

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

KHOA CƠ KHÍ – BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC

**NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ ĐIỀU KHIỂN BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN
PHÁT SINH LỖI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA**

**A STUDY ON DESIGN AND CONTROL A FAILURE CONDITION
TESTBED FOR 3-PHASE INDUCTION MOTORS**

SVTH: Đỗ Anh Tài – Trần Trung Tín

MSSV: 1911992 – 1912211

GVHD: PGS. TS. Võ Tường Quân

Thành phố Hồ Chí Minh – tháng 9 năm 2023

Số: ___ /ĐHBK-CK

Bộ môn: Cơ Điện Tử

NHIỆM VỤ LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

(Chú ý: sinh viên phải dán tờ này vào trang thứ nhất của bản thuyết minh)

HỌ VÀ TÊN: ĐỖ ANH TÀI
TRẦN TRUNG TÍN**MSSV:** 1911992
1912211**NGÀNH:** Cơ Điện Tử**LỚP:** CK19CD01
CK19CD02

1. Đầu đề luận văn:

**Nghiên cứu thiết kế và điều khiển bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi
cho động cơ điện 3 pha****A STUDY ON DESIGN AND CONTROL A FAILURE CONDITION TESTBED
FOR 3-PHASE INDUCTION MOTORS**

2. Nhiệm vụ:

- Tìm hiểu về động cơ điện 3 pha, các lỗi phổ biến và nguyên nhân phát sinh lỗi. (**Tài – Tín**)
- Tìm hiểu về các bộ tiêu chuẩn chế tạo và kiểm định động cơ điện 3 pha. (**Tài – Tín**)
- Tìm hiểu về các hình thức bảo trì cho động cơ điện 3 pha (**Tài**)
- Tìm hiểu về các loại dữ liệu, phương pháp thu thập và Cơ sở dữ liệu hiện có. (**Tín**)
- Tìm hiểu về các bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi động cơ điện 3 pha hiện có. (**Tài – Tín**)
- Nghiên cứu thiết kế module cụm gá động cơ của bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi. (**Tài**)
- Nghiên cứu thiết kế module tạo lỗi lệch tâm trực, lỗi vòng bi (**Tài**) và lỗi quá tải (**Tín**) của bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi.
- Nghiên cứu thiết kế module điện của bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi. (**Tài**)
- Nghiên cứu thiết kế module điện của bộ thu thập dữ liệu. (**Tín**)
- Nghiên cứu thiết kế module điều khiển cho bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi và thu thập dữ liệu. Mô phỏng kiểm chứng hoạt động các module chính của hệ thống. (**Tài – Tín**)
- Thực nghiệm kiểm tra độ chính xác dữ liệu được tạo ra và dữ liệu thực tế. (**Tín**)
- Số bản vẽ dự kiến: 8 , gồm:
 - + 2 bản vẽ A0, về: Lựa chọn phương án.
 - + 2 bản vẽ A0, về: Bản vẽ lắp cơ khí
 - + 2 bản vẽ A0, về: Bản vẽ sơ đồ nối dây
 - + 2 bản vẽ A0, về: Bản vẽ lưu đồ giải thuật

3. Ngày giao nhiệm vụ luận văn: 05 / 06 / 2023

4. Ngày hoàn thành nhiệm vụ: 30 / 09 / 2023

5. Họ và tên người hướng dẫn:

- Võ Tường Quân , BM Cơ điện tử

Phần hướng dẫn:

100%

Nội dung và yêu cầu LVTN đã được thông qua Bộ môn.

Ngày 13 tháng 6 năm 2023
CHỦ NHIỆM BỘ MÔN
(Ký và ghi rõ họ tên)

PGS.TS. Nguyễn Quốc Chí

NGƯỜI HƯỚNG DẪN CHÍNH
(Ký và ghi rõ họ tên)

PGS.TS. Võ Tường Quân

PHẦN DÀNH CHO KHOA, BỘ MÔN

Người duyệt (châm sơ bộ):

Đơn vị:

Ngày bảo vệ:

Điểm tổng kết:

Nơi lưu trữ luận án:

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành nhất tới giáo viên hướng dẫn của chúng em – PGS. TS. Võ Tường Quân – về những hỗ trợ về thiết bị thực nghiệm, sự tận tình và kiên nhẫn trong việc lắng nghe, đưa ra nhận xét và lời khuyên đã giúp chúng em hoàn thiện đồ án tốt nghiệp này. Nếu không có sự hỗ trợ và những lời khuyên của thầy thì chúng em không thể hoàn thiện đồ án tốt nghiệp này.

Tiếp theo, chúng em muốn gửi lời cảm ơn tới anh Vũ Trần Thành Công, anh Lê Quốc Diện, anh Khưu Nguyễn Hữu Lộc, anh Trần Hòa Bình, anh Lê Trần Vũ Long và tập thể BioMechLab đã giúp đỡ, hỗ trợ, góp ý và động viên chung em trong suốt thời gian qua.

Sau cùng, chúng em xin gửi lời cảm ơn chân thành và sâu sắc đến cha, mẹ - những người luôn âm thầm hỗ trợ, động viên và cho chúng em động lực để luôn cố gắng trong suốt thời gian qua.

Tp. HCM, Ngày 18 tháng 9 năm 2023

Sinh viên thực hiện

Trần Trung Tín

Đỗ Anh Tài

TÓM TẮT LUẬN VĂN

Trong những năm gần đây, bảo trì dự đoán nổi lên như một chủ đề nổi bật và thu hút sự quan tâm và nghiên cứu của nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới. Một trong những ứng dụng quan trọng của bảo trì dự đoán là tiên đoán trước thời gian hoạt động còn lại của động cơ (RUL – Remaining Useful Life) và phân tích lỗi có thể xảy ra để tiến hành lên lịch bảo trì trước. Từ đó, nhà máy có thể giảm thời gian chết do ngừng máy, tối ưu hóa năng suất và lợi nhuận.

Mặc dù bảo trì dự đoán có nhiều ưu điểm và thích hợp trong ứng dụng vào bảo trì, bảo dưỡng máy móc trong nhà máy nhưng cũng gặp nhiều hạn chế do Trí tuệ thông minh nhân tạo (AI – Artificial Intelligence) cần quá trình training dựa trên tệp dữ liệu về tình trạng hoạt động của các động cơ từ đó phân tích các đặc trưng và huấn luyện để đưa ra mô hình dự đoán và ứng dụng vào thực tế. Ngoài ra, các bộ dữ liệu được tạo ra nhằm mục đích phục vụ cho quá trình huấn luyện AI còn ít và hạn chế cho một động cơ nhất định.

Luận văn này tập trung vào việc nghiên cứu phương pháp tạo ra các bộ dữ liệu phục vụ cho quá trình huấn luyện và có thể sử dụng cho nhiều động cơ với công suất, kích thước khác nhau.

Nội dung của luận văn bao gồm 6 chương:

- Chương 1: Tổng quan
- Chương 2: Lựa chọn phương án
- Chương 3: Thiết kế hệ thống cơ khí
- Chương 4: Thiết kế hệ thống điện
- Chương 5: Thiết kế hệ thống điều khiển
- Chương 6: Thực nghiệm và đánh giá kết quả
- Chương 7: Kết luận và hướng phát triển

MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
DANH MỤC HÌNH	vii
DANH MỤC BẢNG	xii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	1
 1.1. Tổng quan về động cơ điện 3 pha không đồng bộ	1
 1.1.1. Cấu tạo.....	1
 1.1.2. Nguyên lý hoạt động	1
 1.1.3. Một số tiêu chuẩn hiện có liên quan đến động cơ điện.....	2
 1.1.3.1. Tiêu chuẩn quốc tế NEMA MG 1 – Động cơ và máy phát điện (Motors and Generators) [1]	2
 1.1.3.2. Tiêu chuẩn quốc IEC 60034 – Máy điện quay (Rotating electrical machines) [2]	3
 1.1.4. Các lỗi và nguyên nhân phát sinh.....	4
 1.1.4.1. Lỗi cuộn dây stator.....	4
 1.1.4.2. Lỗi gãy thanh rotor hoặc vòng cuối.....	5
 1.1.4.3. Lỗi vòng bi.....	6
 1.1.4.4. Lỗi lệch tâm trực	8
 1.2. Các hình thức bảo trì cho động cơ điện.....	9
 1.2.1. Bảo trì sau hư hỏng (Breakdown Maintenance).....	9
 1.2.2. Bảo trì dự phòng (Preventive Maintenance).....	10
 1.2.3. Bảo trì dự đoán (Predictive Maintenance).....	12
 1.3. Bảo trì dự đoán cho động cơ điện 3 pha.....	15
 1.3.1. Các loại dữ liệu và phương pháp thu thập	15
 1.3.1.1. Độ rung	15

<i>1.3.1.2. Nhiệt độ</i>	16
<i>1.3.1.3. Cường độ dòng điện</i>	17
<i>1.3.1.4. Điện áp</i>	18
<i>1.3.1.5. Tín hiệu âm thanh</i>	18
1.3.2. Các phương pháp tạo ra bộ dữ liệu	19
<i>1.3.2.1. Thu thập từ động cơ đang vận hành trong điều kiện thực tế</i>	19
<i>1.3.2.2. Sử dụng các động cơ có sẵn lỗi để thu thập dữ liệu</i>	20
<i>1.3.2.3. Thiết kế bộ mô phỏng lỗi để tạo dữ liệu</i>	21
1.3.3. Các cơ sở dữ liệu hiện có	22
<i>1.3.3.1. Cơ sở dữ liệu Bearing data center của Case Western Reserve University [12]</i>	22
<i>1.3.3.2. Cơ sở dữ liệu MAFAULDA của Felipe M. L. Ribeiro [13]</i>	22
<i>1.3.3.3. Cơ sở dữ liệu Kat của đại học Paderborn, Đức [14]</i>	24
1.3.4. Các thành phần của hệ thống	27
1.4. Tình hình nghiên cứu	27
1.4.1. Nghiên cứu về bộ tạo lỗi cho động cơ điện 3 pha	27
<i>1.4.1.1. Nghiên cứu, thiết kế giường thử nghiệm tạo lỗi để nghiên cứu các kỹ thuật phân tích rung động [15]</i>	28
<i>1.4.1.2. Bộ tạo lỗi để phân tích, chuẩn đoán các loại lỗi hư hỏng vòng bi [16]</i>	31
<i>1.4.1.3. Bộ mô phỏng lỗi của bộ dữ liệu Kat – Đại học Paderborn, Đức [14]</i>	32
<i>1.4.1.4. Chẩn đoán lỗi cuộn dây của động cơ cảm ứng 3 pha chạy bằng biến tần sử dụng tín hiệu dòng điện và điện áp [17]</i>	34
<i>1.4.1.5. Phân loại lỗi động cơ cảm ứng bằng kỹ thuật phân cụm đàn kiến [18]</i>	35
1.4.2. Nghiên cứu về lỗi cuộn dây stator và lỗi rotor	36

1.4.2.1. <i>Nghiên cứu về một số phương pháp chuẩn đoán lỗi stator trên động cơ điện 3 pha lồng sóc</i> [19]	36
1.4.2.2. <i>Nghiên cứu về lỗi rotor của động cơ điện 3 pha lồng sóc</i> [20]	37
1.4.2.3. <i>Nghiên cứu tiếp theo về lỗi rotor của động cơ điện 3 pha lồng sóc</i> [21]....	38
1.4.2.4. <i>Nghiên cứu về phương pháp tiếp cận, phân tích và tính toán sóng hài tần số của dòng điện stator để phát hiện lỗi rotor của động cơ cảm ứng</i> [22].....	39
1.4.2.5. <i>Phân loại mức độ quá tải của động cơ cảm ứng sử dụng phân tích âm thanh</i> [23].....	40
1.5. Tổng kết	41
1.5.1. <i>Các điều kiện phát sinh lỗi</i>	41
1.5.2. <i>Các tín hiệu thu thập</i>	42
1.6. Mục tiêu và phạm vi đề tài.....	43
1.6.1. <i>Mục tiêu thiết kế</i>	43
1.6.2. <i>Phạm vi đề tài</i>	43
CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN	45
2.1. Phương án phát sinh lỗi về cơ khí.....	45
2.1.1. <i>Lỗi vòng bi</i>	45
2.1.2. <i>Lỗi lệch tâm trực</i>	45
2.1.3. <i>Điều kiện hoạt động quá tải.....</i>	47
2.2. Phương án phát sinh lỗi về điện	49
2.2.1. <i>Mất pha</i>	49
2.2.2. <i>Sụt áp</i>	50
2.3. Phương pháp thu thập dữ liệu	51
2.3.1. <i>Nguyên lý đo cường độ dòng điện</i>	51
2.3.2. <i>Nguyên lý đo điện áp.....</i>	51

<i>2.3.3. Nguyên lý đo rung động.....</i>	52
<i>2.3.4. Nguyên lý đo nhiệt độ.....</i>	52
<i>2.3.5. Nguyên lý đo moment.....</i>	53
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ	54
3.1. Thiết kế cụm gá động cơ	55
<i>3.1.1. Thiết kế bộ truyền vít me đai ốc bi.....</i>	55
<i>3.1.2. Lựa chọn bàn nâng</i>	57
<i>3.1.3. Thiết kế tâm gá và các chi tiết khác của cụm gá động cơ.....</i>	58
3.2. Thiết kế điều kiện hoạt động lệch tâm trực.....	60
<i>3.2.1. Tính lực li tâm tác dụng lên trực động cơ.....</i>	60
<i>3.2.2. Tính kích thước bulong, đai ốc cố định tải lệch tâm.....</i>	62
<i>3.2.3. Tính kích thước bánh đà.....</i>	63
3.3. Thiết kế điều kiện hoạt động quá tải	64
<i>3.3.1. Xác định momen xoắn cần</i>	64
<i>3.3.2. Xác định sơ bộ đường kính bánh đai</i>	66
<i>3.3.3. Xác định lực ma sát giữa dây đai và bánh đai.....</i>	66
<i>3.3.4. Xác định lực căng đai ban đầu</i>	67
<i>3.3.5. Xác định các thông số của dây đai và bánh đai.....</i>	67
<i>3.3.6. Tính toán thiết kế lò xo</i>	69
3.4. Tính toán thiết kế trực	71
3.5. Tính toán thiết kế then	74
3.6. Tính toán thiết kế ổ bi	75
3.7. Thiết kế bộ phận tạo lõi hư vòng bi, bệ gá các ổ bi và cụm khung của hệ thống	76
CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN	78

4.1. Thiết kế hệ thống tạo điều kiện hoạt động phát sinh lỗi về điện.....	78
4.1.1. Thiết kế lỗi sụt áp	78
4.1.2. Thiết kế lỗi mất pha.....	78
4.2. Thiết kế hệ thống điện của bộ thu thập dữ liệu	80
4.2.1. Chọn bộ thu thập dữ liệu	81
4.2.2. Chọn cảm biến đo cường độ dòng điện.....	82
4.2.3. Chọn cảm biến đo điện áp.....	84
4.2.4. Chọn cảm biến đo moment xoắn	85
4.2.5. Chọn Encoder.....	86
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN	87
5.1. Điều khiển bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi về điện	87
5.2. Lập trình điều khiển bộ thu thập NI-USB 6210	89
5.2.1. Giới thiệu NI-DAQmx Python API	90
5.2.2. Lưu đồ giải thuật của bộ thu thập	90
CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ	95
6.1. Chọn tần số lấy mẫu	95
6.1.1. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến dòng và điện áp	95
6.1.1.1. Tần số bắt thường gây ra bởi các lỗi của động cơ [36]	95
6.1.1.2. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến biến dòng và điện áp.....	99
6.1.2. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến moment xoắn, encoder.....	99
6.2. Hiệu chỉnh cảm biến	100
6.2.2. Cảm biến cường độ dòng điện ở điều kiện động cơ chạy không tải.....	102
6.2.3. Cảm biến điện áp ở điều kiện động cơ chạy không tải.....	102
6.2.4. Cảm biến Moment xoắn ở điều kiện động cơ chạy trong hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi ở trường hợp bình thường	102

6.2.5. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh cảm biến	103
6.3. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hoạt động khác nhau	103
6.3.1. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện động cơ chạy không tải.....	103
6.3.2. Tín hiệu cảm biến khi động cơ gắn vào hệ.....	106
6.3.3. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi lệch tâm trực	109
6.3.3.1. Lệch tâm trực không tải.....	109
6.3.3.2. Lệch tâm trực có tải.....	110
6.3.4. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi quá tải.....	111
6.3.4.1. Xác định moment xoắn khởi động của động cơ	111
6.3.4.2. Hệ hoạt động ở 50% moment xoắn danh định của động cơ.....	111
6.3.4.3. Hệ hoạt động ở moment xoắn khởi động của động cơ.....	113
CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	115
7.1. Kết quả đạt được	115
7.2. Hạn chế của đề tài.....	115
7.3. Hướng phát triển	116
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	117

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Hư hỏng lớp cách điện dẫn đến ngắn mạch ngắt quãng của stator cuộn dây trong động cơ cảm ứng ba pha. [3]	4
Hình 1.2. Lỗi gãy thanh stator trên một động cơ 1700hp [4]	6
Hình 1.3. Rãnh xuất hiện trên vòng bi [6]	7
Hình 1.4. Vị trí của trục và sự phân bố khe hở không khí trong động cơ cảm ứng [7]..	8
Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì sau hư hỏng.....	10
Hình 1.6. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì dự phòng	11
Hình 1.7. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì dự đoán [8].....	12
Hình 1.8. Nguyên lý hoạt động của cặp nhiệt điện.....	16
Hình 1.9. Cấu tạo của RTD cảm biến dây quấn [9].....	16
Hình 1.10. Nguyên lý hoạt động của biến dòng [10].....	17
Hình 1.11. Nguyên lý của hiệu ứng Hall vòng kín [11]	18
Hình 1.12. Thiết bị đo tiếng ồn	19
Hình 1.13. Phương pháp sử dụng các động cơ có sẵn lỗi để thu thập dữ liệu	20
Hình 1.14. Thiết kế bộ mô phỏng lỗi cho động cơ để tạo dữ liệu	21
Hình 1.15. Kết cấu cơ khí của bàn thử nghiệm với động cơ thử nghiệm, torque sensor, mô-đun Ổ trụ, bánh đà, động cơ tải (từ trái sang) [14]	25
Hình 1.16. Tạo lỗi nhân tạo cho ổ bi [14].....	26
Hình 1.17. Các thành phần của hệ thống	27
Hình 1.18. Một số bàn thử nghiệm mô phỏng lỗi cho động cơ điện 3 pha đã được phân tích trong nghiên cứu [15]	28
Hình 1.19. Sơ đồ nguyên lý của bộ tạo lỗi nghiên cứu kỹ thuật phân tích rung động .	29
Hình 1.20. Giường thử nghiệm của nghiên cứu phân tích rung động sau khi chế tạo [15].....	29

Hình 1.21. Mô phỏng điều kiện hoạt động mất cân bằng khi gá động cơ sai lệch [15]	30
Hình 1.22. Mô phỏng sự lệch tâm trực động cơ bằng bánh đà [15]	30
Hình 1.23. Bộ mô phỏng lỗi vòng bi trong nghiên cứu phân tích rung động [16]	31
Hình 1.24. Sơ đồ nguyên lý bộ mô phỏng lỗi vòng bi trong nghiên cứu phân tích rung động	32
Hình 1.25. Bộ mô phỏng lỗi cho động cơ cảm ứng của đại học Paderborn – Đức [14]	33
Hình 1.26. Sơ đồ nguyên lý bộ mô phỏng lỗi của đại học Paderborn.....	33
Hình 1.27. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống tạo lỗi cuộn dây [17]	34
Hình 1.28. Bộ thử nghiệm cho chuẩn đoán lỗi [18]	35
Hình 1.29. Hệ thống thực nghiệm phân tích dòng điện stator của động cơ điện [22]..	39
Hình 2.1. Tải có trọng tâm lệch trục	46
Hình 2.2. Bánh đà tạo tải lệch tâm.....	47
Hình 2.3. Phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng máy phát điện [24]	47
Hình 2.4. Sơ đồ nguyên lý phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng máy phát điện .47	
Hình 2.5. Phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng lực ma sát của bộ truyền đai [24]	48
Hình 2.6. Sơ đồ nguyên lý phương pháp tạo tải cho động cơ bằng bộ truyền đai	49
Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống cơ khí.....	54
Hình 3.2. Các thông số hình học của động cơ Cantoni [27].....	58
Hình 3.3. Bàn nâng HTZ210	58
Hình 3.4. Tâm gá động cơ	59
Hình 3.5. Bàn gá gồm thanh trượt tuyến tính và bộ truyền vít me đai óc bi	60
Hình 3.6. Cụm gá động cơ	60

Hình 3.7. Thông số lực cho phép tác dụng lên trục động cơ [27]	61
Hình 3.8. Sơ đồ tạo điều kiện hoạt động lệch trục.....	61
Hình 3.9. Công thức nội suy lực cho phép [27].....	62
Hình 3.10. Mối ghép bulong không có khe hở	63
Hình 3.11. Dạng bánh đà thiết kế	64
Hình 3.12. Đường đặc tính moment – vận tốc của động cơ [28]	65
Hình 3.13. Khoảng cách giữa cách tri tiết trong bộ tạo lõi.....	71
Hình 3.14. Phân tích lực trục I.....	71
Hình 3.15. Phân tích lực trục II	72
Hình 3.16. Biểu đồ momen tác dụng lên trục I.....	72
Hình 3.17. Biểu đồ momen tác dụng lên trục II	73
Hình 3.18. Bệ gá ổ bi	76
Hình 3.19. Gối đỡ vòng bi bị hỏng	77
Hình 3.20. Thanh trượt	77
Hình 3.21. Cụm khung của bộ tạo lõi	77
Hình 4.1. AC Dimmer TKXEC GT-10000W	78
Hình 4.2. Relay NNC71A – 2Z	79
Hình 4.3. Timer AT8N	80
Hình 4.4. Sơ đồ nguyên lý điện bộ thu thập	80
Hình 4.5. Sơ đồ đấu dây của LA 55-P [32]	83
Hình 4.6. Sơ đồ đấu dây của LV 25-P [33]	84
Hình 4.7. Cảm biến đo moment xoắn GTS208 [34]	85
Hình 5.1. Sơ đồ đấu dây bộ tạo lõi trên động cơ điện 3 pha.....	87
Hình 5.2. Lưu đồ giải thuật điều khiển bộ tạo lõi	88
Hình 5.3. Quy trình con tạo các điều kiện phát sinh lỗi	89

Hình 5.4. Lưu đồ Chương trình chính	90
Hình 5.5. Các chế độ đọc dữ liệu của các kênh	91
Hình 5.6. Lưu đồ đọc dữ liệu	92
Hình 5.7. Lưu đồ xử lý dữ liệu	93
Hình 5.8. Lưu đồ lưu dữ liệu	94
Hình 5.9. Lưu đồ Chương trình con – Xử lý dữ liệu	94
Hình 6.1. Động cơ và hệ tạo điều kiện bất thường trong thực tế.....	100
Hình 6.2. Ampe kế Sanwa DCM60R [38].....	101
Hình 6.3. Cường độ dòng điện – không tải – miền thời gian	104
Hình 6.4. Điện áp – không tải – miền thời gian.....	104
Hình 6.5. Cường độ dòng điện – không tải – miền tần số	105
Hình 6.6. Điện áp – không tải – miền tần số	106
Hình 6.7. Cường độ dòng điện – động cơ gắn vào hệ – miền thời gian	107
Hình 6.8. Tín hiệu cảm biến điện áp – động cơ gắn với hệ – miền thời gian.....	107
Hình 6.9. Tín hiệu moment xoắn và tốc độ quay – động cơ gắn với hệ	108
Hình 6.10. Cường độ dòng điện – động cơ gắn với hệ - miền tần số	109
Hình 6.11. Cường độ dòng điện – hệ tạo điều kiện lệch tâm trực - miền tần số	109
Hình 6.12. Moment xoắn và tốc độ quay – lệch tâm trực có tải – miền thời gian.....	110
Hình 6.13. Cường độ dòng điện – lệch tâm trực có tải – miền tần số	110
Hình 6.14. Moment xoắn khởi động của động cơ	111
Hình 6.15. Moment xoắn và tốc độ quay của động cơ ở 50% tải danh định.....	112
Hình 6.16. Cường độ dòng điện – 50% moment xoắn danh định – miền thời gian ...	112
Hình 6.17. Điện áp – 50% moment xoắn danh định – miền thời gian	113
Hình 6.18. Moment xoắn và tốc độ quay – quá tải	113
Hình 6.19. Cường độ dòng điện của động cơ – quá tải	114

Hình 6.20. Điện áp của động cơ – quá tải.....114

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Ưu điểm – nhược điểm của bảo trì sau hư hỏng.....	10
Bảng 1.2. Ưu – nhược điểm của bảo trì dự phòng	11
Bảng 1.3. Ưu – nhược điểm của bảo trì dự đoán	13
Bảng 1.4. Thông số kỹ thuật của Cơ sở dữ liệu MAFAULDA	23
Bảng 1.5. Thông số kỹ thuật của bộ mô phỏng lỗi của đại học Paderborn, Đức.	25
Bảng 1.6. Thống kê và tương quan giữa các loại lỗi thường gặp và tín hiệu dùng để phát hiện.[25].....	42
Bảng 3.1. Bảng thông số bộ truyền vít me – đai óc bi.....	57
Bảng 3.2. Bảng thông số bộ truyền đai	68
Bảng 3.3. Bảng thông số của lò xo	70
Bảng 3.4. Thông số của cách mối lắp then	74
Bảng 3.5. Các thông số kiểm nghiệm an toàn của mối lắp then ứng với từng chi tiết .	75
Bảng 4.1. Số cổng analog Input cần thiết	81
Bảng 4.2. Khoảng giá trị cường độ của động cơ 3 pha từ 0,4kW – 2,2kW	83
Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật của cảm biến LA 55-P	83
Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật của cảm biến LV 25-P	84
Bảng 4.5. Thông số kỹ thuật của cảm biến moment xoắn GTS208	85
Bảng 4.6. Thông số kỹ thuật của Encoder E40S6-1000-3-T-24.....	86
Bảng 6.1. Tần số đặc trưng lỗi cuộn stator của động cơ 3 pha 1500 RPM (đơn vị: Hz)	96
Bảng 6.2. Tần số đặc trưng lỗi cuộn stator của động cơ 3 pha 3000 RPM (đơn vị: Hz)	96
Bảng 6.3. Tần số đặc trưng cho lỗi cuộn rotor của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz).....	97
Bảng 6.4. Tần số đặc trưng cho lỗi lệch tâm của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz).....	98

Bảng 6.5. Tần số đặc trưng cho lõi vòng bi của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz)	99
Bảng 6.6. Thông số kỹ thuật của Ampe kế Sanwa DCM60R [38].....	101
Bảng 6.7. Giá trị dòng điện và điện áp hiệu dụng đo từ ampe kế.....	101
Bảng 6.8. Giá trị dòng điện và điện áp lớn nhất đo từ ampe kế.....	101
Bảng 6.9. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ tắt.....	102
Bảng 6.10. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ bật	102
Bảng 6.11. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ tắt.....	102
Bảng 6.12. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ bật	102
Bảng 6.13. Cường độ dòng điện và điện áp lớn nhất đo bằng cảm biến	103
Bảng 6.14. Sai số dòng điện và điện áp lớn nhất đo từ bộ thu thập so với đo từ ampe kế	103
Bảng 6.15. Giá trị CĐĐĐ và điện áp lớn nhất của các pha – động cơ chạy không tải	103
Bảng 6.16. Tần số và biên độ lớn nhất của cường độ dòng điện của các pha – động cơ chạy không tải.....	105
Bảng 6.17. Tần số và biên độ lớn nhất của điện áp của các pha – động cơ chạy không tải	105
Bảng 6.18. Giá trị CĐĐĐ và điện áp lớn nhất của các pha – động cơ gắn vào hệ	106
Bảng 6.19. So sánh giá trị điện áp đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ tạo điều kiện bất thường	108
Bảng 6.20. So sánh giá trị cường độ dòng điện đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ tạo điều kiện bất thường	108
Bảng 6.21. Sai lệch giá trị cường độ dòng điện và điện áp đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ	108
Bảng 6.22. Cường độ dòng điện và điện áp lớn nhất của động cơ ở 50% tải.....	112

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về động cơ điện 3 pha không đồng bộ

1.1.1. Cấu tạo

Động cơ điện 3 pha không đồng bộ (3 phase asynchronous electric motor) là một dạng máy điện không đồng bộ sử dụng dòng điện xoay chiều 3 pha. Đây là một trong những loại động cơ điện phổ biến nhất được sử dụng trong các ứng dụng công nghiệp và dân dụng. Cấu tạo của động cơ điện 3 pha không đồng bộ gồm hai phần chính: stator và rotor.

Stator là phần tĩnh của động cơ, gồm có lõi thép và các cuộn dây quấn. Lõi thép là tập hợp các tấm thép kẽm mạ có phủ cách điện được ghép lại với nhau tạo thành lõi có các rãnh ở trong. Ba cuộn dây quấn được làm bằng dây dẫn cách điện được đặt vào các rãnh của lõi thép sao cho ba cuộn dây lệch pha nhau 120 độ. Khi cho dòng điện xoay chiều ba pha chạy trong ba pha dây quấn stator sẽ tạo ra từ trường quay.

Rotor là phần quay của động cơ, có hai loại rotor chính là rotor lồng sóc và rotor dây quấn:

- Rotor lồng sóc được cấu tạo bởi một hệ thống các thanh dẫn điện đặt trên rãnh của lõi thép và song song với trục quay động cơ. Các thanh dẫn này được làm từ nhôm hoặc đồng để đảm bảo dẫn điện tốt và có khả năng chịu tải cao. Hai đầu của các thanh dẫn được nối ngắn mạch bằng hai vòng đồng tạo thành lồng sóc.

- Rotor dây quấn được cấu tạo bởi một lõi kim loại và các dây quấn ba pha. Dây quấn ba pha của rotor đấu sao, ba đầu còn lại được nối với ba vành trượt làm bằng đồng gắn ở một đầu trục, cách điện với nhau và với trục. Thông qua chổi than và vành trượt, có thể nối dây quấn rotor với điện trở phụ bên ngoài. Khi làm việc bình thường, dây quấn rotor được nối ngắn mạch.

1.1.2. Nguyên lý hoạt động

Nguyên lý hoạt động của động cơ điện 3 pha không đồng bộ dựa trên sự tương tác từ trường giữa stator và rotor. Khi ta cho dòng điện ba pha vào ba đầu dây quấn stator sẽ tạo ra từ trường quay. Từ trường quay này cắt các thanh dẫn (hoặc dây quấn) của rotor sẽ hình thành nên suất điện động cảm ứng. Vì các thanh dẫn (hoặc dây quấn)

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

của rotor được nối ngắn mạch nên suất điện động cảm ứng đó sẽ sinh ra dòng điện cảm ứng. Lực điện từ giữa từ trường quay được tạo ra bởi stator với dòng điện cảm ứng được sinh ra trong các thanh dẫn (hoặc cuộn dây quấn) sẽ tạo ra momen kéo rotor quay cùng chiều với từ trường quay.

1.1.3. Một số tiêu chuẩn hiện có liên quan đến động cơ điện

Việc tìm hiểu về một số tiêu chuẩn hiện có liên quan đến động cơ điện để phục vụ cho đề tài đồ án hiện tại là khá quan trọng. Các tiêu chuẩn về động cơ điện cung cấp các yêu cầu và thông số kỹ thuật về động cơ, cũng như cung cấp các tiêu chuẩn về hoạt động, vận hành và bảo trì động cơ. Do đó, tìm hiểu một số tiêu chuẩn về động cơ điện sẽ giúp hiểu rõ hơn về nguyên nhân gây nên các hư hỏng, các lỗi của động cơ (là do động cơ hoạt động không đúng tiêu chuẩn, do điều kiện bên ngoài tác động hay do các nguyên nhân khác) và từ đó sẽ giúp ích cho việc tạo ra những điều kiện phát sinh lỗi.

1.1.3.1. Tiêu chuẩn quốc tế NEMA MG 1 – Động cơ và máy phát điện (Motors and Generators) [1]

Tiêu chuẩn NEMA MG 1 là một tiêu chuẩn của Hiệp hội Các nhà sản xuất Thiết bị điện Quốc gia (National Electrical Manufacturers Association - NEMA) của Mỹ, được áp dụng cho động cơ điện xoay chiều đơn pha và ba pha. Tiêu chuẩn NEMA MG 1 cung cấp các yêu cầu và thông số kỹ thuật về động cơ điện như: kích thước, hiệu suất, hệ số công suất, công suất định mức, tần số, điện áp, dòng khởi động, độ rung, độ ồn, các thông số kỹ thuật về động cơ điện khi hoạt động ở điều kiện đặc biệt như nhiệt độ cao hoặc độ ẩm cao, v.v... Tiêu chuẩn này cũng đưa ra các yêu cầu về kiểm tra và thử nghiệm động cơ điện trước khi xuất xưởng, bao gồm cả các thử nghiệm về điện áp, dòng điện và hiệu suất. NEMA MG 1 còn chia ra các loại động cơ điện theo phân nhóm, từ các loại động cơ đơn giản cho đến các loại động cơ phức tạp và đa dụng. Tiêu chuẩn này cũng đưa ra các tiêu chuẩn bảo vệ cho động cơ, các hướng dẫn về bảo dưỡng và vận hành cũng như các yêu cầu về hiệu suất năng lượng của động cơ điện.

Tiêu chuẩn NEMA MG 1 – 2019 gồm có 33 phần, trong đó một phần quan trọng sau: phần 1 nói về các khái niệm kỹ thuật, các tiêu chuẩn trong việc định nghĩa những vấn đề liên quan đến các loại động cơ điện; phần 2 nói về các sơ đồ nguyên lý điện

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

cũng như cách đấu dây cho các loại động cơ điện; phần 4 đề cập đến các tiêu chuẩn về kích thước động cơ, tiêu chuẩn về dung sai cũng như là lắp đặt động cơ; phần 5 nói về tiêu chuẩn cho các cấp vỏ bọc bảo vệ của máy điện quay, ngoài ra phần này cũng đưa ra một số tiêu chuẩn thử nghiệm, kiểm tra khả năng bảo vệ của các cấp vỏ bọc đó; phần 6 nói về phương pháp làm mát cho các máy điện quay; phần 7 đề cập đến tiêu chuẩn trong việc giới hạn, đánh giá và đo lường sự rung động cơ học của động cơ điện; phần 9 nói về quy trình đo tiếng ồn cũng như giới hạn về tiếng ồn mà các máy điện quay gây ra; phần 10 là các tiêu chuẩn chi tiết về động cơ điện xoay chiều cỡ vừa và nhỏ; phần 12 là các phương pháp cũng như tiêu chuẩn trong việc thử nghiệm, kiểm tra và đánh giá hiệu suất của động cơ điện AC và DC.

1.1.3.2. Tiêu chuẩn quốc IEC 60034 – Máy điện quay (Rotating electrical machines) [2]

Bộ tiêu chuẩn điện kỹ thuật IEC là bộ tiêu chuẩn của Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế (International Electrotechnical Commission – IEC) nói về các tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật trong lĩnh vực điện và điện tử. Trong đó, tiêu chuẩn IEC 60034 là bộ tiêu chuẩn nói về máy điện quay (như động cơ) và ở nước ta nó đã được chấp nhận thành tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6627. Các tiêu chuẩn này được quy định cho một số động cơ thường thấy như là IE1, IE2, IE3... Tiêu chuẩn IEC 60034 trình bày các vấn đề như: các chế độ vận hành, điều kiện vận hành, điều kiện về nhiệt độ, các cấp tản nhiệt, các cấp cách điện, mức công suất tiếng ồn, các thông số kỹ thuật theo IEC, v.v...

Các vấn đề quan trọng như vừa nêu được trình bày trong một số phần của tiêu chuẩn IEC 60034 dưới đây: phần 1 – Các đặc tính định mức và các đặc tính vận hành: ở phần này đưa ra một số định nghĩa của các thuật ngữ chung được sử dụng trong tiêu chuẩn này, ngoài ra còn đưa ra các yêu cầu về điều kiện vận hành (độ cao, nhiệt độ môi trường, các điều kiện về điện...) cũng như là dung sai và một số yêu cầu khác; phần 2 – Các phương pháp xác định tổn thất và hiệu suất của máy điện quay bằng thí nghiệm: trước tiên phần này sẽ đưa ra những định nghĩa như là hiệu suất, tổn thất toàn bộ và đưa ra một số thí nghiệm. Sau đó đi vào nghiên cứu hiệu suất và tổn thất của từng loại máy điện quay như máy điện một chiều, máy cảm ứng nhiều pha hay là máy đồng bộ. Cuối cùng là đưa ra một số phương pháp để kiểm tra, thử nghiệm; phần 5 –

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

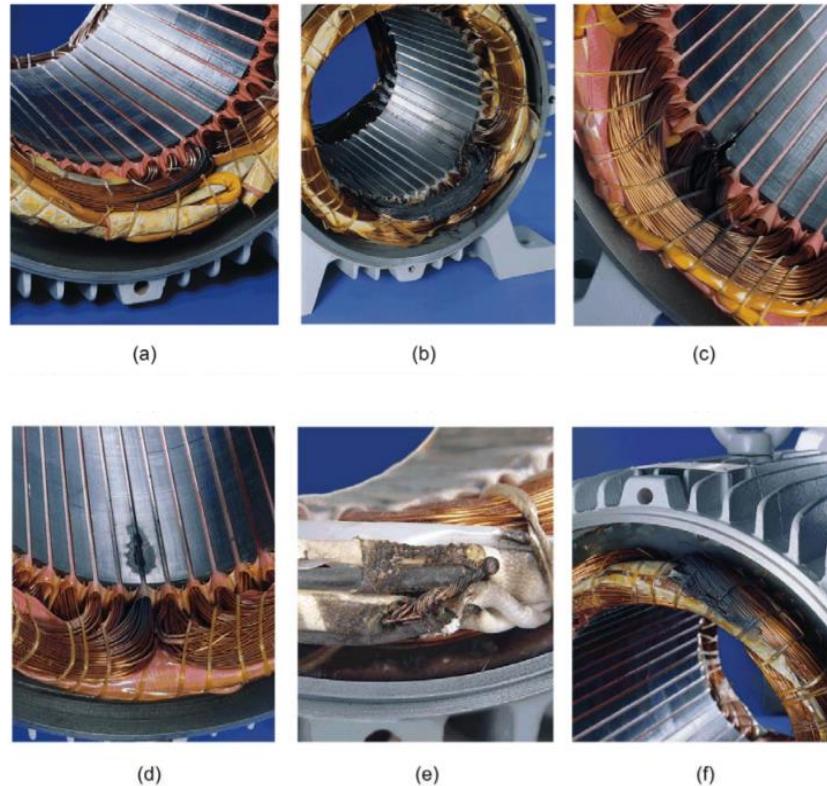
Phân loại mức độ bảo vệ của vỏ bọc các máy điện quay (Mã IP): phần này đưa ra các kí hiệu, các mức bảo vệ của vỏ bọc cũng như các yêu cầu tổng quát đối với các thử nghiệm kiểm tra mức độ bảo vệ; phần 7 – Phân loại các kiểu cấu trúc và bố trí lắp đặt: phần này đưa ra các định nghĩa, các kí hiệu cũng như tiêu chuẩn cho các kiểu cấu trúc và bố trí lắp đặt các máy điện quay; phần 14 – Các dao động cơ học. Đo lường, đánh giá và giới hạn của dao động: phần này trước tiên là trình bày các định nghĩa, các đại lượng đo lường (cường độ dao động, dao động tương đối của trực) và các dụng cụ đo. Sau đó trình bày về các điều kiện đo lường, các giới hạn dao động của ổ bi và giới hạn dao động của trực.

1.1.4. Các lỗi và nguyên nhân phát sinh

1.1.4.1. Lỗi cuộn dây stator

a) Hiện tượng

Lỗi cuộn dây stator là lỗi xuất hiện khi lớp cách điện của cuộn dây bị hỏng từ đó dẫn đến các dây bị chạm với nhau và cháy như trong Hình 1.1.



Hình 1.1. Hư hỏng lớp cách điện dẫn đến ngắn mạch ngắt quãng của stator cuộn dây trong động cơ cảm ứng ba pha. [3]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- (a) Ngắn mạch giữa các vòng trong cùng một cuộn.
- (b) Cuộn dây bị đoản mạch.
- (c) Ngắn mạch giữa cuộn dây và lõi stator ở cuối rãnh stator.
- (d) Ngắn mạch giữa cuộn dây và lõi stator ở giữa rãnh stator.
- (e) Ngắn mạch ở dây cáp nguồn.
- (f) Ngắn mạch giữa các pha

b) Nguyên nhân phát sinh lỗi

Nguyên nhân chủ yếu đến từ sự lão hóa nhiệt tự nhiên qua một khoảng thời gian dài dẫn đến sự suy giảm chất lượng của lớp cách điện. Một số nguyên nhân khác có thể đến từ [36]:

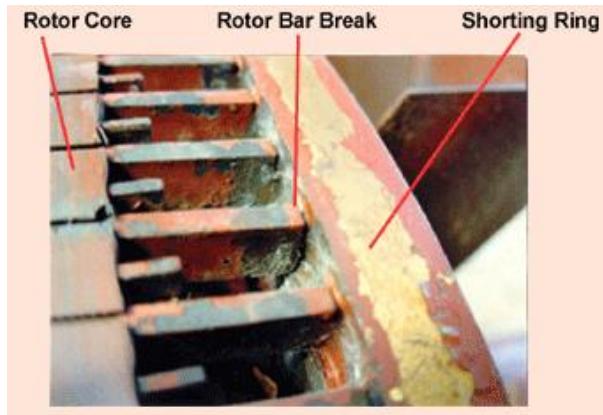
- Hệ thống hay bị quá tải (overloading) gây phát sinh nhiệt.
- Cuộn dây bị rung (coil vibration).
- Rotor bị kẹt (blocked rotor).
- Một số ngành sản xuất làm phát sinh các chất gây ô nhiễm và các chất làm mòn lớp cách điện của động cơ.
- Các đầu terminal của động cơ hoặc mạch nguồn có kết nối kém.
- Điện áp không cân bằng, có ít nhất một pha có điện áp cao hoặc thấp hơn các pha khác (do khâu ổn áp không tốt).
- Hở cầu chì, công tắc tơ hoặc cầu dao bị hỏng.

1.1.4.2. Lỗi gãy thanh rotor hoặc vòng cuối

a) Hiện tượng

Các tác nhân bên trong và bên ngoài tác động vật lý làm cho một hoặc nhiều thanh rotor bị đứt gãy làm cho động cơ bị rung lắc và hoạt động không ổn định. Nếu có nhiều thanh bị gãy sẽ dẫn đến việc không thể khởi động được động cơ do không đủ mômen tăng tốc. Hình 1.2 là ví dụ về gãy thanh rotor trên một động cơ 1700hp.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.2. Lỗi gãy thanh stator trên một động cơ 1700hp [4]

b) Nguyên nhân phát sinh lỗi

Các nguyên nhân dẫn đến gãy thanh rotor và hỏng vòng cuồi bao gồm:

- Sự thoái hóa tự nhiên: Do động cơ hoạt động liên tục trong thời gian dài, các bộ phận sẽ dần bị hao mòn theo thời gian do sự ma sát và phát sinh nhiệt trong quá trình làm việc. Bất kỳ máy móc nào đều có giới hạn và chúng sẽ bị hỏng khi đến thời điểm. Đây là nguyên nhân không thể tránh khỏi ở tất cả các ngành sản xuất. Do đó cần bảo trì bảo dưỡng thường xuyên để kéo dài tuổi thọ cho các thanh rotor.

- Sự quá nhiệt trong quá trình hoạt động: Nhiệt độ cao gây ra sự giãn nở của kim loại, nhiệt độ tăng lên có thể do nhiều nguyên nhân khác nhau: hệ thống quá tải, động cơ làm việc trong thời gian quá lâu dài, không bảo trì định kì, kẹt trực, điện áp quá độ.

- Các vết nứt có sẵn bên trong: Những vết nứt do quá trình làm việc mà không qua sửa chữa, bảo dưỡng sẽ làm ảnh hưởng đến các thanh liền kề.

- Sự thay đổi đột ngột dòng điện và nhiệt độ quá nhanh của các thanh: Gây ra sự biến đổi nhiệt dẫn đến các thanh rotor bị cong

- Mô-men xoắn gây ra trong rotor có thể dẫn đến mòn vòng bi sớm, tạo ra các vấn đề khác trong động cơ.

- Do lỗi nhà sản xuất, lâu ngày không phát hiện dẫn đến gãy nứt (ít gấp).

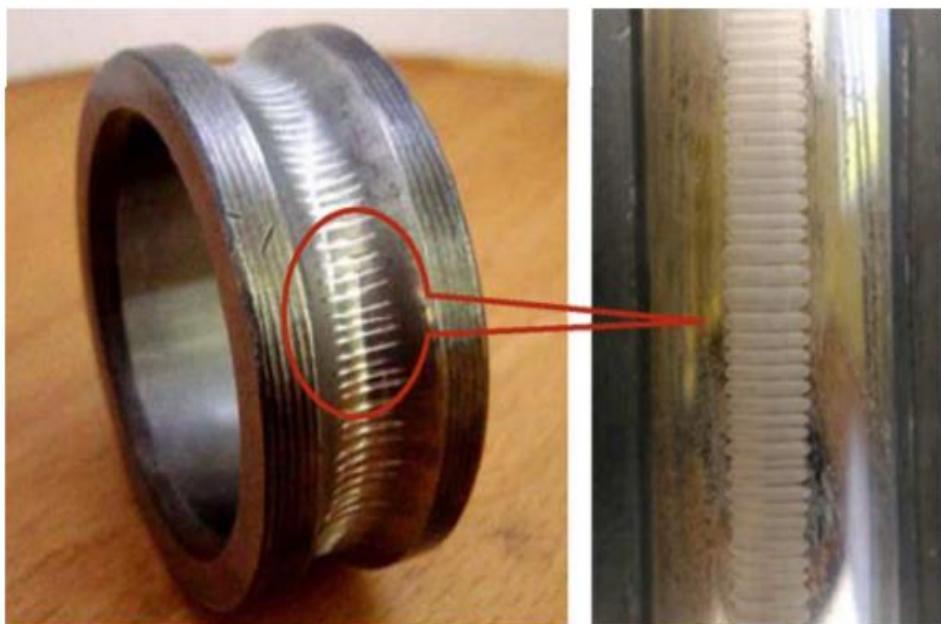
- Do thường xuyên khởi động động cơ ở mức điện áp không phù hợp (ít gấp).

1.1.4.3. Lỗi vòng bi

a) Hiện tượng

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Trong quá trình hoạt động, ổ bi là thành phần bị ảnh hưởng nhiều nhất của động cơ cảm ứng ba pha, do đó khả năng xảy ra sự cố cũng nhiều hơn. Các tác nhân vật lý, hóa học trong suốt quá trình vận hành tạo ra các khuyết tật cục bộ trên ổ trục có thể ở bi, rãnh trong hoặc rãnh ngoài và có thể có vết nứt, hố hoặc rãnh tự nhiên. Trên Hình 1.3 ví dụ cho hiện tượng vòng bi bị hư hỏng khi xuất hiện các rãnh, vết nứt ở vòng trong của vòng bi. Ngoài ra, vòng bi hư hỏng còn có thể bị móp méo, biến dạng, hư hỏng ở các viên bi, v.v...



Hình 1.3. Rãnh xuất hiện trên vòng bi [6]

b) Nguyên nhân phát sinh lỗi

Nguyên nhân gây ra các sự cố liên quan đến vòng bi thường thấy là:

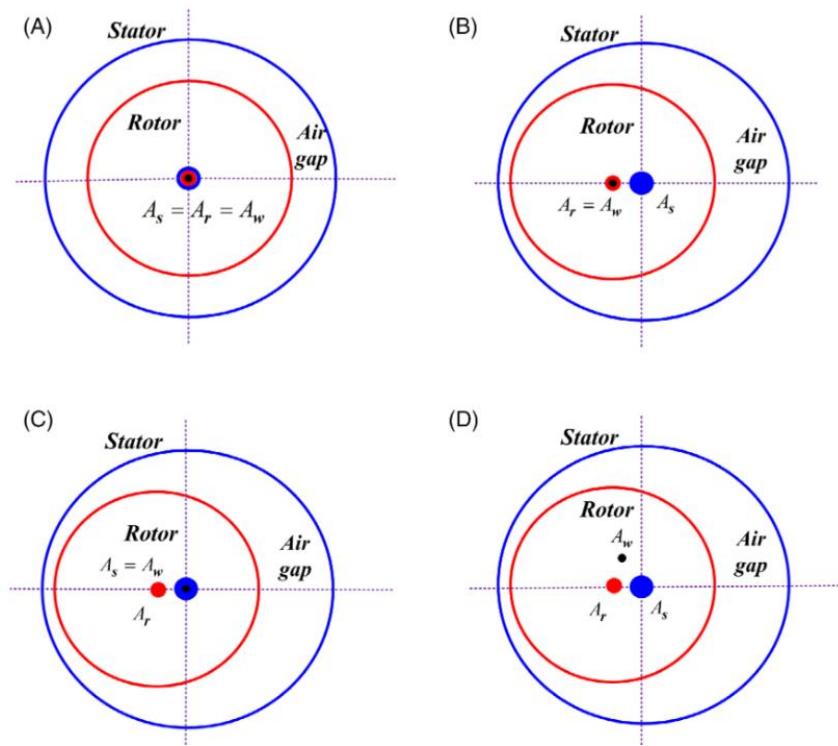
- Do các lực phát sinh trong quá trình sản xuất tác động lên động cơ như lực kéo và nén làm cho vòng bi có xu hướng bị móp.
- Do làm việc vượt quá khả năng chịu đựng của động cơ và vòng bi (quá tải).
- Do bụi, mạt kim loại, axit, nước hay độ ẩm xuất hiện trong quá trình hoạt động của động cơ.
- Do lắp đặt vòng bi vào trục động cơ không đúng cách.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1.4.4. Lỗi lệch tâm trực

a) Hiện tượng

Một trong các lỗi phổ biến có thể xảy ra ở động cơ cảm ứng là lỗi lệch tâm, là kết quả của sự sai lệch của rotor và stator từ điều kiện đồng trục của chúng. Trong máy điện quay, có ba trục được đặt tên là trục stator (A_s), trục rotor (A_r), và trục quay của rotor (A_ω). Ở trạng thái máy hoạt động bình thường và trạng thái lý tưởng, ba trục này được khớp với nhau và khe hở không khí giữa rôto và stator được phân bổ đồng đều giữa chúng. Nếu các trục này tách rời nhau, các loại lỗi lệch tâm khác nhau sẽ được tạo ra, như thể hiện trong Hình 1.4.



Hình 1.4. Vị trí của trục và sự phân bố khe hở không khí trong động cơ cảm ứng [7]

(A) Bình thường.

(B) Với độ lệch tâm tĩnh (static eccentricity).

(C) Với độ lệch tâm động (dynamic eccentricity).

(D) Với độ lệch tâm hỗn hợp.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

b) Nguyên nhân phát sinh lỗi

- Việc lắp động cơ không đúng cách vào tấm lót của nó có thể dẫn đến biến dạng khe hở không khí.
- Sự lệch tâm giữa rotor và stator xảy ra trong quá trình sản xuất động cơ.
- Do lắp đặt đai truyền động lên động cơ không đúng cách.
- Vòng bi có rãnh hoặc trực bị cong.
- Các ứng suất cơ học không đồng đều trong quá trình sản xuất rotor.
- Sự rung động từ ngoại lực làm tăng độ lỏng của cụm rotor.

1.2. Các hình thức bảo trì cho động cơ điện

Trong các mô hình bảo trì truyền thống, máy móc được giám sát và bảo trì dựa trên sự cố hoặc dựa trên thời gian. Hai chiến lược này có hai nhược điểm chính:

- Chúng có thể cực kỳ tốn kém.
- Quy trình của chung có thể gây rủi ro về an toàn cho con người và các hệ thống khác.

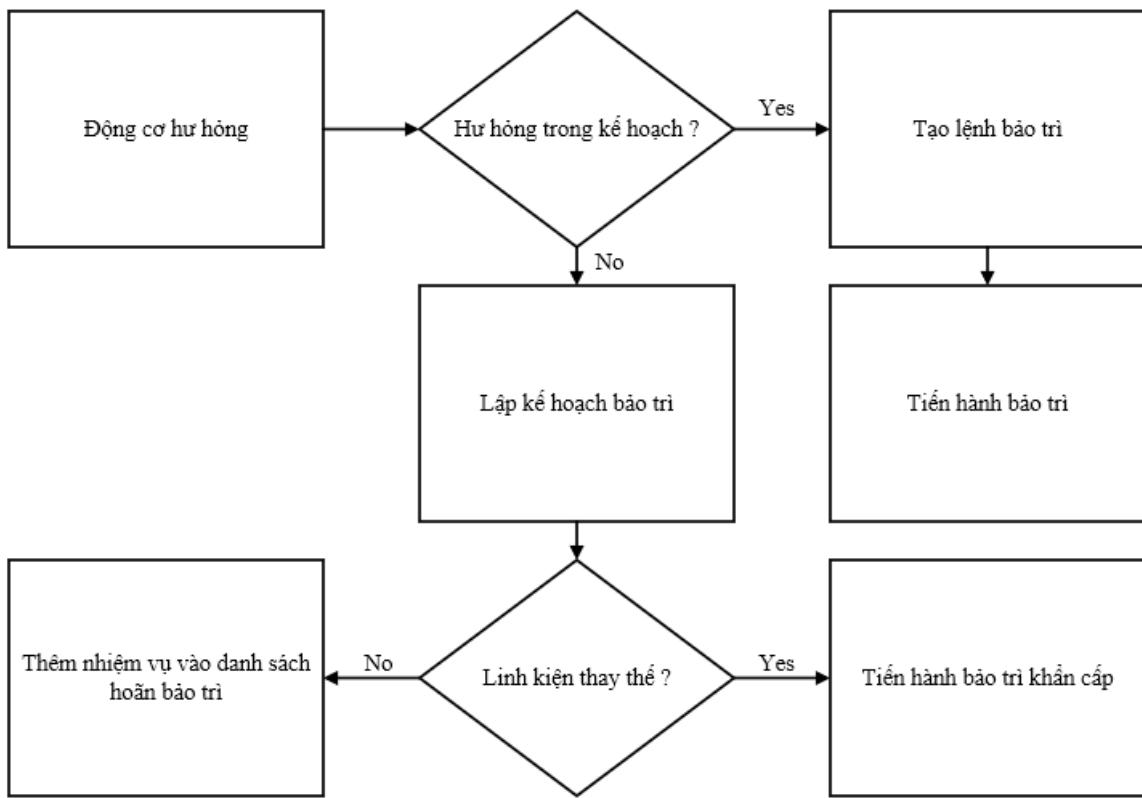
PHM (Prognostics and health management) mang lại lợi ích về kinh tế mạnh mẽ cho nhà máy. Trong hình thức bảo trì PHM, các kỹ sư dự đoán khi nào thiết bị có thể xảy ra lỗi, sau đó thực hiện bảo trì để giữ cho động cơ hoạt động. Trong các hệ thống hiện đại và phức tạp, nếu một thành phần trong đó hư hỏng như động cơ sẽ dẫn đến các sự cố nghiêm trọng. Vì vậy, việc áp dụng các hình thức bảo trì hiện có thể giúp tăng độ tin cậy của hệ thống và mang lại lợi ích kinh tế do giảm thời gian ngừng hệ thống và giảm chi phí bảo trì.

