

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHAN LÊ DUY

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG
PHANH Ô TÔ ĐẶC CHỨNG TRONG QUÁ TRÌNH
KHAI THÁC Ở ĐIỀU KIỆN MIỀN BẮC VIỆT NAM

LUẬN ÁN TIẾN SĨ CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

HÀ NỘI - 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHAN LÊ DUY

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG
PHANH Ô TÔ ĐẶC CHŨNG TRONG QUÁ TRÌNH
KHAI THÁC Ở ĐIỀU KIỆN MIỀN BẮC VIỆT NAM**

Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí động lực
Mã số: 9 52 01 16

LUẬN ÁN TIẾN SĨ CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

- PGS.TS Nguyễn Văn Dũng
- TS Vũ Ngọc Tuấn

HÀ NỘI - 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu khoa học của tôi và tập thể hướng dẫn. Các phương pháp, số liệu, kết quả nêu trong luận án này là trung thực và chưa từng được công bố trong các công trình nào khác.

NCS Phan Lê Duy

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến thầy hướng dẫn khoa học PGS.TS Nguyễn Văn Dũng và TS Vũ Ngọc Tuấn đã tận tình giúp đỡ, trang bị cho tôi phương pháp nghiên cứu, truyền đạt kinh nghiệm, kiến thức khoa học và thường xuyên kiểm tra đánh giá kết quả nghiên cứu định kỳ cũng như xuyên suốt quá trình thực hiện và hoàn thành luận án của tôi.

Tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn đến các thầy trong Viện Cơ khí Động lực, các thầy ở Bộ môn Xe Ô tô đã tận tình đóng góp ý kiến giúp đỡ tôi trong việc thực hiện luận án của mình.

Tôi cũng xin cảm ơn Đảng ủy, Ban Giám đốc Học viện Kỹ thuật Quân sự, Phòng Sau đại học - HVKTQS là cơ sở quản lý đã tạo điều kiện hỗ trợ, giúp đỡ tôi trong quá trình nghiên cứu.

Tôi xin chân thành cảm ơn Đảng ủy, Ban chỉ huy, lãnh đạo Nhà máy A41 và Phòng Xe – Máy, Quân chủng Phòng không – Không quân đã tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình học tập và hoàn thành luận án.

Tôi xin cảm ơn các thầy, các nhà khoa học trong và ngoài quân đội, trong Câu lạc bộ Cơ khí động lực, các cơ quan đoàn thể đã tạo điều kiện tốt nhất giúp tôi hoàn thiện luận án của mình.

Cuối cùng tôi xin cảm ơn đến người thân, bạn bè, đồng nghiệp và rất nhiều người quan tâm, chia sẻ, giúp đỡ tôi trong suốt thời gian qua.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	I
LỜI CẢM ƠN	III
MỤC LỤC	V
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT, CÁC KÝ HIỆU	IX
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	XIII
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	XVII
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	7
1.1. Tổng quan về độ tin cậy	7
1.1.1. Hư hỏng và phân loại hư hỏng trong nghiên cứu độ tin cậy.....	7
1.1.2. Khái niệm và những chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy	9
1.1.3. Phương pháp đánh giá độ tin cậy	14
1.2. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy của hệ thống.....	27
1.2.1. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320	27
1.2.2. Các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320	28
1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước và ngoài nước.....	32
1.3.1. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	32
1.3.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	35
1.4. Nội dung, phương pháp nghiên cứu.....	40
1.4.1. Nội dung nghiên cứu.....	40
1.4.2. Phương pháp nghiên cứu.....	40
1.5. Kết luận chương 1	41
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẶC CHỦNG	43
2.1. Quy luật suy giảm độ tin cậy của các cụm và hệ thống trên ô tô trong quá trình khai thác	43
2.2. Quy luật phân bố hư hỏng theo thời gian cho các hệ thống trên ô tô đặc chủng.....	45
2.3. Cơ sở lý thuyết xác định độ tin cậy bằng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO).....	49
2.3.1. Mô hình đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu	49
2.3.2. Hoạt động hướng mục tiêu đánh giá độ tin cậy	75
2.4. Cơ sở so sánh, đánh giá kết quả thực nghiệm so với lý thuyết.....	83
2.4.1. Sai lệch tương đối trung bình bình phương	83
2.4.2. Hệ số tương quan	83

2.5. Kết luận chương 2	85
CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HƯỚNG MỤC TIÊU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẶC CHỦNG	87
3.1. Xây dựng thuật toán phân tích độ tin cậy hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu	87
3.1.1. Dữ liệu đầu vào, phương thức ghi dữ liệu.....	87
3.1.2. Xây dựng thuật toán phân tích định lượng hướng mục tiêu.....	90
3.1.3. Xây dựng thuật toán phân tích định tính hướng mục tiêu.....	99
3.2. Phân tích đánh giá độ tin cậy cho một số mạch và hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320	102
3.3. Đánh giá, nhận xét.....	104
3.3.1. Kết quả phân tích định lượng	104
3.3.2. Kết quả phân tích định tính	111
3.4. Kết luận chương 3	112
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ	115
4.1. Mục đích thực nghiệm.....	115
4.2. Cơ sở lý thuyết đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp thực nghiệm....	115
4.2.1. Khái niệm thực nghiệm gia cường	115
4.2.2. Các phương pháp gia cường.....	116
4.2.3. Các mô hình toán trong thực nghiệm gia cường	118
4.2.4. Phương pháp ước lượng tham số.....	123
4.3. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm	127
4.3.1. Các dạng hỏng và yếu tố tác động gây hỏng chính.....	127
4.3.2. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm	129
4.4. Điều kiện đánh giá hệ thống.....	132
4.5. Xây dựng buồng thực nghiệm	133
4.5.1. Hệ thống và thiết bị thực nghiệm	133
4.5.2. Quy trình thực nghiệm.....	136
4.6. Thu thập và xử lý kết quả thực nghiệm.....	137
4.6.1. Xác định phân bố dữ liệu thực nghiệm	137
4.6.2. Xác định quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động.....	141
4.6.3. Ước lượng tham số	141
4.6.4. Ước lượng độ tin cậy	142
4.7. Đánh giá, so sánh kết quả.....	143
4.7.1. Đánh giá kết quả định tính	143
4.7.2. Đánh giá kết quả định lượng	144
4.8. Kết luận chương 4	146
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	149
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	153

TÀI LIỆU THAM KHẢO	155
PHỤ LỤC 1. MỘT SỐ LOẠI TOÁN TỬ HƯỚNG MỤC TIÊU THƯỜNG DÙNG.....	1
PHỤ LỤC 2. THỐNG KÊ THỜI GIAN ĐẾN HỬ HỎNG, BẢO DƯỠNG, SỬA CHỮA CỦA 60 XE KAMAZ-5320 KHẢO SÁT TRONG 3 NĂM 2017, 2018, 2019 TẠI KHU VỰC MIỀN BẮC VIỆT NAM.....	7
PHỤ LỤC 3. DANH MỤC TOÁN TỬ TRONG CÁC MÔ HÌNH HƯỚNG MỤC TIÊU ĐÃ XÂY DỰNG	87
PHỤ LỤC 4. CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THEO PHƯƠNG PHÁP HƯỚNG MỤC TIÊU	93
PHỤ LỤC 5. DỮ LIỆU ĐẦU VÀO CHO CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY	101
PHỤ LỤC 6. MỘT SỐ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH HƯỚNG MỤC TIÊU.....	111
PHỤ LỤC 7. THÔNG SỐ KỸ THUẬT CÁC THIẾT BỊ, CẢM BIẾN SỬ DỤNG TRONG THỰC NGHIỆM	115
PHỤ LỤC 8. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐO TRONG THỰC NGHIỆM.....	125
PHỤ LỤC 9. ĐỒ THỊ DIỄN TIẾN ÁP SUẤT ĐIỆN HÌNH TẠI MỘT SỐ VỊ TRÍ Ở CÁC CHẾ ĐỘ THỰC NGHIỆM.....	129

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT, CÁC KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Giải nghĩa
t	giờ	Thời gian
$F(t)$		Xác suất hỏng tại thời điểm t
$N_h(t)$		Số mẫu sản phẩm hỏng quan sát được tại thời điểm t
N		Tổng số mẫu sản phẩm trong quan sát
$R(t)$ hoặc $P_R(t)$		Xác suất không hỏng tại thời điểm t
$f(t)$		Mật độ hỏng tại thời điểm t
$r(t)$		Cường độ hỏng tại thời điểm t
$\lambda(t)$		Cường độ hỏng có điều kiện tại thời điểm t
Δt		Biến thiên thời gian
λ_i	Số hư hỏng/giờ	Cường độ hư hỏng thứ i của sản phẩm
μ_i	Số lần sửa chữa/giờ	Cường độ bảo dưỡng, sửa chữa thứ i đối với sản phẩm
b		Tham số hình dạng của phân bố Weibull
T		Tham số tỉ lệ của phân bố Weibull
\hat{b}		Giá trị ước lượng tham số hình dạng của phân bố Weibull
\hat{T}		Giá trị ước lượng tham số tỉ lệ của phân bố Weibull
t_0		Tham số định vị của phân bố Weibull
S		Tín hiệu đầu vào của toán tử hướng mục tiêu
S_i		Tín hiệu đầu vào thứ i của toán tử hướng mục tiêu
W_i		Tín hiệu điều khiển thứ i
C		Toán tử hướng mục tiêu
R		Tín hiệu đầu ra của toán tử hướng mục tiêu

R_i		Tín hiệu đầu ra thứ i của toán tử hướng mục tiêu
V		Giá trị trạng thái
S_n		Tín hiệu chia sẻ thứ n trong hệ thống
K_n		Giá trị trạng thái của tín hiệu chia sẻ thứ n
L		Thước đo tuổi thọ định lượng được (ví dụ: mean tuổi thọ, median tuổi thọ, $B(x)$ tuổi thọ,...)
V		Tần suất hoạt động
RR		Tốc độ phản ứng của hệ
E_a	eV	Năng lượng hoạt hoá
k	eVK^{-1}	Hằng số Boltzmann's
τ_i	giờ	Thời gian lão hoá tương đương
σ_{xy}		Hiệp phương sai của 2 biến x và y
σ_x		Độ lệch chuẩn của biến x
$\hat{\rho}$		Ước lượng tương quan
σ		Sai số tương đối
δ		Sai lệch bình phương trung bình giữa kết quả mô phỏng lý thuyết và kết quả thực nghiệm
X_{lt}		Đại lượng đo theo kết quả tính toán lý thuyết
X_{tn}		Đại lượng đo theo kết quả tính toán từ thực nghiệm
X_{lt_tn}		Trị số hiệu quả của đại lượng tính được từ lý thuyết
$MTTF$		Mean time to failure (Thời gian trung bình tới lỗi)
$MTTFF$		Mean time to first failure (Thời gian trung bình tới hỏng đầu tiên)
$MTBF$		Mean time between failure (Thời gian trung bình giữa hai lần hư hỏng liên tiếp)
FTA		Fault tree analysis (Phân tích cây hư hỏng)

FMEA	Failure mode and effect analysis (Phân tích dạng hư hỏng và ảnh hưởng của hư hỏng)
MCS	Monte - Carlo simulations (Phương pháp mô phỏng Monte - Carlo)
GO	Goal oriented (Hướng mục tiêu)
TBC	Thiết bị chính
TBDP	Thiết bị dự phòng

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Đồ thị mô tả các khái niệm MTTF, MTTFE, MTBF.....	13
Hình 1.2. Sơ đồ logic biểu thị liên hệ cây hư hỏng.....	14
Hình 1.3. Các biểu tượng thể hiện các khối sự kiện	15
Hình 1.4. Quy trình xử lý, đánh giá độ tin cậy của một hệ thống điển hình theo phương pháp FMEA.....	18
Hình 1.5. Ví dụ kết quả MCS cho chỉ số chứng khoán VNI trong 1 năm.....	19
Hình 1.6. Quy trình của phương pháp mô phỏng Monte-Carlo.....	21
Hình 1.7. Sơ đồ kết cấu hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz- 5320.....	27
Hình 2.1. Đồ thị "Bathtub"	44
Hình 2.2. Hàm mật độ của phân bố Weibull với biến ngẫu nhiên t.....	46
Hình 2.3. Đồ thị cường độ hỏng theo phân bố Weibull.....	48
Hình 2.4. Xác suất không hỏng theo phân bố Weibull	48
Hình 2.5. Xác suất hỏng theo phân bố Weibull	49
Hình 2.6. Sơ đồ chuyển trạng thái của các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu.....	51
Hình 2.7. Toán tử loại 1	52
Hình 2.8. Toán tử loại 5	53
Hình 2.9. Tổ hợp của toán tử loại 20 và loại 18A cho cấu trúc dự phòng.....	54
Hình 2.10. Tổ hợp của toán tử loại 15B và loại 22 cho phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào	56
Hình 2.11. Kết cấu mạch điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320.....	59
Hình 2.12. Kết cấu tổng van phanh.....	60
Hình 2.13. Mô hình hướng mục tiêu cho dẫn động điều khiển phanh công tác	65
Hình 2.14. Sơ đồ kết cấu của mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc xe Kamaz-5320	66
Hình 2.15. Mô hình hướng mục tiêu cho mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp phanh rơ moóc	68
Hình 2.16. Mô hình hướng mục tiêu mạch nguồn.....	72
Hình 2.17. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động hệ thống phanh hỗ trợ.....	72
Hình 2.18. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động hệ thống phanh dừng và phanh dự trữ	73

Hình 2.19. Mô hình hướng mục tiêu mạch nhả phanh sự cố	73
Hình 2.20. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động khí nén các cơ cấu phanh của hệ thống phanh công tác	74
Hình 2.21. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động phanh rơ moóc	74
Hình 2.22. Mô hình hướng mục tiêu mạch logic và các cơ cấu chấp hành	75
Hình 3.1. Ghi dữ liệu dòng tín hiệu bằng mảng 3 chiều	89
Hình 3.2. Sơ đồ thuật toán hàm tính toán xác suất tuần tự	93
Hình 3.3. Sơ đồ thuật toán mô tả hàm đệ quy	94
Hình 3.4. Sơ đồ mô tả kỹ thuật giải thuật quay lui	95
Hình 3.5. Sơ đồ thuật toán hàm khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ.....	96
Hình 3.6. Sơ đồ chính phân tích định lượng hướng mục tiêu	98
Hình 3.7. Sơ đồ thuật toán tìm bộ cắt tối thiểu bậc x.....	101
Hình 3.8. Sự suy giảm độ tin cậy của các hệ thống theo thời gian	105
Hình 3.9. Suy giảm độ tin cậy của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác khi dùng thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ và thuật toán trực tiếp.....	106
Hình 3.10. Suy giảm độ tin cậy của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ moóc.....	107
Hình 3.11. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu trước theo thời gian.....	109
Hình 3.12. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau theo thời gian.....	110
Hình 3.13. Các khoảng thay đổi tốc độ suy giảm độ tin cậy hệ thống.....	111
Hình 4.1. Các khoảng giới hạn mức yếu tố tác động cho phép của sản phẩm..	117
Hình 4.2. Quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động theo mô hình nghịch đảo lũy thừa.....	120
Hình 4.3. Sự phụ thuộc của tốc độ phản ứng vào năng lượng hoạt hoá và chênh lệch giữa nhiệt độ vận hành và nhiệt độ gia cường	121
Hình 4.4. Quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động theo mô hình Arrhenius	122
Hình 4.5. Cực tiểu hoá khoảng cách theo phương trục Y.....	125
Hình 4.6. Cực tiểu hoá khoảng cách theo phương trục X.....	125
Hình 4.7. Sơ đồ cây hư hỏng cho mạch dẫn động điều khiển hệ thống phanh công tác xe Kamaz-5320	128
Hình 4.8. Nhiệt độ trung bình các tháng tại Miền Bắc Việt Nam trong năm 2019 (Nguồn: Theo [36])	130

Hình 4.9. Độ ẩm trung bình các tháng tại Miền Bắc Việt Nam khảo sát năm 2019 (Nguồn: Theo [36])	130
Hình 4.10. Chu trình tín hiệu điều khiển phanh.....	132
Hình 4.11. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm	133
Hình 4.12. Sa bàn hệ thống phanh khí nén nhiều dòng của xe Kamaz-5320 ...	134
Hình 4.13. Thiết bị điều khiển quay tang phanh.....	135
Hình 4.14. Thiết bị mô phỏng đạp phanh	135
Hình 4.15. Giao diện phần mềm thu thập dữ liệu hệ thống	136
Hình 4.16. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 1) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (1)	139
Hình 4.17. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 2) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (2)	140
Hình 4.18. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 3) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (3)	140
Hình 4.19. Ước lượng phi tuyến cho các điểm dữ liệu thực nghiệm.....	142
Hình 4.20. Sự suy giảm của độ tin cậy mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 theo tính toán lý thuyết và theo thực nghiệm.....	144

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Một số toán tử thường dùng trong phương pháp hướng mục tiêu	23
Bảng 1.2. So sánh một số phương pháp đánh giá độ tin cậy tiêu biểu	25
Bảng 2.1. Các biểu thức của phân bố Weibull.....	47
Bảng 2.2. Nguyên tắc hoạt động của toán tử loại 1	53
Bảng 2.3. Nguyên tắc hoạt động của cấu trúc dự phòng sử dụng tổ hợp toán tử 18A và toán tử 20.....	55
Bảng 2.4. Nguyên tắc hoạt động của 2 toán tử loại 15B và 22 cho phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào	57
Bảng 2.5. Thống kê hư hỏng trung bình của máy nén khí trên xe Kamaz-5320 trong 3 năm 2017, 2018, 2019	62
Bảng 2.6. Các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320.....	63
Bảng 2.7. Các toán tử logic trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320.....	64
Bảng 2.8. Tổng hợp các thuật toán hướng mục tiêu	77
Bảng 2.9. Hình thức tính toán của thuật toán chính xác cho tín hiệu chia sẻ.....	80
Bảng 3.1. Hạn mức tiến hành bảo dưỡng cấp I và bảo dưỡng cấp II đối với xe Kamaz-5320	102
Bảng 3.2. Kết quả phân tích định lượng của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác.....	103
Bảng 3.3. Kết quả phân tích định tính của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác	104
Bảng 4.1. Ảnh hưởng của yếu tố tác động tới hư hỏng hệ thống	129
Bảng 4.2. Thống kê tần suất đạp phanh của xe Kamaz-5320 trong điều kiện hoạt động bình thường tại Miền Bắc Việt Nam [38]	131
Bảng 4.3. Thông số chu trình tín hiệu điều khiển phanh.....	132
Bảng 4.4. Dữ liệu thực nghiệm ở các chế độ tải	137
Bảng 4.5. Giá trị Log Likelihood cho các kiểu phân bố xác suất theo dữ liệu thực nghiệm.....	138
Bảng 4.6. Ước lượng tham số cho phân bố weibull theo dữ liệu thực nghiệm	139
Bảng 4.7. Ước lượng tham số phương trình quan hệ nghịch đảo lũy thừa.....	142
Bảng 4.8. Độ tin cậy hệ thống theo kết quả thực nghiệm gia cường.....	143

Bảng 4.9. Thống kê tần suất hỏng của phân tử yếu trong hệ thống.....	143
Bảng 4.10. Kết quả tính toán sai số tương đối và hệ số tương quan giữa lý thuyết và thực nghiệm	145

MỞ ĐẦU

Độ tin cậy là lĩnh vực khoa học để đánh giá khả năng đáp ứng các yêu cầu đặc trưng của một hệ thống kỹ thuật. Những sản phẩm kỹ thuật được chế tạo và sử dụng trong thời đại chúng ta như các động cơ, máy móc, thiết bị, máy tính điện tử, các kết cấu công trình, các phương tiện giao thông vận tải,... đang đứng trước yêu cầu hoàn thiện không ngừng những tính chất về khả năng làm việc của chúng. Nhiệm vụ đánh giá độ tin cậy theo đó cũng ngày càng trở nên quan trọng, khoa học độ tin cậy được chú trọng đầu tư, nghiên cứu phát triển.

Không nằm ngoài xu thế chung đó, việc nghiên cứu đánh giá độ tin cậy ô tô đặc chủng cũng được quan tâm với mức độ rất cao trên thế giới. Ô tô đặc chủng là loại xe được thiết kế để đạt tính năng thông qua cao và rất cao, có khả năng tự cứu kéo, các hệ thống trên xe có độ tin cậy cao, đồng thời đủ tối giản để thuận tiện cho bảo dưỡng, sửa chữa tại chỗ trong thời gian ngắn. Với những đặc điểm trên, ô tô đặc chủng thường được sử dụng trong các lực lượng vũ trang, các lực lượng tìm kiếm, cứu hộ, cứu nạn,... để đảm bảo thực hiện tốt các nhiệm vụ đặc thù. Độ tin cậy của ô tô đặc chủng nói chung và hệ thống phanh nói riêng có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng cơ động cũng như an toàn chuyển động của ô tô và khả năng hoàn thành nhiệm vụ của các lực lượng sử dụng. Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy của hệ thống phanh trên ô tô đặc chủng nhằm đưa ra những giải pháp nâng cao độ tin cậy làm việc của ô tô trong các điều kiện khai thác cụ thể góp phần nâng cao khả năng sẵn sàng làm việc của ô tô và tối ưu tính kinh tế trong quá trình khai thác sử dụng. Đặc biệt là khi, ô tô đặc chủng sử dụng ở Việt Nam phần lớn được nhập từ Liên Xô cũ, chu kỳ bảo dưỡng, sửa chữa chủ yếu được thực hiện theo tài liệu từ nơi sản xuất, chưa phù hợp với đặc thù sử dụng của từng vùng miền ở Việt Nam.

Do đó, “*Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam*” để xây dựng cơ sở khoa học phục vụ cho việc điều chỉnh nội dung khai thác, bảo dưỡng sửa chữa sao cho đạt hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao nhất là cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO) đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh của ô tô đặc chủng làm việc trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam trên cơ sở các số liệu thu được trong quá trình sử dụng, bảo quản, sửa chữa ở đơn vị.

Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320.

Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu nghiên cứu độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320 làm việc trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của Luận án

- Về ý nghĩa khoa học:

+ Công trình nghiên cứu đầu tiên trong nước về ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu để phân tích đánh giá độ tin cậy.

+ Kết quả nghiên cứu là tài liệu tham khảo có giá trị khoa học, làm nền tảng cho việc ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu nghiên cứu độ tin cậy cho các hệ thống phức tạp hơn trong các lĩnh vực quan trọng tại Việt Nam.

+ Thuật toán phân tích độ tin cậy được đề xuất trong luận án đảm bảo cơ sở khoa học, hợp lý và logic.

- Về ý nghĩa thực tiễn:

+ Phân tích đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320, có thể làm cơ sở khoa học cho định hướng điều chỉnh quy định bảo dưỡng, sửa chữa ô tô đặc chủng phù hợp với điều kiện khai thác sử dụng Miền Bắc Việt Nam.

+ Thuật toán đề xuất giúp nâng cao hiệu suất phân tích, đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ, làm cơ sở cho việc phát triển các công cụ nhúng, các ứng dụng máy tính về nghiên cứu độ tin cậy, tiết kiệm thời gian và chi phí tính toán.

Cấu trúc của luận án

Luận án gồm: mở đầu, bốn chương và kết luận.

Mở đầu

Trình bày tính cấp thiết, mục tiêu, đối tượng, phạm vi nghiên cứu, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.

