (3.30)$$

$$F_0 = 1.3 * 0.0032 \left(\frac{1450}{60 * 2\pi} * 35 * 10^{-3} \right)^2 = 7.6 * 10^{-5} (N)$$

Lực tác dụng lên trực

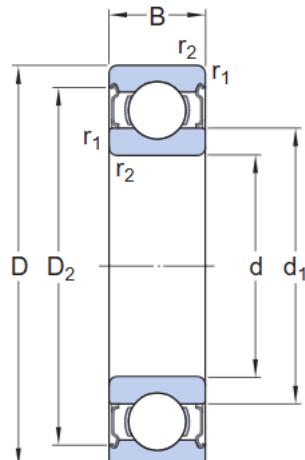
$$F_r = (1.1 : 1.3)F_t = 1.3 * 12.23 = 16 (N)$$

Chọn ống lăn

Xét về cấu tạo lắp ghép, ta có các thông số từ ngoài trực vào trong, ta có khung trực cố định ngoài cùng $D = 55$ mm, bên trong là ống lăn và cuối cùng là trực xoay của quạt $d = 30$ mm (chọn D theo các kích thước ống lăn tiêu chuẩn dựa trên d).

Chọn loại ống đỡ bi một dãy vì hệ thống không yêu cầu lực dọc trực, số vòng quay cao và giá thành thấp.

Chọn cấp chính xác ống lăn là cấp 5 vì dùng cho quạt tốc độ cao. Theo đường kính trực ta chọn ống lăn như sau:



Hình 3.6: Ống bi đỡ một dãy SKF

Ký hiệu	d	D	B	d_1	D_2	C, kN	C_0, kN	n, rpm
6006-2RS1	30	55	13	38.2	49	13.8	8.3	8000

Kiểm nghiệm khả năng tải động của ống

Xác định tải trọng quy ước Q , đối với ống bi đỡ Q được tính

$$Q = (XVF_r + YF_a)K_t K_\sigma \quad (3.31)$$

Trong đó

F_r, F_a là tổng tải trọng hướng tâm và dọc trực

V là hệ số xác định, $V = 1.2$ khi vòng ngoài ống quay

K_t là hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ

$$K_t = \frac{108 + 0.4T}{150} = \frac{108 + 0.4 * 121}{150} = 1.0427 \quad (3.32)$$

K_σ là hệ số tải động, với tải trọng và đập nhẹ, ngắn hạn thì K_σ dao động khoảng 1...1,1, ta chọn $K_\sigma = 1.1$ (tra bảng 8.4 tài liệu 3)

X, Y là các hệ số trong công thức, tính thông qua e, đầu tiên tính tỉ số iF_a/C_0

Trong đó: i là số dãy bi, F_a là lực dọc trực và $C_0 = 8.3$ kN Vì F_a bé nên tra bảng 11.4 ta có X = 1, Y = 0

Tính tải tương đương

$$Q = (XVF_r + YF_a)K_t K_\sigma$$

$$Q = (1 * 1.2 * (16 + 5 * 9.81) + 0) * 1.0427 * 1.1 = 89.53 N$$

Khả năng tải động được tính theo công thức:

$$C_{tt} = Q^{\frac{m}{m+1}} L < C \quad (3.33)$$

Trong đó

C_{tt} là tải trọng tính toán kN

L là tuổi thọ, tính bằng triệu vòng quay

m là bậc của đường cong mỗi, m = 3 đối với ô bi.

Xác định L

Ta quy định thay ô bi mỗi 3 năm, mỗi năm làm 300 ngày, mỗi ngày làm 8 tiếng, vậy thời gian làm việc là:

$$L_h = 3 * 300 * 8 = 7200 (h)$$

Gọi L_{n1} là tuổi thọ ô bi, ta có:

$$L_{n1} = \frac{60nL_{h1}}{10^6} = \frac{60 * 1450 * 7200}{10^6 * 1.5} = 417.6 (\text{triệu vòng})$$

Với tải trọng không đổi, tra bảng 6.4 ta có $K_{HE} = 1$

Theo công thức 11.14

$$L_{hE} = K_{HE} * L_{n1} = 1 * 417.6 = 417.6 (\text{triệu vòng})$$

Vậy khả năng tải động:

$$C_{tt} = Q^{\frac{m}{m+1}} L < C$$

$$C_{tt} = 89.53 * \sqrt[3]{417.6} = 670 N < C = 13.8 kN$$

Vậy ổ đàm bảo khả năng tải động.

Tương tự với ổ lăn nhỏ trên trục xoay ta có:

Ký hiệu	d	D	B	C, kN	C ₀ , kN	n, rpm
608 2JZEM	8	22	7	3.45	1.37	38000
RF-2280HH (Flange)	8	22	7	3.297	1.368	34000

Dung sai kích thước

Vòng trong của ổ lăn lắp lên trục theo hệ lỗ, còn vòng ngoài lắp lên vỏ theo hệ trục. Phân tích dạng tải trọng tác dụng lên các vòng ổ lăn với điều kiện là cho là trục quay, tải trọng hướng tâm cố định phương thì:

+ Vòng trong quay cùng với trục nên tải trọng lăn lượt tác dụng lên khắp đường lăn của ổ và lập lại sau mỗi vòng quay của trục. Vậy dạng tải trọng của vòng trong là dạng tải chu kỳ.

+ Vòng ngoài đứng yên nên lực chỉ tác dụng lên một phần đường lăn. Dạng tải trọng của vòng ngoài là dạng tải cục bộ.

Với trục quạt, ta chọn cấp chính xác hình dạng bề mặt là cấp 6, theo bảng 7 (phụ lục 2) sách “Dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường” và kích thước danh nghĩa trục là 30 mm ta tra ra dung sai độ tròn và độ trụ là 0.006 mm. Theo bảng 9 (phụ lục 2), với cấp chính xác 6 và đường kính danh nghĩa 30 mm ta tra ra độ đảo hướng kính là 0.016 mm.

Để xác định dung sai kích thước của mối ghép vào ổ lăn, ta cần có kích thước danh nghĩa của lỗ hoặc trục, miền dung sai và cấp chính xác của chi tiết. Ví dụ với mối ghép hai ổ lăn trục xoay Φ30, dạng tải theo chu kỳ, chế độ làm việc nhẹ, miền dung sai kích thước được xác định dựa trên bảng dung sai khuyến nghị của SKF. Đối với kích thước lỗ, lỗ thân hộp lắp với vòng ngoài có kích thước danh nghĩa là 55 mm, dạng tải cục bộ, lực 22N < 0.05 C, thì ta chọn P7. Đối với kích thước lỗ cũng tương tự chọn k6.

$$\Phi 30k6 \left\{ \begin{array}{l} es = 15 \mu m \\ ei = 2 \mu m \end{array} \right.$$

$$\Phi 55P7 \left\{ \begin{array}{l} ES = -21 \mu m \\ EI = -51 \mu m \end{array} \right.$$

Về dung sai lắp ghép, ta cần xác định mối ghép đó là một trong các dạng: ghép lỏng, trung gian và ghép chật. Từ các dữ kiện trên xác định miền dung sai và cấp chính xác cho phù hợp.

Đối với nắp cửa, ta cần xác định độ phẳng của phần trong nắp, đảm bảo khi đóng lại sẽ không tạo ra khoảng hở, với cấp chính xác bình thường theo bảng 6 (phụ lục 2) sách “Dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường” ta có dung sai độ phẳng là 0.016 mm.

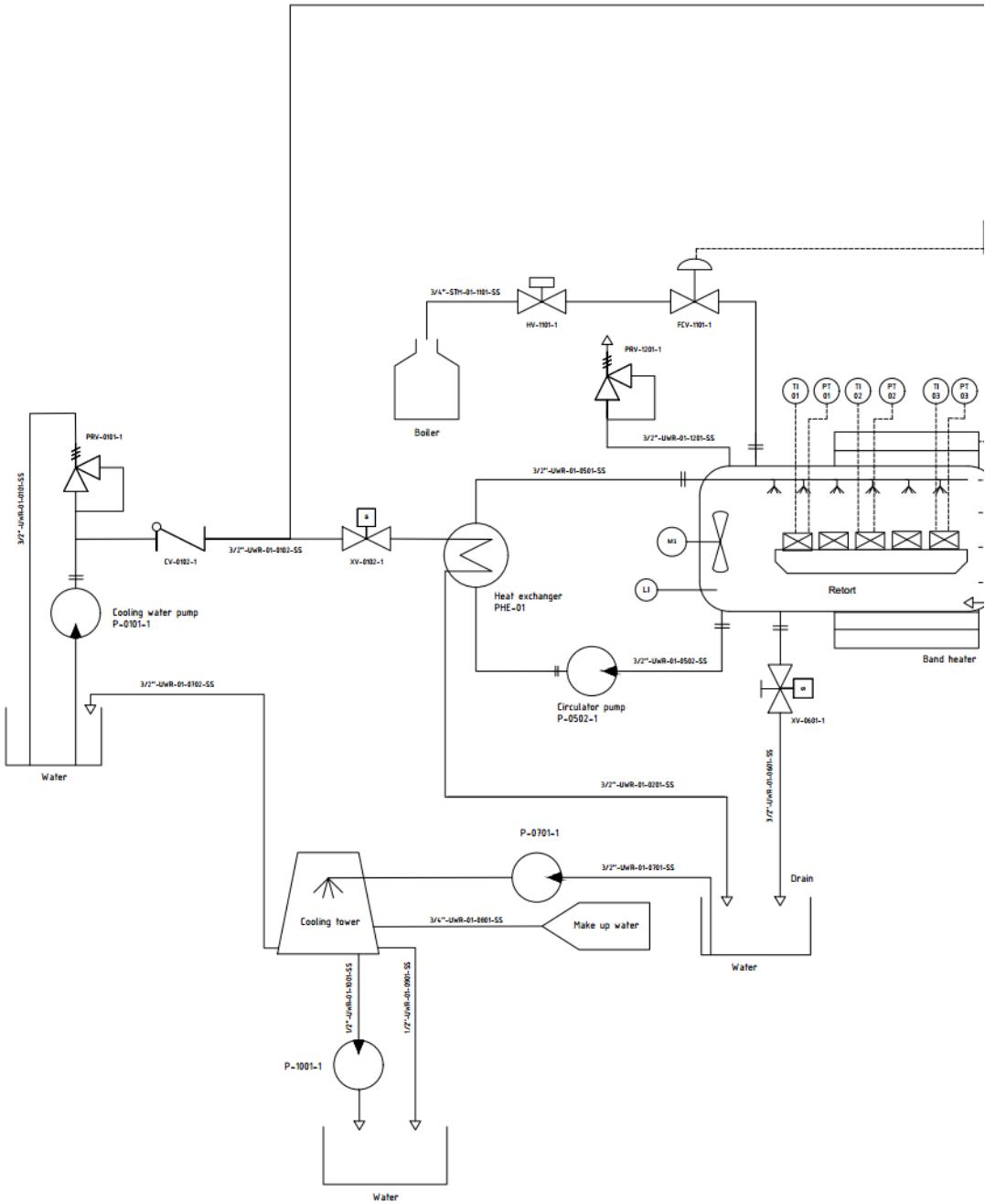
Vị trí lắp	Dung sai	Giá trị lắp μm	Kiểu lắp ghép	
Nắp ống đuôi trục – trục cố định	$\Phi 25 H7/s6$	+14...+48	Chặt	
Ô lăn đuôi trục (Dung sai JIS P0)	Vòng ngoài – lỗ	$\Phi 25P7$	+5...+35	Chặt
	Vòng trong – trục	$\Phi 8k6$	+1...+18	Chặt
Cảm biến tốc độ - trục cố định	$\Phi 30 H7/f7$	-62...-20	Lỏng	
Vòng giữ ống lăn – trục cố định				
Nam châm vòng ngoài – vỏ ngoài trục xoay	$\Phi 50 H7/p6$	+1...+35	Chặt	
Ô lăn pulley (Dung sai JIS P6)	Vòng ngoài - pulley	$\Phi 55P7$	+10...+51	Chặt
	Vòng trong – trục cố định	$\Phi 30k6$	+2...+23	Chặt
Ô lăn đầu trục (Dung sai JIS P0)	Vòng ngoài – lỗ	$\Phi 22P7$	+5...+35	Chặt
	Vòng trong – trục	$\Phi 8k6$	+1...+18	Chặt
Trục quay (nửa đầu) – vòng định tâm	$\Phi 8 H7/f7$	-43...-13	Lỏng	
Vòng định tâm – Gối đỡ trung gian	$\Phi 10 H7/p6$	+0...+24	Chặt	
Trục quay (nửa đầu) – quạt	$\Phi 8 H7/k6$	-14...+10	Trung gian	
Pulley nhỏ - trục motor	$\Phi 10 H7/k6$	-14...+10	Trung gian	

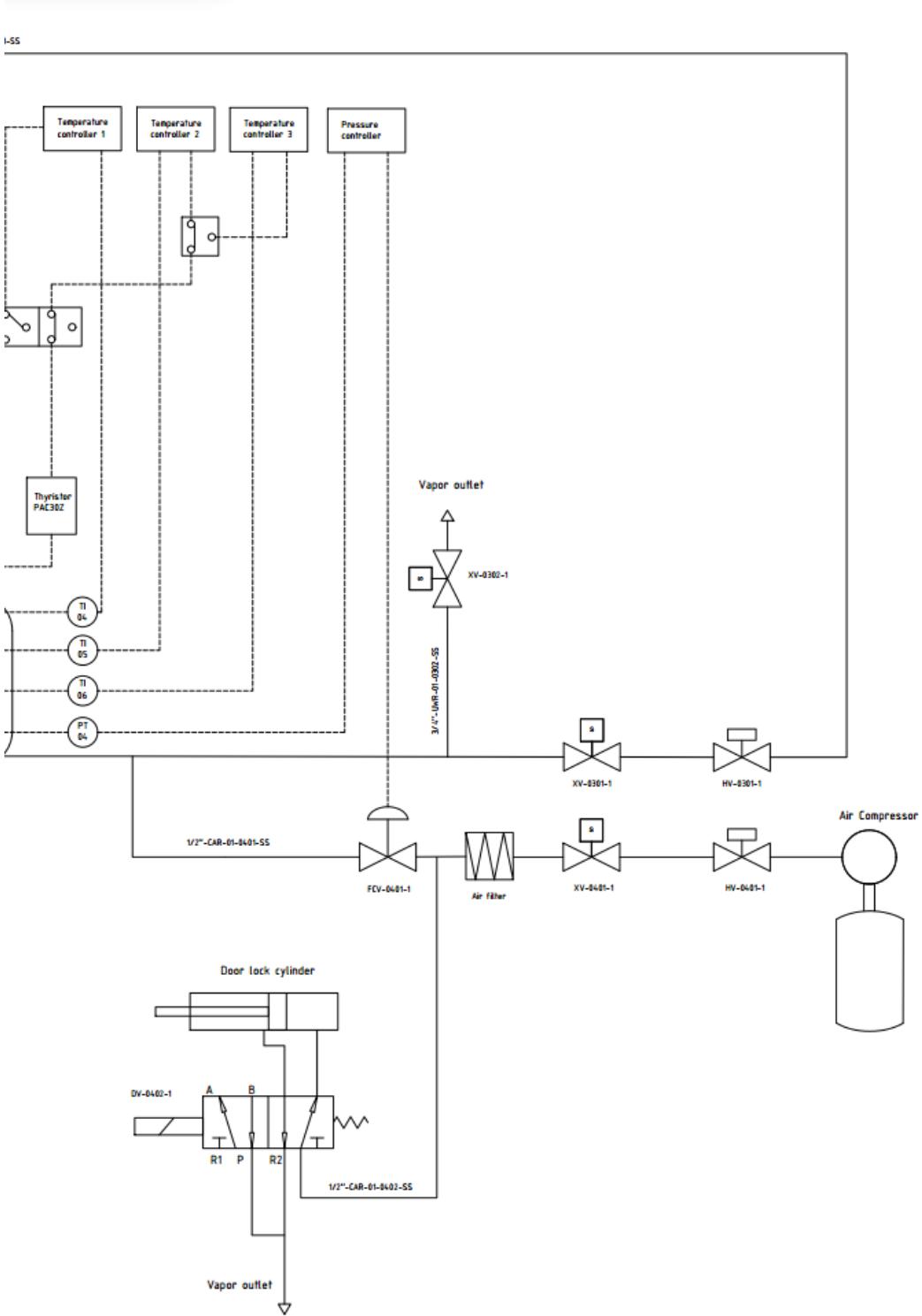
Bảng 3.8: Bảng dung sai lắp ghép của trục

3.4 Nguyên lý điều khiển

3.4.1 Nguyên lý điều khiển

Sơ đồ hoạt động





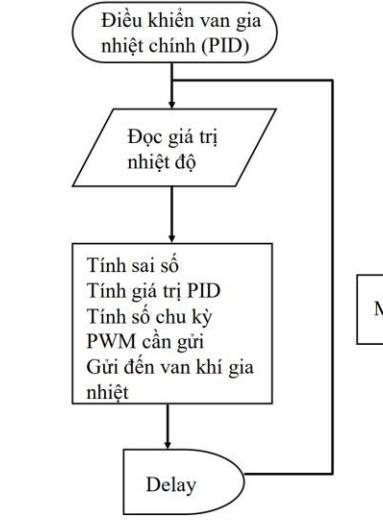
Sơ đồ 3.4: Sơ đồ P&ID

Nguyên lý điều khiển

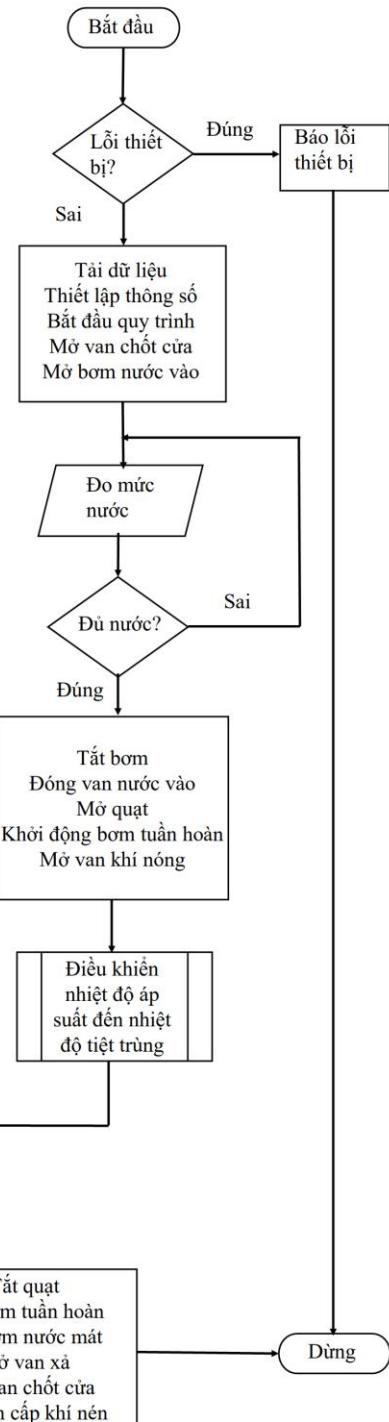
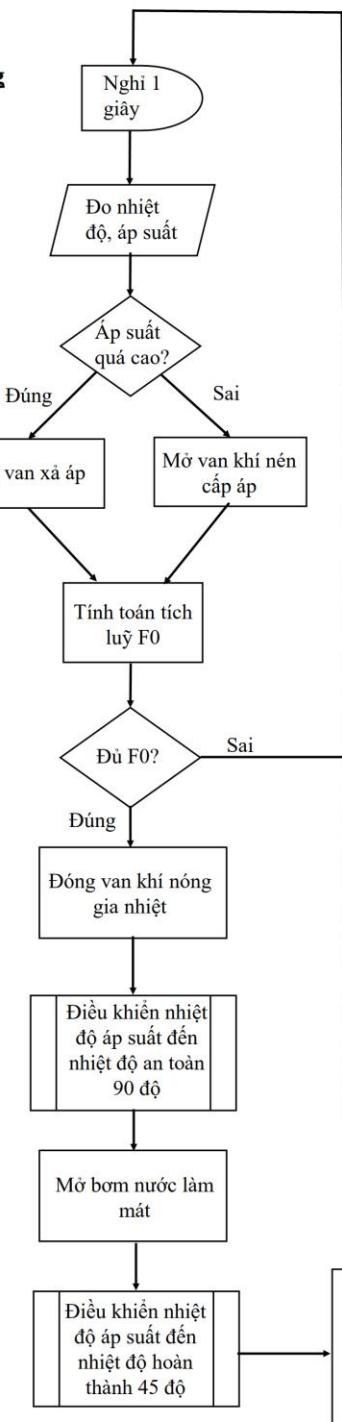
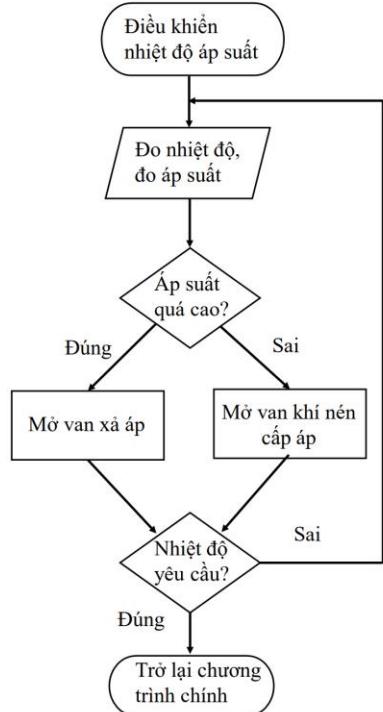
- Khởi động, kiểm tra an toàn, tải trạng thái cũ

- Bắt đầu, nước lạnh nhiệt độ thường được bơm vào retort, van cấp nước mở, van xả, van khí nén, van hơi đều đóng.
- Khi mục nước đạt yêu cầu nhờ cảm biến mức trong nồi, đóng van cấp nước. Sau đó khởi động bơm phun nước tuần hoàn M1. Bằng cách mở van hơi, hơi nước nóng sẽ đi qua bộ trao đổi nhiệt làm tăng nhiệt độ nước. Song song đó ta bật bộ gia nhiệt vòng giúp giảm thời gian gia nhiệt.
- Khi nhiệt độ và áp suất trong nồi đủ yêu cầu (dưới 100°C, khoảng 90°C) đóng van hơi nóng. Bắt đầu gia nhiệt bằng bộ gia nhiệt vòng đến nhiệt độ 121°C. Trong quá trình này, ta cần điều khiển van khí nén để tăng lượng áp suất cần thiết khi nhiệt độ quá 100°C, đảm bảo nước ở trạng thái lỏng và giữ áp suất cân bằng giữa trong và ngoài sản phẩm.
- Đến nhiệt độ yêu cầu 121°C, hệ thống bắt đầu quá trình tiệt trùng bằng cách giữ trạng thái cân bằng trong khoảng thời gian quy định. Điều khiển nhiệt độ và áp suất nhờ các bộ điều khiển, cụ thể tăng hoặc giảm công suất bộ gia nhiệt vòng hoặc đóng mở van khí nén để đạt yêu cầu tính toán. Van giảm áp được cài đặt để khí nén áp suất không vượt quá áp suất yêu cầu tối đa (2.1 bar).
- Khi đạt đến thời gian tiệt trùng, bắt đầu quá trình làm lạnh. Từ từ hạ nhiệt độ của nồi hơi bằng cách tắt gia nhiệt, áp suất hạ theo nhiệt độ.
- Khi đạt đến khoảng an toàn, làm mát nhanh bằng cách mở bơm nước làm mát M2 được bơm qua bộ trao đổi nhiệt làm mát nước tuần hoàn, khí nén vẫn được điều khiển trong quá trình.
- Khi đạt đến nhiệt độ khoảng 45°C do ta quy định (nhiệt độ ngoài trời +15°C) và áp suất an toàn. Quá trình hạ nhiệt hoàn tất. Đóng các van, tắt bơm nước và mở van xả để xả nước trong nồi.