1.2.1. Bảo trì sau hư hỏng (Breakdown Maintenance)

Bảo trì sửa chữa hay bảo trì sau hư hỏng (Breakdown Maintenance), hay còn hiểu theo nghĩa khác là để cho máy móc, hệ thống hay thiết bị hoạt động đến khi gặp vấn đề, hư hỏng hoặc ngừng hoạt động thì mới bảo dưỡng (Run – to – Failure Management). Phương pháp này thực hiện theo hướng “để máy móc làm việc cho đến khi có vấn đề xảy ra”. Phần lớn việc bảo trì chỉ nhằm thực hiện những công việc đơn giản đối với một số máy móc hay hệ thống như là lau chùi hoặc thay dầu nhớt. Đôi với

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

động cơ điện, việc bảo trì sau hư hỏng sẽ được thực hiện khi động cơ gặp vấn đề, gặp hư hỏng hay hoạt động của động cơ bất thường, không ổn định. Khi đó các bộ phận sửa chữa, bảo trì sẽ tiến hành sửa chữa hoặc thay thế các phần hư hỏng của động cơ.



Hình 1.5. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì sau hư hỏng

Bảng 1.1. Ưu điểm – nhược điểm của bảo trì sau hư hỏng

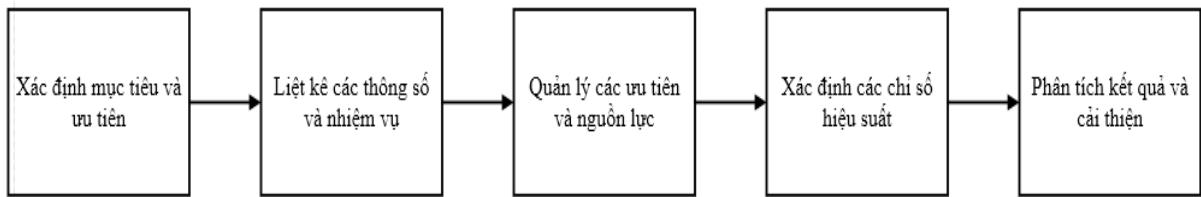
Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none"> + Khi động cơ mới, giúp giảm chi phí bảo trì, bảo dưỡng. + Đơn giản, dễ thực hiện. 	<ul style="list-style-type: none"> + Khi động cơ sử dụng lâu, các hư hỏng đột ngột làm tăng thiệt hại về mặt kinh tế. + Độ tin cậy không cao. + Hư hỏng bất thường gây nên kéo dài ngừng máy, thiệt hại về kinh tế. + Tốn chi phí lưu kho phụ tùng thay thế. + Khi động cơ hoạt động bất thường thời gian dài gây ảnh hưởng đến hệ thống.

1.2.2. Bảo trì dự phòng (Preventive Maintenance)

Sự cạnh tranh ngày càng lớn giữa các doanh nghiệp sản xuất dẫn đến yêu cầu giảm thời gian dừng hoạt động do lỗi của dây chuyền sản xuất hoặc do hỏng hóc của

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

các thiết bị và tăng tính tin cậy của động cơ cũng như các trang thiết bị máy móc đang vận hành. Điều này dẫn tới sự ra đời của phương pháp bảo trì dự phòng ứng dụng cho động cơ điện 3 pha.



Hình 1.6. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì dự phòng

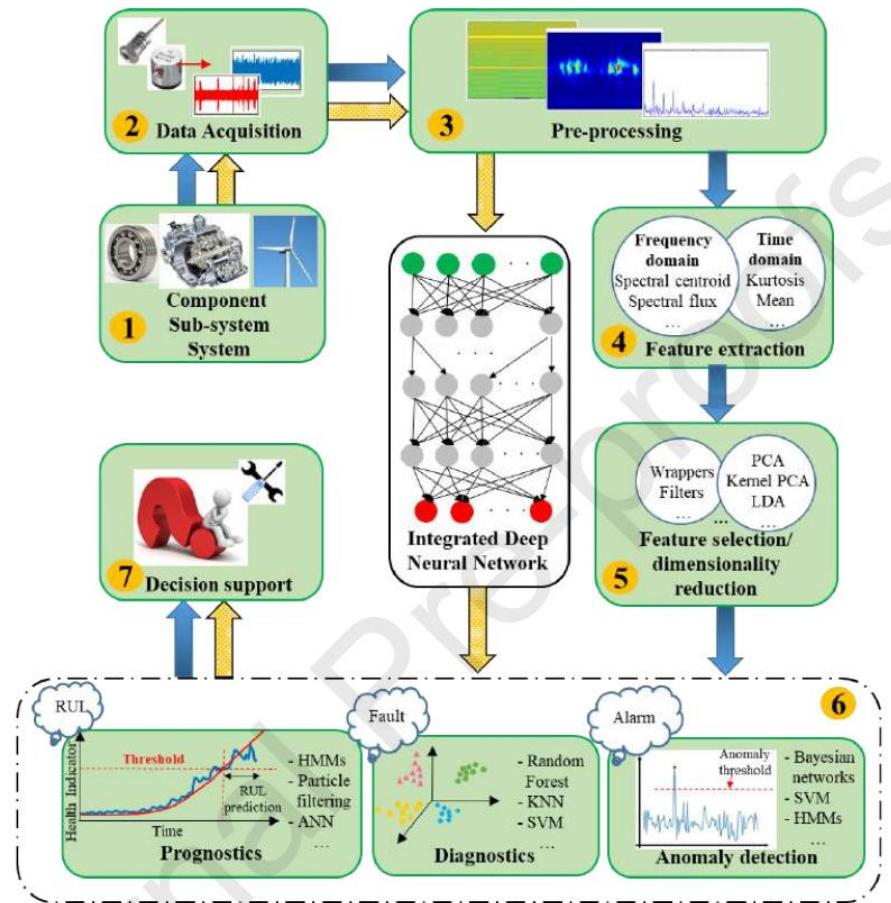
Bảo trì dự phòng được thực hiện bằng cách kiểm tra, sửa chữa và thay thế các bộ phận của động cơ điện sau một chu kỳ thời gian hoặc sau một lượng thời gian hoạt động nhất định, thường dựa theo yêu cầu của nhà sản xuất. Bằng cách sử dụng bảo trì dự phòng, tuổi thọ cũng như độ tin cậy của trang động cơ có thể được nâng cao, tránh được những hư hỏng đột ngột, giảm thời gian ngừng hoạt động từ đó đem lại hiệu quả kinh tế lớn. Bảo trì dự phòng đã đem lại những lợi ích lớn, khắc phục những nhược điểm đang có của bảo trì sau hư hỏng, tuy nhiên nó vẫn có những mặt hạn chế. Việc thay thế một số lượng lớn các bộ phận, chi tiết máy là khá tốn kém, chưa kể việc này đem lại sự lãng phí do có những thành phần chưa hư hỏng, còn khả năng hoạt động tốt mà đã được thay thế hoặc những đợt bảo trì không cần thiết khi mà lúc đó động cơ điện, hệ thống và dây chuyền vẫn còn hoạt động tốt mà vẫn chưa có hư hỏng nào.

Bảng 1.2. Ưu – nhược điểm của bảo trì dự phòng

Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none">+ Tuổi thọ máy móc thiết bị lâu hơn.+ Giảm thời gian dừng hoạt động ngoài kế hoạch.+ Giúp phát hiện sớm tình trạng bất thường của động cơ, tránh ảnh hưởng đến hệ thống.	<ul style="list-style-type: none">+ Nhu cầu về phụ tùng và quản lý hàng tồn kho.+ Tăng thời gian dừng hoạt động trong kế hoạch.+ Yêu cầu nguồn nhân lực chuyên môn cao và số lượng nhân lực cần huy động nhiều.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.2.3. Bảo trì dự đoán (Predictive Maintenance)



Hình 1.7. Sơ đồ nguyên lý của bảo trì dự đoán [8]

Bảo trì dự đoán là phương pháp dự đoán trước các yêu cầu bảo trì của các thiết bị trong nhà máy, trong Đò án tốt nghiệp này là áp dụng bảo trì dự đoán cho động cơ điện. Tiền đề chung của bảo trì dự đoán là theo dõi thường xuyên tình trạng cơ học thực tế, hiệu suất làm việc và các chỉ số khác về tình trạng vận hành của các thiết bị, máy móc và qui trình hệ thống từ đó cung cấp những dữ liệu cần thiết để phân tích và dự đoán, tìm ra sự bất thường hoặc hoạt động không ổn định của hệ thống. Điều đó cho phép người vận hành biết được RUL (Remaining Useful Life) của máy, giúp lên kế hoạch bảo trì bao dưỡng một cách hợp lý, giảm thiểu thời gian dừng hoạt động của hệ thống và chi phí bảo trì. Bảo trì dự đoán khác với bảo trì dự phòng ở điểm nó dựa vào các thông số hiện tại kết hợp với dữ liệu lịch sử làm việc của máy móc, không theo một chu kỳ thời gian nhất định. Nếu được thực hiện tốt, bảo trì dự đoán có thể đem lại hiệu quả cao hơn bảo trì dự phòng, giúp tăng tuổi thọ và độ tin cậy cho máy móc.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Bảng 1.3. Ưu – nhược điểm của bảo trì dự đoán

Ưu điểm	Nhược điểm
<ul style="list-style-type: none">+ Các công nghệ được kết nối giúp có cái nhìn toàn diện về tình trạng của động cơ.+ Loại bỏ việc phải thay một bộ phận khi chạy đến hỏng hóc hoặc thay thế một bộ phận trong khi nó vẫn còn tuổi thọ.+ Giảm chi phí bảo trì và tăng hiệu suất động cơ.	<ul style="list-style-type: none">+ Có chi phí khởi đầu rất cao.+ Thuật toán phức tạp, cần chuyên môn cao.+ Xây dựng trang thiết bị tạo lỗi và thu thập dữ liệu.

Ở Việt Nam, phần lớn các doanh nghiệp vẫn đang thực hiện phương pháp bảo trì sau hư hỏng kết hợp bảo trì dự phòng. Việc áp dụng bảo trì dự đoán vẫn chưa dành được nhiều sự quan tâm, do đó nghiên cứu và phát triển kỹ thuật bảo trì dự đoán trong nước được xem là một lĩnh vực tiềm năng. Sau đây là một số phần của bảo trì dự đoán:

Giám sát tiên lượng cấu trúc (Structural Health Monitoring - SHM): là quá trình giám sát và đánh giá liên tục về tình trạng, hiệu suất và tính an toàn của cấu trúc trong thời gian thực. SHM cũng đưa ra dự đoán về sự cố có thể xảy ra trong tương lai và các biện pháp phòng ngừa để đảm bảo tính an toàn của cấu trúc.

SHM thường sử dụng các kỹ thuật đo lường và giám sát không xâm lấn để đánh giá tình trạng của cấu trúc như rung động, dải tần số, nhiệt độ, độ chênh lệch của các thông số trên cấu trúc, áp suất, độ căng, độ bền của vật liệu, độ biến dạng, v.v... Dữ liệu được thu thập từ các cảm biến và các hệ thống giám sát khác trên cấu trúc được xử lý và phân tích bằng các phương pháp như xử lý tín hiệu số, học máy, trí tuệ nhân tạo, v.v... Mục đích chính của SHM là để đảm bảo rằng cấu trúc được vận hành trong điều kiện an toàn và hiệu suất tối ưu trong suốt tuổi thọ của nó. Nó cũng giúp cho việc quản lý cấu trúc trở nên dễ dàng hơn bằng cách cung cấp thông tin đầy đủ và chính xác về tình trạng của cấu trúc và đưa ra các đề xuất về bảo trì và sửa chữa phù hợp.

Bảo trì dựa trên điều kiện (Condition-Based Maintenance - CBM): là một phương pháp bảo trì được thực hiện dựa trên việc giám sát và phân tích trạng thái hoạt động của thiết bị để đưa ra quyết định về việc thực hiện bảo trì, sửa chữa hoặc thay

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

thế. CBM sử dụng các công nghệ đo lường và phân tích để giám sát trạng thái của thiết bị (ví dụ như SHM được trình bày ở trên), đo lường các thông số kỹ thuật như rung động, nhiệt độ, áp suất, dòng điện và tần số. Các dữ liệu này được thu thập và phân tích để đưa ra quyết định về việc bảo trì và sửa chữa. Hay nói cách khác, CBM sử dụng thông tin được cung cấp từ SHM để đưa ra quyết định bảo trì.

CBM được sử dụng để giảm thiểu chi phí bảo trì và tăng hiệu quả hoạt động của thiết bị. Thay vì thực hiện bảo trì theo lịch trình, CBM chỉ thực hiện bảo trì khi thiết bị báo hiệu về các vấn đề liên quan đến trạng thái hoạt động của nó. Việc thực hiện bảo trì dựa trên trạng thái thực tế của thiết bị giúp ngăn chặn các sự cố không đáng có và giảm thiểu thời gian dừng máy.

Quản lý tiên lượng và tình trạng (Prognostics and health management - PHM): là một phương pháp quản lý dựa trên việc giám sát, phân tích và dự đoán tình trạng và tuổi thọ của các thiết bị và hệ thống. PHM kết hợp các công nghệ phát hiện sớm, dự đoán và quản lý bảo trì để đánh giá trạng thái hoạt động của hệ thống và dự đoán khi nào các hệ thống cần được bảo trì hoặc thay thế. Hay nói cách khác, PHM bao gồm cả SHM và CBM.

PHM sử dụng các công nghệ đo lường và phân tích để giám sát trạng thái hoạt động của thiết bị, đo lường các thông số kỹ thuật như rung động, nhiệt độ, áp suất, dòng điện và tần số. Dữ liệu này sau đó được phân tích để đưa ra dự đoán về tuổi thọ còn lại của thiết bị, thời gian hoạt động trước khi xảy ra sự cố và thời gian cần thiết để thực hiện bảo trì hoặc thay thế. PHM giúp cải thiện độ tin cậy và sẵn sàng của thiết bị, giảm thiểu chi phí bảo trì và giảm thiểu thời gian dừng máy không kế hoạch. Việc sử dụng PHM cho phép các nhà sản xuất và người sử dụng có thể đưa ra quyết định đúng đắn về việc bảo trì, sửa chữa hoặc thay thế thiết bị.

Tóm lại, qua những gì đã trình bày ta thấy được rằng phương pháp thực hiện và mục đích sử dụng của SHM, CBM và PHM có những khác biệt nhất định. Tuy nhiên, chúng đều thuộc lĩnh vực Bảo trì dự đoán (PdM), tập trung vào việc giám sát và quản lý hệ thống cơ khí hoặc thiết bị để đảm bảo tính hoạt động ổn định, tránh sự cố đột xuất và đưa ra những thông tin cần thiết phục vụ cho việc bảo trì một cách hiệu quả.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.3. Bảo trì dự đoán cho động cơ điện 3 pha

1.3.1. Các loại dữ liệu và phương pháp thu thập

Như đã trình bày ở mục 1.2.3, bảo trì dự đoán cho động cơ điện 3 pha không đồng bộ bao gồm việc phân tích dữ liệu và sử dụng machine learning để dự đoán các lỗi tiềm ẩn trước khi chúng xảy ra, từ đó đưa ra kế hoạch bảo trì hợp lý. Điều này được thực hiện bằng cách giám sát các dữ liệu khác nhau của động cơ như độ rung, nhiệt độ, dòng điện, âm thanh và phân tích những dữ liệu đó để xác định tình trạng hoạt động cũng như thời gian hoạt động còn lại (RUL – Remain Useful Life) của động cơ. Do đó việc tìm hiểu các dữ liệu vừa nêu trên và phương pháp thu thập các dữ liệu đó là cần thiết.

1.3.1.1. Độ rung

Khi vận hành động cơ thường tạo ra rung động và các rung động bất thường có thể được dùng để phát hiện lỗi. Phân tích độ rung là một kỹ thuật không xâm lấn cho phép theo dõi hiệu suất động cơ và phát hiện tình trạng bất thường trước khi xảy ra hư hỏng. Tín hiệu rung động rất nhạy với các hư hỏng cơ khí như lỗi hư hỏng vòng bi, hộp giảm tốc, lệch trục động cơ với tải, cong trục, lỏng khớp nối động cơ với tải hay khớp cố định động cơ. Tuy nhiên, các rung động thường kèm theo nhiều vì các cơ cấu cơ khí thường được liên kết với nhau do đó truyền rung động lẫn nhau. Rung động trên các động cơ còn thường có tần số rất cao, đặc biệt là các rung động do lỗi sinh ra do đòn hồi tần số lấy mẫu cao. Do đó xử lý tín hiệu rung động tương đối phức tạp vì phải được lọc nhiều và xử lý liên tục với tốc độ bộ xử lý lớn.

• Phương pháp thu thập

- Gia tốc kế - Những cảm biến này đo gia tốc của vỏ động cơ và cung cấp đầu ra điện áp tỷ lệ với biên độ rung. Gia tốc kế có thể được gắn ở nhiều vị trí khác nhau trên vỏ động cơ để đo các chế độ rung khác nhau.

- Đầu dò tiệm cận - Các cảm biến này đo sự dịch chuyển của trục hoặc rôto và có thể được sử dụng để phát hiện các rung động hướng tâm và hướng trục.

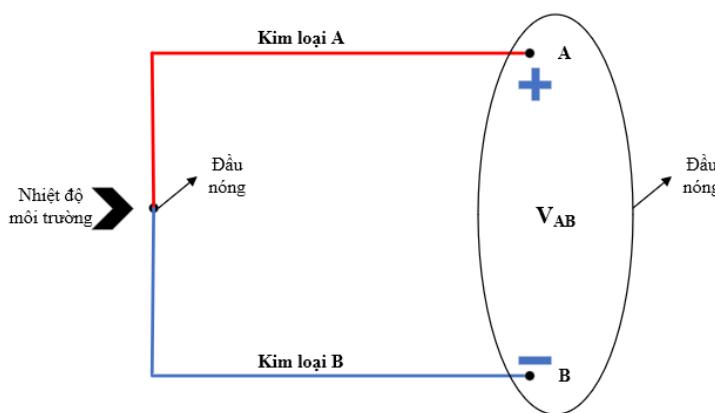
- Vận tốc kế - Các cảm biến này đo vận tốc của vỏ động cơ và cung cấp điện áp đầu ra tỷ lệ với tốc độ rung.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.3.1.2. Nhiệt độ

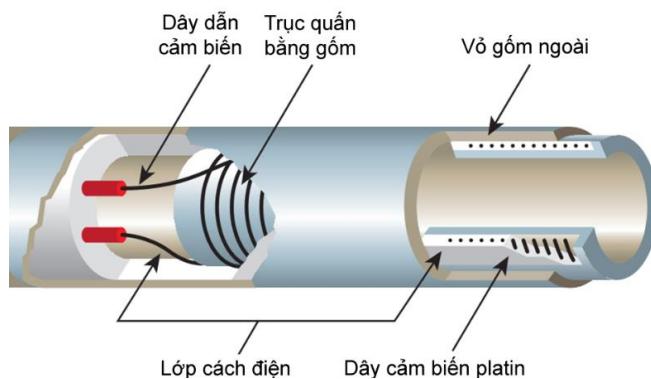
Quá nhiệt là một trong những nguyên nhân hư hỏng trong động cơ điện. Nhiệt độ bất thường là một tín hiệu có thể được quan sát và dùng để chuẩn đoán trạng thái của động cơ. Các lỗi về điện như ngắn mạch hay cơ khí như sự cọ sát giữa hai chi tiết có thể được phát hiện bằng cách theo dõi sự phát nhiệt mà các lỗi này gây ra. Vị trí và độ lớn của nhiệt độ bất thường là những thông số giúp xác định lỗi mà động cơ đang gặp phải.

- **Phương pháp thu thập:**



Hình 1.8. Nguyên lý hoạt động của cặp nhiệt điện

- Cặp nhiệt điện - là cảm biến được sử dụng phổ biến nhất để đo nhiệt độ. Cảm biến dựa trên hiện tượng chênh lệch nhiệt độ giữa hai kim loại khác nhau gây ra hiệu điện thế giữa chúng. Kết quả có độ chính xác cao, nguyên lý sử dụng đơn giản và hoạt động tốt với môi trường công nghiệp nhưng chỉ có thể đo nhiệt tại một vùng cố định và phải lắp đặt xâm lấn nếu muốn giám sát nhiệt độ trong thân động cơ.



Hình 1.9. Cấu tạo của RTD cảm biến dây quấn [9]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Đầu dò nhiệt điện trở (RTD) - Các thiết bị điện tử bên ngoài được sử dụng để đo điện trở của cảm biến bằng cách cho một dòng điện nhỏ chạy qua cảm biến để tạo ra điện áp. Thông thường dòng điện đo từ 1 mA trở xuống.

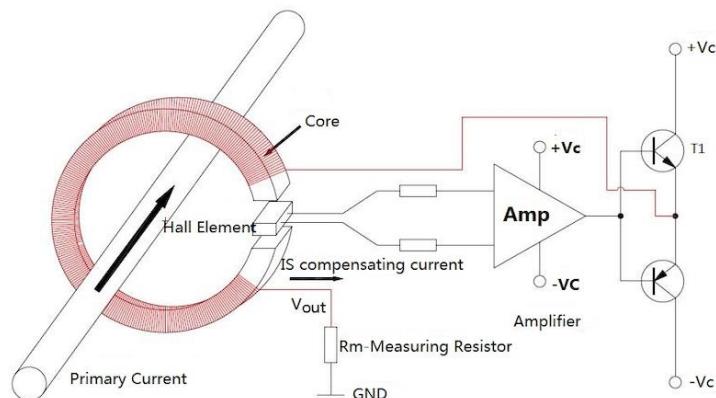
- Camera hồng ngoại – Camera có khả năng bắt được bức xạ nhiệt. Nhiệt độ của vật thể khác nhau sẽ thu được bức xạ nhiệt khác nhau. Camera hồng ngoại có ưu điểm đưa ra giá trị nhiệt độ của từng điểm trên một không gian rộng và có thể được lắp đặt không xâm lấn, tuy nhiên nó cũng có một nhược điểm là thông tin trả về từ camera nhiệt cần phải được xử lý bởi các thuật toán phức tạp hơn, trong đó bao gồm xử lý ảnh.

1.3.1.3. Cường độ dòng điện

Giám sát cường độ dòng điện và điện áp thông qua đo tín hiệu điện ở động cơ để xác định có sự thay đổi trong hoạt động của động cơ hoặc mức tiêu thụ điện năng. Từ đó, đưa ra các dự đoán về sự cố có thể xảy ra.

Cường độ dòng điện là một trong những thông số cơ bản của mọi thiết bị điện và có thể được dùng để giám sát trạng thái hoạt động của thiết bị. Đo cường độ dòng điện là phương pháp không cần xâm lấn khi đo đặc, cường độ dòng điện có thể được giám sát từ xa giúp tiết kiệm chi phí và thời gian mà vẫn đảm bảo độ chính xác cao. Hầu như mọi lỗi về cơ khí và điện đều phản ánh qua cường độ dòng điện mà động cơ tiêu thụ nên việc thu thập và xử lý tín hiệu này đem lại hiệu quả lớn. Tín hiệu có thể được đo đặc và xử lý liên tục theo thời gian thực vì lượng thông tin này là không quá lớn, phức tạp với tần số dòng điện ở Việt Nam vào khoảng 50Hz.

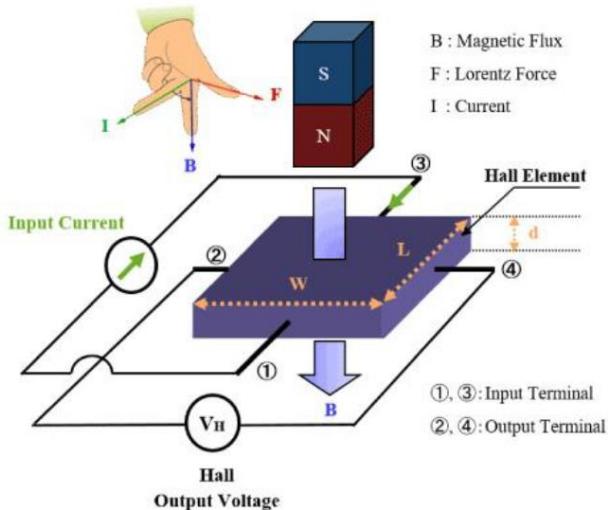
• Phương pháp thu thập:



Hình 1.10. Nguyên lý hoạt động của biến dòng [10]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Biến dòng (CT) – Dựa trên hiện tượng cảm ứng điện, Điện trường do dòng điện chạy qua dây dẫn tạo ra cảm ứng lên cuộn dây và sẽ xuất hiện một dòng điện. Tín hiệu này có thể đo qua máy đo hoặc vi điều khiển. Cảm biến cường độ dòng điện dựa vào hiệu ứng Hall – Khi ta áp dụng một từ trường vuông góc với chất dẫn điện (bảng kim loại, dây dẫn) có dòng điện chạy qua làm xuất hiện hiệu điện thế giữa 2 mặt của chất dẫn điện.



Hình 1.11. Nguyên lý của hiệu ứng Hall vòng kín [11]

1.3.1.4. Điện áp

Điện áp cũng là một thông số cơ bản cho các thiết bị điện và có thể dùng để giám sát trạng thái hoạt động của các thiết bị điện. Đo điện áp là phương pháp đo không xâm lấn vì vậy không ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của động cơ. Các lỗi phổ biến có thể phát hiện thông qua phân tích điện áp gồm: gãy thanh rotor, lỗi cuộn dây stator, lỗi vòng bi.

• Phương pháp thu thập:

- Biến áp (VT) – Giảm điện áp của hệ thống xuống mức thấp hơn để có thể đo được bằng vi điều khiển hoặc các bộ thu thập dữ liệu.

1.3.1.5. Tín hiệu âm thanh

Tín hiệu âm thanh có thể xác định một số vấn đề của động cơ như: tiếng ồn bất thường do vòng bi mòn, lệch trục hoặc các sự cố cơ học khác bằng cách phân tích tần số của âm thanh. Âm thanh là một trong những dấu hiệu đầu tiên có thể dùng để xem

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

xét khi động cơ đang gặp lỗi. Âm thanh phát ra từ động cơ khi đang vận hành có thể được thu lại bằng micro và được phân tích để phát hiện lỗi. Tín hiệu dạng âm thanh có thể được tận dụng rất tốt để phát hiện ra các lỗi về cơ khí trên động cơ. Tuy nhiên, môi trường làm việc của các động cơ trong công nghiệp ở nhà máy, các xưởng là rất ồn với nhiều tín hiệu nhiễu từ xung quanh, việc này làm ảnh hưởng rất lớn đến độ tin cậy khi sử dụng tín hiệu âm thanh, do đó khó đưa ra được thông tin chính xác. Nếu muốn dùng tín hiệu này để thu thập thông tin đòi hỏi việc lọc nhiễu cần được tiến hành rất tốt, do đó tăng tác vụ xử lý khi sử dụng tín hiệu âm thanh.

- **Phương pháp thu thập:**



(a) Máy đo độ ồn

(b) Máy kiểm tra siêu âm

Hình 1.12. Thiết bị đo tiếng ồn

- Máy đo độ ồn (Hình 1.12) – là loại cảm biến âm thanh được sử dụng phổ biến trong công nghiệp, Micro đo và chuyển đổi tín hiệu sóng âm thành tín hiệu điện để có thể phân tích và xử lý.

1.3.2. Các phương pháp tạo ra bộ dữ liệu

1.3.2.1. Thu thập từ động cơ đang vận hành trong điều kiện thực tế

Dữ liệu sẽ được thu thập từ những thiết bị đang vận hành tại các nhà máy, doanh nghiệp trên quy mô lớn. Dữ liệu sẽ được thu thập trên nhiều loại thiết bị (thiết bị trong đè tài Đò án tốt nghiệp này là động cơ điện 3 pha), với nhiều loại tín hiệu khác nhau từ khi các động cơ còn tốt đến khi thiết bị ngừng hoạt động do lỗi hay do gấp hư hỏng.

- **Ưu điểm:**

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Dữ liệu thu được sát với trạng thái vận hành thực tế của động cơ trong điều kiện vận hành tại nhà máy nên cung cấp được một lượng thông tin chính xác.

- Lượng dữ liệu lớn và đa dạng.

- **Nhược điểm:**

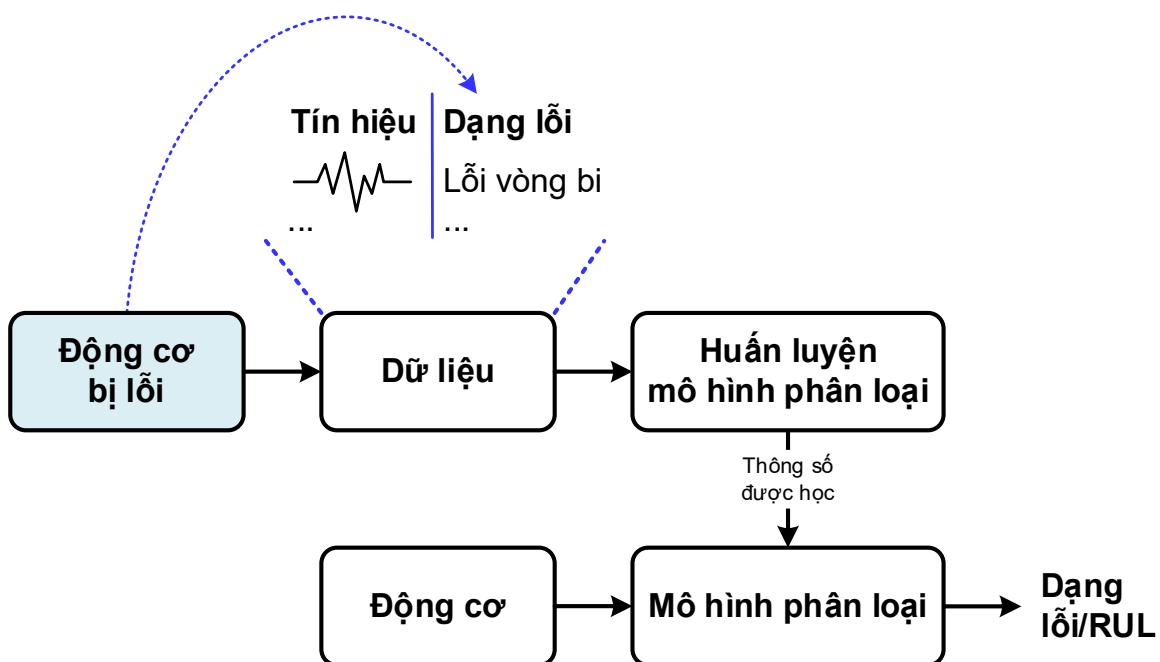
- Cần tiến hành trong thời gian dài, tuy nhiên trong thực tế thì đa phần các nhà máy, doanh nghiệp sẽ sửa chữa hoặc thay thế động cơ ngay khi động cơ gặp lỗi hay hư hỏng để đảm bảo hệ thống sản xuất được vận hành ổn định.

- Cần có sự đồng ý của các doanh nghiệp mới có thể sử dụng được các bộ dữ liệu đó.

- Cần có bộ nhớ lớn để lưu trữ được lượng dữ liệu lớn.

1.3.2.2. Sử dụng các động cơ có sẵn lỗi để thu thập dữ liệu

Dữ liệu sẽ được thu thập từ những động cơ đã bị hư hỏng hoặc gặp lỗi nào đó, sau đó đem so sánh với dữ liệu thu thập từ động cơ tương tự còn tốt. Thường động cơ sử dụng sẽ thường gặp một loại lỗi nhất định. Phương pháp sử dụng động cơ có sẵn được trình như Hình 1.13.



Hình 1.13. Phương pháp sử dụng các động cơ có sẵn lỗi để thu thập dữ liệu

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

• Ưu điểm:

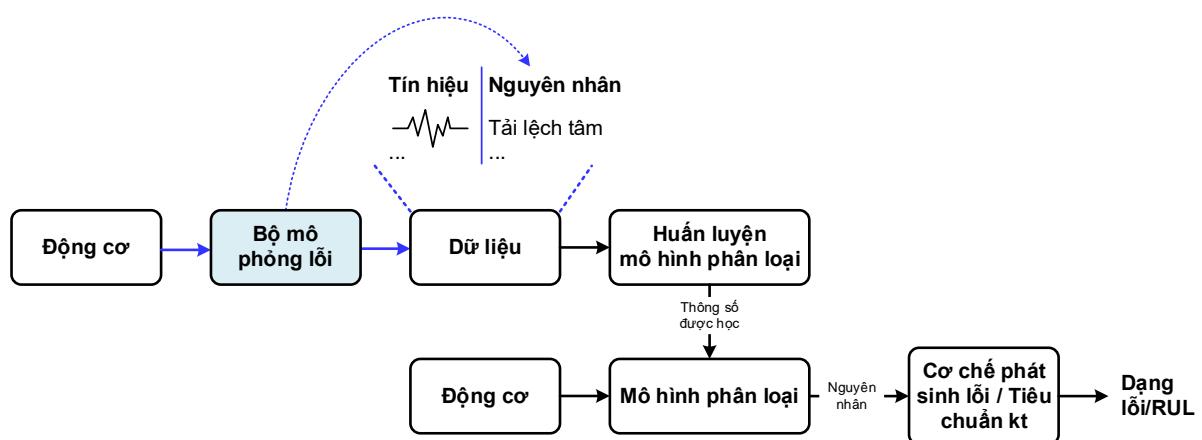
- Tiết kiệm thời gian.
- Dữ liệu thu về được phân định riêng biệt giữa các loại lỗi, hư hỏng khác nhau, giúp tìm được đặc trưng riêng của từng lỗi
→ Chuẩn đoán trực tiếp được dạng lỗi từ tín hiệu.

• Nhược điểm:

- Cần có một số lượng lớn động cơ bị lỗi và cần tiến hành nhiều lần cho nhiều loại lỗi khác nhau.

1.3.2.3. Thiết kế bộ mô phỏng lỗi để tạo dữ liệu

Dữ liệu sẽ được thu thập từ một động cơ còn tốt nhưng nó sẽ được kết nối và hoạt động với bộ mô phỏng tạo điều kiện phát sinh lỗi. Bộ tạo lỗi sẽ tạo ra các điều kiện làm việc bất thường cho thiết bị, thường là những điều kiện gây hư hỏng cho thiết bị. Dữ liệu sẽ được thu thập từ lúc động cơ còn tốt đến khi động cơ gặp lỗi, hư hỏng. Phương pháp này được trình bày như trong hình 1.14.



Hình 1.14. Thiết kế bộ mô phỏng lỗi cho động cơ để tạo dữ liệu

• Ưu điểm:

- Sử dụng ít động cơ hơn.
- Lượng dữ liệu thu được lớn do được thu thập liên tục theo thời gian vận hành động cơ cho đến khi gặp lỗi.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Có khả năng xây dựng thêm thuật toán phát hiện được điều kiện làm việc bất thường của động cơ.

- **Nhược điểm:**

- Phải nghiên cứu các cơ chế phát sinh lỗi.
- Phải chuẩn đoán gián tiếp dạng lỗi từ tín hiệu.
- Lãng phí thiết bị.

1.3.3. Các cơ sở dữ liệu hiện có

1.3.3.1. Cơ sở dữ liệu Bearing data center của Case Western Reserve University [12]

Cơ sở dữ liệu cung cấp dữ liệu kiểm tra ổ bi cho các ổ bi bình thường và bị lỗi. Các thí nghiệm được tiến hành bằng động cơ hãng Reliance Electric với công suất 2 HP và dữ liệu gia tốc được đo tại các vị trí khác nhau trên vỏ động cơ.

Vòng bi động cơ được tạo ra các lỗi bằng cách sử dụng công nghệ EDM. Các lỗi có đường kính 0,007 inch đến 0,040 inch được vòng lăn trong, con lăn và vòng lăn ngoài. Vòng bi bị lỗi được lắp lại vào động cơ và dữ liệu rung động được ghi lại cho tải của động cơ từ 0 – 3 HP (tốc độ động cơ từ 1797 đến 1720 rpm).

Các đường kính lỗi tạo ra nhờ EDM gồm 7 mils, 14 mils, 21 mils với vòng bi hãng SKF và 28 mils, 40 mils với vòng bi hãng NTN cùng kích cỡ.

- **Ưu điểm:**

- Xác định được tần số phát hiện ra lỗi ở nhiều vị trí khác nhau (vòng lăn trong, vòng lăn ngoài, con lăn).

- Tập dữ liệu đo ở nhiều điều kiện tải, lỗi khác nhau và vị trí đo khác nhau (tải từ 0 – 3 HP, đường kính lỗi 7 – 40 mils, ở quạt, ổ bi và mặt đế).

- **Nhược điểm:**

- Thí nghiệm yêu cầu nhiều thời gian để lắp ráp thay thế các ổ bi và thu thập dữ liệu rung động những vị trí khác nhau.

1.3.3.2. Cơ sở dữ liệu MAFAULDA của Felipe M. L. Ribeiro [13]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Cơ sở dữ liệu này bao gồm các thông số theo thời gian được thu thập bằng cảm biến trên bộ mô phỏng lỗi (SpectraQuest's Machinery Fault Simulator (MFS) Alignment-Balance-Vibration (ABVT)). Bộ thông số gồm 6 trạng thái: hoạt động bình thường, lỗi mất cân bằng, lỗi lệch trực theo phương ngang – dọc, lỗi vòng trong – vòng ngoài ổ bi.

• Thông số kỹ thuật bộ mô phỏng lỗi

Bảng 1.4. Thông số kỹ thuật của Cơ sở dữ liệu MAFAULDA

Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
Động cơ	1/4	HP
Tốc độ	700 – 3600	RPM
Khối lượng hệ thống	22	kg
Đường kính trực	16	mm
Chiều dài trực	520	mm
Khoảng cách 2 ổ bi	390	mm
Số lượng bi	8	
Đường kính bi	7.145	mm
Đường kính lồng	28.519	mm

Ba gia tốc kế 601A01 theo hướng xuyên tâm, hướng trực và tiếp tuyến với thông số:

- Độ nhạy: 100 mV/g ($\pm 20\%$).
- Khoảng tần số đo: $0.27 - 10000 \text{ Hz}$ ($\pm 3 \text{ dB}$).
- Khoảng giá trị đo: $\pm 50 \text{ g}$ ($\pm 490 \text{ m/s}^2$).

Một gia tốc kế ba trục 604B31 trả về dữ liệu theo hướng xuyên tâm, hướng trực và tiếp tuyến với thông số:

- Độ nhạy: 100 mV/g ($\pm 20\%$).
- Khoảng tần số đo: $0.5 - 5000 \text{ Hz}$ ($\pm 3 \text{ dB}$).
- Khoảng giá trị đo: $\pm 50 \text{ g}$ ($\pm 490 \text{ m/s}^2$).

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Máy đo tốc độ quay tín hiệu analog MT190.

Micro Shure SM81 có khoảng tần số đo từ $20 - 20000\text{ Hz}$.

Hai module Thu thập tín hiệu tương tự 4 kênh NI 9234 của National Instruments với tốc độ lấy mẫu là 51.2 kHz .

- **Các trường hợp đo của cơ sở dữ liệu**

- Hoạt động bình thường.
- Lỗi mất cân bằng (Imbalance Faults).
- Lỗi lệch trục theo phương ngang (Horizontal Parallel Misalignment).
- Lỗi lệch trục theo phương dọc (Vertical Parallel Misalignment).
- Lỗi vòng bi (Bearing Faults)

- **Ưu điểm**

- Cơ sở dữ liệu đa dạng, thu thập tần số ở nhiều loại lỗi khác nhau trên động cơ.
- Các trường hợp đo được khảo sát nhiều lần \Rightarrow Tăng độ tin cậy các thông số được đo.
- Sử dụng bộ thu thập NI có sẵn phần mềm về tiền xử lý dữ liệu thu thập được và truyền dữ liệu trực tiếp lên máy tính một cách nhanh chóng và chính xác.

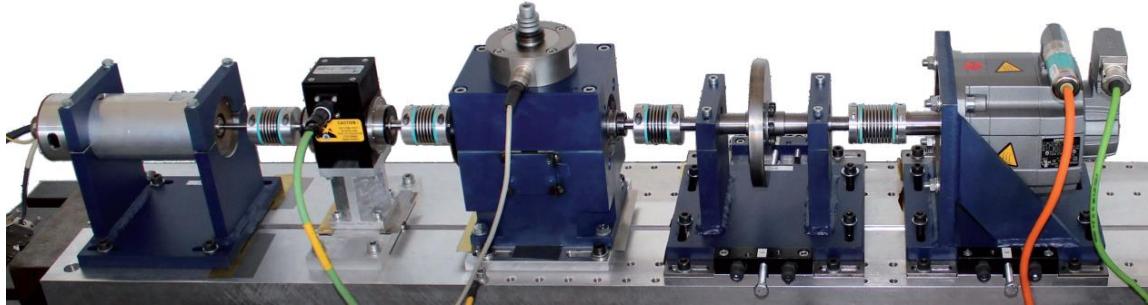
- **Nhược điểm**

- Chỉ thu thập các thông số liên quan đến tần số để phân tích lỗi.
- Dữ liệu thu thập được trên 1 động cơ nên chưa có độ tin cậy cao khi áp dụng cho động cơ khác.

1.3.3.3. Cơ sở dữ liệu Kat của đại học Paderborn, Đức [14]

Các bộ dữ liệu vòng bi thử nghiệm để theo dõi tình trạng (CM) dựa trên độ rung và tín hiệu dòng điện động cơ được cung cấp. Trong thực tế, phân tích rung động của vỏ là phương pháp chủ yếu để chẩn đoán hỏng của ổ lăn, ngoài ra cường độ dòng điện của stator cũng có thể xác định ổ lăn bị lỗi.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.15. Kết cấu cơ khí của bàn thử nghiệm với động cơ thử nghiệm, torque sensor, mô-đun ổ trục, bánh đà, động cơ tải (từ trái sang) [14]

- **Thông số kỹ thuật của hệ thống**

Bảng 1.5. Thông số kỹ thuật của bộ mô phỏng lõi của đại học Paderborn, Đức.

Tên thiết bị	Thông số
Động cơ đồng bộ Hanning	- Công suất: 425 W - Tốc độ quay: 3000 rpm - Moment xoắn: 1.35 N
Động cơ servo đồng bộ Simens	- Công suất: 1.7 kW - Tốc độ quay: 3000 rpm - Moment xoắn: 6 N
Cảm biến đo dòng (tự thiết kế)	Biến dòng LEM loại CKSR 15-NP, lọc Bessel bậc 4 với tần số 25 kHz.
Cảm biến đo độ rung	Cảm biến đo độ rung 97/F/3 (PCB Piezotronics Inc.), Kistler
Cảm biến moment xoắn	Magtrol TM 305
Cảm biến nhiệt độ	MINI MCR-SL-TC_UI-NC

- **Cách tạo lõi ổ bi**

1. Tạo lõi nhân tạo : là phương pháp phổ biến trong một số tài liệu nghiên cứu, Các hư hỏng vòng bi như có lỗ ở vòng ngoài ổ bi đã qua sử dụng (Blödt et al., 2008;

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Nandi et al., 2005; Zarei & Poshtan, 2009). Những phương pháp phổ biến để tạo lỗ nhân tạo gồm :

- Tạo ra rãnh trên vòng ngoài, vòng trong hoặc viên bi bằng cách gia công phỏng điện (EDM). (Niknam, Thomas, Hines, & Sawhney, 2013), (Villwock, 2007; Yang, Mathew, & Ma, 2005; Zoubek, Villwock, & Pacas, 2008), (Niknam et al., 2013; Patil, Mathew, Rajendrakumar, & Desai, 2010).
- Khoan lỗ vào vòng ngoài, vòng trong: đường kính lỗ khoan, hướng và vị trí phụ thuộc vào loại và kích cỡ ổ trực. (Amirat, Choqueuse, & Benbouzid, 2013; Blödt et al., 2008; Djeddi et al., 2007; Silva & Cardoso, 2005; Zarei & Poshtan, 2009).[14]



Hình 1.16. Tạo lỗ nhân tạo cho ổ bi [14]

2. Tạo các mấu vòng bị hư hỏng thực tế : Sử dụng các vòng bi hư hỏng thực tế giúp tạo ra thành công các dữ liệu gần sát với thực tế nhưng việc hệ thống lại các thiệt hại khác nhau của ổ bị rất phức tạp và khó khăn.

- **Ưu điểm**

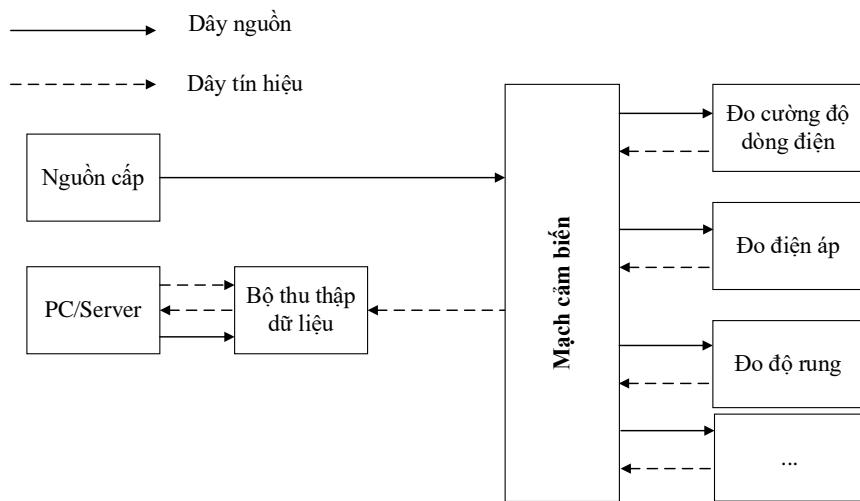
- Bàn thử nghiệm tạo ra các lỗ khác nhau : ô bi hư hỏng, quá tải, lệch tâm trực.
- Ổ bi được tạo hư hỏng bằng phương pháp nhân tạo giúp dữ liệu có hệ thống rõ ràng.
- Bộ dữ liệu đa dạng gồm độ rung trên vỏ động cơ và cường độ dòng điện của stator giúp tăng độ tin cậy và độ chính xác của kết quả đầu ra.

- **Nhược điểm**

- Ổ bi được tạo ra bằng phương pháp nhân tạo cung cấp dữ liệu chưa sát với ô bi hư hỏng thực tế.
- Bàn thử nghiệm chỉ dùng cho 1 loại động cơ.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.3.4. Các thành phần của hệ thống



Hình 1.17. Các thành phần của hệ thống

- Nguồn cấp: cung cấp điện cho mạch cảm biến hoạt động.
- Mạch cảm biến: gồm nhiều cảm biến kết hợp với mạch khuếch đại, mạch lọc nhiễu, ... để đo các dữ liệu cần thiết như: cường độ dòng điện, điện áp, độ rung, nhiệt độ... Sau đó, mạch gửi tín hiệu sau khi khuếch đại, lọc nhiễu đến bộ thu thập dữ liệu.
- Bộ thu thập dữ liệu: có thể là bộ Data Acquisition hoặc vi điều khiển (STM32, PIC...) đóng vai trò tiền xử lý dữ liệu thu thập được và gửi lên hệ thống máy chủ (Server). Bộ thu thập có thể sử dụng chung nguồn với mạch cảm biến hoặc nguồn riêng.
- Server: đóng vai trò lưu trữ dữ liệu, huấn luyện AI, là trung tâm điều khiển thông qua laptop hoặc máy tính.

1.4. Tình hình nghiên cứu

Mục này sẽ tìm hiểu về mục đích, phương pháp thực hiện, kết quả và hạn chế của một số nghiên cứu, bài báo liên quan đến bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi cho động cơ, bảo trì dự đoán cho động cơ cũng như về một số lỗi phổ biến ở động cơ.

1.4.1. Nghiên cứu về bộ tạo lỗi cho động cơ điện 3 pha

Để tạo nên các bộ dữ liệu cho quá trình Machine Learning, các nhóm nghiên cứu đã tạo ra các bộ mô phỏng lỗi động cơ. Từ đó, thu thập về các bộ dữ liệu nên cần hiểu rõ các phương pháp mô phỏng lỗi động cơ hiện có.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

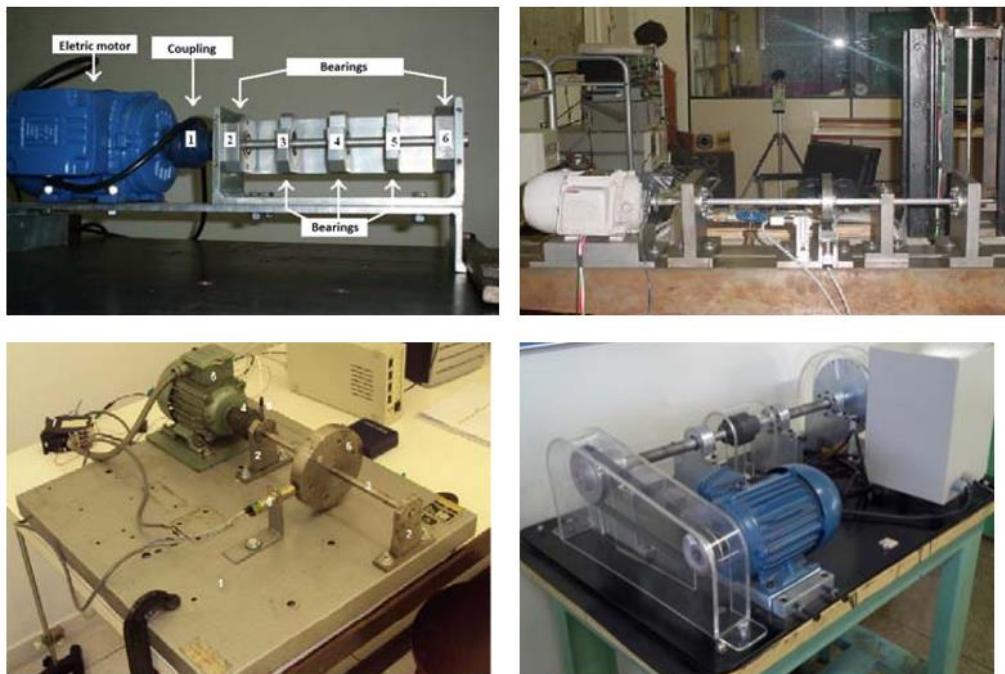
1.4.1.1. Nghiên cứu, thiết kế giường thử nghiệm tạo lõi để nghiên cứu các kỹ thuật phân tích rung động [15]

- **Mục tiêu:**

Trong số các kỹ thuật dùng trong Bảo trì dự đoán, một trong những kỹ thuật được sử dụng nhiều nhất là kỹ thuật phân tích rung động. Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết kế giường thử nghiệm có khả năng mô phỏng hoạt động lệch tâm trực, sự mất cân bằng và sự hư hỏng, xuống cấp của vòng bi với chi phí thấp hơn so với bàn thử nghiệm thương mại. Sử dụng những cảm biến thích hợp để thu thập dữ liệu và phân tích rung động. Việc sử dụng giường thử nghiệm này là một giải pháp thay thế tốt cho việc đào tạo chuyên nghiệp, nghiên cứu và giảng dạy về bảo trì dự đoán cho động cơ điện.

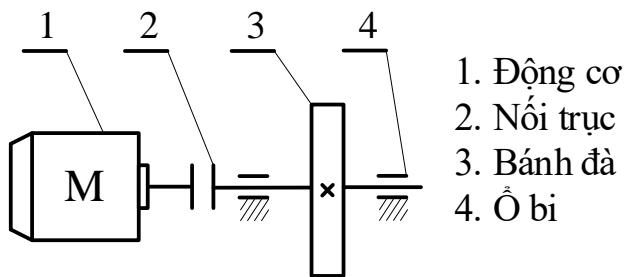
- **Phương pháp:**

- Phân tích các thiết kế của một số bàn thử nghiệm đã được chế tạo ra trước đó như trong Hình 1.20), ưu điểm nhược điểm, tính khả thi cũng như chi phí sản xuất của chúng từ đó đưa ra thiết kế cho bài nghiên cứu được thể hiện bằng sơ đồ nguyên lý như trong Hình 1.21.



Hình 1.18. Một số bàn thử nghiệm mô phỏng lõi cho động cơ điện 3 pha đã được phân tích trong nghiên cứu [15]

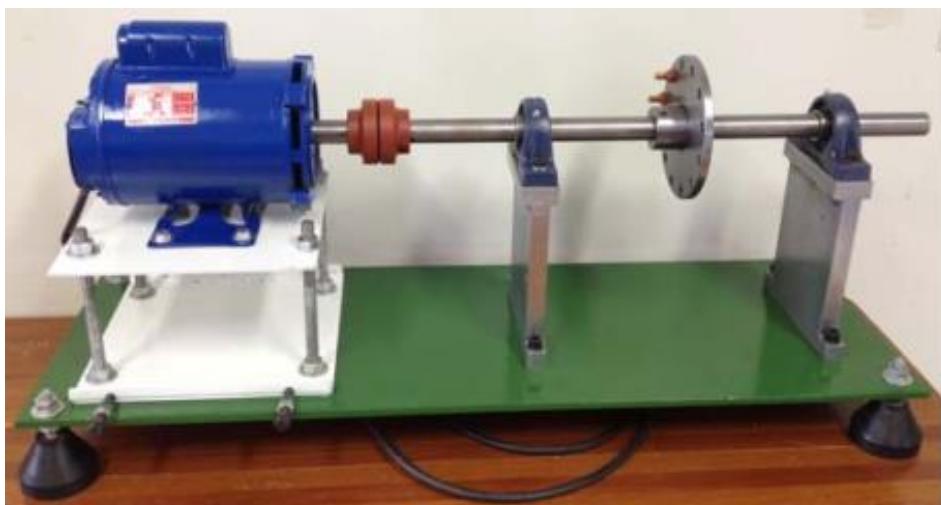
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.19. Sơ đồ nguyên lý của bộ tạo lõi nghiên cứu kỹ thuật phân tích rung động

- Phân tích ứng suất của hệ thống đã được thiết kế bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên phần mềm CATIA.

- Gia công, chế tạo và lắp ráp giường thử nghiệm: mua động cơ, ổ bi, nối trực linh hoạt; gia công trực, bộ phận gá động cơ và các tấm gá ổ bi... sau đó lắp ráp chúng. Cuối cùng thu được giường thử nghiệm thực tế như đã thiết kế (Hình 1.22). Ngoài ra, còn phải mua một số cảm biến phù hợp để đo được các tín hiệu, thông số dữ liệu cần thiết.



Hình 1.20. Giường thử nghiệm của nghiên cứu phân tích rung động sau khi chế tạo

[15]

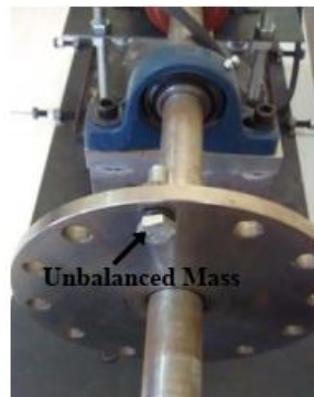
- Kiểm tra thực tế: Mô phỏng trạng thái hoạt động của động cơ khi hoạt động bình thường và khi chịu tình trạng mất cân bằng (Hình 1.23), lệch tâm trực (Hình 1.24) hay hư hỏng vòng bi.

- Thu thập dữ liệu tín hiệu rung động từ cảm biến để so sánh kết quả giữa các trạng thái hoạt động.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.21. Mô phỏng điều kiện hoạt động mất cân bằng khi gá động cơ sai lệch [15]



Hình 1.22. Mô phỏng sự lệch tâm trực động cơ bằng bánh đà [15]

- **Kết quả:**

- Đạt được mục tiêu là chế tạo ra được giường thử nghiệm có chi phí thấp hơn nhiều so với bàn thí nghiệm thương mại (4156\$ so với 70000\$).

- Hệ thống giường thử nghiệm có thể mô phỏng được 3 điều kiện hoạt động lõi (sai lệch – mất cân bằng, lệch tâm trực và hư hỏng vòng bi) đồng thời thu thập được dữ liệu về rung động phục vụ cho bảo trì dự đoán.