Chương 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Nội dung chương giới thiệu các khái niệm cơ bản về độ tin cậy và các phương pháp phân tích, đánh giá độ tin cậy được sử dụng phổ biến, các công trình nghiên cứu khoa học trong và ngoài nước liên quan đến khoa học độ tin cậy. Từ những phân tích trên, luận án đưa ra những vấn đề khoa học có tính cấp thiết cần nghiên cứu, xác định được mục tiêu, đối tượng, phạm vi cũng như phương pháp nghiên cứu.

Chương 2. Cơ sở lý thuyết và xây dựng mô hình đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng

Chương 2 tiếp tục đi sâu hơn về lý thuyết đánh giá độ tin cậy với việc trình bày về quy luật suy giảm độ tin cậy và cơ sở lý thuyết đánh giá độ tin cậy dựa trên phương pháp hướng mục tiêu. Sau đó, mô hình đánh giá độ tin cậy cho một số mạch và hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320 sẽ được xây dựng. Bên cạnh đó, chương 2 cũng trình bày cơ sở lý thuyết phương pháp thực nghiệm gia cường nhằm đánh giá kết quả tính toán lý thuyết.

Chương 3. Ứng dụng mô hình hướng mục tiêu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng

Với cơ sở lý thuyết đã trình bày ở chương 2, chương này trình bày nội dung và kết quả phân tích, đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz - 5320 dựa trên phương pháp hướng mục tiêu. Trong đó, trước khi đi vào phân tích hệ thống phanh, tác giả phát triển một thuật toán máy tính giúp nâng cao hiệu quả phân tích độ tin cậy cho hệ thống phức tạp dựa trên các quy trình và thuật toán cơ bản của phương pháp hướng mục tiêu. Thuật toán này sau đó sẽ được ứng dụng để xác định các kết quả phân tích trong Luận án bằng thuật toán máy tính.

Chương 4. Thực nghiệm đánh giá

Nội dung chương này trình bày mục đích của thực nghiệm gia cường, nghiên cứu xây dựng mô hình thực nghiệm; Lựa chọn trang thiết bị, thiết kế và chế tạo buồng thực nghiệm gia cường; Tiến hành thực nghiệm, thu thập và xử lý số liệu thực nghiệm. Từ đó, so sánh đánh giá kết quả theo thực nghiệm với kết quả theo phương pháp lý thuyết.

Kết luận.

Trình bày những đóng góp, kết quả mới đạt được của luận án, kiến nghị và hướng nghiên cứu tiếp theo.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về độ tin cậy

1.1.1. Hư hỏng và phân loại hư hỏng trong nghiên cứu độ tin cậy

Hư hỏng là trạng thái mà sản phẩm mất đi khả năng thực hiện chức năng của mình hoặc chức năng của sản phẩm được thực hiện nhưng không đảm bảo các thông số kỹ thuật theo yêu cầu, tiêu chuẩn đặt ra. Lúc này, các sản phẩm không còn đáp ứng được nhu cầu sử dụng nữa. Sau đây trình bày một số dạng hỏng đặc trưng ở sản phẩm kỹ thuật.

Hỏng đột ngột: Là sự biến đổi đột ngột hay nhảy vọt của một hay nhiều thông số kỹ thuật của sản phẩm khiến chúng đạt tới giá trị tới hạn và nhanh chóng vượt qua ngưỡng tới hạn đó. Hỏng đột ngột thường bị gây ra bởi các tác động mạnh từ bên ngoài hoặc những biến đổi bên trong phần tử một cách ngẫu nhiên nhưng với tốc độ lớn. Bản chất của các loại hư hỏng này là sau khi thay đổi một cách tương đối độc lập về số lượng, tính chất lý hóa của phần tử sẽ xảy ra sự đột biến lớn về chất lượng của các phần tử, kết quả là các phần tử sẽ mất đi những tính chất quan trọng dẫn đến thay đổi những thông số đã được thiết kế. Thời điểm xảy ra sự đột biến về chất lượng chính là thời điểm hỏng (thời điểm sản phẩm chuyển từ trạng thái làm việc sang trạng thái hỏng). Ví dụ dễ thấy nhất ở các hư hỏng đột ngột là sự quá tải do tải trọng động ở chi tiết làm cho yếu tố tác động vượt quá giới hạn khiến chi tiết máy bị phá hủy.

Hỏng dần dần: Là sự biến đổi một cách chậm chạp của một hay nhiều thông số của sản phẩm do các nguyên nhân như : sự mài mòn lão hóa, hoặc do ăn mòn các phần tử của trang bị hoặc do tác động khác gây nên. Thời điểm hỏng là thời điểm khi một hay nhiều thông số cơ bản đặc trưng cho khả năng làm việc của sản phẩm vượt quá giới hạn cho phép. Mặc dù sự biến đổi của các thông số của sản phẩm là ngẫu nhiên nhưng có thể dựa vào những kết quả đo kiểm để dự đoán

trước sự biến đổi của các thông số với độ chính xác nhất định để xác định thời điểm xảy ra hư hỏng để có những biện pháp phòng ngừa.

Hỏng vĩnh viễn: Là những hư hỏng mà không một tác động nào có thể giúp sản phẩm chuyển từ trạng thái hỏng trở lại trạng thái làm việc (thực hiện chức năng). Các sản phẩm có hư hỏng vĩnh viễn sẽ tất yếu bị loại bỏ và phải được thay thế bằng sản phẩm khác có chức năng tương tự.

Hỏng tạm thời : Là những hư hỏng có thể được khắc phục thông qua bảo trì, bao gồm nội dung bảo dưỡng và sửa chữa sản phẩm. Sau bảo trì, các hư hỏng tạm thời có thể bị loại bỏ và sản phẩm có thể khôi phục trạng thái làm việc.

Hỏng độc lập: Là những hư hỏng xảy ra không có mối liên hệ trực tiếp nào với các hư hỏng khác trong sản phẩm. Nói cách khác, các hư hỏng độc lập không phải không phải là nguyên nhân và cũng không phải do kết quả của các hư hỏng khác.

Hư hỏng phụ thuộc: Các hư hỏng phụ thuộc là trường hợp ngược lại đối với hư hỏng độc lập. Trong thực tế, mỗi phần tử trong các hệ thống đều có mối liên hệ nhất định với các phần tử khác do tính thống nhất của hệ thống mà nó cấu thành. Do đó những biến đổi về trạng thái và hư hỏng của phần tử này thường là nguyên nhân hoặc do hậu quả (trực tiếp hoặc gián tiếp) của những biến đổi và hư hỏng của phần tử khác.

Hỏng do sản xuất: Là những hư hỏng xảy ra do vi phạm các quy trình công nghệ trong sản xuất (trong quá trình thiết kế, chế tạo, lắp ráp,...) hoặc do công nghệ chưa hoàn chỉnh ở một hay nhiều khâu của quá trình sản xuất dẫn tới những yếu điểm mang rủi ro sinh lỗi ở sản phẩm.

Hỏng do sử dụng: Là những hư hỏng xảy ra trong quá trình khai thác sử dụng sản phẩm không đúng theo các khuyến cáo của bên thiết kế, sản xuất hoặc do điều kiện nơi sử dụng khắc nghiệt đối với các thông số kỹ thuật của sản phẩm.

1.1.2. Khái niệm và những chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

1.1.2.1. Khái niệm độ tin cậy

Trong nghiên cứu khoa học kỹ thuật, các đối tượng nghiên cứu luôn là những biến số bao hàm khả năng gây ra lỗi hay sai số. Điều đó khiến cho các đối tượng nghiên cứu ở các trạng thái và thời điểm khảo sát khác nhau sẽ cho khả năng thực hiện chức năng không giống nhau. Theo thời gian, các sản phẩm kỹ thuật trong những điều kiện hoạt động nhất định (bao gồm: điều kiện tác động của môi trường, điều kiện chăm sóc, điều kiện bảo dưỡng, chế độ làm việc,...) đều sẽ dẫn tới trạng thái hư hỏng. Điều này xảy ra là do, dưới điều kiện hoạt động của các thành phần (hay hệ thống), các nguy cơ xảy ra hỏng hóc luôn tiềm ẩn, phát sinh và biến đổi, tới khi đủ điều kiện, các nguy cơ sẽ gây ra hư hỏng cho thành phần (hay hệ thống) đó. Như vậy, khả năng thực hiện chức năng của thành phần (hay hệ thống) là luôn thay đổi theo thời gian.

Do đó, để xác định mức độ, khả năng thực hiện chức năng của đối tượng trong những điều kiện, yêu cầu nhất định, người ta dùng khái niệm "*độ tin cậy*". "*Độ tin cậy*" là một tính chất đặc biệt của đối tượng nghiên cứu cho phép xác định mức độ, khả năng đáp ứng những yêu cầu nhất định về chức năng của đối tượng nghiên cứu đó trong quá trình khai thác định trước [1]. Như vậy, "*độ tin cậy*" mà ta quan tâm trong luận án này, là khả năng đáp ứng những yêu cầu xác định về tính kinh tế kỹ thuật của ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam.

1.1.2.2. Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy

a) Tính không hỏng

Tính không hỏng là tính đảm bảo khả năng làm việc không ngừng của sản phẩm trong một khoảng thời gian đã quy định dưới những điều kiện cụ thể mà không xảy ra hư hỏng. Với các sản phẩm có khả năng phục hồi, tính không hỏng thường được đánh giá thông qua cường độ hỏng, số lần hỏng, thời gian làm việc

trung bình giữa 2 lần hỏng liên tiếp; còn đối với các sản phẩm không có khả năng phục hồi, tính không hỏng được đánh giá qua xác suất làm việc an toàn, thời gian làm việc tới khi hỏng,...

b) Tính hợp lý bảo dưỡng sửa chữa

Tính hợp lý bảo dưỡng và sửa chữa sản phẩm được thể hiện bằng tính thích ứng của nó đối với việc phòng ngừa, phát hiện và khắc phục hư hỏng, biến xấu bằng cách tiến hành bảo dưỡng kỹ thuật hoặc sửa chữa. Tính thích ứng sửa chữa có vai trò rất quan trọng trong việc rút ngắn thời gian sửa chữa hư hỏng, nâng cao được chất lượng sửa chữa. Chỉ tiêu này được đánh giá thông qua chi phí bảo dưỡng sửa chữa, xác suất bảo dưỡng hoặc sửa chữa, thời gian sản phẩm nằm bảo dưỡng, sửa chữa, cường độ bảo dưỡng sửa chữa...

c) Tính bảo quản hoặc vận chuyển

Tính bảo quản hoặc vận chuyển là tính chất của sản phẩm duy trì được các thông số kỹ thuật xác định chất lượng của nó ở giới hạn kinh tế kỹ thuật đã cho khi bảo quản hoặc khi vận chuyển. Chỉ tiêu này được đánh giá thông qua thời gian bảo quản trung bình, cường độ hỏng khi bảo quản,...

d) Tính bền lâu (tuổi thọ của sản phẩm)

Tuổi thọ là tính chất của sản phẩm duy trì được khả năng làm việc của mình đến trạng thái giới hạn về tính kinh tế kỹ thuật của sản phẩm, trong đó có kể đến các giai đoạn cần thiết cho bảo dưỡng, sửa chữa. Chỉ tiêu này được đánh giá thông qua thời hạn sử dụng hay dự trữ kỹ thuật. Đối với ô tô, được đánh giá bằng số km máy nổ hoặc số giờ hoạt động của xe.

Trong thực tế, hư hỏng xảy ra với sản phẩm có thể xem như biến ngẫu nhiên, điều này sẽ được giải thích rõ hơn ở phần sau của luận án này. Bởi tuổi thọ sản phẩm được quyết định bởi thời điểm hư hỏng đầu tiên bắt đầu phát sinh (đối với sản phẩm không có khả năng phục hồi) hoặc thời điểm hư hỏng vĩnh viễn phát sinh (đối với sản phẩm có khả năng phục hồi). Do đó, tuổi thọ sản phẩm cũng là biến

ngẫu nhiên. Điều này cho phép chúng ta nghiên cứu về hư hỏng, tuổi thọ sản phẩm cũng như hành vi ứng xử của hư hỏng và đặc biệt là độ tin cậy sản phẩm theo quan điểm xác suất thống kê. Vì vậy, trong các chỉ tiêu đánh giá trên, tính không hỏng là chỉ tiêu được chấp nhận và áp dụng rộng rãi nhất trong kỹ thuật độ tin cậy, ô tô cũng không nằm trong ngoại lệ. Theo đó, độ tin cậy của sản phẩm nói chung hay ô tô nói riêng được đánh giá thông qua các thông số: Xác suất hỏng; Xác suất không hỏng; Cường độ hư hỏng; Mật độ hỏng.

e) Một số thông số định lượng đánh giá độ tin cậy

Theo tài liệu [2], một số thông số định lượng đánh giá độ tin cậy được sử dụng phổ biến có thể kể đến như sau.

* Xác suất hỏng (độ không tin cậy): Là xác suất mà sản phẩm gặp phải hư hỏng tại thời điểm t , trong đó, tại thời điểm ban đầu $t=0$, sản phẩm còn đang trong trạng thái hoạt động. Xác suất hỏng thường được ký hiệu là $F(t)$ và được xác định theo biểu thức:

$$F(t) = \frac{N_h(t)}{N} \quad (1.1)$$

Trong đó:

- $N_h(t)$ là số mẫu sản phẩm hỏng quan sát được tại thời điểm t
- N là tổng số mẫu sản phẩm trong khảo sát.

* Xác suất không hỏng (độ tin cậy):

Đối với các sản phẩm không có khả năng phục hồi, đây là xác suất mà sản phẩm không gặp phải hư hỏng dưới những điều kiện hoạt động nhất định, trong khoảng thời gian quan sát nào đó. Trong đó, thời điểm ban đầu của khoảng thời gian đang xét, sản phẩm đang trong trạng thái làm việc. Còn với các sản phẩm có khả năng phục hồi, xác suất không hỏng được xem xét thêm trường hợp sản phẩm có thể đã được sửa chữa để đạt những điều kiện hoặc trạng thái như mới tại thời điểm $t=0$. *Xác suất không hỏng* thường được ký hiệu là $R(t)$ và được xác định theo biểu thức:

$$R(t) = \frac{N - N_h(t)}{N} \quad (1.2)$$

* Mật độ hỏng:

Là xác suất trên mỗi đơn vị thời gian mà sản phẩm gặp hư hỏng lần đầu tại thời điểm t với điều kiện là sản phẩm đó còn đang ở trạng thái hoạt động tại thời điểm ban đầu $t=0$. Mật độ hỏng đặc trưng cho độ gia tăng xác suất hỏng của sản phẩm hay tốc độ suy giảm độ tin cậy và thường được ký hiệu là $f(t)$:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{d(t)} f(t) \quad (1.3)$$

* Cường độ hỏng :

Là xác suất trên mỗi đơn vị thời gian mà sản phẩm gặp hư hỏng tại thời điểm t với điều kiện sản phẩm đó ở trạng thái hoạt động tại thời điểm $t=0$ và còn hoạt động tới thời điểm $t \neq 0$. *Cường độ hỏng* được ký hiệu là $r(t)$. Cần phân biệt khái niệm này với cường độ hỏng có điều kiện (ký hiệu $\lambda(t)$). Cường độ hỏng có điều kiện là cường độ hỏng được xem xét thêm trường hợp sản phẩm có thể đã được sửa chữa để đạt những điều kiện hoặc trạng thái như mới tại thời điểm $t=0$. Trong trường hợp xét các sản phẩm không có khả năng sửa chữa, ta có: $\lambda(t)=r(t)$, trong đó:

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (1.4)$$

* Thời gian trung bình tới hư hỏng và Thời gian trung bình tới hư hỏng đầu tiên:

Trong một khoảng thời gian khảo sát nhất định, giá trị trung bình của thời gian mà không xảy ra hư hỏng nào trong khoảng thời gian đó chính là giá trị mong đợi của tuổi thọ sản phẩm không có khả năng phục hồi. Nó được gọi là "*thời gian trung bình tới lỗi*" (MTTF- Mean time to failure) và được xác định:

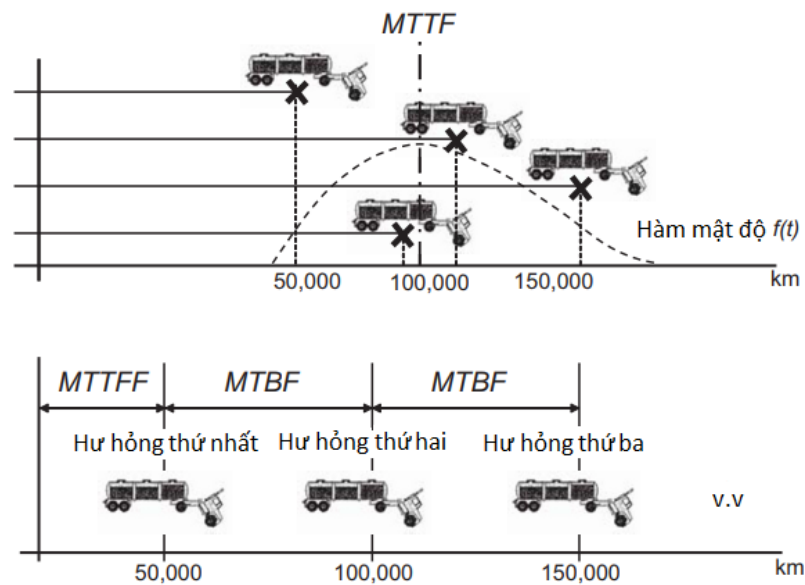
$$MTTF = \int_0^{\infty} t.f(t).dt = \int_0^{\infty} R(t).dt \quad (1.5)$$

Bên cạnh khái niệm này, người ta đưa ra khái niệm bổ sung "*Thời gian trung bình tới hư hỏng đầu tiên*" (MTTFF – Mean time to first failure). Khái niệm này có

thể dùng để mô tả các sản phẩm có khả năng phục hồi, trong đó, MTTF là tuổi thọ trung bình của sản phẩm cho tới khi nó bị hỏng lần đầu tiên. Do đó, MTTF sẽ tương ứng với MTTF cho sản phẩm không có khả năng phục hồi.

* Thời gian trung bình giữa hai lần hư hỏng liên tiếp: (MTBF – Mean time between failure):

Là tuổi thọ trung bình của sản phẩm giữa 2 lần hư hỏng kế tiếp nhau hay giữa 2 lần bảo trì kế tiếp nhau. Đây là khái niệm dùng cho các sản phẩm có khả năng phục hồi. Hình 1.1 dưới đây mô tả các khái niệm MTTF, MTTF và MTBF.



Hình 1.1. Đồ thị mô tả các khái niệm MTTF, MTTF, MTBF

* Mối quan hệ giữa các thông số đánh giá độ tin cậy

Giữa các thông số trên tồn tại các mối quan hệ sau:

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (1.6)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{d(t)} \quad (1.7)$$

$$F(t) = \int_0^t f(u).du \quad (1.8)$$

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (1.9)$$

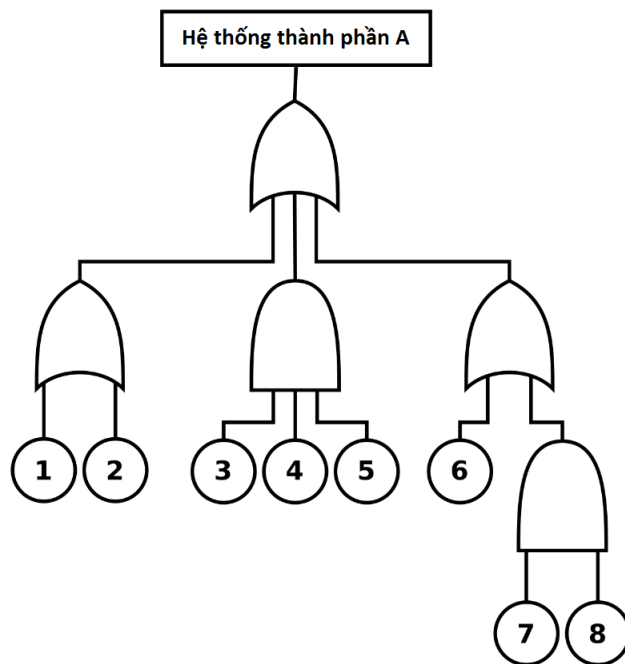
$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t).dt \quad (1.10)$$

1.1.3. Phương pháp đánh giá độ tin cậy

Có nhiều phương pháp đánh giá độ tin cậy của một cụm hoặc một hệ thống hoàn chỉnh. Trong phần này, tác giả sẽ giới thiệu một số phương pháp đánh giá độ tin cậy hiệu quả được nghiên cứu phát triển và sử dụng phổ biến.

1.1.3.1. Phương pháp phân tích cây hư hỏng (Fault Tree Analysis - FTA)

a) Tổng quan phương pháp



Hình 1.2. Sơ đồ logic biểu thị liên hệ cây hư hỏng

Trong tài liệu [3], tác giả đã cung cấp cái nhìn tổng quan về phân tích cây hư hỏng. Phân tích cây hư hỏng là phân tích hư hỏng suy diễn từ trên xuống, trong đó trạng thái không mong muốn của hệ thống được phân tích bằng logic Boolean để kết hợp một loạt các sự kiện cấp thấp hơn (Hình 1.2). Phương pháp phân tích này chủ yếu được sử dụng trong kỹ thuật an toàn và kỹ thuật độ tin cậy để hiểu cách các hệ thống có thể hư hỏng, để xác định các cách tốt nhất giảm thiểu rủi ro và xác định tỷ lệ xảy ra tai nạn hoặc hư hỏng của hệ thống. Phương pháp FTA

được sử dụng trong ngành hàng không vũ trụ, năng lượng hạt nhân, hóa học, dược phẩm, hóa dầu, dịch vụ xã hội, công nghệ thông tin,...

Bất kỳ hệ thống phức tạp nào cũng có thể bị lỗi do một hoặc nhiều hệ thống con bị lỗi. Tuy nhiên, khả năng hư hỏng thường có thể được giảm thiểu qua thiết kế hệ thống chẩn đoán. Phân tích cây hư hỏng FTA là phân tích ánh xạ mối quan hệ giữa các hư hỏng, hệ thống con và các yếu tố thiết kế an toàn dự phòng bằng cách tạo một sơ đồ logic của toàn bộ hệ thống. Kết quả không mong muốn được lấy làm gốc (“sự kiện hàng đầu”) của một cây logic. Biểu đồ hình cây thể hiện mối quan hệ logic giữa các hư hỏng thường được viết ra bằng các ký hiệu cổng logic thông thường.

Để mô tả một sơ đồ cây hư hỏng, một số ký hiệu được sử dụng như được trình bày trên Hình 1.3. Trong đó các biểu tượng sự kiện chính thường được sử dụng như sau:

- Sự kiện cơ bản (Basic Event): Thể hiện lỗi hệ thống hoặc lỗi các cụm
- Sự kiện bên ngoài (External Event): Thể hiện dự kiến sẽ xảy ra
- Sự kiện chưa được phát triển (Undeveloped Event): một sự kiện về việc không có đủ thông tin có sẵn hoặc không có kết quả
- Sự kiện điều kiện (Conditioning Event): điều kiện hạn chế hoặc ảnh hưởng đến cổng logic
- Một cổng sự kiện trung gian có thể được sử dụng ngay phía trên một sự kiện chính để cung cấp thêm chỗ để nhập mô tả sự kiện.