Giải thuật điều khiển hệ thống



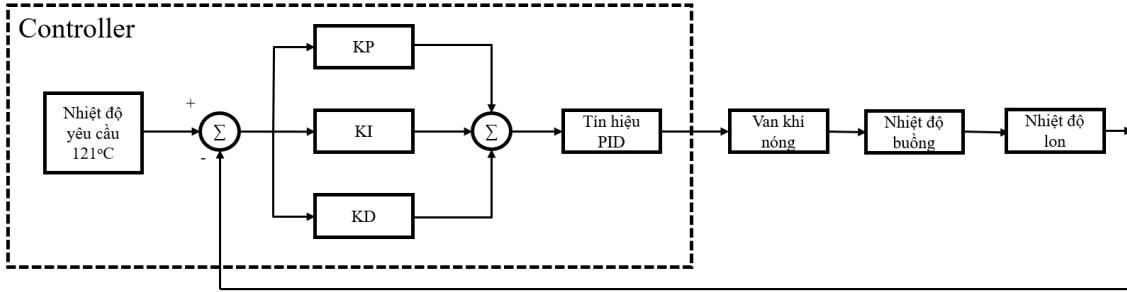
Điều khiển PID gia nhiệt



Chương trình điều kiển nhiệt độ áp suất

Sơ đồ 3.5: Sơ đồ khối điều khiển hệ thống

3.4.2 Điều khiển PID



Sơ đồ 3.6: Nguyên lý điều khiển nhiệt độ PID

- Nhiệt độ tạo ra bởi bộ gia nhiệt truyền vào buồng retort, làm nóng nước cũng như sản phẩm bằng quá trình dẫn nhiệt và đối lưu.
- Nhiệt độ trong buồng được ghi lại bởi bộ đo nhiệt điện trở PT100 truyền tín hiệu về bộ điều khiển nhiệt độ.
- Bộ điều khiển nhiệt độ tính toán sai số hiện hành và thiết lập giá trị PID sau đó truyền tín hiệu đến bộ điều chỉnh điện áp
- Bộ điều chỉnh điện áp sẽ dựa vào giá trị PID mà cung cấp điện áp tương ứng cho bộ gia nhiệt vòng, chu trình cứ thế tiếp tục nhằm ổn định giá trị nhiệt độ đã được cài đặt sẵn.

3.4.4 Quy tắc an toàn

Trong quá trình vận hành cần đảm bảo các quy tắc an toàn để không xảy ra các sự cố và để quá trình tuyệt trùng được đảm bảo chất lượng ta cần lưu ý các quy tắc an toàn sau:

Người vận hành phải vượt qua khóa đào tạo và kỳ thi, tuân thủ nghiêm ngặt các quy tắc vận hành an toàn hệ thống và đảm bảo các phụ kiện an toàn đầy đủ, nhạy bén và đáng tin cậy, xử lý kịp thời các hiện tượng bất thường.

Trong quá trình sử dụng, cần tăng cường bảo dưỡng và hiệu chuẩn thường xuyên, công tác chuẩn bị và các hạng mục kiểm tra trước khi kiểm tra đều theo quy trình và theo quy định có liên quan, báo cáo kiểm tra phải được lưu trữ và lưu trữ.

Khi thiết bị không còn sử dụng, bề mặt bên trong và bên ngoài của lò thanh trùng và bề mặt lò thanh trùng phải được vệ sinh, sấy khô và bề mặt rò rỉ phải được phủ một lớp dầu chống gián.

Sau khi thiết bị hoạt động trong một thời gian, sẽ có hiện tượng đóng cặn bên trong (liên quan đến chất lượng nước). Sau khi hoàn thành công việc mỗi ngày, cần vệ sinh máy để giữ sạch sẽ.

Không khí nén khi nén để sinh ra nước, hàng ngày trước khi làm việc hãy kiểm tra xem có nước trong bộ lọc của tổ hợp điều chỉnh công suất không, nếu có nước thì hãy xả hết, để không ảnh hưởng đến hoạt động của van điện từ.

Kiểm tra xem các van thủ công của hơi nước, khí nén, bình nước, v.v. đã mở chưa trước khi đưa thiết bị vào vận hành.

Chú ý quan sát hoạt động khi thiết bị đang chạy. Khi nước nóng hoặc nước lạnh được cấp vào, hãy quan sát xem máy bơm có đang chạy không và mực nước trong bình đun sôi có tăng không. Nếu mực nước không tăng khi máy bơm đang chạy bình thường, điều đó có nghĩa là máy bơm hết nước. Hoặc mực nước trong bình quá thấp.

Mỗi lần trước khi mở cửa, chú ý kiểm tra đồng hồ đo áp suất có phải là “0” không. Khi có áp suất bên trong, không được mở cửa mạnh để tránh nguy hiểm.

Sau khi hoàn thành công việc hằng ngày, hãy kiểm tra xem các van thủ công kết nối với nồi hấp đã được đóng chưa.

Nguồn cung cấp nước cho máy tiệt trùng phải là nước sạch hoặc nước mềm, có thể lấy từ máy xử lý nước lò hơi hoặc thiết bị xử lý độc lập. Đun sôi nước máy (nước cứng), sẽ tách ra canxi cacbonat, canxi cacbonat là hạt nhỏ; Nó sẽ bám vào bề mặt bao bì, đó là sản phẩm kém chất lượng. Thông thường sự cố máy tiệt trùng bị hỏng là do canxi cacbonat

Nguồn điện phải ổn định, chênh lệch điện áp phải dưới 10%, nếu không động cơ dẫn động, PLC, rơ le, máy vi tính, v.v. sẽ bị hỏng hoặc cháy.

Tất cả các đầu nối dây điện phải chống thấm nước

Đường ống hơi chính phải giữ áp suất trên 6 kg/cm² (85 psi)

Cung cấp khí nén cho máy tiệt trùng/ nồi hấp/ bình phản ứng. Phải có bình chứa dịch vụ để lưu trữ áp suất không khí, luôn giữ áp suất không khí trên 5 kg/cm² (70 psi). Nếu cung cấp không đủ không khí, bao bì túi sẽ bị vỡ, máy sẽ không ổn định.

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

4.1 Tính thông số gia nhiệt

Thông số	Giá trị
Chiều dài retort	920 mm
Đường kính retort	600 mm
Thể tích nước	60 lít
Hơi nóng steam	170°C - 6 bar
Nhiệt độ ban đầu	25°C
Nhiệt độ nồi hơi	123°C
Lưu lượng bơm	2.4 lít/s
Lon D x H	7.6 x 10.2 cm
Khối lượng làm việc	27 lon x 400 ml/lon

Bảng 4.1: Thông số thiết kế cơ bản của hệ thống

- Thông số lượng nước trong quá trình

Khối lượng ban đầu 60 lít = 60 kg

Để tính nhiệt lượng cần thiết để tăng nhiệt độ của 60 lít nước lên 1 độ C, ta có thể sử dụng công thức:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (4.1)$$

Trong đó:

- Q là lượng nhiệt (J).
- m là khối lượng nước (kg).
- c là nhiệt dung riêng của nước J/(kg·°C).
- ΔT là sự thay đổi nhiệt độ (°C).

Để thuận tiện cho việc mô phỏng ta không xét đến sự thay đổi của nhiệt dung riêng theo nhiệt độ với nhiệt dung riêng của nước là 4.1 kJ/(kg·°C)

$$C = 60 * 3900 = 246000 \text{ (J/}^{\circ}\text{C)}$$

- Thông số lượng nước cốt dừa

Ta có một lần tiệt trùng 27 lon nước cốt dừa mỗi lon 400ml, khối lượng riêng 1005g/ml.

$$\text{Khối lượng} = 400 \text{ ml} * 27 \text{ lon} = 10800 \text{ ml} * 1.005 \text{ g/ml} = 10.854 \text{ kg}$$

Nhiệt dung riêng của nước cốt dừa đã chọn trong chương 2 là $3747 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ cho loại 20–35% lượng chất béo

$$c = 3747 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$C = 10.854 * c \approx 40670 \text{ (J/}^\circ\text{C)}$$

- Lượng không khí

Lượng không khí thay đổi trong quá trình do nén và giãn nở

Nhiệt dung riêng không khí là $1005 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$

Khối lượng riêng không khí là 1.225 kg/m^3

Lượng không khí trong buồng:

+ Tính thể tích không khí trong ống

Đường kính ống: 41 mm

Bán kính ống: $r_1 = 41 / 2 \approx 20.5 \text{ mm} = 0.0205 \text{ m}$

Chiều dài ống: 8 m.

Thể tích ống:

$$V_1 = \pi r_1^2 h = \pi * 0.0205^2 * 8 \approx 10.562 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

+ Tính thể tích không khí trong thùng trụ

Chiều dài thùng: $920 \text{ mm} = 0.92 \text{ m}$.

Đường kính thùng: $600 \text{ mm} = 0.6 \text{ m}$.

Bán kính thùng: $r_2 = 0.6 / 2 = 0.3 \text{ m}$

Thể tích thùng:

$$V_2 = \pi r_2^2 h = \pi * 0.3^2 * 0.92 \approx 0.2601 \text{ m}^3$$

+ Tính tổng thể tích không khí

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 \approx 10.562 * 10^{-3} + 0.2601 \approx 0.2707 \text{ m}^3$$

Vậy tổng thể tích không khí trong ống và thùng trụ là khoảng 0.2707 m^3 .

Để tính lượng không khí trong điều kiện nén ở áp suất cao nhất 2.1 bar và nhiệt độ 123°C , ta có thể sử dụng phương trình:

$$m = PVM / RT \quad (4.2)$$

Chuyển đổi các đơn vị

1. Áp suất:

$$P = 2.1 \text{ bar} = 210 \text{ kPa}$$

2. Nhiệt độ:

$$T = 123^\circ\text{C} = 396.15 \text{ K}$$

3. Hằng số khí lý tưởng:

$$R = 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

4. Khối lượng mol của không khí $M \approx 28.97 \text{ g/mol} = 0.02897 \text{ kg/mol}$

Thay các giá trị vào:

$$m = \frac{(210000 \text{ Pa} \times 0.2707 \text{ m}^3) \times 0.02897 \text{ kg/mol}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \times 298.15 \text{ K}}$$
$$m \approx 0.6644 \text{ kg}$$

Vậy lượng không khí lớn nhất ở điều kiện 2.1 bar và 123°C là khoảng 0.6644 kg.

Để tính nhiệt lượng cần thiết để tăng nhiệt độ của khối lượng không khí, ta tiếp tục sử dụng công thức (4.1):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Trong đó:

- Q là lượng nhiệt (J).
- m là khối lượng không khí (kg) $\approx 0.6644 \text{ kg}$.
- c là nhiệt dung riêng của không khí $c \approx 1005 \text{ J/(kg}\cdot\text{C)}$.
- ΔT là sự thay đổi nhiệt độ ($^\circ\text{C}$) $= 1^\circ\text{C}$.

$$C = 0.6644 \text{ kg} * 1005 \text{ J/(kg}\cdot\text{C)}$$

$$C \approx 668 \text{ (J/}^\circ\text{C)}$$

Vậy nhiệt lượng cần thiết để tăng nhiệt độ của khối lượng khí đó lên 1 độ C là khoảng 668 J. Ta không tính đến lượng khí thay đổi vì phần nhiệt lượng khá nhỏ và sẽ làm phức tạp hàm tính toán.

- Khối lượng thép trong buồng

Sau khi đo đạc ta có khối lượng phần thép khung, lon và giá đỡ khoảng 40kg.

Để tính nhiệt lượng cần thiết để tăng nhiệt độ của 40 kg thép lên 1 độ C theo công thức (4.1)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Thay các thông số tương tự như trên và c là nhiệt dung riêng của thép khoảng 514 J/(kg·°C) ở 30 đến 123 độ (Eurocode 3: Design of steel structures EN 1993-1-2).

$$C = 40 \text{ kg} * 514 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$C = 20560 \text{ (J/}^\circ\text{C)}$$

Tốc độ gia nhiệt phụ thuộc vào công suất của các bộ gia nhiệt, dựa vào các nghiên cứu đã chỉ ra tốc độ gia nhiệt khoảng từ 10 – 20 phút, ta chọn thời gian 15 phút cho quá trình gia nhiệt. Vậy nhiệt lượng cần để tăng toàn bộ quá trình lên 121 độ trong 15 phút. Vậy công suất bộ gia nhiệt là khoảng:

$$Q = \Delta T \times (mc_{nước} + mc_{sản phẩm} + mc_{thép} + mc_{kk})$$

$$Q = (123 - 90) \times (246000 + 40670 + 20560 + 668)$$

$$Q = 10160634 \text{ J}$$

$$P_{boiler} = \frac{Q}{t} = \frac{30174004}{15 \times 60} = 11289 \text{ W} \text{ chọn } 15 \text{ kW}$$

Lượng khí steam cung cấp

$$\text{BHP} = \frac{\text{Lb}}{\text{Hr}} \cdot \frac{\text{fe}}{34.5} \quad (4.3)$$

Trong đó;

BHP là công suất lò hơi (boiler horse power)

$$BHP = \frac{P}{9810.66} = 1.5289$$

Lb/Hr là lượng hơi steam cung cấp mỗi giờ (pounds per hour)

Fe là hệ số bay hơi, thường – 1.08

$$\frac{\text{Lb}}{\text{Hr}} = \frac{34.5 \times 3.16}{1.08} = 48.84 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 22.15 \text{ kg/hr}$$

4.2 Tính toán quá trình gia nhiệt và hạ nhiệt

Trong quá trình hạ nhiệt, nước được bơm qua bộ trao đổi nhiệt tách và tuần hoàn để hạ nhiệt, để xác định công suất hạ nhiệt của bộ trao đổi nhiệt ta có hai phương pháp chính sau:

Phương pháp tính truyền nhiệt LMTD (Logarithmic Mean Temperature Difference) tính toán tốc độ dòng truyền nhiệt tổng thể thông qua một bộ trao đổi nhiệt dựa trên hệ số vật liệu truyền nhiệt, diện tích truyền và chênh lệch nhiệt độ ở hai đầu của bộ trao đổi nhiệt.

$$Q = U * A * \frac{\Delta T_A - \Delta T_B}{\ln(\Delta T_A) - \ln(\Delta T_B)} \quad (4.4)$$

Với

ΔT_A : Nhiệt độ thay đổi ở đầu nóng

ΔT_B : Nhiệt độ thay đổi ở đầu lạnh

Mặc dù tính toán đơn giản nhưng phương pháp này cần xác định nhiệt độ hai đầu vào và ra của cả dòng nóng và dòng lạnh, trong thực tế có thể sẽ không linh hoạt, thay vào đó ta có thể dùng phương pháp chỉ số NTU- ε (Number of transfer units-Effectiveness) bao gồm các công thức sau

$$\varepsilon = \frac{1 - e^{-NTU(1-C)}}{1 - C * e^{-NTU(1-C)}} = \frac{Q}{Q_{max}} \quad (4.5)$$

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} \quad (4.6)$$

$$NTU = \frac{U * A}{C_{min}} \quad (4.7)$$

$$Q_{max} = C_{min}(T_{hi} - T_{ci}) \quad (4.8)$$

$$Q = G_h c_h (T_{hi} - T_{ho}) = G_c c_c (T_{co} - T_{ci}) \quad (4.9)$$

Phần phụ h, c biểu thị cho đầu nóng (hot) và đầu lạnh (cold), chỉ số phụ i, o biểu thị cho đầu vào (in) và đầu ra (out), G là lưu lượng và c là nhiệt dung riêng từng lưu chất.

Với ε là hiệu suất của bộ trao đổi nhiệt, là tỷ lệ giữa năng lượng nhiệt đã chuyển giao thực tế và năng lượng nhiệt tối đa có thể chuyển giao (Q/Q_{max}). Năng lượng tối đa truyền nhiệt là năng lượng mà tại đó lượng chất dẫn hấp thụ nhiệt nhỏ nhất (nhiệt dung nhỏ nhất) hấp thu toàn bộ lượng nhiệt được cung cấp, với điều kiện lý tưởng thì đó là chênh lệch lượng nhiệt lớn nhất trên lý thuyết, tức là đầu vào của hai dòng lưu chất, ở đây gọi là T_{hi}, T_{ci} . Nếu không tính đến sự mất nhiệt cho các yếu tố khác thì nhiệt lượng từ dòng nóng sẽ trực tiếp đi đến dòng lạnh, tức là nhiệt cho bằng nhiệt nhận nên ta có công thức (4.9), từ các công thức trên ta có thể tính được nhiệt độ cũng như nhiệt lượng đầu ra của từng lưu chất.

Để tính toán giá trị U , một phương pháp đơn giản để xác định hệ số truyền nhiệt tổng thể qua các bộ trao đổi nhiệt được trình bày dưới đây. Phương pháp này chỉ tính đến sự dẫn nhiệt và đối lưu trong vật liệu, không tính đến các quá trình truyền nhiệt thông qua các phương pháp như bức xạ:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{d_w}{k} + \frac{1}{h_2} \quad (4.10)$$

Trong đó:

U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) là hệ số truyền nhiệt tổng thể

k (W/mK) là hệ số truyền nhiệt của vật liệu

h ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) là hệ số truyền nhiệt đối lưu riêng cho từng chất

d_w (m) là độ dày tấm ngăn

Theo thông số của bộ trao đổi nhiệt ta có $d_w = 0.5 \text{ mm}$, hệ số truyền nhiệt của thép carbon là $k = 16.3 \text{ W/mK}$, hệ số truyền nhiệt đối lưu của nước phụ thuộc nhiều yếu tố từ môi trường cũng như bản thân chất lỏng. Để tính hệ số truyền nhiệt đối lưu, ta cần tính các chỉ số Reynolds (Re), chỉ số Nusselt (Nu) và chỉ số Prandtl (Pr).