- **Hạn chế:**

- Chưa có thu thập được nhiều loại dữ liệu khác như nhiệt độ, momen, tốc độ quay...

- Giường thử nghiệm được với một loại động cơ.

- Các chi tiết thiếu định vị khi gia công, lắp ráp → không đảm bảo đồng trục phẳng giữa các trục.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

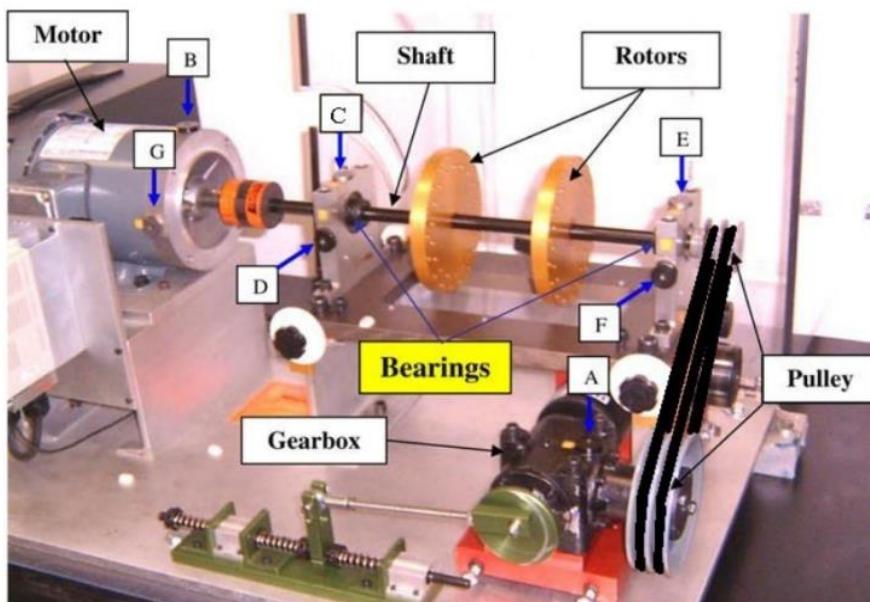
1.4.1.2. Bộ tạo lõi để phân tích, chuẩn đoán các loại lõi hư hỏng vòng bi [16]

- **Mục đích:**

Mô hình bộ tạo lõi sẽ mô phỏng cho động cơ hoạt động trong các điều kiện khác nhau sao cho sát với thực tế. Từ đó thu thập dữ liệu (chủ yếu là dữ liệu về rung động) để phân tích thuật toán chuẩn đoán lõi vòng bi cho động cơ ở các điều kiện vận hành khác nhau.

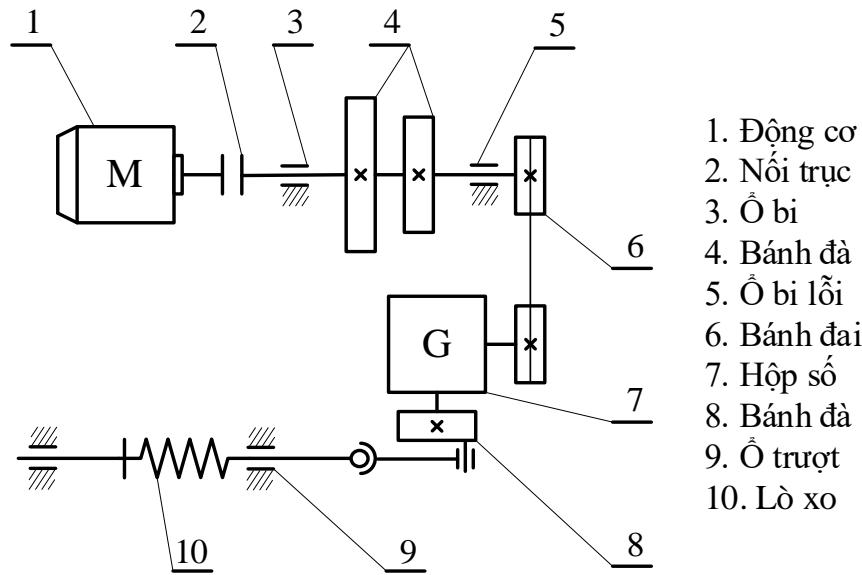
- **Phương pháp:**

- Tìm hiểu về các cơ chế phát sinh lõi vòng bi và đưa ra các phương pháp chẩn đoán lõi vòng bi khả thi. Nghiên cứu các yêu cầu về hệ thống chẩn đoán lõi cho ứng dụng công nghiệp.
- Nghiên cứu các thuật toán, mô hình, mạng nơ-ron có thể được sử dụng để phân loại các lõi vòng bi ở động cơ.
- Xác định các thông số cần thiết cho tập dữ liệu
- Thiết kế bộ mô phỏng lõi cho động cơ điện để tạo ra các điều kiện hoạt động khác nhau cho động cơ như Hình 1.25 và sơ đồ nguyên lý của bộ mô phỏng như Hình 1.26. Trong đó một trong hai ổ bi sẽ có một ổ bi lỗi. Hộp giảm tốc và cơ cấu giảm chấn ở cuối hệ thống có chức năng tạo tải cho động cơ.



Hình 1.23. Bộ mô phỏng lõi vòng bi trong nghiên cứu phân tích rung động [16]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN



Hình 1.24. Sơ đồ nguyên lý bộ mô phỏng lõi vòng bi trong nghiên cứu phân tích rung động

- Thu thập dữ liệu, chuẩn đoán lõi và so sánh kết quả ở các trường hợp vận hành khác nhau của động cơ.

- **Kết quả:**

- Bộ tạo lõi hoạt động đúng với mục đích ban đầu đặt ra.
- Đưa ra được nhiều lý thuyết phương pháp để phân tích, chuẩn đoán lõi.
- Thuật toán dùng để chuẩn đoán lõi vòng bi mà nghiên cứu này đã đưa ra có thể phân loại được lõi vòng bi ở một số điều kiện hoạt động.

- **Hạn chế:**

- Bộ mô phỏng lõi chưa sử dụng được cho nhiều loại động cơ khác nhau.
- Chưa trình bày rõ các bước thiết kế, chế tạo, gia công và lắp ráp, hiệu chỉnh bộ mô phỏng lõi cũng như các thiết bị thu thập dữ liệu (cảm biến).
- Việc phân tích lõi vòng bi vẫn còn khó khăn do động cơ còn phải chịu ảnh hưởng của nhiều loại lõi khác cùng thời điểm.

1.4.1.3. Bộ mô phỏng lõi của bộ dữ liệu Kat – Đại học Paderborn, Đức [14]

- **Mục tiêu:**

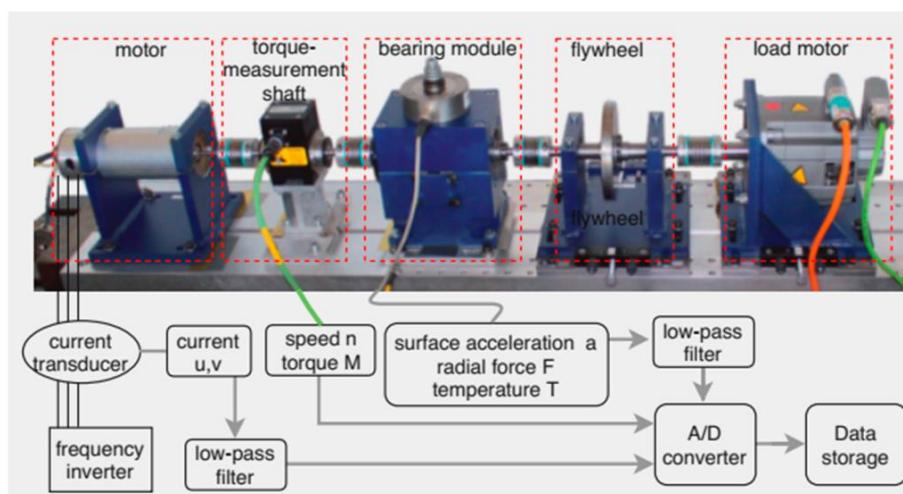
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Mặc dù tín hiệu rung động mang thông tin phong phú về tình trạng của vòng bi và thường được sử dụng để chẩn đoán lỗi vòng bi trong lĩnh vực bảo trì dự đoán ở động cơ điện cảm ứng, nó vẫn có một số hạn chế. Ví dụ như là việc thu thập tín hiệu này khá tốn kém khi phải sử dụng cảm biến bên ngoài, cảm biến cần không gian lắp đặt và khó cài đặt ở một số trường hợp. Do đó, nghiên cứu này có mục đích là đề xuất phương pháp sử dụng tín hiệu dòng điện của động cơ để chuẩn đoán lỗi vòng bi.

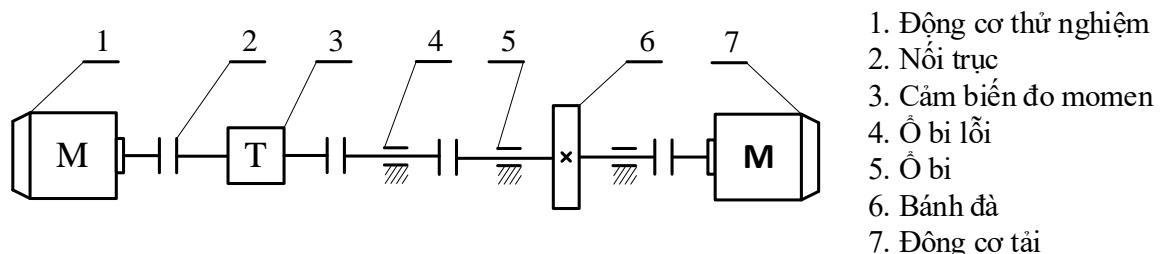
- **Phương pháp:**

- Nghiên cứu về lỗi vòng bi ở động cơ, các cơ chế phát sinh lỗi cũng như các phương pháp chuẩn đoán lỗi.

- Thiết kế bộ mô phỏng lỗi cho động cơ cảm ứng. Bộ mô phỏng lỗi này được thiết kế bởi các tác giả đến từ Đại học Paderborn – Đức như đã trình bày ở phần 1.3.3.3, nó có thể mô phỏng lỗi của vòng bi, ngoài ra còn mô phỏng được lỗi lệch tâm trực động cơ, hoạt động quá tải như trong hình 1.27, sơ đồ nguyên lý của bộ mô phỏng như hình 1.28.



Hình 1.25. Bộ mô phỏng lỗi cho động cơ cảm ứng của đại học Paderborn – Đức [14]



Hình 1.26. Sơ đồ nguyên lý bộ mô phỏng lỗi của đại học Paderborn

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Thực nghiệm, thu thập số liệu rung động và dòng điện của động cơ. Phân tích, trích xuất các đặc trưng thống kê từ tín hiệu. Tiếp đến, sử dụng thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA) để giảm số lượng các đặc tính và chọn những đặc tính quan trọng nhất từ cơ sở dữ liệu. Cuối cùng, ba thuật toán phân loại khác nhau là KNN, cây quyết định và rừng ngẫu nhiên được huấn luyện và thử nghiệm bằng cách sử dụng các đặc tính trên để đánh giá lỗi vòng bi.

- **Kết quả:**

- Bàn thử nghiệm tạo ra được các lỗi khác nhau: hư hỏng ổ bi, quá tải, lệch tâm trực. Bộ dữ liệu đa dạng gồm tín hiệu rung động trên vỏ động cơ và tín hiệu cường độ dòng điện của stator giúp tăng độ tin cậy và độ chính xác của kết quả chẩn đoán lỗi đầu ra.

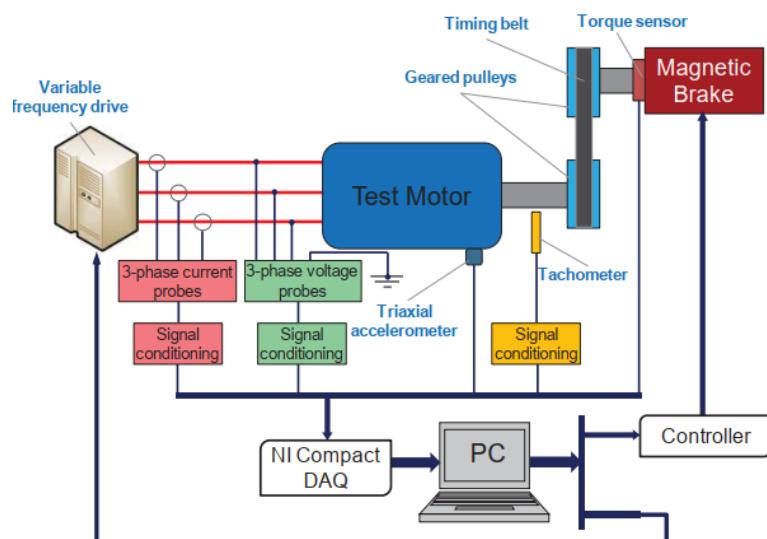
- Đưa ra được các bước, các phương pháp cụ thể để thực hiện nghiên cứu.

- **Nhược điểm:**

- Ổ bi được tạo ra bằng phương pháp nhân tạo có thể cung cấp dữ liệu chưa sát với ổ bi hư hỏng thực tế.

- Bàn thử nghiệm chỉ dùng cho một loại động cơ.

1.4.1.4. Chẩn đoán lỗi cuộn dây của động cơ cảm ứng 3 pha chạy bằng biến tần sử dụng tín hiệu dòng điện và điện áp [17]



Hình 1.27. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống tạo lỗi cuộn dây [17]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

• Mô tả hệ thống

Hệ thống gồm 1 động cơ cảm ứng 3 pha $11kW - 19.7A - 400V$ được điều khiển bằng một biến tần (VFD). Trục động cơ được nối với trục của phanh từ thông qua bộ truyền đai, trong đó tỷ số truyền của cả 2 được chọn sao cho tốc độ quay của trục phanh thấp hơn 2 lần so với trục động cơ. Từ đó, tạo ra moment xoắn thay đổi từ 0 đến 50 Nm bởi kiểm soát dòng điện vào phanh từ. Các tín hiệu điều khiển đến VFD và đến bộ điều khiển phanh từ được gửi máy tính bằng chương trình Labview. Một biến trở $0 - 580 \Omega$ được sử dụng để điều chỉnh sự khác nhau giữa các lần mô phỏng.

Các tín hiệu thu thập gồm: cường độ dòng điện và điện áp của 3 pha, vận tốc trực được đo bởi bộ đo tốc độ quay. Tín hiệu được gửi đến bộDAQ để tiền xử lý và gửi đến máy tính.

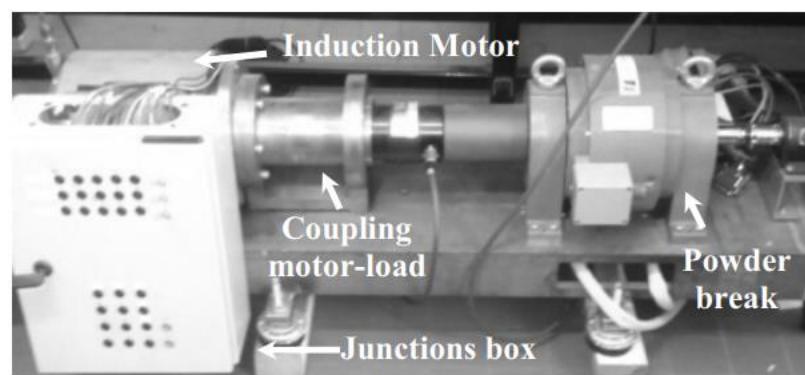
• Ưu điểm

- Tín hiệu thu thập được tiền xử lý trên bộDAQ và gửi trực tiếp lên máy tính nên độ chính xác cao (ít nhiễu), tốc độ nhanh.
- Động cơ được điều khiển bởi biến tần giúp thay đổi tốc độ trực dễ dàng và chính xác.

• Nhược điểm

- Cần điều chỉnh biến trở do có sự khác nhau lớn giữa các lần thu thập do nguồn điện cung cấp không ổn định, điều kiện môi trường.

1.4.1.5. Phân loại lõi động cơ cảm ứng bằng kỹ thuật phân cụm đàn kiến [18]



Hình 1.28. Bộ thử nghiệm cho chuẩn đoán lõi [18]

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- **Mô tả hệ thống**

Bộ thử nghiệm gồm động cơ cảm ứng, phanh, nối trực, tủ điện, cảm biến moment xoắn. Trục động cơ cảm ứng được nối phanh thông qua nối trực và cảm biến moment xoắn. Phanh quay ngược chiều để tạo tải lên trục động cơ gây ra lỗi quá tải.

- **Ưu điểm**

- Mô hình có nguyên lý đơn giản, dễ thực hiện.

- **Nhược điểm**

- Động cơ được điều chỉnh tốc độ qua tủ điện, độ tin cậy không cao bằng sử dụng biến tần.

- Khi lắp đặt, cần đảm bảo đồng tâm giữa trục động cơ, trục phanh, nối trực và cảm biến moment xoắn.

1.4.2. Nghiên cứu về lỗi cuộn dây stator và lỗi rotor

1.4.2.1. Nguyên cứu về một số phương pháp chuẩn đoán lỗi stator trên động cơ điện 3 pha lồng sóc [19]

Bài báo của nhóm tác giả Ojaghi, Sabouri và Faiz đến từ một số trường Đại học, Cao đẳng của Iran tại Giao dịch Quốc tế về Hệ thống năng lượng điện (International Transactions on Electrical Energy Systems) năm 2014, nghiên cứu và khảo sát về các nguyên nhân dẫn đến lỗi động cơ điện ba pha lồng sóc và một số phương pháp để chuẩn đoán lỗi.

- **Mục tiêu:**

Khảo sát toàn diện về nguyên nhân gây nên lỗi về cuộn dây stator, cũng như về phương pháp để chuẩn đoán lỗi, mô hình hóa và mô phỏng hoạt động của động cơ khi có lỗi stator.

- **Phương pháp:**

Sử dụng phương pháp không xâm lấn, dùng tín hiệu dòng điện để chuẩn đoán nguyên nhân phát sinh lỗi. Mô hình hóa, mô phỏng và so sánh kết quả mô phỏng với thực nghiệm.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- **Kết quả:**

- Chuẩn đoán được một số nguyên nhân gây nên lỗi rotor (mất pha, sụt áp, quá tải).

- Kết quả mô phỏng so với kết quả thực nghiệm sai lệch tương đối ít (khẳng định được tính đúng đắn và chính xác của quá trình mô hình hóa, mô phỏng).

- **Hạn chế:**

- Kết quả chuẩn đoán nguyên nhân phát sinh lỗi vẫn chưa đảm bảo độ chính xác.

- Chưa chuẩn đoán được các nguyên nhân phổ biến khác.

- Mô hình hóa tương đối phức tạp.

1.4.2.2. Nghiên cứu về lỗi rotor của động cơ điện 3 pha lồng sóc [20]

Bài báo của nhóm tác giả Bonnett và Soukup (đều là thành viên của IEEE) tại Giao dịch IEEE trên Ứng dụng Công nghiệp (IEEE Transactions on Industry Applications) năm 1986, nghiên cứu về các lỗi về rotor của động cảm ứng 3 pha lồng sóc.

- **Mục tiêu:**

Nghiên cứu về một số nguyên nhân (các điều kiện vận hành bất thường) gây ra lỗi về rotor.

- **Phương pháp:**

Tìm hiểu và phân tích các loại ứng suất của các tác động khác nhau lên trực rotor.

- **Kết quả:**

Đưa ra được một số nguyên nhân (điều kiện hoạt động bất thường) gây nên lỗi về rotor.

- **Hạn chế:**

- Chưa có nhiều tài liệu cung cấp các nguyên nhân đã đưa ra.

- Chưa phân tích chi tiết các nguyên nhân gây nên lỗi rotor cũng như chưa đưa ra những bước cần thực hiện để ngăn chặn, hạn chế hoặc khắc phục các nguyên nhân đó.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.4.2.3. Nghiên cứu tiếp theo về lỗi rotor của động cơ điện 3 pha lồng sóc [21]

Bài báo này cũng của nhóm tác giả Bonnett và Soukup (đều là thành viên của IEEE) tại Giao dịch IEEE trên Ứng dụng Công nghiệp (IEEE Transactions on Industry Applications) năm 1988, nghiên cứu chi tiết hơn so với bài báo 2 năm trước đó về các lỗi rotor của động cảm ứng 3 pha lồng sóc.

- **Mục tiêu:**

Có gắng xác định các loại lỗi, kiểu lỗi khác nhau và liên hệ chúng với nguyên nhân lỗi có thể xảy ra.

- **Phương pháp:**

Sử dụng các bước cơ bản để phân tích:

- Phân tích, xác định loại lỗi/hỗn hóc, sau đó là xác định các dạng lỗi/hỗn hóc.
- Lưu ý hình dạng, tình trạng của động cơ tại thời điểm hỗn hóc.
- Xác định tình trạng vận hành, ứng dụng hiện của động cơ đang hoạt động bị lỗi.
- Thu thập, phân tích thông tin về lịch sử hỗn hóc, bảo trì trước đây của động cơ.

- **Kết quả:**

- Đưa ra được các mối quan hệ giữa các lỗi và các nguyên nhân (điều kiện hoạt động bất thường) phát sinh ra lỗi đó.

- Đưa ra các bước cơ bản để phân tích và xác định nguyên nhân tạo ra lỗi.

- **Hạn chế:**

- Việc xác định nguyên nhân chính xác tạo ra lỗi không dễ dàng, đôi khi gần như là không thể. Nghĩa là khi xác định được loại lỗi/hỗn hóc và nguyên nhân phát sinh thì nó vẫn có thể sai.

- Vì nghiên cứu của bài báo nào đã khá lâu (vào năm 1988) nên chưa có nhiều thực nghiệm, đánh giá thực tế về các mối quan hệ giữa các lỗi và nguyên nhân phát sinh ra nó.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.4.2.4. Nghiên cứu về phương pháp tiếp cận, phân tích và tính toán sóng hài tần số của dòng điện stator để phát hiện lỗi rotor của động cơ cảm ứng [22]

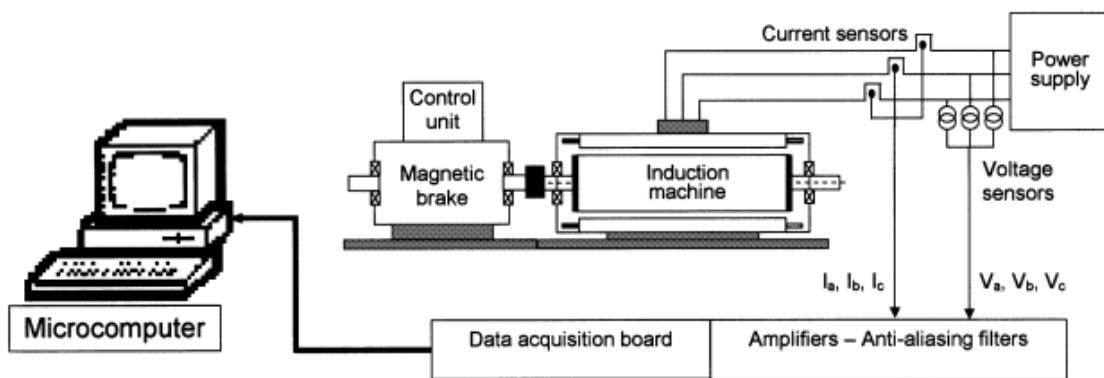
Bài báo của nhóm tác giả Henao, Razik và Capolino (đều là thành viên của IEEE) tại Giao dịch IEEE trên Ứng dụng Công nghiệp (IEEE Transactions on Industry Applications) năm 2005, nghiên cứu về việc phát hiện lỗi rotor của động cơ điện bằng phương pháp phân tích dòng điện stator.

- **Mục tiêu:**

Phân tích về mặt lý thuyết và thực nghiệm dòng điện stator của động cơ điện 3 pha lồng sóc để chỉ ra nó bị ảnh hưởng như thế nào bởi sự cố (lỗi) của trục rôtor.

- **Phương pháp:**

Sử dụng phân tích phổ tần số dòng điện stator. Tính toán, phân tích các thành phần tần số của dòng điện stator của một động cơ bình thường (không bị hỏng) và so sánh kết quả lý thuyết với các phép đo thực nghiệm. Tương tự, tính toán cho trường hợp rôto bị hỏng (lần lượt bị hỏng 1, 2 và 3 thanh).



Hình 1.29. Hệ thống thực nghiệm phân tích dòng điện stator của động cơ điện [22]

Hình 1.19 trình bày một hệ thống thực nghiệm phục vụ cho nghiên cứu này. Cụ thể, hệ thống gồm một máy cảm ứng (ở đây là động cơ cảm ứng) và một phanh điện để tạo tải cho động cơ. Khi động cơ hoạt động, tín hiệu điện áp và dòng điện stator sẽ được thu thập bằng các cảm biến dòng (current sensors) và cảm biến điện áp (voltage sensors), tín hiệu thu thập được sẽ được đưa đến một máy vi tính để phân tích và tính toán các thành phần tần số của dòng điện. Động cơ điện sẽ được thay

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

đổi bằng các động cơ điện khác bị có rotor bị hỏng (lần lượt 1, 2 và 3 thanh rotor) để so sánh với trường hợp động cơ bình thường.

- **Kết quả:**

Kết quả thu được là phô tần số của dòng điện stator trong trường hợp lõi rotor bị ảnh hưởng đáng kể so với trường hợp động cơ bình thường.

- **Hạn chế:**

- Chưa xác định được ảnh hưởng bởi lõi của rotor đến stator theo quy luật như thế nào.

- Chưa được thử nghiệm trên các động cơ 3 pha công suất lớn.

1.4.2.5. Phân loại mức độ quá tải của động cơ cảm ứng sử dụng phân tích âm thanh [23]

Bởi vì quá tải cũng là một nguyên nhân dẫn đến tăng nhiệt độ quá cao gây hư hỏng cuộn dây stator và trực rotor, Nguyễn Công Phượng đến từ Viện Kỹ thuật Điện – Đại học Bách Khoa Hà Nội – Việt Nam đã đưa ra nghiên cứu phân loại mức quá tải của động cơ bằng tín hiệu âm thanh.

- **Mục tiêu:**

- Nghiên cứu phương pháp phân loại các mức độ quá tải ở động cơ cảm ứng bằng tín hiệu âm thanh

- **Phương pháp:**

- Sử dụng micro để thu thập tín hiệu âm thanh và sử dụng mô hình mạng lưới neuron nhân tạo AI (như ANN, DT, FIS, GMM, KNN...) để phân loại các mức độ quá tải.

- **Kết quả:**

- Trình bày phương pháp phân loại mức độ quá tải của động cơ ở 3 trường hợp (khi động cơ hoạt động bình thường, khi quá tải 10% và khi quá tải 100%) dựa vào tín hiệu âm thanh. Hệ thống giám sát là trực tuyến nên không cần phải dừng động cơ khi nó đang hoạt động. Hệ thống chỉ yêu cầu một micro nên không quá tốn kém chi phí.

- **Hạn chế:**

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Chưa khảo sát được trong môi trường nhiều tiếng ồn (như trong môi trường công nghiệp). Khi đó cần phải có kỹ thuật lọc nhiễu thật tốt để loại bỏ tạp âm. Chưa phát triển khả năng phân loại được các mức quá tải khác (120%, 150%...).

- Chỉ mới nghiên cứu phân tích âm thanh trong lõi quá tải, chưa áp dụng được cho các lõi khác như lệch tâm trực, lõi ô bi, rung động...

1.5. Tổng kết

1.5.1. Các điều kiện phát sinh lỗi

Có nhiều điều kiện hoạt động bất thường mà khi động cơ hoạt động trong trạng thái đó sẽ có khả năng phát sinh ra lỗi. Để tạo ra lỗi hoặc tạo ra được những điều kiện bất thường, cần phân tích tính khả thi của chúng, vì có những lỗi hoặc những điều kiện rất khó để tạo ra được. Ví dụ, trong điều kiện hoạt động của các nhà máy sản xuất với môi trường thường xuyên tiếp xúc với hóa chất, các chất ăn mòn hay mạt kim loại sẽ làm hỏng lớp cách điện của cuộn dây, gây ăn mòn vòng bi và nhiều lỗi khác, đây là một trong những vấn đề thường xuyên gặp phải đối với nhiều doanh nghiệp sản xuất, tuy nhiên việc mô phỏng lại điều kiện làm việc tương tự là không khả thi do đây là đặc trưng của các ngành sản xuất. Tương tự, đối với lỗi cuộn dây stator, việc làm hỏng cuộn dây stator sẽ khó khăn cũng như tốn kém nhiều chi phí. Như vậy, các điều kiện hoạt động bất thường gây phát sinh ra lỗi là tương đối nhiều, tuy nhiên cần xét xem những điều kiện đó cũng như các lỗi động cơ có thể được tạo ra như thế nào, tạo ra chúng có khả thi hay không.

Dựa vào tìm hiểu một số tiêu chuẩn về động cơ điện và phân tích các lỗi cùng với nguyên nhân phát sinh lỗi ở mục 1.1.3 và mục 1.1.4, tiến hành phân tích và phân chia các lỗi hoặc các điều kiện hoạt động bất thường của động cơ thành 2 loại như sau:

- **Những điều kiện khó có thể tạo được:**

- Kẹt rotor (Không thể tác động trực tiếp vào bên trong động cơ)
- Môi trường làm việc ô nhiễm, nhiều chất hóa học và mạt kim loại gây bào mòn (Đây là đặc thù của các ngành sản xuất)
- Cầu chì, công tắc tơ hay các khí cụ bảo vệ bị hỏng (Không an toàn)

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- Terminal của động cơ có kết nối kém (Đây là lỗi do nhà sản xuất)
 - Sự bào mòn tự nhiên (Đây là yếu tố tự nhiên và phụ thuộc vào thời gian)
 - Các vết nứt có sẵn bên trong (Không thể tác động trực tiếp vào bên trong động cơ)
 - Rotor và stator bị lệch tâm trong quá trình sản xuất (Đây là lỗi do nhà sản xuất)
- **Những điều kiện phát sinh lỗi khả thi có thể tạo được:**
 - Lỗi vòng bi.
 - Lỗi lệch tâm trực.
 - Hệ thống quá tải.
 - Lắp đặt sai tiêu chuẩn, sai lệch khi gá đặt động cơ (có thể gây rung động mạnh).
 - Điện áp giữa các pha không cân bằng, đôi lúc bị mất pha.

1.5.2. Các tín hiệu thu thập

Các loại lỗi của động cơ có thể ảnh hưởng đến các thông số khác nhau của động cơ. Vì vậy, dựa vào việc phân tích các thông số bị ảnh hưởng, lỗi có thể được phát hiện. Do đó, cần biết được từng loại lỗi ảnh hưởng tới những thông số nào.

Bảng 1.6. Thống kê và tương quan giữa các loại lỗi thường gặp và tín hiệu dùng để phát hiện.[25]

Tín hiệu	Lỗi thường gặp				
	Lớp cách điện	Cuộn dây stator	Lòng sóc rotor	Lệch tâm trực rotor	Hư hỏng vòng bi
Độ rung	x	x	✓	✓	✓
Cường độ dòng điện	x	✓	✓	✓	✓
Nhiệt độ	✓	✓	x	x	x
Trường điện từ	x	✓	✓	✓	x
Dầu bôi trơn	x	x	x	x	✓
Khí làm mát	✓	✓	✓	x	x
Partial discharge	✓	x	x	x	x

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

Dựa vào bảng trên và phần tìm hiểu tổng quan, các thông số thông dụng được đó là: độ rung, cường độ dòng điện, điện áp, nhiệt độ và moment xoắn. Các thông số này có thể được đo đặc dẽ dàng và cung cấp đủ thông tin để phân tích để phát hiện các lỗi trong phạm vi để tài tìm hiểu.

1.6. Mục tiêu và phạm vi để tài

1.6.1. Mục tiêu thiết kế

Qua việc tìm hiểu tổng quan về các lỗi và các nguyên nhân dẫn đến lỗi ở động cơ điện ba pha cũng như tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước về các bộ tạo lỗi cho động cơ điện ba pha để từ đó tạo ra dữ liệu để sử dụng cho mục đích bảo trì dự đoán, nhóm đặt ra mục tiêu của đồ án tốt nghiệp này là: tập trung thiết kế, chế tạo hệ thống tạo điều kiện phát sinh lỗi cho động cơ điện ba pha và bộ thu thập dữ liệu nhằm tạo ra bộ dữ liệu được sử dụng cho các thuật toán AI, machine learning dự đoán Thời gian hoạt động còn lại (RUL - Remaining using life) của động cơ điện ba pha.

1.6.2. Phạm vi để tài

Từ việc tìm hiểu tổng quan về các phương pháp khả thi tạo ra các lỗi cho động cơ điện ba pha từ các bộ tạo lỗi đã nghiên cứu, tổng quan về các loại tín hiệu dữ liệu cần thu thập cũng như các quy định về an toàn, đặc tính kỹ thuật của hệ thống, đồ án đặt ra bài toán cụ thể với những yêu cầu nghiên cứu, thiết kế và chế tạo sau:

- Thiết kế, chế tạo bàn thử nghiệm bộ điều kiện phát sinh lỗi có kích thước dài × rộng × cao tối đa là $1,5 \times 1 \times 1$ (m).
- Bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi có thể thử nghiệm được các động cơ của hãng Cantoni có công suất nằm trong khoảng từ 0,4 kW đến 2,2 kW, tốc độ quay 1500 – 3000 vòng/phút.
- Bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi cho động cơ điện ba pha có thể tạo ra các điều kiện hoạt động lỗi sau:
 - + Lỗi quá tải: mức quá tải tối đa là 150% so với tải danh định.
 - + Lỗi hoạt động lệch tâm trực: lực ly tâm nằm trong khoảng giá trị cho phép theo catalog của nhà sản xuất Cantoni.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

- + Lỗi vòng bi: có thể thay thế vòng bi hư hỏng vào hệ thống.
 - + Lỗi mất pha: làm mất một pha của nguồn cấp cho động cơ trong khoảng thời gian có thể hiệu chỉnh được.
 - + Lỗi sụt áp: điều chỉnh được giá trị điện áp một pha bất kì của nguồn cấp cho động cơ.
- Bộ thu thập dữ liệu có thể đọc và lưu trữ được dữ liệu của các tín hiệu sau: độ rung, cường độ dòng điện, điện áp, nhiệt độ và momen xoắn.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

CHƯƠNG 2: LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

2.1. Phương án phát sinh lỗi về cơ khí

2.1.1. *Lỗi vòng bi*

Lỗi vòng bi xảy ra khi vòng bi đỡ trực động cơ gặp hư hỏng. Để tạo lỗi hư vòng bi, cần gá trực động cơ trên một vòng bi đỡ hư hỏng. Do vậy cần phải có vòng bi hỏng và gối đỡ vòng bi. Vòng bi hỏng có thể được thu thập từ các thiết bị khác.

Tiến hành thiết kế gối đỡ vòng bi có khả năng tách đôi ra để gắn vòng bi bị hỏng vào trong. Do vòng bi có nhiều dạng hỏng, nên có khả năng kích thước vòng trong và vòng ngoài của nó không còn chính xác. Cho nên không thể làm gối đỡ liền khối như bình thường.

Ngoài ra trực tải cần phải chia làm hai trực để kết nối với cảm biến momen xoắn ở giữa, do đó gối đỡ vòng bi phụ này còn có tác dụng chịu tải thay và giảm tác động từ bộ tạo tải lệch tâm đến cảm biến momen xoắn.

Kết luận: Lựa chọn vòng bi đỡ hư hỏng kèm với gối đỡ vòng bi để tạo lỗi vòng bi.

2.1.2. *Lỗi lệch tâm trực*

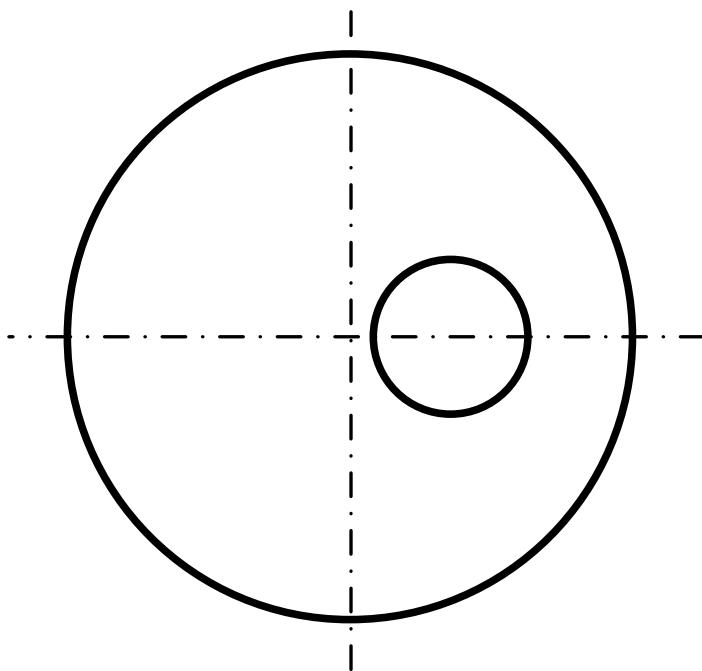
• Sử dụng tải có trọng tâm lệch trực (tải lệch tâm)

Các chi tiết quay lắp lên trực có trọng tâm lệch với tâm quay sẽ sinh ra lực li tâm lớn khi quay với tốc độ cao. Lực li tâm này sẽ làm cong trực và tạo ra khe hở không đều giữa trực rotor và stator. Lực li tâm có hướng biến thiên đồng tốc với tốc độ quay của động cơ do đó tạo ra khe hở động di chuyển với cùng vận tốc quay của trực.

Phương pháp này không tạo ra được lỗi lệch tâm trực với khe hở tĩnh, lỗi lệch tâm trực với khe hở tĩnh có thể được tạo ra bằng cách tác động một lực không đổi vuông góc trực khi động cơ đang vận hành. Lực không đổi này có thể được tạo ra bởi khói lượng của các chi tiết đặt lên trực, tuy nhiên nó là khá nhỏ so với lực li tâm tạo ra bởi tải lệch trực nên không đáng kể. Do đó khó có thể tạo ra được lỗi lệch tâm trực với khe hở tĩnh.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Phương pháp tạo tải lệch tâm trực là khả thi do lực li tâm có thể được tính toán và thiết kế thông qua thiết kế vị trí trọng tâm tải đặt lên trực, các chi tiết với trọng tâm lệch cũng có thể được thiết kế dễ dàng với các phương pháp chế tạo thông dụng. Phương pháp sử dụng chi tiết tải trọng có trọng tâm lệch trực phù hợp với yêu cầu đặt ra, tuy nhiên có một số điểm hạn chế như chi tiết chế tạo không có dạng hoàn toàn tròn xoay nên cần trải qua nhiều nguyên công khác nhau (Như Hình 2.1). Một hạn chế khác là mỗi chi tiết chỉ tạo ra một lực li tâm cố định, muốn thay đổi thông số lực ta cần thay thế chi tiết khác, dẫn đến bất tiện cho phái tháo lắp chi tiết với trực nhiều lần.

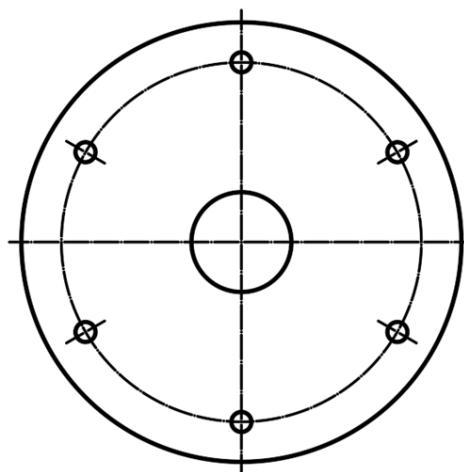


Hình 2.1. Tải có trọng tâm lệch trực

- **Sử dụng bánh đà có tải trọng phụ lệch trực**

Phương pháp sử dụng bánh đà có nguyên lý hoạt động tương tự phương pháp sử dụng trục trống được thiết kế lệch trọng tâm. Điểm khác biệt là bánh đà được thiết kế với vị trí trọng tâm chính xác, cũng nhờ đó việc gia công nhanh chóng và đơn giản hơn do chi tiết có hình dáng tròn xoay, sau đó được khoan các lỗ xung quanh để gá tải trọng (được minh họa như Hình 2.2). Khi này, trọng tâm của cụm chi tiết được điều chỉnh bằng khối lượng chi tiết gá trên bánh đà, do đó muốn điều chỉnh lực li tâm phù hợp với loại động cơ chỉ cần thay thế khối lượng chi tiết lắp ráp trên bánh đà, giúp hạn chế tháo lắp trực tiếp trên trực động cơ.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 2.2. Bánh đà tạo tải lệch tâm

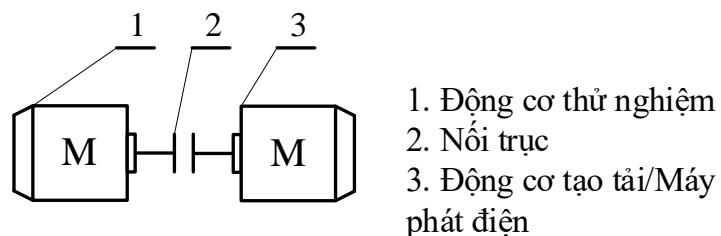
Kết luận: lựa chọn phương pháp sử dụng bánh đà lắp tải trọng phụ lệch trực. Vì có thể thay đổi được tải trọng phụ lệch trực dễ dàng.

2.1.3. Điều kiện hoạt động quá tải

- Tạo quá tải bằng máy phát điện/động cơ điện (hệ thống dynamometer)



Hình 2.3. Phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng máy phát điện [24]



Hình 2.4. Sơ đồ nguyên lý phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng máy phát điện

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Ở phương pháp này, động cơ thí nghiệm sẽ được nối với trục của một máy phát điện hoặc một động cơ khác có công suất bằng hoặc lớn hơn so với động cơ mà ta cần tạo tải (Như Hình 2.3 và 2.4). Đầu ra của máy phát điện sẽ được kết nối với biến trở tiêu thụ, lượng tải tạo ra trên động cơ thí nghiệm sẽ phụ thuộc vào công suất tiêu thụ hay giá trị điện trở của biến trở đầu ra.

Phương pháp này có ưu điểm dễ thực hiện, có thể điều khiển giá trị của tải thông qua biến trở bằng nhiều cách. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp là yêu cầu thiết bị có giá thành cao, gây lãng phí năng lượng và phải tốn thêm nhiều diện tích lắp đặt.

- **Tạo quá tải bằng phương án sử dụng lực ma sát từ bộ truyền đai**

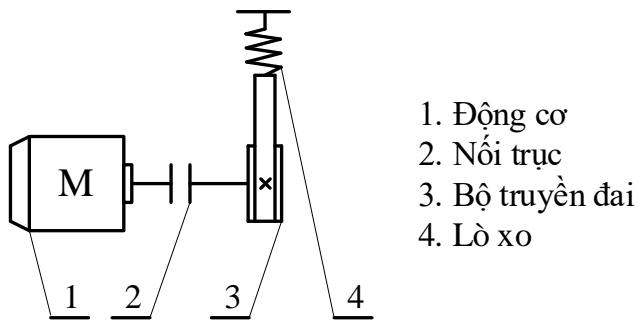
Bộ truyền đai khi hoạt động sẽ tạo ra lực ma sát nhờ lực căng đai ban đầu. Nếu một đầu của bộ truyền đai không được lắp vào bánh đai mà được cố định thì dây đai không còn có khả năng di chuyển. Khi đó sẽ xảy ra một trong hai trường hợp là dây đai sẽ trượt trên bánh đai khi lực ma sát không đủ lớn hoặc trực động cơ sẽ bị chặn đứng và không thể tiếp tục quay do lực ma sát quá lớn (bỏ qua các trường hợp các chi tiết bị hư hỏng do không đủ bền).

Như vậy nếu thiết kế hợp lý có thể tạo tải cho động cơ bằng cách sử dụng ma sát trượt giữa bánh đai và dây đai, độ lớn của tải có thể hiệu chỉnh bằng lực căng đai ban đầu. Lực căng ban đầu của đai có thể được điều khiển bằng lò xo kết nối với bulong (Mình họa như Hình 2.5 và 2.6).



Hình 2.5. Phương pháp tạo tải cho động cơ sử dụng lực ma sát của bộ truyền đai [24]

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 2.6. Sơ đồ nguyên lý phương pháp tạo tải cho động cơ bằng bộ truyền đai

Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, giá thành thấp, tuy nhiên cần thiết kế chính xác vì có thể gây ra các sự cố nếu đai đứt do quá tải, đặc biệt nghiêm trọng khi động cơ quay với vận tốc cao. Ngoài ra, phương pháp này cần phải thay đai sau một thời gian sử dụng do lực ma sát làm mòn đai và cũng lãng phí năng lượng tương tự phương pháp sử dụng máy phát điện.

Tổng kết lựa chọn phương án tạo tải cho động cơ sử dụng bộ truyền đai vì giá thành thấp và cơ cấu đơn giản. Tải trọng tạo ra cho động cơ có thể được hiệu chỉnh bằng cách thay đổi độ cứng của lò xo và độ biến dạng của lò xo.

Ngoài ra để giám sát momen trực động cơ tạo ra, cần có một cảm biến momen xoắn đặt giữa động cơ và bộ tạo tải. Có thể giám sát momen tạo ra bởi động cơ gián tiếp bởi lực căng của lò xo, tuy nhiên phương pháp này có thể dẫn đến sai số lớn do sai số cộng dồn từ nhiều nguồn. Do đó sử dụng cảm biến momen xoắn sẽ là một lựa chọn tối ưu hơn. Tiến hành lắp thêm một encoder để kết hợp với cảm biến momen xoắn giám sát tốc độ và công suất cơ năng của động cơ.

Kết luận: Lựa chọn phương án tạo quá tải bằng bộ truyền đai

2.2. Phương án phát sinh lỗi về điện

2.2.1. Mất pha

- Sử dụng PLC để đóng cắt gây mất pha

PLC là một thiết bị vô cùng phổ biến rất thích hợp sử dụng trong các hệ thống công nghiệp. Với PLC ta có thể dễ dàng điều khiển cho mạch ngắt điện trên 1 pha để tạo ra sự mất pha, sau đó đóng pha đó lại và tiếp tục hoạt động bình thường.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

PLC có ưu điểm là tính đa năng, làm được rất nhiều công việc. Tuy nhiên, đối với quy mô mà đầu bài đặt ra thì việc sử dụng PLC là rất hao phí, do PLC có giá thành tương đối cao, cần phải lập trình và điều khiển thông qua máy tính, cộng với đó là việc đóng cắt 1 pha trên động cơ điện là vô cùng đơn giản và không cần dùng đến PLC.

• Sử dụng relay đóng cắt và timer

Relay cũng là một thiết bị phổ biến không kém PLC, nguyên lý hoạt động của relay là vô cùng đơn giản: kích cuộn và đóng mở các tiếp điểm. Khi nhấn nút để relay làm hở pha, cần phải nhấn thêm nút tắt để đóng lại relay vừa mở, trong trường hợp không muốn tắt thủ công, cần thêm timer để cài đặt khoảng thời gian sau bao lâu pha vừa hở sẽ được đóng trở lại.

Relay và timer thích hợp hơn PLC đối với yêu cầu đặt ra. Thứ nhất, relay điều khiển bằng tay (nút nhấn), sẽ đơn giản và thuận tiện hơn so với điều khiển thông qua máy tính. Thứ hai, relay và timer có giá thành rẻ hơn PLC rất nhiều, đối với yêu cầu đóng cắt đơn giản.

Kết luận: lựa chọn phương án sử dụng relay đóng cắt và timer để tạo lõi mất pha cho động cơ điện vì thuận tiện hơn so với sử dụng PLC và giá thành rẻ hơn.

2.2.2. Sụt áp

• Sử dụng nguyên lý mạch chia áp bằng điện trở

Mạch chia áp có nguyên lý đơn giản, thích hợp cho việc giảm áp để gây ra sự sụt áp trên pha. Phương án này có ưu điểm là đơn giản và tiết kiệm chi phí, tuy nhiên lại có nhược điểm là công suất thấp không đủ để đáp ứng và nhiệt độ cao. Do công suất thấp nên phương án này không đáp ứng được nhu cầu cần thiết đặt ra ban đầu.

• Sử dụng AC dimmer

Nguyên lý làm việc của AC dimmer là dùng diac để kích dẫn triac từ đó cắt xén điện áp ở các pha khác nhau theo sóng hình Sin của dòng điện xoay chiều, làm giảm năng lượng đến tải. Bên trong dimmer được trang bị tụ điện, ở nửa chu kỳ dương điện áp được nạp cho tụ, khi đến điện áp mở của Diac thì tụ điện phóng điện tạo ra xung điều khiển mở Triac (xung dương). Còn đối với nửa chu kỳ âm điện áp cũng hoạt động

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

tương tự nhưng lần này xung kích mở cho Triac là xung âm (Triac có thể mở với cả xung dương và âm).

Dimmer có ưu điểm đó là tính phổ biến, bên ngoài thị trường có nhiều loại dimmer khác nhau với các thông số kỹ thuật khác nhau, đáp công suất đáp ứng rộng phù hợp với nhiều loại ứng dụng, chỉ cần mua về và nối dây là có thể sử dụng. Ngoài ra dimmer còn tiêu tốn năng lượng cao hơn, đặc biệt là đối với tải cảm như động cơ.

Kết luận: AC dimmer có giá thành cao và tiêu tốn năng lượng, tuy nhiên có thể chịu công suất cao, phù hợp với hệ thống đang sử dụng nên chọn phương án sử dụng AC dimmer.

2.3. Phương pháp thu thập dữ liệu

2.3.1. Nguyên lý đo cường độ dòng điện

Để có thể đo cường độ dòng điện của động cơ mà không cần mắc nối tiếp với dây dẫn, có thể sử dụng biến dòng (current transformer) để tạo ra dòng điện thứ cấp có tỉ lệ bằng hằng số với dòng điện sơ cấp cần đo.

Việc đo đặc thông qua dòng điện thứ cấp không chỉ giúp giảm ảnh hưởng đến quá trình vận hành của động cơ mà còn giúp tăng độ an toàn cho cảm biến vì không cần mắc trực tiếp vào tải. Một số loại biến dòng có thể trả trực tiếp tín hiệu ADC để đo về, các tín hiệu này thường có dạng từ 4-20mA hay 0-10V phù hợp với bộ DAQ.

Kết luận: Sử dụng biến dòng để đo vì là phương pháp không xâm lấn và tín hiệu xuất ra phù hợp với bộ DAQ.

2.3.2. Nguyên lý đo điện áp

Bộ DAQ có thể đo được tín hiệu từ 0-10V. Vì vậy, sử dụng biến áp để giảm áp (voltage transformer) về mức giá trị mà bộ DAQ có thể đọc được.

Tuy nhiên, cần phải lưu ý rằng việc sử dụng biến áp sẽ giảm điện áp xuống, do đó cần tính toán kỹ lưỡng và hiểu rõ về nguyên lý đo điện áp để đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy của dữ liệu thu được từ bộ DAQ.

Kết luận: Sử dụng biến áp để đo vì giá thành rẻ và dễ tìm kiếm.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THÔNG CƠ KHÍ

2.3.3. Nguyên lý đo rung động

Để đo rung động, cần quan tâm đến 4 thông số cơ bản: biên độ rung, vận tốc rung, gia tốc rung và tần số rung. Trong đó tần số là thông số đầu tiên và tiên quyết cần thu thập, 3 thông số còn lại có thể chọn 1 trong 3 để tiến hành đo đạc.

Gia tốc rung là thông số được dùng phổ biến khi nghiên cứu về rung động. Vì gia tốc sau khi đo được có thể sử dụng các thuật toán để đưa về miền tần số như FFT (Fast Fourier Transform) là một trong những thuật toán phổ biến nhất.

Các loại cảm biến đo gia tốc gồm: Gia tốc kế áp điện (Piezoelectric Accelerometers), Gia tốc kế điện dung (Capacitive Accelerometers)...

Kết luận: Sử dụng gia tốc kế áp điện để đo vì:

- Có độ nhạy cao ($1 - 100mV/g$): Gia tốc áp điện có độ nhạy cao, cho phép đo được thay đổi nhỏ trong gia tốc.
- Dải đo rộng ($\pm 1000g$): Gia tốc kế áp điện có thể đo được gia tốc trong dải từ vài Hz đến hàng trăm kHz, phù hợp với nhiều ứng dụng khác nhau.
- Tính ổn định: Gia tốc kế áp điện có tính ổn định cao, cho phép nó duy trì độ nhạy và độ chính xác trong thời gian dài.

2.3.4. Nguyên lý đo nhiệt độ

Để đo nhiệt độ của động cơ điện, các loại cảm biến đo thông dụng gồm:

- **Phương pháp không xâm lấn**

Phương pháp đo không xâm lấn không làm ảnh hưởng đến hiệu suất động cơ, đo được nhiệt độ ở nhiều vị trí trên động cơ.

Camera ảnh nhiệt sẽ sử dụng dải quang phổ bức xạ nhiệt này để tái tạo hình ảnh dưới dải nhiệt mẫu. Những vật thể có nhiệt độ trên 0 tuyệt đối đều phát ra một lượng bức xạ nhiệt có thể phát hiện được. Nhiệt độ này càng cao thì bức xạ nhiệt phát ra càng nhiều. Nhưng giá thành cao và có nhiều nguồn nhiệt khác nhau trong nhà máy dẫn đến nhiều vì vậy không lựa chọn phương án này.

- **Phương pháp đo xâm lấn**

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Các thiết bị cần được lắp đặt để hạn chế ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ cũng như hiệu suất động cơ. Phương pháp đo xâm lấn gồm: đầu dò điện trở (RTD), cặp nhiệt điện (Thermocouple).

Cặp nhiệt điện là cảm biến được sử dụng phổ biến nhất để đo nhiệt độ. Cảm biến dựa trên hiện tượng chênh lệch nhiệt độ giữa hai kim loại khác nhau gây ra hiệu điện thế giữa chúng. Kết quả có độ chính xác cao, nguyên lý sử dụng đơn giản và hoạt động tốt với môi trường công nghiệp nhưng chỉ có thể đo nhiệt tại một vùng cố định và phải lắp đặt xâm lấn nếu muốn giám sát nhiệt độ trong thân động cơ. Cặp nhiệt điện có độ chính xác cao và khoảng đo rộng, giá thành hợp lý.

Đầu dò điện trở đo nhiệt độ bằng cách đặt lên bề mặt, vặn hoặc lắp vào một vật thể hoặc ngập trong chất lỏng để theo dõi sự thay đổi nhiệt độ. Các thiết bị điện tử bên ngoài được sử dụng để đo điện trở của cảm biến bằng cách cho một dòng điện nhỏ chạy qua cảm biến để tạo ra điện áp. Thông thường dòng điện đo từ 1 mA trở xuống. Đầu dò điện trở cũng cần đưa đầu dò điện trở vào nơi cần đo gây khó khăn trong việc lắp đặt.

Kết luận: phương án được lựa chọn là phương pháp đo bằng cặp nhiệt điện để đo nhiệt độ động cơ vì độ chính xác cao, ít nhiễu bởi môi trường trong nhà máy.

2.3.5. Nguyên lý đo moment

• Sử dụng máy phát điện

Máy phát điện được nối với trục của động cơ có thể tạo lỗi quá tải cho động cơ và từ cường độ dòng điện và điện áp của máy phát điện có thể tính được moment xoắn động cơ tạo ra. Phương pháp này yêu cầu diện tích lắp đặt lớn do kích thước máy phát điện lớn.