Hình 1.3. Các biểu tượng thể hiện các khối sự kiện

b) Ưu điểm

- Phương pháp FTA mô tả một cách trực quan quá trình phân tích, cho phép người dùng xác định nguyên nhân sinh ra hư hỏng một cách logic.
- Cho phép đánh dấu xác định các bộ phận thành phần quan trọng ảnh hưởng lớn đến hư hỏng hệ thống.
- Phân tích hệ thống với hiệu suất tốt.
- Có khả năng phân tích định lượng và phân tích định tính hệ thống.

c) Nhược điểm

- Yêu cầu người dùng phương pháp có kinh nghiệm để hiểu được toàn bộ các công logic.
- Khi phân tích hệ thống phức tạp, phải sử dụng quá nhiều công và sự kiện khiến cho việc thực hiện phương pháp trở nên khó khăn hơn.
- Kích thước mô hình lớn.
- Tính nhất quán của mô hình không cao.
- Chỉ khảo sát sự kiện hư hỏng ở đỉnh của mô hình cây hư hỏng.
- Các nguyên nhân hư hỏng phổ biến thường không được xem xét rõ ràng.
- Phân tích định lượng cho kết quả xấp xỉ với sai lệch lớn hơn so với các phương pháp khác; Phân tích định tính phức tạp.

1.1.3.2. Phương pháp đánh giá độ tin cậy thông qua phân tích dạng hư hỏng và ảnh hưởng của hư hỏng (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA)

a) Tổng quan phương pháp

Phương pháp phân tích dạng hư hỏng và ảnh hưởng (FMEA) là quá trình xem xét càng nhiều thành phần, tổ hợp và hệ thống con càng tốt để xác định các chế độ xuất hiện hư hỏng tiềm năng trong hệ thống, nguyên nhân và hậu quả của chúng. Đối với mỗi thành phần, các dạng hư hỏng và ảnh hưởng của chúng trên phần còn lại của hệ thống được ghi lại trong một bảng tính FMEA cụ thể. Bảng tính FMEA có thể là một phân tích định tính, nhưng có thể được đặt trên cơ sở

định lượng được kết hợp với cơ sở dữ liệu thống kê về tỷ lệ chế độ xuất hiện hư hỏng. Đó là một trong những kỹ thuật có hệ thống, có cấu trúc cao đầu tiên để phân tích hư hỏng.

FMEA có thể được áp dụng cho các lĩnh vực cụ thể khác như kiểm tra / đánh giá các khái niệm, cải thiện độ tin cậy trong lĩnh vực, chức năng và bảo mật phần mềm, phân tích mối nguy, yếu tố con người và phân tích dựa trên dịch vụ, quy trình kinh doanh và hơn thế nữa. Có ba loại FMEA chính:

- Hệ thống FMEAs
- Thiết kế FMEAs
- Xử lý FMEAs

Một quy trình phân tích đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp FMEA được tiến hành theo các bước cụ thể sau đây [4]:

1. Chọn một quá trình để phân tích.
2. Xác định các cá nhân từ tất cả các bộ phận có kiến thức cụ thể về các quy trình, sản phẩm và nhu cầu của khách hàng để phân tích các cách thức sinh ra hư hỏng tiềm năng.
3. Mô tả quá trình và / hoặc sản phẩm một cách chi tiết.
4. Xác định tất cả các hư hỏng tiềm năng. Điều này bao gồm tất cả các thành phần, hệ thống, quy trình và chức năng có khả năng không thể đáp ứng tiêu chuẩn chất lượng hoặc độ tin cậy và các nguyên nhân tiềm năng.
5. Xác định tất cả các hậu quả tiềm ẩn của mỗi hư hỏng.
6. Gán một mức độ nghiêm trọng (S) cho mỗi hư hỏng theo tầm quan trọng của tác động của nó. Mức độ nghiêm trọng thường được xếp hạng theo thang điểm từ 1 đến 10, một là không đáng kể và 10 là thảm họa.
7. Xác định tất cả các nguyên nhân gốc có thể của mỗi hư hỏng. Có thể sử dụng các công cụ phân tích nguyên nhân bên cạnh kiến thức và kinh nghiệm

8. Gán từng nguyên nhân đánh giá sự cố (O). Điều này thường được đánh giá theo thang điểm từ 1 đến 10, với 1 là hiếm và 10 là không thể tránh khỏi.

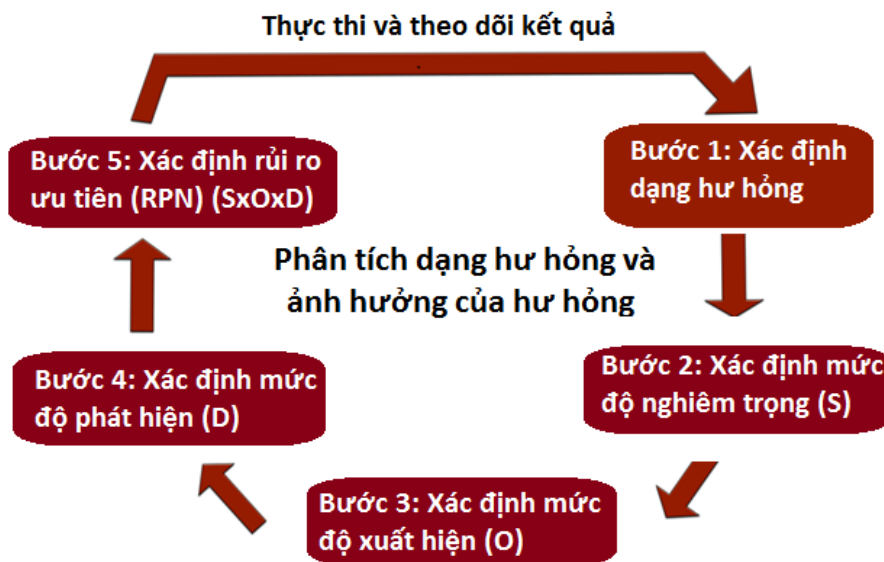
9. Đối với mỗi nguyên nhân, xác định các kiểm soát quy trình hiện tại được áp dụng để ngăn chặn các hư hỏng này ảnh hưởng chức năng của hệ thống.

10. Đối với mỗi điều khiển, chỉ định xếp hạng phát hiện (D) để xác định mức độ kiểm soát có thể phát hiện nguyên nhân hoặc chế độ hư hỏng khi chúng xảy ra, nhưng trước khi có ảnh hưởng đến hệ thống. Điều này thường được đánh giá theo thang điểm từ 1 đến 10, với 1 nghĩa là vấn đề sẽ được phát hiện một cách chắc chắn tuyệt đối và 10 có nghĩa là kiểm soát sẽ không bao giờ phát hiện ra vấn đề.

11. Xác định số ưu tiên rủi ro (RPN) dựa trên bảng xếp hạng (SxOxD) cho mỗi hư hỏng tiềm năng và xếp hạng chúng.

12. Lập kế hoạch và thực hiện các thay đổi để giải quyết các hư hỏng dựa trên các định danh RPN.

13. Đo lường và ghi lại sự thành công của mỗi thay đổi quy trình.



Hình 1.4. Quy trình xử lý, đánh giá độ tin cậy của một hệ thống diễn hình theo phương pháp FMEA

b) Ưu điểm

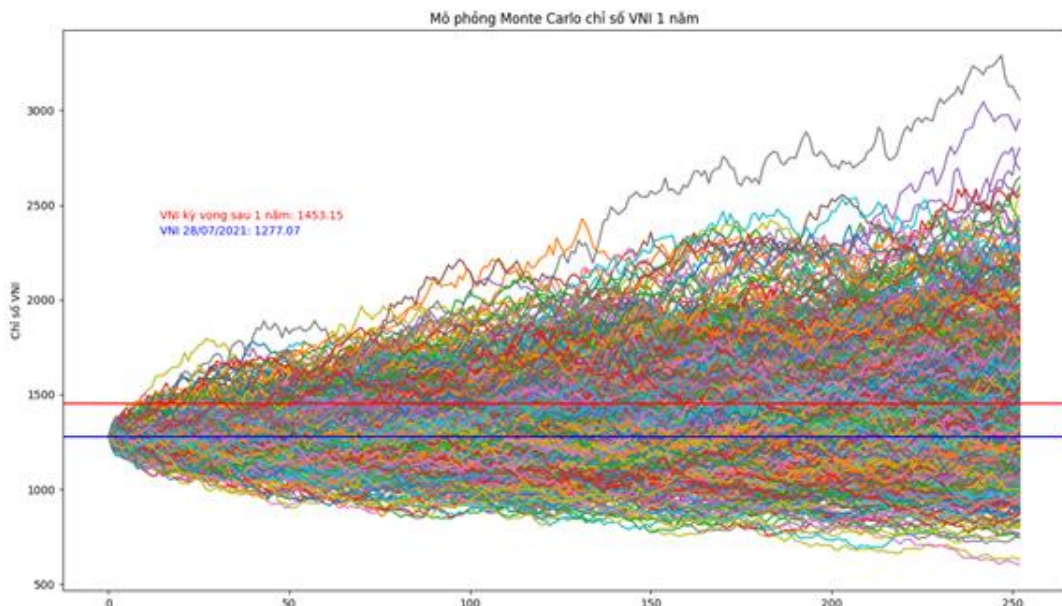
- Phương pháp FMEA có khả năng truy vết các chế độ lỗi của sản phẩm, nguyên nhân lỗi và ảnh hưởng của chúng.
- Cung cấp các dấu hiệu nhận biết các lỗi quan trọng cần chú ý trong quá trình thiết kế sản phẩm.
- Cho phép đưa ra các biện pháp giảm hoặc loại bỏ các lỗi dựa trên các định danh RPN.

c) Nhược điểm

- Kết quả phụ thuộc nhiều vào phân tích chủ quan và kinh nghiệm của người dùng.
- Mất nhiều thời gian để truy vết hư hỏng theo đồ thị FMEA.
- Không hiệu quả để đưa ra các quyết định thiết kế sản phẩm.
- Mối quan hệ giữa các thành phần hỏng khác nhau bị bỏ qua.

1.1.3.3. Phương pháp mô phỏng Monte-Carlo (Monte-Carlo Simulations - MCS)

a) Tổng quan phương pháp



Hình 1.5. Ví dụ kết quả MCS cho chỉ số chứng khoán VNI trong 1 năm

Mô phỏng Monte Carlo là một nhóm các thuật toán máy tính dựa trên sự lặp lại của các biến ngẫu nhiên trong các phân bố xác suất để xử lý hàng trăm, thậm chí hàng nghìn kết quả đầu ra khả thi thay vì chỉ một vài đáp án rời rạc. Điều này cho phép MCS giải gần đúng các vấn đề phải phân tích phức tạp. Một cách khái quát, mục tiêu của MCS là tìm ra kỳ vọng cho phân phối kết quả của một hệ thống khó dự đoán đã cho trước. Phương pháp này thường được sử dụng để hiểu tác động của rủi ro và sự không chắc chắn trong các mô hình dự đoán và dự báo. Với đặc điểm trên, MCS còn được gọi là phương pháp mô phỏng nhiều xác suất. Khi có mức độ không chắc chắn lớn trong quá trình đưa ra các dự báo hoặc ước tính, thay vì chỉ thay thế biến không chắc chắn bằng một giá trị trung bình duy nhất, MCS đưa ra nhiều dự báo với xác suất xuất hiện khác nhau.

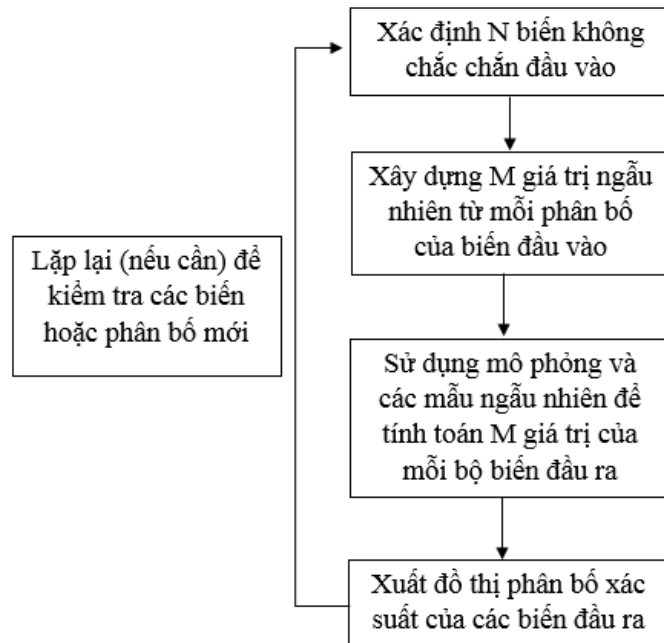
Hiện nay, MCS được ứng dụng rộng rãi trong hầu hết mọi lĩnh vực như tài chính, kỹ thuật, chuỗi cung ứng và khoa học. Các công ty viễn thông sử dụng phương pháp này để đánh giá hiệu suất mạng trong các tình huống khác nhau, giúp họ tối ưu hóa kết nối mạng. Các nhà phân tích sử dụng chúng để đánh giá rủi ro mà một khoản vốn có thể không có khả năng trả (vỡ nợ) và phân tích các công cụ phái sinh như các quyền chọn. Các công ty bảo hiểm và công ty dầu khí cũng sử dụng phương pháp này. Phương pháp Monte Carlo có vô số ứng dụng ngoài lĩnh vực kinh doanh và tài chính, như trong khí tượng học, thiên văn học và vật lý hạt.

Phương pháp MCS được xây dựng dựa trên nền tảng về:

- Các số ngẫu nhiên (Random Numbers);
- Luật số lớn (Law of Large Numbers);
- Định lý giới hạn trung tâm (Central Limit Theorem).

Theo tài liệu [5], quy trình MCS được mô tả như Hình 1.6. Trong đó, M mẫu ngẫu nhiên của N biến đầu vào không chắc chắn được tạo ra dựa vào các phân bố xác suất của chúng. Sau đó, M bộ của mỗi biến đầu ra được tính toán, xác định dựa trên mỗi bộ của các dữ liệu đầu vào ngẫu nhiên. Cuối cùng, đưa ra

kết quả là các hàm mật độ xác suất hoặc các hàm phân bố tích lũy được tổng hợp dưới dạng đồ thị hoặc không gian biên tối ưu. Từ đó, giúp người dùng đánh giá hệ thống một cách hiệu quả.



Hình 1.6. Quy trình của phương pháp mô phỏng Monte-Carlo

b) Ưu điểm

- Tính nhất quán của mô hình cao.
- Áp dụng được với những hệ thống rất phức tạp.
- Mô hình hoá được tất cả các loại phân bố xác suất.
- Cung cấp kết quả chính xác, trực quan, dễ hiểu, dễ đánh giá.
- Cho phép phân tích độ nhạy và tối ưu hoá hệ thống mà không cần chạy hệ thống thực.

- Duy trì sự kiểm soát các điều kiện thực nghiệm tốt hơn hệ thống thực.
- Cho phép đánh giá hệ thống theo mức khuếch đại thời gian khác nhau.

c) Nhược điểm

- Kích thước mô hình lớn.
- Chi phí tính toán cao, tốn kém thời gian cho việc xây dựng mô phỏng.

- Cho kết quả chính xác nhưng không ổn định, độ chính xác của kết quả phụ thuộc thời gian mô phỏng.

- Không có khả năng phân tích định tính.

1.1.3.4. Phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO)

a) Tổng quan phương pháp

Phương pháp hướng mục tiêu là phương pháp sử dụng mô hình đồ thị quy nạp để ánh xạ lại cấu trúc hệ thống, nguyên lý hoạt động, chức năng và những đặc trưng trực quan của hệ thống đó. Từ đó xác định độ tin cậy của hệ thống theo quy trình hoạt động riêng. Phương pháp này được xây dựng và phát triển lần đầu tiên bởi Tổng công ty Kaman với sự trợ giúp của quân đội Mỹ vào năm 1976 [6]. Sau đó, phương pháp này ngày càng phát triển mạnh và được mở rộng nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi bởi Đại học Thanh Hoa, Trung Quốc.

Phương pháp hướng mục tiêu được thực hiện theo quy trình 6 bước cơ bản:

Bước 1: Phân tích hệ thống.

Bước 2: Thiết lập mô hình hướng mục tiêu.

Bước 3: Xử lý dữ liệu của các toán tử hướng mục tiêu.

Bước 4: Phân tích định lượng hệ thống để đạt được các tham số đánh giá độ tin cậy hệ thống.

Bước 5: Phân tích định tính để xác định các bộ cắt tối thiểu của hệ thống.

Bước 6: Đánh giá hệ thống

Phương pháp hướng mục tiêu cho phép người dùng phân tích định lượng và phân tích định tính nhờ thuật toán riêng thực hiện trên mô hình hướng mục tiêu theo quy tắc. Nội dung then chốt của phương pháp hướng mục tiêu là mô hình hướng mục tiêu và hoạt động hướng mục tiêu. Mô hình hướng mục tiêu được cấu thành bởi các toán tử hướng mục tiêu và các dòng tín hiệu. Nó được thiết lập dựa vào sơ đồ nguyên lý của hệ thống, bản vẽ kỹ thuật hay sơ đồ chức năng của hệ thống đó. Trong mô hình hướng mục tiêu, có 3 nhóm toán tử cơ bản:

- Toán tử hàm: Mô tả phần tử cụ thể trong hệ thống
- Toán tử logic: Mô tả quan hệ logic giữa các dòng tín hiệu
- Toán tử phụ trợ: Phối hợp với các toán tử khác để mô tả các kết cấu đặc biệt (kết cấu dự phòng, kết cấu vòng lặp có phản hồi,...)

Dưới đây giới thiệu một số loại toán tử thường dùng trong phương pháp hướng mục tiêu, thuộc 3 nhóm trên:

Bảng 1.1. Một số toán tử thường dùng trong phương pháp hướng mục tiêu

Loại toán tử	Mô tả chức năng	Phân loại thuộc tính
Loại 1	Phần tử với trạng thái hoạt động và trạng thái hỏng	Toán tử hàm
Loại 2	Quan hệ logic "OR"	Toán tử logic
Loại 5	Phần tử đơn tín hiệu đầu vào	Toán tử hàm
Loại 6	Phần tử nhận tín hiệu để hoạt động	Toán tử hàm
Loại 10	Quan hệ logic "AND"	Toán tử logic
Loại 15B	Chuyển đổi tín hiệu điều khiển	Toán tử phụ trợ
Loại 18A	Quan hệ dự phòng giữa nhóm trang bị chính và nhóm trang bị dự phòng	Toán tử logic
Loại 20	Quan hệ lựa chọn chế độ hoạt động theo điều kiện	Toán tử phụ trợ
Loại 21	Phần tử đa chức năng	Toán tử hàm
Loại 22	Phần tử đa tín hiệu đầu vào, đa chức năng	Toán tử hàm
Loại 25A	Chuyển đổi tín hiệu	Toán tử phụ trợ
Loại 25B	Chuyển đổi tín hiệu	Toán tử phụ trợ

b) Ưu điểm

- Ít chịu ảnh hưởng của yếu tố kinh nghiệm, kỹ năng, hiểu biết của người dùng.
- Kích thước mô hình nhỏ, phản ánh tốt cấu trúc và chức năng của hệ thống thực.

- Tính nhất quán của mô hình cao.
- Dễ dàng kiểm tra, xác thực mô hình.
- Hiệu quả tính toán cao, tiết kiệm chi phí và thời gian tính toán.
- Phân tích định lượng cho kết quả chính xác và ổn định; Phân tích định tính thực hiện dễ dàng.

c) Nhược điểm

- Các phần tử càng nhiều đặc trưng và càng nhiều mối tương quan với các phần tử khác thì việc lựa chọn toán tử hướng mục tiêu phù hợp càng phức tạp.
- Mô hình hướng mục tiêu trở nên phức tạp hơn khi hệ thống yêu cầu nhiều nguyên tắc làm việc thành công.

Qua phần giới thiệu tổng quan và ưu, nhược điểm của từng phương pháp đã nêu ở trên, ta thấy phương pháp hướng mục tiêu có những ưu điểm vượt trội hơn so với những phương pháp còn lại. Đây cũng là phương pháp xác định độ tin cậy cho ô tô đặc chủng được lựa chọn trong Luận án này.

1.1.3.5. So sánh một số phương pháp đánh giá độ tin cậy

Dựa trên các đặc điểm của từng phương pháp đánh giá độ tin cậy đã giới thiệu ở trên, ta có thể tóm tắt so sánh một số đặc điểm tiêu biểu như trong Bảng 1.2 bên dưới:

Bảng 1.2. So sánh một số phương pháp đánh giá độ tin cậy tiêu biểu

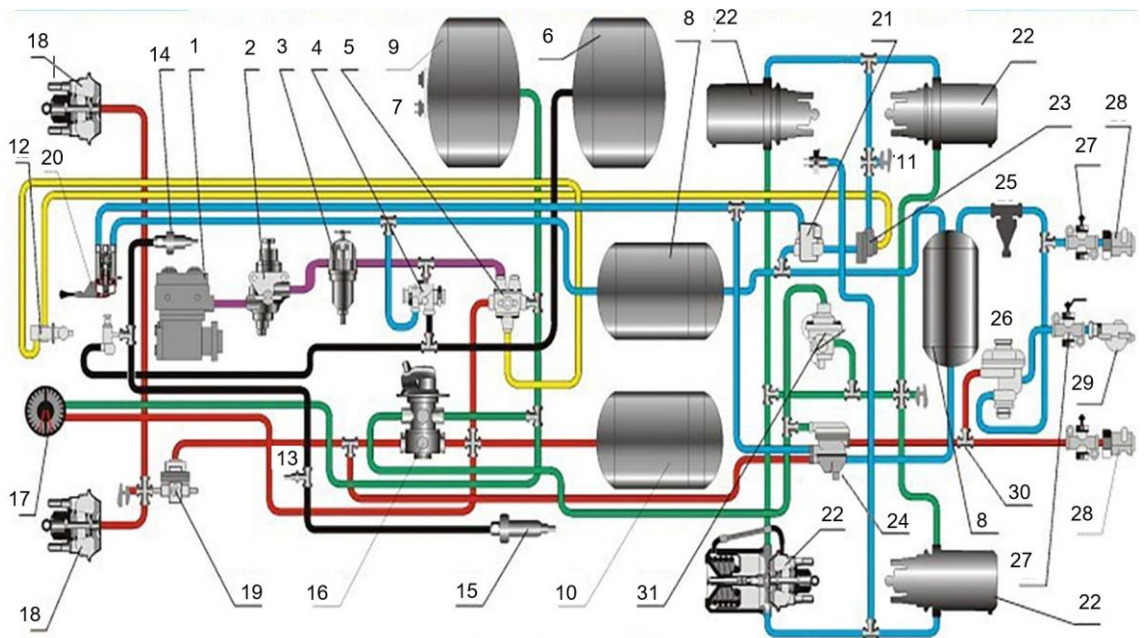
Phương pháp Đặc điểm	GO	MCS	FTA	FMEA
Định hướng mô hình hoá	Khả năng làm việc của hệ thống	Quan hệ logic trong hệ thống	Các hư hỏng trong hệ thống	Các hư hỏng trong hệ thống
Phương thức mô hình hoá	Cây lựa chọn	Mô tả ngôn ngữ logic	Cây lỗi	Liệt kê
Độ nhất quán của mô hình	Cao	Cao	Thấp	Cao
Kết cấu mô hình	Tương ứng với sơ đồ hệ thống	Quan hệ logic	Sơ đồ logic phân cấp	Danh sách
Thành phần chính của mô hình	Các đối tượng, công logic, các đặc trưng	Các đối tượng và ngôn ngữ logic	Các sự kiện lỗi và công logic	Các chế độ lỗi, ảnh hưởng, điểm S-O-D và điểm RPN
Kích thước mô hình	Nhỏ và thuận tiện	Lớn	Lớn và phân cấp	Lớn

Phương pháp Đặc điểm	GO	MCS	FTA	FMEA
Mô tả của mô hình	Phản ánh hệ thống thực	Phản ánh các quan hệ logic trong hệ thống	Phản ánh nguyên nhân và ảnh hưởng của lỗi	Phản ánh các chế độ lỗi và ảnh hưởng của chúng
Phân tích định lượng	Chính xác, ít phụ thuộc kinh nghiệm người dùng	Chính xác, kém ổn định	Gần đúng	Không thể thực hiện
Phân tích định tính	Dễ dàng	Không thể thực hiện	Phức tạp	Dễ dàng

1.2. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy của hệ thống

1.2.1. Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 có kết cấu như Hình 1.7, bao gồm: Nguồn khí nén, dẫn động phanh, cơ cấu phanh. Khí nén sử dụng trong hệ thống phanh được cung cấp từ máy nén khí và được nạp vào các mạch dẫn động phanh, tích trữ tại các bình khí nén trên xe. Khi các mạch dẫn động phanh trên xe làm việc, khí nén được cấp từ các bình khí, qua các van tới các bầu phanh làm xoay cam phanh của cơ cấu doăng má phanh, ép sát guốc phanh vào tang phanh thực hiện quá trình phanh xe [7].