Hệ số truyền nhiệt đối lưu của nước trong bộ trao đổi nhiệt:

$$Re = \frac{LV\rho}{\mu} \quad (4.11)$$

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k} \quad (4.12)$$

Trong đó:

$L = 0.4 \text{ (m)}$ là thông số độ dài đặc trưng cho tấm

V (m/s) là vận tốc chảy trung bình của ống

ρ (kg/m^3) là mật độ chất lỏng trong ống

μ (Ns/m^2) là độ nhớt của chất lỏng

k (W/mK) là độ dẫn nhiệt của chất lỏng

Thông số của nước như sau:

- $V = 2 \text{ m/s}$

- $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ (không thay đổi trong khoảng $25-125^\circ\text{C}$)

- $C_p = 4100 \text{ J}/\text{kgK}$

- $k = 0.6 \text{ W}/\text{mK}$

Đối với chất lỏng độ nhớt được tính bằng công thức

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{1}{1 + \alpha T + \beta T^2} \right) \quad (4.13)$$

Trong đó, với nước ta có hệ số:

$$\alpha = 0.03368, \beta = 0.000221 \text{ và độ nhớt ở } 0^\circ\text{C là } \mu_0 = 1.79 \times 10^{-3}$$

$$\mu = 1.79 \times 10^{-3} \left(\frac{1}{1 + 0.03368T + 0.000221T^2} \right) \quad (4.14)$$

Xét nhiệt độ từ 25°C đến 123°C , giá trị $\mu = 9.04 \times 10^{-4} \dots 2.1 \times 10^{-4}$, ta tính được số Re và Pr trong khoảng

$$884955 \leq Re = \frac{LV\rho}{\mu} \leq 3809524$$

$$6.177 \geq Pr = \frac{\mu C_p}{k} \geq 1.435$$

Dựa vào số Reynolds lớn hơn 5×10^5 nên dòng chảy trong ống là dòng chảy hỗn loạn, vì vậy công thức tính trị số Nusselt theo Chilton-Colburn sẽ là:

$$Nu = 0.0296 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.33} \quad (4.15)$$

Vậy ta lập được hệ

$$0.0296 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.33} = \frac{hL}{k} \quad (4.16)$$

Cuối cùng ta tính h

$$h = \frac{k \times 0.0296 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.33}}{L} = \frac{0.6 \times 0.0296 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.33}}{0.4}$$

$$4633 \leq h \leq 9201$$

Hệ số truyền nhiệt đối lưu của khí trong tháp giải nhiệt:

$$\mu = \mu_0 + \alpha T - \beta T^2 \quad (4.17)$$

Trong đó, với khí ta có các hệ số

$$\alpha = 5.6 \times 10^{-8}, \beta = 0.1189 \times 10^{-9} \text{ và độ nhớt ở } 0^\circ\text{C là } \mu_0 = 1.7 \times 10^{-5}$$

Vận tốc khí trong ống

$$v = \frac{G}{\rho A} = \frac{Q_a}{A} \quad (4.18)$$

Trong đó:

G (kg/s) là lưu lượng cấp của khí

$Q_a = 1.667 \text{ (m}^3/\text{s)}$ là lưu lượng thể tích khí (thông số tháp)

$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ là mật độ khí

$A = \pi D^2 / 4 = 0.353m^2$ là diện tích tiết diện (dựa trên mặt cắt quạt hút)

$L = 6 \text{ m}$, là chiều dài trao đổi nhiệt

$C_p = 1005 J/kgK$

$k = 22 \times 10^{-3}$

$$v = \frac{Q_a}{A} = 4.72 \text{ m/s}$$

Nhiệt độ khí có thể từ 25°C , giá trị $\mu = 1.83 \times 10^{-5}$, ta tính được số Re và Pr

$$\text{Re} = \frac{LV\rho}{\mu} = 1857049$$

$$\text{Pr} = \frac{\mu C_p}{k} = 0.836$$

Cuối cùng ta tính h

$$h = \frac{k \times 0.0296 \times \text{Re}^{0.8} \times \text{Pr}^{0.33}}{L} = \frac{22 \times 10^{-3} \times 0.0296 \times \text{Re}^{0.8} \times \text{Pr}^{0.33}}{6}$$

$$h = 10.59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Đối với truyền nhiệt đối lưu tự nhiên qua không khí trong quá trình hoạt động ta cần xét đến các hệ số Nusselt (Nu), số Prandt (Pr), Số Rayleigh (Ra) và Số Grashof (Gr). Nu và Pr đã được xác định ở trên. Phương trình cho số grashof và số Rayleigh theo Churchill and Chu (Nusselt):

$$\text{Nu} = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 \text{Ra}^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{\text{Pr}} \right)^{9/16} \right]^{27}} \right\}^2 = \frac{hD}{k} \quad (4.19)$$

Với $10^{-6} \leq \text{Ra} \leq 10^{12}$

$$\text{Gr} = \frac{D^3 \rho^2 g \Delta T \beta}{\nu^2} \quad (4.20)$$

$$Ra = Gr \times Pr \quad (4.21)$$

Trong đó:

$D = 0.04$ m là đường kính ống

$g = 9.81$ m/s² là hệ số trọng lực

β (K^{-1}) là hệ số dẫn nở nhiệt của lưu chất

$\mu = 1.83 \times 10^{-5}$ là độ nhớt động học của không khí

Như vậy đối với trường hợp đối lưu tự nhiên giữa thành kim loại và không khí:

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k} = 0.836$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{(T + T_{env})/2} = \frac{2}{T + 25}$$

$$Gr = \frac{D^3 \rho^2 g \Delta T \beta}{\mu^2} = \frac{0.04^3 \times (3.2)^2 \times 9.81 \times \frac{2(T - 25)}{T + 25}}{(1.83 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr \leq 5419455 \approx 5.42 \times 10^6$$

$$Ra = Gr \times Pr = 4.53 \times 10^6$$

$$Nu = 22.89 = \frac{hD}{k}$$

$$h = \frac{Nu \times k}{D} = 12.59 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Tương tự với thành nồi, chỉ có D thay đổi thành D = 0.6 m.

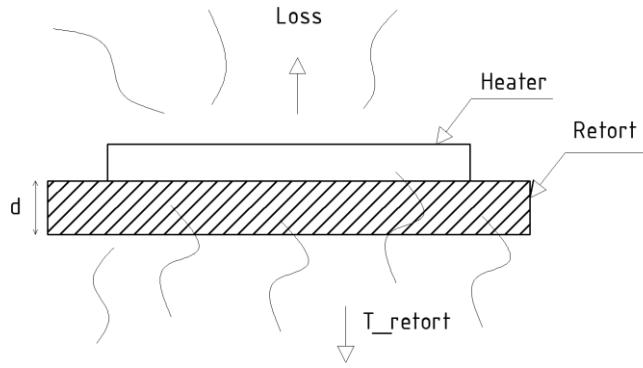
$$h = 10.36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4.3 Phân tích phương trình hàm truyền của hệ thống

Thiết lập mô hình hàm truyền giai đoạn một và hai

Đối với hai giai đoạn nhiệt độ đầu, tín hiệu điều khiển thực tế là tín hiệu từ 4-20mA vào bộ thay đổi công suất giúp tăng hoặc giảm tốc độ gia nhiệt, nhưng để dễ dàng trong mô phỏng ta cho rằng tín hiệu này có giá trị từ 0-1 thể hiện việc ta cấp công suất từ 0 đến P_{max}. Quá trình truyền nhiệt gồm nhiều giai đoạn:

Quá trình truyền nhiệt qua thành nồi



Hình 4.1: Nhiệt từ bộ gia nhiệt vào buồng

Nhiệt tạo ra từ vòng nhiệt sẽ mất một phần vào không khí, phần còn lại sẽ được truyền qua thành nồi vào trong tạo thành nhiệt bộ buồng, đầu tiên ta lập phương trình nhiệt độ tạo bởi bộ gia nhiệt:

$$Q_{heater} = Q_{gen} - Q_{loss} \quad (4.22)$$

Trong đó:

Q_{heater} (W) là nhiệt lượng tổng tại heater trước khi vào buồng

$$Q_{heater} = C_{heater} \cdot \frac{dT_{heater}}{dt} \quad (4.23)$$

Với C_{heater} (J/kgK) là nhiệt dung tổng của bộ gia nhiệt

T_{heater} (K) là nhiệt độ tại heater

Q_{gen} (W) là tổng nhiệt lượng sinh ra

$$Q_{gen} = u(t) \cdot P_{max} \quad (4.24)$$

$u(t)$ tín hiệu điều khiển, có giá trị từ 0-1

P_{max} (W) = $8kW$ công suất bộ gia nhiệt

Q_{loss} (W) Nhiệt độ mất đi, vì không khí ngoài nồi xem như đứng yên nên ta chỉ xét nhiệt mất đi do bức xạ (radiation) và đối lưu tự nhiên

$$Q_{loss} = A\epsilon\sigma(T_{heater}^4 - T_{env}^4) + h_a A(T_{heater} - T_{env}) \quad (4.25)$$

Với $A = 1.357$ (m^2) là diện tích truyền nhiệt

$\epsilon = 0.6$ hệ số phát xạ bề mặt của thép

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 K^4)$ là hằng số Stefan-Boltzmann

T_{env} (K) = $25^\circ C$ là nhiệt độ môi trường

$h_a = 10.36 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ là hệ số đổi lưu tự nhiên với không khí, ở đây là thành phần nhiệt kim loại như đã tính ở phần (4.3).

Để lập được hàm truyền thì ta cần tuyến tính hóa nhiệt lượng trên, bằng cách biến đổi Taylor bậc 1:

$$T^4 = 4T_0^3(T - T_0) + T_0^4 \quad (4.26)$$

Với khoảng nhiệt độ từ 25 đến 123°C thì sai số của xấp xỉ tính được khi thay các số liệu vào khoảng 0 đến 25.73% công suất mất nhiệt. Tuy nhiên ta có thể giảm phần sai số này bằng cách đặt lại giá trị xấp xỉ

$$T_m = \frac{T + T_{env}}{2}; \quad T^2 + T_{env}^2 \approx 2T_m^2$$

Giá trị Q_{loss} trở thành: ($T_{heater} = T$)

$$Q_{loss1} = A\varepsilon\sigma(T_{heater}^4 - T_{env}^4) = A\varepsilon\sigma(T - T_{env})(T + T_{env})(T^2 + T_{env}^2)$$

$$Q_{loss1} = A\varepsilon\sigma(T - T_{env}) \times 2T_m \times 2T_m^2$$

$$Q_{loss} = 4A\varepsilon\sigma T_m^3(T - T_{env}) + h_a A(T_{heater} - T_{env}) \quad (4.27)$$

Với xấp xỉ này thì sai số của công suất mất nhiệt chỉ khoảng từ 0 đến 1.95%.

Đối với hệ số đổi lưu h_a

Vậy ta tổng hợp được phương trình tạo nhiệt của bộ gia nhiệt như sau:

$$\begin{aligned} C_{heater} \frac{dT_{heater}}{dt} &= u(t) \cdot P_{max} - 4A\varepsilon\sigma T_m^3(T_{heater} - T_{env}) \\ &\quad - h_a A(T_{heater} - T_{env}) \end{aligned} \quad (4.28)$$

Đặt các hệ số và chuyển phương trình về dạng sau:

$$A \frac{dT_{heater}}{dt} = Bu(t) - C(T_{heater} - T_0) \quad (4.29)$$

Với:

$$A = C_{heater}; \quad B = P_{max}; \quad C = 4A\varepsilon\sigma T_m^3 + h_a A$$

Tiếp tục đặt $T_r = T_{heater} - T_0$, phương trình trên trở thành:

$$A \frac{dT_r}{dt} = Bu(t) - CT_r \quad (4.30)$$

Biến đổi Laplace hệ trên ta được:

$$AsT_r(s) = BU(s) - CT_r(s) \quad (4.31)$$

Tiếp tục chuyển về

$$(As + C)T_r(s) = BU(s) \quad (4.32)$$

Từ đó ta tìm được hàm truyền:

$$G_1(s) = \frac{T_r(s)}{U(s)} = \frac{B}{As + C} \quad (4.33)$$

Thay các hệ số vào phương trình với $m = 75\text{kg}$ và nhiệt dung riêng c_{heater} của bộ gia nhiệt là 500 (J/kgK)

$$G_1(s) = \frac{T_r(s)}{U(s)} = \frac{8000}{37500s + 19.87} \quad (4.34)$$

Sau khi đã có nhiệt độ tại bộ gia nhiệt, lượng nhiệt này truyền qua thành nồi vào buồng nên ta lập phương trình truyền nhiệt, trong quá trình này ta xem như nhiệt độ truyền vào đồng đều và tăng nhiệt độ trong buồng lên tương ứng, bên cạnh đó có sự mất nhiệt do đối lưu của nước tuần hoàn qua không khí ở trạng thái cân bằng ta có:

$$Q_{\text{retort}} = \frac{kA(T_{\text{heater}} - T_{\text{retort}})}{d} - Q_{\text{loss}} \quad (4.35)$$

Trong đó: $Q_{\text{retort}}(W)$ là nhiệt lượng nhận được của toàn bộ buồng retort

$T_{\text{retort}}(K)$ là nhiệt độ hiện tại của buồng

$k = 16.2 \text{ W/mK}$ là hệ số truyền nhiệt do hiện tượng dẫn nhiệt từ heater sang retort, vật liệu thép không gỉ.

$A \text{ m}^2$ là diện tích truyền nhiệt của bộ gia nhiệt, với chiều dài và đường kính tương ứng $720 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ thì $A = 1.357 \text{ m}^2$

$d = 0.03 \text{ m}$ là chiều dày của vách nồi hấp

$Q_{\text{loss}}(W)$ là nhiệt lượng mất đi, trong đó bao gồm mất nhiệt do bức xạ, mất nhiệt do đối lưu tự nhiên qua không khí

Tương tự như trên ta có được mô hình:

$$\frac{C_{\text{retort}}dT}{dt} = \frac{kA(T_{\text{heater}} - T_{\text{retort}})}{d} - 4A_1\varepsilon\sigma T_m^3(T_{\text{retort}} - T_{\text{env}}) - h_a A_1(T_{\text{retort}} - T_{\text{env}}) \quad (4.36)$$

Tiếp tục đặt số hạng như ở phương trình (4.)

$$A_2 = C_{\text{retort}}; \quad B_2 = \frac{kA}{d}; \quad C_2 = 4A_1\varepsilon\sigma T_m^3 + h_a A_1; \quad T_{\text{env}} = T_0$$

$$\frac{A_2 dT_{\text{retort}}}{dt} = B_2(T_{\text{heater}} - T_{\text{retort}}) - C_2(T_{\text{retort}} - T_{\text{env}}) \quad (4.37)$$

Đặt $T_{r2} = T_{retort} - T_0$, $T_{r1} = T_{heater} - T_0$; $T_{env} = T_0$ để ta có thể đơn giản hóa phương trình:

$$\frac{A_2 dT_{r2}}{dt} = B_2(T_{r1} + T_0 - (T_{r2} + T_0)) - C_2 T_{r2} \quad (4.38)$$

Rút gọn lại ta có

$$\frac{A_2 dT_{r2}}{dt} = B_2 T_{r1} - (B_2 + C_2) T_{r2} \quad (4.39)$$

Biến đổi Laplace phương trình vi phân trên:

$$A_2 s T_{r2}(s) = B_2 T_{r1}(s) - (B_2 + C_2) T_{r2}(s) \quad (4.40)$$

Hàm truyền :

$$G_2(s) = \frac{T_{r2}(s)}{T_{r1}(s)} = \frac{B_2}{A_2 s + B_2 + C_2} \quad (4.41)$$

Thay các thông số vào, với $h_a = 12.59 \text{ W/m}^2\text{K}$ đối với ống nhỏ và diện tích truyền nhiệt sau khi đo và ước lượng của ống là $A_1 = 1.5\text{m}^2$

$$G_2(s) = \frac{732.78}{307898s + 758.08} \quad (4.42)$$

Đối với quá trình gia nhiệt bằng hơi nước, ta cần có các định nghĩa về hơi nước bão hòa và năng lượng của nó trước khi lập hàm truyền.

Enthalpy của sự bay hơi hoặc nhiệt ẩn

Đây là lượng nhiệt cần thiết để thay đổi trạng thái nước ở nhiệt độ sôi của nó, thành hơi nước. Nó không liên quan đến sự thay đổi nhiệt độ của hỗn hợp hơi / nước, và tất cả năng lượng được sử dụng để thay đổi trạng thái từ chất lỏng (nước) thành hơi (hơi nước bão hòa). Thuật ngữ nhiệt ẩn dựa trên thực tế là mặc dù nhiệt đã được thêm vào, nhưng không có thay đổi về nhiệt độ. Giống như sự thay đổi pha từ nước đá sang nước, quá trình bay hơi cũng có thể đảo ngược. Lượng nhiệt tương tự tạo ra hơi nước được giải phóng trở lại môi trường xung quanh trong quá trình ngưng tụ, khi hơi nước tiếp xúc bất kỳ bề mặt nào ở nhiệt độ thấp hơn. Đây có thể được coi là phần nhiệt hữu ích trong hơi nước cho mục đích gia nhiệt, vì đó là phần của tổng nhiệt trong hơi nước được chiết xuất khi hơi nước ngưng tụ trở lại nước. Enthalpy của nước và hơi của nó được tìm thấy ở bảng hơi nước bão hòa. (International Steam Tables – IAPWS-IF97)

Áp suất (bar g)	Nhiệt độ bão hòa	Năng lượng enthalpy kJ/kg		
		Nước h_f	Hóa hơi h_{fg}	Hơi h_g
0	100	419	2257	2676

1	120	506	2201	2707
1.1	123	516	2195	2711
2	134	562	2163	2725
3	144	605	2133	2738
4	152	641	2108	2749
5	159	671	2086	2757
6	165	697	2066	2763
7	170	721	2048	2769

Bảng 4.2: Bảng hơi nước bão hòa

Tổng lượng nhiệt cung cấp của hơi nước bão hòa:

$$h_f = h_f + h_{fg} \quad (4.43)$$

Với: h_g (kJ/kg) là tổng nhiệt lượng của hơi nước

h_f (kJ/kg) là enthalpy của nước lỏng

h_{fg} (kJ/kg) là enthalpy quá trình ngưng tụ (nhiệt ẩn)

Độ khô của hơi nước

Hơi nước có nhiệt độ bằng điểm sôi ở áp suất tương ứng như trên được gọi là hơi nước khô. Tuy nhiên, để tạo ra hơi khô 100% trong nồi hơi công nghiệp được thiết kế để tạo ra hơi nước bão hòa là hiếm khi có thể, và hơi nước thường sẽ chứa các giọt nước.

Hơi nước được sản xuất trong bất kỳ nồi hơi loại nào, trong đó nhiệt chỉ được cung cấp cho nước và nồi hơi nước vẫn tiếp xúc với mặt nước, thường có thể chứa khoảng 5% nước theo khối lượng. Nếu hàm lượng nước của hơi nước là 5% theo khối lượng, thì hơi nước được cho là khô 95% và có tỷ lệ khô là 0,95.

Entalpy thực tế của sự bay hơi của hơi nước uột là sản phẩm của phân số khô (γ) và enthalpy cụ thể từ các bảng hơi. Hơi ẩm sẽ có năng lượng nhiệt có thể sử dụng thấp hơn so với hơi nước khô. Vì thế lượng nhiệt thực tế của hơi nước được tính lại như sau:

$$h_f = h_f + h_{fg} \times \gamma \quad (4.44)$$

Gia nhiệt bằng hơi nước bão hòa

Đối với giai đoạn gia nhiệt và giữ nhiệt bằng hơi nóng ở nhiệt độ cao, ta cần lập hàm truyền với tín hiệu điều khiển van hơi nóng và đầu ra là nhiệt độ trong buồng. Phương trình tổng quát có dạng sau:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (4.45)$$

Đối với Q_{in} ta có công thức

$$Q_{in} = m(t) \times h_a \quad (4.46)$$

Trong đó:

$m(t)$ (kg/s) là lưu lượng khói của hơi cung cấp vào buồng

h_a (J/kg) là enthalpy có thể cấp của hơi nước ở đầu vào

Lượng nhiệt đầu vào tỉ lệ với độ mở của van, độ mở của van theo tín hiệu điều khiển ở dạng bậc nhất thường có dạng bậc nhất kèm thời gian trễ

$$\tau \frac{dM}{dt} = +M(t) = Ku(t - \theta) \quad (4.47)$$

Khi biến đổi hàm truyền trên có dạng đầu vào là tín hiệu điều khiển đầu ra là lưu lượng khói

$$H(s) = \frac{M(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (4.48)$$

Trong đó:

$u(t)$ là tín hiệu điều khiển, có giá trị từ 0 – 100%

K: hệ số khuếch đại, có giá trị khi lấy lưu lượng khói lớn nhất chia cho tín hiệu điều khiển lớn nhất

$$K = \frac{M_{max}}{u_{max}} = \frac{12K_{vs}P_1}{1} = \frac{12 * 0.25 * 7.9}{1} = 23.7 \frac{kg}{h} = 6.5833 * 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

θ là độ trễ của tín hiệu phản hồi, ta có thể sử dụng phản ứng bước. Sau khi cung cấp tín hiệu bước (step input), đo lường thời gian trễ giữa tín hiệu điều khiển thay đổi và sự thay đổi đầu ra $M(t)$.

τ Hằng số thời gian, xác định từ đặc tính động học của van (có thể tính toán từ dữ liệu thực tế hoặc đánh giá qua các thử nghiệm). Thử nghiệm phản ứng bước, cung cấp một bước nhảy tín hiệu $u(t)$ và đo đầu ra $M(t)$. Sau đó, xác định thời gian mà đầu ra $M(t)$ đạt khoảng 63.2% giá trị cuối cùng của nó.