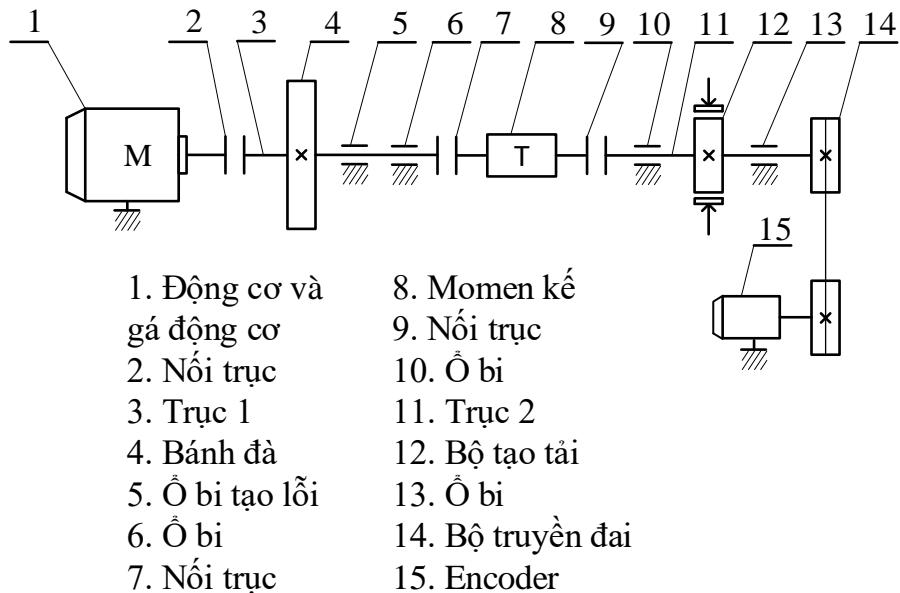
• Sử dụng cảm biến đo moment xoắn

Cảm biến moment xoắn dựa trên việc đo lường gia tốc góc của trục quay và chuyển đổi thành tín hiệu điện. Phương pháp này có ưu điểm là giảm kích thước bộ tạo lỗi, độ chính xác cao và phạm vi đo rộng (có thể lên tới 1000 Nm).

Kết luận: lựa chọn phương án cảm biến đo moment xoắn vì không cần diện tích lớn như máy phát điện, độ chính xác cao, phạm vi đo rộng.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống cơ khí

Sơ đồ nguyên lý trên Hình 3.1 biểu diễn nguyên lý của hệ thống tạo điều kiện hoạt động phát sinh lỗi cho động cơ điện ba pha dựa theo các phương án đã chọn về phần cơ khí. Cụ thể các phương án để tạo điều kiện phát sinh lỗi về cơ khí đã chọn được thiết kế như sau:

- *Hoạt động sai lệch gá đặt động cơ:* động cơ và gá động cơ (chi tiết 1). Ở cụm này sẽ thiết kế bộ gá động cơ và các chi tiết phụ trợ để gá đặt các động cơ có công suất và kích thước khác nhau. Từ đó có thể tạo điều kiện hoạt động sai lệch lắp đặt động cơ.

- *Lỗi lệch tâm trực:* bánh đà (chi tiết 4). Bánh đà được thiết kế để có thể tạo ra điều kiện hoạt động lệch tâm trực bằng cách thêm hoặc thay đổi tải lệch tâm, từ đó sẽ có thể phát sinh nên lỗi lệch tâm trực động cơ.

- *Điều kiện hoạt động quá tải:* bộ tạo tải (chi tiết 12). Thiết kế bộ tạo tải bằng lực ma sát giữa bánh đai và dây đai, kết hợp với lò xo để thay đổi lực căng đai ban đầu.

Ngoài ra còn có các chi tiết, cụm chi tiết khác:

- *Các chi tiết trực:* trục 1 (chi tiết 3) và trục 2 (chi tiết 11).

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

- Các ô bi (chi tiết 5, 6, 10, 13): Trong đó có ô bi tạo lỗi (chi tiết 5) để tạo điều kiện hoạt động bất thường cho động cơ.
- Các nối trực (2, 7, 9).
- Bộ truyền đai (14) và encoder (15): Đo tốc độ quay của trục hệ thống.

3.1. Thiết kế cụm gá động cơ

Do đồ án khảo sát các động cơ của hãng Cantoni có dải công suất từ 0,4kW đến 2,2kW nên kích thước của động cơ phụ thuộc vào ngưỡng công suất của động cơ. Do đó trước khi thiết kế bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi, ta thiết kế bộ gá động cơ cho các động cơ thuộc dải công suất mà ta khảo sát. Bởi vì hệ thống cần độ đồng trục giữa trục động cơ và trục của bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi phải có độ chính xác cao, do đó cần phải thiết kế cụm gá động cơ sao cho ta có thể điều chỉnh động cơ theo phương vuông góc với trục. Từ đó, cụm gá động cơ gồm các tấm gá động cơ phù hợp cho các động cơ khác nhau nằm trong dải công suất đã chọn, có 1 bộ truyền vít me đai ốc bi và bàn nâng để có thể điều chỉnh vị trí của động cơ sao cho trục động cơ lắp được với trục của bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi.

3.1.1. Thiết kế bộ truyền vít me đai ốc bi

Ta tính toán bộ truyền vít me đai ốc bi theo tài liệu Thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1 [26] với các thông số đầu vào sau:

- Giới hạn chảy của vật liệu: $\sigma_{ch} = 360 \text{ (MPa)}$
- Đối với động cơ nằm trong dải công suất từ 0,4kW đến 2,2kW của hãng Cantoni có khối lượng lớn nhất là 26 kg. Chọn tải trọng tối đa mà bộ truyền vít me đai ốc bi tải: $m = 50 \text{ kg}$. Suy ra lực tải trọng dọc trục:

$$F_a = 10 \cdot m = 10 \cdot 50 = 500 \text{ (N)}$$

Xác định sơ bộ đường kính trong của ren theo độ bền kéo:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot F_a}{\pi \cdot [\sigma_K]}} = 2,63 \quad (3.1)$$

→ Chọn $d_1 = 15 \text{ (mm)}$.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Chọn các thông số của bộ truyền theo tài liệu [26]:

- Đường kính bi $d_b = (0,08 \dots 0,15)d_1 = (1,2 \dots 2,25)$. Chọn $d_b = 2$ (mm).
- Bước vít $p = d_b + (1 \dots 5) = (3 \dots 7)$. Chọn $p = 5$ (mm).
- Bán kính rãnh lăn $r_1 = (0,51 \dots 0,53).d_b = (1,02 \dots 1,06)$. Chọn $r_1 = 1,04$ (mm).
- Khoảng cách từ tâm rãnh lăn đến tâm bi (với $\beta = 45^\circ$ là góc tiếp xúc)

$$c = \left(r_1 - \frac{d_b}{2}\right) \cos\beta = 0,028 \text{ (mm)}$$
- Đường kính vòng tròn qua các tâm bi $D_{tb} = d_1 + 2(r_1 - c) = 17,023$ (mm).
- Đường kính trong của đai ốc $D_1 = D_{tb} + 2(r_1 - c) = 19,047$ (mm).
- Chiều sâu của prôfin ren $h_1 = (0,3 \dots 0,35)d_b = (0,6 \dots 0,7)$. Chọn $h_1 = 0,6$ (mm).
 - Đường kính ngoài của vít và đai ốc:
$$d = d_1 + 2h_1 = 16,2 \text{ (mm)}$$

$$D = D_1 - 2h_1 = 17,847 \text{ (mm)}$$
- Góc vít $\gamma = \arctan[p/(\pi D_{tb})] = 0,093$ (rad).
- Số bi trên các vòng ren làm việc $Z_b = \pi D_{tb}K/d_b - 1 = 52,48$ (với $K = 2$ là số vòng ren làm việc). Chọn $Z_b = 53$ (bi).
- Xác định khe hở hướng tâm $\Delta = D_1 - (2d_b + d_1) = 0,047$ (mm).
- Khe hở tương đối $\chi = \Delta/d_1 = 0,003$ (mm).
- Góc ma sát lăn thay thế $\varphi_1 = \arctan[2f_t/(d_1 \sin\beta)] = (0,0007 \dots 0,0011)$ với $f_t = (0,004 \dots 0,006)$. Chọn $\varphi_1 = 0,001$.
- Hiệu suất khi biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến $\eta = \tan\gamma/\tan(\gamma + \varphi_1) = 0,9893 = 98,93\%$.
- Momen quay đai ốc $T = F_a D_{tb} \tan(\gamma + \varphi_1)/2 = 402,18$ (Nmm).

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Tính kiểm nghiệm về độ bền theo tải trọng riêng dọc trực được xác định theo công thức:

$$q_a = \frac{F_a}{Z_b d_b^2 \lambda} = 2,948 \quad (3.2)$$

Với $\lambda = 0,8$ – hệ số phân bố không đều tải trọng cho các viên bi.

Dựa vào giá trị tải trọng riêng dọc trực $q_a = 2,948$ và đồ thị ở Hình 8.10 của tài liệu [26], ta tra được trị số $\sigma_{max} = 2290 MPa \leq [\sigma_{max}] = 5000 MPa$.

Vậy bộ truyền vít me được chọn thỏa mãn điều kiện bền.

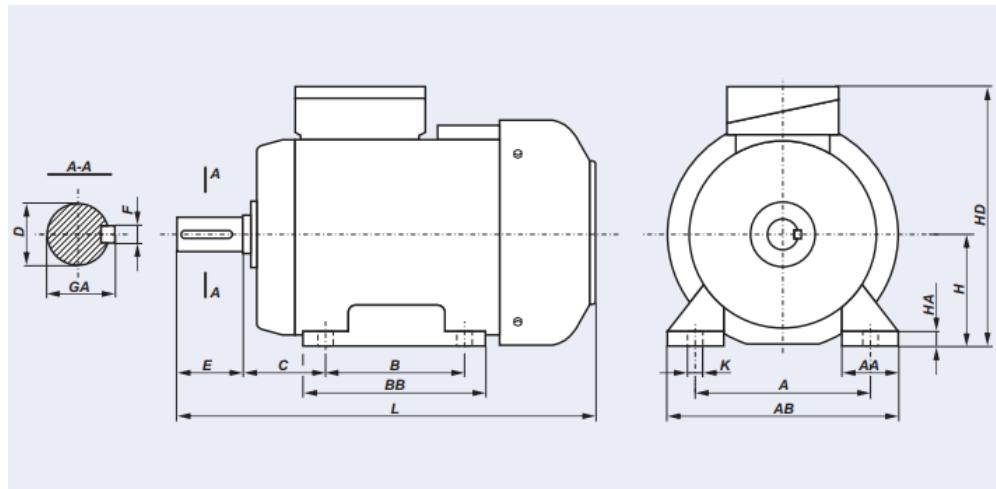
Bảng 3.1. Bảng thông số bộ truyền vít me – đai ốc bi

Thông số	Kí hiệu	Giá trị
Đường kính trong của ren	d_1	15 (mm)
Đường kính bi	d_b	2 (mm)
Bước vít	p	5 (mm)
Bán kính rãnh lăn	r_1	1,04 (mm)
Tâm rãnh lăn tới tâm bi	c	0,028 (mm)
Đường kính vòng tròn qua các tâm bi	D_{tb}	17,023 (mm)
Đường kính trong đai ốc	D_1	19,047 (mm)
Chiều sâu profin ren	h_1	0,6 (mm)
Đường kính ngoài của vít	d	16,2 (mm)
Đường kính ngoài đai ốc	D	17,847 (mm)
Góc vít	γ	0,093 (rad)
Số bi trên các vòng ren làm việc	Z_b	53 (bi)
Khe hở hướng tâm	Δ	0,047 (mm)
Khe hở tương đối	χ	0,003 (mm)
Góc ma sát lăn thay thế	φ_1	0,001 (rad)
Hiệu suất	η	98,93 %
Momen quay đai ốc	T	402,18 (Nmm)

3.1.2. Lựa chọn bàn nâng

Ngoài việc dùng vít me điều chỉnh động cơ dịch chuyển theo phương ngang, cần phải điều chỉnh được độ cao của trục động sao cho trục động cơ gá được vào trục của bộ tạo lỗi với sai số lệch trục nhỏ nhất có thể. Do kích thước của các động cơ khác nhau dẫn đến kích thước H (Hình 3.2) cũng sẽ khác nhau, do đó cần bố trí 1 bàn nâng có thể điều chỉnh độ cao bằng tay để thuận tiện trong việc nâng hạ động cơ.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 3.2. Các thông số hình học của động cơ Cantoni [27]

Khoảng cách từ mặt bàn đến trục chính của bộ tạo lõi là 270mm, chiều cao của bàn trượt (tính từ đáy đến bàn gá) là 65mm, kích thước H của động cơ 0,4kW – 2,2kW là từ 71mm đến 100mm. Từ đây tính được khoảng nâng hạ bàn nâng cần thiết là 105 – 134mm. Chọn bàn nâng HTZ210 điều chỉnh bằng núm xoay với tải trọng chịu được là 40kg và khoảng nâng hạ từ 80 – 200mm (như Hình 3.3).



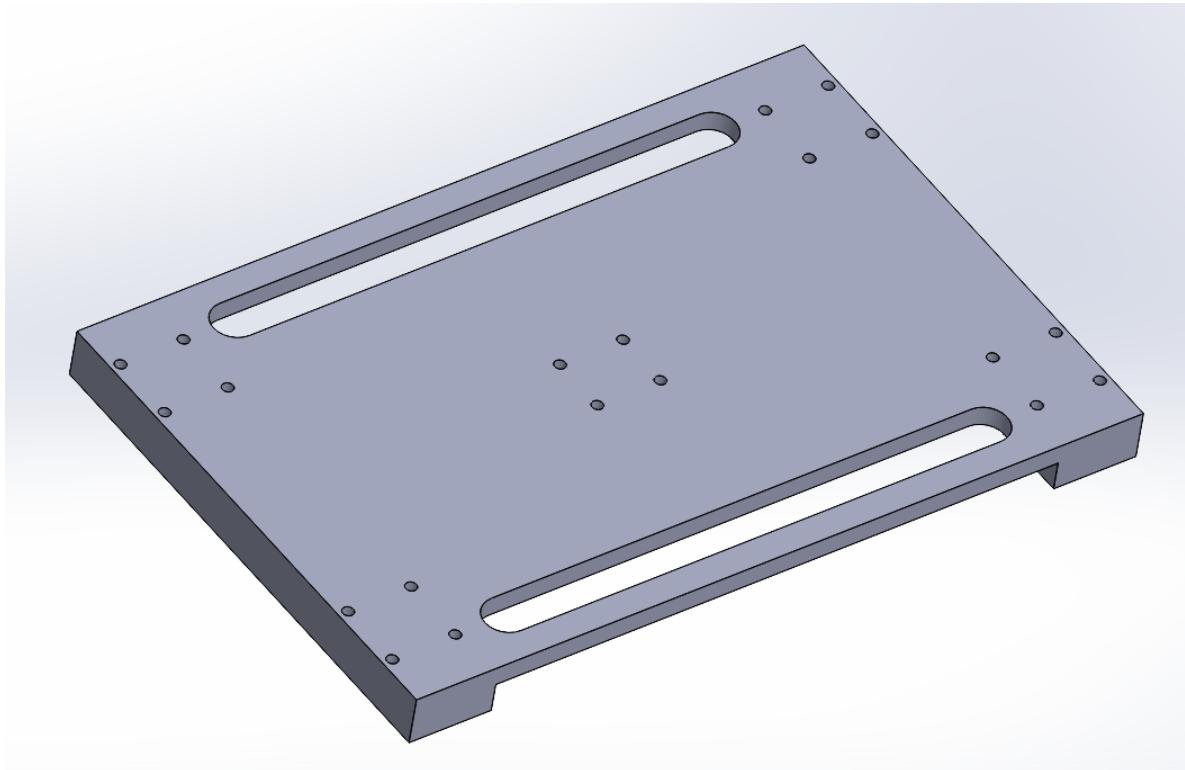
Hình 3.3. Bàn nâng HTZ210

3.1.3. Thiết kế tám gá và các chi tiết khác của cụm gá động cơ

Tuy dải động cơ được chọn khảo sát nằm trong khoảng 0,4 – 2,2 kW nhưng số lượng động cơ dùng để khảo sát cũng không phải là tất cả các động cơ trong dải công suất đó. Do đó, khi ta cần khảo sát động cơ nào, ta sẽ thiết kế tám gá riêng cho động cơ đó. Hiện tại nhóm chọn động cơ 2,2kW để khảo sát, do đó sẽ thiết kế tám gá cho động cơ 2,2kW, các động cơ công suất khác cũng thiết kế có dạng tương tự. Dựa vào các

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

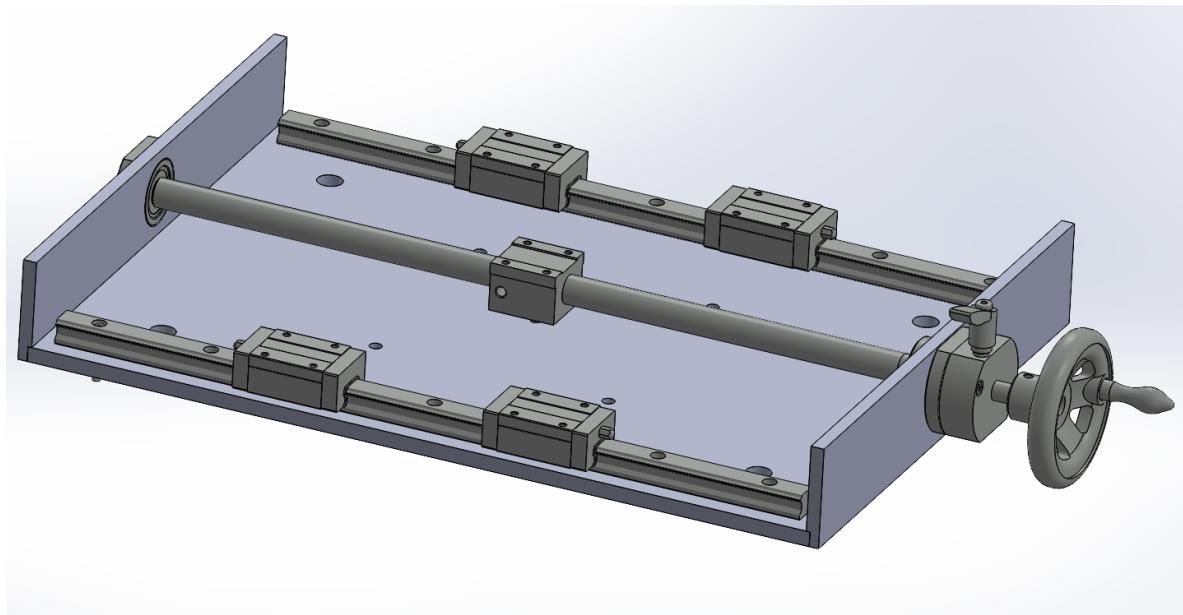
khoảng kích thước bắt bulong trong hình 3.2 (kích thước A và B), thiết kế tâm gá phù hợp (hình 3.4).



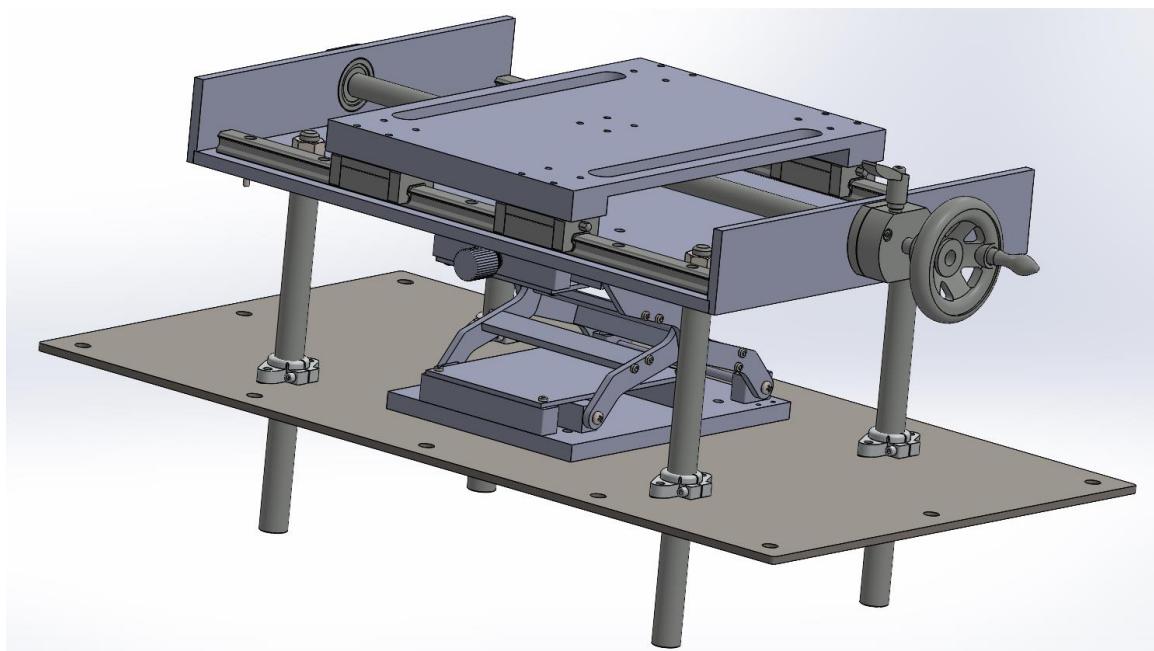
Hình 3.4. Tâm gá động cơ

Tâm gá động cơ được lắp vào đai ốc bi của bộ truyền vít me đai ốc bi, ngoài ra tâm gá còn được lắp kèm với bộ thanh trượt tuyến tính để tâm gá động cơ này có thể dễ dàng di chuyển trên bàn gá (hình 3.5). Bộ truyền vít me đai ốc bi còn cần phải lựa chọn bộ đỡ và bộ khóa trực vít me khi đã điều chỉnh động cơ đến vị trí phù hợp. Bàn nâng điều chỉnh độ cao bằng núm xoay, 4 phía góc của bàn gá động cơ được bố trí 4 trực một đầu ren có chức năng đỡ bàn gá động cơ, khóa 4 trực lại bằng gối đỡ ti trực khi bàn nâng được điều chỉnh đến độ cao cần thiết.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 3.5. Bàn gá gồm thanh trượt tuyến tính và bộ truyền vít me đai ốc bi



Hình 3.6. Cụm gá động cơ

3.2. Thiết kế điều kiện hoạt động lệch tâm trục

3.2.1. Tính lực li tâm tác dụng lên trực động cơ

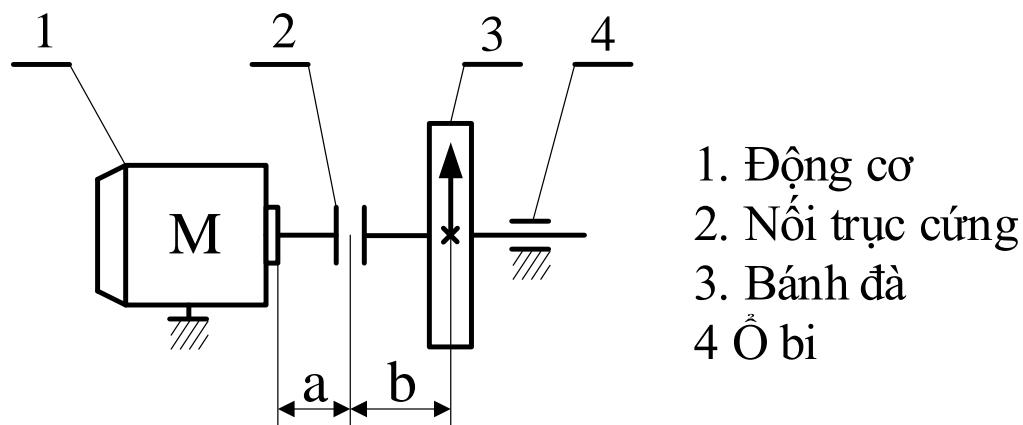
Với yêu cầu tạo ra điều kiện làm việc bất thường cho động cơ nhưng không làm hư hỏng động cơ, tính toán thiết kế lực li tâm tác dụng lên trực tham khảo theo catalog động cơ 3 pha không đồng bộ, loại IE1 của công ty Catoni.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Frame size	Number of poles	Horizontal operation		Vertical operation		Frame size	Number of poles	Horizontal operation		Vertical operation			
		$F_R(x = 0)$	$F_R(x = \text{max})$	F_p	F_{a1}			$F_R(x = 0)$	$F_R(x = \text{max})$	F_p	F_{a1}		
Sh 56	2	0,20	0,16	0,04	0,03	0,05	2Sg 200 LB	6	4,50	3,70	3,70	2,90	4,60
Sh 56	4	0,25	0,20	0,05	0,04	0,06	2Sg 200 L	8	5,10	4,20	4,10	3,40	5,00
Sh 63	2	0,20	0,16	0,04	0,04	0,06	2Sg 225 S	4	4,50	3,60	3,70	3,00	4,60
Sh 63	4	0,25	0,20	0,06	0,05	0,07	2Sg 225 S	8	5,90	4,70	4,70	3,90	5,70
Sh 63	6	0,27	0,22	0,06	0,05	0,07	2Sg 225 M	2	3,50	2,90	2,60	2,00	3,40
Sh 71	2	0,29	0,24	0,07	0,05	0,09	2Sg 225 M	4	4,30	3,40	3,60	2,80	4,70
Sh 71	4	0,36	0,30	0,09	0,07	0,11	2Sg 225 M	6	5,00	4,00	4,10	3,20	5,40
Sh 71	6	0,40	0,35	0,10	0,08	0,12	2Sg 225 M	8	5,70	4,60	4,60	3,70	5,80
Sh 71	8	0,40	0,35	0,11	0,09	0,13	2Sg 250 M	2	4,30	3,60	3,20	2,40	4,20
Sh 80	2	0,33	0,27	0,09	0,06	0,12	2Sg 250 M	4	5,40	4,40	4,40	3,40	5,80
Sh 80	4	0,44	0,37	0,12	0,09	0,15	2Sg 250 M	6	6,10	5,00	5,00	3,80	6,70
Sh 80	6	0,51	0,42	0,14	0,11	0,17	2Sg 250 M	8	6,90	5,60	5,60	4,30	7,20
Sh 80	8	0,51	0,42	0,17	0,15	0,20	2Sg 280 S	2	4,00	3,30	3,10	1,90	4,50
Sh 90	2	0,58	0,44	0,53	0,30	0,40	2Sg 280 S	4	6,10	5,10	5,10	3,70	7,00
Sh 90	4	0,64	0,52	0,60	0,30	0,40	2Sg 280 S	6	7,50	6,20	6,00	4,70	7,70
Sh 90	6	0,74	0,68	0,73	0,30	0,40	2Sg 280 S	8	8,30	6,90	6,60	5,20	8,50
Sh 90	8	0,82	0,74	0,80	0,30	0,40	2Sg 280 M	2	3,90	3,20	3,00	1,80	4,60
Sg 100	2	0,78	0,56	0,70	0,25	0,40	2Sg 280 M	4	5,90	4,90	5,00	3,50	7,10
Sg 100	4	0,81	0,79	0,83	0,25	0,40	2Sg 280 M	6	7,30	6,10	5,90	4,50	7,90

Hình 3.7. Thông số lực cho phép tác dụng lên trực động cơ [27]

Với thiết kế lựa chọn, bánh đà được đặt trên một trục phụ nối với trục động cơ thông qua một nối trục cứng để truyền toàn bộ tác động của lực tải li tâm lên trục động cơ.



Hình 3.8. Sơ đồ tạo điều kiện hoạt động lệch trục

Khoảng cách a phụ thuộc vào kích cỡ động cơ và kích thước nối trục với các ngưỡng công suất khác nhau

=> Khoảng cách b lựa chọn sơ bộ bằng 60 mm.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

**Value of force F_R acting on any point of the shaft end
(between points $X=max$ and $X=0$) may be calculated
according to the following formula:**

$$F_R = F_{x0} - \frac{X}{E} \times (F_{x0} - F_{xmax}) [N]$$

where: F_{x0} - value of F_R force acting on the beginning of the shaft end
 F_{xmax} - value of F_R force acting on the end of the shaft end
 E - length of the shaft end

Hình 3.9. Công thức nội suy lực cho phép [27]

Tính lực cho phép dựa vào bảng giá trị lực tối đa được phép tác động lên trục và công thức nội suy dựa theo khoảng cách từ lực li tâm đến mặt động cơ. Công thức nội suy ứng với hệ:

$$F_r = F_{x0} - \frac{a+b}{a} \cdot (F_{x0} - F_{xmax}) \quad (3.3)$$

Đối với động cơ có công suất 0,4 kW

Lực tối đa cho phép tác dụng lên trục:

$$F_r = F_{x0} - \frac{a+b}{a} \cdot (F_{x0} - F_{xmax}) = 290 - \frac{30+60}{30} (290 - 240) = 140 N$$

Trong đó: Khoảng cách $a = 30 mm$, $F_{x0} = 290N$, $F_{xmax} = 240N$ tra theo [27]

Đối với động cơ có công suất 2,2 kW

Lực tối đa cho phép tác dụng lên trục:

$$F_r = F_{x0} - \frac{a+b}{a} \cdot (F_{x0} - F_{xmax}) = 810 - \frac{60+60}{60} (810 - 790) = 770 N$$

Trong đó: Khoảng cách $a = 60 mm$, $F_{x0} = 810N$, $F_{xmax} = 790N$ tra theo [27]

Kết luận: Lực li tâm cần tạo ra có giá trị trong khoảng từ 140N đến 770N.

3.2.2. Tính kích thước bulong, đai ốc cố định tải lệch tâm

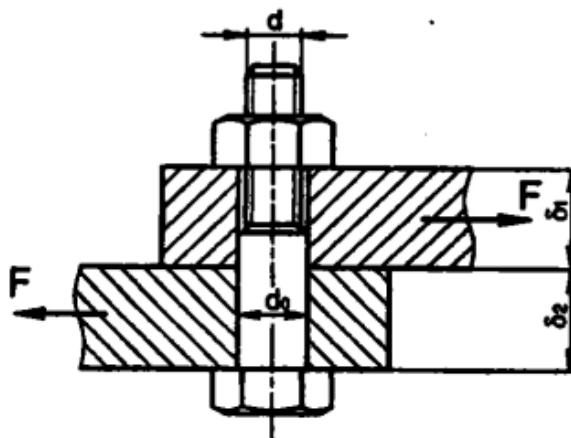
Bulong cố định tải lệch tâm được lựa chọn lắp không có khe hở, lực được truyền trực tiếp qua thân bulong, khi đó đường kính thân bulong phải thỏa điều kiện bền cắt theo công thức:

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

$$d > \sqrt{\frac{4F}{i \cdot \pi \cdot [\tau]}} = \sqrt{\frac{4.770}{1 \cdot \pi \cdot 120}} = 2,85 \quad (3.4)$$

Trong đó:

- + F là lực kéo giữa hai bề mặt
- + i là số mặt tiếp xúc giữa các chi tiết ghép
- + $[\tau]$ là giới hạn bền cắt của bulong ($120 N/mm^2$)



Hình 3.10. Mối ghép bulong không có khe hở

Kết luận: Chọn bulong M5 để cân đối kích thước và dễ tháo lắp.

3.2.3. Tính kích thước bánh đà

Ta có công thức tính lực li tâm:

$$F_{lt} = m \cdot a_{lt} = m \omega^2 R \quad (3.5)$$

Trong đó:

- + F_{lt} là lực li tâm.
- + m là khối lượng của tải trọng đặt lệch tâm.
- + a_{lt} là gia tốc li tâm.
- + ω là vận tốc góc của trục quay.

$(\omega_{max} = 50.2\pi$ với động cơ có vận tốc 3000 vòng/phút)

$(\omega_{min} = 25.2\pi$ với động cơ có vận tốc 1500 vòng/phút)

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

+ R là khoảng cách từ tâm trục quay đến tâm khối lượng tải trọng đặt lệch tâm.

Từ đó ta có:

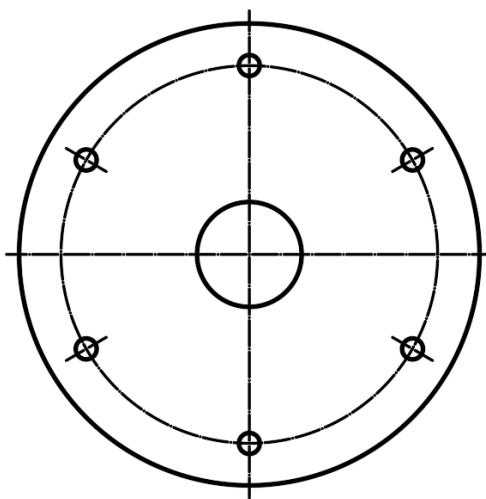
$$\frac{F_{lt_{min}}}{\omega_{max}^2} \leq mR \leq \frac{F_{lt_{max}}}{\omega_{min}^2}$$

$$\rightarrow 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m} \leq mR \leq 15,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}$$

Khoảng cách R cần được chọn vừa phải để bánh đà có kích thước phù hợp và khối lượng tải đặt thêm nằm trong khoảng thích hợp, dễ chia các mức tải để thêm hoặc bớt khi cần thay đổi tải trọng. Lựa chọn $R = 45 \text{ mm}$.

$$\rightarrow 30g \leq m \leq 350g$$

Kết luận: Kích thước bánh đà lựa chọn phù hợp tương quan với kích thước của động cơ và kích thước vị trí đặt tải lệch tâm, chọn bánh đà có đường kính 110mm và có dạng như hình 3.6.



Hình 3.11. Dạng bánh đà thiết kế

3.3. Thiết kế điều kiện hoạt động quá tải

3.3.1. Xác định momen xoắn cần

Momen tạo ra bởi động cơ được tính toán theo công thức:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (3.6)$$

Trong đó:

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

+ T là momen xoắn tạo ra bởi động cơ (N.m).

+ P là công suất của động cơ (W).

+ ω là vận tốc góc của trục động cơ.

$$\omega_{max} = 50.2\pi \frac{rad}{s} \text{ với động cơ } 3000 \text{ vòng/phút}$$

$$\omega_{min} = 25.2\pi \frac{rad}{s} \text{ với động cơ } 1500 \text{ vòng/phút}$$

Dựa vào dải công suất của động cơ cần khảo sát, ta tính toán được momen xoắn tạo bởi động cơ nằm trong khoảng:

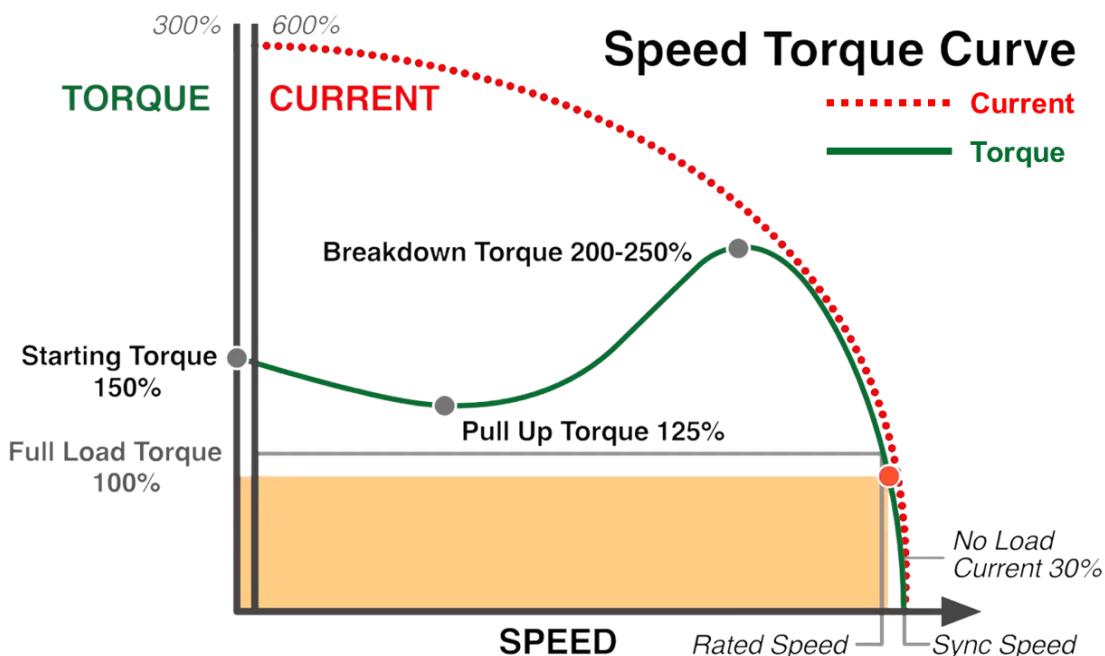
$$0,4 \text{ kW} \leq P \leq 2,2 \text{ kW}$$

Ta lại có:

$$\frac{P_{min}}{\omega_{max}} \leq T \leq \frac{P_{max}}{\omega_{min}}$$

$$\rightarrow 1,27 \text{ N.m} \leq T \leq 14 \text{ N.m}$$

Dựa vào đường đặc tính vận tốc, momen của động cơ, nhận thấy động cơ có khả năng sinh momen xoắn lớn nhất khoảng 2 lần momen xoắn định mức. Nếu momen xoắn vượt quá giá trị này sẽ làm hư hỏng động cơ.



Hình 3.12. Đường đặc tính moment – vận tốc của động cơ [28]

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Vậy để tạo tải cho động cơ, cần sinh ra momen xoắn cản có giá trị từ 1 đến 2 lần giá trị momen xoắn định mức của động cơ.

$$2T_{min} \leq T_c \leq 2T_{max}$$

$$\rightarrow 2,54 \text{ N.m} \leq T_c \leq 28 \text{ N.m}$$

3.3.2. Xác định sơ bộ đường kính bánh đai

Dựa vào công thức (5.23) của tài liệu [29], ta có thể tính được khoảng giá trị của đường kính bánh đai

$$d = (5,2 \div 6,4) \sqrt[3]{T} \quad (3.7)$$

Với $T = (2,54 \div 28)$ (N.m), thay vào ta được khoảng giá trị của đường kính bánh đai:

$$d = (70,95 \div 194,34) \text{ (mm)}$$

Theo tiêu chuẩn, chọn sơ bộ đường kính bánh đai $d = 100 \text{ mm}$, suy ra bán kính bánh đai $R = 50 \text{ mm}$.

3.3.3. Xác định lực ma sát giữa dây đai và bánh đai

Momen xoắn cản được sinh ra bởi lực ma sát giữa bánh đai và dây đai. Với bán kính bánh đai được thiết kế sơ bộ là bằng 50 mm như đã trình bày ở trên, lực ma sát cần tạo ra có thể được xác định theo công thức:

$$T_c = F_{ms} \cdot R \quad (3.8)$$

Trong đó:

+ T_c là momen cản (N.m) ;

+ F_{ms} là lực ma sát (N) ;

+ R là bán kính bánh đai (m).

Khi đó:

$$2,54 \text{ N.m} \leq F_{ms} \cdot R \leq 28 \text{ N.m}$$

$$\rightarrow 50N \leq F_{ms} \leq 560N$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

3.3.4. Xác định lực căng đai ban đầu

Lực ma sát giữa bánh đai và dây đai được sinh ra nhờ lực căng dây đai. Độ lớn của lực căng đai được xác định theo công thức:

$$F_0 = \frac{F_t(e^{f\alpha} + 1)}{2(e^{f\alpha} - 1)} \quad (3.9)$$

Trong đó:

+ F_0 là lực căng đai cần thiết (N);

+ $F_t = F_{ms}$: là lực vòng tạo ra bởi lực ma sát (N);

+ $f = 0,3$ là hệ số ma sát giữa bánh đai và dây đai (chọn bằng 0,3 tra từ bảng 18.2 theo [30]).

+ $\alpha = 180^\circ$ là góc ôm của dây đai lên bánh đai (rad)

$$\rightarrow 57 N \leq F_0 \leq 640 N$$

3.3.5. Xác định các thông số của dây đai và bánh đai

Ta có đường kính bánh đai được xác định ở phần 3.3.2 là $d = 100$ (mm). Xác định các thông số còn lại theo các công thức của tài liệu [26] và [29].

Vận tốc dài của đai theo điều kiện (với $n = 1500$ (rpm) hoặc $n = 3000$ (rpm) là tốc độ quay của động cơ):

$$v = \frac{\pi d n}{60000} = (7,85 \dots 15,71) \text{ (m/s)} \leq (25 \dots 30) \quad (3.10)$$

Khoảng cách trục $a = 2(d_1 + d_2) = 400$ (mm), với d_1 được chọn bằng d_2 .

Chiều dài dây đai:

$$L = 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} = 1114,16 \text{ (mm)} \quad (3.11)$$

Theo tiêu chuẩn chọn $L = 1000$ (mm). Vì đây là bộ truyền đai hở nên chiều dài dây đai thực tế có thể xem là một nửa giá trị L được chọn.

Kiểm tra lại số vòng chạy trong 1s:

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

$$i = \frac{v}{L} = (7,85 \dots 15,71) \text{ (s}^{-1}\text{)} \leq (10 \dots 20) \quad (3.12)$$

Chiều dày của dây đai được chọn là $\delta = 3 \text{ (mm)}$ theo Bảng 4.3 tài liệu [26].

Xác định chiều rộng dây đai b:

$$b \geq \frac{1000P}{v\delta[\sigma_t]_o C_t C_\alpha C_v C_b} = (6,5 \dots 71,5) \text{ (mm)} \quad (3.13)$$

Chọn b = 25, với:

- $C_t = 0,85$, hệ số xét đến ảnh hưởng đến chế độ tải trọng.
- $C_\alpha = 1 - 0,003(180^\circ - \alpha_1) = 1$, hệ số xét đến ảnh hưởng của góc ôm
- $C_v = 1 - c_v(0,01v^2 - 1) = 0,94$, hệ số xét đến ảnh hưởng của vận tốc với $c_v = 0,04$ đối với đai dẹt.
- $C_b = 0,8$, hệ số xét đến ảnh hưởng sự bố trí của bộ truyền (nghiêng 90° so với phương ngang)
- $[\sigma_p]_o = 2,04$, ứng suất có ích cho phép của đai (N/mm^2) (Tra Bảng 4.7 tài liệu [29])

Chiều rộng bánh đai $B = 32 \text{ (mm)}$ theo Bảng 4.5 tài liệu [29].

Bảng 3.2. Bảng thông số bộ truyền đai

Thông số	Kí hiệu	Giá trị
Đường kính bánh đai	d	100 (mm)
Khoảng cách trực	a	400 (mm)
Chiều dài dây đai	L	1000 (mm)
Chiều dày dây đai	δ	3 (mm)
Bề rộng dây đai	b	25 (mm)
Bề rộng bánh đai	B	32 (mm)
Lực căng đai nhỏ nhất	F_{0min}	57 (N)
Lực căng đai lớn nhất	F_{0max}	640 (N)

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

3.3.6. Tính toán thiết kế lò xo

Với thông số đầu vào là lực tác dụng lớn nhất và nhỏ nhất lên lò xo lần lượt là $F_{max} = 640 N$, $F_{min} = 57 N$. Thiết kế lò xo theo trình tự tính toán thiết kế trong trường hợp lò xo chịu kéo theo tài liệu [29]:

- Chọn vật liệu lò xo: thép nhiều cacbon, theo bảng 5.1 và bảng 5.1 ta có: $\sigma_b = 1500 MPa$; $\tau_b = 1400 MPa$; $\tau_{-1} = 400 MPa$; $\tau_{ch} = 900 MPa$. Với tải trọng thay đổi, $[\tau] = 0,3\sigma_b = 0,3 \cdot 1500 = 450 MPa$.

- Chuyển vị làm việc lò xo $x = 10 mm$.

- Chọn chỉ số của lò xo $c = D/d = 5$, khi đó tính được hệ số Wahl:

$$K_w = \frac{(4c - 1)}{(4c - 4)} + \frac{0,615}{c} = 1,31 \quad (3.14)$$

- Đường kính dây lò xo:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K_w F_{max} c}{[\tau]}} = 4,884 \quad (3.15)$$

Chọn $d = 5 mm$, ta thấy c được chọn phù hợp với d. Đường kính trung bình $D = c \cdot d = 5 \cdot 5 = 25 mm$.

- Số vòng làm việc của lò xo theo chuyển vị làm việc x và F_{max}, F_{min} (với $G = 8 \cdot 10^4 MPa$ là mô đun đàn hồi trượt):

$$n = \frac{xGd}{8c^3(F_{max} - F_{min})} = 6,86 \quad (3.16)$$

Chọn $n = 7$ vòng.

- Bước của lò xo khi chưa chịu tải:

$$p = d + \frac{(1,1 \div 1,2)}{n} \lambda_{max} = (6,76 \div 6,92) (mm) \quad (3.17)$$

Trong đó:

$$\lambda_{max} = \frac{8c^3}{Gd} n F_{max} = 11,2 \quad (3.18)$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Tính toán các thông số của lò xo:

- Chiều cao một đầu mốc của lò xo $h_m = (0,5 \div 1)D = (12,5 \div 25) \text{ (mm)}$.

Chọn $h_m = 15 \text{ mm}$.

- Chiều cao lò xo ban đầu $H_o = nd + 2h_m = 65 \text{ (mm)}$.

- Độ mềm của một vòng lò xo:

$$\lambda_1 = \frac{8c}{Gd} = 0,0025 \quad (3.19)$$

- Chiều cao lò xo khi chịu lực lớn nhất $H_{max} = H_o + \lambda_1 n(F_{max} - F_o) = 71,72 \text{ (mm)}$.

Với: $F_o = F_{lim}/3 = 256 \text{ (N)}$; $F_{lim} = (1,05 \div 1,2)F_{max} = (672 \div 768) \text{ (N)}$.

- Xác định góc nâng vòng xoắn $\gamma = 0,088 \text{ rad}$, với $\tan \gamma = p/(\pi D) = 0,088$.

- Chiều dài dây để làm một đầu mốc $l_d = 3\pi h_m/4 = 35,34 \text{ (mm)}$.

- Chiều dài dây để quấn lò xo:

$$L = \frac{\pi D n}{\cos \gamma} + 2l_d = 587,25 \text{ (mm)} \quad (3.20)$$

Bảng 3.3. Bảng thông số của lò xo

Thông số	Kí hiệu	Giá trị
Chuyển vị làm việc lò xo	x	10 (mm)
Chỉ số của lò xo	c	5
Hệ số Wahl	K_w	1,31
Đường kính dây lò xo	d	5 (mm)
Đường kính trung bình	D	25 (mm)
Số vòng làm việc	n	7 (vòng)
Bước của lò xo ban đầu	p	(6,76 ÷ 6,92) (mm)
Chiều cao một đầu mốc	h_m	15 (mm)
Chiều cao lò xo ban đầu	H_o	65 (mm)
Chiều cao lò xo lớn nhất	H_{max}	71,72 (mm)

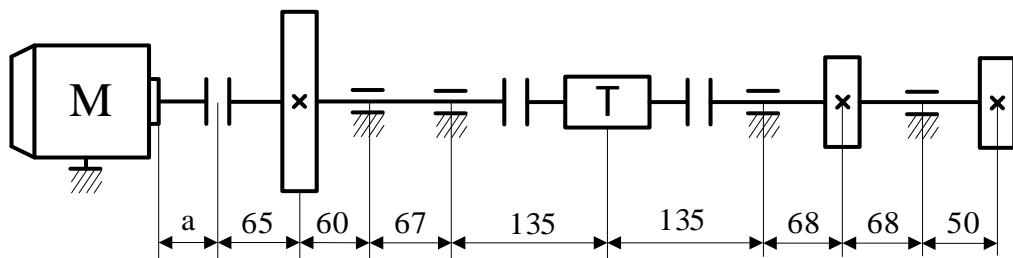
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Chiều dài dây làm một đầu móc	l_d	35,34 (mm)
Chiều dài dây để quấn lò xo	L	587,25 (mm)

3.4. Tính toán thiết kế trực

- **Vị trí các chi tiết nằm trên trục**

Khoảng cách giữa các chi tiết được thiết kế lựa chọn cân xứng phù hợp với kích thước của các chi tiết.

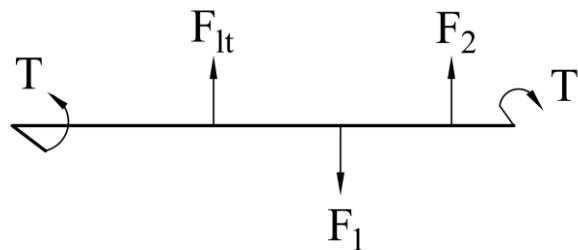


Hình 3.13. Khoảng cách giữa các chi tiết trong bộ tạo lối

Trong đó: a là khoảng cách từ mặt động cơ tới nối trục, tra theo [27] tùy thuộc vào công suất động cơ.

- **Tính toán phản lực tại các gối đỡ**

Trục I:



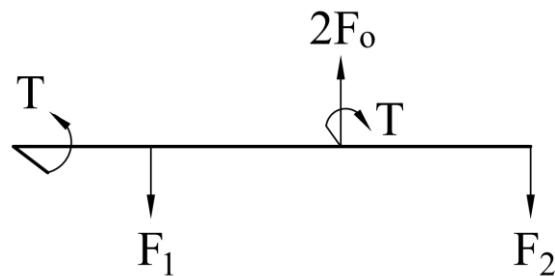
Hình 3.14. Phân tích lực trục I

Trục động cơ được nối với trục I thông qua nối trục cứng do đó xem toàn bộ tác động lực được truyền qua không đổi giữa hai trục. Chọn trường hợp động cơ có công suất lớn nhất, chiều dài trục lớn nhất do đó momen uốn đặt trên trục I lớn nhất để kiểm tra bền cho trục I. Chiều dài trục động cơ lớn nhất $a = 60 \text{ mm}$, khi đó:

$$\begin{cases} F_{lt} - F_1 + F_2 = 0 \\ M_1 = F_{lt} \cdot 125 - F_1 \cdot 185 + F_2 \cdot 252 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F_1 = 1459,55 \text{ N} \\ F_2 = 689,55 \text{ N} \end{cases}$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Trục II:

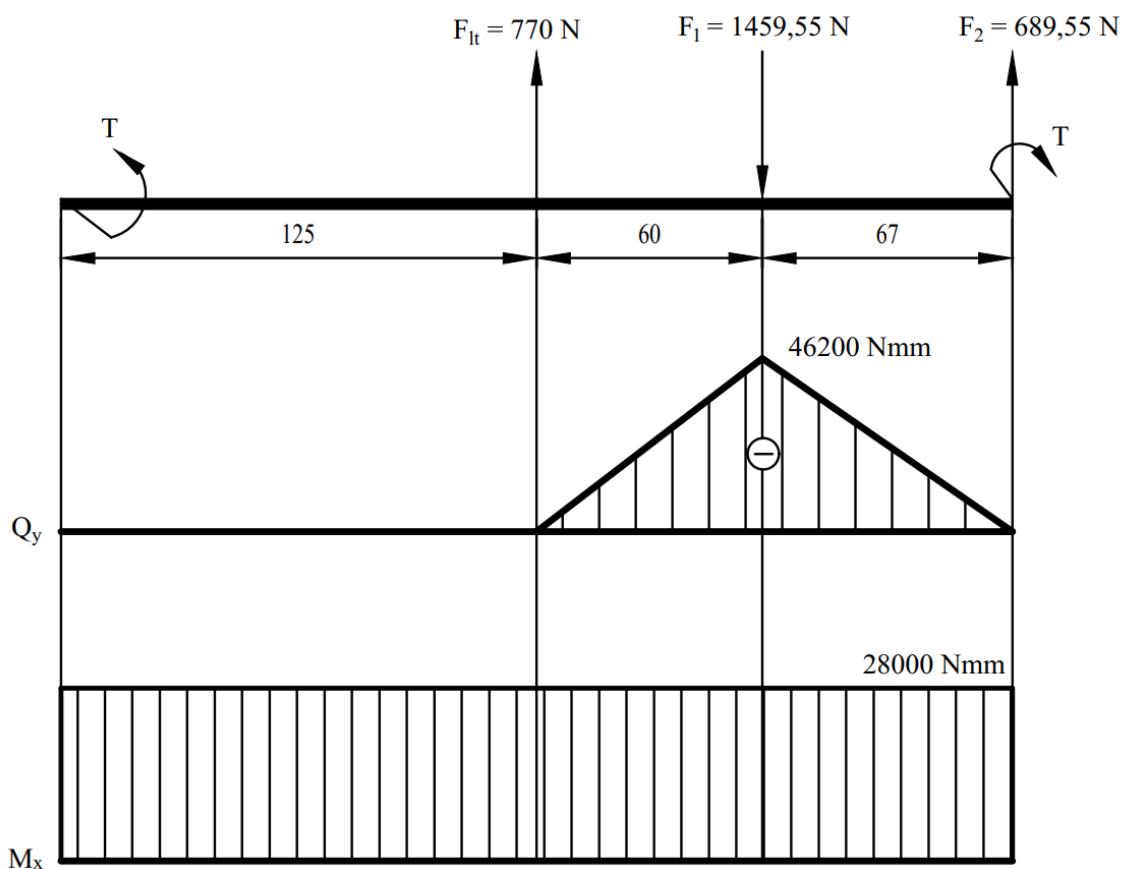


Hình 3.15. Phân tích lực trục II

Do trục II đối xứng:

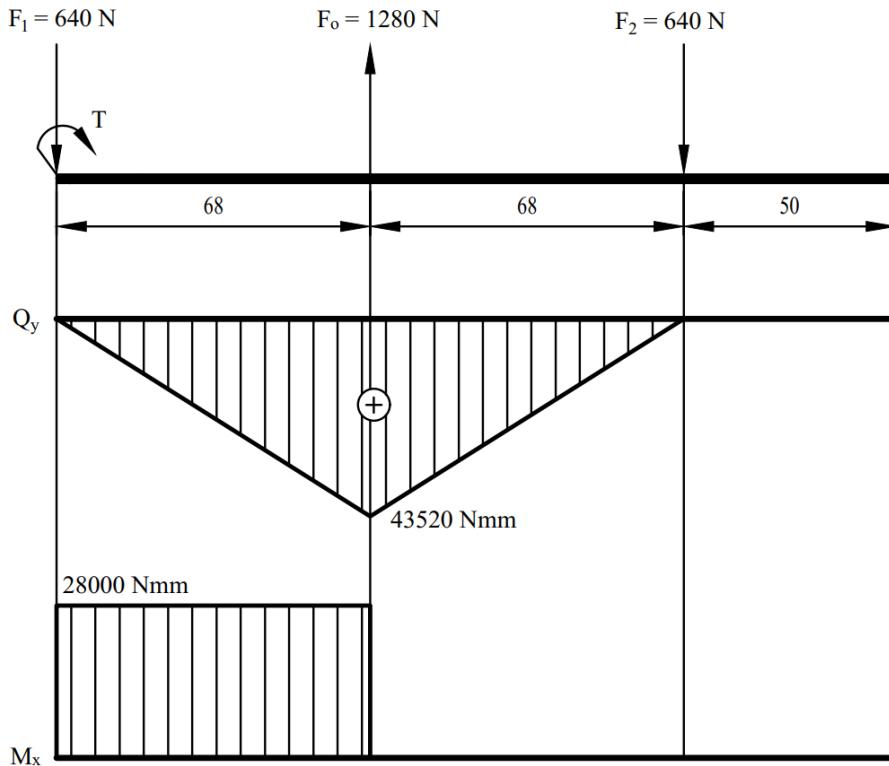
$$\rightarrow F_1 = F_2 = \frac{2F_0}{2} = F_0 = 640 \text{ N}$$

- **Tính toán biểu đồ momen cho các trục**



Hình 3.16. Biểu đồ momen tác dụng lên trục I

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



Hình 3.17. Biểu đồ momen tác dụng lên trực II

* Tính toán kích thước đường kính từng đoạn trực

Momen tương đương được tính toán theo công thức:

$$M_{td} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75 \cdot T^2} \quad (3.21)$$

$$M_{tdI} = 52177 \text{ N.mm}$$

$$M_{tdII} = 49820 \text{ N.mm}$$

Đường kính cần thiết của từng đoạn trực được tính theo công thức 10.17 theo [26].