Hình 1.7. Sơ đồ kết cấu hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

Trên xe Kamaz-5320 được trang bị bốn hệ thống phanh: hệ thống phanh công tác, hệ thống phanh dừng, hệ thống phanh dự trữ, hệ thống phanh hỗ trợ. Ngoài ra còn có bộ phận bảo đảm nhà phanh sự cố của cơ cấu phanh thuộc hệ thống phanh dừng. Các hệ thống phanh tuy khác nhau về chức năng nhưng có chung các phần tử trong sơ đồ dẫn động phanh khí nén và có hiệu quả phanh cao.

Bảo đảm chức năng của các hệ thống trình bày ở trên là hoạt động của năm mạch dẫn động phanh độc lập gồm:

Mạch dẫn động thứ nhất: Cung cấp khí nén cho dẫn động các cơ cấu phanh bánh xe cầu trước.

Mạch dẫn động thứ hai: Cung cấp khí nén cho dẫn động các cơ cấu phanh bánh xe cầu giữa và cầu sau.

Mạch dẫn động thứ ba: Cung cấp khí nén cho dẫn động hệ thống phanh dừng và phanh dự trữ.

Mạch dẫn động thứ tư: Cung cấp khí nén cho dẫn động của hệ thống phanh hỗ trợ và cho các bộ phận tiêu thụ khí nén khác.

Mạch dẫn động thứ năm: Cung cấp khí nén cho hệ thống nhả phanh sự cố của hệ thống phanh dừng.

1.2.2. Các yếu tố gây suy giảm độ tin cậy hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

1.2.2.1. Ảnh hưởng của yếu tố thiết kế chế tạo

Yếu tố thiết kế chế tạo bao gồm đặc điểm kết cấu, chất lượng của vật liệu và gia công chế tạo.

Trên xe Kamaz-5320, bốn hệ thống phanh (hệ thống phanh công tác, hệ thống phanh dừng, hệ thống phanh dự trữ và phanh hỗ trợ) được bảo đảm thực hiện chức năng bởi năm mạch dẫn động khí nén. Thiết kế nhiều dòng khí nén như vậy giúp nâng cao độ tin cậy cho hệ thống. Do các mạch dẫn động độc lập với nhau nên khi có sự cố xảy ra với một mạch dẫn động, các mạch còn lại vẫn duy trì được nhiệm vụ của mình mà không bị ảnh hưởng. Để đảm bảo được sự độc lập giữa các mạch dẫn động, các van bảo vệ ba ngã, hai ngã, kết cấu dự phòng ở tổng van phanh hai tầng đã được thiết kế. Độ tin cậy của hệ thống nhờ đó được nâng cao đáng kể.

Bên cạnh các thiết kế về kết cấu hệ thống, thiết kế của các chi tiết, các cụm trong hệ thống cũng ảnh hưởng đến độ tin cậy của các cụm, từ đó ảnh hưởng tới độ tin cậy toàn hệ thống. Kích thước, hình dáng của chi tiết, khe hở lắp ghép ban đầu phù hợp sẽ giúp đảm bảo sự mài mòn là ít nhất.

Chất lượng vật liệu dùng để chế tạo các chi tiết cũng ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu mòn và tuổi thọ của chúng. Đặc biệt là với các chi tiết cao su, chất lượng cao su tốt giúp nâng cao tuổi thọ của cao su khi đối diện với các tác động từ môi trường làm việc. Ngày nay, nhiều loại vật liệu có chất lượng cao đã được ứng dụng trong ngành công nghệ chế tạo ô tô giúp nâng cao tuổi thọ của chúng. Ví dụ: gang hợp kim crôm niken, mạ crôm, cao su chịu nhiệt, cao su chịu dầu,...

Đối với Kamaz-5320, thuộc loại ô tô đặc chủng của Liên Xô cũ, việc nâng cao độ tin cậy của hệ thống phanh chỉ có thể can thiệp thông qua việc sử dụng các chi tiết thay thế với vật liệu và chất lượng cao hơn các chi tiết cũ của các cụm trong hệ thống.

1.2.2.2. Ảnh hưởng của chế độ và điều kiện sử dụng

a) Chế độ sử dụng

Chế độ sử dụng bao gồm yếu tố khai thác sử dụng của lái xe, chế độ bảo dưỡng, sửa chữa hệ thống và chế độ niêm cất bảo quản.

Nếu tần suất phanh lớn hoặc phanh xe với cường độ lớn (thường xuyên phanh gấp), tuổi thọ của hệ thống phanh chắc chắn sẽ giảm xuống, độ tin cậy của hệ thống cũng suy giảm nhanh chóng. Yếu tố này ngoài việc phụ thuộc vào điều kiện sử dụng, còn phụ thuộc vào tinh thần trách nhiệm và trình độ điều khiển của lái xe. Khi xe được điều khiển chạy phù hợp với điều kiện khai thác, các quy định sử dụng của nhà sản xuất được tuân thủ chặt chẽ, độ tin cậy của hệ thống phanh tất yếu được tối ưu.

Chế độ bảo dưỡng hệ thống cũng ảnh hưởng rất lớn đến độ tin cậy của hệ thống phanh. Thông qua duy trì bảo dưỡng hệ thống, các hư hỏng tiềm ẩn có thể

được chẩn đoán sớm, các cụm và cơ cấu trong hệ thống được kiểm tra, điều chỉnh, siết chặt, vệ sinh bên ngoài. Từ đó, bảo đảm duy trì trạng thái làm việc tốt nhất cho các cụm, chi tiết trong hệ thống. Còn đối với chế độ sửa chữa, phải đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật của hệ thống đã được quy định trong tài liệu kỹ thuật và thực hiện tốt việc chạy rà sau sửa chữa để tránh xuất hiện các hư hỏng sớm của các chi tiết trong hệ thống như mô tả trong đồ thị “bathtub”. Thực hiện tốt bảo dưỡng, sửa chữa là thực hiện với tần suất phù hợp với điều kiện sử dụng và thực hiện tốt ở mỗi lần bảo dưỡng, sửa chữa. Qua đó, nâng cao độ tin cậy của các chi tiết, cụm được sửa chữa và làm tăng độ tin cậy tổng thể của toàn bộ hệ thống phanh. Duy trì tốt nội dung này có tác động rất lớn đến việc duy trì, nâng cao độ tin cậy của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 cũng như toàn bộ xe.

Đối với chế độ niêm cất, bảo quản, mục đích của nhiệm vụ này là hạn chế tối đa các tác động của điều kiện khí hậu (được trình bày cụ thể hơn ở phần sau) tới các chi tiết trong hệ thống phanh. Trong đó, các tác động như nhiệt độ, độ ẩm là luôn xuất hiện ngay cả khi không sử dụng xe. Do đó, các chi tiết kim loại trên xe dễ hư hỏng do han gỉ nếu trong thời gian dài không được bảo vệ bề mặt khỏi các tác động nêu trên. Còn các chi tiết cao su sẽ bị lão hóa dần do chịu tác động thường xuyên của các tác động này. Nội dung vệ sinh, tra mỡ bảo quản trong niêm cất chính là nhằm mục đích bảo vệ bề mặt các chi tiết kim loại khỏi các tác động khí hậu. Do các chi tiết cao su có tuổi thọ lão hóa đủ lớn, các nhà xe phục vụ niêm cất, bảo quản xe chỉ bảo đảm yếu tố thông thoáng, tránh mưa, nắng mà không cần phải ngăn cản tuyệt đối các tác động của nhiệt độ, độ ẩm đến xe.

Chính vì vậy, để nâng cao độ tin cậy cho hệ thống, vấn đề đặt ra là cần cơ sở khoa học vững chắc để định hướng xác định nội dung và tần suất bảo dưỡng, sửa chữa sao cho phù hợp với điều kiện sử dụng của ô tô Kamaz-5320.

b) Điều kiện sử dụng

Điều kiện sử dụng bao gồm điều kiện địa hình và điều kiện khí hậu.

Điều kiện địa hình được biểu hiện bởi loại đường, tính chất mặt đường, độ dốc, mật độ giao thông. Đối với xe Kamaz-5320 hoạt động ở khu vực Miền Bắc Việt Nam, loại đường hoạt động trên đường hỗn hợp gồm đường nhựa asphalt, đường đất, đường đồi với mật độ giao thông trung bình. Trong đó, chủ yếu là hoạt động trên đường đất, độ dốc lớn, quanh co, thậm chí là các loại đường nhiều bụi cát đất. Đối với đặc điểm này, tần suất sử dụng phanh của xe sẽ cao hơn so với mức trung bình của ô tô nói chung, do đó làm suy giảm nhanh chóng tình trạng kỹ thuật của xe.

Điều kiện khí hậu được đặc trưng bởi nhiệt độ, độ ẩm, mưa, nắng,... Ở khu vực Miền Bắc Việt Nam, đặc trưng thời tiết nhiệt đới ẩm gió mùa rất rõ rệt. Khí hậu chia ra chủ yếu gồm hai mùa là mùa khô và mùa mưa. Mùa mưa thường kéo dài từ tháng 4 đến tháng 10, lượng mưa trong thời gian này lớn (trung bình trên 180mm mỗi tháng), nhiệt độ trung bình cao (trên 34⁰C), độ ẩm trong không khí lớn, hình thành kiểu thời tiết đặc trưng là nồm, với độ ẩm lên tới trên 80%, gây đọng “mồ hôi” trên các bề mặt vật thể. Đặc điểm này của mùa mưa khiến cho các chi tiết của hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320 dễ bị rỉ sét hoặc đọng nước trong các bình khí nén, làm giảm hiệu suất của hệ thống. Đặc biệt là trong hơn một thập kỷ trở lại đây, chất lượng không khí đi xuống cùng với ô nhiễm môi trường ngày càng tăng khiến cho nồng độ các oxit axit trong không khí tăng lên. Các hạt nước đọng hoà tan các oxit này dễ dàng làm giảm tuổi thọ của các chi tiết cao su trong hệ thống. Còn vào mùa khô, lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm giảm mạnh. Độ ẩm có thể giảm tới còn 50% cùng với điều kiện đường xấu, nhiều bụi cát đất, làm giảm chất lượng khí nén trong hệ thống. Nhiệt độ thấp vào mùa khô có thể làm tăng độ nhớt của dầu bôi trơn máy nén khí, sử dụng dầu bôi trơn không phù hợp sẽ khiến

chất lượng bôi trơn của máy nén khí giảm sút, giảm tuổi thọ hoạt động nói chung của cả hệ thống.

1.3. Tình hình nghiên cứu trong nước và ngoài nước

Độ tin cậy ngày càng thể hiện vai trò quan trọng trong thiết kế, chế tạo và khai thác sản phẩm kỹ thuật. Bản thân độ tin cậy hàm chứa hành vi xuất hiện của các lỗi ở sản phẩm, vì vậy nó trở thành tiêu chí quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm kỹ thuật và được người dùng quan tâm nhiều nhất. Hiện nay, vấn đề độ tin cậy ngày càng được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: Điện tử, cơ khí, xây dựng, các ngành công nông nghiệp, giao thông vận tải, sinh học và y học.v.v. Việc nghiên cứu, khảo sát, đánh giá độ tin cậy cũng theo đó mà ngày càng được đầu tư, phát triển nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất, phát triển, khai thác sản phẩm trong những điều kiện khác nhau.

1.3.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Trong những năm gần đây các nghiên cứu về độ tin cậy ở Việt Nam đã có những bước phát triển nhất định trên tất cả các ngành công nghiệp như (ô tô, máy xây dựng, tàu biển, công trình...).

- Tác giả Phan Văn Khôi [8] nghiên cứu các cơ sở, chỉ tiêu, phương pháp đánh giá độ tin cậy trong giai đoạn thiết kế, chế tạo và khai thác, các phương pháp xác định độ tin cậy của các hệ thống gồm các phần tử được ghép song song, nối tiếp, các sản phẩm có khả năng phục hồi và không phục hồi. Bên cạnh đó, những kinh nghiệm quý giá trong lĩnh vực độ tin cậy được tác giả đúc kết lại trong cuốn sách nổi tiếng "Cơ sở đánh giá độ tin cậy", xuất bản lần đầu năm 1987. Trong tài liệu này, tác giả đã trình bày những vấn đề chính trong khoa học độ tin cậy, làm cơ sở cho các công trình nghiên cứu khác về lĩnh vực độ tin cậy tại Việt Nam.

- Tác giả Đỗ Đức Tuấn [9] nghiên cứu về hao mòn mặt lăn và gờ bánh xe, xác định thời hạn làm việc và đánh giá độ tin cậy của bộ trục bánh xe đầu máy D19E đang sử dụng tại Xí nghiệp đầu máy Sài Gòn do hao mòn mặt lăn và gờ

bánh, từ đó đưa ra kiến nghị bước đầu về thời hạn giải thể bộ trục bánh và khôi phục biên dạng mặt lăn bánh xe nhằm bảo đảm độ tin cậy cần thiết và phù hợp với điều kiện vận dụng thực tế. Bên cạnh công trình nghiên cứu trên, tác giả cũng nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong tài liệu [10]. Trong đó, dựa vào các công thức xác suất có sẵn của các loại phân bố xác suất phổ biến, tác giả xây dựng thành công chương trình xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi với mức tin cậy cho trước (gamma phần trăm) bất kỳ.

- Tác giả Nguyễn Xuân Chính [11] nghiên cứu "Phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam". Trong đó, đề xuất phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép thiết kế theo Tiêu chuẩn Việt Nam trên cơ sở độ tin cậy của cấu kiện. Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán các hàm ngẫu nhiên nhằm xác định độ tin cậy của các phần tử kết cấu khung và đánh giá độ tin cậy của khung mà không cần xác định phân phối đồng thời của các tham số. Bên cạnh đó, khảo sát ảnh hưởng của các tham số thiết kế đến độ tin cậy của kết cấu, giúp người thiết kế lựa chọn phương án thiết kế phù hợp. Ở nghiên cứu này, tác giả chủ yếu xác định độ tin cậy cho các phần tử khung dựa trên đặc điểm chịu lực của các cấu kiện. Sau đó, xác định độ tin cậy cho khung bê tông cốt thép là một hệ thống nối tiếp đơn giản. Nhìn chung, nghiên cứu mới chỉ tập trung theo hướng xác định độ tin cậy cho các phần tử đơn giản và hệ thống nối tiếp đơn giản với đặc trưng không thể sửa chữa phục hồi.

- Tác giả Hoàng Ngọc Vinh [12], trong Luận án Phó tiến sĩ Khoa học kỹ thuật “Nghiên cứu độ tin cậy và một số biện pháp nâng cao độ tin cậy của máy kéo MTZ-50 và DT-75 trong điều kiện sử dụng ở đồng bằng sông hồng” đã xác định một số chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy cho máy kéo và bước đầu đánh giá được

độ tin cậy của máy kéo qua giai đoạn chạy rà tiền sử dụng. Cụ thể, tác giả đã ứng dụng lý thuyết xác suất thống kê, toán giải tích để xử lý số liệu thu thập được trên các phần mềm máy tính; Ứng dụng lý thuyết dự báo và mô hình mô phỏng Monte Carlo để đưa ra dự báo độ tin cậy; Ứng dụng lý thuyết quá trình Markov và quy hoạch tuyến tính để lựa chọn phương án sửa chữa và xác định thời điểm phục hồi, sửa chữa tối ưu. Có thể thấy, đây là công trình nghiên cứu lớn về độ tin cậy, đạt được nhiều thành tựu quan trọng như: dự báo độ tin cậy, đề xuất phương án, thời điểm sửa chữa phục hồi để tối ưu độ tin cậy cho hệ thống phức tạp như máy kéo. Tuy nhiên, nghiên cứu mới khai thác phương pháp mô phỏng Monte Carlo với một số hạn chế đặc thù của phương pháp này như: kích thước mô hình lớn, phân tích định lượng kém ổn định và không thể phân tích định tính.

- Tác giả Nguyễn Lan Hương [13] có công trình “Tính độ tin cậy an toàn hệ thống công trình đầu mối ở hồ chứa”. Trong đó, trình bày cách xây dựng phương pháp đánh giá độ tin cậy cho hệ thống công trình đầu mối hồ chứa nước thủy lợi bằng cách tiếp cận xác suất ở mức độ II kết hợp mô hình phân tích hệ thống và ứng dụng tính toán độ tin cậy cho một hệ thống thủy lợi. Về cơ bản, nghiên cứu trong bài báo sử dụng phương pháp phân tích cây hư hỏng bằng phần mềm máy tính để tính độ tin cậy cho đầu mối hồ chứa nước thủy lợi. Do đó, còn gặp phải một số hạn chế của phương pháp này như: Độ nhất quán của mô hình không cao, kích thước mô hình lớn và kết quả phân tích định lượng có độ chính xác không cao như phương pháp hướng mục tiêu.

Có thể thấy, khoa học độ tin cậy ở nước ta có tuổi đời còn trẻ. Trong đó, công trình nghiên cứu của tác giả Phan Văn Khôi được đúc kết qua cuốn “Cơ sở đánh giá độ tin cậy” là một công trình nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng, đánh dấu mốc phát triển của khoa học độ tin cậy ở Việt Nam, cuốn sách là tài liệu đáng quý, làm cơ sở cho các nghiên cứu khác về độ tin cậy. Tuy nhiên, ngành này ở nước ta mới chỉ đang trong giai đoạn phát triển với số lượng nghiên cứu chưa nhiều. Đặc

biệt, trong các lĩnh vực có nhiều tính chất đặc thù như hạt nhân, quân sự, các công trình nghiên cứu đánh giá độ tin cậy còn ít. Bên cạnh đó, các công trình nghiên cứu mới tập trung vào khai thác ứng dụng các phương pháp phân tích đánh giá độ tin cậy thông thường với các hạn chế đặc thù nhất định.

1.3.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Do ý nghĩa và tầm quan trọng của việc nghiên cứu, đánh giá độ tin cậy ô tô cũng như các sản phẩm cơ khí, kỹ thuật khác, các công trình nghiên cứu về độ tin cậy trên thế giới được quan tâm nghiên cứu từ rất sớm. Bên cạnh đó, sự cạnh tranh mạnh mẽ giữa các hãng chế tạo lớn trên thế giới đòi hỏi phải quan tâm đến chất lượng sản phẩm và giảm chi phí sản xuất. Điều này đã trở thành một trong những động lực to lớn thúc đẩy sự phát triển các công trình nghiên cứu về độ tin cậy ở các nước lớn. Với xu thế toàn cầu hoá và sự tăng cường trao đổi hàng hoá quốc tế, độ tin cậy của một sản phẩm nào đó hiện nay không còn là một vấn đề của riêng một quốc gia hay của một hãng sản xuất nào mà là vấn đề toàn cầu. Ngày nay sự phát triển mạnh mẽ của các thiết bị đo lường, khoa học máy tính và kỹ thuật công nghệ chế tạo máy đã đưa việc nghiên cứu độ tin cậy lên một tầm cao mới. Các công trình nghiên cứu về độ tin cậy có nhiều tiền đề, cơ hội và hướng phát triển hơn.

Các công trình nghiên cứu về độ tin cậy tại các nước phát triển rất đa dạng và được đầu tư từ rất sớm. Với các phương pháp phân tích, đánh giá độ tin cậy phổ biến, có thể kể đến một số công trình nghiên cứu sau đây:

- Tác giả Howard E.Lambert [14], trong tập 113, phần 5 "Use of fault tree analysis for automotive reliability and safety analysis" của cuốn "Journal of materials and manufacturing" đã sử dụng phương pháp FTA để phân tích định tính cho hệ thống khởi động ô tô. Trong đó, tác giả chỉ ra tầm quan trọng của các chế độ hỏng khác nhau đối với hệ thống khởi động ô tô theo các tiêu chí khác nhau như: chi phí, độ tin cậy, độ an toàn. Bên cạnh đó, bằng phương pháp FTA,

tác giả cũng chỉ ra cách các thành phần yếu trong hệ thống gây ra hư hỏng cho toàn bộ hệ thống khởi động ô tô.

- Tác giả Dobrivoje Ćatić [15] và đồng nghiệp có công trình "Fault tree analysis of the motor vehicle's steering system". Trong đó, Dobrivoje Ćatić và các đồng nghiệp đã xây dựng mô hình cây lỗi cho hệ thống lái trên xe cơ giới, xác định các điểm yếu trong hệ thống, cơ chế sinh hư hỏng của chúng và mối quan hệ phụ thuộc giữa các hư hỏng trong hệ thống.

- Tác giả Jianjuan [16] cùng các đồng nghiệp, trong công trình "Hydro-pneumatic suspension gasbag reliability improvement based on FMEA and FTA" đã kết hợp phương pháp FMEA với FTA để đánh giá độ tin cậy cho túi khí của hệ thống treo thủy lực – khí nén. Thông qua phân tích chức năng và thành phần của hệ thống treo thủy lực – khí nén, các chế độ hư hỏng tiềm ẩn được chỉ ra nhờ vào phương pháp FMEA. Sau đó, bằng phương pháp FTA, chế độ hỏng vỡ túi khí được nghiên cứu và xác định các thành phần yếu dẫn tới chế độ hỏng vỡ túi khí. Từ đây, tác giả đưa ra được các giải pháp cải thiện thiết kế cho túi khí của hệ thống treo khí nén - thủy lực để nâng cao độ tin cậy.

- Tác giả Hiromitsu Kumamoto [17] cùng đồng nghiệp, trong bài báo "System reliability analysis and diagnosis by Monte Carlo Method" đã sử dụng phương pháp mô phỏng Monte Carlo để đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh ô tô dựa trên 4 thông số đánh giá định lượng độ tin cậy: Xác suất làm việc thành công của hệ thống, cường độ Hazard, xác suất bộ phận trong hệ thống là nguyên nhân gây ra hư hỏng toàn bộ hệ thống, xác suất để một bộ phận thay thế trong hệ thống hỏng dẫn tới hư hỏng toàn bộ hệ thống. Qua đó, tác giả cho thấy tính khả thi và những ưu điểm của phương pháp này khi áp dụng với những hệ thống có độ phức tạp cao trên ô tô.