Với các hệ số $\tau = 1.5s$ và $\theta = 0.5s$ ta có hàm truyền cho van

$$H_3(s) = \frac{M(s)}{U(s)} = \frac{6.5833 * 10^{-3}e^{-0.5s}}{1.5s + 1} \quad (4.49)$$

Enthalpy của hơi nước cấp vào gồm enthalpy hóa hơi của nó để trở thành dạng nước và lượng nước sau đó sẽ truyền vào retort.

$$Q_{in} = m(t) \times (\gamma h_{fg} + c(T_s - T_{retort})) \quad (4.50)$$

Tương tự hai giai đoạn đầu nhiệt lượng thoát do đối lưu tự nhiên và bức xạ bên ngoài

$$Q_{loss} = 4A\epsilon\sigma T_m^3(T_{retort} - T_{env}) + h_a A(T_{retort} - T_{env})$$

Với các thông số thay đổi theo khoảng nhiệt tương ứng 90 đến 123°C

T_m	$(123+90)/2+273.15 = 379.65K$
A	$1.5 m^2$
h_c	$12.59 W/mK$

Mô hình gia nhiệt tổng quát được viết lại thành:

$$C \frac{dT}{dt} = m(t) \times (\gamma h_{fg} + c(T_s - T)) - 4A\epsilon\sigma T_m^3(T - T_{env}) - h_c A(T - T_{env}) \quad (4.51)$$

Vì đây là phương trình phi tuyến, không thích hợp để thiết kế dạng điều khiển PID, ta cần chuyển về dạng tuyến tính để lập hàm truyền. Điểm cân bằng là tại 123°C, cho rằng nhiệt dung không thay đổi trong quá trình gia nhiệt bằng cách thêm tổng khối lượng nước từ hơi để gia nhiệt. đặt các hệ số để rút gọn biểu thức:

- $B = \gamma h_{fg} + T_s c$
- $C_{new} = C + 4100 \times m_{steam}$
- $D = 4A\epsilon\sigma T_m^3 + h_c A$

Năng lượng cấp vào là năng lượng nhiệt ẩn và truyền nhiệt của steam từ 170 xuống 123°C.

$$C(123 - 90) = (h_{s170} - h_{w123}) = 1000(2769 - 516)m_{steam}$$

$$m_{steam} = \frac{307898(123 - 90)}{1000(2769 - 516)} = 4.5 kg$$

$$C \frac{dT}{dt} = m(t)(B - cT) - D(T - T_{env}) \quad (4.52)$$

Đầu tiên: đặt biến

$$T_1 = T - T_e; \quad M_1 = m - m_e$$

Với T_e, m_e là giá trị tại điểm cân bằng, ở đây là tại nhiệt độ điều khiển 123°C, xác định điểm cân bằng $\frac{dT}{dt} = 0$

$$0 = m_e(B - cT_e) - D(T_e - T_{env})$$

$$u_e = \frac{D(T_e - T_{env})}{B - cT_e}$$

Gọi hàm bên phải (4.) là

$$f(m, T) = m(t)(B - cT) - D(T - T_{env})$$

Tuyến tính hóa $f(m, T)$ quanh điểm cân bằng ta dùng khai triển Taylor bậc nhất

$$f(m, T) \approx f(m_e, T_e) + \frac{\delta f}{\delta m}|_e(m - m_e) + \frac{\delta f}{\delta T}|_e(T - T_e)$$

Vì $f(m_e, T_e) = 0$ nên

$$C \frac{dT_1}{dt} = \frac{\delta f}{\delta m}|_e M_1 + \frac{\delta f}{\delta T}|_e T_1$$

Tính đạo hàm riêng tại điểm cân bằng, bỏ đi các hằng số

$$\frac{\delta f}{\delta m}|_{(m_e, T_e)} = B - cT_e$$

$$\frac{\delta f}{\delta T}|_{(m_e, T_e)} = -m_e c - D$$

Phương trình tuyến tính sau khi đặt biến

$$C \frac{dT_1}{dt} = f(m, T) = (B - cT_e)M_1 - (m_e c + D)T_1 \quad (4.53)$$

Từ đó ta có thể lập hàm truyền như sau, biến đổi Laplace phương trình trên, với điều kiện ban đầu bằng 0

$$CsT_1(s) = (B - cT_e)M_1(s) - (m_e c + D)T_1(s) \quad (4.54)$$

Chuyển về

$$H_3(s) = \frac{T_1(s)}{M_1(s)} = \frac{B - cT_e}{Cs + m_e c + D} \quad (4.55)$$

Thay các số liệu ta được

- $B = \gamma h_{fg} + T_s c = 0.95 \times 2048 \times 1000 + (170 + 273.15) \times 4100 = 3762515$
- $C = C + 4100 \times 4.5 = 326348$
- $D = 4A\varepsilon\sigma T_m^3 + h_c A = 30.0546$
- $m_e = \frac{D(T_e - T_{env})}{B - cT_e} = \frac{30.0546(123 - 25)}{3762515 - 4100 \times (123 + 273.15)} = 1.3774 \times 10^{-3}$

$$H_4(s) = \frac{2138300}{326348s + 35.7} \quad (4.56)$$

Mô hình của cảm biến

Hàm truyền của cảm biến nhiệt độ PT100 mô tả mối quan hệ giữa nhiệt độ môi trường và đầu ra là điện trở của cảm biến. PT100 có đặc tính gần tuyến tính trong khoảng nhiệt độ thường dùng, với phương trình cơ bản: $R(T) = R_0 (1 + \alpha T)$, trong đó R_0 là điện trở tại 0°C (thường là 100Ω), và α là hệ số nhiệt điện trở, khoảng $0.00385 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ đối với loại tiêu chuẩn công nghiệp. Để xây dựng hàm truyền dưới dạng bậc nhất, ta xét thêm ảnh hưởng của độ trễ cảm biến, thường biểu diễn bằng hàm truyền $G(s) = K / (ts + 1)$, trong đó $K = 1$ (ở đây xem như đầu vào và đầu ra đều là nhiệt độ thay vì điện trở) là hệ số khuếch đại và t là hằng số thời gian (time constant) đặc trưng cho tốc độ đáp ứng của PT100. Hệ số t có thể xác định bằng thực nghiệm, đo thời gian cảm biến cần để đạt 63.2% giá trị ổn định sau một thay đổi nhiệt độ đột ngột.

Hằng số thời gian (τ) của cảm biến PT100 thể hiện mức độ nhanh hay chậm trong việc phản hồi với sự thay đổi nhiệt độ. Tùy thuộc vào cấu tạo vật lý và môi trường sử dụng, τ có thể thay đổi khá lớn giữa các loại PT100:

- PT100 dạng trần (bare element): τ rất nhỏ, thường từ 0.5 đến 1.5 giây. Do phần tử cảm biến tiếp xúc trực tiếp với môi trường, khả năng truyền nhiệt nhanh.
- PT100 có bọc kim loại mỏng: τ thường từ 2 đến 5 giây. Lớp vỏ bảo vệ làm giảm tốc độ truyền nhiệt, dẫn đến độ trễ lớn hơn.
- PT100 dạng bọc cách nhiệt (dùng trong công nghiệp nặng hoặc môi trường nguy hiểm): τ có thể dao động từ 5 đến 20 giây hoặc cao hơn. Vật liệu cách nhiệt làm tăng đáng kể thời gian phản ứng của cảm biến.

Các giá trị τ này thường được xác định bằng thực nghiệm hoặc được cung cấp trong datasheet của nhà sản xuất. Khi mô hình hóa hệ thống điều khiển nhiệt độ, việc chọn đúng τ cho PT100 giúp mô phỏng chính xác hơn đáp ứng thời gian thực tế của hệ thống. Ta có mô hình hàm truyền như sau

$$H_s(s) = \frac{1}{5s + 1} \quad (4.57)$$

Thiết lập mô hình cooling tower

Tháp giải nhiệt là một thiết bị trao đổi nhiệt chuyên dùng để làm mát nước trong các hệ thống công nghiệp hoặc điều hòa không khí quy mô lớn. Nguyên lý hoạt động chính của tháp là sử dụng quá trình bay hơi một phần của nước để hấp thụ và thải nhiệt ra môi trường, từ đó làm giảm nhiệt độ của nước tuần hoàn. Nước nóng từ hệ thống

được đưa vào tháp, phân bố trên bề mặt rộng nhò các tấm tản nước (fill), trong khi không khí được quạt cường bức hoặc dòng tự nhiên đưa vào từ đáy hoặc bên hông tháp để tiếp xúc trực tiếp với nước. Sự chênh lệch nhiệt độ và áp suất hơi tạo điều kiện cho một phần nước bay hơi, mang theo nhiệt ra ngoài và làm mát phần nước còn lại. Tháp giải nhiệt đóng vai trò thiết yếu trong việc duy trì hiệu suất ổn định cho các thiết bị công nghiệp như máy nén, lò hơi, hệ thống làm lạnh, và giảm thiểu tác động nhiệt ra môi trường.

Hiệu suất của tháp giải nhiệt được xác định bằng cách sử dụng các mối quan hệ nhiệt động cơ bản cho các quá trình mà không khí và nước trải qua khi chúng đi qua tháp. Đối với một tháp nhất định, trạng thái đầu ra của không khí và nước phụ thuộc vào hệ số truyền nhiệt và khối lượng và diện tích bề mặt. Không giống như bộ trao đổi nhiệt, tháp giải nhiệt không có bề mặt ngăn cách hai luồng. Năng lượng đều được truyền trực tiếp từ luồng nước vào luồng không khí, giúp đơn giản hóa quá trình phân tích.

Xét một lượng nước được bơm qua tháp giải nhiệt ướt, quá trình truyền nhiệt gồm nhiều quá trình đổi lưu với khí, dẫn nhiệt qua các tấm và bay hơi, mô hình truyền nhiệt khi ta chưa biết nhiệt độ đầu ra như đã đề cập ở trên theo phương pháp ε -NTU.

$$Q = \varepsilon Q_{\max} \quad (4.58)$$

Với Q là nhiệt lượng trao đổi, để tính ε theo công thức (4.13) và (4.14) và NTU tính theo công thức (4.15), U là hệ số truyền nhiệt tổng thể là tổng hợp từ nhiều yếu tố truyền nhiệt, gồm cả phía không khí và nước. Công thức (4.17) viết thành

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2}$$

Sau đó ta tính được nhiệt độ đầu ra qua công thức

$$Q = m_w c_p (T_{in} - T_{out}) \quad (4.59)$$

Với $m_w = 2.4 \text{ kg/s}$ là lưu lượng nước bơm

$c_p = 4100 \text{ J/kgK}$ là nhiệt dung riêng của nước

Bên cạnh truyền nhiệt, mất nhiệt do bay hơi cũng là một yếu tố quan trọng trong tháp giải nhiệt, sự tiếp xúc của không khí và nước ở bề mặt tạo ra quá trình bay hơi của nước, hiệu ứng này càng rõ ràng khi nước và không khí ngược dòng nhau, tức là chúng có sự chênh lệch nhiệt độ và vận tốc, quá trình bay hơi của nước sẽ diễn ra mạnh mẽ hơn và điều này có thể giúp giảm nhiệt độ của nước. Đây là một hiện tượng quan trọng trong cơ chế làm mát tự nhiên của nhiều hệ thống, ví dụ như trong các máy làm mát hay trong quá trình trao đổi nhiệt tự nhiên.

Bay hơi là quá trình mà các phân tử nước ở bề mặt của chất lỏng có đủ năng lượng để thoát ra khỏi bề mặt và chuyển thành trạng thái hơi. Điều này có thể xảy ra ở bất kỳ nhiệt độ nào, miễn là có một số phân tử nước có đủ năng lượng để vượt qua lực kết dính giữa các phân tử khác trong chất lỏng. Khi nước tiếp xúc với không khí có nhiệt độ thấp hơn, các phân tử nước sẽ hấp thụ năng lượng từ môi trường xung quanh để chuyển từ

trạng thái lỏng sang trạng thái hơi. Sự chuyển đổi này đòi hỏi một lượng nhiệt nhất định, gọi là nhiệt ẩn của bay hơi. Khi nước

Với tháp giải nhiệt, công thức tính khối lượng nước bay hơi như sau

$$E_{\text{loss}} = 0.00153 \times Q \times \Delta T \quad (4.60)$$

Trong đó:

E (m^3/h) là lượng nước bay hơi

Q (m^3/h) là lưu lượng nước tuần hoàn

$\Delta T = T_i - T_o$ ($^{\circ}\text{C}$) là chênh lệch nhiệt độ giữa nước vào và ra tháp

Sau đó tính được nhiệt lượng đã bay hơi bằng cách nhân với nhiệt hóa hơi của chúng, được xấp xỉ bằng công thức rút ra từ bảng hóa hơi:

$$\lambda(T) = 2501 - 2.361 \times T \quad (4.61)$$

$\lambda(T)$ (kJ/kg) là nhiệt hóa hơi của nước tại nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$)

Các thông tin thêm về cooling tower như quy trình lập phương trình Merkel, các biểu đồ thuộc tính, các công thức tính các thông số liên quan, có thể xem ở các tài liệu.

4.4 Lập phương trình nhiệt độ của sản phẩm

Lập phương trình nhiệt độ của sản phẩm

Bằng cách đánh đồng tốc độ truyền nhiệt tổng thể vào hộp với tốc độ tích tụ nhiệt bên trong hộp, có thể thiết lập được phương trình cân bằng năng lượng. Để truyền nhiệt vào hộp:

$$Q = UA(T_r - T_p)n \quad (4.62)$$

Và lượng nhiệt tích tụ trong can:

$$Q = mc \frac{dT}{dt} \quad (4.63)$$

Trong đó:

Q (W) = công suất truyền nhiệt

U ($\text{Wm}^{20}\text{C}^{-1}$) = hệ số truyền nhiệt tổng thể của can

A (m^2) = diện tích bề mặt

T_r ($^{\circ}\text{C}$) = Nhiệt độ buồng

T_p ($^{\circ}\text{C}$) = Nhiệt độ sản phẩm

c ($\text{J kg}^{-1}\text{C}^{-1}$) = nhiệt dung riêng sản phẩm

m (kg) = khối lượng

Thay (4.) vào (4.) và chuyển về ta được

$$\frac{mcdT_p}{dt} = UA \left(T_r(t) - T_p(t) \right) \quad (4.64)$$

Biến đổi Laplace để tìm hàm truyền:

$$mcsT_p(s) = UAT_r(s) - UAT_p(s) \quad (4.65)$$

	$(mcs + UA)T_p(s) = UAT_r(s)$	(4.66)
--	-------------------------------	--------

Vậy hàm truyền là:

$$H(s) = \frac{T_p(s)}{T_r(s)} = \frac{UA}{mcs + UA} \quad (4.67)$$

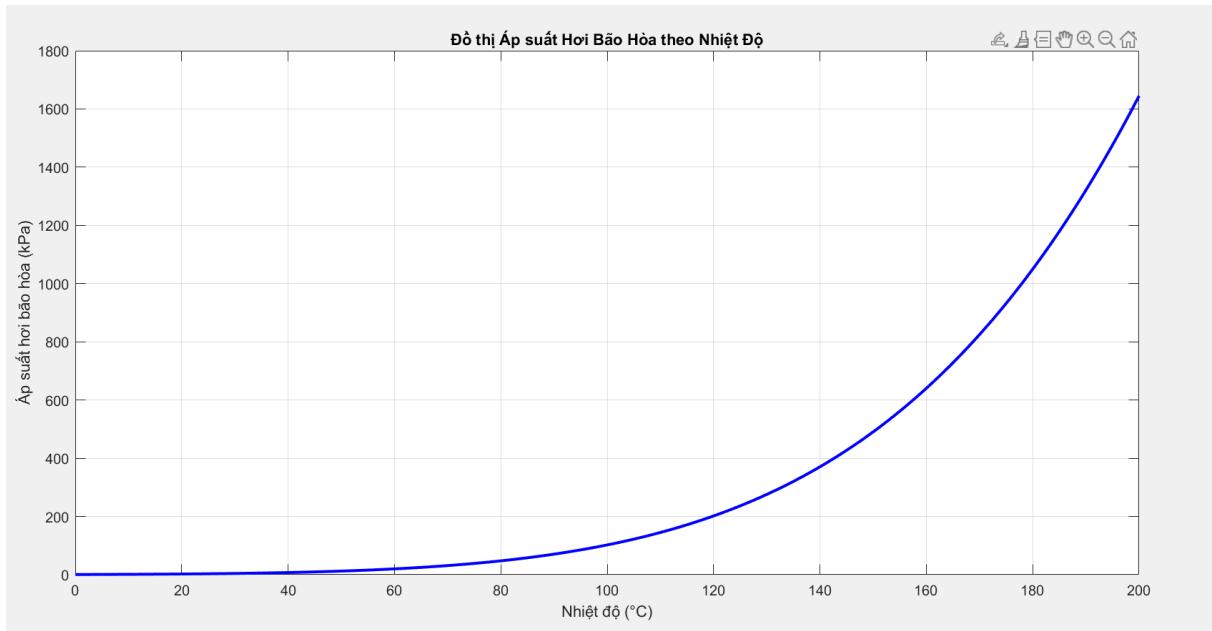
	$H(s) = \frac{97.6079 * 0.0334265}{0.402 * 3747 * s + 97.6079 * 0.0334265} = \frac{1}{481.374s + 1}$	(4.68)
--	--	--------

4.5 Áp suất của hệ thống

Như đã đề cập ở chương 2, việc cân bằng áp suất trong nồi hơi là cần thiết trong quá trình tiệt trùng, giúp đảm bảo tính chất tiệt trùng và sản phẩm nguyên vẹn không hư hỏng. Áp suất hơi nước bão hòa dùng để tiệt trùng ta dùng công thức Tetens do Monteith và Unsworth (2008) cung cấp cho nhiệt độ trên 0 °C.

$$P = 0.61078 * \exp \left(\frac{17.27T}{T + 237.3} \right) \quad (4.69)$$

trong đó nhiệt độ T tính bằng độ ($^{\circ}\text{C}$) và áp suất hơi bão hòa P tính bằng kilopascal (kPa). Dựa theo đồ thị này ta có thể điều chỉnh van hơi để cân bằng áp suất đúng giá trị mong muốn.



Sơ đồ 4.1: Đường cong áp suất hơi bão hòa

Tính toán lượng mở van khi có chênh lệch áp suất:

Mô hình sử dụng điều khiển lượng áp cấp vào, tức là ta có thể điều khiển lượng khí nén cấp vào buồng bằng van điều khiển tỉ lệ, tương tự với đầu ra.

Nếu áp suất trong lon lớn hơn trong buồng: $\Delta P > 0$

Lượng khí cấp qua van được tính như sau:

$$m_s = 12K_v P_1 \sqrt{1 - 5.67(0.42 - x)^2} \quad (4.70)$$

Trong đó:

m_s (kg/h) là lượng khí qua van

K_v (m^3/h bar) là hiệu suất dòng chảy của van

P_1 (bar a) là áp suất đầu vào

x = Tỉ lệ áp suất sụt qua van = $(P_1 - P_2)/P_1$

P_2 (bar a) là áp suất đầu ra

Nếu phương trình trên có áp suất đầu ra nhỏ hơn khoảng Critical pressure – Critical pressure drop là mức sụt áp mà tại đó tốc độ dòng khí đạt giới hạn (chảy tối hạn), nghĩa là sau điểm này, nếu tiếp tục giảm áp đầu ra thì lưu lượng không tăng nữa, kể cả khi tăng áp đầu vào – Vì ta dùng máy nén khí 6 bar nên độ sụt áp thông thường được xác định bởi thực nghiệm cho thấy Critical pressure là khoảng 0.58.

$$6 \text{ bar} \times 0.58 = 3.48 \text{ bar a}$$

Với mức này, hệ thống chỉ điều khiển ở 2.1 bar a trở lại nên xem như lượng khí sẽ ở mức tối đa khi mở van, phương trình trên trở thành

$$m_s = 12K_v P_1 \quad (4.71)$$

Đối với van tỉ lệ, các hệ số K_v (hệ SI) hoặc C_v (hệ US) được nhà sản xuất cung cấp, K_{vs} là giá trị K_v cho dòng chảy khi van ở trạng thái mở lớn nhất. Ta có thể tuyển tính giá trị để phù hợp tính toán:

Kích thước van	DN15 (khí nén)	DN20 (steam)
Model	Assured Automation $\frac{1}{2}''$ GV2FNSSLFE	ARI-STEV ARI-DP DN40 PN16
Áp suất cấp	6 bar abs	7.9 bar abs
K_{vs} (m^3/h)	6	0.25
Khối lượng	3.8 kg	9 kg
Áp suất	Class 250	10 mm
Loại van	Tuyến tính	Tuyến tính
Nhiệt độ	-20°F – 500°F	-20 – 200°C

Bảng 4.3: Bảng thông số van điều khiển

Điều khiển áp suất

Cân bằng pha:

Đây là cân bằng vật lý, trong buồng áp suất, nếu nhiệt độ hơi nước cao hơn 100°C (212°F), thì áp suất trong buồng phải cao hơn áp suất khí quyển (tức là áp suất hiển thị trên đồng hồ lớn hơn 0).

Nếu áp suất trong buồng thấp hơn áp suất khí quyển, hơi nước sẽ chuyển pha thành hơi (khí) và nước ngưng tụ, nhiệt độ sẽ không thể vượt quá 100°C (212°F).

Cân bằng cơ nhiệt:

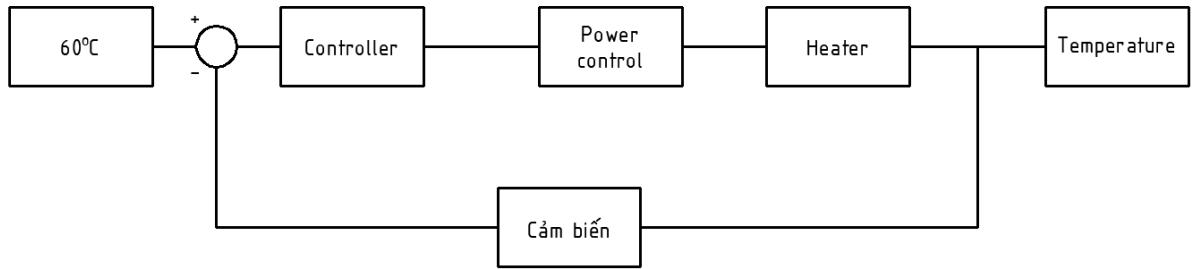
Trong quá trình tiệt trùng, khi gia nhiệt, nhiệt độ tăng lên kéo theo áp suất bên trong bao bì cũng tăng. Để tránh bao bì bị hư hỏng (nổ, biến dạng), cần duy trì áp suất ngoài cao hơn áp suất bên trong bao bì (gọi là áp suất đè – overpressure).