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{td}}{0,1[\sigma]}} \quad (3.22)$$

Với $[\sigma] = 58 \text{ MPa}$ tra theo bảng 10.5 sách Tính toán hệ dẫn động cơ khí tập 1 [26].

$$d_I = 20,8 \text{ mm}$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

$$d_{II} = 20,48 \text{ mm}$$

Kết luận: Để đồng bộ cho việc mua chi tiết và lắp ráp, lựa chọn đường kính trực tại các vị trí lắp ổ bi bằng 25 mm. Kích thước đường kính trực tại các vị trí còn lại tạo thành trực bậc để tiện cho việc lắp ráp và định vị các chi tiết.

3.5. Tính toán thiết kế then

Chọn then lắp các chi tiết quay như bánh đai, bánh đà cũng như nối trực vào trực là then bằng, các thông số của từng then ứng với đường kính trực tra theo bảng 9.1a của tài liệu [26], chiều dài then lựa chọn phù hợp với bề rộng chi tiết lắp.

Lập bảng kích thước then ứng với từng đoạn trực:

Bảng 3.4. Thông số của cách mối lắp then

	Kích thước tiết diện then		Chiều sâu rãnh then		Bánh kính góc lượn của rãnh r		Chiều dài then l_t
	b	h	Trên trục t_1	Trên lõi t_2	Nhỏ nhất	Lớn nhất	
Bánh đà trục I	8	7	4	3,3	0,16	0,25	20
Nối trực trục I - encoder	8	7	4	3,3	0,16	0,25	25
Nối trực trục II - encoder	8	7	4	3,3	0,16	0,25	25
Bánh đai trục II	8	7	4	3,3	0,16	0,25	28

Kiểm tra điều kiện bền dập và điều kiện bền cắt của mối ghép then theo công thức 9.1 và 9.2 theo [26]:

$$\sigma_d = \frac{2T}{dl_t(h - t_1)} \leq [\sigma_d]$$

$$\tau_c = \frac{2T}{dl_tb} \leq [\tau_c]$$

Tra bảng 9.5 theo [26], lắp then có định với mayo băng thép, tải va đập nhẹ được $[\sigma_d] = 100 \text{ MPa}$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

Đối với thép 45, chịu tải va đập nhẹ, được $[\tau_c] = 40 \dots 60 MPa$

Dựa vào công thức, ta tính toán rồi lập bảng cho tiện tra cứu

Bảng 3.5. Các thông số kiểm nghiệm an toàn của mối lắp then ứng với từng chi tiết

	$T (N.mm)$	$\sigma_d (MPa)$	$\tau_c (MPa)$
Bánh đà trực I	28 000	42,4	15,9
Nối trực trực I - encoder	28 000	29,9	11,2
Nối trực trực II - encoder	28 000	29,9	11,2
Bánh đai trực II	28 000	23,8	8,9

Kết luận: Dựa vào Bảng 3.5, các mối ghép then đã thỏa điều kiện bền dập và điều kiện bền cắt.

3.6. Tính toán thiết kế ổ bi

Vì các ổ bi được lựa chọn có đường kính trực như nhau nên tính toán kiểm nghiệm cho ổ bi chịu tải trọng lớn nhất.

Cặp ổ bi trên trực II chịu tải trọng lớn nhất, với các thông số đầu vào:

$$F_r = 640N; F_a = 0N; n = \frac{3000v}{ph}; d = 25 mm$$

Chọn ổ bi 1 dây UCP205 với các thông số $C=14 kN$, $C_0=7,8 kN$

Tính tải trọng tương đương cho ổ, đối với ổ bi đỡ, không có lực dọc trực, tải trọng tương đương tính theo công thức

$$Q = V \cdot F_r \cdot k_t \cdot k_d \quad (3.23)$$

$$\rightarrow Q = 1.640.1.1,8 = 1150 N$$

Trong đó:

- + V là hệ số kể đến vòng quay, khi vòng trong quay $V=1$
- + k_t là hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt độ, $k_t = 1$ khi nhiệt độ $\leq 105^\circ C$
- + k_d là hệ số kể đến đặc tính tải trọng, tra theo bảng 11.3 tra theo [26], ta được $k_d = 1,8$

- Kiểm tra khả năng tải động

$$C_d = Q \sqrt[m]{L} \quad (3.24)$$

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ

$$\rightarrow C_d = 1150 \cdot \sqrt[3]{1440} \approx 13 \text{ kN} < C = 14 \text{ kN}$$

Trong đó:

+ m=3 đối với ổ bi

$$+ L = L_h \cdot n \cdot \frac{60}{10^6} = 1440 \text{ triệu vòng quay}$$

Lựa chọn $L_h = 8000$ giờ, theo bảng 11.2 theo [26], với bộ tạo lõi được xem là hệ thống sử dụng trong thời gian ngắn và không liên tục.

Vậy, ổ đã thỏa khả năng tải động.

- Kiểm tra khả năng tải tĩnh

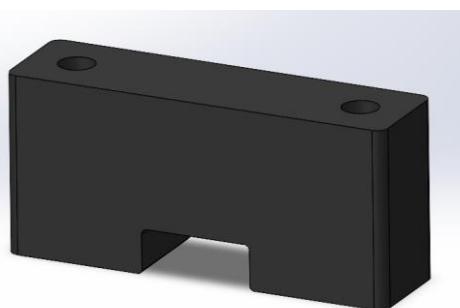
$$\text{Với } F_a = 0, Q_t = X_0 \cdot F_r = 0,6 \cdot 1150 = 690 \text{ N} < F_r \rightarrow \text{chọn } Q_t = F_r$$

$$Q_t = 1150 < C_0 = 7,8 \text{ kN}$$

Vậy, ổ đã thỏa khả năng tải tĩnh

3.7. Thiết kế bộ phận tạo lõi hư vòng bi, bệ gá các ổ bi và cụm khung của hệ thống

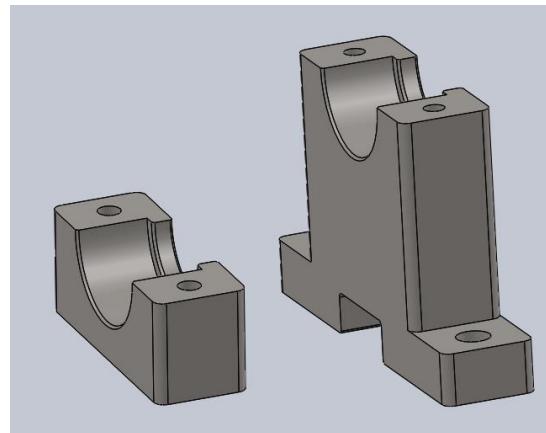
Do bánh đà và bánh đai có kích thước khá lớn nên cần bệ gá các ổ bi để đẩy trực lên cao, tránh bánh đai và bánh đà va chạm với mặt bàn. Thiết kế bệ gá có chiều cao 64mm, bè ngang và bè rộng bằng với kích thước ổ bi.



Hình 3.18. Bệ gá ổ bi

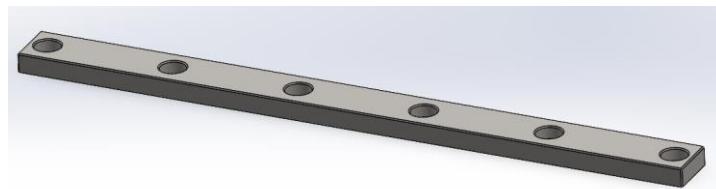
Gối đỡ vòng bi hư hỏng được thiết kế có khả năng tách nửa, ôm lấy vòng ngoài của vòng bi, chiều cao tương xứng với bệ gá ổ bi.

CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG CƠ KHÍ



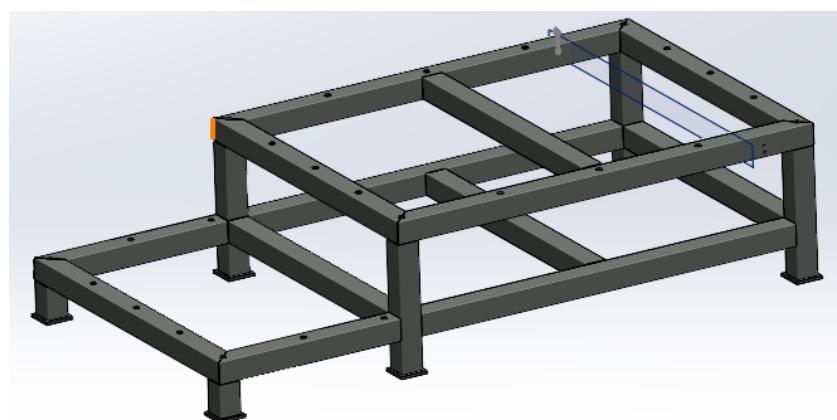
Hình 3.19. Gối đỡ vòng bi bị hỏng

Thiết kế một sống trượt để tăng khả năng định vị theo hướng dọc trực cho các chi tiết.



Hình 3.20. Thanh trượt

Với kích thước giới hạn không gian của bộ tạo điều kiện phát sinh lõi được đặt ra ở đầu bài, thiết kế khung bàn thử nghiệm có kích thước dài \times rộng \times cao là $1110 \times 560 \times 250$ (mm). Khung được hàn từ các thanh thép hộp lại với nhau như Hình 3.21.



Hình 3.21. Cụm khung của bộ tạo lõi

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỆN

4.1. Thiết kế hệ thống tạo điều kiện hoạt động phát sinh lỗi về điện

4.1.1. Thiết kế lỗi sụt áp

Để tạo ra lỗi sụt áp trên động cơ 3 pha, một AC Dimmer được bố trí trên 1 pha bất kỳ trước khi cấp nguồn cho động cơ. Khi chỉnh giá trị dimmer, điện áp trên 1 pha sẽ tăng hoặc giảm tạo ra sự lệch áp. Động cơ khảo sát có công suất lớn nhất là 2,2 kW, do đó dòng tối đa trên 1 pha được tính dựa vào công thức sau:

$$I_{peak} = \sqrt{2} I_{overload} = 8\sqrt{2} I = \frac{8\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{dm} \quad (4.1)$$

Cường độ dòng điện định mức trên động cơ 3 pha được xác định:

$$I_{dm} = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} \quad (4.2) \quad \rightarrow I_{dm} = \frac{2200}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 4,17 \text{ (A)}$$

Thay I_{dm} vào công thức phía trên ta có dòng tối đa trên 1 pha là $I_{peak} = 27,3\text{A}$, khi đó thì dimmer điều chỉnh áp trên 1 pha cần có công suất $I_{dimmer_max} > I_{pha} = 27,3$.

Kết luận: chọn AC dimmer TKXEC GT-10000 có công suất 10000W và dòng tối đa cho phép là 45A



Hình 4.1. AC Dimmer TKXEC GT-10000W

4.1.2. Thiết kế lỗi mất pha

Để tạo lỗi mất pha, dùng relay để làm hở 1 pha của động cơ, tuy nhiên nếu hở pha quá lâu sẽ làm ảnh hưởng xấu tới động cơ. Trong trường hợp này sẽ có 2 cách xử lý, một là thiết kế thêm một nút nhấn để đóng lại pha vừa mới hở một cách thủ công,

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

hai là thiết lập thời gian tự đóng bằng cách dùng timer. Cách thứ nhất tương đối bất tiện và khó canh chỉnh đúng thời gian, do đó chọn cách thứ hai.

Cường độ dòng điện tối đa trên pha theo tính toán ở phần 3.2.2 là 27,3A, số tiếp điểm cần thiết là 2 (1 tiếp điểm thường đóng để làm mất pha động cơ và 1 tiếp điểm thường hở đóng vai trò là tiếp điểm duy trì). **Vậy**, chọn relay kiêng NNC71A1 – 2Z có các thông số sau [36]:

- + Dòng điện tối đa: 30A
- + Số tiếp điểm: 2 (change over: 1 thường đóng, 1 thường hở)
- + Điện áp chuyển đổi tối đa: 240VAC 30A và 28VDC 30A
- + Vật liệu tiếp điểm: Bạc



Hình 4.2. Relay NNC71A – 2Z

Kết luận: Lựa chọn timer AT8N để thiết lập thời gian đóng pha vừa mới hở. Các thông số kỹ thuật như sau [37]:

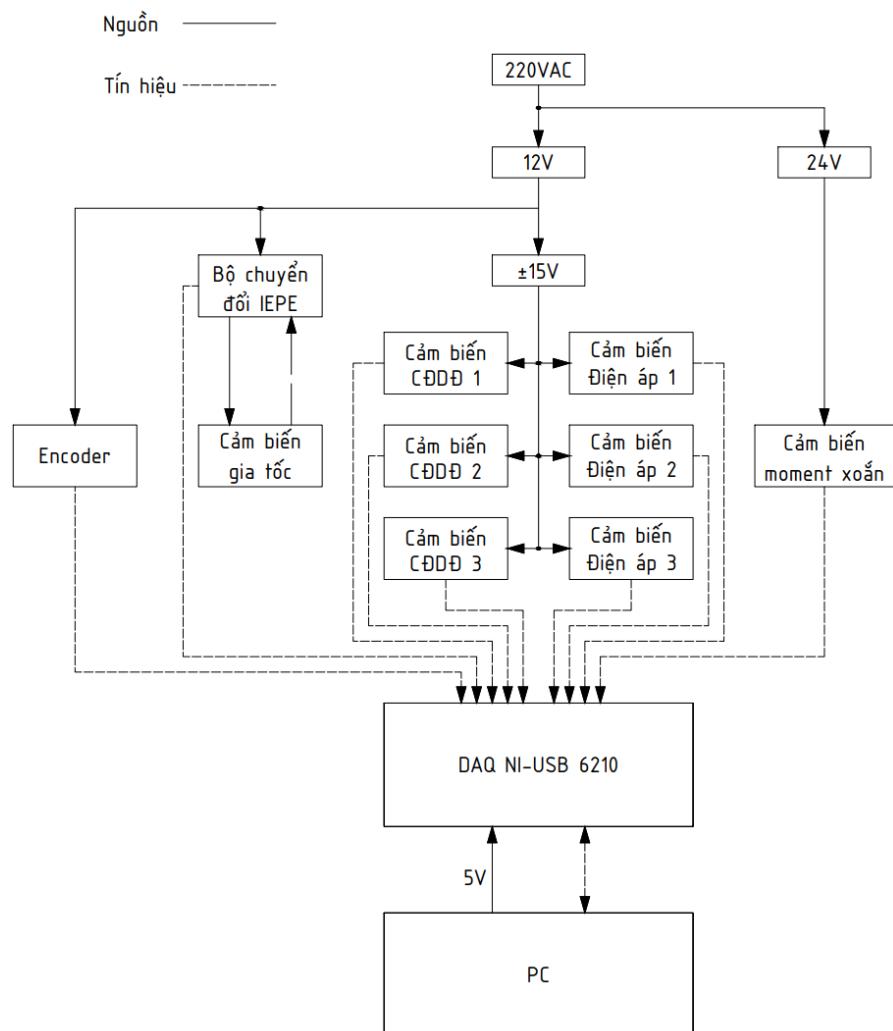
- + Điện áp nguồn 100–240 VAC / 24-240 VDC
- + Dài thời gian cài đặt: 0.05 đến 0.5 giây, 0.1 đến 1 giây, 0.5 đến 5 giây, 1 đến 10 giây, 0.05 đến 0.5 phút, 0.1 đến 1 phút, 0.5 đến 5 phút, 1 đến 10 phút, 0.05 đến 0.5 giờ, 0.1 đến 1 giờ, 0.5 đến 5 giờ, 1 đến 10 giờ, 5 đến 50 giờ, 10 đến 100 giờ

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN



Hình 4.3. Timer AT8N

4.2. Thiết kế hệ thống điện của bộ thu thập dữ liệu



Hình 4.4. Sơ đồ nguyên lý điện bộ thu thập

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

- **Nguồn 24V:** chuyển đổi nguồn 220V xoay chiều thành nguồn 24V 1 chiều, cấp cho cảm biến Torque, Encoder, Bộ khuếch đại IEPE và Mạch giảm áp.
- **Mạch giảm áp:** Giảm điện áp để cấp đầu vào cho nguồn đôi 15V.
- **Nguồn đôi 15V:** Cấp nguồn + - 15V cho cảm biến Cường độ dòng điện và cảm biến Điện áp.
- **Cảm biến torque, Encoder, cảm biến Cường độ dòng điện và Cảm biến điện áp:** xuất tín hiệu đến bộ DAQ (Data Acquisition).
- **Bộ khuếch đại IEPE:** Chuyển đổi điện áp 24V thành nguồn dòng cố định 4mA để cấp cho Cảm biến rung và còn đóng vai trò chuyển đổi tín hiệu thu được từ cảm biến thành giá trị điện áp.
- **DAQ (Data Acquisition):** Được cấp nguồn 5V từ PC/laptop, là bộ thu thập các tín hiệu từ các cảm biến trong hệ thống, hoạt động dựa trên lập trình trên phần mềm NI Daqmx.

4.2.1. Chọn bộ thu thập dữ liệu

- **Yêu cầu**

Chọn bộ thu thập có đủ số cổng Analog Input thu thập tín hiệu từ cảm biến.

Bảng 4.1. Số cổng analog Input cần thiết

Tín hiệu	Cường độ dòng điện	Điện áp	Nhiệt độ	Độ rung	Torque sensor	Tổng
Cổng Analog input	3	3	2	2	2	12

Chọn bộ thu thập **NI-USB 6210** với 16 cổng Analog input.

- **Thông số kỹ thuật**

- Số cổng Analog Input: 16.
- Độ phân giải ADC: 16 bit.
- Tốc độ tối đa đơn kênh/đa kênh: 250 kS/s.
- Độ chia thời gian: 50 ns.
- Khoảng điện áp ngõ vào: $DC \pm 0.2V, \pm 1V, \pm 5V, \pm 10V$.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

- Cổng giao tiếp: USB 2.0.
- Nguồn điện: 4,5 VDC – 5,25 VDC (Tối đa 500mA).

4.2.2. Chọn cảm biến đo cường độ dòng điện

- Phạm vi đo

Động cơ cần đo có công suất từ $0,4kW - 2,2kW$. Cường độ dòng điện cực đại qua các dây pha theo công thức:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \cos\varphi \Rightarrow I_{\text{đm}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot \cos\varphi} \quad (4.3)$$

Trong đó: P : Công suất động cơ (W)

U : Điện áp giữa 2 pha (V)

$\cos\varphi$: Hệ số công suất trên mỗi tải, chọn 0,8

$I_{\text{đm}}$: Cường độ dòng điện định mức của động cơ (A)

Động cơ thường hoạt động với mạch nối dạng tam giác nên cường độ dòng điện qua từng pha theo công thức:

$$I_{\text{phase}} = \frac{I_{\text{đm}}}{\sqrt{3}} \quad (4.4)$$

Cường độ dòng điện đỉnh (peak current) trong của dòng điện xoay chiều (AC) theo công thức sau:

$$I_{\text{peak}} = I_{\text{phase}} \cdot \sqrt{2} \quad (4.5)$$

Khi vận hành, cường độ dòng điện qua mạch có thể tăng đột ngột (khi động cơ khởi động, quá tải), cường độ dòng điện khi đó có giá trị lớn hơn 5 – 8 lần giá trị cường độ dòng điện thông thường [31]. Do đó, cảm biến đo cường độ dòng điện phải có khả năng giám sát giá trị đó.

$$I_{\text{overload}} = 8I_{\text{peak}} \quad (4.6)$$

Từ đó, tính toán được khoảng giá trị cường độ dòng điện dựa trên khoảng công suất từ $0,4kW - 2,2kW$.

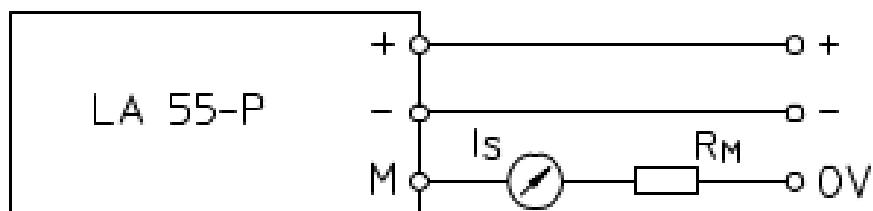
CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Bảng 4.2. Khoảng giá trị cường độ của động cơ 3 pha từ 0,4kW – 2,2kW

P (kW)	I_{dm} (A)	I_{phase} (A)	I_{peak} (A)	$I_{overload}$ (A)
0,4	0,76	0,44	0,62	4,98
2,2	4,17	2,41	3,41	27,27

Với cường độ dòng điện cần đo nằm trong khoảng $4,98 - 27,27A$, cường độ dòng điện thứ cấp được đo bằng cảm biến cường độ dòng điện sử dụng nguyên lý Hall. Nên lựa chọn cảm biến LA 55-P có phạm vi đo 50A phù hợp để đo cường độ dòng điện đầu vào của biến dòng.

Connection



Hình 4.5. Sơ đồ đấu dây của LA 55-P [32]

- Thông số kỹ thuật của cảm biến LA 55-P: [32]

Bảng 4.3. Thông số kỹ thuật của cảm biến LA 55-P

Nguồn cấp ($\pm 5\%$)	$\pm 12 \dots 15 V$
Cường độ dòng điện định mức cuộn sơ cấp, I_P	50A
Điện trở đo @ $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	100Ω
Thời gian phản hồi @ 90% of $I_{P\ max}$	$1 \mu s$
Tỉ lệ	1: 1000
Tần số	$200 kHz$

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Sai số, $25^{\circ}C$, $\pm 15V$ ($\pm 5\%$)	$\pm 0,65\%$
$\pm 12 \dots 15V$ ($\pm 5\%$)	$\pm 0,9\%$

4.2.3. Chọn cảm biến đo điện áp

- Phạm vi đo

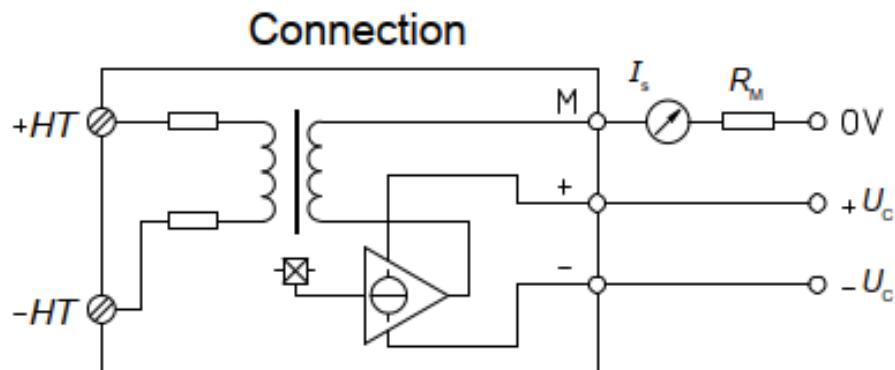
- Điện áp định theo công thức:

$$V_{max} = V_{RMS} \cdot \sqrt{2} \quad (4.7)$$

$$\Rightarrow V_{max} = 380 \cdot \sqrt{2} = 537 (V)$$

- Điện áp đầu ra nằm trong khoảng đọc được của bộ DAQ: $V_{out} = -10V \div 10V$

Chọn cảm biến điện áp hiệu ứng Hall LV 25-p với phạm vi đo $\pm 600V$, để có thể đo được khoảng điện áp cần đo.



Hình 4.6. Sơ đồ đấu dây của LV 25-P [33]

- Thông số kỹ thuật của cảm biến LV 25-P: [33]

Bảng 4.4. Thông số kỹ thuật của cảm biến LV 25-P

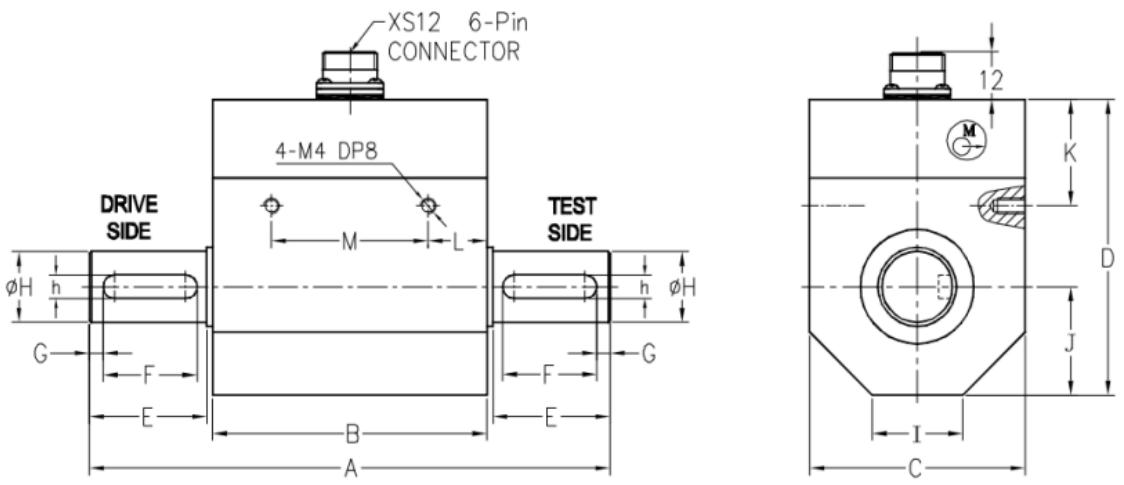
Nguồn cấp ($\pm 5\%$)	$\pm 12 \dots 15 V$
Điện áp định mức cuộn sơ cấp, V_P	$600V$
Điện trở đo, với $\pm 15V$ ($\pm 5\%$) @ $\pm 600 V_{max}$	200Ω

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Thời gian phản hồi @ 90% of $V_{P\ max}$	40 μs
Tỉ lệ	2500: 1000
Sai số, $25^{\circ}C$, @ $\pm 15V$ ($\pm 5\%$) @ $\pm 12 \dots 15V$ ($\pm 5\%$)	$\pm 0,8\%$ $\pm 0,9\%$

4.2.4. Chọn cảm biến đo moment xoắn

Với moment lớn nhất của Điều kiện phát sinh lỗi quá tải là $28 Nm$. Chọn cảm biến moment xoắn có giới hạn đo là $50 Nm$. Chọn cảm biến moment xoắn GTS208 với giới hạn đo là $50 Nm$, sai số là $\pm 0,2\% F.S.$.



Hình 4.7. Cảm biến đo moment xoắn GTS208 [34]

- Thông số kỹ thuật: [34]

Bảng 4.5. Thông số kỹ thuật của cảm biến moment xoắn GTS208

Khoảng giới hạn đo (Nm)	50
Nguồn cấp	12 – 30VDC
Tín hiệu đầu ra	0 – $\pm 10VDC$
Độ chính xác	$\pm 0,2\% F.S$
Nhiệt độ hoạt động	0 – $60^{\circ}C$
Hệ số an toàn quá tải	200%

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

4.2.5. Chọn Encoder

Với động cơ $2,2 kW - 3000 RPM$ và qua bộ truyền đai có tỉ số truyền là 1,5. Tốc độ quay lớn nhất sau khi qua bộ truyền đai là:

$$n = 3000 * 1.5 = 4500 (RPM)$$

Nhóm chọn Encoder **E40S6-1000-3-T-24** có độ phân giải là 1000 PPR, sử dụng nguồn 24V và tốc độ quay tối đa cho phép là $5000 RPM$.

- **Thông số kỹ thuật: [35]**

Bảng 4.6. Thông số kỹ thuật của Encoder E40S6-1000-3-T-24

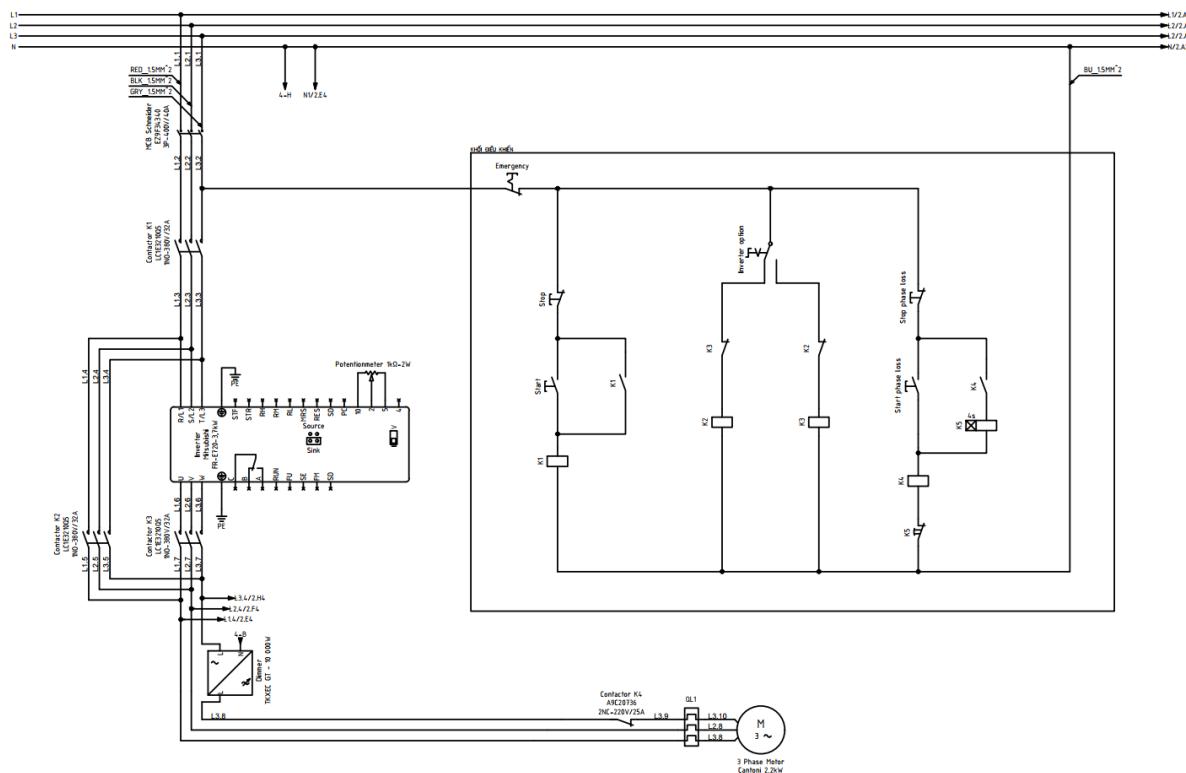
Độ phân giải	1000 PPR
Nguồn cấp	$12 - 24VDC \pm 5\%$
Output	A, B, Z
Voltage Output: Low: High:	$Max. 0,5 VDC$ $Min. (Power voltage - 3.0) VDC$
Tốc độ quay tối đa cho phép	$5000 RPM$

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

5.1. Điều khiển bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi về điện

Hệ thống điều khiển trên động cơ điện 3 pha có nhiệm vụ điều khiển cấp nguồn cho động cơ, điều khiển hoạt động của các khí cụ điện tạo điều kiện phát sinh lỗi. Vì yêu cầu điều khiển đơn giản, sử dụng mạch relay để điều khiển bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi. Mạch relay điều khiển bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi được biểu diễn như sau:



Hình 5.1. Sơ đồ đấu dây bộ tao lõi trên động cơ điện 3 pha

Công dụng của các khí cụ điện trong mạch gồm:

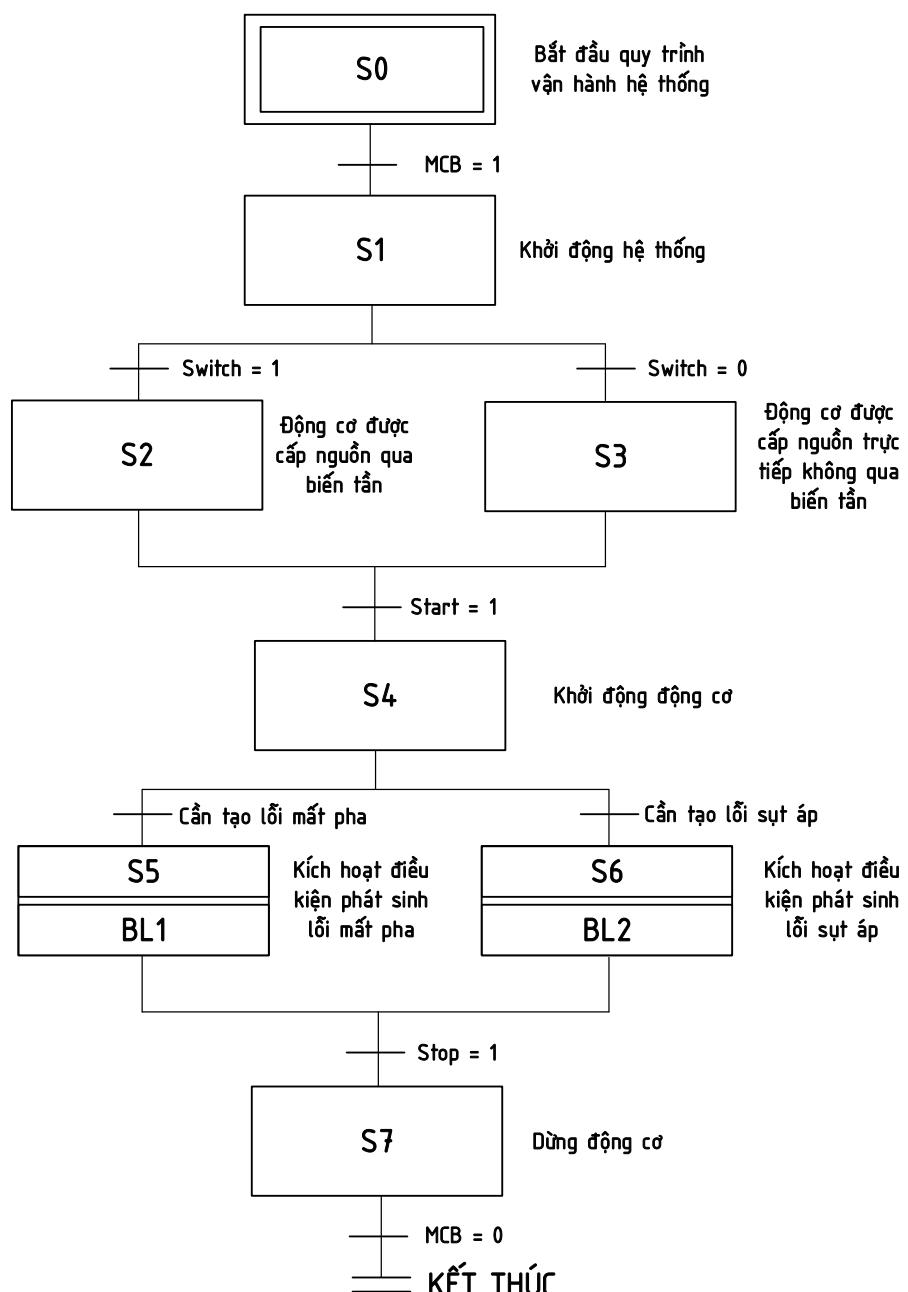
- MCB được dùng làm công tắc cấp nguồn và bảo vệ cho mạch.
 - Động cơ được điều khiển bằng nút nhấn Start và Stop thông qua relay K1.
 - Nút vặn Inverter option dùng để lựa chọn cấp nguồn có biến tần hay không biến tần bằng cách cấp nguồn cho một trong hai relay K2 và K3. K2 được cấp nguồn thì động cơ sẽ nhận nguồn không qua biến tần. K3 được cấp nguồn thì động cơ sẽ nhận nguồn được hiệu chỉnh tần số bởi biến tần. Hai relay được thiết kế khóa lẫn nhau để đảm bảo luôn chỉ có một relay được kích hoạt.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

- Lỗi mất pha được điều khiển bởi nút nhấn Start phase loss và Stop phase loss. Khi nhấn nút Start phase loss, relay K4 được cấp điện, tự giữ và ngắt một pha cấp cho động cơ, đồng thời cấp điện cho timer relay K5. Sau 4 giây, timer relay sẽ kích hoạt ngắt nguồn cấp cho đoạn mạch, trả điện áp pha lại cho động cơ.

- Inverter và Dimmer được điều khiển bằng cách hiệu chỉnh trực tiếp trên thiết bị.

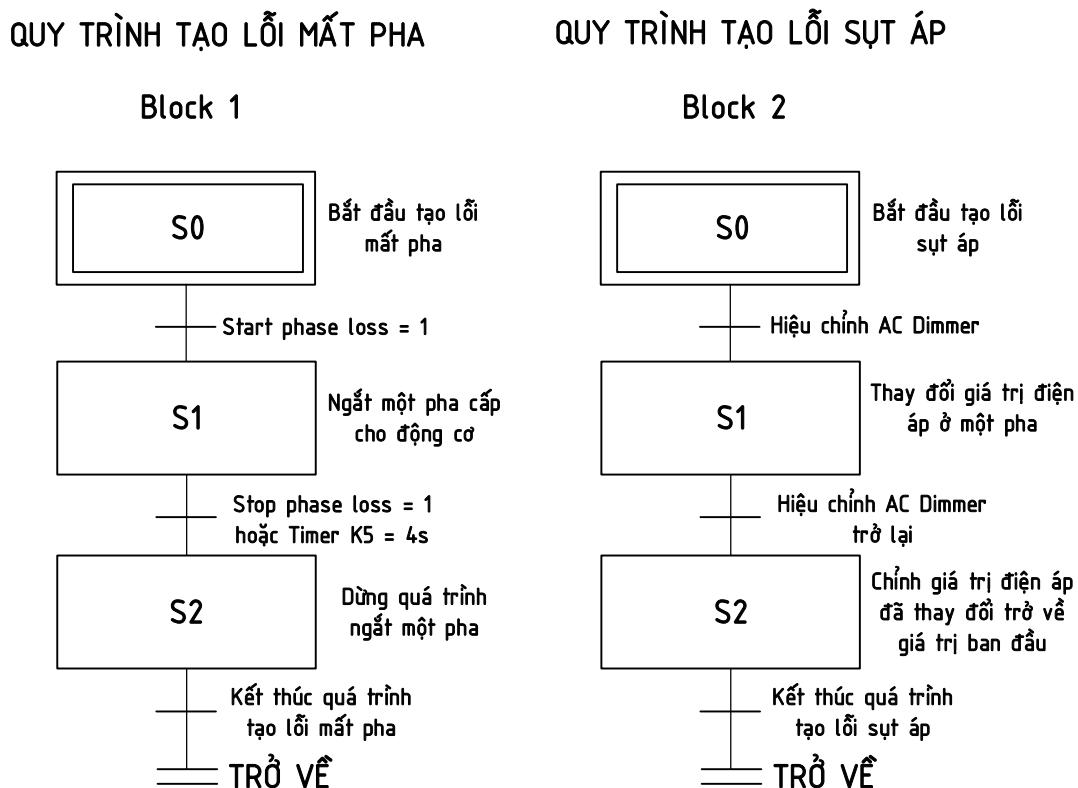
Quy trình vận hành bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi được trình bày bằng mạch GRAFCET như trong Hình 5.2.



Hình 5.2. Lưu đồ giải thuật điều khiển bộ tạo lỗi

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Ở Hình 5.2, MCB được bật để bắt đầu khởi động hệ thống, sau đó lựa chọn nút vặn Inverter option để chọn Switch = 1 thì động cơ sẽ được cấp nguồn thông qua biến tần và Switch = 0 thì động cơ sẽ được cấp nguồn trực tiếp. Tiếp đến, nhấn nút Start để kích contactor K1 cho động cơ bắt đầu hoạt động. Ta lựa chọn lỗi cần tạo, sau khi tạo lỗi và thu thập dữ liệu xong, ta nhấn Stop để dừng động cơ và ngắt MCB để kết thúc quy trình vận hành. Hai quy trình con ở S5 và S6 là quy trình tạo lỗi mất pha và lỗi sụt áp được trình bày ở Hình 5.3. Sử dụng các nút Start phase loss, Stop phase loss để kích hoạt các contactor tạo lỗi mất pha cũng như hiệu chỉnh AC dimmer để tạo lỗi sụt áp.



Hình 5.3. Quy trình con tạo các điều kiện phát sinh lỗi

5.2. Lập trình điều khiển bộ thu thập NI-USB 6210

Nhóm sử dụng phần mềm Python để lập trình bộ thu thập dữ liệu NI-USB 6210.

Lý do sử dụng:

- + Phần mềm Python miễn phí.
- + Công ty National Intrusment hỗ trợ các hàm API của DAQ trên Python.
- + Cài đặt phần mềm Python dễ dàng.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

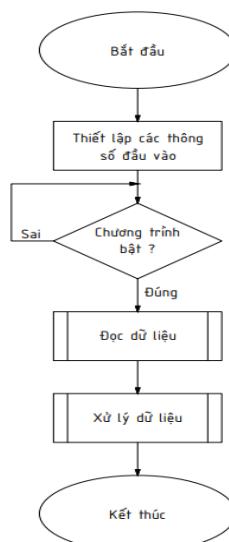
5.2.1. Giới thiệu NI-DAQmx Python API

NI-DAQmx API là gói chứa các API (Giao diện lập trình ứng dụng) – Application Programming Interface – để tương tác với driver của NI-DAQmx. Thư viện **nidaqmx** hỗ trợ tất cả các phiên bản của NI-DAQmx.

5.2.2. Lưu đồ giải thuật của bộ thu thập

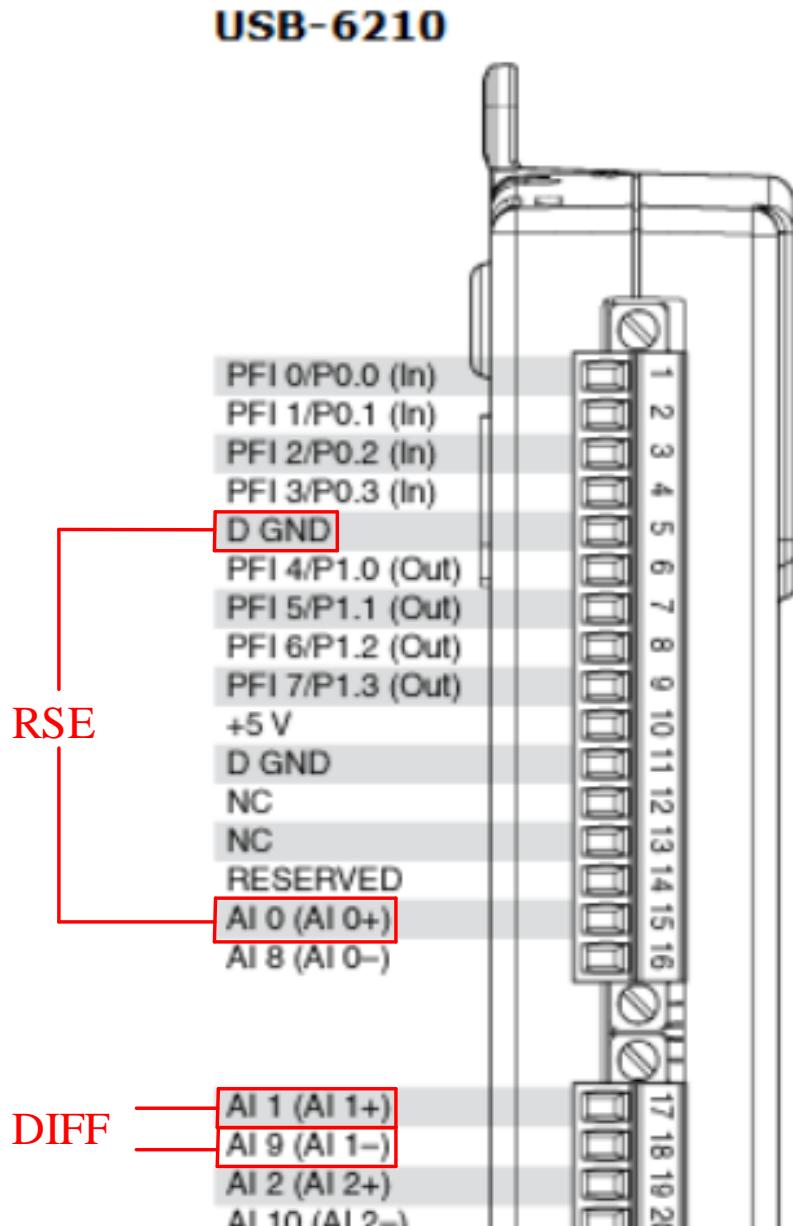
Bộ thu thập dữ liệu động cơ 3 pha được lập trình và điều khiển bởi bộ DAQ NI-USB 6210. Bộ thu thập có nhiệm vụ chính là: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến CDDĐ, cảm biến Điện áp, cảm biến Moment xoắn dưới dạng tín hiệu điện áp thông qua kênh analog, Encoder dưới dạng xung thông qua kênh digital. Sau đó, Dữ liệu được truyền trực tiếp về máy tính và lưu trữ dưới dạng file Excel, phục vụ quá trình xử lý dữ liệu. Giải thuật của bộ thu thập dữ liệu gồm 4 phần chính: Chương trình chính, Chương trình con – Đọc dữ liệu từ cảm biến, chương trình con – Lưu dữ liệu, Chương trình con – Xử lý dữ liệu.

Chương trình chính có nhiệm vụ: thiết lập các thông số đầu vào cho bộ DAQ như: tên thiết bị DAQ, tên kênh sử dụng, tần số lấy mẫu, số mẫu cần lấy, chế độ đọc của mỗi kênh như hình 5.5 là RSE – Referenced single-ended hay DIFF – Differential (RSE là chế độ so sánh điện áp đầu vào với GND chung của hệ thống điện, DIFF là chế độ so sánh sự chênh lệch điện áp giữa 2 chân (+) và (-) của các kênh, số lần thu thập, ...; Khi chương trình được bắt thì bắt đầu đọc dữ liệu.



Hình 5.4. Lưu đồ Chương trình chính

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

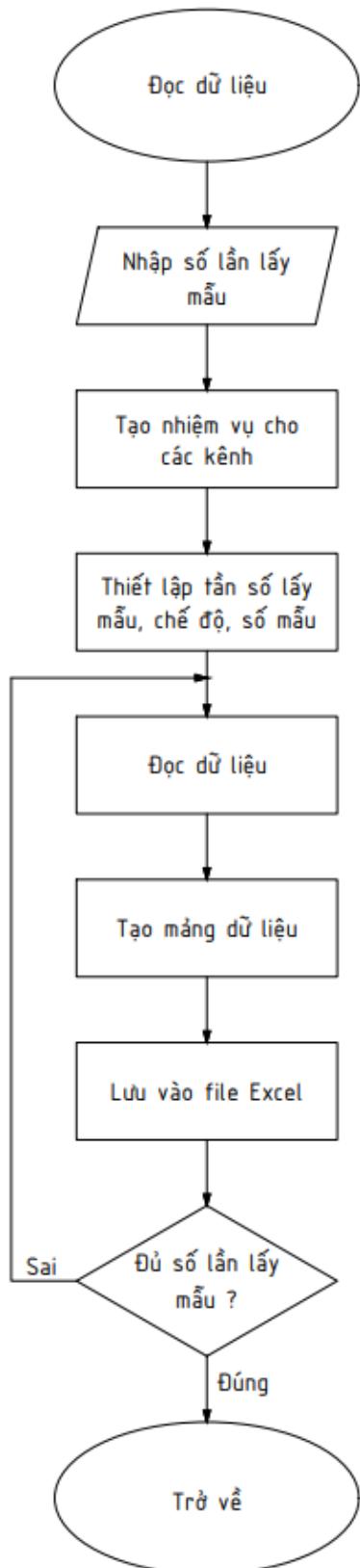


Hình 5.5. Các chế độ đọc dữ liệu của các kênh

Chương trình con – đọc dữ liệu có nhiệm vụ: Yêu cầu nhập số lần lấy mẫu, Tạo nhiệm vụ cho các kênh của bộ DAQ dựa trên thông số đầu vào (tên thiết bị, tên kênh sử dụng); Thiết lập tần số lấy mẫu, chế độ đọc, số mẫu cần thu thập cho bộ DAQ thông qua hàm cfg_samp_clk_timing(); Đọc dữ liệu bằng hàm Read(); Sau đó, tạo mảng dữ liệu gồm thời gian thu thập, tín hiệu cảm biến. Mảng có dạng (thời gian thu thập dữ liệu 1, tín hiệu cảm biến CĐĐĐ 1, 2, 3, tín hiệu cảm biến Điện áp 1, 2, 3; thời gian thu thập dữ liệu 2, tín hiệu cảm biến Moment xoắn, tốc độ quay). Sau đó, mảng

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

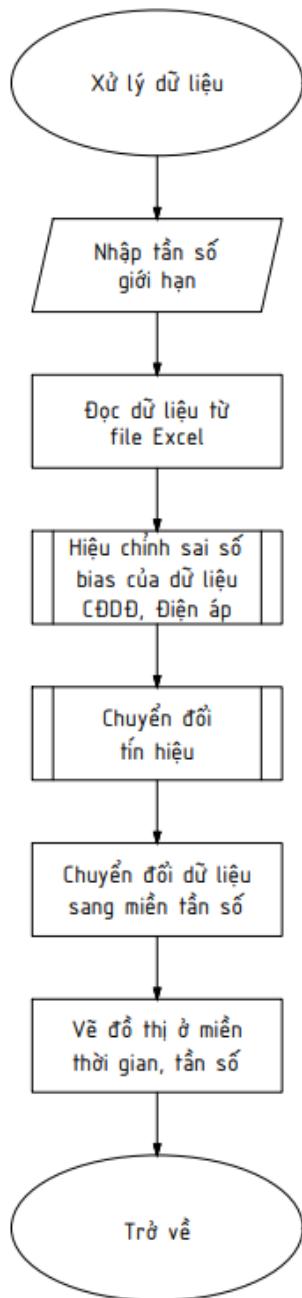
được lưu dưới dạng file Excel, chương trình kiểm tra nếu chưa đủ số lần lấy mẫu thì đọc tiếp, nếu đủ rồi thì trở về chương trình chính.



Hình 5.6. Lưu đồ đọc dữ liệu

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

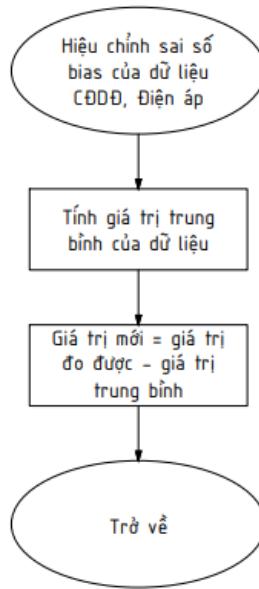
Chương trình con – Xử lý dữ liệu gồm các nhiệm vụ: nhập tần số giới hạn, đọc dữ liệu từ file Excel, hiệu chỉnh sai số bias, chuyển đổi tín hiệu, chuyển đổi dữ liệu sang miền tần số và vẽ đồ thị ở miền thời gian và tần số để tiến hành phân tích.



Hình 5.7. Lưu đồ xử lý dữ liệu

Chương trình con – Hiệu chỉnh sai số bias của dữ liệu cường độ dòng điện, điện áp gồm: Tính giá trị trung bình của dữ liệu; Sau đó, lấy dữ liệu đo được trừ giá trị trung bình của dữ liệu, sau đó quay trở lại chương trình chính.

CHƯƠNG 5: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN



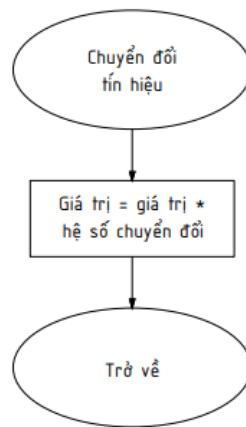
Hình 5.8. Lưu đồ lưu dữ liệu

Chương trình con – Chuyển đổi tín hiệu gồm: chuyển đổi các giá trị thu thập về bộ DAQ dưới dạng tín hiệu điện áp trong khoảng $\pm 10V$ sang các tín hiệu thực tế, sử dụng các hàm chuyển đổi tín hiệu để đưa về tín hiệu thực tế.

$$I_{thực\ tế} = 10 \cdot U_{đo} \text{ (A)} \quad (5.1)$$

$$U_{thực\ tế} = \frac{33000 \cdot U_{đo}}{2,5.200} \text{ (V)} \quad (5.2)$$

$$T = 5 \cdot U_{đo} \text{ (Nm)} \quad (5.3)$$



Hình 5.9. Lưu đồ Chương trình con – Xử lý dữ liệu

Sau đó, Dữ liệu đã chuyển đổi được biến đổi sang miền tần số để phân tích biên độ và tần số của dữ liệu thông qua đồ thị của dữ liệu ở miền thời gian và miền tần số.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Nhóm tiến hành thực nghiệm để thu thập dữ liệu từ hệ thống thực tế trong các điều kiện phát sinh lỗi khác nhau để so sánh và đánh giá tính khả thi của đề tài với mục đích tạo ra bộ dữ liệu mẫu phục vụ quá trình Machine learning. Ở đây, nhóm phân tích tín hiệu thu được bằng cách chuyển tín hiệu thu được từ miền thời gian sang miền tần số để quan sát sự xuất hiện, thay đổi của các tần số bất thường. Các mục tiêu nhóm đặt ra để đánh giá kết quả thực nghiệm như sau:

- Tín hiệu đo được từ các cảm biến không có sự sai khác lớn so với tín hiệu đo từ đồng hồ trong thực tế.
- Có sự thay đổi đáng kể trong các điều kiện phát sinh lỗi so với khi động cơ ở chế độ hoạt động bình thường.

Trong phạm vi đồ án, nhóm chỉ khảo sát các lỗi cơ khí (Mechanical Faults) của hệ thống gồm: điều kiện phát sinh lỗi quá tải và điều kiện phát sinh lỗi lệch tâm trực.

6.1. Chọn tần số lấy mẫu

6.1.1. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến dòng và điện áp

Trong quá trình thu thập dữ liệu, cần chọn ra tần số lấy mẫu để đảm bảo thu thập được các tần số bất thường được gây ra bởi các lỗi của động cơ.

6.1.1.1. Tần số bất thường gây ra bởi các lỗi của động cơ [36]

Theo tài liệu [36], Phương pháp MCSA (Motor Current Signature Analysis) có thể phát hiện được các lỗi sau:

- Lỗi cuộn Stator (Stator Winding Faults)
- Lỗi cuộn Rotor (Rotor Winding Faults)
- Lỗi Lệch tâm trực (Eccentricity Faults)
- Lỗi vòng bi (Bearing Faults)

• Lỗi cuộn Stator (Stator Winding Faults)

Lỗi này gồm đoạn mạch và lệch tâm tĩnh thường liên quan đến hư hỏng cách điện. Các thành phần tần số đặc trưng được xác định theo công thức:

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

$$f_s = \left| \left(k \pm \frac{n(1-s)}{p} \right) f_0 \right| \quad (6.1)$$

Trong đó: p – Số cặp cực của động cơ;

s – Hệ số trượt, chọn $s = 0,05$ theo tài liệu [27];

$f_0 = 50 \text{ Hz}$ – Tần số của nguồn cấp;

$k = 1, 3, 5, \dots;$

$n = 1, 2, \dots, (2p - 1)$

Thay $p = 2$; $f_0 = 50 \text{ Hz}$; $s = 0,05$; $n = 1, 2, 3$; $k = 1, 3, 5$ vào công thức (6.1), ta có bảng sau:

Bảng 6.1. Tần số đặc trưng lõi cuộn stator của động cơ 3 pha 1500 RPM (đơn vị: Hz)

k	n	1	2	3
1	+	73,8	97,5	121,3
	-	26,3	2,5	21,3
3	+	173,8	197,5	221,3
	-	126,3	102,5	78,8
5	+	273,8	297,5	321,3
	-	226,3	202,5	178,8

Thay $p = 1$; $f_0 = 50 \text{ Hz}$; $s = 0,048$; $n = 1, 2, 3$; $k = 1, 3, 5$ vào công thức (6.1), ta có bảng sau:

Bảng 6.2. Tần số đặc trưng lõi cuộn stator của động cơ 3 pha 3000 RPM (đơn vị: Hz)

k	n	1	2	3
1	+	97,6	145,2	192,8
	-	2,4	45,2	92,8
3	+	197,6	245,2	292,8
	-	102,4	54,8	7,2
5	+	297,6	345,2	392,8
	-	202,4	154,8	107,2

⇒ Tần số đặc trưng lớn nhất là $f_{s\max} = 392,8 \text{ Hz}$.