Nhìn chung, các công trình nghiên cứu đánh giá độ tin cậy cho các hệ thống trên ô tô sử dụng các phương pháp FTA, FMEA, MCS hay sự phối kết hợp của các

phương pháp trên đều cho phép đánh giá hiệu quả độ tin cậy nhờ vào việc tận dụng những ưu thế riêng biệt của từng phương pháp và tính phù hợp với từng hệ thống cụ thể trên ô tô. Tuy nhiên, chúng vẫn không loại bỏ được những hạn chế vốn có của bản thân từng phương pháp như: tính phức tạp của mô hình, tính chính xác của kết quả định lượng, khả năng phân tích định tính, kích thước mô hình, yêu cầu kỹ năng, kinh nghiệm cao ở người sử dụng,... Trong khi đó, phương pháp hướng mục tiêu có thể loại bỏ nhiều hạn chế nêu ra trên.

Đối với phương pháp hướng mục tiêu, được nghiên cứu và phát triển lần đầu tiên vào năm 1976 bởi Tổng Công ty Kaman với sự giúp đỡ của quân đội Mỹ. Ban đầu, phương pháp hướng mục tiêu chủ yếu được áp dụng cho các hệ thống vũ khí và tên lửa (SPRINT, SPARTAN, M454, M422, 3 POLARIS,...). Sau đó nó tiếp tục được ứng dụng cho hệ thống năng lượng từ nhiên liệu hoá thạch và hệ thống năng lượng hạt nhân và tiếp tục phát triển bởi Viện nghiên cứu năng lượng điện vào những năm 1978.

Đến cuối những năm 1990, phương pháp hướng mục tiêu được giới thiệu ở Trung Quốc và được phát triển tiếp tục bởi Đại học Thanh Hoa dưới sự hỗ trợ của chính phủ Trung Quốc. Trong thời gian này, phương pháp hướng mục tiêu được nghiên cứu, ứng dụng cho phân tích rủi ro tiếp nhận nhiên liệu đã qua sử dụng, phân tích độ an toàn cho hệ thống sinh điện, phân tích độ tin cậy cho hệ thống cung cấp khí gas,... Từ đó đến nay, phương pháp hướng mục tiêu được ứng dụng phổ biến ở Trung Quốc và liên tục được phát triển. Nhìn chung, các công trình nghiên cứu, phát triển phương pháp hướng mục tiêu của các tác giả nước ngoài đều chứng minh rõ những ưu điểm vượt trội của phương pháp hướng mục tiêu so với các phương pháp đánh giá độ tin cậy phổ biến như: FTA, FMEA, MCS. Tiêu biểu nhất đối với phương pháp hướng mục tiêu có thể kể đến các công trình nghiên cứu như:

- Tác giả Xiao-Jian Yi [18] cùng các đồng nghiệp nghiên cứu phương pháp hướng mục tiêu cải tiến mà họ phát triển để đánh giá độ tin cậy. Trong công trình

nghiên cứu "A new reliability analysis method for vehicle systems based on goal-oriented methodology", Yi đã ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu để đánh giá độ tin cậy cho hệ thống truyền động trợ lực lái trên ô tô. Bên cạnh đó, tác giả so sánh các kết quả đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu với các phương pháp khác như FTA, MCS. Từ đó chỉ ra mức độ chính xác của các kết quả định lượng theo phương pháp hướng mục tiêu cũng như các ưu việt khác của phương pháp hướng mục tiêu so với FTA và MCS.

- Tác giả Xiao-Jian Yi cùng các đồng nghiệp khác còn có công trình nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu cho Nhà máy điện hạt nhân. Qua cuốn sách "Goal Oriented Methodology and Applications in Nuclear Power Plant: A Modern Systems Reliability Approach" [19], Yi và đồng nghiệp đã sử dụng phương pháp hướng mục tiêu để đánh giá, tối ưu độ tin cậy cho một số hệ thống quan trọng trong nhà máy điện hạt nhân. Bên cạnh đó, ông cũng trình bày định hướng thiết kế phần mềm mô hình hoá, đánh giá, tối ưu độ tin cậy cho Nhà máy điện hạt nhân dựa trên phương pháp hướng mục tiêu.

Bên cạnh các công trình nghiên cứu đánh giá độ tin cậy sử dụng các mô hình lý thuyết và thống kê xác suất, các công trình nghiên cứu đánh giá độ tin cậy bằng thực nghiệm cũng có nhiều điểm nhấn:

- Tác giả David H.Collins [20] cùng các đồng nghiệp nghiên cứu các phương pháp thực nghiệm gia tốc cho dự đoán độ tin cậy trong công trình "Accelerated test methods for reliability prediction". Trong đó, tác giả làm rõ các phương pháp thực nghiệm gia tốc về khái niệm cũng như mối liên hệ giữa các phương pháp thực nghiệm đó với các phương pháp xác suất thống kê nhằm ước lượng và dự đoán độ tin cậy cũng như quy luật thay đổi của độ tin cậy sản phẩm. Bên cạnh đó, tác giả cũng đưa ra những phác thảo sơ bộ về khả năng phối hợp tiềm ẩn của các phương pháp gia tốc thực nghiệm với các phương pháp thống kê nhằm phát triển sản phẩm với độ tin cậy cao nhưng vẫn đạt giá thành rẻ.

- Tác giả William Q.Meeker [21] cùng các đồng nghiệp có nghiên cứu sử dụng các kết quả của thực nghiệm gia tốc vòng đời để dự đoán khoảng độ tin cậy sản phẩm. Công trình nghiên cứu của tác giả được đăng trên tạp chí Technometrics số 51 (2009) "Using accelerated life test result to predict product field reliability". Trong đó, với những giả thiết thực tế hợp lý, tác giả đưa ra các mô hình và phương pháp liên hệ giữa thực nghiệm gia tốc vòng đời với phân bố xác suất cho thời gian hư hỏng của sản phẩm. Các mô hình và phương pháp sử dụng ở đây đều được áp dụng cho từng trường hợp cụ thể riêng biệt.

- Tác giả Juan Chen [22] và đồng nghiệp có công trình nghiên cứu “Thực nghiệm gia cường cho ước lượng độ tin cậy của xy lanh khí nén”. Trong đó, tác giả trình bày các bước cụ thể để xây dựng thực nghiệm gia cường và xử lý số liệu thu được sau thực nghiệm để ước lượng độ tin cậy của xy lanh khí nén. Cụ thể, các dạng hỏng chính của xy lanh khí nén được xác định, làm cơ sở cho việc xác định tải gia cường trong thực nghiệm. Sau khi xác định kích thước mẫu thử và chế độ tải, tiến hành thực nghiệm và thu thập dữ liệu về thời gian đến hỏng của các mẫu. Với số liệu thu thập được, mô hình toán phù hợp được lựa chọn để ước lượng tham số và ước lượng độ tin cậy của xy lanh khí nén. Như vậy, công trình tập trung ứng dụng thực nghiệm gia cường ước lượng độ tin cậy cho sản phẩm đơn giản, không có khả năng phục hồi, sửa chữa.

Tổng kết lại, khoa học độ tin cậy đã được phát triển mạnh mẽ trên thế giới bao gồm cả các công trình nghiên cứu phương pháp lý thuyết lẫn phương pháp thực nghiệm để đánh giá độ tin cậy. Các phương pháp củng cố, bổ trợ, xác thực hiệu quả cho nhau. Nhiều công trình khoa học độ tin cậy được xây dựng lần đầu trong lĩnh vực quân sự, sau đó được phát triển để ứng dụng cho các lĩnh vực khác như hạt nhân, công nghiệp. Khoa học độ tin cậy ở các cường quốc có sự đan xen, kết hợp, thừa kế và bổ trợ lẫn nhau. Nổi bật trong đó có thể kể đến phương pháp hướng mục tiêu được xây dựng lần đầu bởi quân đội Mỹ và được kế thừa, phát triển rất hiệu quả bởi Đại học Thanh Hoa Trung Quốc.

1.4. Nội dung, phương pháp nghiên cứu

1.4.1. Nội dung nghiên cứu

Luận án tập trung nghiên cứu đánh giá độ tin cậy cho một hệ thống xác định trên ô tô đặc chủng trong điều kiện khai thác ở Miền Bắc Việt Nam mà cụ thể là hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320. Trong đó, thực hiện các nội dung chính như sau:

- Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO) để đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và đề xuất thuật toán nâng cao hiệu suất phân tích định lượng cho hệ thống phức tạp dựa trên phương pháp này.

- Phân tích, đánh giá độ tin cậy cho toàn bộ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng và cho các hệ thống con để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đến độ tin cậy hệ thống.

- Phân tích đánh giá độ tin cậy bằng thực nghiệm cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên ô tô Kamaz-5320 để đánh giá hiệu quả của phương pháp lý thuyết.

1.4.2. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp nghiên cứu giữa lý thuyết và thực nghiệm.

- Nghiên cứu lý thuyết: Phương pháp phân tích thống kê, mô hình thống kê và phương pháp hướng mục tiêu để nghiên cứu đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320. Nghiên cứu lý thuyết chủ yếu tập trung vào nghiên cứu ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu phân tích đánh giá độ tin cậy.

- Nghiên cứu thực nghiệm: Sử dụng phương pháp thực nghiệm gia cường, là phương pháp cho độ chính xác tốt khi xác định độ tin cậy để so sánh, đánh giá kết quả nghiên cứu tính toán lý thuyết.

1.5. Kết luận chương 1

Qua việc phân tích các nội dung tổng quan, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Các yếu tố thiết kế chế tạo, chế độ và điều kiện sử dụng có ảnh hưởng lớn tới sự suy giảm độ tin cậy ở hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320. Để nâng cao độ tin cậy cho hệ thống, ngoài việc sử dụng các chi tiết thay thế tương đương với chất lượng cao hơn, nâng cao chất lượng sử dụng, ta có thể điều chỉnh nội dung và tần suất bảo dưỡng, sửa chữa cho phù hợp với điều kiện sử dụng của xe.

- Trên thế giới, công tác nghiên cứu đánh giá độ tin cậy được phát triển mạnh mẽ. Nhờ nghiên cứu, đánh giá độ tin cậy, các sản phẩm kỹ thuật, công nghệ ngày càng đạt được chất lượng cao hơn sau sản xuất và đạt được hiệu quả khai thác sử dụng lớn hơn. Trong khi đó, nghiên cứu đánh giá độ tin cậy trong nước còn chưa phát triển mạnh. Đặc biệt, xe Kamaz-5320 được nhập từ Liên Xô cũ với tuổi đời cao, chất lượng của xe đã đi xuống, rất cần thiết được đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh, làm cơ sở khoa học cho xây dựng các nội dung phục vụ khai thác sử dụng hiệu quả hơn, nâng cao an toàn chuyên động của xe.

- Để đạt được mục đích trên, cần đánh giá được độ tin cậy cho hệ thống và xác định các phần tử yếu trong hệ, làm cơ sở điều chỉnh cường độ bảo dưỡng, sửa chữa cho hệ thống. Trong công tác nghiên cứu đánh giá độ tin cậy, phải lựa chọn phương pháp đánh giá độ tin cậy có nhiều ưu điểm vượt trội với tiềm năng phát triển mạnh mẽ để sử dụng, nghiên cứu phát triển lâu dài. Bên cạnh đó, phải bảo đảm tính nhất quán của số liệu xác định theo tính toán lý thuyết và số liệu thu được qua thực nghiệm.

- Do bí mật công nghệ, bí mật quân sự, mà chúng ta chưa thể tiếp cận hết được với các phương pháp đánh giá độ tin cậy, đặc biệt là các phương pháp được phát triển và ứng dụng trong lĩnh vực hạt nhân, quân sự. Trong nước, công tác nghiên cứu đánh

giá độ tin cậy trong các lĩnh vực có nhiều tính chất đặc thù như vậy còn ít. Do đó, luận án lựa chọn phương pháp hướng mục tiêu là phù hợp với xu thế phát triển của thế giới, có tiềm năng ứng dụng rộng rãi, lâu dài.

- Từ việc phân tích tổng quan, các công trình nghiên cứu trong nước và ngoài nước về đánh giá độ tin cậy cho các sản phẩm kỹ thuật, luận án đã cho thấy vai trò, ý nghĩa khoa học cũng như thực tiễn to lớn của nhiệm vụ “Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam”.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẶC CHỦNG

Để đánh giá độ tin cậy cho một sản phẩm, hệ thống, cần nắm chắc những nội dung cơ bản về cơ sở lý thuyết độ tin cậy. Tiếp nối những khái niệm cơ bản trong khoa học độ tin cậy đã được giới thiệu trong chương trước, ở chương này, luận án trình bày về quy luật suy giảm độ tin cậy của một sản phẩm, hệ thống phức hợp và nghiên cứu về phương pháp đánh giá độ tin cậy hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO).

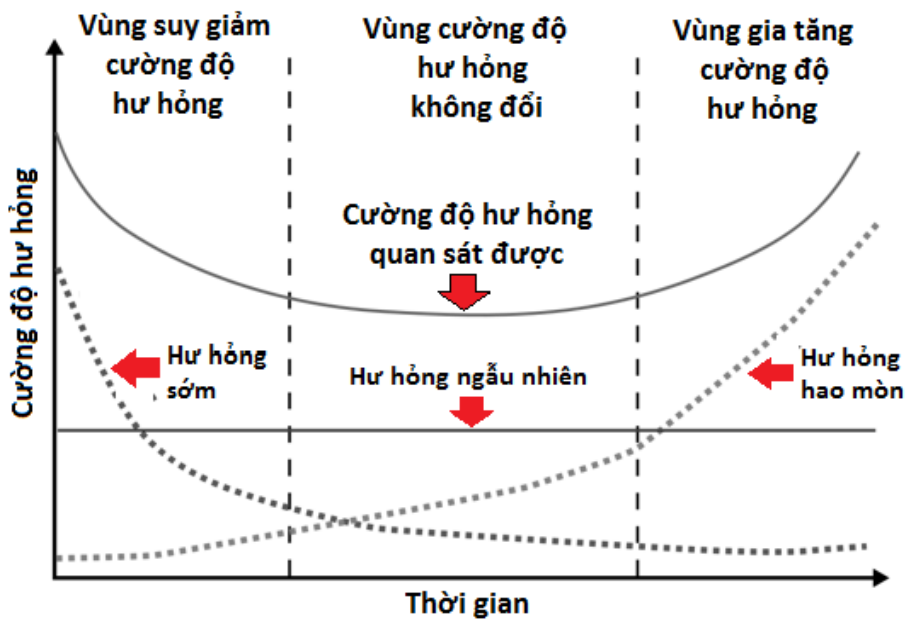
2.1. Quy luật suy giảm độ tin cậy của các cụm và hệ thống trên ô tô trong quá trình khai thác

Trong kỹ thuật độ tin cậy, các chuyên gia mô tả quy luật biến thiên của hư hỏng của một sản phẩm theo thời gian bằng đồ thị “Bathtub” [23]. Đồ thị này không mô tả tỉ lệ hỏng của một sản phẩm, nhưng nó mô tả cường độ hư hỏng tương đối của toàn bộ sản phẩm theo thời gian. Đường cong "Bathtub" được sử dụng như một mô hình trực quan để minh họa ba giai đoạn chính hư hỏng ở sản phẩm và chưa được hiệu chỉnh để mô tả về hành vi ứng xử của lỗi cho một sản phẩm cụ thể.

Trên Hình 2.1, ta thấy trên mỗi đối tượng sẽ có 3 dạng hư hỏng chính là hư hỏng sớm, hư hỏng ngẫu nhiên và hư hỏng hao mòn trong quá trình khai thác sản phẩm. Sự tổng hợp của đường đặc tính hư hỏng này hình thành đường cong “Bathtub” phản ánh thay đổi của cường độ hư hỏng theo thời gian.

Đường cong hư hỏng sớm biểu hiện ứng xử của các hư hỏng phát sinh sớm ở sản phẩm, các hư hỏng này thường có nguyên nhân là do sự sai sót do thiết kế, lỗi vật liệu, lỗi lắp ráp, lỗi trong quá trình sản xuất sản phẩm. Đường cong hư hỏng ngẫu nhiên biểu hiện ứng xử của các hư hỏng phát sinh ngẫu nhiên thường là gây ra những tình huống quá tải, quá giới hạn yếu tố tác động cho phép ở sản phẩm. Các hư hỏng ngẫu nhiên này do các nguyên nhân ngẫu nhiên sinh ra nên

xác suất xuất hiện các hư hỏng ngẫu nhiên là như nhau ở mỗi thời điểm trong toàn bộ tuổi thọ của sản phẩm. Tiếp theo là đường cong hư hỏng hao mòn trong quá trình khai thác, nó biểu hiện ứng xử của các hư hỏng phát sinh do sự hao mòn tất yếu trong quá trình khai thác, sử dụng sản phẩm như: cạn kiệt vật liệu, chi tiết đạt đến giới hạn mỏi... Đường cong "Bathtub" là sự tổng hợp của 3 đường cong hư hỏng đặc trưng ở sản phẩm.



Hình 2.1. Đồ thị "Bathtub"

Đường cong "Bathtub" và các đường cong thành phần được chia làm 3 phân vùng, đặc trưng cho 3 giai đoạn ứng xử của hư hỏng.

Ở vùng suy giảm cường độ hư hỏng, đặc trưng nổi trội nhất ở vùng này là tỉ lệ các hư hỏng sớm. Ở thời điểm ban đầu, cường độ hư hỏng sớm ở mức cao, sau đó giảm dần do quá trình "burn-in" [23] của sản phẩm. Quá trình "burn-in" là quá trình kiểm tra, đẩy sản phẩm mẫu đến điều kiện làm việc thực tế nhằm phát hiện sớm các dạng hỏng xác định của sản phẩm. Từ đó đưa ra các cải thiện đối với sản phẩm hoặc khắc phục hư hỏng của sản phẩm trước khi đưa ra sử dụng. Trong thực tế, quá trình "burn-in" chỉ thực được thực hiện trong một khoảng thời

gian nhất định, chứ không kết thúc thực sự hư hỏng sớm. Vì vậy việc phát hành các sản phẩm của các công ty thường kèm theo cơ chế bảo hành sản phẩm. Như vậy, rõ ràng, người ta luôn mong muốn đường cong "Bathtub" càng sâu càng tốt và phần đầu càng dốc càng tốt. Điều này sẽ giúp tiết kiệm chi phí bảo hành và hỗ trợ dịch vụ của các công ty sản xuất.

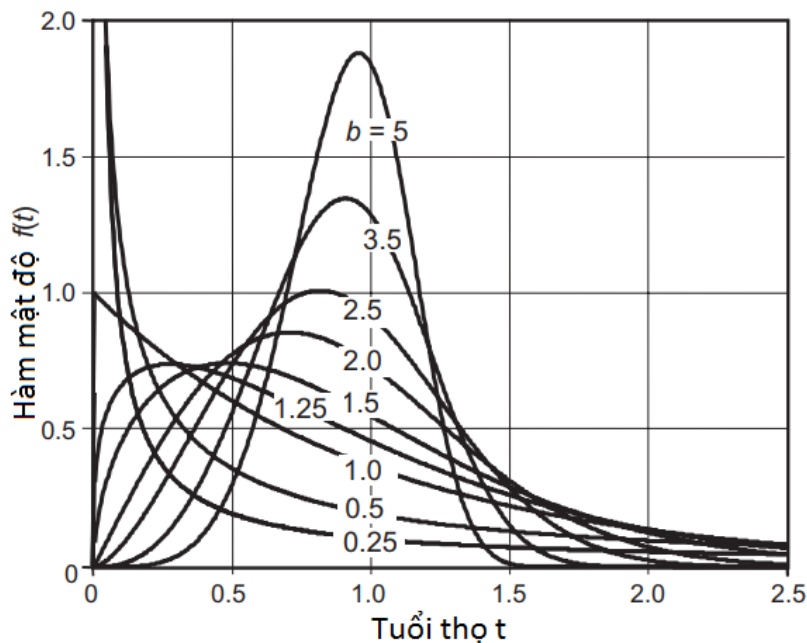
Ở vùng cường độ hư hỏng không đổi, các cường độ hư hỏng thành phần ở mức thấp và có sự thay đổi không lớn nên cường độ hư hỏng tổng hợp trong vùng này có thể xem như không thay đổi theo thời gian. Đặc trưng đáng quan tâm nhất của vùng này là các hư hỏng ngẫu nhiên. Trên thực tế, vùng cường độ hư hỏng không đổi có độ dài theo trục thời gian là lớn hơn nhiều so với 2 vùng còn lại và vì thế thường được gọi là vùng tuổi thọ thường hay vùng tuổi thọ hữu ích.

Ở vùng cường độ hư hỏng gia tăng, đặc trưng nổi bật ở vùng này là sự gia tăng mạnh của cường độ hư hỏng do hao mòn. Sự hao mòn ở giai đoạn này đã đạt đến giới hạn, khiến cho quá trình vận hành của sản phẩm dễ làm xuất hiện hư hỏng. Về lâu dài, tất cả mọi sản phẩm đều xảy ra sự hao mòn, bao gồm sự hao mòn do mài mòn và sự cạn kiệt vật liệu sử dụng. Đối với nhiều cụm cơ khí, hư hỏng do hao mòn sẽ diễn ra sớm hơn so với tuổi thọ mong muốn của cả cụm. Phương án duy nhất cho việc kéo dài tuổi thọ cụm là thay thế các chi tiết đã hao mòn quá giới hạn vận hành. Trên ô tô, ví dụ rõ nhất là việc thay lốp trong quá trình sử dụng xe. Do đó khi thiết kế các sản phẩm, các kỹ sư luôn mong muốn thành phần có hư hỏng hao mòn đến sớm nhất bảo đảm thời gian sử dụng đủ lâu và có khả năng thay thế dễ dàng.

2.2. Quy luật phân bố hư hỏng theo thời gian cho các hệ thống trên ô tô đặc chủng

Đối với các hệ thống, sản phẩm nói chung, có thể sử dụng các quy luật phân bố của xác suất thống kê để đặc trưng cho sự biến thiên hư hỏng theo thời gian. Các quy luật phân bố này chính là các dạng hiệu chỉnh của đường cong "bathtub".

Quy luật phân bố được chấp nhận rộng rãi nhất để mô tả sự phân bố hư hỏng trong bài toán đặt ra của luận án chính là phân bố Weibull [2].



Hình 2.2. Hàm mật độ của phân bố Weibull với biến ngẫu nhiên t [2]

Với phân bố Weibull, nhiều hành vi ứng xử của hư hỏng có thể được mô tả. Trên Hình 2.2, hàm mật độ Weibull có dạng khác nhau là do tham số hình dạng b của phân bố Weibull. Với các giá trị đặc biệt của phân bố Weibull, hàm mật độ có thể có dạng phân bố mũ ($b=1$) hoặc gần giống một số phân bố khác.

Phân bố Weibull được chia thành phân bố dạng 2 tham số và phân bố dạng 3 tham số. Với phân bố dạng 2 tham số, ngoài tham số hình dạng b , phân bố có thêm tham số đặc trưng tuổi thọ T (tham số tỉ lệ). Tham số này cho biết vị trí của phân bố. Đối với dạng 3 tham số, sẽ có thêm tham số định vị t_0 cho phép mô tả hư hỏng cụ thể hơn, rằng hư hỏng chỉ bắt đầu xuất hiện sau đúng thời điểm xác định t_0 . Hai dạng phân bố Weibull này được trình bày trong Bảng 2.1.