Trong quá trình làm nguội, nhiệt độ bên trong bao bì luôn cao hơn nhiệt độ bên ngoài, kéo theo áp suất bên trong cũng cao hơn áp suất bên ngoài. Do đó, cần có áp suất đè để cân bằng chênh lệch áp suất. Nếu không có, áp suất bên trong sẽ giãn nở thể tích bao bì cho đến khi vật liệu bao bì hoặc đường hàn bị phá vỡ.

4.6 Mô phỏng

Giai đoạn 1: Gia nhiệt từ 25 đến 60°C bằng bộ gia nhiệt

$$G(s) = G_1(s) \times G_2(s)$$



Sơ đồ 4.2: Sơ đồ điều khiển giai đoạn một

Với $T_1(s)$ và $T_2(s)$ như sau

$$G_1(s) = \frac{T_{r1}(s)}{U(s)} = \frac{8000}{37500s + 19.87}$$

$$G_2(s) = \frac{T_{r2}(s)}{T_{r1}(s)} = \frac{732.78}{307898s + 758.08}$$

Viết theo dạng hệ số như đã đặt khi lập hàm truyền:

$$G_1(s) = \frac{T_{r1}(s)}{U(s)} = \frac{B_1}{A_1 s + C_1}$$

$$G_2(s) = \frac{T_{r2}(s)}{T_{r1}(s)} = \frac{B_2}{A_2 s + B_2 + C_2}$$

Điều kiện ban đầu của các hàm truyền:

$$T_{r1}(0) = T_{heater}(0) - T_0 = T_0 - T_0 = 0$$

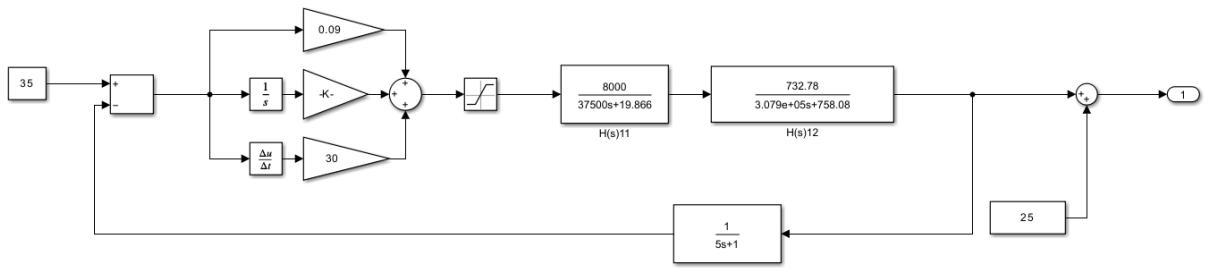
$$T_{r2}(0) = T_{retort}(0) - T_0 = T_0 - T_0 = 0$$

Setpoint thiết lập để $T_{retort} = 60^\circ C = 333.15K$; T_{r2} sẽ có giá trị từ

$$T_{r2}(0) = 298.15K - T_0 = 0$$

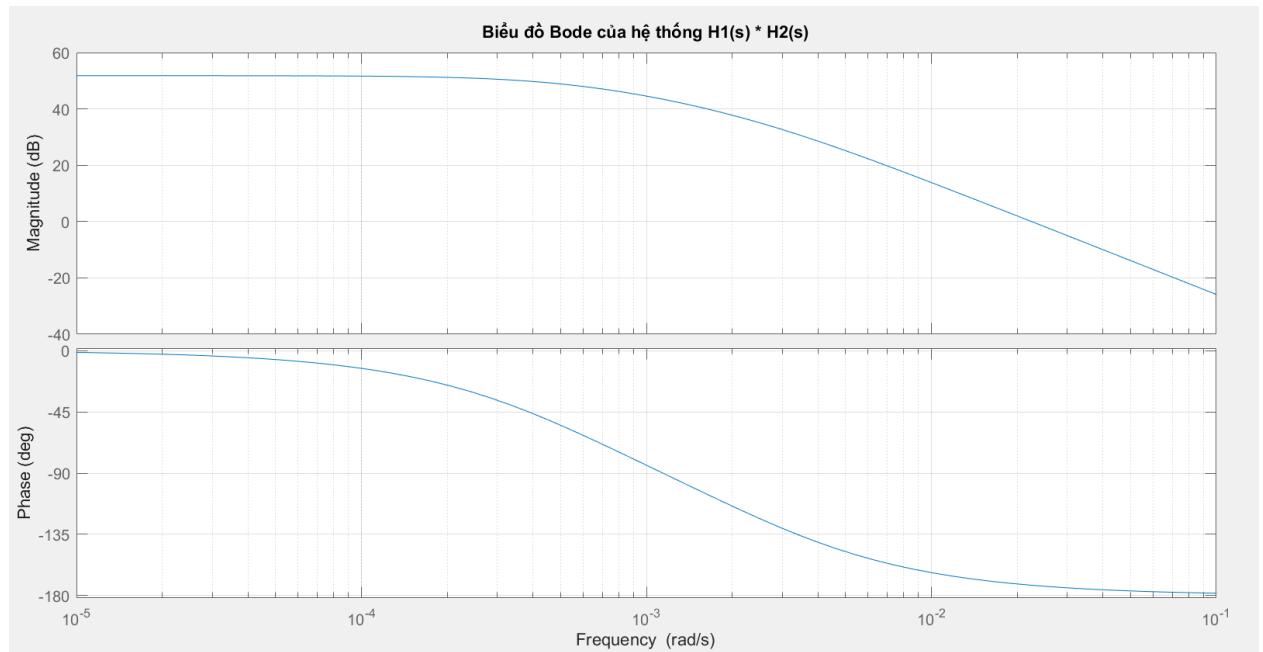
$$T_{r2}(\infty) = 333.15K - T_0 = 35$$

Như vậy, ta đặt Setpoint sẽ là 35K



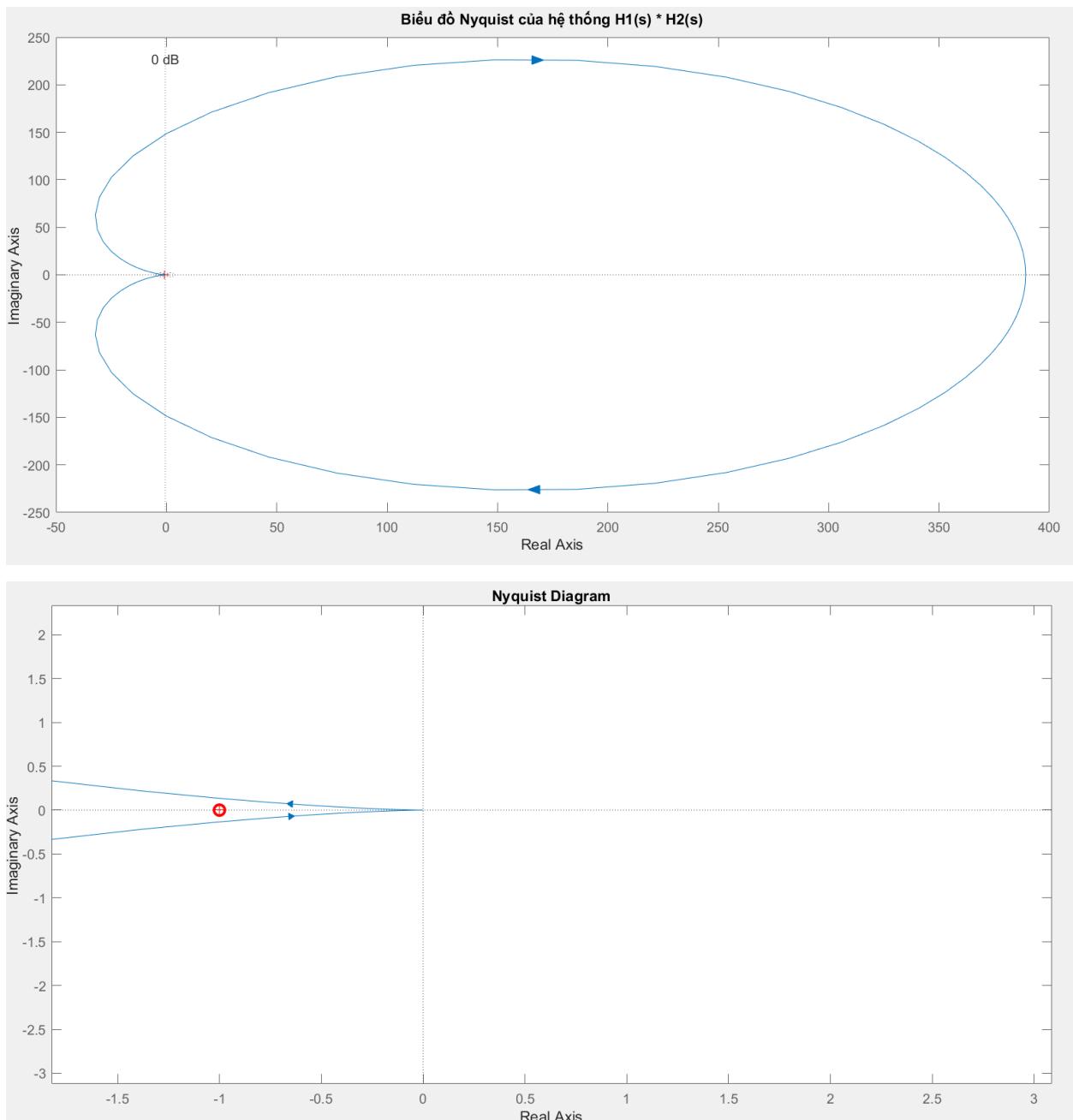
Sơ đồ 4.3: Mô hình điều khiển giai đoạn một

Xét tính điều khiển:



Sơ đồ 4.4: Biểu đồ Bode hệ thống điều khiển giai đoạn một

Ta thấy độ dự trữ pha với mọi tần số đều không đến 180° nên độ dự trữ pha dương, độ dự trữ biên dương do biểu đồ pha không chạm đến 180° , vì vậy hệ thống ổn định theo tiêu chuẩn Bode.



Sơ đồ 4.5: Biểu đồ Nyquist hệ thống điều khiển giai đoạn một

Để hệ ổn định, $Z = 0$:

$$P = N + Z \quad (4.72)$$

Trong đó: P là số cực không ổn định của $G(s)$ vòng hở, ta thấy số cực có phần thực của $G(s)$ đều âm nên $P = 0$.

N là số vòng biểu đồ Nyquist và phần đối xứng bao quanh điểm $(-1;0)$ trong mặt phẳng phức, trên biểu đồ không bao nêu $N = 0$

Z là số cực nằm vùng bất ổn định của vòng kín, để hệ ổn định thì $Z = 0$ tức là $P = N$

Ta thấy $P = N$ nên hệ ổn định theo tiêu chuẩn Nyquist.

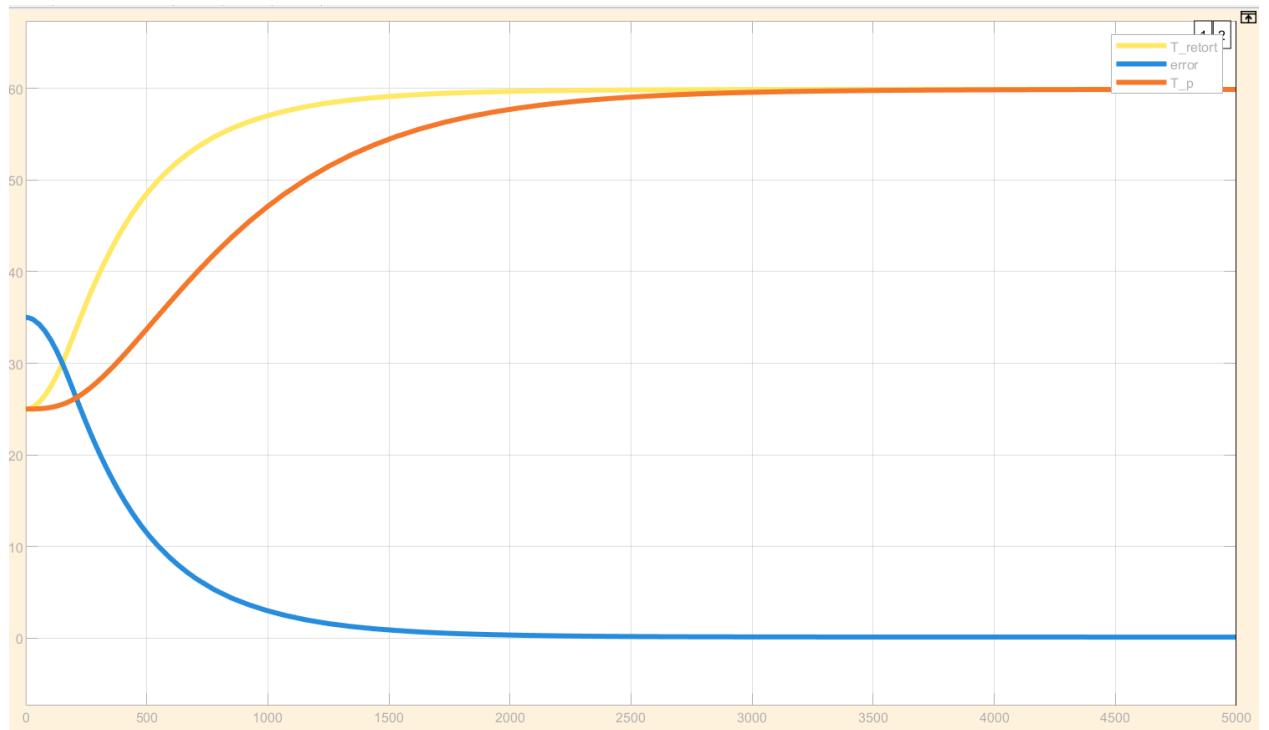
Sau khi Tuning trên Matlab:

- $K_p = 0.09$
- $K_i = 0.000005$
- $K_d = 30$



Sơ đồ 4.6: Giá trị điều khiển gia đoạn một

- Thời gian đạt 95%: 1200s, thời gian cân bằng = 2000s
- Nhiệt độ nồi: 60°C
- Nhiệt độ lon 57.7°C

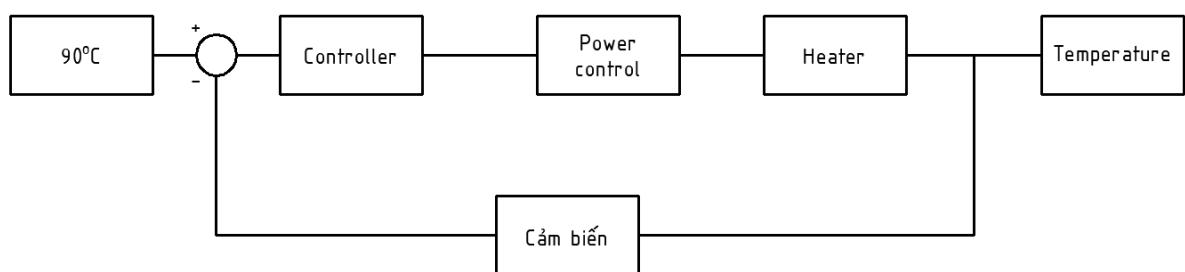


Sơ đồ 4.7: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn một

Giai đoạn 2: Gia nhiệt từ 60 đến $90^{\circ}C$ bằng bộ gia nhiệt

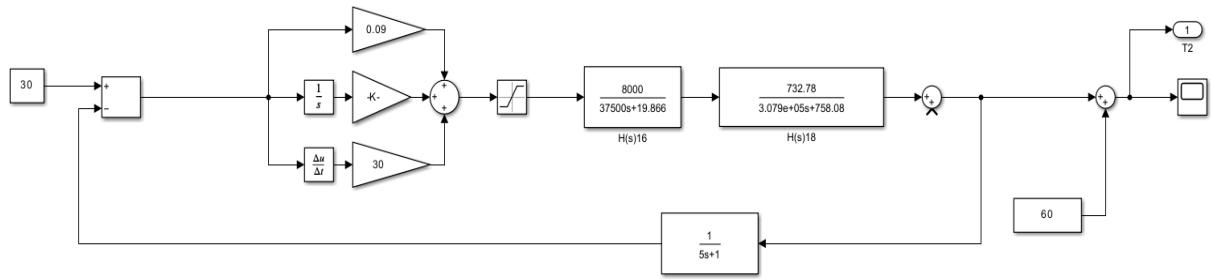
$$G(s) = G_1(s) \times G_2(s)$$

$$G(s) = \frac{8000}{37500s + 19.87} \times \frac{732.78}{307898s + 758.08}$$

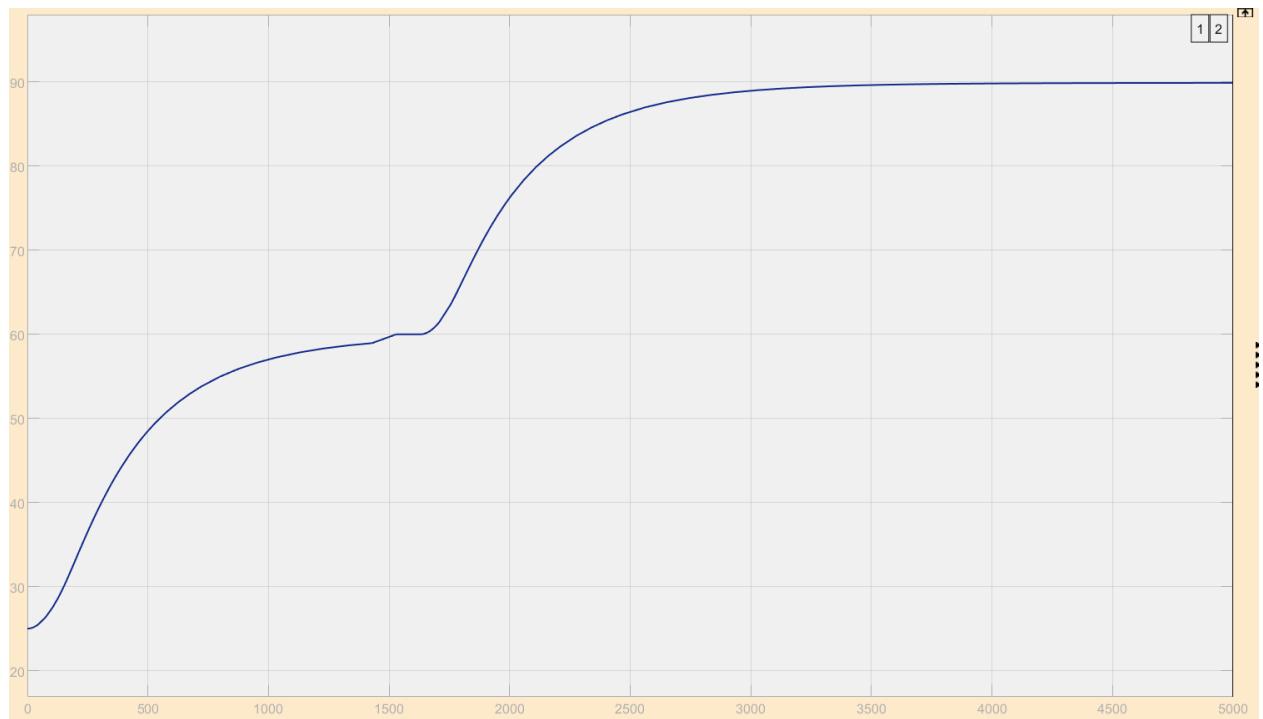


Sơ đồ 4.8: Sơ đồ điều khiển giai đoạn hai

Đối với giai đoạn hai ta chỉ thay đổi setpoint từ 60 thành $90^{\circ}C$. Như vậy, ta đặt Setpoint sẽ là 30K, mô hình vẫn đảm bảo tính điều khiển như giai đoạn một.