• Lỗi cuộn Rotor (Rotor Winding Faults)

Các lỗi của cuộn Rotor chiếm phần trăm lớn trong tổng các lỗi của động cơ không đồng bộ. Các thành phần tần số đặc trưng phân bố xung quanh thành phần cơ bản và bội số của nó được tạo ra bởi các thanh gãy hoặc độ lệch tâm động được tính theo công thức:

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

$$f_b = (1 \pm 2ns)f_0 \quad (6.2)$$

Trong đó: s – Hệ số trượt, chọn $s = 0,05$ theo tài liệu [27];

$$n = 1, 2, 3, \dots;$$

$$f_0 = 50 \text{ Hz} - Tần số của nguồn cấp.$$

Thé $f_0 = 50 \text{ Hz}$; $s = 0,05$; $n = 1, 2, 3$ vào công thức (6.2), ta có bảng sau:

Bảng 6.3. Tần số đặc trưng cho lõi cuộn rotor của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz)

n		1	2	3
f_b	+	55	60	65
	-	45	40	35

=> Tần số đặc trưng lớn nhất là $f_{s \max} = 65 \text{ Hz}$.

- **Lỗi Lệch tâm trực liên quan đến khe hở không khí (Air-Gap Eccentricity Related Faults)**

Lệch tâm trực liên quan đến khe hở không khí gồm có lệch tâm động và lệch tâm tĩnh. Độ lệch tâm tĩnh tồn tại khi lõi stator có hình bầu dục hoặc rotor được đặt sai vị trí. Độ lệch tâm động tồn tại khi tâm của rotor không nằm ở tâm quay và khe hở không khí tối thiểu quay cùng với rotor. Điều này có thể do rôto bị cong, trực, mòn hoặc lệch ô trực, cộng hưởng cơ học ở tốc độ tối hạn, v.v. Độ lệch tâm gây ra một lực lên rotor có gắng kéo rotor ra xa hơn khỏi tâm lõi stator. Tần số đặc trưng của lệch tâm tĩnh và lệch tâm động được tính theo công thức sau:

$$f_e = \left[\frac{(kR \pm n_d)(1 - s)}{p} \pm v \right] f_0 \quad (6.3)$$

Trong đó: p – Số cặp cực của động cơ;

s – Hệ số trượt, chọn $s = 0,05$ theo tài liệu [27];

$f_0 = 50 \text{ Hz}$ – Tần số của nguồn cấp;

n_d – hệ số lệch tâm, $n_d = 0$ trong trường hợp lệch tâm tĩnh,
 $n_d = 1, 2, 3, \dots$ trong trường hợp lệch tâm động;

R – Số lượng khe của rotor;

$v = 1, 2, 3, \dots$ – các sóng hài MMF có trong nguồn cấp;

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Nếu trong trường hợp có cả 2 lỗi lệch tâm tĩnh và động cùng tồn tại, tần số đặc trưng gần tần số cơ bản được phát hiện:

$$f_e = |f_0 \pm vf_r| \quad (6.4)$$

Trong đó: f_r – là tần số quay của rotor, $f_r = \frac{N_s \cdot p}{60} = \frac{1425.2}{60} = 47,5(Hz)$

Thế $f_0 = 50 Hz$; $f_r = 47,5 Hz$; $v = 1, 2, 3$ vào công thức (6.2), ta có bảng sau:

Bảng 6.4. Tần số đặc trưng cho lỗi lệch tâm của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz)

n		1	2	3
f_e	+	2,5	45	92,5
	-	97,5	145	192,5

=> Tần số đặc trưng lớn nhất là $f_{e\max} = 192,5 Hz$.

- **Lỗi vòng bi (Bearing Faults)**

Hầu hết 40 – 50% lỗi của động cơ có liên quan đến vòng bi. Lỗi vòng bi có thể biểu hiện dưới dạng lỗi không đối xứng của rotor hoặc các lỗi liên quan đến ổ bi có thể được phân loại là khuyết tật vòng bi ngoài và khuyết tật vòng bi bên trong, khuyết tật bi. Các thành phần sóng hài được gây ra bởi lỗi vòng bi tính theo công thức:

$$f_{bg} = |f_0 \pm nf_{i,o,b}| \quad (6.5)$$

Với khuyết tật vòng bi trong: $f_i = \frac{Zf_r}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha\right)$

Với khuyết tật vòng bi ngoài: $f_o = \frac{Zf_r}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha\right)$

Với khuyết tật bi: $f_b = \frac{Df_r}{d} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \cos \alpha\right)^2\right)$

Trong đó: $f_0 = 50 Hz$ – Tần số của nguồn cấp;

Z – là số bi của vòng bi;

D – là đường kính ngoài của vòng bi;

d – là đường kính trong của vòng bi;

α – Góc tiếp xúc, tính theo radian;

f_b – là tần số cơ học tùy thuộc vào loại lỗi, đặc tính của vòng bi;

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

$n = 1, 2, 3, \dots$

Từ datasheet của ô bi **6206-2Z**, Với $Z = 9; D = 0,062\text{ m}; d = 0,03\text{ m}; \alpha = \frac{2\pi}{45}$,

tính được:

$$f_i = \frac{Zf_r}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) = 316,2\text{ Hz}$$

$$f_o = \frac{Zf_r}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) = 111,3\text{ Hz}$$

$$f_b = \frac{Df_r}{d} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \cos \alpha \right)^2 \right) = 75,6\text{ Hz}$$

Bảng 6.5. Tần số đặc trưng cho lõi vòng bi của động cơ 3 pha (đơn vị: Hz)

n		1	2	3
f_i	+	366,2	682,4	998,6
	-	266,2	582,4	898,6
f_o	+	161,3	272,6	383,9
	-	61,3	172,6	283,9
f_b	+	125,6	201,2	276,8
	-	25,6	101,2	176,8

=> Tần số đặc trưng lớn nhất là $f_{e\ max} = 998,6\text{ Hz}$.

6.1.1.2. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến biến dòng và điện áp

Tần số đặc trưng của lõi vòng bi là lớn nhất ($\approx 1000\text{ Hz}$). Theo tiêu chuẩn Nyquist, tần số lấy mẫu tính theo công thức:

$$f_{sampling} \geq 2f_{max} = 2 \times 998,6 = 1997,2\text{ Hz}$$

Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến dòng và điện áp là 2kHz.

6.1.2. Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến moment xoắn, encoder

Trong cảm biến moment xoắn có kết hợp encoder tương đối với độ phân giải 60 xung. Với tốc độ quay của động cơ là 3000 (RPM), số xung thu được trong 1s là:

$$pulse = \frac{n * PPR}{60} = \frac{3000 * 60}{60} = 3000\text{ (xung)}$$

Trong đó: n : tốc độ quay của trục động cơ (RPM)

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

PPR: độ phân giải của encoder (xung)

⇒ Trong 0,002s, số xung thu được là 6 xung

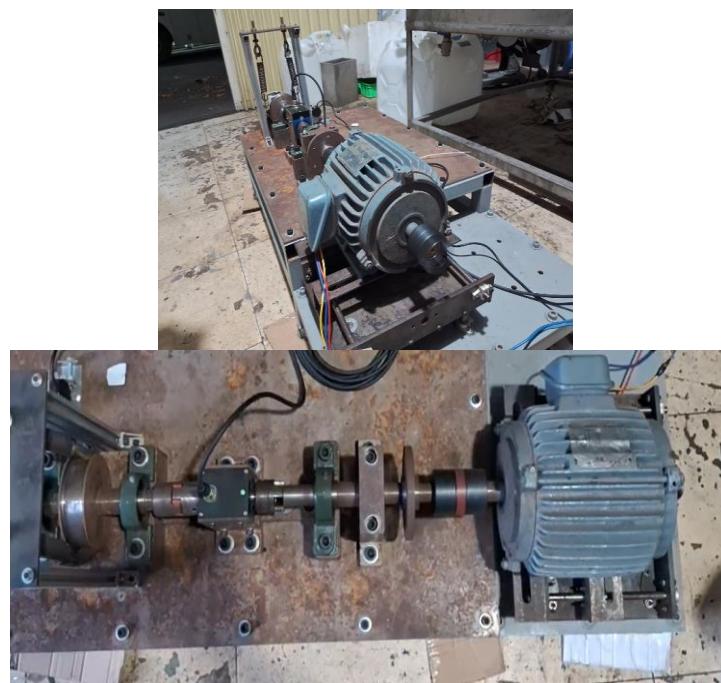
Chọn tần số lấy mẫu của cảm biến moment xoắn và encoder là 500 Hz.

6.2. Hiệu chỉnh cảm biến

Trước khi tiến hành thu thập dữ liệu của các điều kiện phát sinh lỗi, cần tiến hành hiệu chỉnh cảm biến. Để khi thu thập dữ liệu, các bộ dữ liệu có giá trị xấp xỉ với giá trị thực tế, làm cơ sở cho quá trình Machine learning, và cũng để làm cơ sở để đánh giá kết quả. Các cảm biến đo Cường độ dòng điện LA 55-P và cảm biến đo Điện áp LV 25-P được tiến hành hiệu chỉnh ở điều kiện động cơ chạy không tải để không bị ảnh hưởng bởi bộ tạo điều kiện bất thường.

Cảm biến moment xoắn được tiến hành hiệu chỉnh ở điều kiện động cơ chạy trong hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi ở trường hợp bình thường.

Nhóm tiến hành chạy không tải động cơ: **Sh 90L-2 – 2,2kW, 2855 rpm** ở điều kiện chạy không tải và ở điều kiện lắp vào hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi.



Hình 6.1. Động cơ và hệ tạo điều kiện bất thường trong thực tế

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Để so sánh tín hiệu đo được từ cảm biến, nhóm sử dụng Ampe kế Sanwa DCM60R với thông số kỹ thuật như sau:

Bảng 6.6. Thông số kỹ thuật của Ampe kế Sanwa DCM60R [38]

Khoảng đo dòng	0.1A - 600A
Tần số lấy mẫu	2 Hz
Sai số đo dòng	±2%
Sai số đo áp	±1.5%



Hình 6.2. Ampe kế Sanwa DCM60R [38]

Nhóm tiến hành đo 5 lần giá trị liên tiếp và lấy giá trị trung bình:

Bảng 6.7. Giá trị dòng điện và điện áp hiệu dụng đo từ ampe kế

I_{RMS} (A)	1,58	1,92	1,5
U_{RMS} (V)	235,8	228,8	222,2

Giá trị lớn nhất của dòng điện và điện áp tính theo công thức:

$$I_{max} = I_{RMS} \sqrt{2} \quad (6.6)$$

$$U_{max} = U_{RMS} \sqrt{2} \quad (6.7)$$

Bảng 6.8. Giá trị dòng điện và điện áp lớn nhất đo từ ampe kế

I_{max} (A)	2,234	2,715	2,121
U_{max} (V)	333,472	323,572	314,238

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

6.2.2. Cảm biến cường độ dòng điện ở điều kiện động cơ chạy không tải

Khi đo tín hiệu cường độ dòng điện ở 2 trường hợp động cơ tắt và động cơ bật, xuất hiện Sai số bias do nguồn cấp và cảm biến gây ra.

Bảng 6.9. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ tắt

Cảm biến	1	2	3
Sai số bias (A)	0,1223	-0,2560	-0,0960

Bảng 6.10. Sai số bias của cảm biến cường độ dòng điện khi động cơ bật

Cảm biến	1	2	3
Sai số bias (A)	0,1332	-0,2819	-0,0619

⇒ Hiệu chỉnh cảm biến cường độ dòng điện bằng phần mềm để loại bỏ sai số bias.

6.2.3. Cảm biến điện áp ở điều kiện động cơ chạy không tải

Khi đo tín hiệu điện áp ở 2 trường hợp động cơ tắt và động cơ bật, cũng xuất hiện Sai số bias do nguồn cấp và cảm biến gây ra.

Bảng 6.11. Sai số bias của cảm biến điện áp khi động cơ tắt

Cảm biến	1	2	3
Sai số bias (V)	3,017	-1,1585	-3,018

Bảng 6.12. Sai số bias của cảm biến điện áp khi động cơ bật

Cảm biến	1	2	3
Sai số bias (V)	-0,5909	-2,5438	-2,4689

⇒ Hiệu chỉnh cảm biến điện áp bằng phần mềm để loại bỏ sai số bias.

6.2.4. Cảm biến Moment xoắn ở điều kiện động cơ chạy trong hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi ở trường hợp bình thường

Nhóm tiến hành đo giá trị Moment xoắn và tốc độ quay của trục động cơ thông qua cảm biến Moment xoắn GTS208 khi động cơ tắt và động cơ bật.

• Tín hiệu cảm biến Moment xoắn khi động cơ tắt

Khi động cơ tắt, cảm biến moment xoắn đứng yên, giá trị moment xoắn nằm trong khoảng $0.02 \div 0.08 \text{ Nm}$ nằm trong khoảng sai số của nhà sản xuất cung cấp

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

($\pm 0,1 \text{ Nm}$). Tốc độ quay khi cảm biến moment xoắn đứng yên nằm trong khoảng $10 \div 35 \text{ RPM}$ nằm trong khoảng sai số của nhà sản xuất cung cấp ($0 \div 60 \text{ RPM}$).

⇒ Không cần hiệu chỉnh.

6.2.5. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh cảm biến

Sau khi hiệu chỉnh cảm biến cường độ dòng điện và điện áp, thu được giá trị cường độ dòng điện và điện áp đo bằng cảm biến ở bảng 6.13 và sai số so với giá trị đo được bằng Ampe kế ở bảng 6.14.

Bảng 6.13. Cường độ dòng điện và điện áp lớn nhất đo bằng cảm biến

I_{max} (A)	2,2051	2,6488	2,2593
U_{max} (A)	335,4	329,4	324,1

Bảng 6.14. Sai số dòng điện và điện áp lớn nhất đo từ bộ thu thập so với đo từ ampe kế

I (%)	1,29	2,44	6,52
U (%)	0,58	1,8	3,14

6.3. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hoạt động khác nhau

Nhóm tiến hành phân tích 4 trường hợp gồm: động cơ chạy không tải, hệ hoạt động không tải, hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi lệch tâm, hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi quá tải.

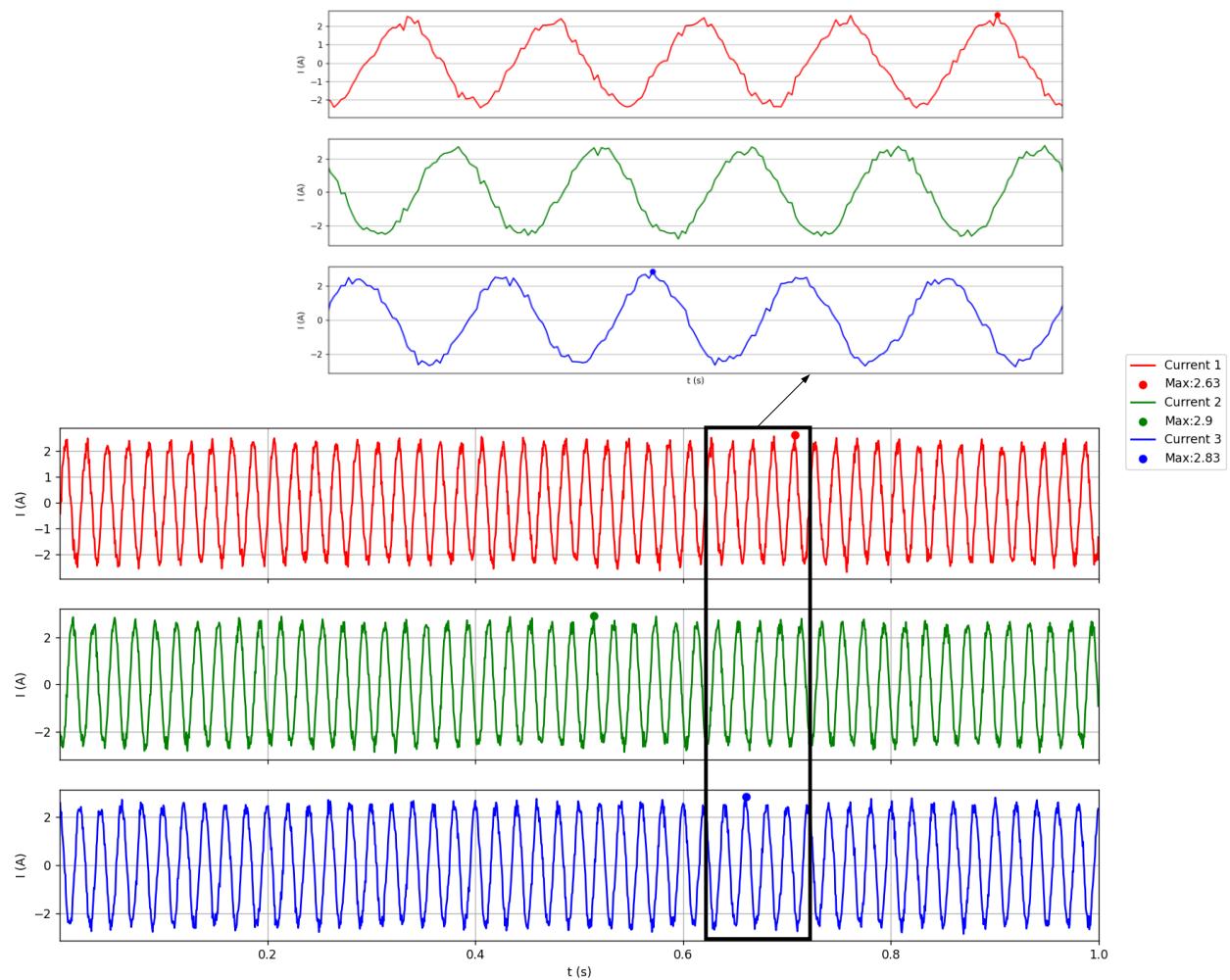
6.3.1. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện động cơ chạy không tải

Cường độ dòng điện khi động cơ chạy không tải được thể hiện ở hình 6.3 và điện áp được thể hiện ở hình 6.4. Giá trị cường độ dòng điện và điện áp lớn nhất của các pha được thể hiện trong bảng 6.15.

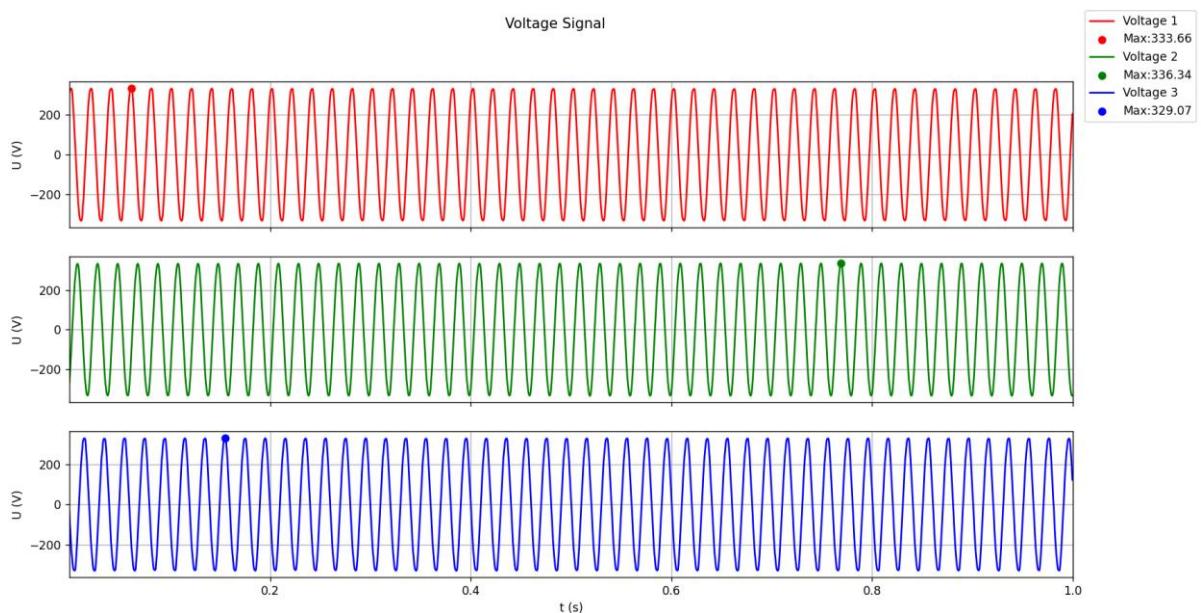
Bảng 6.15. Giá trị CDDD và điện áp lớn nhất của các pha – động cơ chạy không tải

Pha	1	2	3
I_{max} (A)	2,63	2,9	2,83
U (V)	333,66	336,34	329,07

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



Hình 6.3. Cường độ dòng điện – không tải – miền thời gian



Hình 6.4. Điện áp – không tải – miền thời gian

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

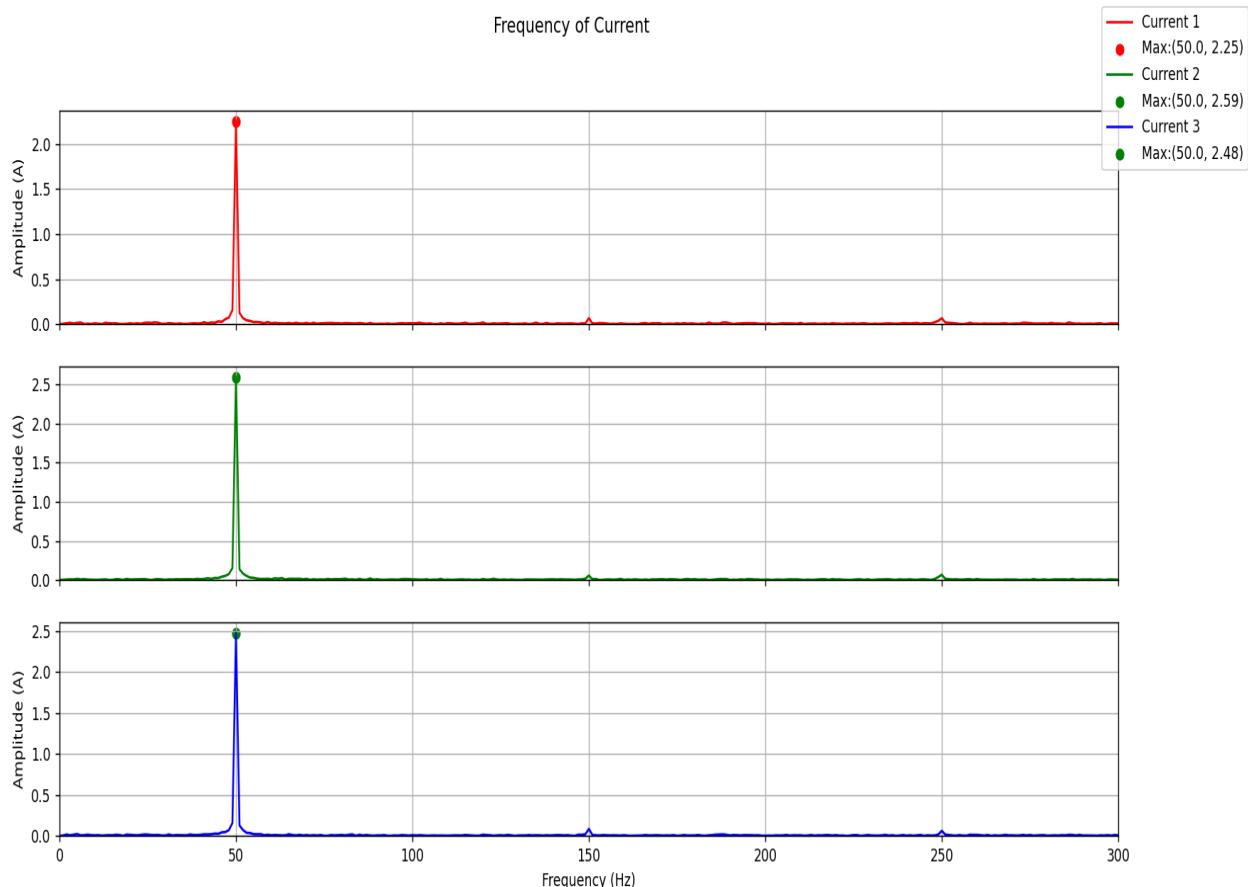
Cường độ dòng điện và điện áp khi động cơ chạy không tải được thể hiện trong miền tần số ở hình 6.5 và hình 6.6. Tần số và biên độ lớn nhất của cường độ dòng điện và điện áp của các pha được thể hiện trong bảng 6.16 và bảng 6.17.

Bảng 6.16. *Tần số và biên độ lớn nhất của cường độ dòng điện của các pha – động cơ chạy không tải*

Pha	1	2	3
Frequency	50	50	50
Amplitude (A)	2,25	2,59	2,48

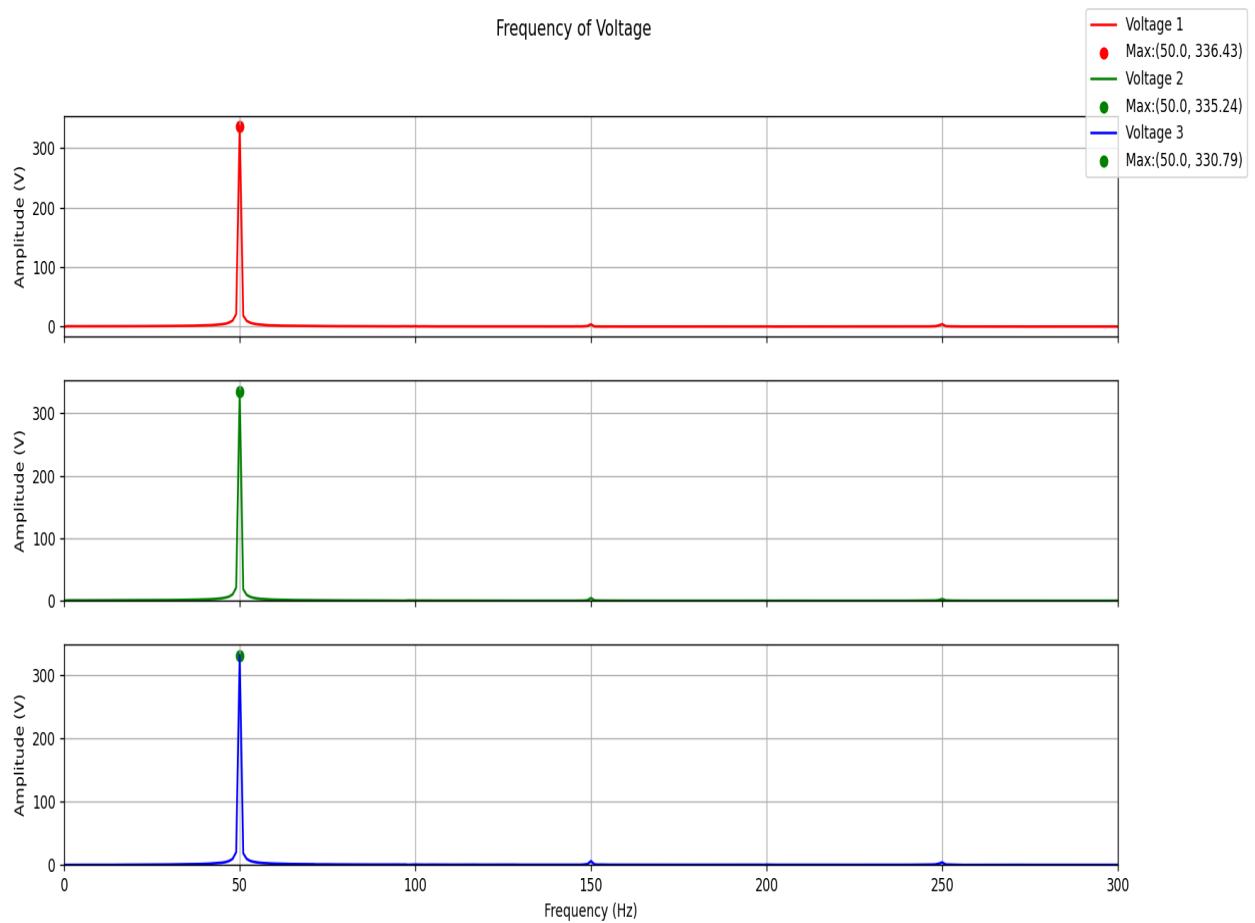
Bảng 6.17. *Tần số và biên độ lớn nhất của điện áp của các pha – động cơ chạy không tải*

Pha	1	2	3
Frequency	50	50	50
Amplitude (V)	336,43	335,24	330,79



Hình 6.5. *Cường độ dòng điện – không tải – miền tần số*

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



Hình 6.6. Điện áp – không tải – miền tần số

⇒ Tín hiệu cường độ dòng điện ở cả 3 dây pha đều xuất hiện nhiễu do động cơ chạy không ổn định, điện áp giữa 3 pha không cân bằng. Tần số của tín hiệu trùng với tần số của nguồn cấp vào động cơ ở cả 6 tín hiệu.

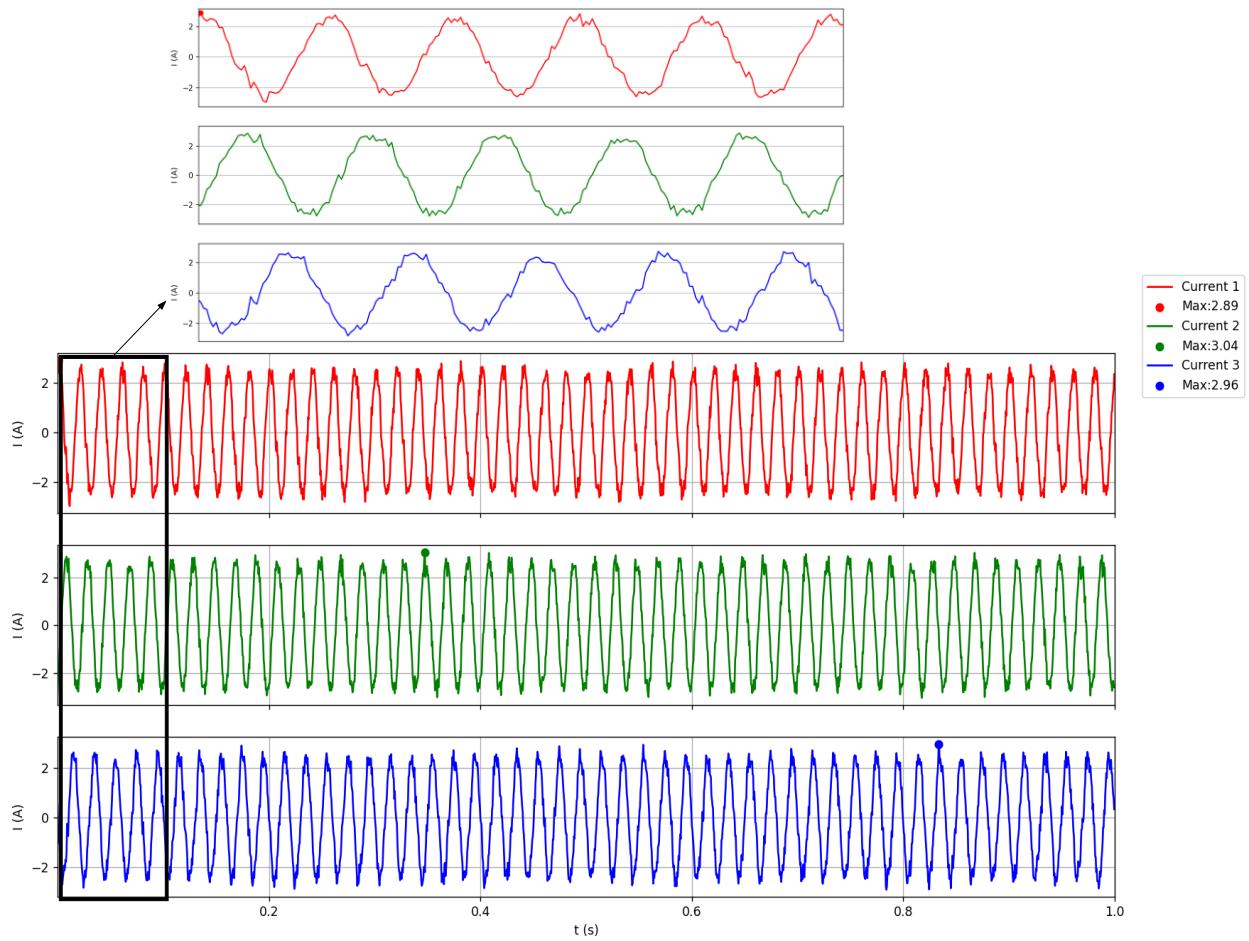
6.3.2. Tín hiệu cảm biến khi động cơ gắn vào hệ

Hình 6.7 và 6.8 biểu thị tín hiệu của cường độ dòng điện và điện áp khi động cơ gắn vào hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi. Cường độ dòng điện, điện áp đỉnh của động cơ được thể hiện ở bảng 6.18

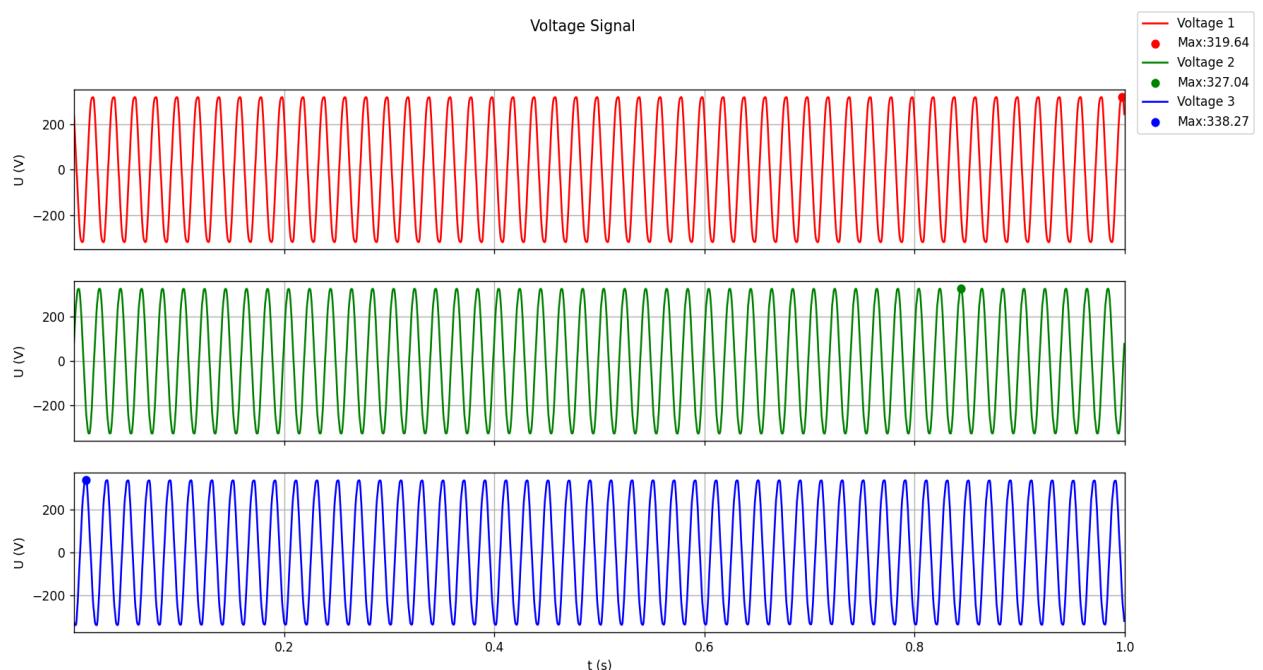
Bảng 6.18. Giá trị CDDD và điện áp lớn nhất của các pha – động cơ gắn vào hệ

Pha	1	2	3
I_{max} (A)	2,89	3,04	2,96
U_{max} (V)	319,64	327,04	338,27

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



Hình 6.7. Cường độ dòng điện – động cơ gắn vào hệ – miền thời gian



Hình 6.8. Tín hiệu cảm biến điện áp – động cơ gắn với hệ – miền thời gian

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Tín hiệu cảm biến điện áp lớn nhất ở cả 3 pha 1, 2, 3 đều giảm so với trường hợp không tải thể hiện ở bảng 6.19. Tuy nhiên, tín hiệu cường độ dòng điện lớn nhất ở cả 3 pha 1, 2, 3 đều tăng so với trường hợp không tải thể hiện ở bảng 6.20. Sai lệch tín hiệu giữa động cơ chạy không tải và gắn vào hệ ở bảng 6.21.

Bảng 6.19. So sánh giá trị điện áp đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ tạo điều kiện bất thường

Pha	1	2	3
Động cơ chạy không tải	333,66 V	336,34 V	329,07 V
Động cơ gắn với hệ	319,64 V	327,04 V	338,27 V

Bảng 6.20. So sánh giá trị cường độ dòng điện đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ tạo điều kiện bất thường

Pha	1	2	3
Động cơ chạy không tải	2,63 A	2,9 A	2,83 A
Động cơ gắn với hệ	2,89 A	3,04 A	2,96 A

Bảng 6.21. Sai lệch giá trị cường độ dòng điện và điện áp đỉnh giữa trường hợp không tải và gắn với hệ

Pha	1	2	3
Động cơ gắn với hệ	$U (\%)$ 4,2	$U (\%)$ 2,7	$U (\%)$ 2,8
	$I (\%)$ 9,9	$I (\%)$ 5	$I (\%)$ 4,6

Từ đồ thị Moment xoắn và tốc độ quay của trực động cơ ở hình 6.9, xác định được giá trị moment xoắn lớn nhất và trung bình đo được là $0,6 \text{ Nm}$ và $0,34 \text{ Nm}$, tốc độ quay lớn nhất và trung bình đo được là 2917 RPM và 2872 RPM .



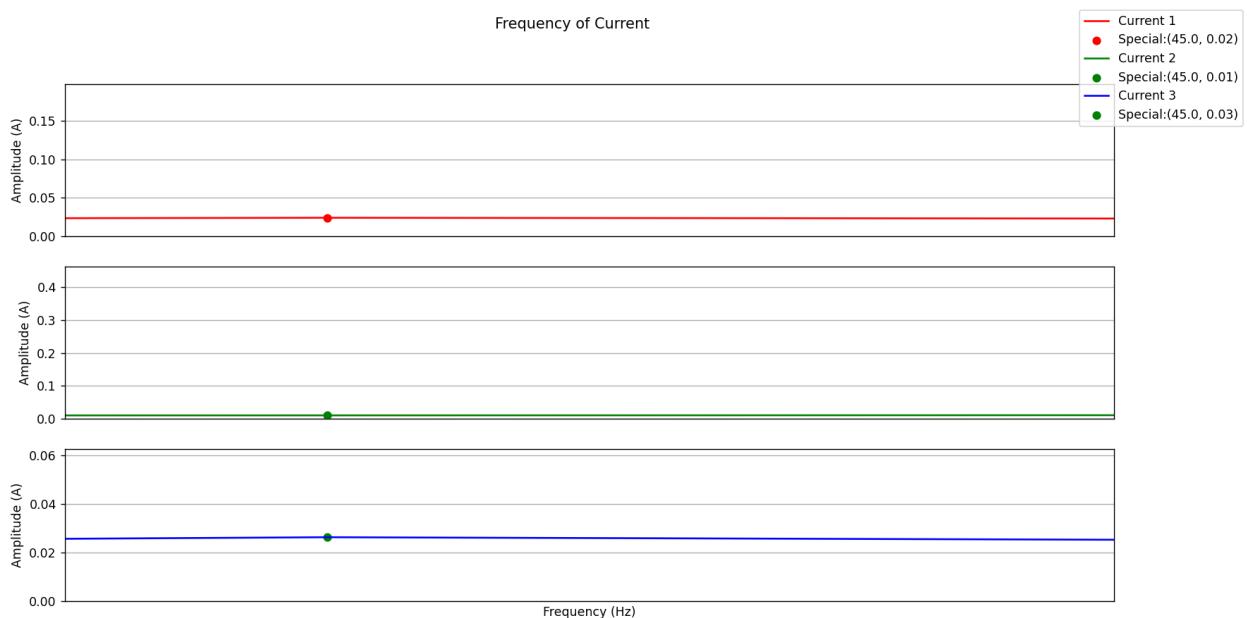
Hình 6.9. Tín hiệu moment xoắn và tốc độ quay – động cơ gắn với hệ

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

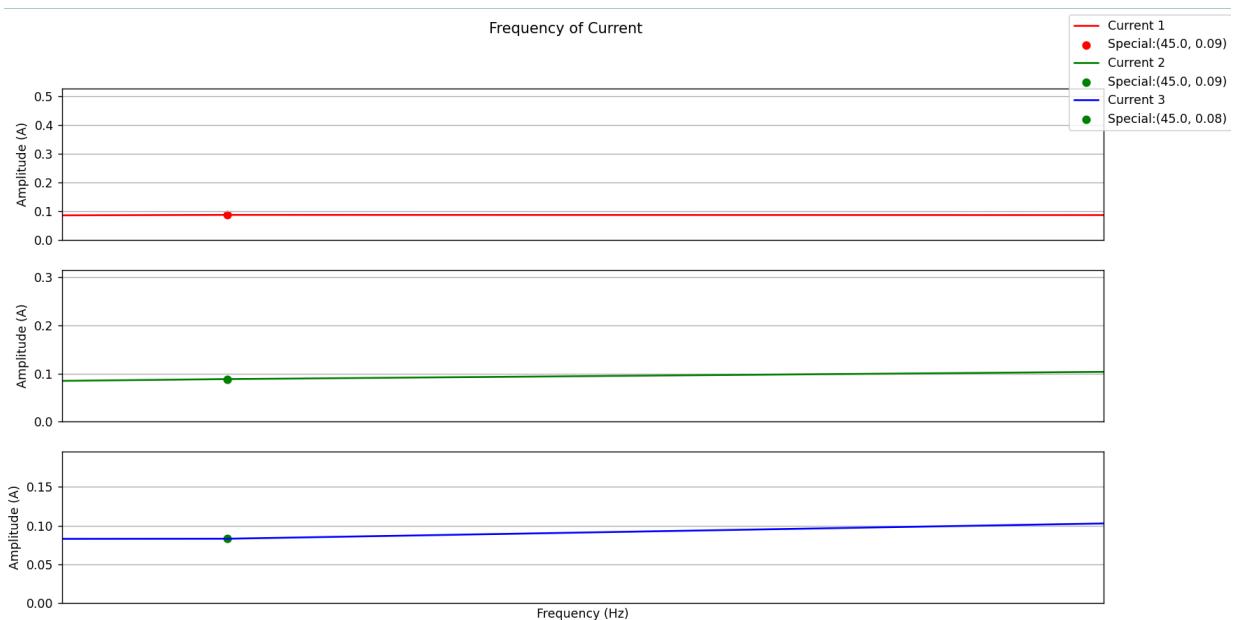
6.3.3. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi lệch tâm trực

6.3.3.1. Lệch tâm trực không tải

Đối với trường hợp lắp tải lệch tâm, không siết dây đai, tín hiệu cường độ dòng điện ở 45 Hz (hình 6.10 và hình 6.11) có biên độ tăng cao hơn nhiều so với trường hợp động cơ chỉ gắn vào hệ và theo bảng 6.4, tần số 45 Hz là tần số đặc trưng cho lỗi về lệch tâm trực của động cơ 3 pha.



Hình 6.10. Cường độ dòng điện – động cơ gắn với hệ - miền tần số

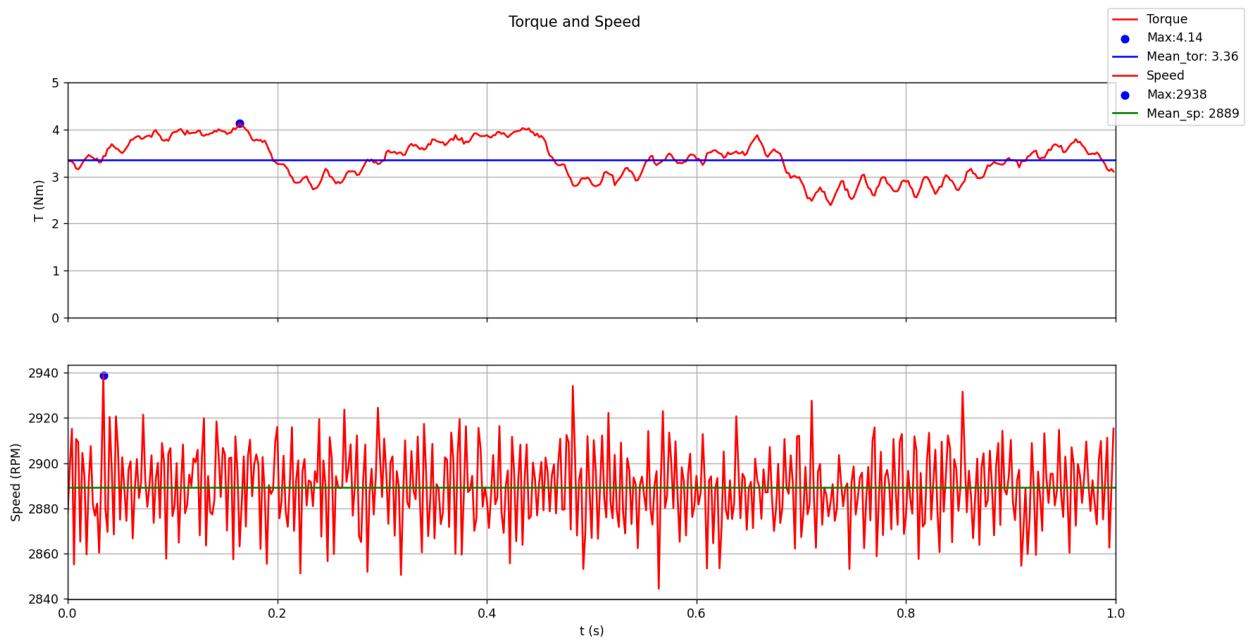


Hình 6.11. Cường độ dòng điện – hệ tạo điều kiện lệch tâm trực - miền tần số

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

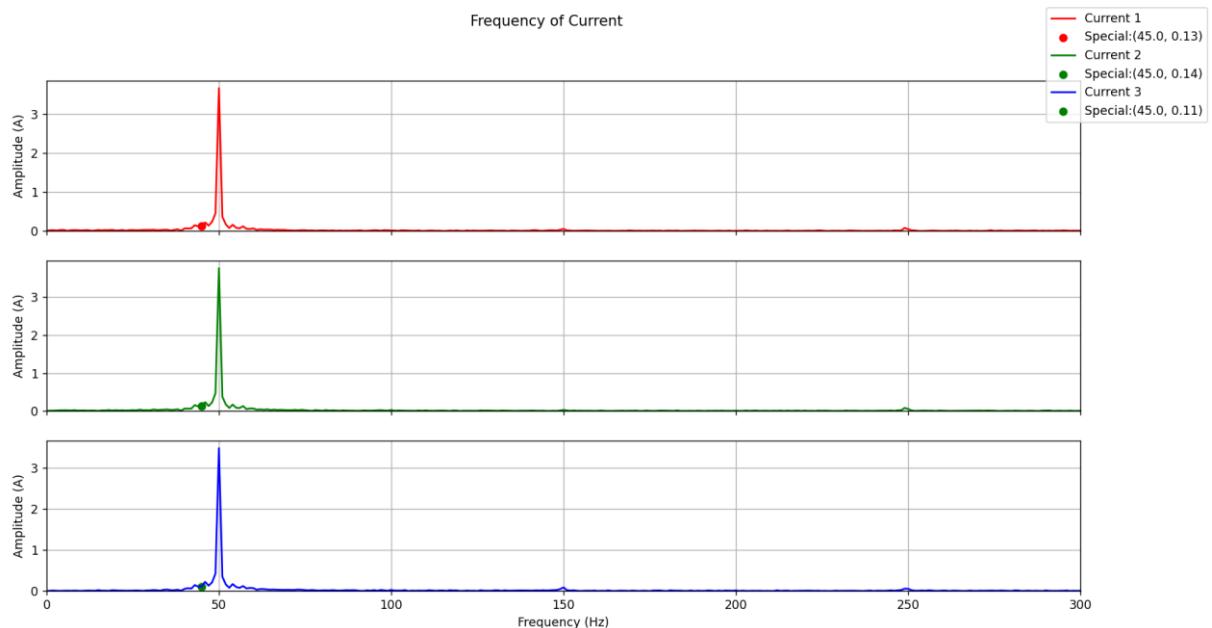
6.3.3.2. Lệch tâm trục có tải

Ở trường hợp lệch tâm trục có tải, nhóm tiến hành siết dây đai để tạo tải lên trục động cơ, moment xoắn và tốc độ quay của trục động cơ có giá trị như đồ thị hình 6.12.



Hình 6.12. Moment xoắn và tốc độ quay – lệch tâm trục có tải – miền thời gian

Tương tự với lệch tâm trục không tải, tần số 45Hz có biên độ tăng cao hơn so với khi hệ hoạt động bình thường. Ở đồ thị hình 6.13, phase 1: 0,13 A , phase 2: 0,14 A, phase 3: 0,11 A)



Hình 6.13. Cường độ dòng điện – lệch tâm trục có tải – miền tần số

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

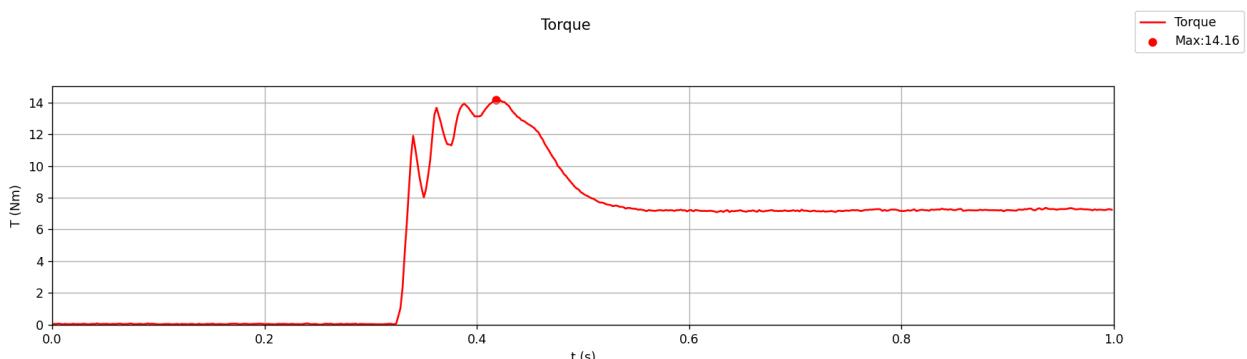
Như vậy, hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi có thể tạo điều kiện để phát sinh lỗi lệch tâm trực trên động cơ điện 3 pha.

6.3.4. Tín hiệu cảm biến ở điều kiện hệ tạo điều kiện phát sinh lỗi quá tải

Theo công thức 3.6, xác định được moment xoắn danh định của động cơ 3000 RPM là 7 Nm. Tiến hành xác định moment xoắn khởi động của động cơ để tiến hành tạo quá tải cho hệ ở giá trị moment xoắn khởi động.

6.3.4.1. Xác định moment xoắn khởi động của động cơ

Nhóm tiến hành bật bộ thu thập trước, sau đó bật động cơ để thu thập được moment xoắn khởi động của động cơ (Hình 6.14). Moment xoắn khởi động có giá trị lớn nhất là 14,16 Nm.

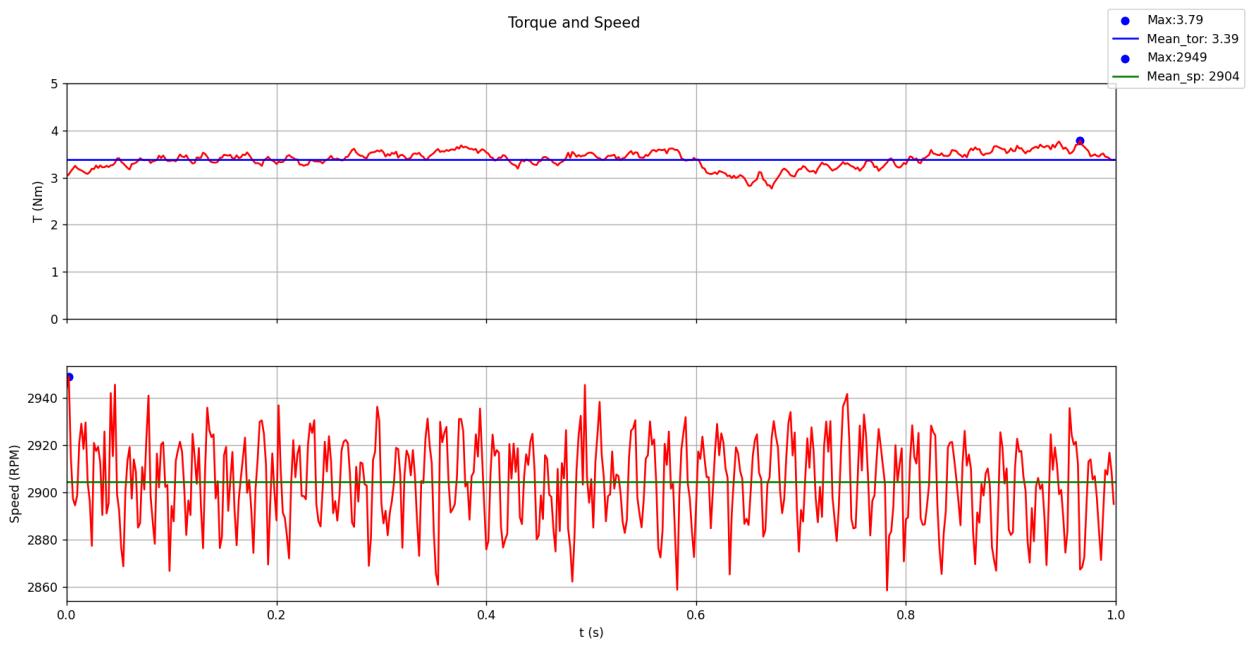


Hình 6.14. Moment xoắn khởi động của động cơ

6.3.4.2. Hệ hoạt động ở 50% moment xoắn danh định của động cơ

Điều chỉnh lực căng đai lên bánh đai ở 50% danh định của động cơ (3,5 Nm), moment xoắn và tốc độ quay của trục thu được như hình 6.15. Giá trị lớn nhất của moment xoắn là 3,79 Nm, giá trị trung bình là 3,39 Nm và giá trị lốp nhất, trung bình của tốc độ quay trục lần lượt là 2949 RPM, 2904 RPM.