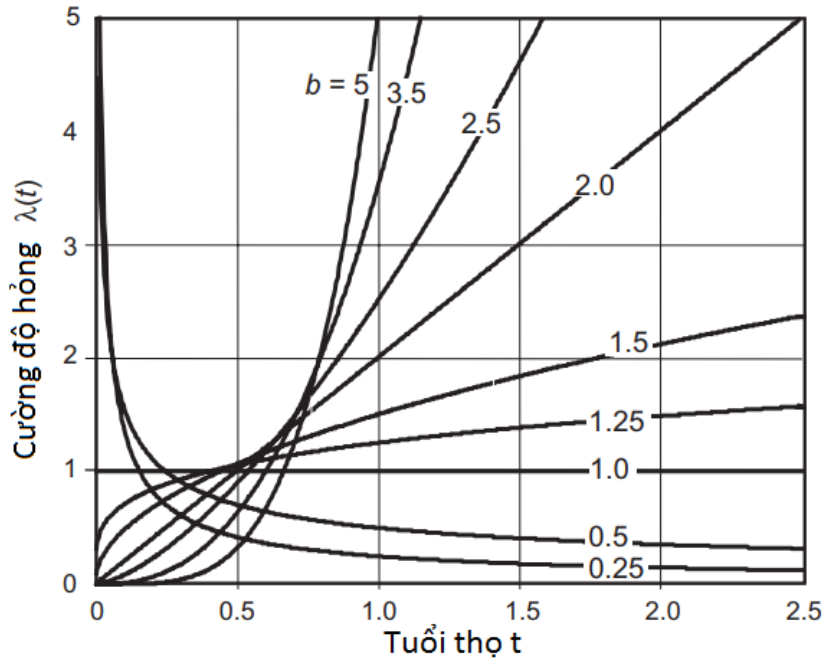
Các dạng khác nhau của cường độ hư hỏng có phân bố Weibull ở Hình 2.2 có thể chia thành 3 vùng giống như 3 vùng của đường cong “Bathtub”: Với $b < 1$, cường độ hư hỏng suy giảm theo trục thời gian, mô tả vùng các hư hỏng hư hỏng

sớm ở đường cong “Bathtub”; Với $b=1$, cường độ hư hỏng là không đổi, mô tả hư hỏng ngẫu nhiên trong vùng cường độ hư hỏng không đổi của đường cong “Bathtub”; Với $b>1$, cường độ hư hỏng tăng mạnh theo trục thời gian mô tả vùng hư hỏng do hao mòn.

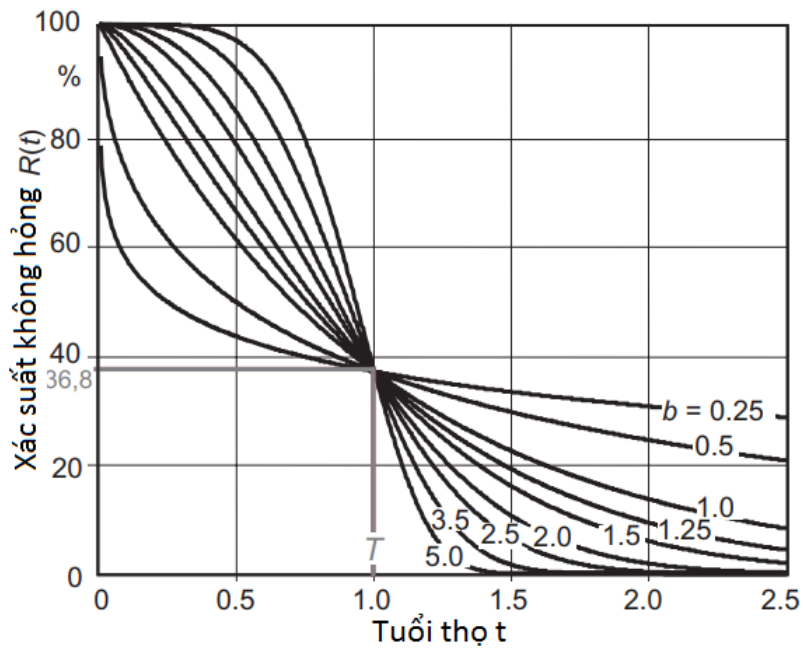
Bảng 2.1. Các biểu thức của phân bố Weibull

Phân bố Weibull dạng 2 tham số	Biểu thức
Xác suất không hỏng (Độ tin cậy)	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$
Xác suất hỏng	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$
Hàm mật độ	$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{b}{T} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$
Cường độ hỏng	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{b}{T} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{b-1}$
Phân bố Weibull dạng 3 tham số	Biểu thức
Xác suất không hỏng (Độ tin cậy)	$R(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{T-t_0}\right)^b}$
Xác suất hỏng	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{T-t_0}\right)^b}$
Hàm mật độ	$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{b}{T-t_0} \cdot \left(\frac{t-t_0}{T-t_0}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-t_0}{T-t_0}\right)^b}$
Cường độ hỏng	$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{b}{T-t_0} \cdot \left(\frac{t-t_0}{T-t_0}\right)^{b-1}$

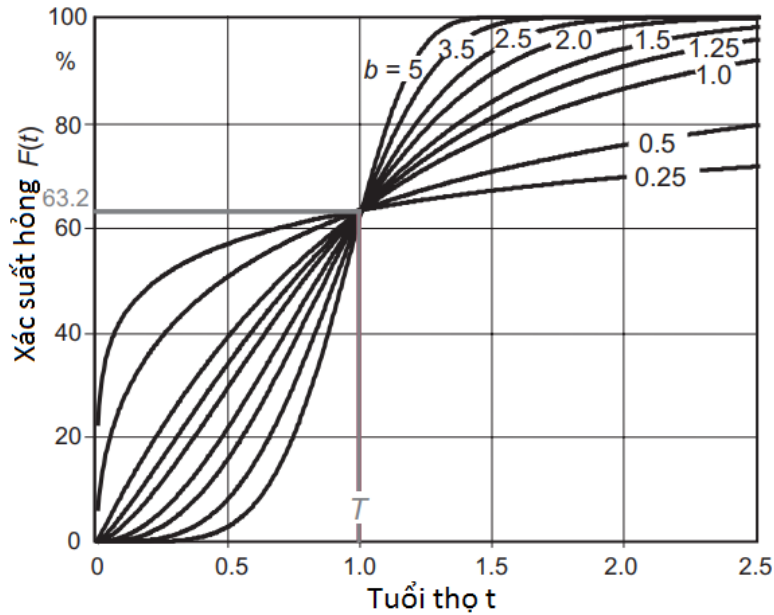
Bên cạnh đó, với phân bố Weibull, ta có đường cong biểu diễn độ tin cậy của hệ thống, cũng như xác suất hư hỏng, cường độ hư hỏng phụ thuộc tham số hình dạng b như Hình 2.2, Hình 2.3, Hình 2.4, Hình 2.5.



Hình 2.3. Đồ thị cường độ hỏng theo phân bố Weibull [2]



Hình 2.4. Xác suất không hỏng theo phân bố Weibull [2]



Hình 2.5. Xác suất hỏng theo phân bố Weibull [2]

2.3. Cơ sở lý thuyết xác định độ tin cậy bằng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO)

Phương pháp hướng mục tiêu (GO) là phương pháp sử dụng mô hình đồ thị quy nạp để ánh xạ lại cấu trúc hệ thống, nguyên lý hoạt động, chức năng và những đặc trưng trực quan của hệ thống đó. Từ đó xác định độ tin cậy của hệ thống theo quy trình hoạt động riêng. Nội dung then chốt của phương pháp hướng mục tiêu là mô hình hướng mục tiêu và hoạt động hướng mục tiêu. Mô hình hướng mục tiêu được cấu thành bởi các toán tử hướng mục tiêu và các dòng tín hiệu. Nó được thiết lập dựa vào sơ đồ nguyên lý của hệ thống, bản vẽ kỹ thuật hay sơ đồ chức năng của hệ thống đó. Sau khi thiết lập mô hình hướng mục tiêu, hoạt động hướng mục tiêu được thực hiện, cho phép phân tích định lượng và phân tích định tính để đánh giá độ tin cậy hệ thống.

2.3.1. Mô hình đánh giá độ tin cậy theo phương pháp hướng mục tiêu

2.3.1.1. Toán tử hướng mục tiêu

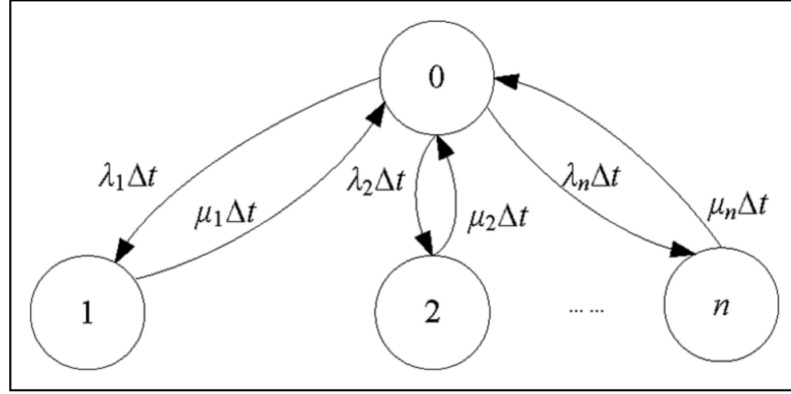
Trong mô hình hướng mục tiêu, các toán tử hướng mục tiêu biểu diễn các phần tử trong hệ thống theo chức năng của nó hoặc biểu diễn các quan hệ logic

giữa các dòng tín hiệu. Theo vai trò, chức năng của toán tử hướng mục tiêu, có thể chia chúng thành ba loại là toán tử hàm, toán tử logic và toán tử phụ trợ.

Các hệ thống trên ô tô đều là hệ thống mà các phần tử của nó có khả năng sửa chữa, thay thế. Do đó, tác giả sẽ giới thiệu các toán tử hướng mục tiêu cho hệ thống có khả năng sửa chữa với 3 thuộc tính cơ bản là: dữ liệu, ký hiệu và các công thức toán.

a) Dữ liệu về độ tin cậy cho các toán tử hướng mục tiêu với đa chế độ lỗi

Đa chế độ lỗi là một đặc trưng phổ biến ở các phần tử trong hệ thống. Khi có một chế độ lỗi xuất hiện, phần tử đó sẽ gặp hư hỏng. Giả định rằng một phần tử có $n+1$ trạng thái, trạng thái 0 đại diện khi phần tử làm việc. Trạng thái $i = 1, 2, \dots, n$ biểu thị khi chế độ lỗi thứ i xảy ra trong thiết bị. Tất cả các biến ngẫu nhiên liên quan trên được coi là độc lập. Chọn vùng khảo sát độ tin cậy cho các phần tử là vùng tuổi thọ có ích (vùng cường độ hỏng không đổi) trên đường cong "Bathtub". Quy luật phân bố phù hợp được lựa chọn là phân bố Weibull. Với tham số hình dạng $b > 1$ thì quy luật Weibull sử dụng thuận lợi với mô hình "tính không hỏng" hoặc mô hình "tuổi thọ" của nhiều loại xe máy. Các đặc tính đó phụ thuộc vào sự mới, ăn mòn và già hoá của vật liệu. Đối với xe máy mà kết cấu, công nghệ chế tạo còn chưa hoàn thiện, sử dụng quy luật phân bố Weibull với tham số hình dạng $b < 1$. Còn với các mô hình áp dụng cho các hệ thống trên ô tô, quy luật phân bố Weibull với tham số hình dạng $b = 1$ là phù hợp nhất [2]. Với $b = 1$, phân bố Weibull có dạng phân bố mũ với cường độ hư hỏng không đổi. Ta có sơ đồ chuyển trạng thái của toán tử hàm của mô hình hướng mục tiêu với nhiều chế độ lỗi thể hiện trong Hình 2.6.



Hình 2.6. Sơ đồ chuyển trạng thái của các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu

Từ sơ đồ trên Hình 2.6, ta xác định được ma trận chuyển trạng thái A [24] theo công thức sau đây:

$$A = \begin{pmatrix} -\sum_{i=1}^n \lambda_i & \lambda_1 & \lambda_2 & \cdots & \lambda_n \\ \mu_1 & -\mu_1 & 0 & \cdots & 0 \\ \mu_2 & 0 & -\mu_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_n & 0 & 0 & \cdots & -\mu_n \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Trong đó, λ_i và μ_i lần lượt là cường độ hư hỏng (số lần hư hỏng trong một đơn vị thời gian) và cường độ bảo dưỡng, sửa chữa (số lần bảo dưỡng, sửa chữa trong một đơn vị thời gian) của kiểu hư hỏng thứ i của phần tử.

Xác suất trạng thái của toán tử hàm của mô hình hướng mục tiêu với nhiều chế độ lỗi có thể tính như sau:

$$\begin{aligned} (P'_0(t), P'_1(t), \dots, P'_n(t)) &= (P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t))A \\ (P_0(0), P_1(0), \dots, P_n(0)) &= (1, 0, \dots, 0) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Các công thức có sẵn tức thời của toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu với đa chế độ hỏng là:

$$\begin{aligned} P_R(t) &= P_0(t) \\ \lambda_R(t) &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \\ \mu_R(t) &= \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i P_i(t)}{1 - P_R(t)} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Trong đó $P_R(t)$ là xác suất làm việc sẵn sàng của toán tử hàm tại thời điểm t , $\lambda_R(t)$ là cường độ hư hỏng của toán tử hàm tại thời điểm t và $\mu_R(t)$ là cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của toán tử hàm tại thời điểm t .

Trong trường hợp chỉ xem xét phần tử ở trạng thái làm việc hoặc trạng thái hư hỏng mà không quan tâm đến các dạng hỏng khác nhau, ta giải được (2.2) và xác định được xác suất làm việc sẵn sàng của phần tử theo công thức sau:

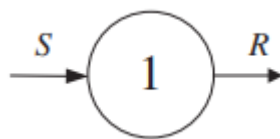
$$P_R(t) = P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (2.4)$$

b) Ký hiệu và công thức toán cho các toán tử hướng mục tiêu

Trong phần này, tác giả sẽ tập trung giới thiệu 4 toán tử và nhóm toán tử hướng mục tiêu chính sử dụng trong luận án, các toán tử và nhóm toán tử được sử dụng phổ biến trong các hệ thống được trình bày trong phụ lục 1.

Các toán tử, nhóm toán tử hướng mục tiêu thường dùng với ký hiệu và các công thức toán của chúng sẽ được giới thiệu của thể bên dưới. Bên cạnh việc mô tả định lượng các toán tử hướng mục tiêu bằng các công thức, phương pháp hướng mục tiêu sử dụng bảng nguyên tắc hoạt động để mô tả định tính hoạt động của chúng. Trong đó, các ký hiệu V_S , V_C , V_R lần lượt tương ứng là giá trị trạng thái của tín hiệu đầu vào, của bản thân toán tử hướng mục tiêu và của tín hiệu đầu ra, giá trị "0" mô tả trạng thái hỏng còn giá trị "1" mô tả trạng thái làm việc của tín hiệu hoặc toán tử.

** Toán tử loại 1:*



Hình 2.7. Toán tử loại 1

Toán tử loại 1 biểu diễn các phần tử có 2 trạng thái là trạng thái làm việc (cho dòng tín hiệu đi qua) và trạng thái hỏng (không cho dòng tín hiệu đi qua). Toán tử loại 1 được biểu diễn như trên Hình 2.7. Các ký hiệu R , C , S tương ứng lần lượt biểu diễn tín hiệu đầu ra, bản thân toán tử, tín hiệu đầu vào.

Bảng 2.2. Nguyên tắc hoạt động của toán tử loại 1

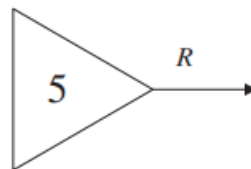
V_S	V_C	V_R
1	1	1
1	0	0
0	0	0
0	1	0

Công thức hoạt động của toán tử loại 1:

$$\begin{cases} P_R(t) = P_S(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_S(t) + \lambda_C(t) \end{cases} \quad (2.5)$$

Trong đó, $P_S(t), P_C(t), P_R(t)$ lần lượt là xác suất làm việc sẵn sàng của S, C, R tại thời điểm t ; $\lambda_S(t), \lambda_C(t), \lambda_R(t)$ lần lượt là cường độ hỏng của S, C, R tại thời điểm t ; $\mu_R(t)$ là cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của R tại thời điểm t .

* Toán tử loại 5:



Hình 2.8. Toán tử loại 5

Toán tử loại 5 biểu diễn các phân tử đơn tín hiệu đầu vào, chúng thường đóng vai trò là tín hiệu đầu vào của hệ thống, thường là các nguồn năng lượng. Các ký hiệu R, C tương ứng lần lượt biểu diễn tín hiệu đầu ra và bản thân toán tử.

Công thức hoạt động của toán tử loại 5:

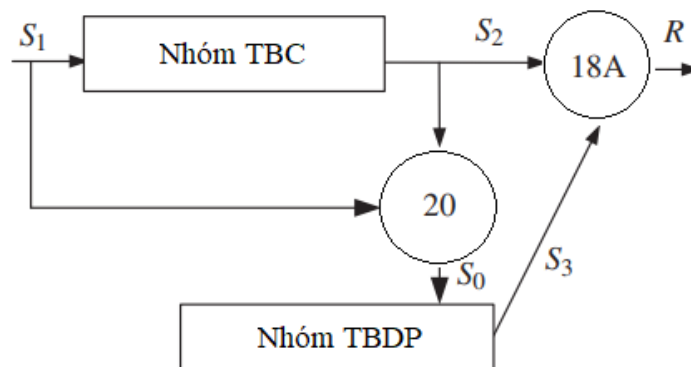
$$\begin{cases} P_R(t) = P_C(t) \\ \lambda_R(t) = \lambda_C(t) \\ \mu_R(t) = \mu_C(t) \end{cases} \quad (2.6)$$

Trong đó, $P_C(t), P_R(t)$ lần lượt là xác suất làm việc sẵn sàng của C, R tại thời điểm t ; $\lambda_C(t), \lambda_R(t)$ lần lượt là cường độ hỏng của C, R tại thời điểm t ; $\mu_C(t), \mu_R(t)$ là cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của C, R tại thời điểm t .

* *Nhóm toán tử cho cấu trúc dự phòng:*

Cấu trúc dự phòng cơ bản gồm có nhóm các thiết bị chính (TBC) và nhóm các thiết bị dự phòng (TBDP). Trong đó, sự làm việc của nhóm các thiết bị dự phòng chỉ được thực hiện khi nhóm các thiết bị chính bị hư hỏng. Nhóm toán tử cho cấu trúc dự phòng bao gồm toán tử logic loại 18A và toán tử phụ trợ loại 20. Trong đó, toán tử logic loại 18A dùng để biểu diễn quan hệ logic của cấu trúc dự phòng, còn toán tử phụ trợ loại 20 dùng để mô tả dòng tín hiệu của chế độ hoạt động có điều kiện. Sự phối hợp của 2 toán tử này cùng các nhóm thiết bị trong cấu trúc cho phép mô tả tính chất song song của hệ và được thể hiện trên Hình 2.9.

Ở Hình 2.9, S_1 là tín hiệu đầu vào của nhóm thiết bị hoạt động chính và toán tử hướng mục tiêu phụ trợ loại 20; S_2 là tín hiệu đầu ra của nhóm thiết bị hoạt động chính, đồng thời là tín hiệu đầu vào của toán tử loại 20 và loại 18A; S_0 là dòng tín hiệu của chế độ hoạt động có điều kiện; S_3 là tín hiệu đầu ra của nhóm thiết bị dự phòng, đồng thời là tín hiệu đầu vào của toán tử loại 18A; R là tín hiệu đầu ra của cấu trúc dự phòng, nó biểu diễn sự hoạt động của toàn bộ cấu trúc.



Hình 2.9. Tổ hợp của toán tử loại 20 và loại 18A cho cấu trúc dự phòng

Nhóm thiết bị làm việc chính, nhóm thiết bị dự phòng và các tín hiệu S_1, S_2, S_3, S_o, R có 2 trạng thái là trạng thái làm hỏng ($V=0$) và trạng thái làm việc ($V=1$). Mối quan hệ logic giữa các thành phần của cấu trúc dự phòng được cho trong Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Nguyên tắc hoạt động của cấu trúc dự phòng sử dụng tổ hợp toán tử 18A và toán tử 20

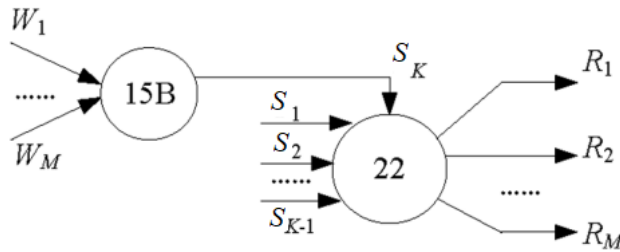
V_{TBC}	V_{TBDP}	V_{S_o}	V_{S_1}	V_{S_2}	V_{S_3}	V_R
1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Với $P_{S_i}(t)$ là xác suất làm việc thành công của S_i tại thời điểm t ($i=0, 1, 2, 3$); $P_R(t), P_{TBDP}(t)$ lần lượt là xác suất làm việc thành công của R và nhóm thiết bị dự phòng; $\lambda_{S_2}(t), \lambda_{S_3}(t), \lambda_R(t)$ lần lượt là cường độ hỏng của S_2, S_3, R tại thời điểm t ; $\mu_{S_2}(t), \mu_{S_3}(t), \mu_R(t)$ lần lượt là cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của S_2, S_3, R tại thời điểm t . Công thức hoạt động của nhóm toán tử cho cấu trúc dự phòng được cho như bên dưới:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_R(t) = P_{S_2}(t) + P_{S_3}(t) \\ \mu_R(t) = \mu_{S_2}(t) + \mu_{S_3}(t) \\ \lambda_R(t) = \frac{\lambda_{S_2}(t)[P_{S_2}(t) - P_{S_3}(t)] + \lambda_{S_3}(t)P_{S_3}(t)}{P_R(t)} \\ P_{S_0}(t) = P_{S_1}(t) - P_{S_2}(t) \\ P_{S_3}(t) = P_{S_0}(t) \cdot P_{TBDP}(t) \end{array} \right. \quad (2.7)$$

* Nhóm toán tử mô tả phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào:

Các phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào là các phần tử thực hiện nhiều chức năng. Trong đó, mỗi chức năng được thực hiện theo một điều kiện tín hiệu điều khiển xác định. Để mô tả các phần tử như vậy, phương pháp hướng mục tiêu sử dụng toán tử 15B và toán tử 22. Toán tử phụ trợ 15B có chức năng gộp M tín hiệu điều khiển đơn điều kiện thành 1 tín hiệu điều khiển đa điều kiện. Toán tử 22 biểu diễn phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào. Sự kết hợp của 2 toán tử này được biểu diễn trên Hình 2.10 bên dưới.



Hình 2.10. Tổ hợp của toán tử loại 15B và loại 22 cho phần tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào

Trên Hình 2.10, toán tử 15B gộp M tín hiệu điều khiển $W_i (i=1, \dots, M)$ đơn điều kiện thành tín hiệu điều khiển đa điều kiện S_K . Ngoài S_K , toán tử 22 còn có các tín hiệu đầu vào $S_k (k=1, \dots, K-1)$ khác. Đầu ra của toán tử 22 có M tín hiệu $R_i (i=1, \dots, M)$ tương ứng với M tín hiệu điều khiển W_i .