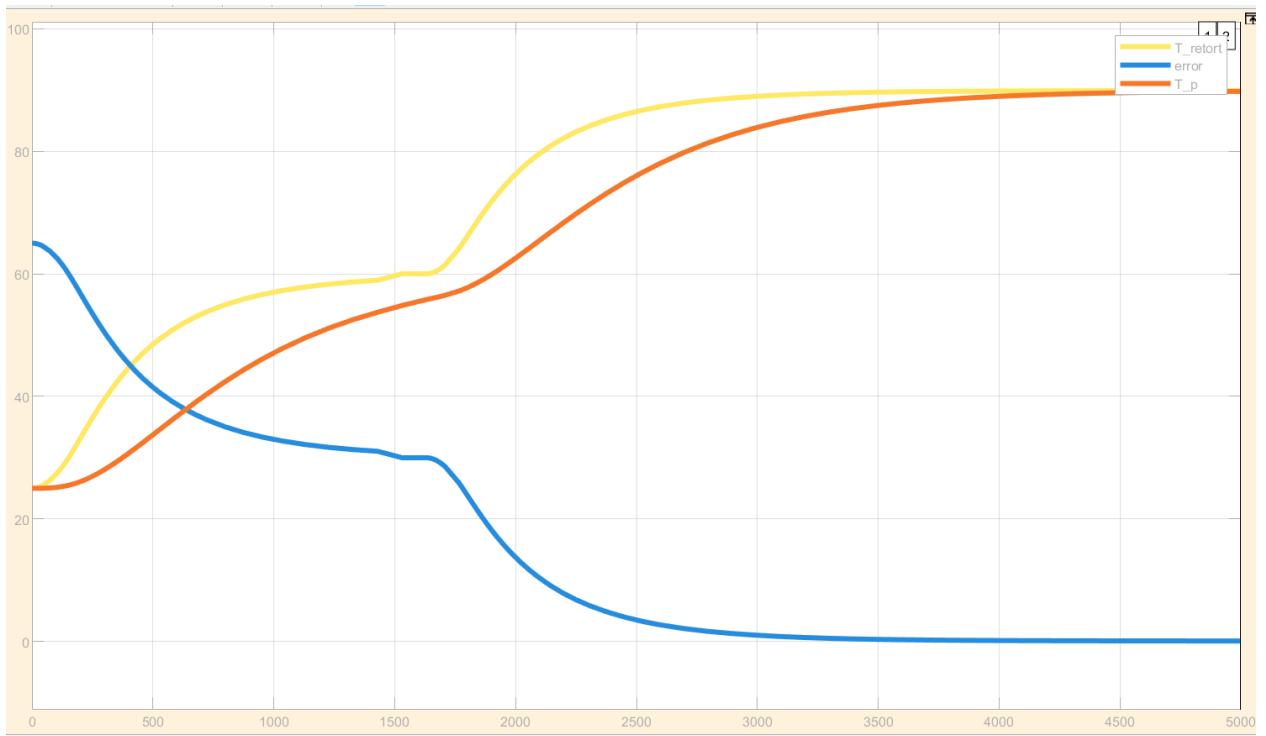


Sơ đồ 4.9: Mô hình điều khiển giai đoạn hai



Sơ đồ 4.10: Giá trị điều khiển giai đoạn hai

- Thời gian cân bằng = 3500s
- Nhiệt độ nồi: 90°C
- Nhiệt độ lon 87.5°C

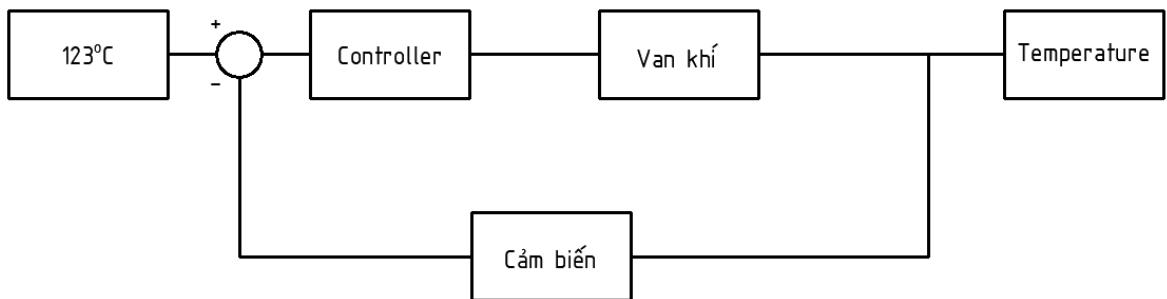


Sơ đồ 4.11: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn hai

Giai đoạn 3: Gia nhiệt từ 90°C đến 123°C bằng bộ gia nhiệt

Mô hình gồm hàm truyền của van kết hợp hàm truyền nhiệt lượng:

$$G(s) = H_3(s)H_4(s) = \frac{6.5833 * 10^{-3} e^{-0.5s}}{1.5s + 1} \times \frac{2138300}{326348s + 35.7}$$

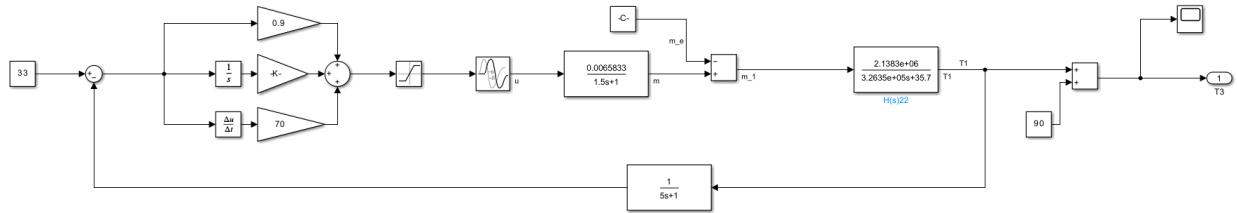


Sơ đồ 4.12: Sơ đồ điều khiển giai đoạn ba

Đối với giai đoạn ba khi mô phỏng, vì điều khiển biến T_1 bằng tín hiệu M_1 nên điều kiện ban đầu sẽ là

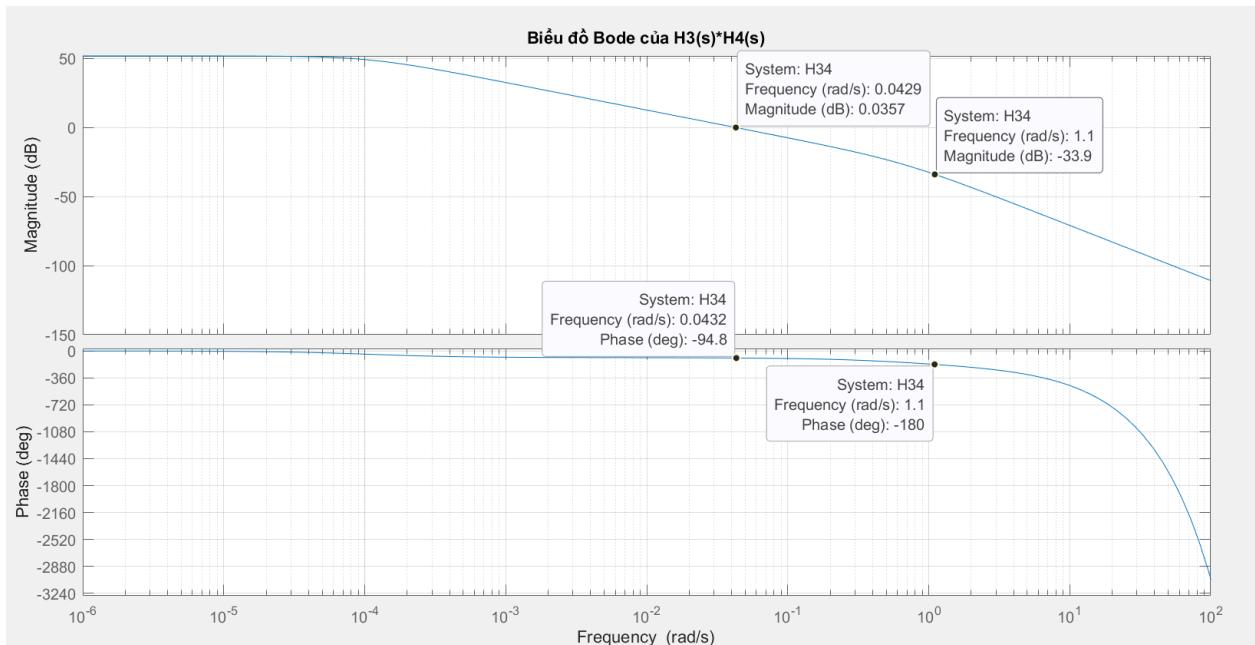
$$T_1(0) = T(0) - T_e = 90 - 123 = -33$$

Mục tiêu điều khiển để $T_1 = 0$ tức là $T = 123^{\circ}\text{C}$ nên setpoint mô phỏng là 0



Sơ đồ 4.13: Mô hình điều khiển giai đoạn ba

Xét tính điều khiển:

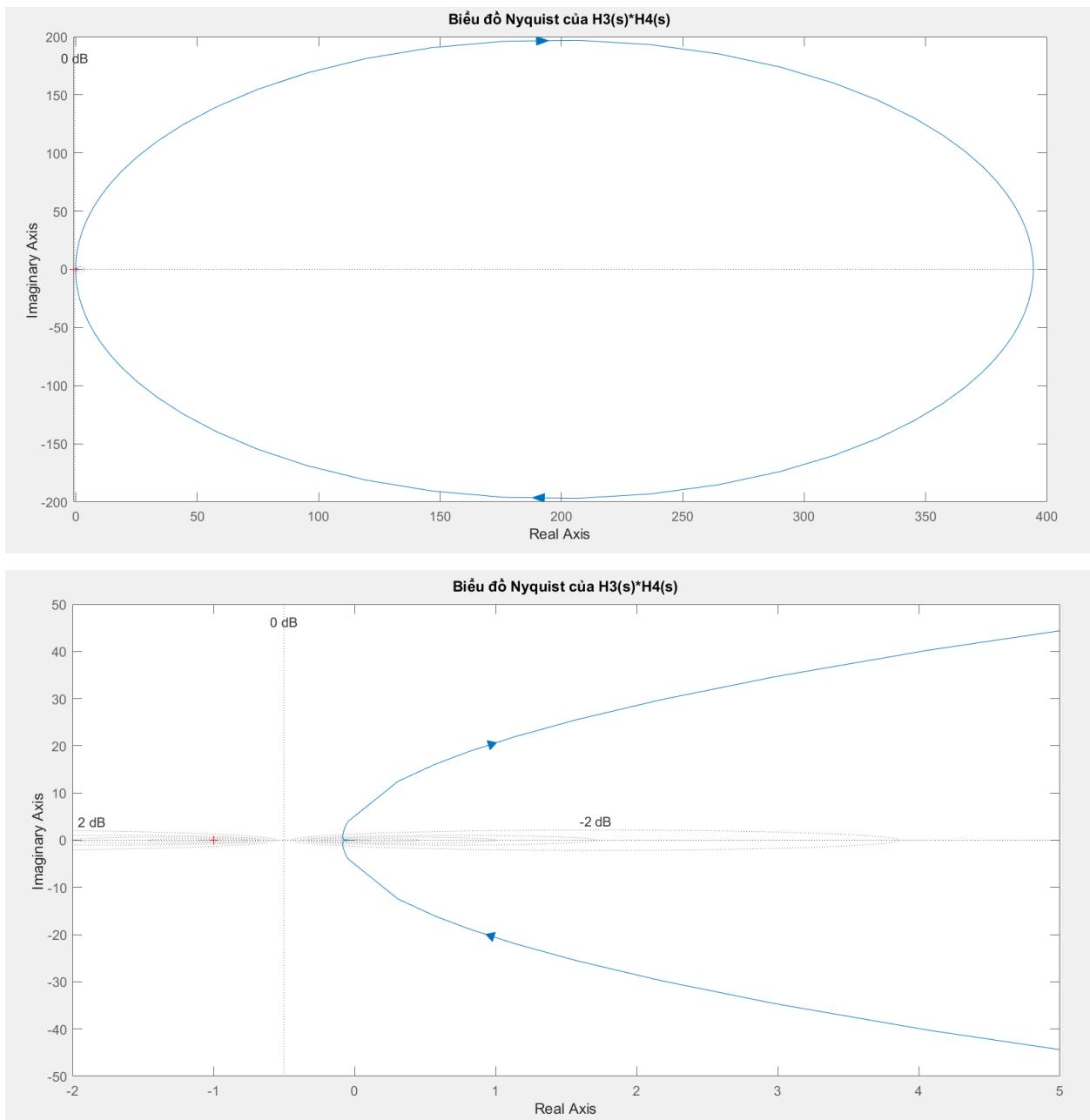


Sơ đồ 4.14: Biểu đồ Bode hệ thống điều khiển giai đoạn ba

Độ dự trữ pha: $180 - 94.8 = 85.2 > 0$

Độ dự trữ biên: $-(-33.9) = 33.9 > 0$

Vậy theo tiêu chuẩn Bode hệ ổn định



Sơ đồ 4.15: Biểu đồ Nyquist hệ thống điều khiển giai đoạn ba

Để hệ ổn định, $Z = 0$:

$$P = N + Z \quad (4.73)$$

Trong đó: P là số cực không ổn định của $G(s)$ vòng hở, ta thấy số cực có phần thực của $G(s)$ đều âm nên $P = 0$.

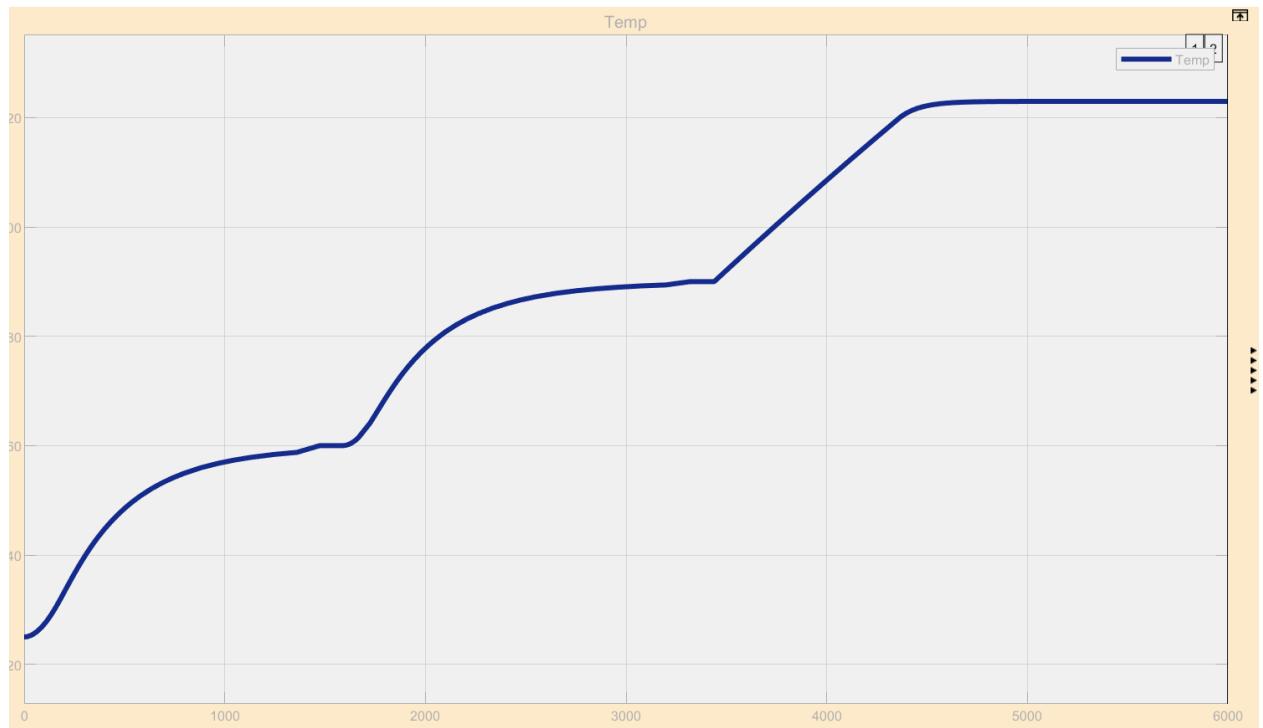
N là số vòng biểu đồ Nyquist và phần đối xứng bao quanh điểm $(-1;0)$ trong mặt phẳng phức, trên biểu đồ không bao nêu $N = 0$

Z là số cực nằm vùng bát ổn định của vòng kín, để hệ ổn định thì $Z = 0$ tức là $P = N$

Ta thấy $P = N$ nên hệ ổn định theo tiêu chuẩn Nyquist.

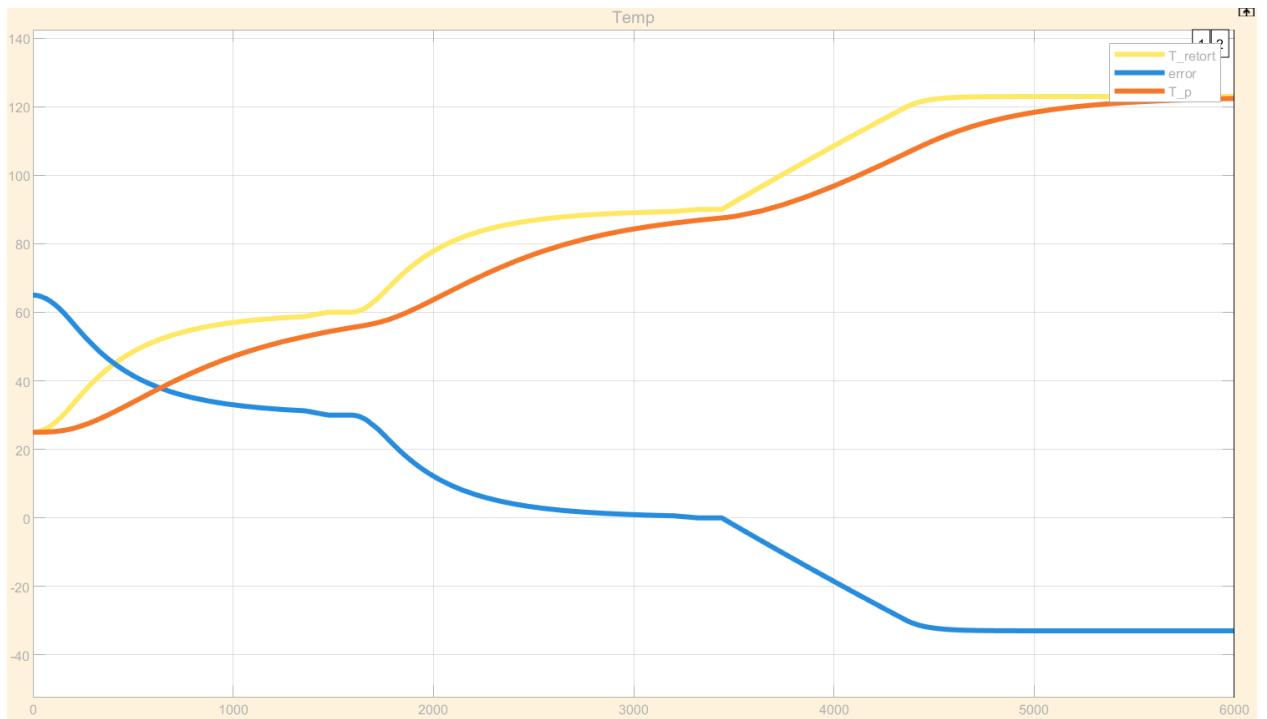
Các hệ số PID thiết lập như sau:

$$K_p = 0.9; \quad K_i = 0.000002; \quad K_d = 70$$



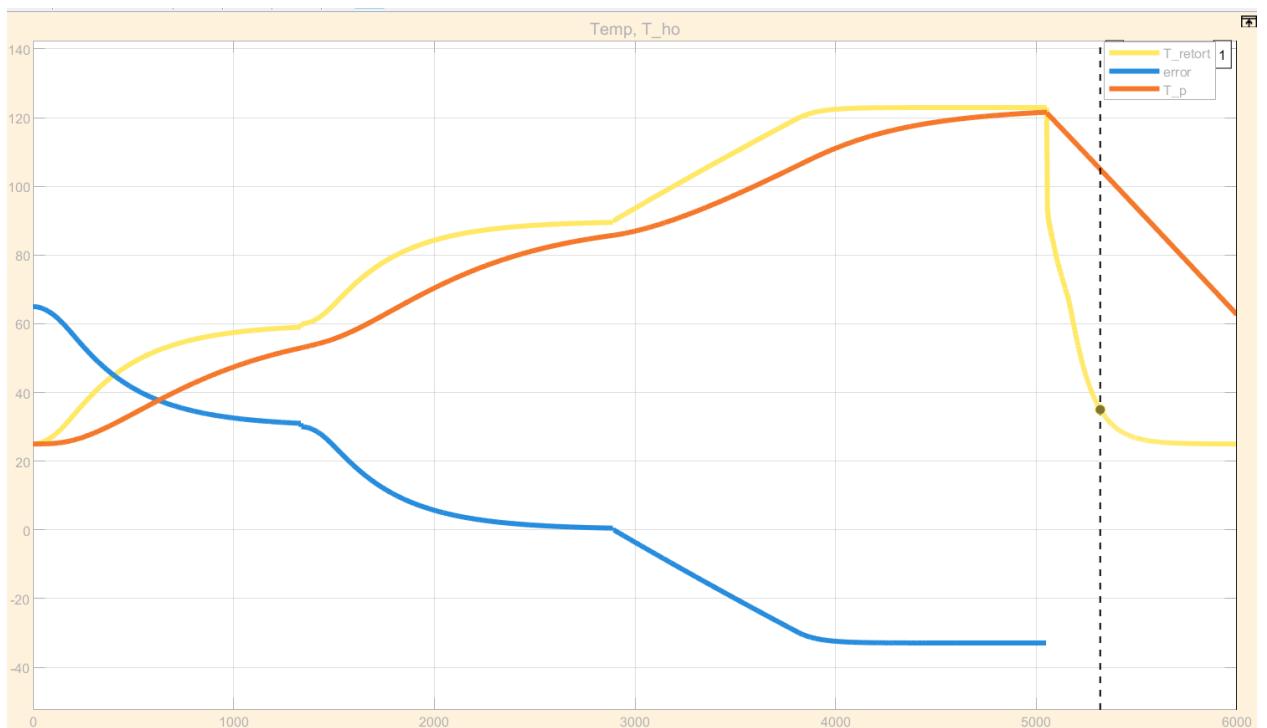
Sơ đồ 4.16: Giá trị điều khiển gia đoạn ba