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

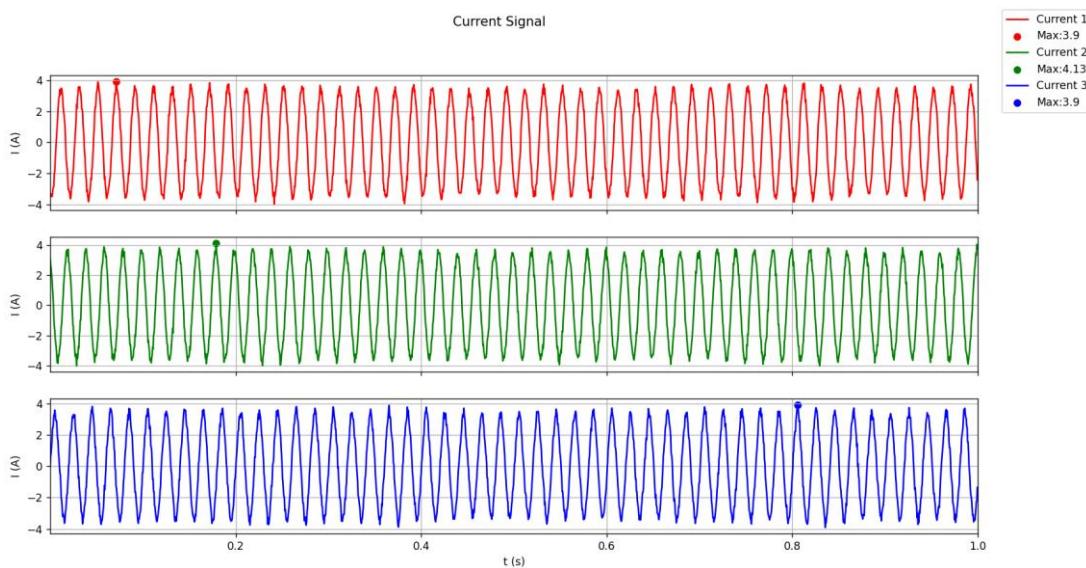


Hình 6.15. Moment xoắn và tốc độ quay của động cơ ở 50% tải danh định

Khi siết đai, làm tăng tải lên trực động cơ nên cường độ dòng điện và điện áp tăng (hình 6.16, hình 6.17) để động cơ thăng được lực ma sát giữa bánh đai và dây đai tạo ra, làm quay động cơ. Bảng 6.22 biểu hiện cường độ dòng điện và điện áp của các pha trong trường hợp động cơ hoạt động ở 50% tải.

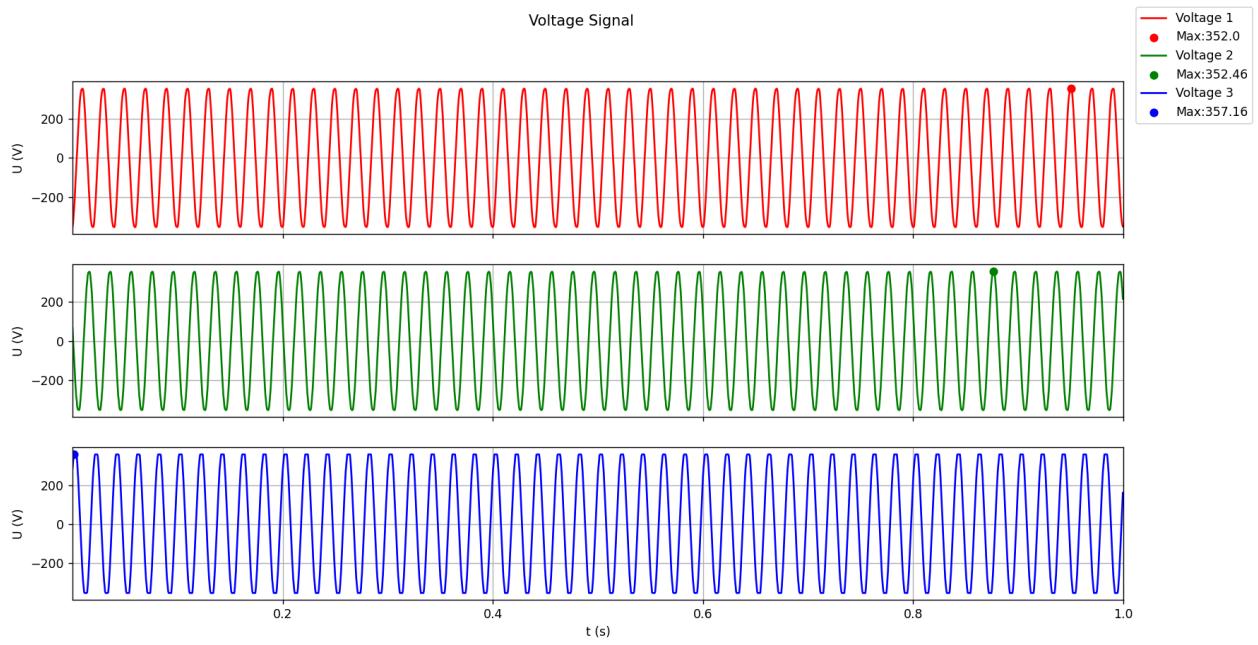
Bảng 6.22. Cường độ dòng điện và điện áp lớn nhất của động cơ ở 50% tải

Pha	1	2	3
I_{max} (A)	3,9	4,13	3,9
U_{max} (V)	352,0	352,46	357,16



Hình 6.16. Cường độ dòng điện – 50% moment xoắn danh định – miền thời gian

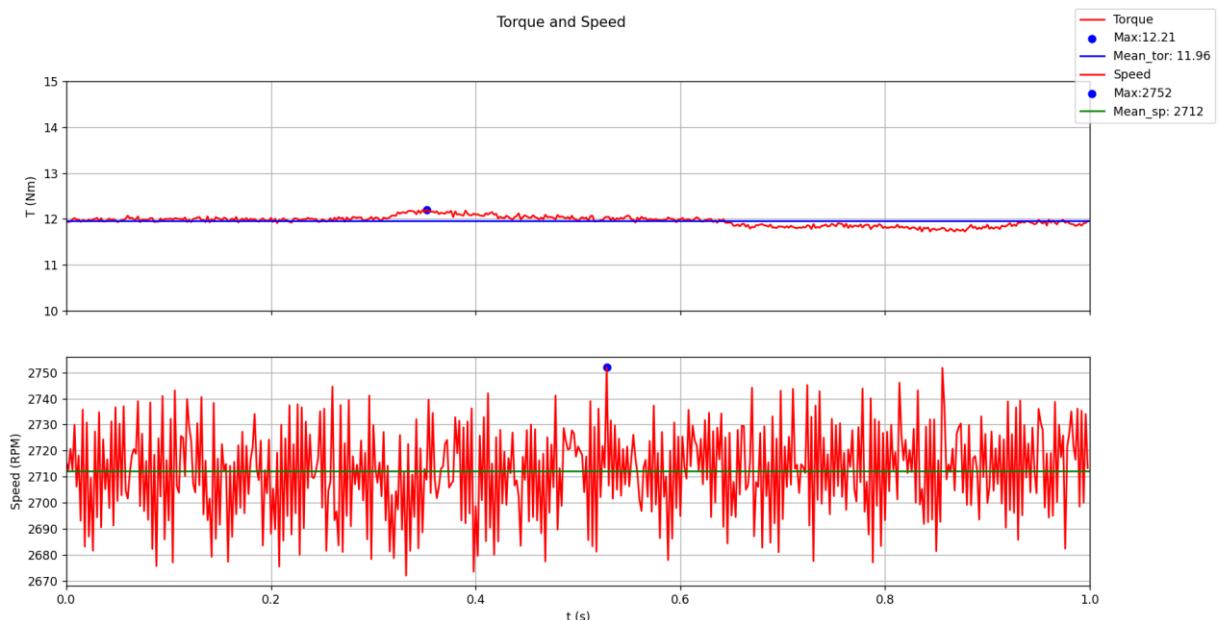
CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ



Hình 6.17. Điện áp – 50% moment xoắn danh định – miền thời gian

6.3.4.3. Hệ hoạt động ở moment xoắn khởi động của động cơ

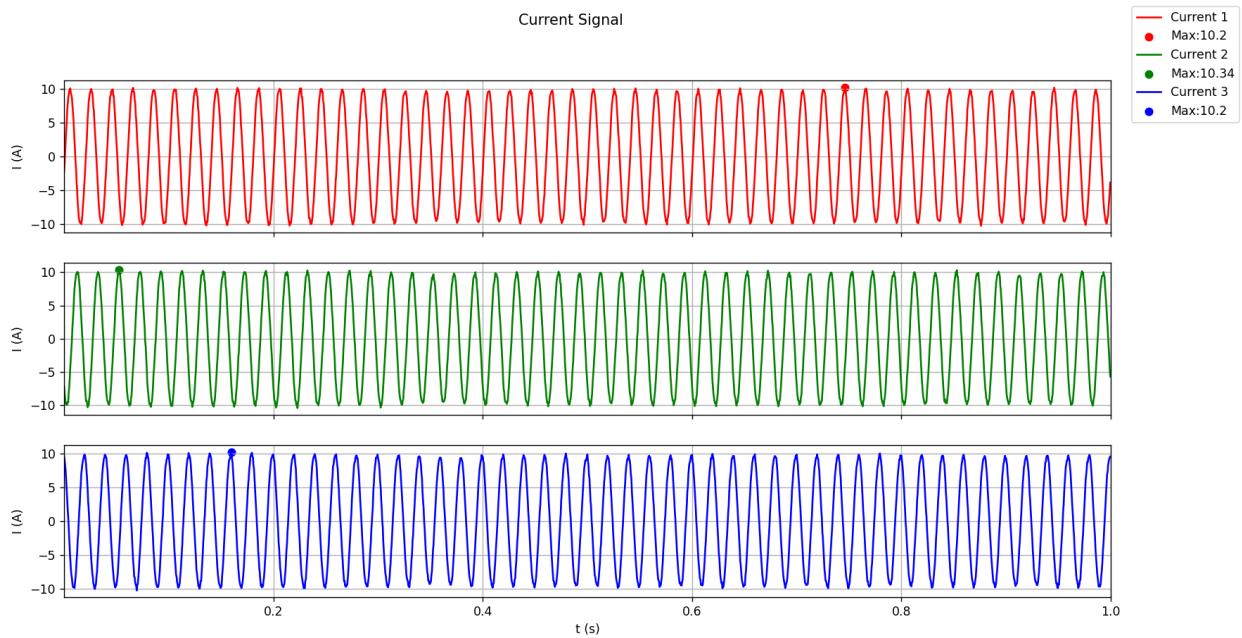
Nhóm tiến hành siết dây đai để đai tăng điện tích tiếp xúc với bánh đai, từ đó tạo ra hiện tiện quá tải trên trục động cơ, moment xoắn và tốc độ quay của động cơ khi hoạt động ở moment xoắn khởi động của động cơ được thể hiện ở hình 6.18.



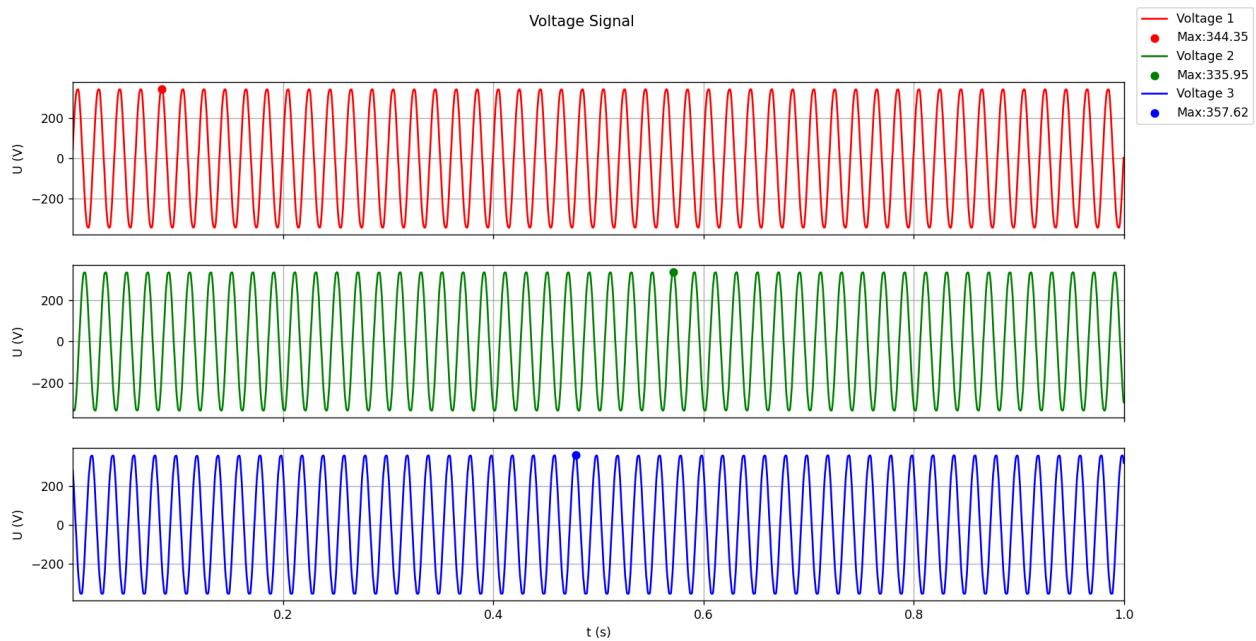
Hình 6.18. Moment xoắn và tốc độ quay – quá tải

CHƯƠNG 6: THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Vì lực ma sát của dây đai và bánh đai lớn nên động cơ cần tăng cường độ dòng điện và điện áp để thắng được lực ma sát. Cường độ dòng điện và điện áp của động cơ được thể hiện trong hình 6.19 và 6.20.



Hình 6.19. Cường độ dòng điện của động cơ – quá tải



Hình 6.20. Điện áp của động cơ – quá tải

Kết luận: Hệ tạo điều kiện phát sinh lõi trên động cơ điện ba pha có khả năng tạo ra lõi lệch tâm trục và lõi quá tải cho động cơ điện 3 pha.

CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

7.1. Kết quả đạt được

- (i) Tìm hiểu được 4 lỗi thường gặp trên động cơ điện 3 pha (nguyên nhân, cơ chế, các điều kiện hoạt động bất thường và dấu hiệu nhận biết được lỗi).
- (ii) Tìm hiểu được các phương pháp bảo trì cho động cơ điện và cách bảo trì dự đoán cho động cơ điện 3 pha
- (iii) Thiết kế bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi trên động cơ điện 3 pha, trong đó tạo được 3 lỗi về cơ khí gồm quá tải, lệch tâm trục, hư hỏng vòng bi và 2 lỗi về điện gồm mất pha, sụt áp.
- (iv) Thiết kế mạch thu thập dữ liệu cho động cơ điện 3 pha, có khả năng thu thập được tín hiệu gồm cường độ dòng điện, điện áp, rung động, moment xoắn và tốc độ quay của trục. Mạch thu thập có khả năng giao tiếp trực tiếp với PV/Laptop thông qua kết nối USB.
- (v) Tìm hiểu được thuật toán thu thập dữ liệu và biến đổi dữ liệu sang miền tần số để tiến hành so sánh.
- (vi) Gia công, chế tạo được bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi cho động cơ điện 3 pha, tạo được các lỗi về cơ khí như lỗi quá tải, lỗi lệch tâm trục và lỗi vòng bi.
- (vii) Tiến hành chạy thực nghiệm mô hình bộ tạo điều kiện phát sinh lỗi cho động cơ điện 3 pha.
- (viii) Bộ thu thập dữ liệu có thể thu thập được các tín hiệu: điện áp, cường độ dòng điện, momen xoắn và tốc độ quay.

7.2. Hạn chế của đề tài

- (i) Mạch thu thập chưa được thiết kế PCB để gọn nhẹ và dễ di chuyển trong lúc sử dụng.
- (ii) Thực nghiệm chưa đầy đủ các điều kiện phát sinh lỗi gồm: điều kiện phát sinh lỗi về điện (mất pha, sụt áp), điều kiện phát sinh lỗi của lỗi vòng bi, dữ liệu của cảm biến độ rung.

CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

7.3. Hướng phát triển

- (i) Tiến hành thực nghiệm đầy đủ các điều kiện phát sinh lỗi, cho động cơ hoạt động trong các điều kiện lỗi khác nhau.
- (ii) Nghiên cứu và xây dựng thuật toán dự báo tuổi thọ động cơ (RUL – Remain Useful Life).
- (iii) Tiến hành thu thập thêm các tín hiệu như rung động, nhiệt độ vỏ động cơ... để xây dựng lên bộ dữ liệu hoàn chỉnh cho quá trình Machine Learning.


TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] NEMA MG-1. (2009). Motors and Generators. *National Electrical Manufacturers Association*.
- [2] IEC 60034. (2010). Rotating electrical machines. *International Electrotechnical Commission*.
- [3] Da Silva, A. M. (2006). Induction motor fault diagnostic and monitoring methods (Doctoral dissertation, Marquette University).
- [4] EP Editorial Staff (2004). *Detecting Broken Rotor Bars Prevents Catastrophic Damage*. Truy cập ngày 03/05/2023. Truy cập từ <https://www.efficientplantmag.com/2004/11/detectingbroken-rotor-bars-prevents-catastrophic-damage/>
- [5] Valtierra-Rodriguez, M., Rivera-Guillen, J. R., Basurto-Hurtado, J. A., DeSantiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., & Amezquita-Sanchez, J. P. (2020). Convolutional neural network and motor current signature analysis during the transient state for detection of broken rotor bars in induction motors. *sensors*, 20(13), 3721.
- [6] Önel, I. Y., & Benbouzid, M. E. H. (2008). Induction motor bearing failure detection and diagnosis: Park and concordia transform approaches comparative study. *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 13(2), 257-262.
- [7] Bagheri, A., Ojaghi, M., & Bagheri, A. (2020). Air-gap eccentricity fault diagnosis and estimation in induction motors using unscented Kalman filter. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(8), e12450.
- [8] Behnoush Rezaeianjouybari, Yi Shang. (04/05/2020). Deep learning for prognostics and health management: State of the art, challenges, and opportunities. *International Measurement Confederation*.
- [9] Vietchem. (25/07/2022). *Nguyên lý hoạt động của cảm biến nhiệt độ là gì? Úng dụng trong lĩnh vực nào?* Truy cập ngày 13/09/2023. Truy cập từ <https://vietchem.com.vn/tin-tuc/nguyen-ly-hoat-dong-cua-cam-bien-nhiet-do-la.html>

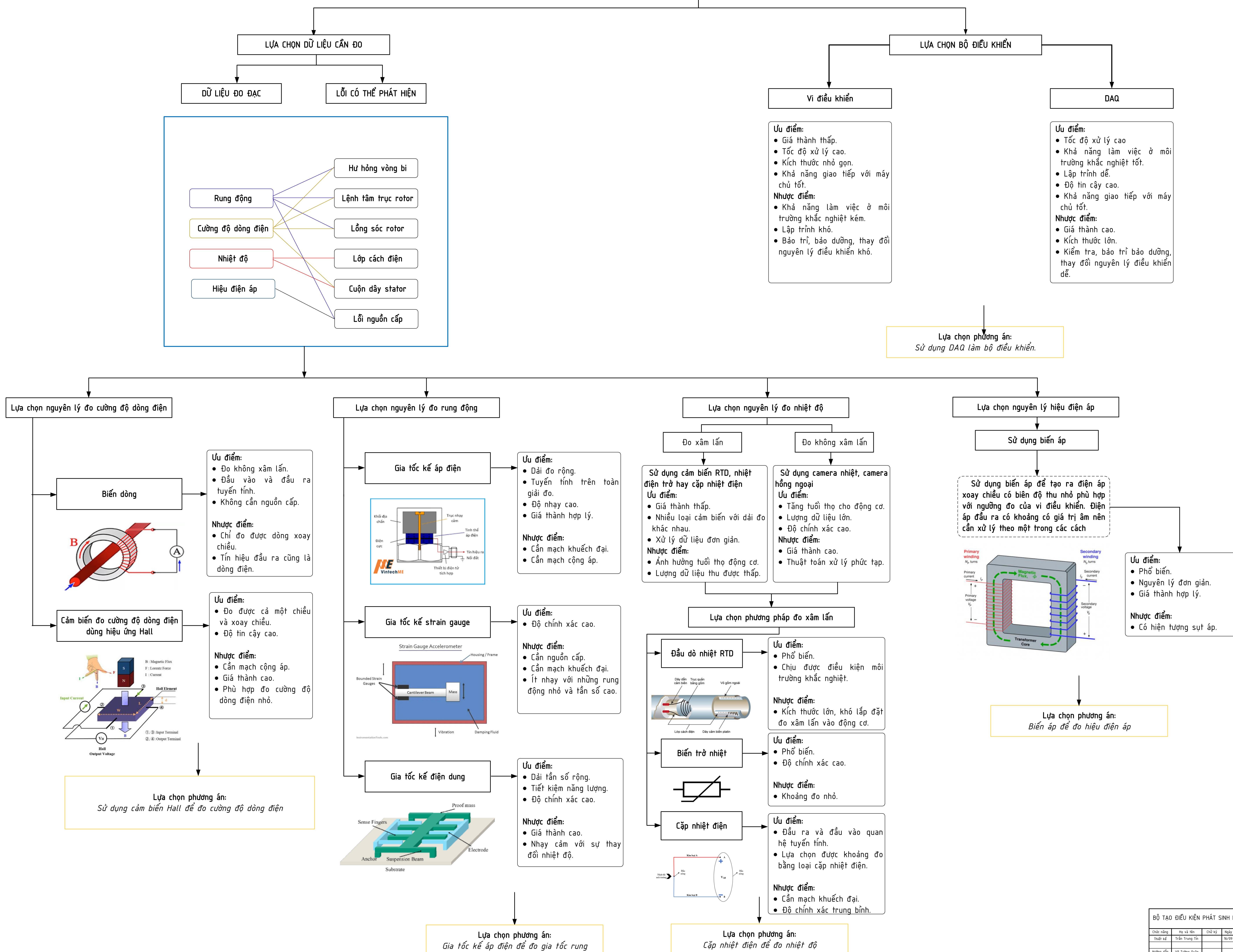
- [10] Dr. Steve Arar. (25/07/2021). *Hall Effect Current Sensing: Open-Loop and Closed-Loop Configurations*. Truy cập ngày 13/09/2023. Truy cập từ <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/hall-effect-current-sensing-open-loop-and-closed-loop-configurations/>
- [11] Alternative Medicine. (26/06/2023). *What's Magnetic Sensor?* Truy cập ngày 13/09/2023. Truy cập từ <https://altmedicine.allturnkeywebsites.com/2023/06/whats-magnetic-sensor/>
- [12] Case School of Engineering. *Bearing Data Center - Seeded Fault Test Data*. Case Western Reserve University. Truy cập ngày 13/09/2023. Truy cập từ <https://engineering.case.edu/bearingdatacenter>
- [13] MAFAULDA. Machinery Fault Database. Truy cập ngày 13/09/2023. Truy cập từ https://www02.smt.ufrj.br/~offshore/mfs/page_01.html
- [14] Rafia Nishat Toma, Alexander E. Prosvirin, and Jong-Myon Kim. (28/03/2020). Bearing Fault Diagnosis of Induction Motors Using a Genetic Algorithm and Machine Learning Classifiers. *Sensors*.
- [15] Israel Antônio Macedo de Lima, Maria Alzira de Araújo Nunes. (6-11/12/2015). Design and construction of a test bench for study of vibration analysis techniques applied to predictive maintenance. 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering.
- [16] Selina S. Y. Ng, Peter W. Tse, and Kwok L. Tsui. (13/01/2014). A One-Versus-All Class Binarization Strategy for Bearing Diagnostics of Concurrent Defects. *Sensors*, 2014.
- [17] Chao Jin, Agusmian P. Ompusunggu, Zongchang Liu, Hossein D. Ardakani, Fredrik Petré, and Jay Lee. (10/2014). A Vibration-Based Approach for Stator Winding Fault Diagnosis of Induction Motors: Application of Envelope Analysis. *Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society 2014*.
- [18] A. SOUALHI, G. CLERC, and H. RAZIK. (05-08/09/2011). Faults Classification of Induction Machine Using an Improved Ant Clustering Technique. *8th IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics & Drives*.

- [19] Mansour Ojaghi, Mahdi Sabouri, Jawad Faiz. (2014). Diagnosis methods for stator winding faults in three-phase squirrel-cage induction motors. International Transactions on Electrical Energy Systems, 891-912.
- [20] Austin H. Bonnett, George C. Soukup. (1986). Rotor Failures in Squirrel Cage Induction Motors. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 1A-22, no. 6.
- [21] Austin H. Bonnett, George C. Soukup. (1988). Analysis of Rotor Failures in Squirrel-Cage Induction Motors. IEEE Transactions on Industry Applications, vol 24, no. 6.
- [22] Humberto Henao, Hubert Razik, Gérard-André Capolino. (5/2005). Analytical Approach of the Stator Current Frequency Harmonics Computation for Detection of Induction Machine Rotor Faults. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 41, no. 3.
- [23] Nguyen Cong Phuong. (2021). Classification of Levels of Induction Motor Overload using Sound Analysis. School of Electrical Engineering, Hanoi University of Science and Technology.
- [24] Andrew M. Knight and Sergio P. Bertani (2005). Mechanical Fault Detection in a Medium-Sized Induction Motor Using Stator Current Monitoring. IEEE Transactions on energy conversion, Vol. 20, No. 4.
- [25] YE Zhongming, WU (2000). *Bin A Review on Induction Motor Online Fault Diagnosis*. Dept of Electrical & Computer Engineering Ryerson Polytechnic University.
- [26] Trịnh Chất, Lê Văn Uyễn (2006). Tính toán hệ dẫn động cơ khí tập 1. NXB Giáo Dục, Hà Nội.
- [27] Cantoni Motor. Product Catalogue General Purpose 3-Phase Induction Motor.
- [28] Allegro MicroSystem. ACS712 Family Datasheet.
- [29] Nguyễn Hữu Lộc. (2013). Cơ sở thiết kế máy. NXB ĐHQG Thành phố Hồ Chí Minh

- [30] Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A textbook of machine design. S. Chand publishing.
- [31] M. Habyarimana, D. G. Dorrell. (2017). Methods to reduce the starting current of an induction motor. IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering.
- [32] LEM. Current Transducer LA 55-P Datasheet.
- [33] LEM. Voltage Transducer LV 25-P Datasheet.
- [34] GALOCE. Dynamic Torque Sensor GTS208 Datasheet.
- [35] YE Zhongming, WU Bin. A review on induction motor online fault diagnosis. Third International Power Electronics and Motion Control Conference.
- [36] Clion Electric. NNC71A1 Electromagnetic Power Relay (JQX-12F), truy cập từ <http://www.electrical-relay.com/2018/1-3-7-nnc71a1-electromagnetic-powerrelay.html>
- [37] Autonics. Multi Function Timer AT8N Series.
- [38] Sanwa. DCM60R Digital Clamp Meter.



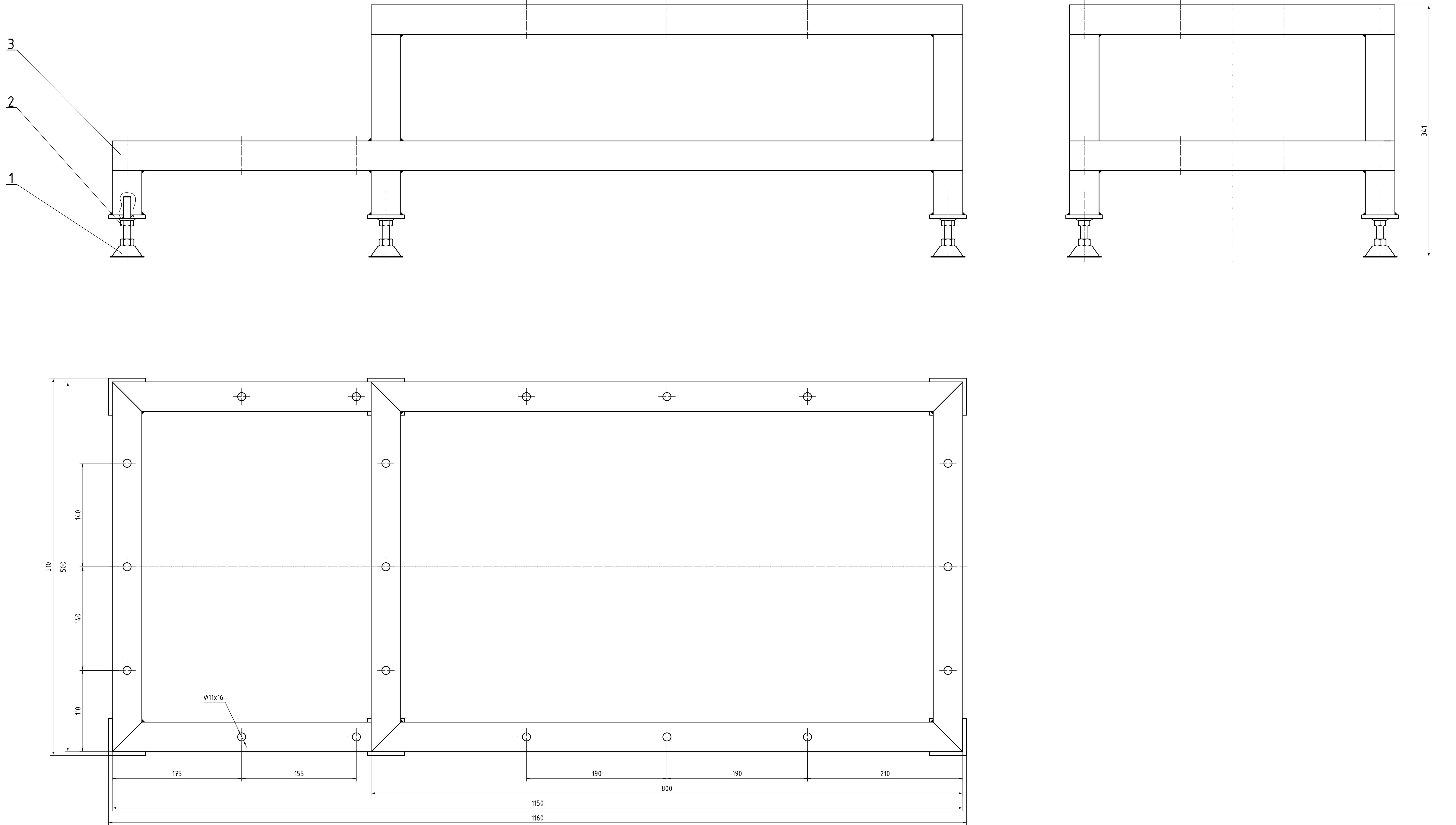
Nghiên cứu và thiết kế bộ thu thập dữ liệu trên động cơ 3 pha



BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỐI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	
Chức năng	Họ và tên	Chủ kỹ	Ngày	Số lượng	Khối lượng
Thiết kế	Trần Trung Tín		16/09		
Hướng dẫn	Võ Tường Quân				
Duyệt				To: 2	Số: 2

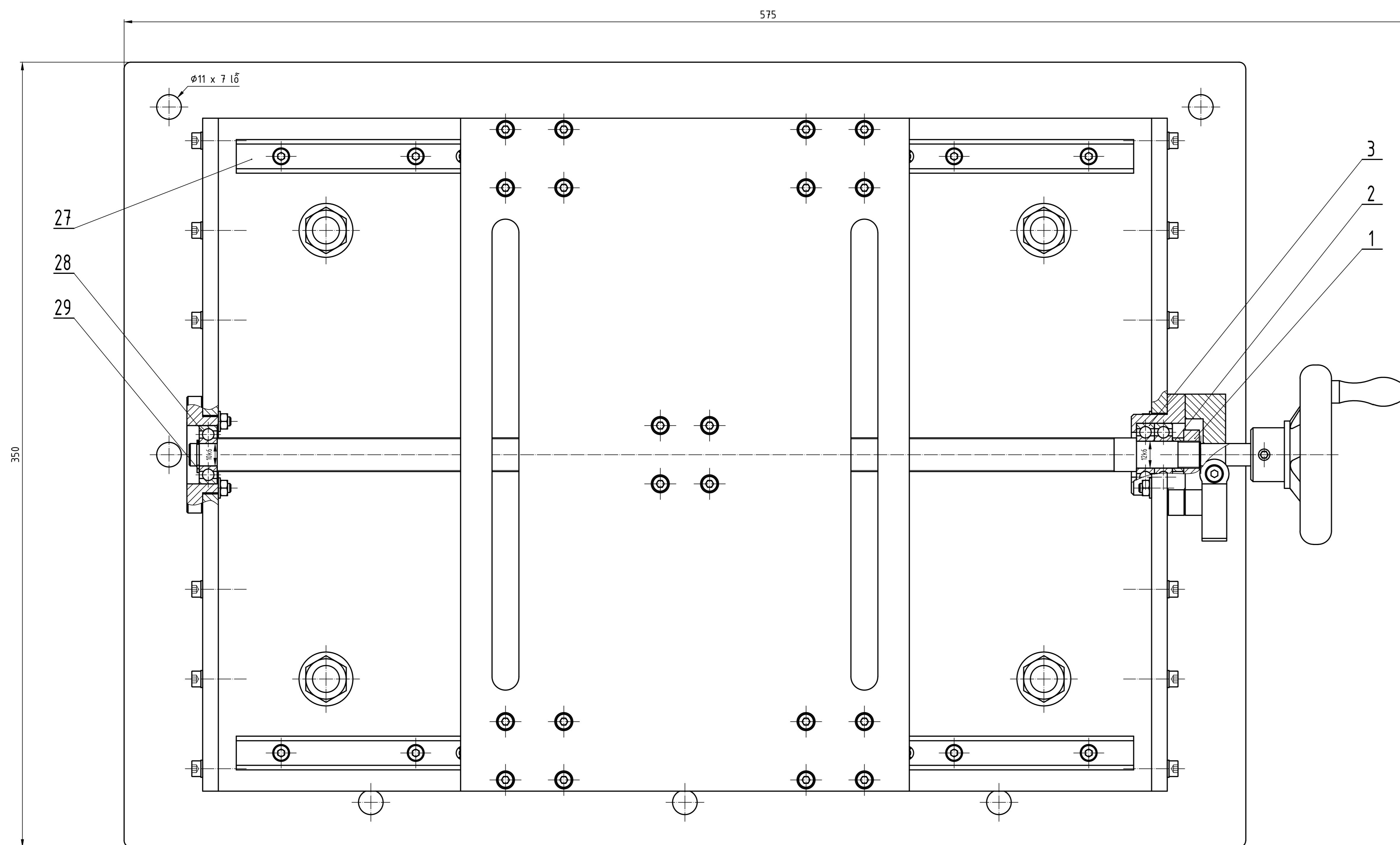
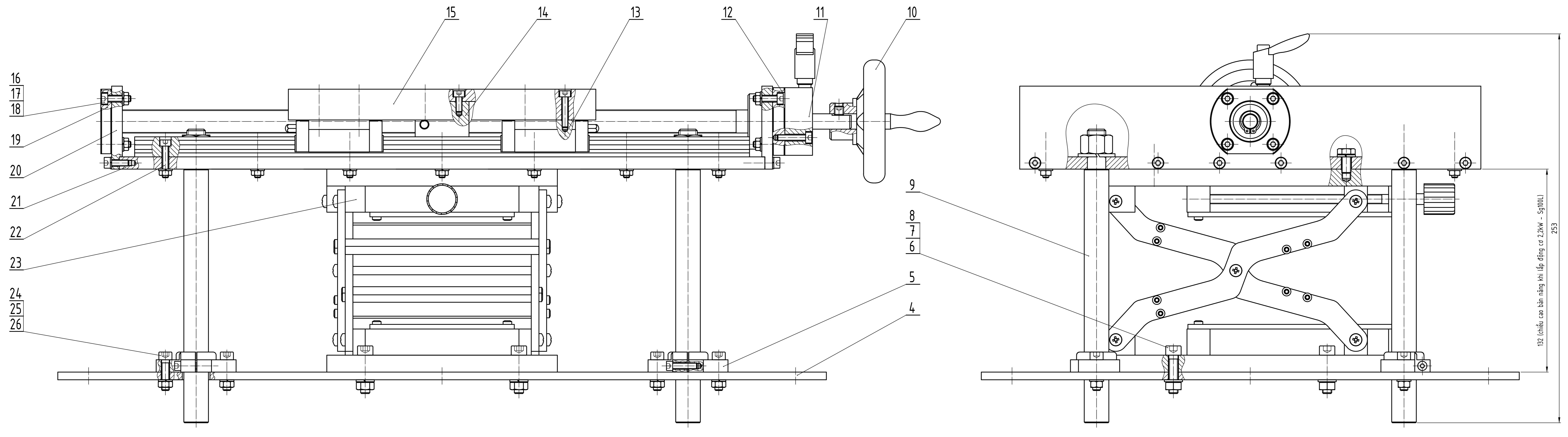
LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
ĐẠI HỌC QUỐC GIA THỦ ĐỨC
KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ

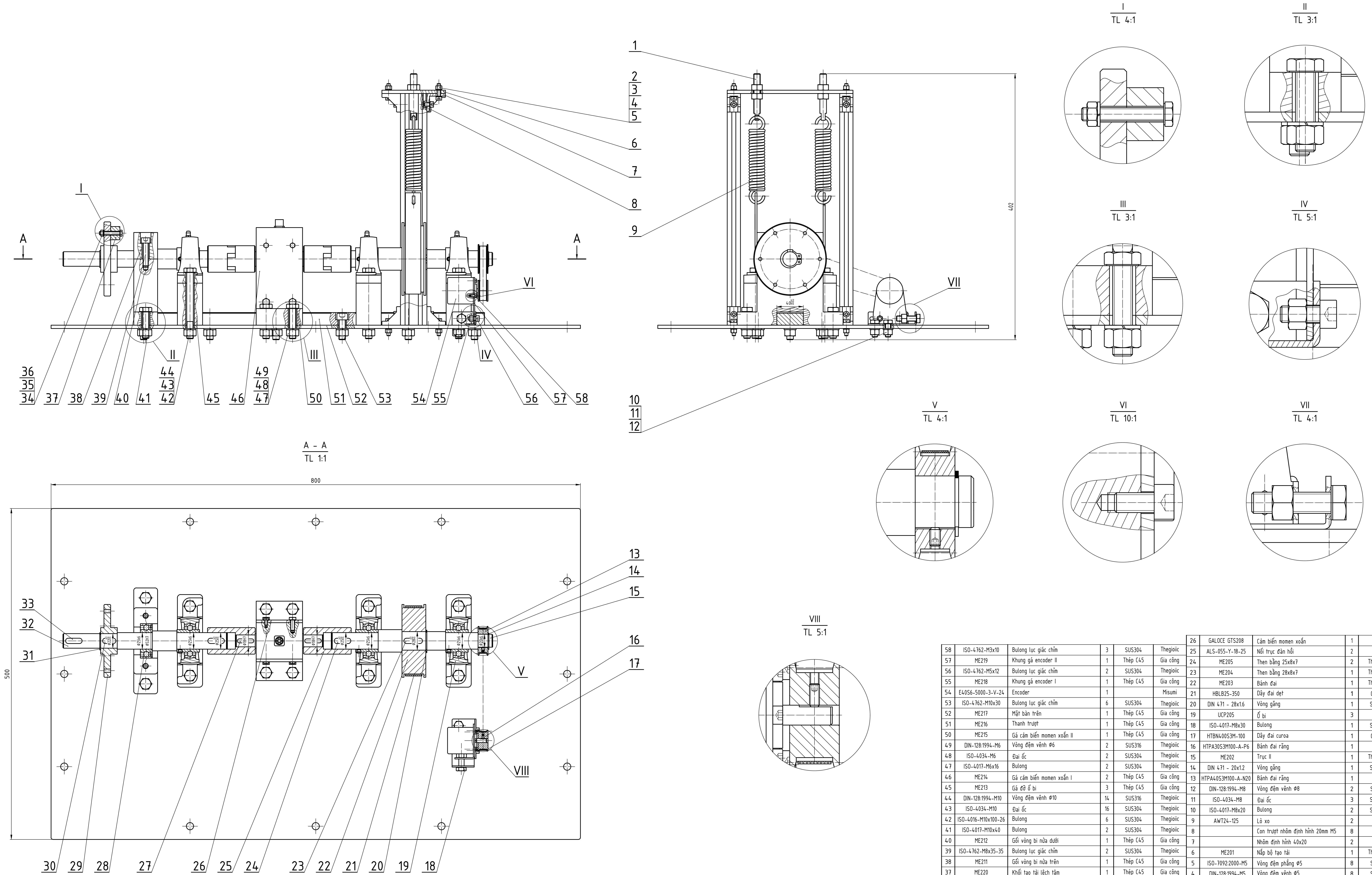


3	ME001	Khung máy	1	Thép	Gia công
2	ISO-4161-M10	Đai ốc mặt bích	6	SUS304	Thegioic
1		Chân tăng chỉnh	6	SUS304	Thegioic
VT	Ký hiệu	Tên gọi	SL	Vật liệu	Ghi chú
BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỎI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA					ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
Thiết kế	Trần Trung Tín	Chủ kỹ	Ngày	CUM	
Hưởng dẫn	Võ Tường Quân			KHUNG MÁY	
Duyệt					

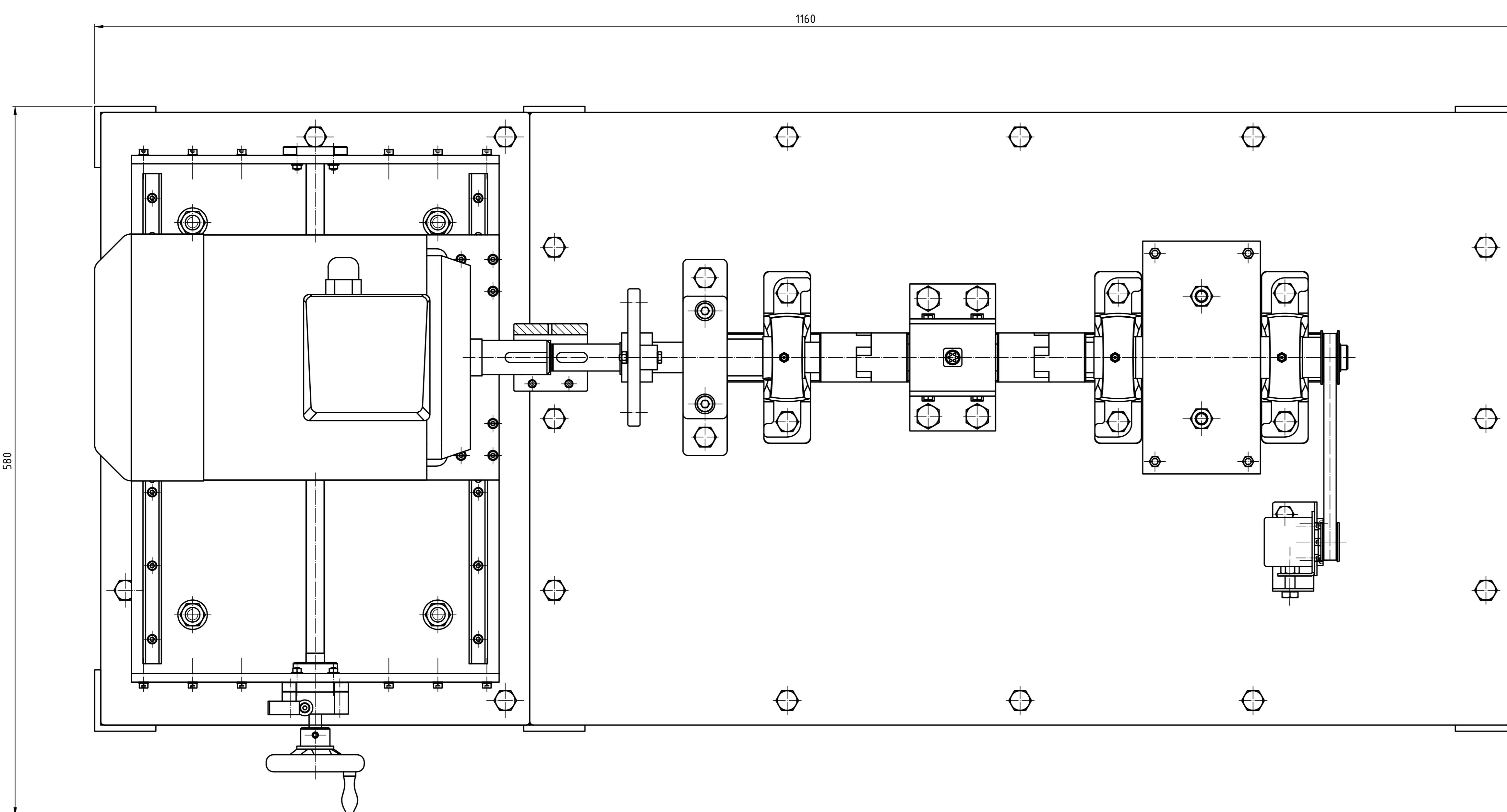
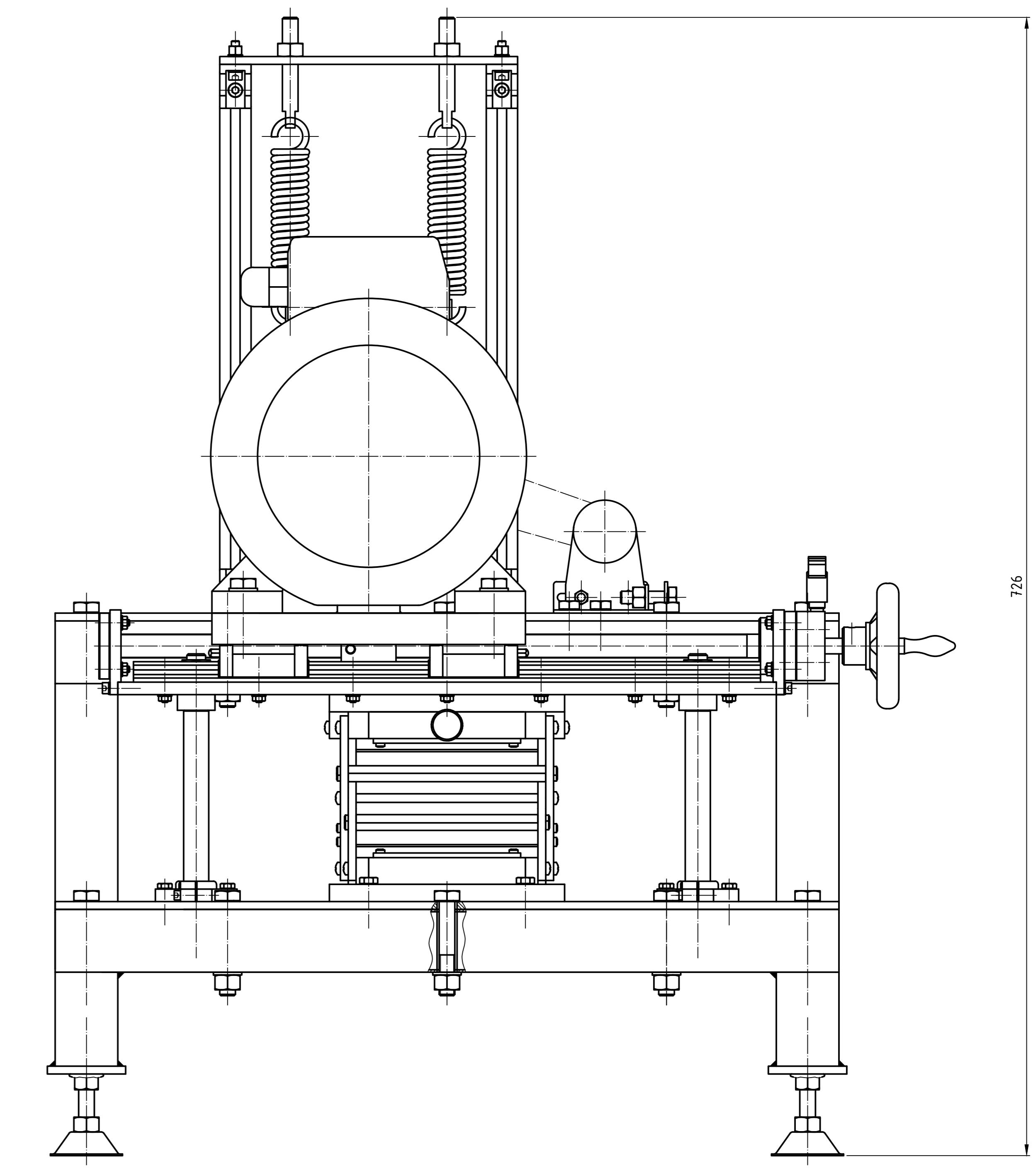
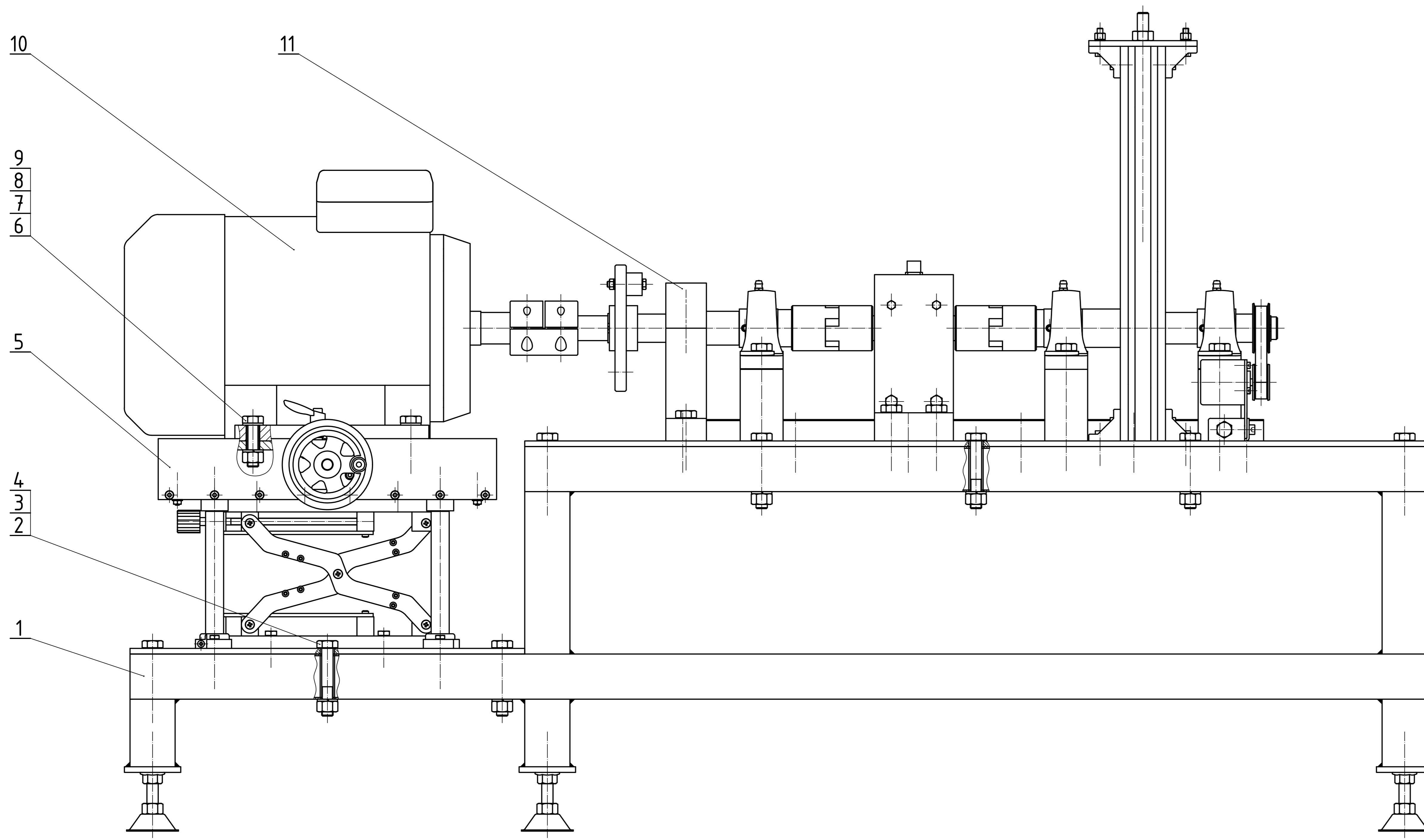
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM
KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ




STT	Mã số	Tên chi tiết	Số lượng	Vật liệu	Đơn vị	
29	DIN 471 - 10x1	Vòng gǎng	1	SUS420	Misumi	
28	B6000Z	Vòng bi đỡ đuôi trục vít me	1		Misumi	
27	C-SX2R24-400	Thanh trượt tuyến tính	2	Thép C45	Misumi	
26	DIN-128:1994-M5	Vòng đệm vénh Ø5	8	SUS316	Thegioiic	
25	ISO-4034-M5	Đai ốc	8	SUS304	Thegioiic	
24	ISO-4017-M5x20x20	Bulong	8	SUS304	Thegioiic	
23	HTZ210	Bàn nâng	1		Tehighauto	
22	ISO-4762-M4x20	Bulong lục giác chìm	14	SUS304	Thegioiic	
21	ME105	Khung gá động cơ tấm ngang	1	Thép C45	Gia công	
20	ME104	Khung gá động cơ tấm đứng	2	Thép C45	Gia công	
19	MRUZ10	Bộ đỡ đuôi trục vít me	1	Nhôm	Misumi	
18	DIN-128:1994-M4	Vòng đệm vénh Ø4	22	SUS316	Thegioiic	
17	ISO-4034-M4	Đai ốc	22	SUS304	Thegioiic	
16	ISO-4762-M4x15x15	Bulong lục giác chìm	8	SUS304	Thegioiic	
15	ME103	Tấm gá động cơ Cantoni Sg100L	1	Thép C45	Gia công	
14	BSBRK1505-482F30P10	Bộ truyền vít me đai ốc bi M15	1		Misumi	
13	C-SX2R24	Khối trượt tuyến tính	4	Thép C45	Misumi	
12	MRWZ-S12-d	Bộ đỡ đầu trục vít me	1	Nhôm	Misumi	
11	MRWZ-S12-s	Bộ khóa cố định trục vít me	1	Nhôm	Misumi	
10	AHLN80-HC10	Tay quay	1	Thép	Misumi	
9	PSAGN16-155-F35-M12	Trục tuyến tính Ø16 một đầu ren M12	4	SUS304	Misumi	
8	DIN-128:1994-M6	Vòng đệm vénh Ø6	4	SUS316	Thegioiic	
7	ISO-4034-M6	Đai ốc	4	SUS304	Thegioiic	
6	ISO-4762-M6x25x25	Bulong lục giác chìm	4	SUS304	Thegioiic	
5	SHF16	Gối đỡ ti trục Ø16	4	Nhôm	Misumi	
4	ME101	Tấm mặt bàn	1	Thép C45	Gia công	
3	B6001ZZ	Vòng bi đỡ đầu trục vít me	2		Misumi	
2		Ống lót	1	Thép C45	Misumi	
1	BNR12	Đai ốc vuông khóa vòng bi	1	SUS304	Misumi	
VT	Ký hiệu	Tên gọi	SL	Vật liệu	Ghi chú	
BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỖI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP		
Chức danh	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
Thiết kế	Trần Trung Tín					1:1
Hướng dẫn	Võ Tường Quân			Tờ: 2	Số tờ: 4	
Duyệt				TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐẠI HỌC QUỐC GIA TPHCM KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ		