Nguyên tắc hoạt động của 2 loại toán tử này như Bảng 2.4:

Bảng 2.4. Nguyên tắc hoạt động của 2 toán tử loại 15B và 22 cho phân tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào

V_{S1}	...	$V_{S_{K-1}}$	V_{S_K}	V_C	V_{R1}	V_{R2}	...	V_{RM}
1	-	-	1(1)	1	1	-	-	-
-	-	-	2(1)	1	-	-	-	-
...
-	-	1	M(1)	1	-	-	-	1
0,1	0,1	0,1	1(0),...,M(0)	0,1	0	0	0	0
0,1	-	0,1	1(1),...,M(1)	0	0	0	0	0

Công thức xác suất của nhóm toán tử cho phân tử đa chức năng, đa tín hiệu đầu vào được cho như bên dưới:

$$P_{RM}(t) = \prod_{k=1}^{K-1} P_{S_k}(t) \cdot P_{S_K}(t) \cdot P_{C22}(t) \quad (2.8)$$

Trong đó, $P_{RM}(t)$, $P_{S_k}(t)$, $P_{S_K}(t)$, $P_{C22}(t)$ lần lượt là xác suất làm việc sẵn sàng của R_M , $S_k(t)$, S_K và của toán tử 22 tại thời điểm t .

2.3.1.2. Dòng tín hiệu

Các dòng tín hiệu dùng để mô tả quá trình logic hoặc dòng chảy của môi chất công tác (chất lỏng, chất khí, dòng điện,...). Nhờ các dòng tín hiệu, các toán tử hướng mục tiêu được liên kết với nhau theo trình tự xác định và trực tiếp hình thành mô hình hướng mục tiêu.

a) Dòng tín hiệu vector

Dòng tín hiệu vector là một vector cột với M hàng dùng để mô tả dòng M tín hiệu vô hướng nhằm đơn giản hoá mô hình hướng mục tiêu và nâng cao hiệu quả hoạt động hướng mục tiêu.

b) Dòng tín hiệu chia sẻ

Dòng tín hiệu chia sẻ là dòng tín hiệu đầu ra của một toán tử hướng mục tiêu, đồng thời là tín hiệu đầu vào của hai hay nhiều toán tử hướng mục tiêu khác. Đặc

điểm của các dòng tín hiệu chia sẻ trong một hệ thống có ý nghĩa quyết định đến việc lựa chọn thuật toán hướng mục tiêu phù hợp cho hoạt động hướng mục tiêu.

Về bản chất, tín hiệu chia sẻ là nhân tố gây ra sự mất độc lập giữa các dòng tín hiệu với nhau. Lỗi tính toán sinh ra khi mà ở luồng phía sau, các dòng tín hiệu này được tổ hợp với nhau qua toán tử logic. Đây là yếu tố có ý nghĩa quan trọng trong việc xây dựng ứng dụng máy tính phân tích độ tin cậy dựa trên phương pháp hướng mục tiêu.

c) Dòng tín hiệu 2 chiều

Với quy ước trình tự tính toán trong mô hình hướng mục tiêu là theo một chiều từ đầu vào tới đầu ra của hệ thống, nên trong mô hình hướng mục tiêu cơ bản không cho phép có dòng tín hiệu 2 chiều. Nếu như trong hệ thống có các kết cấu dạng phản hồi, chúng sẽ được biểu diễn bằng nhóm các toán tử hướng mục tiêu phù hợp.

2.3.1.3. Xây dựng mô hình hướng mục tiêu cho một số mạch và hệ thống phanh điển hình trên ô tô đặc chủng

a) Mạch dẫn động điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320

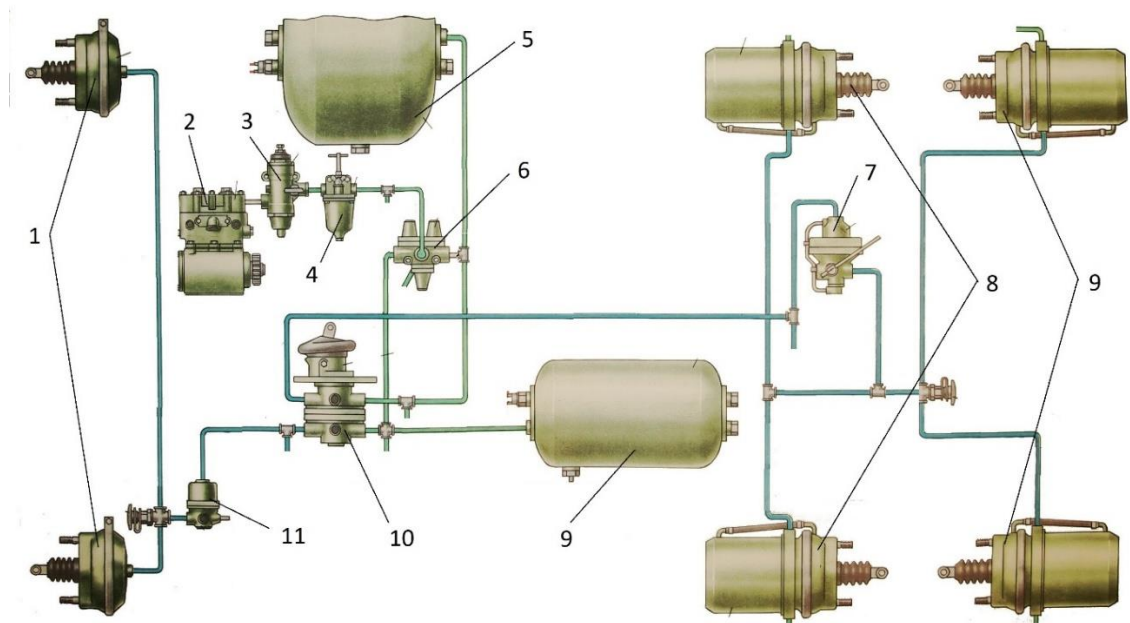
Dưới đây, luận án phân tích, đánh giá độ tin cậy cho mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trong hai trường hợp: Mạch có khả năng sửa chữa phục hồi và mạch không có khả năng sửa chữa phục hồi.

**** Phân tích hệ thống:***

Sơ đồ kết cấu mạch dẫn động điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320 như Hình 2.11. Máy nén khí làm việc, cung cấp khí nén cho hệ thống phanh qua van ổn định áp suất 3 và bộ chống đông 4. Khí nén trong toàn bộ mạch phanh phía sau luôn được duy trì ở mức 0,6 MPa.

Khi ô tô không phanh, tổng van phanh 10 ở trạng thái đóng, khí nén từ các bình khí nén 5 và 9 không được cung cấp tới mạch phanh cầu trước và mạch phanh cầu sau. Các bầu phanh và các cơ cấu phanh ở trạng thái không phanh.

Khi phanh bằng hệ thống phanh công tác, tổng van phanh mở thông đường ống dẫn khí nén từ các bình chứa đến mạch phanh các cầu. Tại cầu trước, khí nén đi qua van hạn chế áp suất, tới các bầu phanh cầu trước. Van hạn chế áp suất có tác dụng giới hạn áp suất tại các bầu phanh cầu trước khi phanh với cường độ phanh lớn nhất, tránh gây hiện tượng mất lái do bó cứng phanh cầu trước. Tại các mạch cầu giữa và cầu sau, khí nén được cấp đến các bầu phanh thông qua bộ điều hoà lực phanh, giúp duy trì áp suất phanh trong mạch phanh cầu giữa và cầu sau phù hợp với tải trọng phân bố lên cầu giữa và cầu sau của xe.



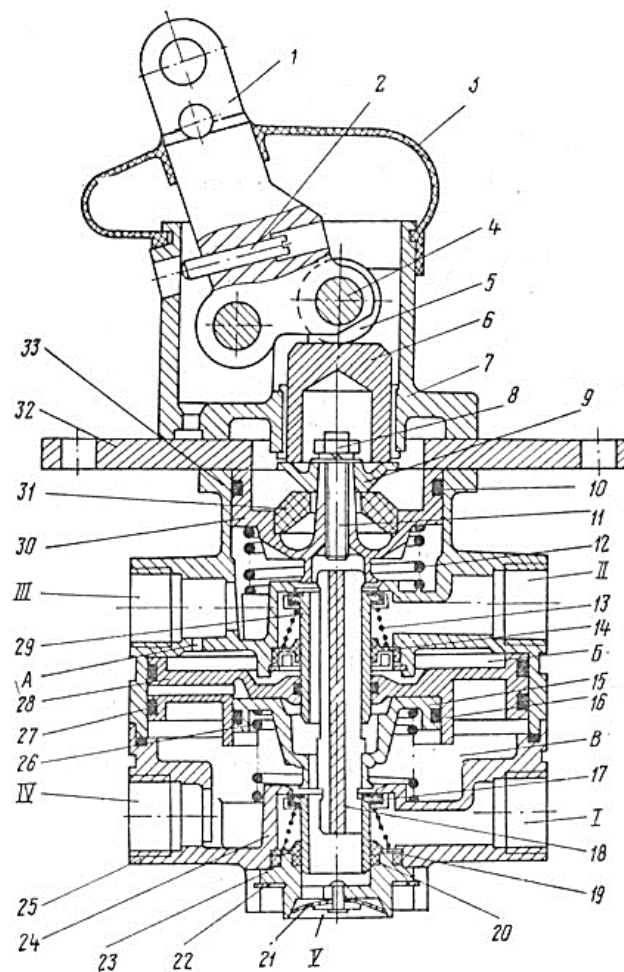
Hình 2.11. Kết cấu mạch điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320

1. Bầu phanh cầu trước; 2. Máy nén khí; 3. Van ổn định áp suất; 4. Bộ chống đông; 5, 9. Bình khí nén; 6. Van bảo vệ 3 ngã; 7. Bộ điều hoà lực phanh; 8. Bầu phanh cầu giữa; 9. Bầu phanh cầu sau; 10. Tổng van phanh; 11. Van điều hoà áp suất.

Tại tổng van phanh (Kết cấu như Hình 2.12) hoạt động diễn ra như sau:

Cửa I và cửa II nối với đường ống dẫn khí nén từ các bình chứa, cửa III nối với mạch phanh cầu sau và cầu giữa của hệ thống phanh công tác, cửa IV nối với mạch phanh cầu trước của hệ thống phanh công tác. Khi chưa phanh, cụm van

trên đóng, ngăn khí nén cung cấp từ cửa II tới cửa III. Khi phanh, cụm van trên mở, nối thông cửa III với cửa II. Tại cửa III có lỗ thông A cho phép thông cửa III với khoang B. Sự tăng áp trong khoang B là tín hiệu để điều khiển van dưới. Nếu cụm van trên hay nguồn khí nén gặp hư hỏng trong lúc phanh, vít 11 sẽ tì vào cần đẩy 18, truyền trực tiếp lực của người lái qua cần đẩy để điều khiển van dưới. Dưới sự xuất hiện của tín hiệu tăng áp ở khoang B hoặc tác động của cần đẩy 18, piston 15 di chuyển, điều khiển van dưới.



Hình 2.12. Kết cấu tổng van phanh

I, II- Cửa từ bình khí nén; III- Cửa đến mạch phanh cầu giữa và cầu sau; IV- Cửa đến mạch phanh cầu trước; V- Cửa thông khí trời; A- Lỗ thông; B,B- Các khoang; 1- Đòn bẩy; 2- Chốt; 3- Chụp bao kín; 4- Trụ con lăn; 5- Con lăn; 6- Con đội; 7- Nắp chụp; 8- Đai ốc điều chỉnh; 9- Đĩa đàn hồi; 10, 16, 20, 27- Phốt

cao su; 11- Vít điều chỉnh; 12, 13, 19, 26- Lò xo hồi vị; 14, 19- Đế tì; 15, 16, 28, 30- Piston; 17- Van dưới; 18- Cần đẩy; 21- Van xả; 22- Phanh chặn; 23- Đế van phanh; 24- Thân dưới; 25- Đầu nối; 29- Van trên; 31- Đệm cao su; 32- Giá; 33- Thân trên

*** Giả thiết:**

- Khảo sát hệ thống ở trạng thái phanh.
- Khi xem xét hệ thống là có khả năng sửa chữa phục hồi, hoạt động chính của bảo dưỡng, sửa chữa là thay mới cụm, chi tiết.
- Không phân biệt các dạng hỏng của các phần tử trong hệ thống.
- Coi mạch phanh như một hệ thống độc lập.
- Các tác động điều khiển của người lái được xem như có độ tin cậy bằng 1.
- Khảo sát các van bảo vệ hai ngã, van bảo vệ ba ngã, van phanh hai tầng đến cấp van nhỏ hơn bên trong kết cấu của van này.

*** Nguyên tắc làm việc thành công:**

Hệ thống được coi là làm việc thành công khi áp suất ở các bầu phanh tỉ lệ theo hành trình bàn đạp phanh và tải trọng cầu sau.

*** Thiết lập mô hình hướng mục tiêu:**

Dựa vào kết quả phân tích hệ thống, bản chất vật lý của các phần tử và khuyến nghị của các tài liệu tham khảo có liên quan, ta lựa chọn các toán tử hướng mục tiêu phù hợp như trong Bảng 2.6 và Bảng 2.7. Trong đó, để xác định các thông số: cường độ hư hỏng (λ), cường độ bảo dưỡng, sửa chữa (μ), ta khai thác số liệu về thời gian đến hỏng và thời gian đến bảo dưỡng, sửa chữa của các phần tử thuộc hệ thống phanh xe Kamaz-5320 trong 3 năm 2017, 2018, 2019 (Số liệu trình bày trong phụ lục 1). Với tổng cộng 60 xe Kamaz-5320 được khảo sát, xác định giá trị trung bình của thời gian đến hỏng và thời gian đến bảo dưỡng, sửa chữa cho từng phần tử. Lấy nghịch đảo các giá trị tương ứng, lần lượt ta được cường độ hỏng (λ) và cường độ bảo dưỡng, sửa chữa (μ). Ví dụ: Ở Bảng 2.5, ta

có số liệu thống kê của máy nén khí trên xe Kamaz-5320. Trong đó, số liệu của mỗi xe là số liệu trung bình thu thập từ năm 2017 đến năm 2019. Như vậy, cường độ hỏng của máy nén khí được xác định:

$$\lambda = \frac{1}{\frac{TTBH_1 + TTBH_2 + TTBH_3 + TTBH_4}{4}} \quad (2.9)$$

$$= \frac{1}{\frac{69141+69348+69367+69435}{4}} = 1,44 \cdot 10^{-5} \text{ (hư hỏng/giờ)}$$

Trong đó, $TTBH_i$ ($i=1,2,3,4$) là thời gian trung bình đến hỏng của xe Kamaz-5320 số i .

Bảng 2.5. Thống kê hư hỏng trung bình của máy nén khí trên xe Kamaz-5320 trong 3 năm 2017, 2018, 2019

TT	Số liệu	Số xe			
		1	2	3	4
1	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)	69141	69348	69367	69435
2	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)	69413	69478	69472	69482

Tương tự, ta xác định được cường độ bảo dưỡng, sửa chữa máy nén khí là $1,44 \cdot 10^{-5}$ lần/giờ. Với phương pháp thống kê như vậy, các yếu tố thực tiễn như ảnh hưởng của yếu tố thiết kế, chế tạo hay yếu tố chế độ sử dụng, điều kiện sử dụng đã bao hàm trong số liệu thu thập ở khu vực Miền Bắc Việt Nam. Đối với trường hợp hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi, cường độ hư hỏng của các phần tử không đổi, còn cường độ bảo dưỡng, sửa chữa μ của các phần tử sẽ có giá trị bằng "0".

Bảng 2.6. Các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320

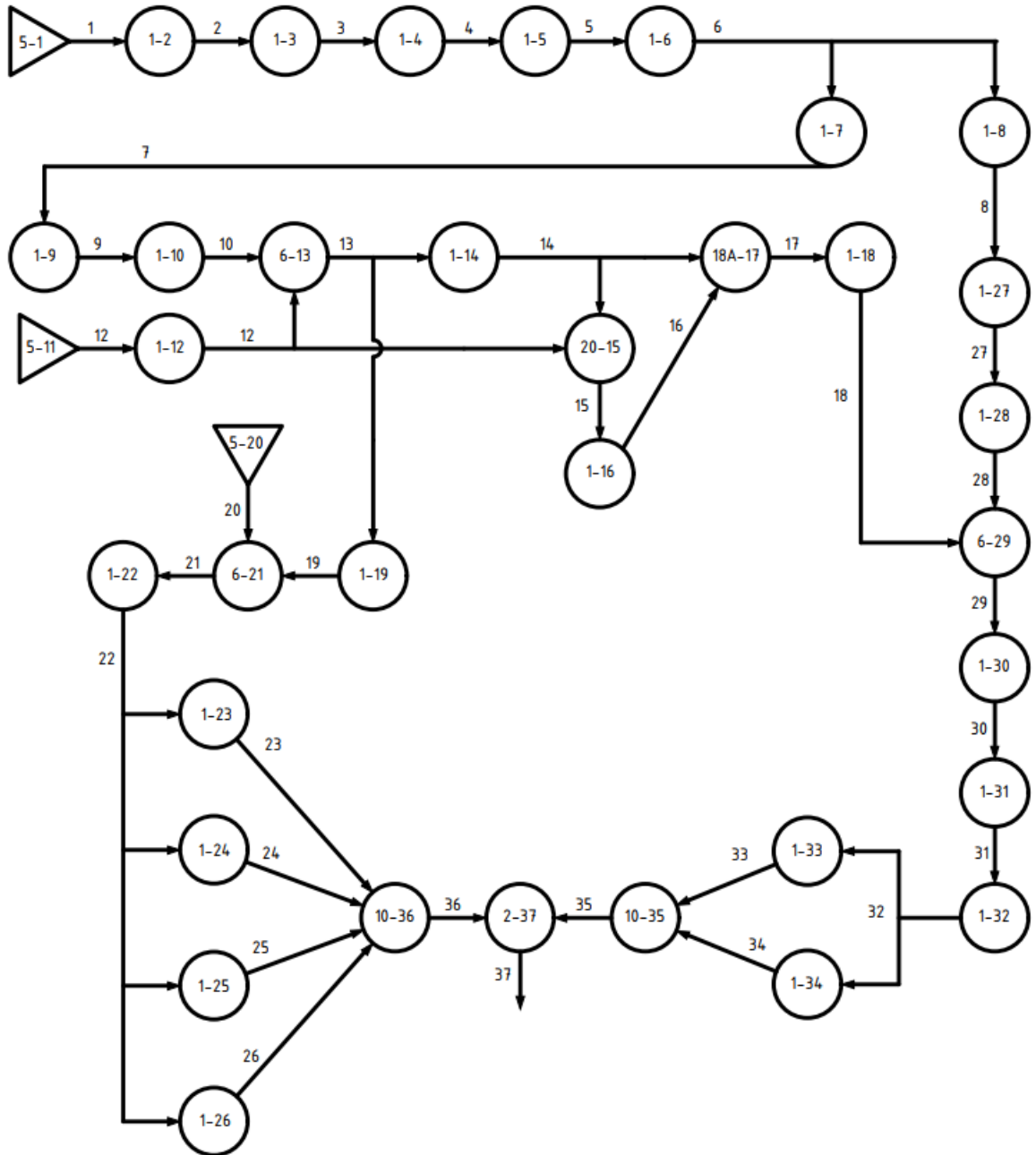
Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/giờ)	μ (số lần sửa chữa/giờ)
1	Máy nén khí	5	1.44	0.0000144
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
3	Van ổn định áp suất	1	8	0.00008
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
5	Bộ chống đông	1	2.8	0.000028
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	1	2	0.00002
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	1	2	0.00002
9	Bình khí nén 5	1	0.72	0.5240072
10	Đường ống dẫn (5 nhánh)	1	0.66	0.0240066
11	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
12	Cần dẫn	1	0.2	0.000002
13	Van tầng trên van phanh 2 tầng	6	2.16	0.0000216
14	Piston tầng 1 van phanh 2 tầng	1	2.2	0.000022
16	Cần đẩy van phanh 2 tầng	1	0.2	0.000002
18	Piston tầng 2 van phanh 2 tầng	1	2.6	0.000026
19	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/giờ)	μ (số lần sửa chữa/giờ)
20	Tải trọng	5	0	0
21	Bộ điều hoà lực phanh	6	6.5	0.000065
22	Đường ống dẫn (7 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.7	0.024007
23, 24, 25, 26	Bầu phanh với bình tích năng	1	5.6	0.000056
27	Đường ống dẫn (4 nhánh)	1	0.64	0.0240064
28	Bình khí nén 9	1	0.72	0.5240072
29	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	6	2.16	0.0000216
30	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
31	Van điều áp	1	5.4	0.000054
32	Đường ống (3 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.6	0.024006
33, 34	Bầu phanh cầu trước	1	4	0.00004

Bảng 2.7. Các toán tử logic trong mô hình hướng mục tiêu của mạch điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320

Số thứ tự toán tử	Loại toán tử hướng mục tiêu	Mô tả toán tử
37	2	Quan hệ logic "OR"
35, 36	10	Quan hệ logic "AND"
17	18A	Logic dự phòng
15	20	Điều kiện của nhóm dự phòng

Mô hình hướng mục tiêu cho mạch dẫn động điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320 như Hình 2.13. Trong đó, các toán tử hướng mục tiêu trong mô hình cũng như trong các mô hình hướng mục tiêu về sau được quy ước định danh bằng 2 số hạng cách nhau bởi dấu "-". Trong đó, số hạng đầu tiên biểu diễn loại toán tử hướng mục tiêu, số hạng thứ hai biểu diễn số định danh (thường lấy bằng số thứ tự của phần tử tương ứng trong hệ thống).