- Thời gian cân bằng = 4900s
- Nhiệt độ nồi: 123°C
- Nhiệt độ lon 117.5°C

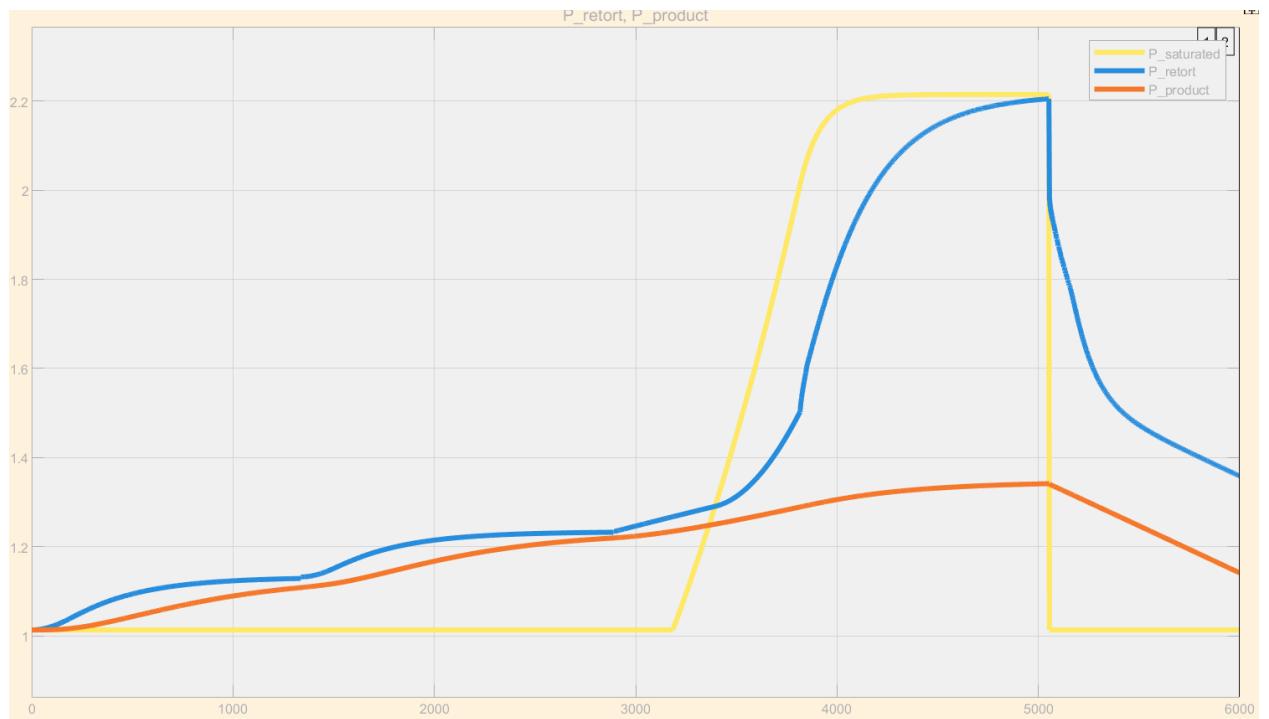


Sơ đồ 4.17: Giá trị nhiệt độ buồng, nhiệt độ lon và sai số giai đoạn ba

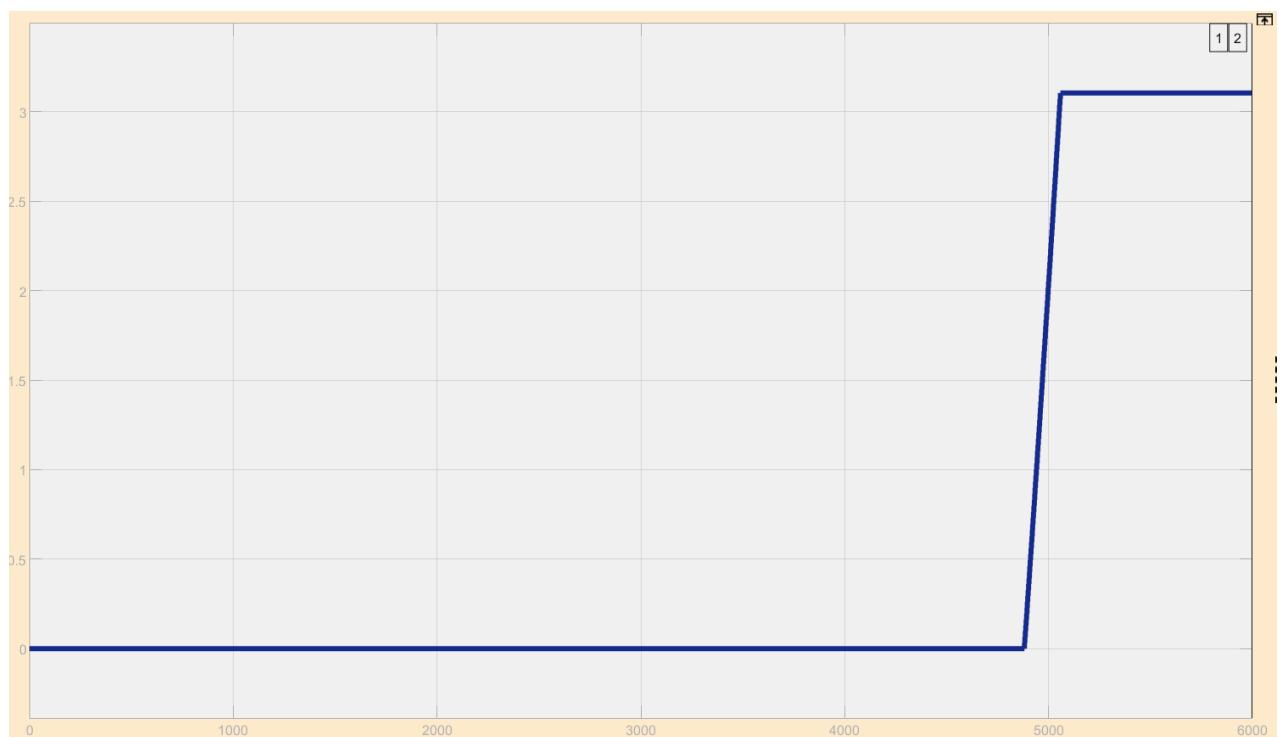
Tổng quát hệ thống khi điều khiển nhiệt độ và áp suất



Sơ đồ 4.18: Giá trị nhiệt độ trong quá trình tiệt trùng



Sơ đồ 4.19: Giá trị áp suất trong lon và buồng



Sơ đồ 4.20: Giá trị F0 tích lũy

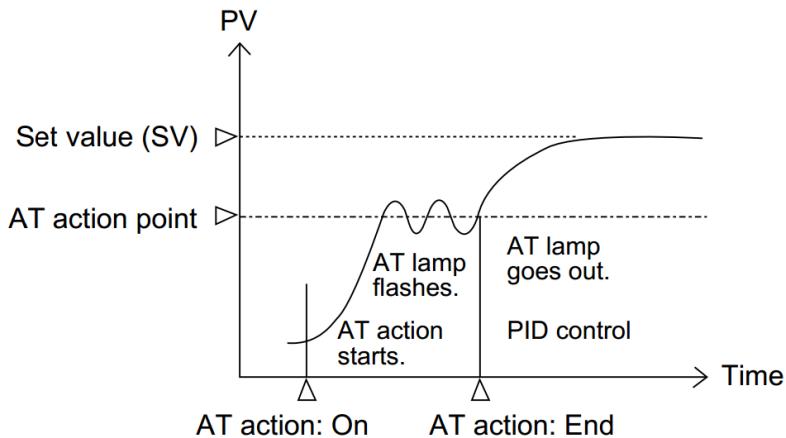
Do hằng số thời gian τ của $H_4(s)$ khá lớn (9100s) so với hằng số thời gian của van $H_3(s)$ ($5 \tau = 7.5s$) nên hệ thống phản ứng chậm và rất ít vọt lố, phụ thuộc nhiều vào $H_4(s)$.

4.7 Điều khiển nhiệt độ PID thực tế

Hệ thống nhiệt độ thực tế bao gồm nhiều thông số ảnh hưởng, ta có thể tìm hệ số PID thông qua các phương pháp sau:

+ Cách 1: Dùng chế độ auto tune trên controller

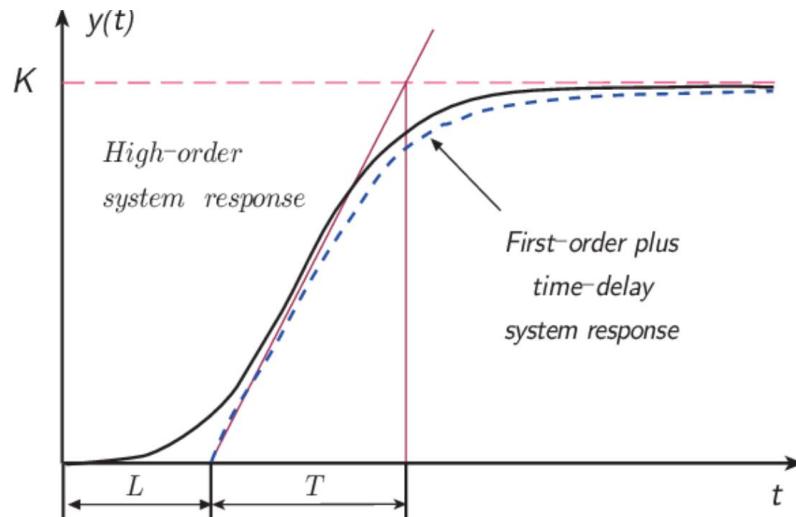
Đây là cách phổ biến nhất để đạt được hiệu suất điều khiển tốt nhất mà không cần người vận hành phải tự tính toán hoặc thử nghiệm nhiều lần, các bộ điều khiển PID hiện nay được trang bị tính năng auto tune như là một thành phần cơ bản không thể thiếu. Bằng cách bật chế độ auto tune trên controller, nó sẽ đo đáp ứng của hệ thống bằng cách kích tín hiệu đầu vào, thường là dạng relay on off để tạo dao động, dựa trên dao động của hệ thống, controller sẽ tính được các thông số PID tương ứng, phương pháp tính dựa vào cách mà nhà sản xuất xác định cho nó ngoài đáp ứng nó còn dựa vào nhiều thông số khác nhau như nhiệt độ môi trường, khoảng điều khiển và độ chính xác. Nhìn chung đây là phương pháp đơn giản, dễ thực hiện dùng để điều khiển khá tốt các hệ thống có nhiễu thấp, bù lại nó không tối ưu với nhiều hệ thống có tính phi tuyến cao.



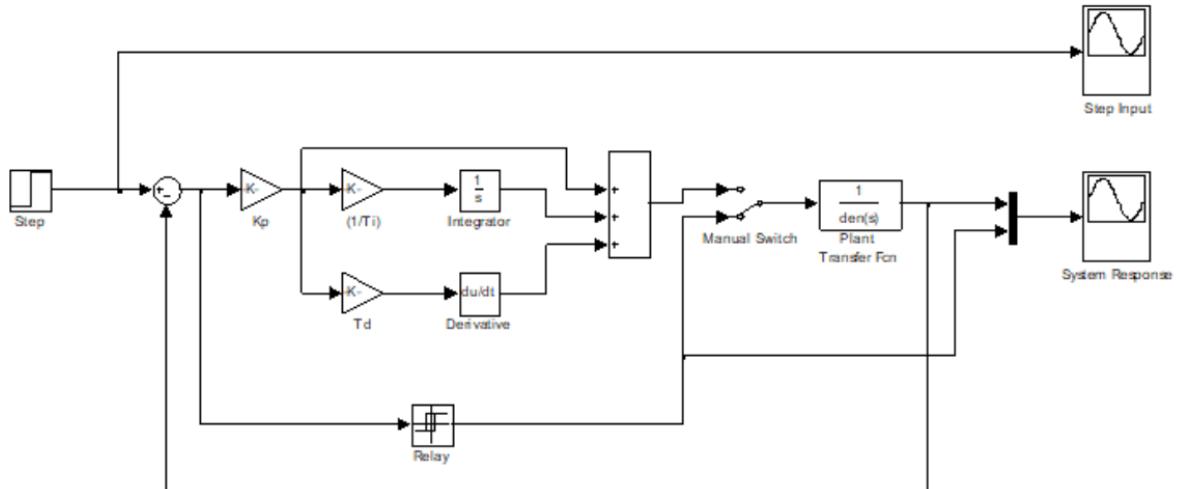
Sơ đồ 4.21: Quá trình auto tune

+ Cách 2: Xác định hệ số dựa trên mô hình

Đây là phương pháp phức tạp, cần có mô hình của hệ thống và mô hình điều khiển, từ những mô hình này ta có thể xác định hệ số PID dựa trên mô phỏng. Như đã nói, phần phức tạp của phương pháp này là xác định mô hình, có nhiều phương pháp để xác định như dựa trên đáp ứng nắc hoặc đáp ứng relay dao động, ta cần xác định loại mô hình và nhiều thông số, độ chính xác tùy vào phương pháp và phụ thuộc vào độ phi tuyến của mô hình, nên cần nhiều phương pháp tính toán và thử nghiệm để có được mô hình hàm truyền xấp xỉ. Sau đó ta có thể tìm được các hệ số dựa trên mô phỏng mô hình đó. Phương pháp này yêu cầu quy trình tính toán phức tạp và các công cụ mô phỏng, bù lại nó đào sâu vào tính chất mô hình, có thể dễ dàng tinh chỉnh thông số và dự đoán mô hình ở nhiều điều kiện khác nhau.



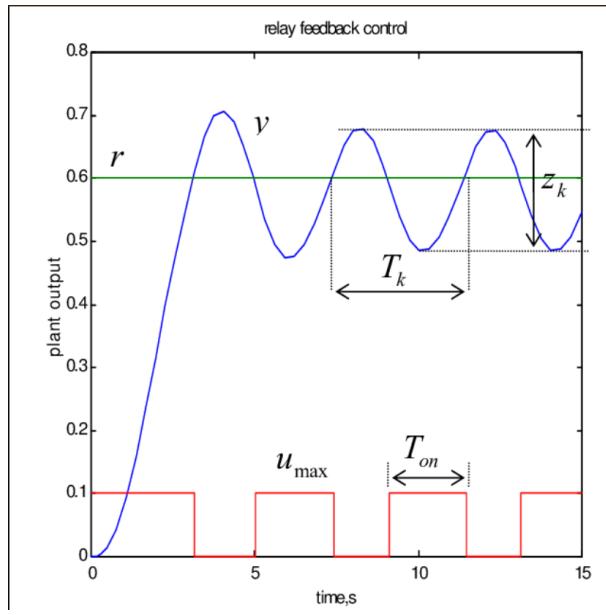
Sơ đồ 4.22: Đáp ứng của một mô hình với đầu vào nấc



Sơ đồ 4.23: Sơ đồ mô phỏng điều khiển cơ bản của một mô hình

+ Cách 3: Xác định hệ số trực tiếp dựa trên đáp ứng

Dựa trên đáp ứng hệ thống, ta có thể xác định được các hệ số điều khiển bằng các công thức thực nghiệm mà không cần hàm truyền hệ thống, ví dụ phổ biến nhất là phương pháp Ziegler–Nichols hoặc Cohen–Coon trong đó ta tác động tín hiệu nắc hoặc relay sau đó ghi nhận đáp ứng của hệ thống, cuối cùng áp dụng công thức hoặc tra bảng để có được các hệ số cần thiết. Đây là phương pháp thủ công gần giống phương pháp thử nhát, dùng cho các bộ điều khiển không tích hợp auto tune, phù hợp cho hầu hết các hệ thống từ đơn giản đến phức tạp, cách tiếp cận đơn giản và có thể dễ dàng thực hiện cũng như lập trình. Nhược điểm của phương pháp này là phụ thuộc nhiều vào phương pháp xác định hệ số cũng như phải cần tinh chỉnh nhiều lần để đạt kết quả mong muốn.

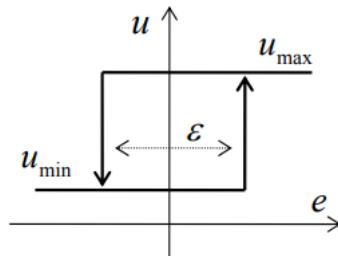


Sơ đồ 4.24: Đáp ứng relay của một mô hình

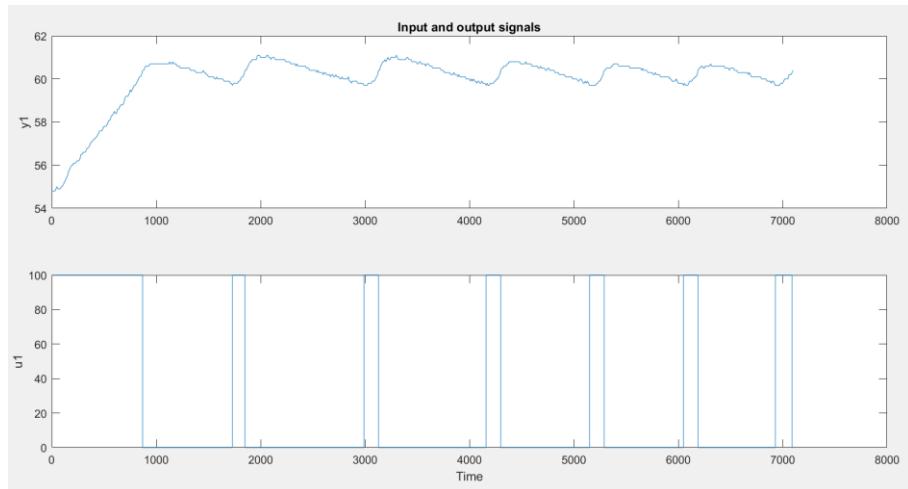
Các hệ số của mô hình lò nhiệt được áp dụng theo phương pháp thứ ba, cụ thể, tìm hệ số PID hệ nhiệt điều khiển ở mốc 60 độ và 90 độ lần lượt như sau:

Mốc $60^{\circ}C$:

Áp dụng đầu vào relay với độ lệch $\varepsilon = 0.3^{\circ}C$, $u_{max} = 1$ (100%), $u_{min} = 0$ (0%) ta được đáp ứng relay của hệ.



Sơ đồ 4.25: Logic điều khiển đáp ứng relay



Sơ đồ 4.26: Đáp ứng relay của hệ thống quanh 60°C

Dựa trên đáp ứng ta có được hệ số quan trọng là

+ $T_u = 1000 - 1200$ s: thời gian một chu kỳ dao động ổn định

$$+ K_u = \frac{4h}{\pi a} = \frac{4*100}{\pi*(60.6...61-59.7)} = 98 - 141$$

Với h là khoảng cách giữa tín hiệu cao nhất và thấp nhất, a là độ rộng của dao động đáp ứng khi cân bằng. Áp dụng công thức Ziegler – Nichols trong bảng với hệ PID.

Control type	K_p	T_i	T_d	K_i	K_d
P	$0.5K_u$	-	-	-	-
PI	$0.45K_u$	$0.83T_u$	-	$0.54K_u/T_u$	-
PD	$0.8K_u$	-	$0.125T_u$	-	$0.1K_uT_u$
Classic PID	$0.6K_u$	$0.5T_u$	$0.125T_u$	$1.2K_u/T_u$	$0.075K_uT_u$
Pessen Integral Rule	$0.7K_u$	$0.4T_u$	$0.15T_u$	$1.75K_u/T_u$	$0.105K_uT_u$
Some overshoot	$0.33K_u$	$0.5T_u$	$0.33T_u$	$0.66K_u/T_u$	$0.11K_uT_u$
No overshoot	$0.2K_u$	$0.5T_u$	$0.33T_u$	$0.4K_u/T_u$	$0.066K_uT_u$

Bảng 4.4: Hệ số Tuning Ziegler - Nichols

Lấy $K_u = 140$, vì đây là hệ nhiệt nên quán tính lớn, ban đầu chọn K_u lớn tức K_p lớn tốc độ gia nhiệt cao vì vậy nên chọn phần tích phân K_i nhỏ giúp giảm ảnh hưởng của phần tỉ lệ trong tín hiệu đầu ra, từ đó giảm tín hiệu đầu ra một cách hợp lý khi nhiệt độ tiến dần đến mức điều khiển, vậy chọn $T_u = 1000$.