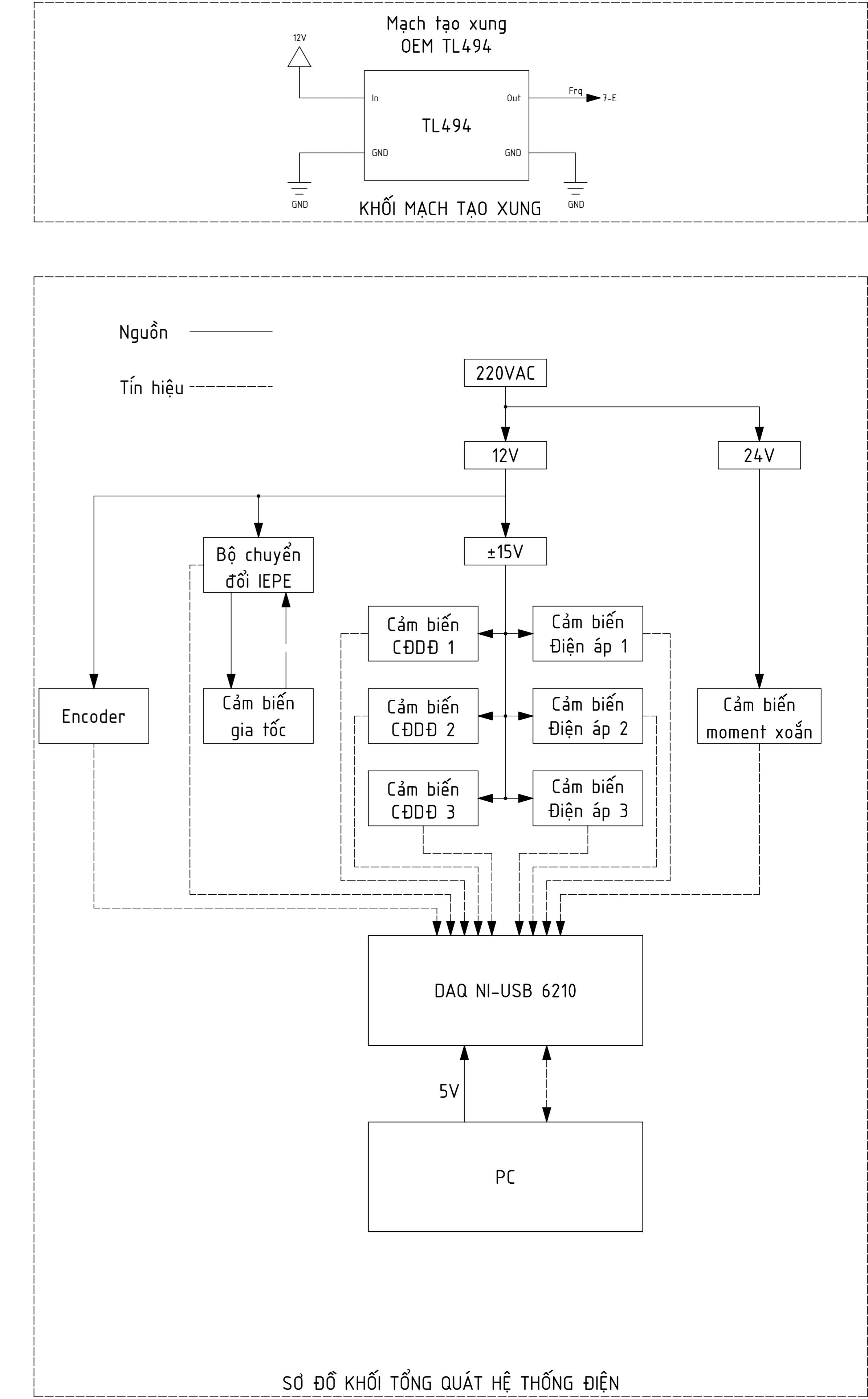
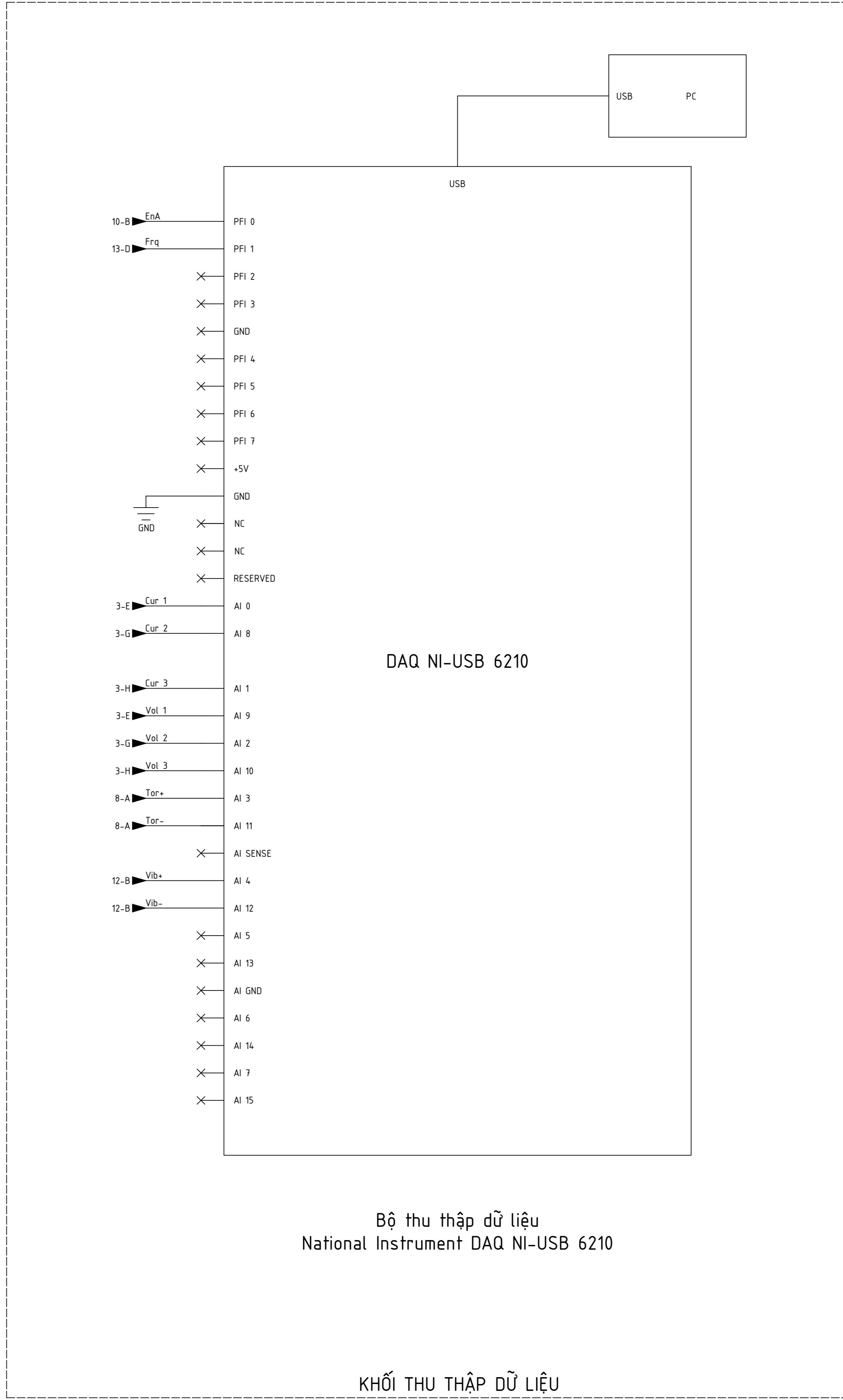
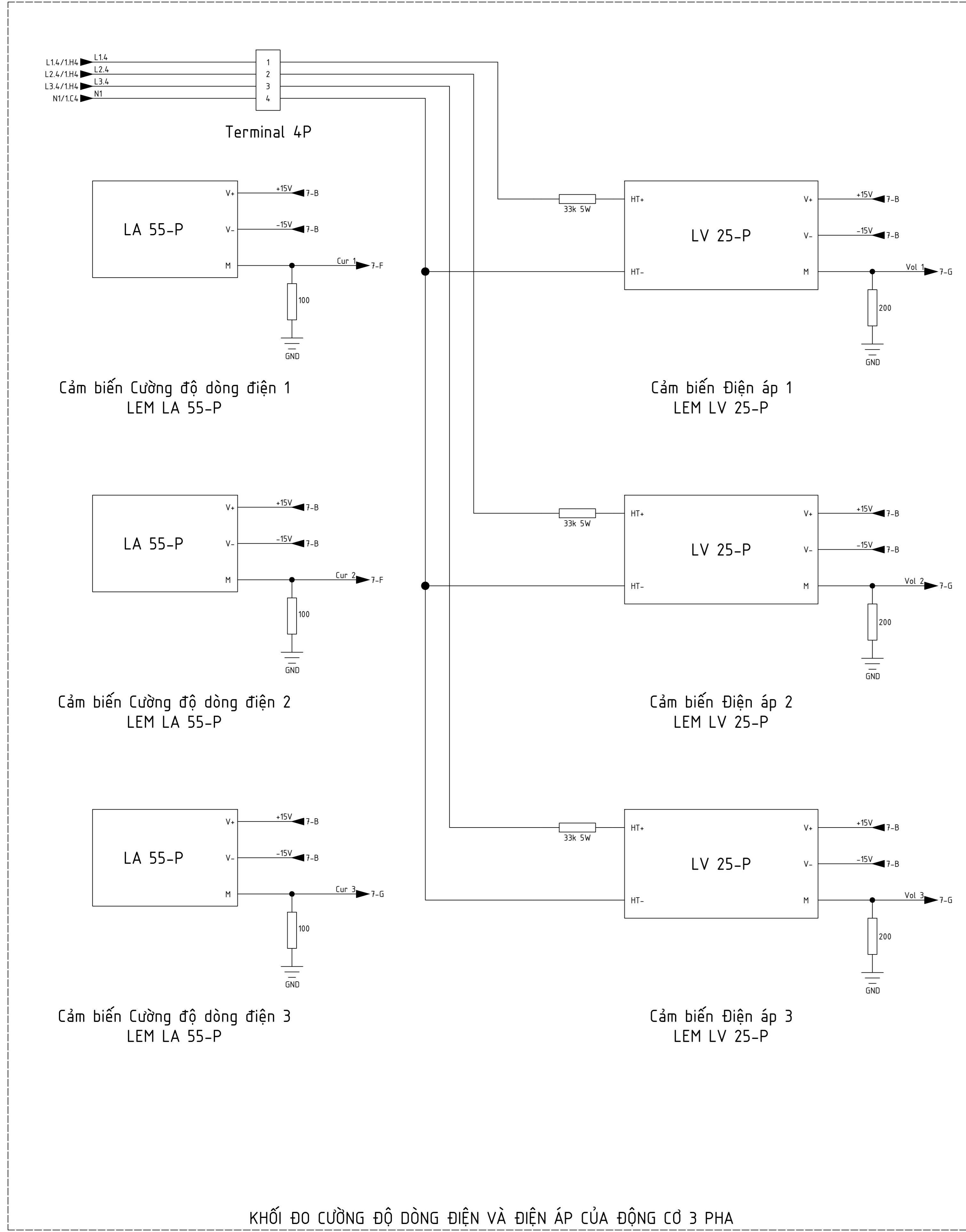
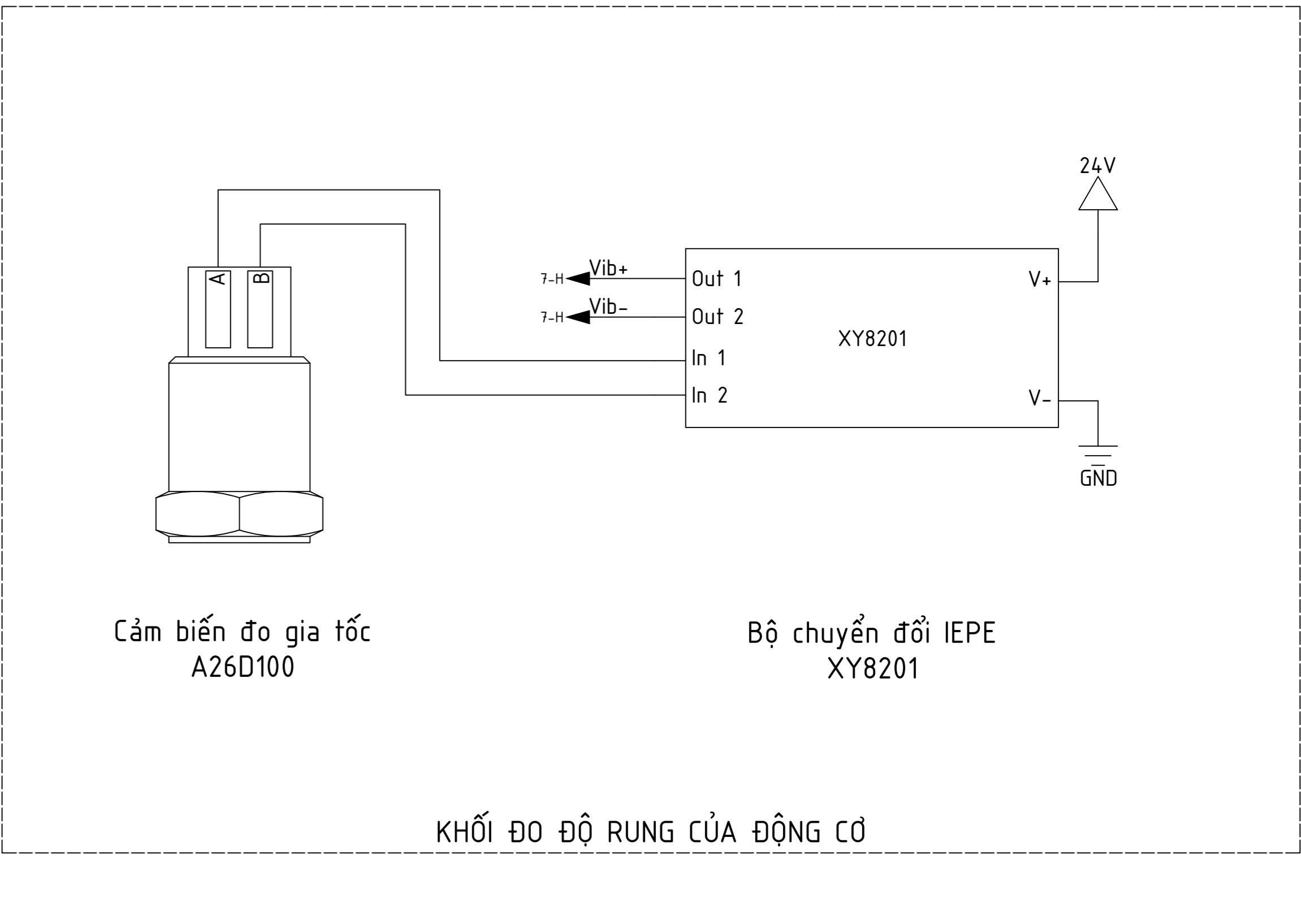
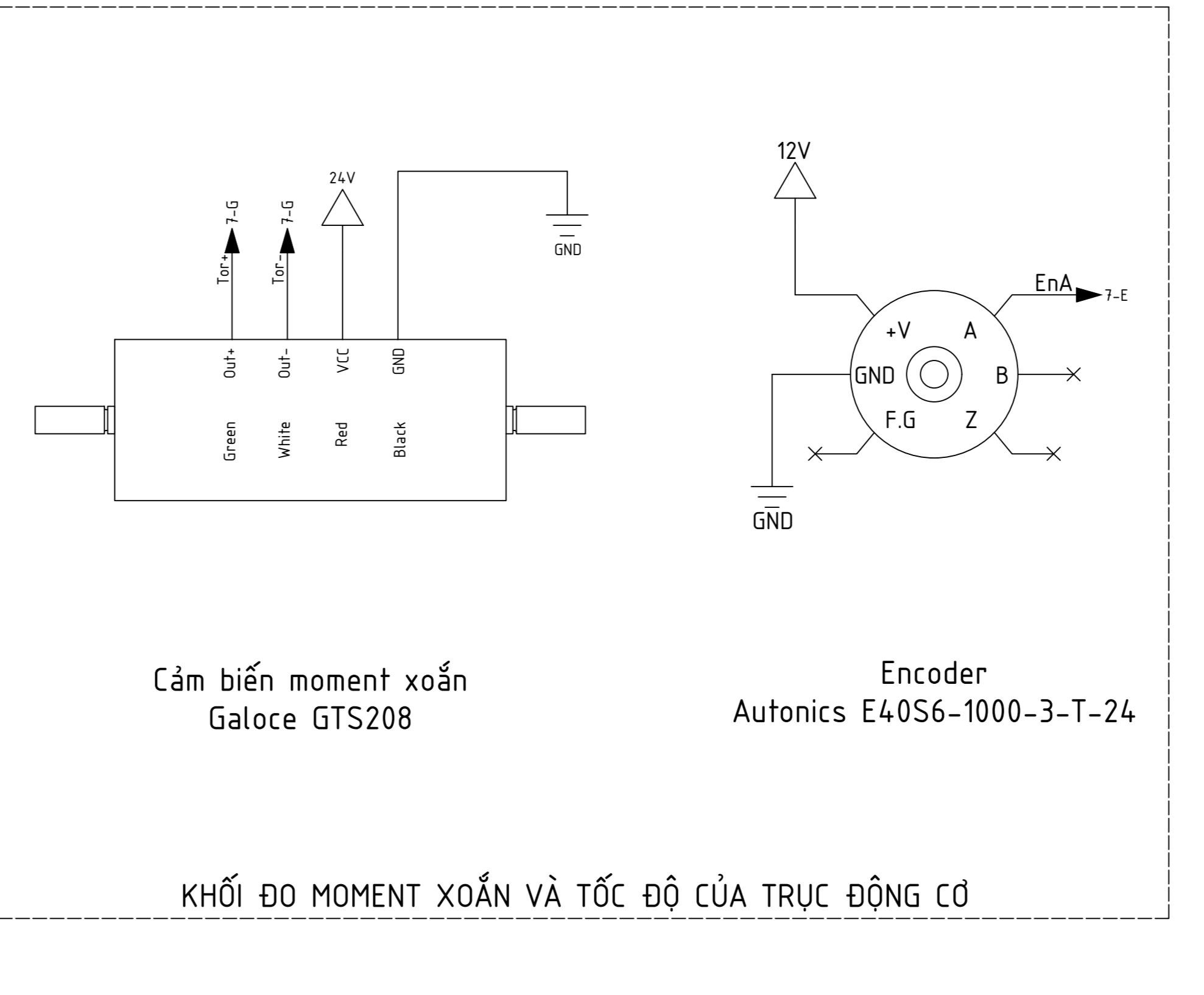
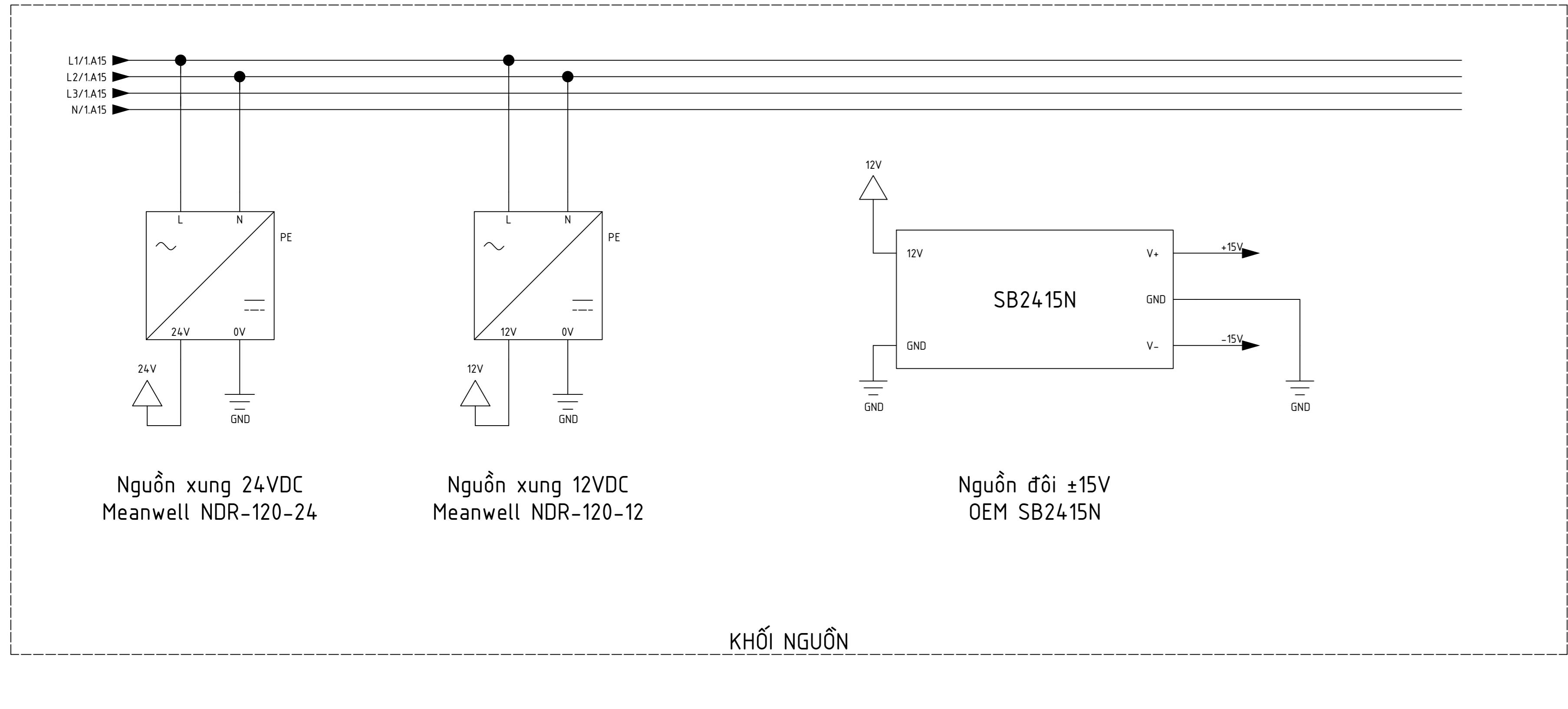
58	ISO-4762-M3x10	Bulong lục giác chìm	3	SUS304	Thegioiic	26	GALOCE GTS208	Cảm biến momen xoắn	1		Kexlimice		
57	ME219	Khung gá encoder II	1	Thép C45	Gia công	25	ALS-055-Y-18-25	Nối trực đòn hồi	2		Misumi		
56	ISO-4762-M5x12	Bulong lục giác chìm	2	SUS304	Thegioiic	24	ME205	Then bằng 25x8x7	2	Thép C45	Gia công		
55	ME218	Khung gá encoder I	1	Thép C45	Gia công	23	ME204	Then bằng 28x8x7	1	Thép C45	Gia công		
54	E40S6-5000-3-V-24	Encoder	1		Misumi	22	ME203	Bánh đai	1	Thép C45	Gia công		
53	ISO-4762-M10x30	Bulong lục giác chìm	6	SUS304	Thegioiic	21	HBLB25-350	Dây đai dẹt	1	Cao su	Misumi		
52	ME217	Mặt bàn trên	1	Thép C45	Gia công	20	DIN 471 - 28x1.6	Vòng gang	1	SUS420	Misumi		
51	ME216	Thanh trượt	1	Thép C45	Gia công	19	UCP205	Ở bi	3		SKF		
50	ME215	Gá cảm biến momen xoắn II	1	Thép C45	Gia công	18	ISO-4017-M8x30	Bulong	1	SUS304	Thegioiic		
49	DIN-128:1994-M6	Vòng đệm vênh Ø6	2	SUS316	Thegioiic	17	HTBN400S3M-100	Dây đai curoa	1	Cao su	Misumi		
48	ISO-4034-M6	Đai ốc	2	SUS304	Thegioiic	16	HTPA30S3M100-A-P6	Bánh đai răng	1	Nhôm	Misumi		
47	ISO-4017-M6x16	Bulong	2	SUS304	Thegioiic	15	ME202	Trục II	1	Thép C45	Gia công		
46	ME214	Gá cảm biến momen xoắn I	2	Thép C45	Gia công	14	DIN 471 - 20x1.2	Vòng gang	1	SUS420	Misumi		
45	ME213	Gá đỡ ống bi	3	Thép C45	Gia công	13	HTPA40S3M100-A-N20	Bánh đai răng	1	Nhôm	Misumi		
44	DIN-128:1994-M10	Vòng đệm vênh Ø10	14	SUS316	Thegioiic	12	DIN-128:1994-M8	Vòng đệm vênh Ø8	2	SUS316	Thegioiic		
43	ISO-4034-M10	Đai ốc	16	SUS304	Thegioiic	11	ISO-4034-M8	Đai ốc	3	SUS304	Thegioiic		
42	ISO-4016-M10x100-26	Bulong	6	SUS304	Thegioiic	10	ISO-4017-M8x20	Bulong	2	SUS304	Thegioiic		
41	ISO-4017-M10x40	Bulong	2	SUS304	Thegioiic	9	AWT24-125	Lò xo	2	Thép	Misumi		
40	ME212	Gối vòng bi nửa dưới	1	Thép C45	Gia công	8		Con trượt nhôm định hình 20mm M5	8	Thép	Thegioiic		
39	ISO-4762-M8x35-35	Bulong lục giác chìm	2	SUS304	Thegioiic	7		Nhôm định hình 40x20	2	Nhôm	Thegioiic		
38	ME211	Gối vòng bi nửa trên	1	Thép C45	Gia công	6	ME201	Nắp bộ tạo tải	1	Thép C45	Gia công		
37	ME220	Khối tạo tải lệch tâm	1	Thép C45	Gia công	5	ISO-7092:2000-M5	Vòng đệm phẳng Ø5	8	SUS316	Thegioiic		
36	ISO-4034-M5	Đai ốc	1	SUS304	Thegioiic	4	DIN-128:1994-M5	Vòng đệm vênh Ø5	8	SUS316	Thegioiic		
35	DIN-128:1994-M5	Vòng đệm vênh Ø5	1	SUS316	Thegioiic	3	ISO-4034-M5	Đai ốc	10	SUS304	Thegioiic		
34	ISO-4017-M5x30	Bulong	1	SUS304	Thegioiic	2	ISO-4762-M5x20	Bulong lục giác chìm	8	SUS304	Thegioiic		
33	ME210	Then bằng 25x8x7	1	Thép C45	Gia công	1	AIP010-70-5	Bulong vòng	2	SUS304	Misumi		
32	ME209	Trục I	1	Thép C45	Gia công	VT	Ký hiệu	Tên gọi	SL	Vật liệu	Ghi chú		
31	DIN 471 - 22x1.2	Vòng gang	1	SUS420	Misumi	BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỒI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA						ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	
30	ME208	Then bằng 20x8x7	1	Thép C45	Gia công	CỤM TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỒI						Số lượng	
29	ME207	Bánh đà	1	Thép C45	Gia công	Thiết kế	Họ và tên	Chữ ký	Ngày			Khối lượng	
28	62205-2RS1	Vòng bi	1		SKF		Đỗ Anh Tài					Tỉ lệ	
27	ME206	Then bằng 25x6x6	2	Thép C45	Gia công	Hướng dẫn	Võ Tường Quân					1:2	
VT	Ký hiệu	Tên gọi	SL	Vật liệu	Ghi chú	Duyệt						Tờ: 3	
												Số tờ: 4	
												TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ	



STT	Mã	Tên	Số lượng	Đơn vị	Đơn vị tính
1	ME2	Cụm tạo lõi	1		
0	Sh 71-2B	Động cơ	1		Catoni
9	DIN-128:1994-M10	Vòng đệm vénh φ6	4	SUS316	Thegioiic
8	ISO-7092:2000-M6	Vòng đệm phẳng φ6	4	SUS304	Thegioiic
7	ISO-4017-M6x25-25	Bulong	4	SUS304	Thegioiic
6	ISO-4034-M6	Đai ốc	4	SUS304	Thegioiic
5	ME1	Cụm gá động cơ	1		
4	DIN-128:1994-M10	Vòng đệm vénh φ10	16	SUS304	Thegioiic
3	ISO-4016-M10x60-26	Bulong	16	SUS304	Thegioiic
2	ISO-4034-M10	Đai ốc	16	SUS304	Thegioiic
1	ME0	Cụm khung máy	1		
VT	Ký hiệu	Tên gọi	SL	Vật liệu	Ghi chú
BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỒI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	
Nhóm danh	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng	Khối lượng
Hiết kế	Đỗ Anh Tài				Tỉ lệ
					1:2
Giống dán	Võ Tường Quân			Tờ: 4	Số tờ: 4
Duyệt				TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐẠI HỌC QUỐC GIA TPHCM KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ	

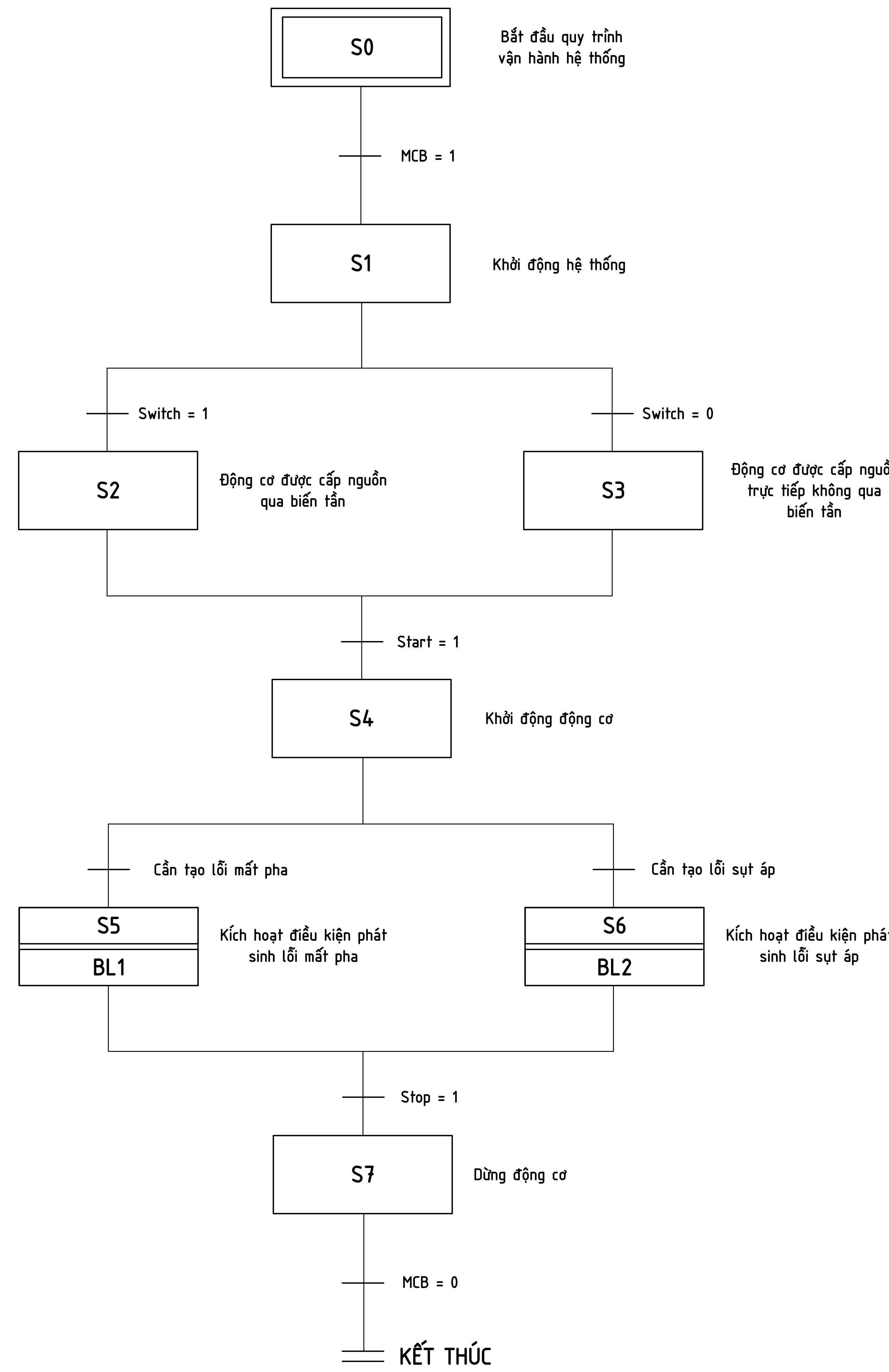


BỘ TẠO ĐIỀU KIỂN PHÁT SINH LỐI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
Chức danh	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số đỗ
Thiết kế	Đỗ Anh Tài			Đỗ Anh Tài
Hướng dẫn/Ve Tường Quân				Số 1
Duyệt				Số 2
				Trường Đại học Bách Khoa
				Đại học Gia Định
				Khoa Cơ Khí - Bộ môn Cơ Điện tử



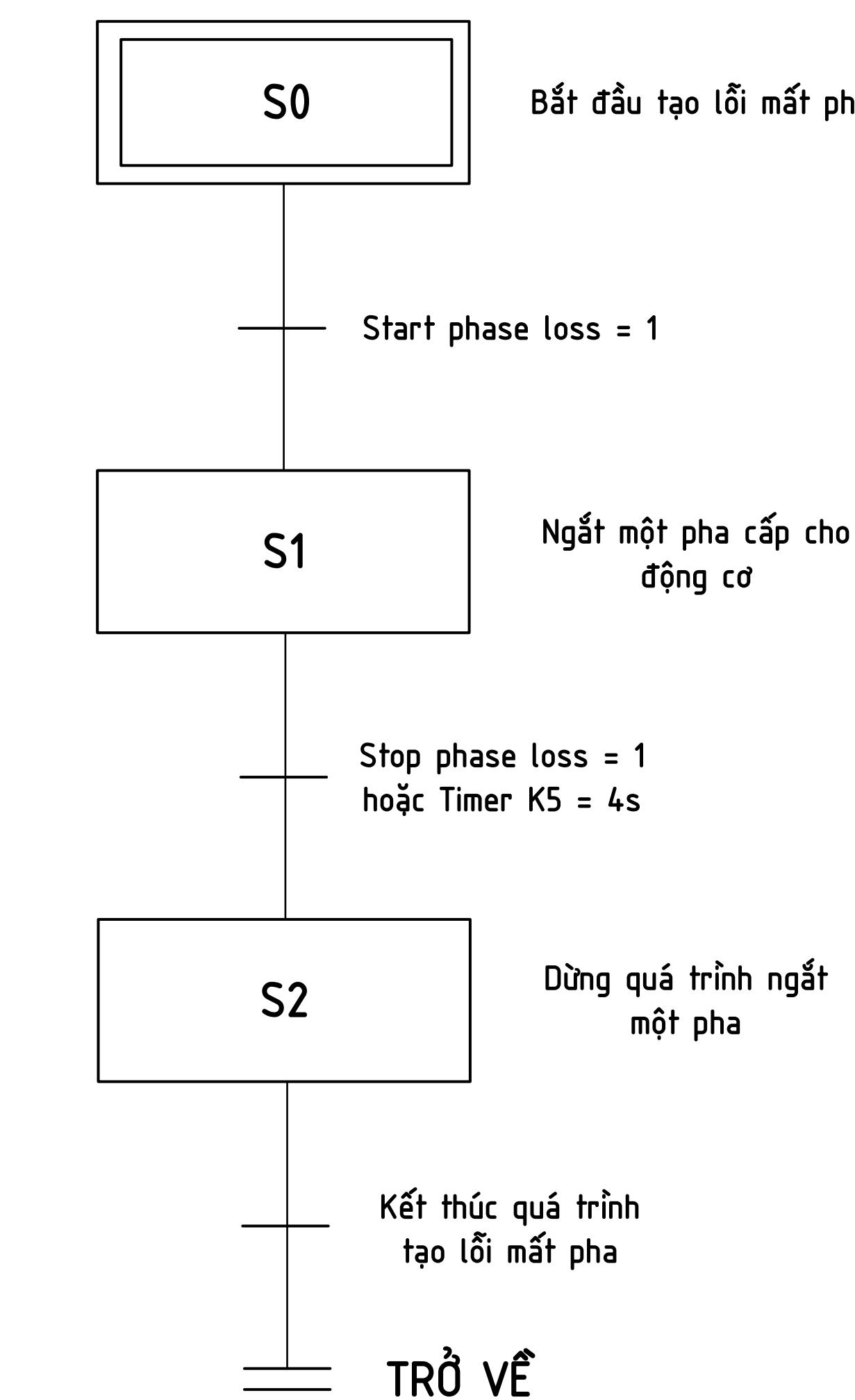
BỘ TẠO ĐIỀU KIỂN PHÁT SINH LỐI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐO ÁN TỐT NGHIỆP
Chức danh	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng
Thiết kế	Trần Trung Tín		14/9	
Hướng dẫn	Võ Tường Quân			Số đếm
Duyệt				Tổ 2
				Số lần: 2
				TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ

QUY TRÌNH VẬN HÀNH HỆ THỐNG



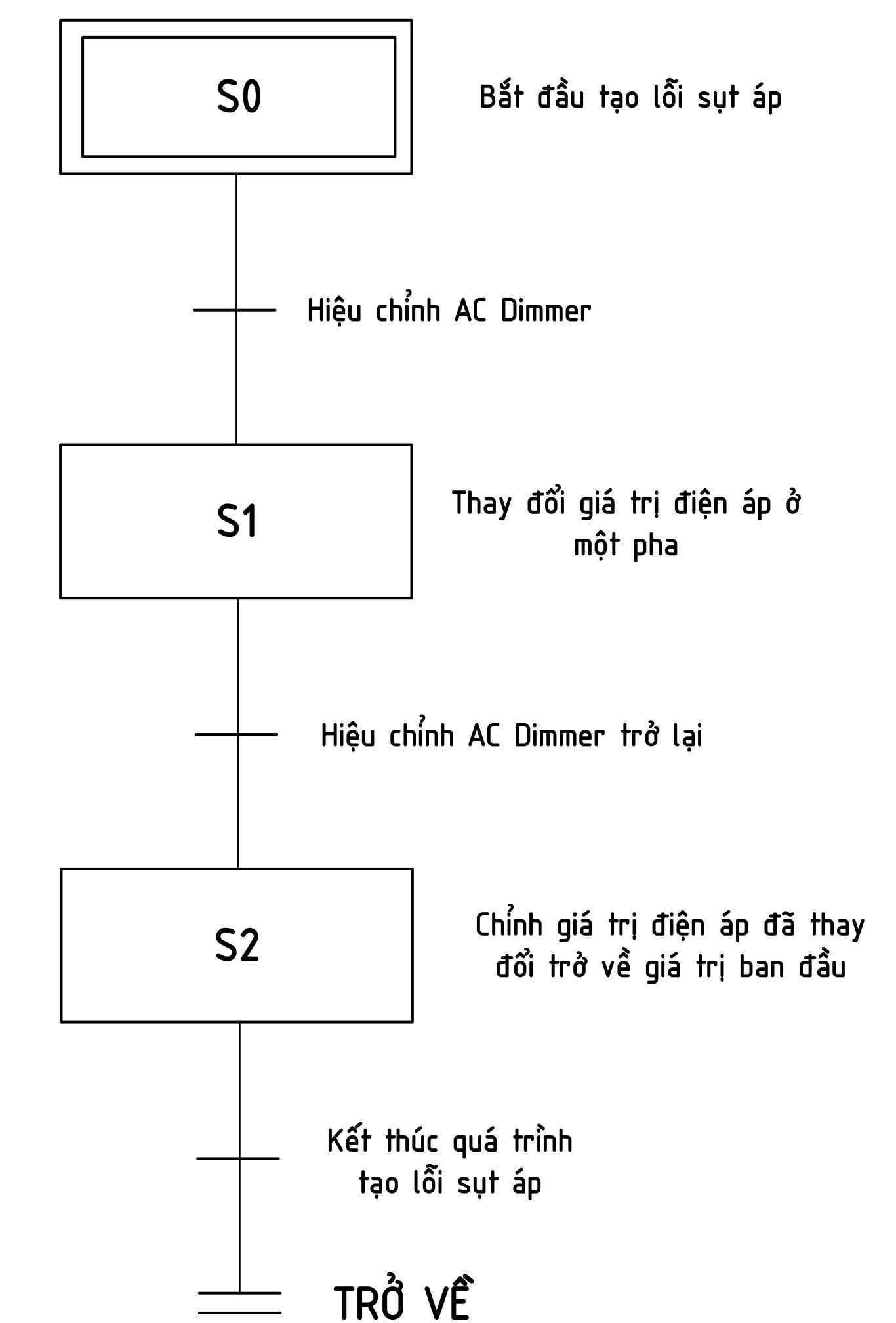
QUY TRÌNH TẠO LỖI MẤT PHA

Block 1



QUY TRÌNH TẠO LỖI SỤT ÁP

Block 2



Ghi chú:

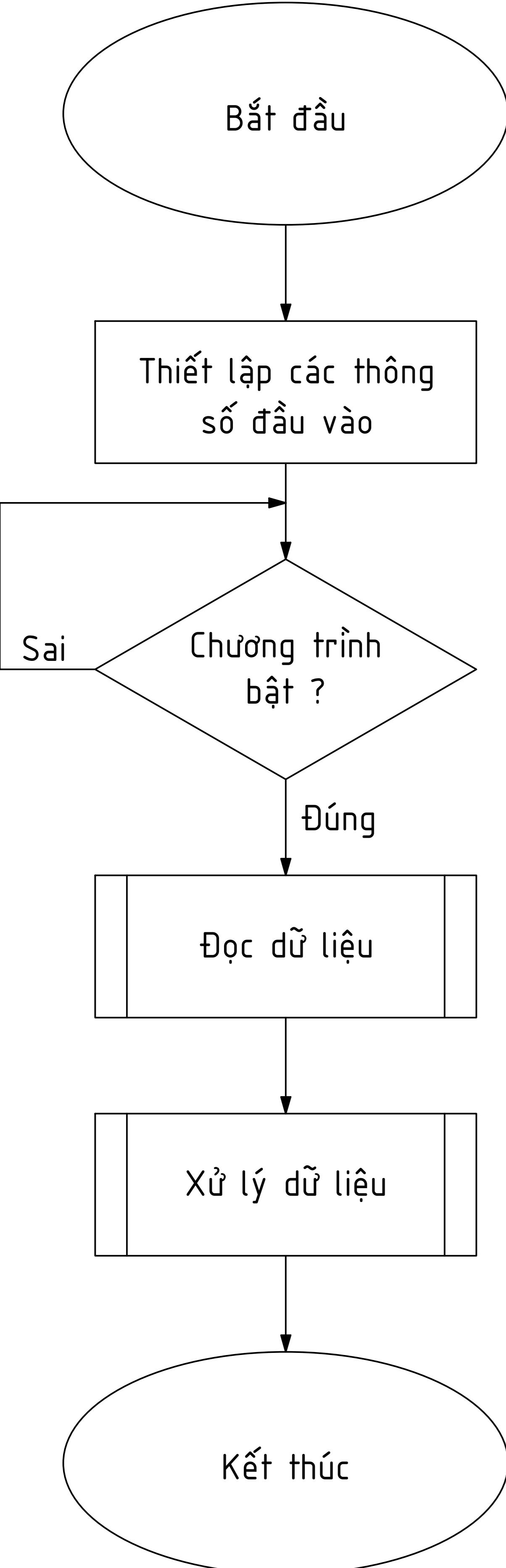
- [1] MCB = 1: đóng MCB; MCB = 0: ngắt MCB.
- [2] Switch = 1: nút vặn Inverter option chọn nguồn cấp cho động cơ qua biến tần; Switch = 0: nút vặn Inverter option chọn nguồn cấp cho động cơ trực tiếp và không qua biến tần.
- [3] Start = 1: Nút khởi động động cơ được nhấn (Contactor K1 đóng); Stop = 1: Nút dừng động cơ được nhấn (Contactor K1 ngắt).
- [4] Start phase loss = 1: Nút nhấn ngắt 1 pha cấp cho động cơ được nhấn (Contactor K4 đóng); Stop phase loss = 1: Nút nhấn dừng quá trình ngắt 1 pha cấp cho động cơ được nhấn (Contactor K4 hở).

BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỖI CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP		
Chức năng	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	Số lượng	Khối lượng	Tỉ lệ
Thiết kế	Bùi Anh Tài					
Hướng dẫn	Võ Tường Quân					
Duyệt						

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ ĐIỆN TỬ

Toàn 1
Số 10/2

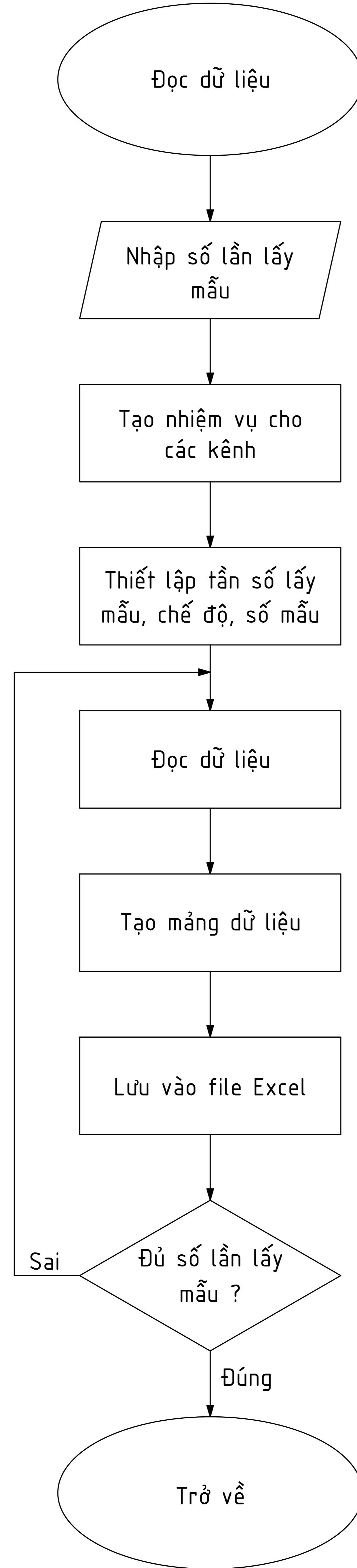
CHƯƠNG TRÌNH CHÍNH



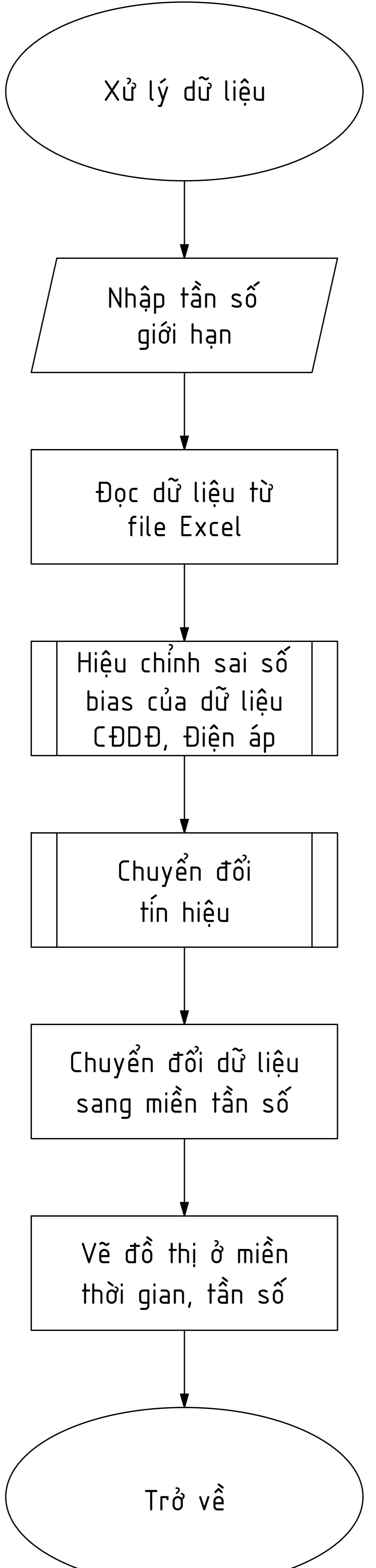
Ghi chú:

- [1] Thông số đầu vào gồm: tên thiết bị, tần số lấy mẫu, các kênh sử dụng và chế độ của các kênh.
- [2] Hệ số chuyển đổi của:
 - + Tín hiệu CĐĐĐ: 10.
 - + Tín hiệu Điện áp: 66.
 - + Tín hiệu Torque: 5.

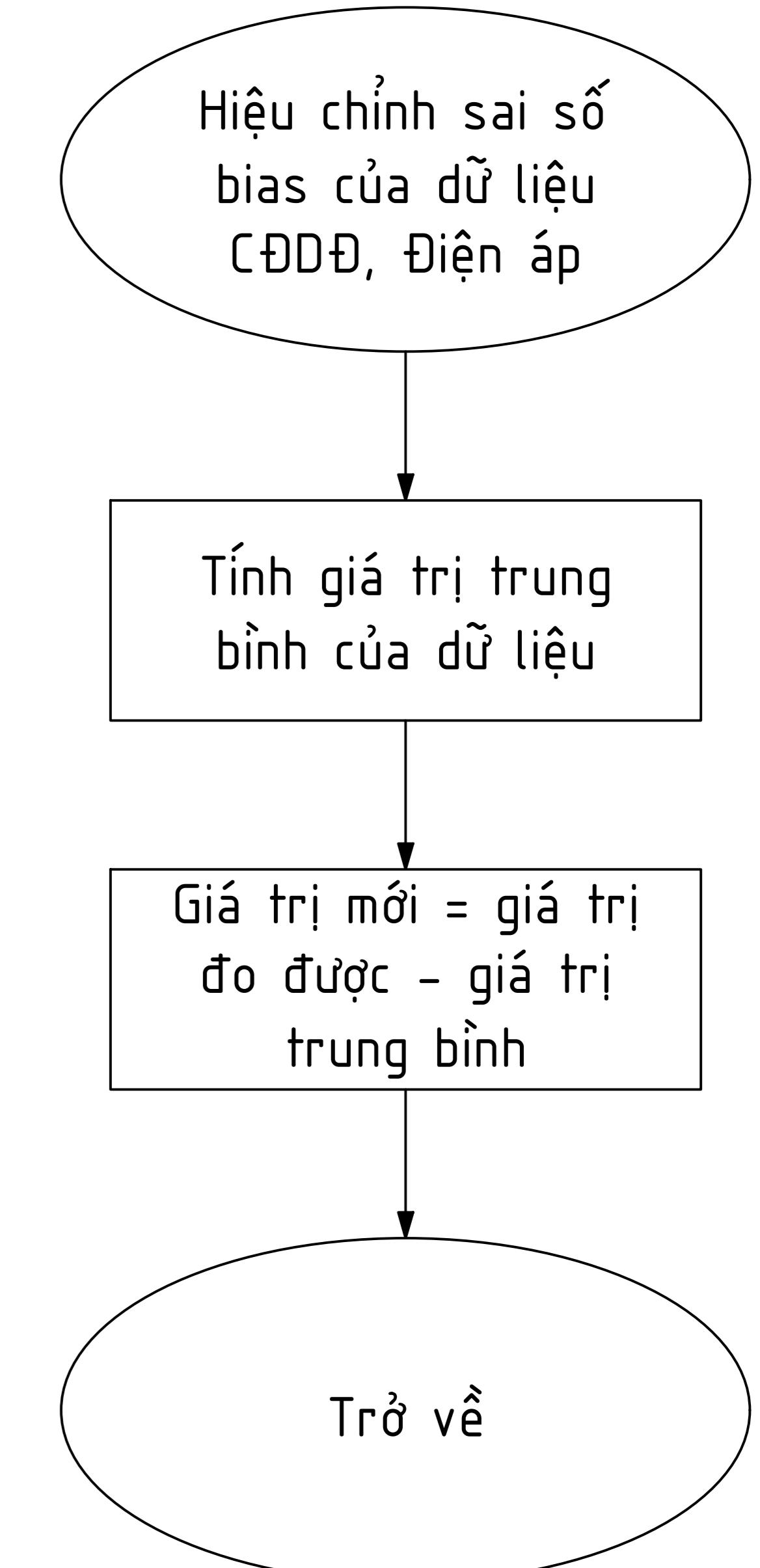
CHƯƠNG TRÌNH CON ĐỌC DỮ LIỆU



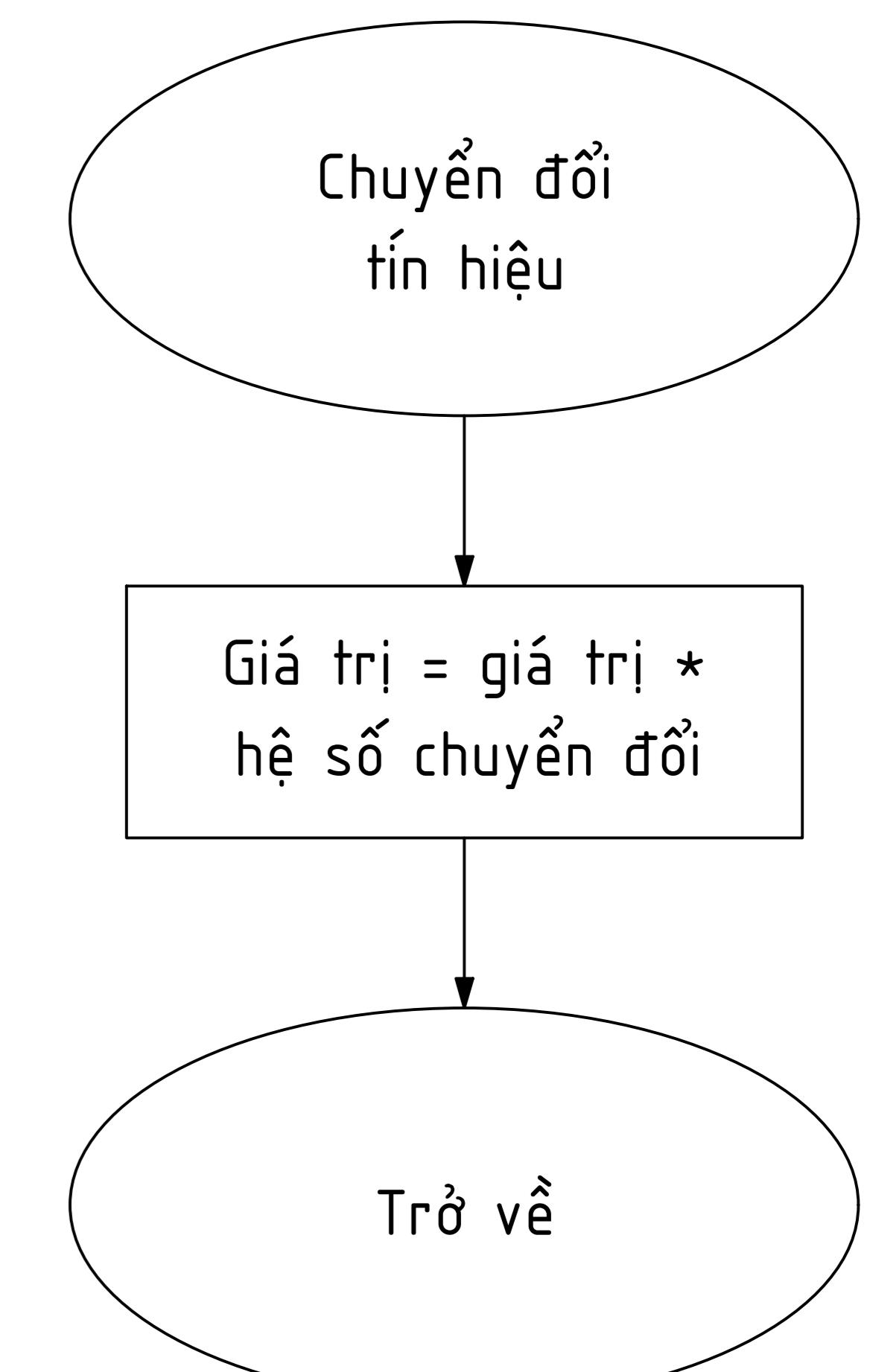
CHƯƠNG TRÌNH CON XỬ LÝ DỮ LIỆU



CHƯƠNG TRÌNH CON HIỆU CHỈNH SAI SỐ BIAS



CHƯƠNG TRÌNH CON CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU



BỘ TẠO ĐIỀU KIỆN PHÁT SINH LỖI CHO ĐÓNG CỔ DIEN 3 PHA				ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
Chức danh	Họ và tên	Chữ ký	Ngày	LƯU ĐỒ GẢI THUẬT
Thiết kế	T. Trung Tín		18/9	
Hướng dẫn Võ Tường Quân				
Duyệt				

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
ĐÀ HỌC QUỐC GIA TP.HCM
KHOA CƠ KHÍ - BỘ MÔN CƠ BIẾN TỰ