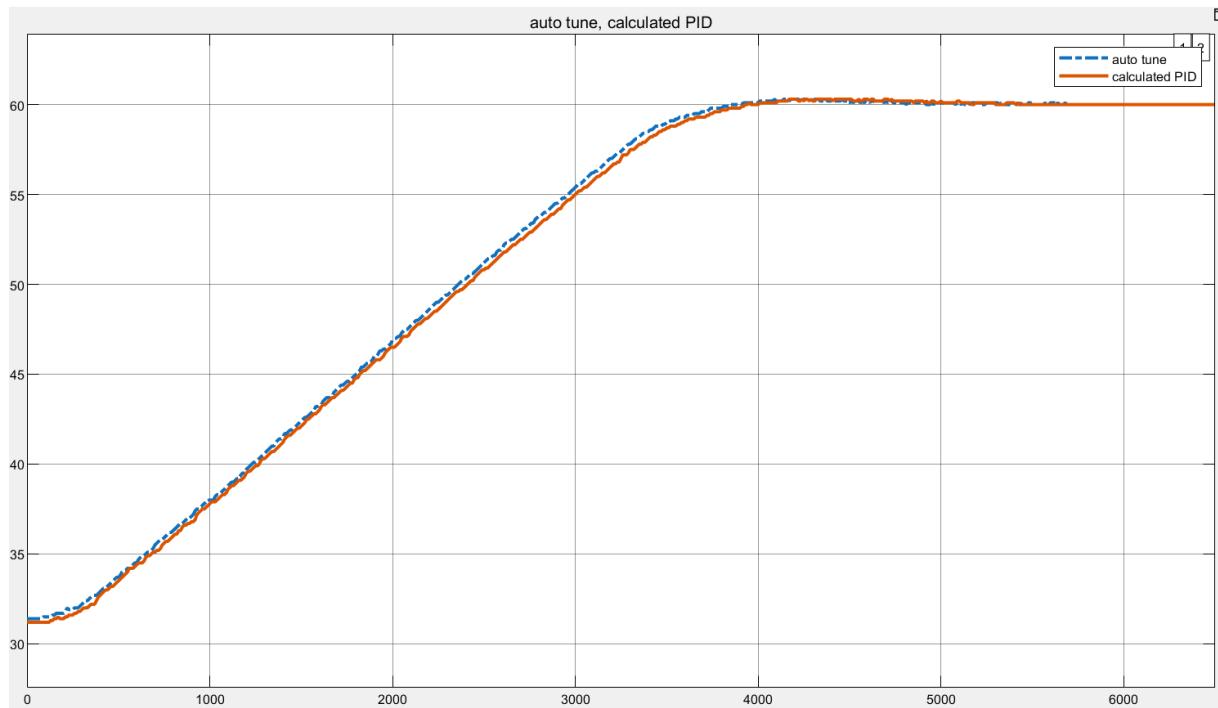
Giá trị PID tính được như sau, với bộ điều khiển sử dụng P (proportional band), T_i (integral time) và T_d (derivative time):

$$P = \frac{100}{K_p} = \frac{100}{0.6K_u} = \frac{100}{0.6 * 140} \approx 1.2;$$

$$T_i = 0.5T_u = 0.5 * 1000 = 500 \text{ s}; \quad T_d = 0.125T_u = 0.125 * 1000 = 125 \text{ s}$$

Để so sánh, theo phương pháp thứ nhất auto tune, ta có các hệ số sau:

$$P = 1.1; \quad T_i = 440; \quad T_d = 110$$

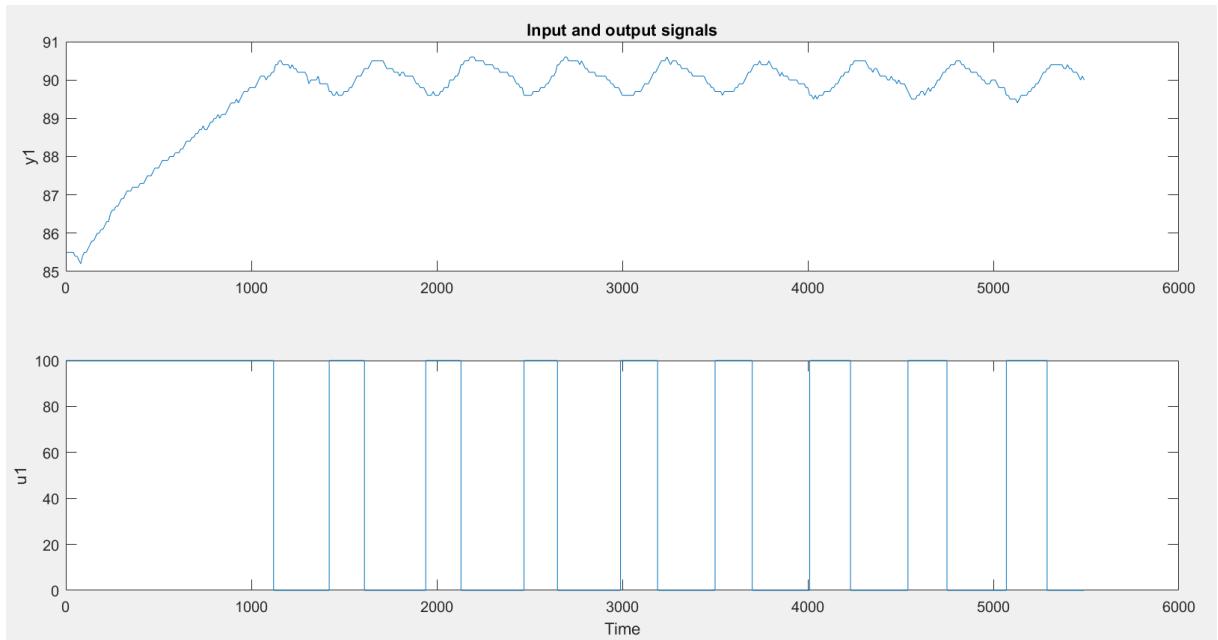


Sơ đồ 4.27: Đáp ứng PID theo các phương pháp

Dựa vào sơ đồ trên, ta thấy cả hai phương pháp đều tính được hệ số PID gần nhau, vì thế đáp ứng của hai trường hợp rất gần nhau.

Mốc 90°C:

Tương tự như trên ta xác định được tại 90°C.



Sơ đồ 4.28: Đáp ứng relay của hệ thống quanh 90°C

Dựa trên đáp ứng ta có được hệ số là

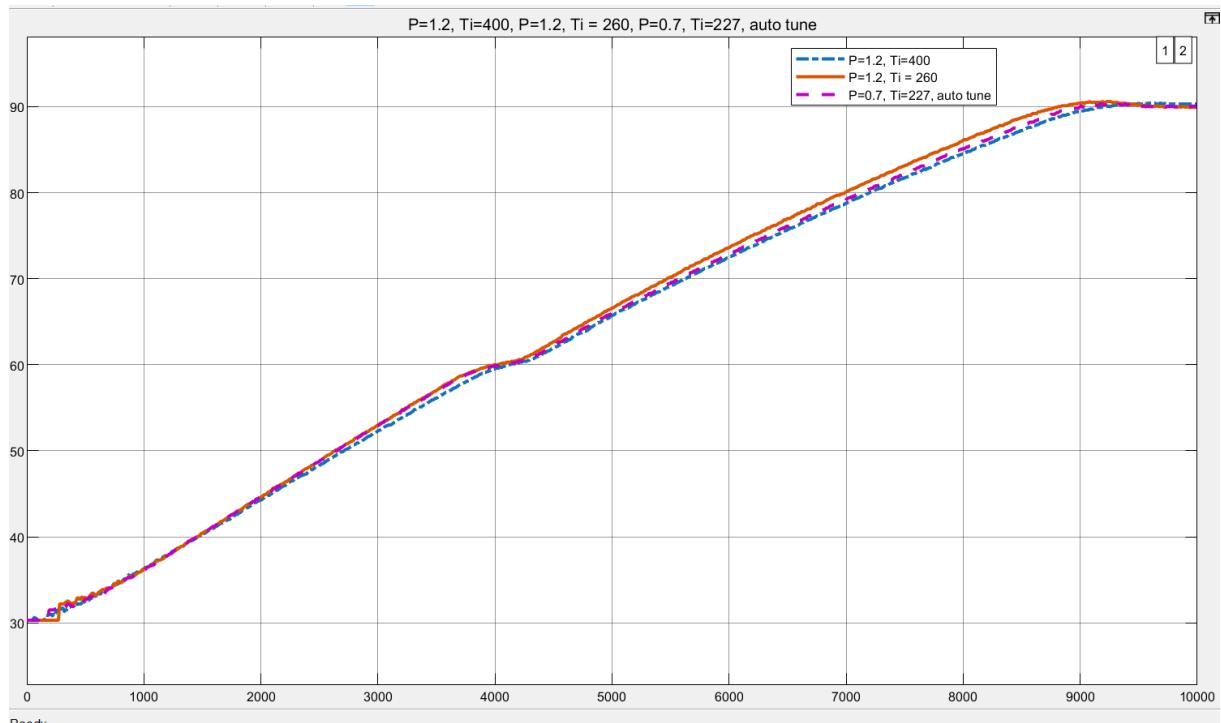
+ $T_u = 510 - 530\text{s}$: thời gian một chu kỳ dao động ổn định

$$+ K_u = \frac{4h}{\pi a} = \frac{4*100}{\pi*(90.5...90.6-89.6)} = 127 - 141 \dots$$

Chọn các hệ số $K_u = 140$, $T_u = 520\text{s}$.

$$P = \frac{100}{K_p} = \frac{100}{0.6K_u} = \frac{100}{0.6 * 140} \approx 1.2;$$

$$T_i = 0.5T_u = 0.5 * 520 = 260 \text{ s}; \quad T_d = 0.125T_u = 0.125 * 520 = 65 \text{ s}$$



Sơ đồ 4.29: Đáp ứng PID theo các phương pháp

Dựa vào sơ đồ trên ta thấy phương pháp chọn hệ số tại mốc 60°C không còn hiệu quả, với thông số tính toán được ta có đường nét liền, tốc độ gia nhiệt cao hơn một ít nhưng bị overshoot 90.6°C . Như vậy ta cần hiệu chỉnh lại thông số PID cho phù hợp, có nhiều cách điều chỉnh nhưng cơ bản thì ta có bảng 4.5. Để giảm overshoot ta tăng thời gian tích phân lên gấp 1.5 lần tức giảm K_i 1.5 lần, với đáp ứng $T_i = 400$, overshoot giảm còn 90.4°C trong khoảng chấp nhận. Ngoài ra, phương pháp auto tune cho hệ số khác biệt nhưng đáp ứng gần tương tự, nguyên nhân ngoài việc các công thức tính toán khác nhau còn có cách chọn độ lệch ban đầu khác nhau và mốc setpoint dẫn đến thời gian hạ nhiệt cũng không giống nhau.

Tăng Proprtional band P		Nó tăng chậm và mất thời gian để đạt đến giá trị SV, nhưng không vượt quá giá trị đó.
Giảm Proportional band P		Có thể xảy ra hiện tượng overshoot và dao động, nhưng sẽ nhanh chóng ổn định.
Tăng intergral time Ti		Phải mất nhiều thời gian hơn để đạt được giá trị SV. Hiện tượng overshoot và dao động được giảm thiểu.

Giảm integral time Ti	SV 	Nó tăng lên nhanh chóng, nhưng sẽ xảy ra dao động.
Tăng derivative time Td	SV 	Điều này giúp phản ứng nhanh hơn với các tác động bên ngoài, nhưng lại gây ra tình trạng dao động.
Giảm derivative time Td	SV 	Phản ứng chậm hơn với các tác động bên ngoài.

Bảng 4.5: Đáp ứng khi thay đổi các hệ số PID

CHƯƠNG 5: TỔNG KẾT

5.1 Những hạn chế và cách giảm sự ảnh hưởng của chúng trong bài nghiên cứu

- Vì bài nghiên cứu chỉ dùng lại ở phần mô phỏng và lý thuyết nên hệ thống có thể có sai số nhất định khi áp dụng vào thực tế.
- Môi trường làm việc của máy thực tế sẽ có sự khác biệt, như tốc độ mất nhiệt, độ ổn định của lò hơi, thông số vật liệu không thực sự lý tưởng.

→ Cần kiểm tra kỹ sai số các thiết bị, hiệu suất hệ thống cũng như xác định các thông số vật liệu gần thực tế nhất có thể.

- Các vi sinh vật trong thực tế có thể sẽ có đặc điểm và thông số khác biệt

→ Có các biện pháp đo đạc và xác định thành phần của sản phẩm trước khi tiệt trùng

- Các yếu tố về kinh tế và chi phí sản xuất, vận hành và bảo trì chưa thể hiện được trong mô phỏng. Công suất chỉ ước lượng mức tiêu thụ của máy, trong thực tế ví dụ như xử lý sự cố, thay đổi các yêu cầu về tiệt trùng theo từng lô sản xuất hoặc điều chỉnh quy trình theo nhu cầu sẽ ảnh hưởng.

→ Ta cần có các thiết bị đo đạc khi vận hành thử nghiệm

- Bộ điều khiển thiết lập cho quá trình lý tưởng, chưa sát với các điều kiện vận hành khác nhau trong nhà máy.

→ Cần hiệu chỉnh bộ điều khiển cho hợp lý, điều này cần thử nghiệm nhiều lần và dựa trên biểu đồ thử nghiệm thực tế để tìm ra cách hiệu chỉnh thích hợp.

- Chỉ đảm bảo diệt khuẩn, chưa xác định được tỉ lệ thực tế, chất lượng sản phẩm sau tiệt trùng

→ Có các biện pháp đo đạc và kiểm định chất lượng sản phẩm như mùi vị, màu sắc, độ nhót, thành phần hóa học chính.

5.2 Gợi ý phát triển cải tiến

Những biện pháp tăng cường độ chính xác:

- Về phần cơ khí:

+ Để hệ thống sát với mô phỏng, ngoài việc đo đạc các thông số kỹ càng, ta có thể dùng các vật liệu cách nhiệt tốt để hạn chế tác động từ môi trường.

+ Lắp đặt các van có độ trễ thấp nhằm tăng thời gian đáp ứng

+ Sử dụng các van điều tiết dòng chảy (flow rate control valve) giúp đảm bảo lượng nước phun đều và ổn định

+ Ta có thể thiết kế dạng nồi hơi xoay để lượng nhiệt trao đổi đều và ổn định quanh sản phẩm

+ Thường xuyên kiểm tra cũng như bảo dưỡng, lọc tạp chất trong nước và nồi hơi cũng góp phần làm tăng độ tinh khiết và độ chính xác khi tiệt trùng.

- Về phần điện:

+ Thiết kế thêm bộ phận che chắn cảm biến đảm bảo môi trường ổn định. Dùng cảm biến chuyên dụng tăng cường độ chính xác và ổn định. Cần calib cảm biến trước khi sử dụng.

+ Thiết kế tủ điện riêng và tăng cường bảo vệ các dây dẫn đặc biệt là các dây tín hiệu cần phải có lớp bảo vệ và đảm bảo hoạt động trong môi trường khắc nghiệt.

- Về phần điều khiển:

+ Giảm sai số yêu cầu của bộ điều khiển và giám sát hệ thống

+ Sử dụng các phương pháp điều khiển có độ chính xác cao khác như fuzzy logic hay điều khiển dự đoán mô hình (MPC)

Dựa vào cách hoạt động của nồi hơi tiệt trùng chúng ta có thể phát triển rộng hơn để tạo ra các mô hình tiệt trùng khác phục vụ trong mọi lĩnh vực của đời sống.

Ví dụ như trong y tế ta cần đảm bảo độ vô trùng của sản phẩm bằng cách dùng các vật liệu chống ăn mòn, thiết kế quy trình cấp và lấy sản phẩm cách li.

Nếu dùng trong thực phẩm trực tiếp hoặc bao bì mỏng, ta cần đảm bảo các quy chuẩn về thực phẩm, dùng các khớp nối clamp, cách li sản phẩm với môi trường tiệt trùng.

Đối với tiệt trùng trong nông nghiệp, cần bảo vệ sản phẩm khỏi hư hỏng trong quá trình, có tính linh hoạt cao phù hợp với nhiều loại sản phẩm cũng như các kích thước khác nhau.

Ngoài ra, không chỉ dùng trong y tế và thực phẩm hệ thống có thể được tích hợp trong các dây chuyền sản xuất và tự động hóa để tăng hiệu suất sản xuất, giảm thiểu sự can thiệp của con người, từ đó nâng cao tính ổn định và hiệu quả của toàn bộ quy trình tiệt trùng.

5.3 Kết luận

Với việc thiết lập các lý thuyết và tính toán các thiết bị phù hợp, ta có thể chế tạo một nồi hơi tiệt trùng trong công nghiệp dùng công nghệ phun hơi và nước. Từ những thông số trong quá trình đo đạc ta có thể dùng bộ điều khiển PID để điều khiển nhiệt độ ở nhiệt độ tiệt trùng 250F với sai số thấp

Máy tiệt trùng lon hơi kết hợp phun nước có thể được dùng trong nhiều quá trình tiệt trùng trong công nghiệp, đặc biệt là các sản phẩm thức ăn đóng hộp. Những lợi ích

có thể mang lại như đảm bảo an toàn thực phẩm và sức khỏe công đồng, tăng cường chất lượng sản phẩm, kéo dài thời gian bảo quản và đảm bảo các tiêu chuẩn chất lượng thực phẩm.

Hệ thống nồi hơi tiệt trùng kết hợp phun hơi và nước là một giải pháp hiệu quả và tiên tiến trong ngành công nghiệp chế biến thực phẩm, mang lại nhiều lợi ích cho các nhà sản xuất và người tiêu dùng. Việc nghiên cứu, áp dụng và cải tiến công nghệ này sẽ tiếp tục mở ra những cơ hội mới trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm, đáp ứng các tiêu chuẩn khắt khe của ngành công nghiệp thực phẩm toàn cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ampawan Tansakul & Pawinee Chaisawang, (2006), Journal of Food Engineering, Thermophysical properties of coconut milk, tập 73, 276-280
- [2] Ball C.O. (1923), Thermal Process Time for Canned Food, Bulletin of the National Research Council, tập 7, số 1, Washington
- [3] Carlos Vilas & Antonio A. Alonso, (2018), Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, Real time optimization of the sterilization process in a canning industry, 657-663
- [4] Charoen, R. & Phungamngoen, (2016), International Food Research Journal, Product development of canned Thai food by thermal processing, tập 23, số 3, 1320-1326
- [5] Chavis Tiravibulsin, Yaowapa Lorjaroenphon, Pathima Udompijatkul & Pitiya Kamonpatana, (2021), LWT - Food Science and Technology, Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk, tập 147, 111552
- [6] Donald Holdsworth & Ricardo Simpson, (2007), Thermal Processing of Packaged Foods 2nd Ed, Center for Nonthermal Processing of Foods, Washington State University, US
- [7] Dario Friso, (2015), Applied Mathematical Sciences, A Mathematical Solution for Food Thermal Process Design, tập 9 , số 6, 255 – 270
- [8] Helen Lei, (03/12/2022). Instructions of SUMPOT Retort
Truy cập từ <https://www.linkedin.com/pulse/instructions-sumpot-retort-helen-lei>
- [9] Jack P. Holman (2010), Heat Transfer: Tenth Edition, McGraw-Hil, New York
- [10] Janwillem Rouweler, (2014), F0 A technical note What it means How to calculate it How to use it for adjustment, control and validation of moist-heat sterilization processes
Truy cập từ <http://www.fedegari.com>
- [11] Janwillem Rouweler, (2014), How to Estimate the Heat Penetration Factors f_h and f_c , and the Heating Lag Factors j_h and j_c , required for Calculating the Sterilization

or Pasteurization Times of Packaged Foods

Truy cập từ <https://hasdenbosch.academia.edu/JanwillemRouweler>

[12] Janwillem Rouweler, (2015), Heat Process Values F (2nd Ed.) for several Commercial Pasteurization and Sterilization Processes: Overview, Uses, and Restrictions

Truy cập từ <https://www.terrafoodtech.com>

[13] Montip Chamchong, Vilasinee Sangsom & Nuttakorn Charoeamkitti, (2007), Kasetsart Journal - Natural Science, Computer-Based On-Line Assessment of Sterilizing Value for Canned Food, tập 41, 764 – 774

[14] Naphaporn Chiewchan, Chanthima Phungamngoen & Suwit Siriwanayothin, (2006), Journal of Food Engineering, Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk, tập 73, 38-44

[15] Narendra Raju Panjagari & Dr. Aparna Kuna, (2018), Principles of the Food Processing & Preservation, INFLIBNET Centre

[16] Ricardo Simpson, Sergio Almonacid, Helena Nun~ez, Alejandra Urtubia & Arthur A. Teixeira, (2012), Food Engineering Reviews, Is There a Need for the Come-Up Time Correction Factor in Ball's Formula Method? A Critical Analysis, Springer Science+Business Media, LLC

[17] Ricardo Simpson, Sergio F. Almonacid-Merino & J. Antonio Torres, (1993), Journal of Food Engineering, Mathematical Models and Logic for the Computer Control of Batch Retorts: Conduction-Heated Foods, tập 20, 283-295

[18] Shanghai Beyond Machinery, (22/07/2023). Coconut Milk Processing

Truy cập từ <https://fruitprocessingmachine.com/coconut-milk-processing>

[19] Stumbo, C.R. (1949), Advances in Food Research, Thermobacteriology as Applied to Food Processing, tập 2, 47-115

[20] Stumbo, C.R. (1973), Thermobacteriology in Food Processing; 2nd Ed. Academic Press, New York

[21] T. A. Gill, J. W. Thompson, G. LeBlanc & R. Lawrence, (1989), Journal of Food Engineering, Computerized Control Strategies for a Steam Retort, tập 10, 135-154

[22] TERRA Food-Tech. Why is F₀ value so important in sterilization processes?

Truy cập từ <https://www.terrafoodtech.com/en/importance-of-f0-value-in-sterilization>

- [23] Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera & David P. Dewitt, (2011), Introduction to Heat Transfer: Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York
- [24] Tetra Pak (2016), Coconut Handbook : Revision 1 2019. Phần 11, 114-129, Tetra Pak South East Asia Pte Ltd, Singapore
- [25] Vratislav Hladky & Radoslav Bielek, (2014), Control Engineering, Modelling and Control of Thermal System, tập 12, số 2
- [26] Wenzhu Wang, Haiming Chen, Dongmei Ke, Wexue Chen, Qiuping Zhong, Weijun Chen & Yong-Huan Yun, (2019), Microchemical Journal, Effect of sterilization and storage on volatile compounds, sensory properties and physicochemical properties of coconut milk, 153:104532