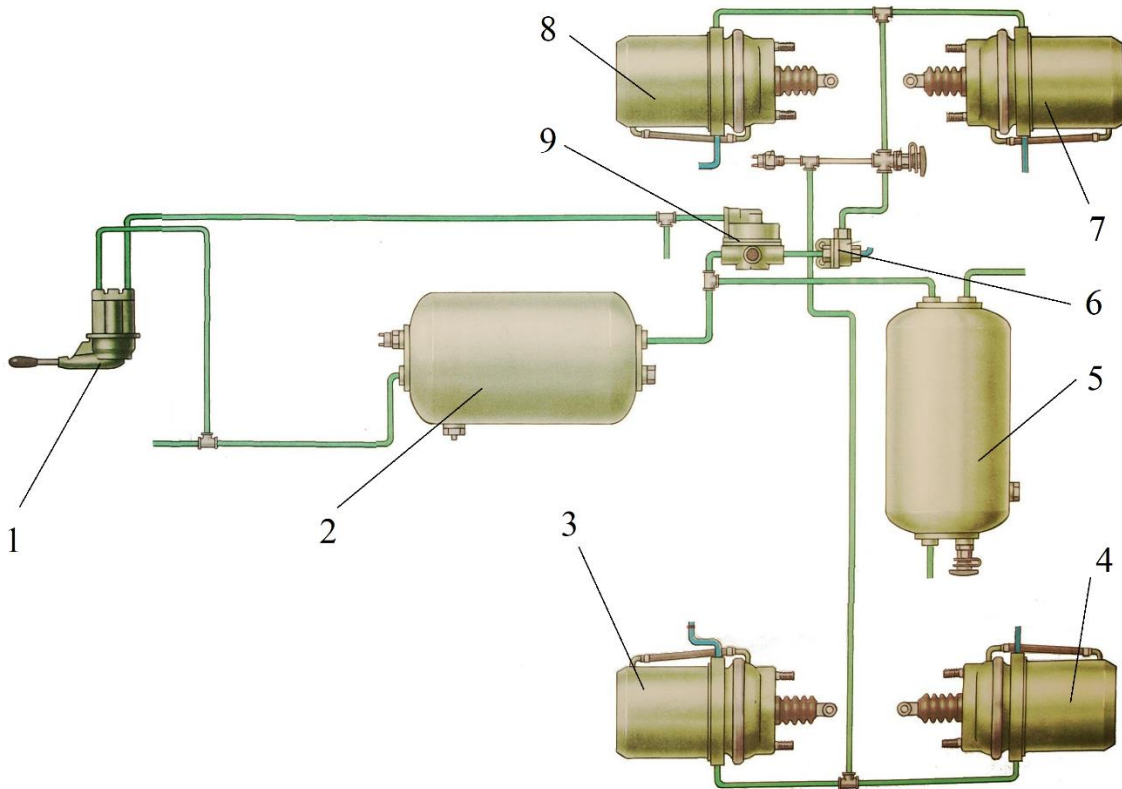


Hình 2.13. Mô hình hướng mục tiêu cho dẫn động điều khiển phanh công tác

b) Mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc xe Kamaz-5320

*** Phân tích hệ thống:**

Sơ đồ kết cấu của mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc xe Kamaz-5320 được cho trên Hình 2.14



Hình 2.14. Sơ đồ kết cấu của mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc xe Kamaz-5320

1. Van phanh tay tác dụng ngược; 2, 5. Bình khí nén; 3, 8. Bầu phanh với bình tích năng cầu giữa; 4, 7. Bầu phanh với bình tích năng cầu sau; 6. Van đường đôi; 9. Van gia tốc.

Sự làm việc của hệ thống khi phanh bằng hệ thống phanh dừng và khi phanh bằng hệ thống phanh dự trữ là như nhau. Khi không phanh, khí nén cung cấp từ mạch nguồn trên xe cho bình khí nén 2 và 5. Van phanh tay ở vị trí mở, cho phép khí nén từ bình chứa 2 và 5 đi qua van phanh tay 1 để tới van gia tốc 9. Dưới tác

động của dòng khí nén này, van gia tốc 9 mở thông đường dẫn khí nén trực tiếp từ 2 bình chứa tới van gia tốc 9, qua van đường đôi 6 tới các bầu phanh. Dưới tác dụng của dòng khí nén áp suất cao, lò xo tích trữ năng lượng của bình tích năng trong các bầu phanh bị nén lại, các bầu phanh lúc này ở trạng thái không phanh.

Khi phanh, van phanh tay 1 được đưa về vị trí khoá, ở vị trí này không cho phép khí nén từ các bình chứa 2 và 5 đi qua van phanh tay 1 để tới van gia tốc 9. Đồng thời, trên van phanh tay 1, cửa nối với đường khí nén đến van gia tốc 9 được mở thông với cửa khí quyển. Điều này gây ra sự sụt áp trong van gia tốc làm đóng van thông đường khí nén trực tiếp giữa van gia tốc 9 và các bình chứa 2, 5. Cùng lúc đó, đường dẫn khí nén từ van gia tốc tới van thông được mở thông với cửa khí ra khí quyển. Như vậy, khí nén trong bình tích năng của các bầu phanh thoát ra khí quyển qua van thông và van gia tốc, cơ cấu phanh được đưa về trạng thái phanh

*** Giả thiết:**

- Khảo sát các hệ thống ở cả trạng thái làm việc và trạng thái phanh.
- Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi, mọi công tác bảo dưỡng, sửa chữa đều là thay thế cụm, chi tiết mới.
- Không phân biệt các dạng hỏng của các phần tử trong hệ thống.
- Xem xét các mạch phanh như một hệ thống độc lập với nguồn khí nén từ mạch nguồn có độ tin cậy bằng 1.
- Các tác động điều khiển của người lái được xem như có độ tin cậy bằng 1.
- Khảo sát van phanh hai tầng đến cấp van nhỏ hơn bên trong kết cấu của van này.

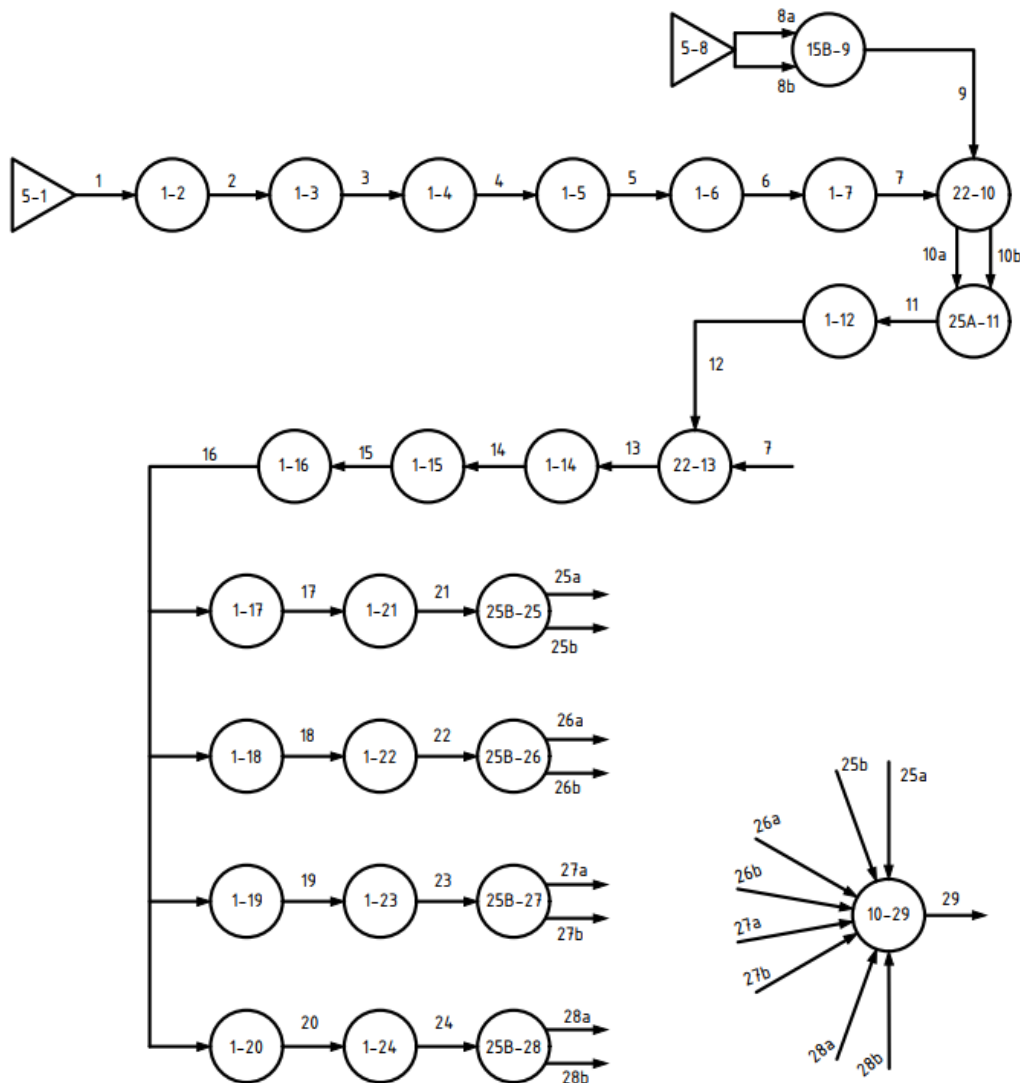
*** Nguyên tắc làm việc thành công:**

- Bảo đảm nhả phanh không bị bó khi người lái nhả phanh.
- Đóng phanh với lực phanh tại các cầu tỉ lệ theo hành trình bàn đạp phanh và tải trọng cầu sau.

*** Thiết lập mô hình hướng mục tiêu:**

Dựa vào kết quả phân tích hệ thống, bản chất vật lý của các phần tử và khuyến nghị của các tài liệu tham khảo có liên quan, ta thiết lập được mô hình hướng mục tiêu cho mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc như Hình 2.15.

Các loại toán tử sử dụng trong mô hình được trình bày trong Bảng 5, Bảng 6 (Phụ lục 3). Cách xác định các giá trị cường độ hỏng và cường độ bảo dưỡng, sửa chữa được xác định như đã trình bày ở phần trước.



Hình 2.15. Mô hình hướng mục tiêu cho mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp phanh rơ moóc

c) *Hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320:*

*** Phân tích hệ thống:**

- Kết cấu chung của hệ thống:

Kết cấu chung của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 đã được trình bày trong mục 1.2.1.

- Nguyên lý hoạt động của hệ thống:

Máy nén khí 1 cấp khí nén cho toàn bộ hệ thống phanh, khí nén sinh ra được dẫn theo đường ống, qua van ổn định áp suất 2, qua bộ chống đông 3 rồi cấp tới van bảo vệ hai ngã 4 và van bảo vệ ba ngã 5. Từ hai van bảo vệ này, khí nén được cung cấp vào các bình chứa khí nén 6, 8, 9, 10.

+ Khi ô tô chuyển động không phanh:

Khí nén từ bình 10 đến tầng dưới của van phanh hai tầng 16. Ở trạng thái không phanh, tầng dưới của van phanh 16 đóng lại, ngăn không cho khí nén đến van hạn chế áp suất 19 và các bầu phanh trước 18. Các bầu phanh trước 18 lúc này ở trạng thái không phanh.

Khí nén từ bình 8 đến van phanh tay tác dụng ngược 20, tới van gia tốc 21, qua van đường đôi 23 đến các bộ tích trữ năng lượng lò xo trong các bầu phanh 22 để giữ chúng ở vị trí nhả phanh. Bên cạnh đó, khí nén từ bình 8 cũng đến tầng điều khiển giữa của van phanh moóc dẫn động hai dòng 24.

Khí nén từ bình 6 đến van phanh bấm điều khiển hệ thống phanh hỗ trợ, từ van bảo vệ ba ngã 5 đến van điều khiển nhả phanh sự cố 12, từ bình 8 qua van bảo vệ một ngã 25 đến van ngắt (van tách) 27 của mạch cung cấp A của dẫn động phanh moóc 2 đường dẫn và qua van phanh moóc 1 đường dẫn 26 đến van tách 27.

+ Khi phanh xe kéo và đoàn xe bằng hệ thống phanh công tác hoặc bằng hệ thống phanh dừng, phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc, nguyên lý làm việc của hệ thống như trình bày trong phần trước.

+ Khi sử dụng hệ thống phanh hỗ trợ:

Phanh ô tô bằng hệ thống phanh hỗ trợ được thực hiện bằng cách bấm giữ nút van phanh bấm trong suốt thời gian phanh. Khi đó khí nén từ bình 6 đến van phanh bấm và vào các xi lanh 14, 15. Cần của xi lanh 14 được ghép nối với thanh răng bơm cao áp và cần của xi lanh 15 được ghép nối với đòn dẫn động trực của van đóng đường ống xả của động cơ. Sự cung cấp nhiên liệu vào động cơ bị ngừng đồng thời với việc đóng đường xả của động cơ. Khi đó động cơ sẽ làm việc ở chế độ máy nén khí và tiêu hao động năng của ô tô.

+ Khi nhả phanh các bánh xe cầu giữa và cầu sau trong trường hợp không có khí nén trong bình 8:

Khi có hỏng hóc trong dẫn động phanh dừng, cần thiết sử dụng hệ thống nhả phanh sự cố bằng cách ấn và giữ nút van 12 để nhả phanh. Khi đó khí nén từ bình chứa 9 và 10 của mạch dẫn động hệ thống phanh công tác được đưa đến van 12, qua van bảo vệ ba ngã 5 đến van đường đôi 23 vào các bầu phanh với bộ tích năng lò xo 22, ép các lò xo lại, các bánh xe 2 cầu sau được nhả phanh. Khi động cơ đột trong không làm việc, dự trữ khí nén trong mạch của hệ thống nhả phanh sự cố đủ để cho 3 lần nhả phanh.

Trong trường hợp không có khí nén trong dẫn động phanh và các xi lanh 22 không đủ độ kín khít, tiến hành vận bu lông của hệ thống nhả phanh bằng cơ khí.

*** Giả thiết:**

Trước khi xác định các đặc trưng hệ thống và xây dựng mô hình hướng mục tiêu, tác giả đưa ra các giả thiết sau đây để ràng buộc cụ thể bài toán:

- Khảo sát hệ thống ở cả trạng thái không phanh và trạng thái phanh.
- Xem xét hệ thống là có khả năng sửa chữa phục hồi, mọi công tác sửa chữa phục hồi đều là thay thế cụm, chi tiết mới.
- Không phân biệt các dạng hỏng của các phần tử trong hệ thống.
- Các tác động điều khiển của người lái được xem như có độ tin cậy bằng 1.

- Khảo sát van bảo vệ hai ngã, van bảo vệ ba ngã, van phanh hai tầng, van phanh rơ moóc loại hai đường dẫn đến cấp van nhỏ hơn bên trong kết cấu của các van này.

Như vậy, với các giả thiết trên, các đặc điểm của phần tử trong hệ mang tính phản hồi ngược như: tính tự động, cảm giác phanh,... không được kể đến trong mô hình.

*** Đặc trưng hệ thống:**

Từ kết quả phân tích cấu trúc, nguyên lý hệ thống trong phần trước, ta xác định được trong hệ thống đang xét có một số đặc trưng sau:

- Cấu trúc dự phòng ở van phanh hai tầng 22.
- Phần lớn các van phanh đóng vai trò như phần tử đa chức năng có hoặc không có tín hiệu điều khiển khi xem xét theo giả thiết.
- Trong hệ thống có tín hiệu chia sẻ.

*** Giao diện hệ thống và nguyên tắc làm việc thành công:**

Tín hiệu đầu vào của hệ thống là hoạt động của máy nén khí. Khi người lái thực hiện các tác động phanh, các cơ cấu phanh của các bánh xe thực hiện phanh, có áp suất dư tại đường điều khiển phanh moóc của mạch phanh moóc cho loại hai đường dẫn và mất áp suất khí nén tại đường điều khiển phanh moóc của mạch phanh moóc cho loại một đường dẫn. Khi người lái nhả phanh, các cơ cấu phanh thực hiện nhả phanh mà không bị bó cứng.

Hệ thống được coi là làm việc thành công khi:

- Bảo đảm nhả phanh không bị bó khi người lái nhả phanh.
- Đóng phanh với lực phanh tại các cầu tỉ lệ theo hành trình bàn đạp phanh và tải trọng cầu sau.

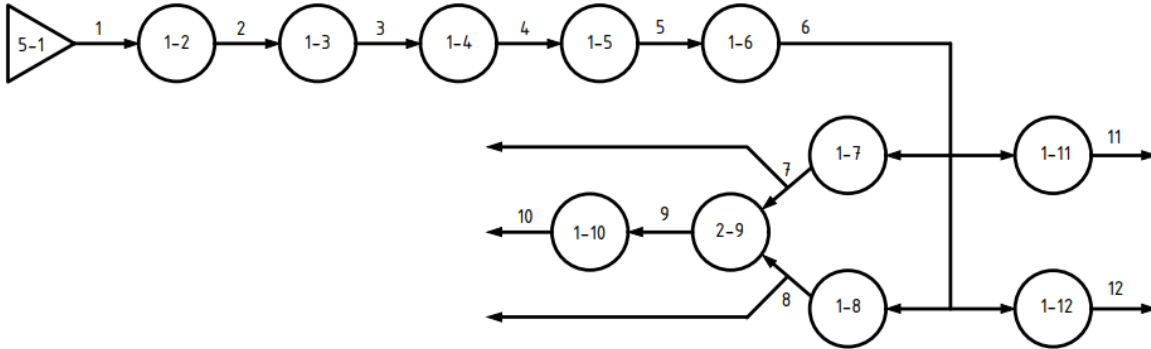
*** Thiết lập mô hình hướng mục tiêu:**

- Lựa chọn toán tử hướng mục tiêu: Dựa vào kết quả phân tích hệ thống, bản chất vật lý của các phần tử và khuyến nghị của các tài liệu tham khảo có liên

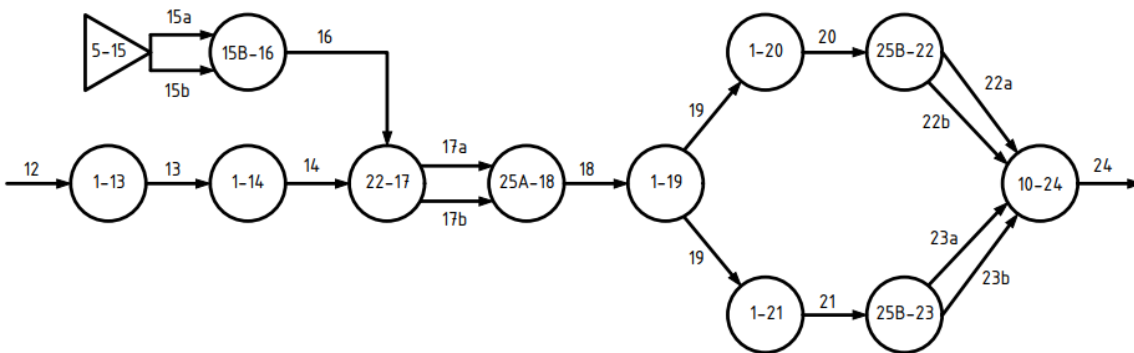
quan, ta lựa chọn các loại toán tử hướng mục tiêu phù hợp với giả thiết như trong Bảng 1, Bảng 2 (Phụ lục 3).

- Thiết lập mô hình hướng mục tiêu:

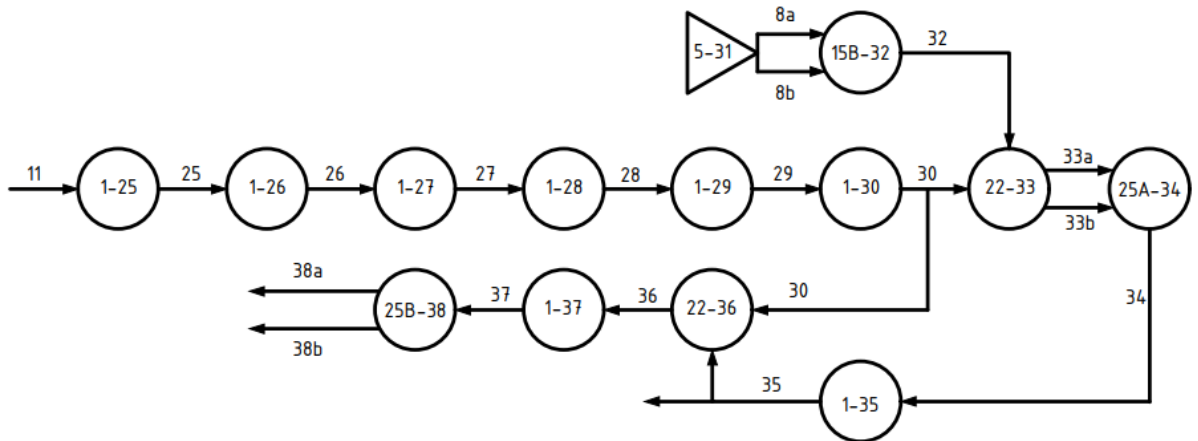
Tiếp theo, ta thiết lập được mô hình hướng mục tiêu cho toàn bộ hệ thống.



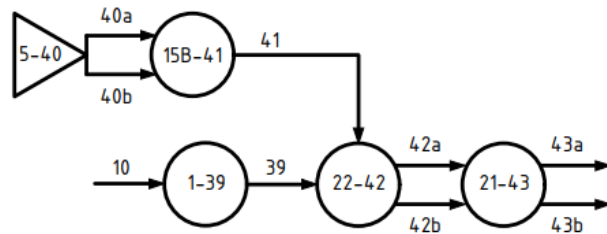
Hình 2.16. Mô hình hướng mục tiêu mạch nguồn



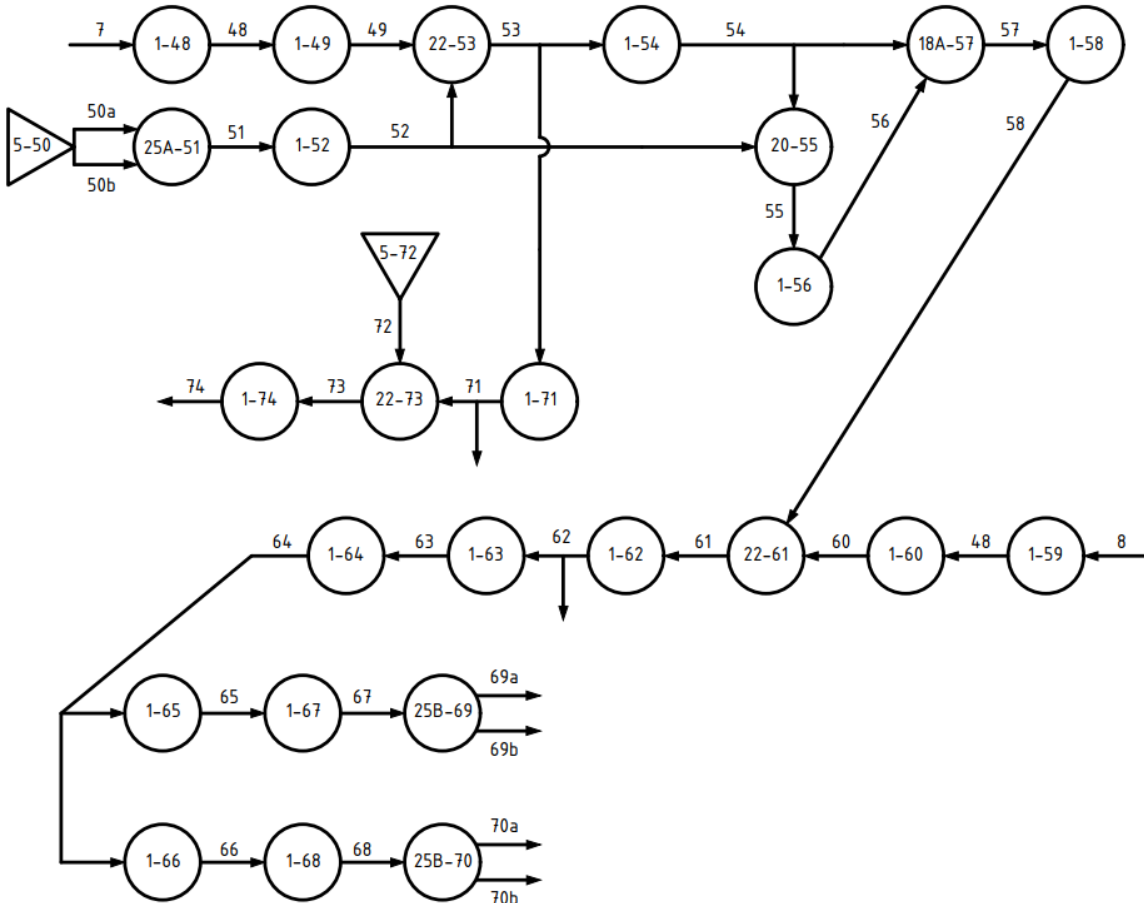
Hình 2.17. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động hệ thống phanh bổ trợ



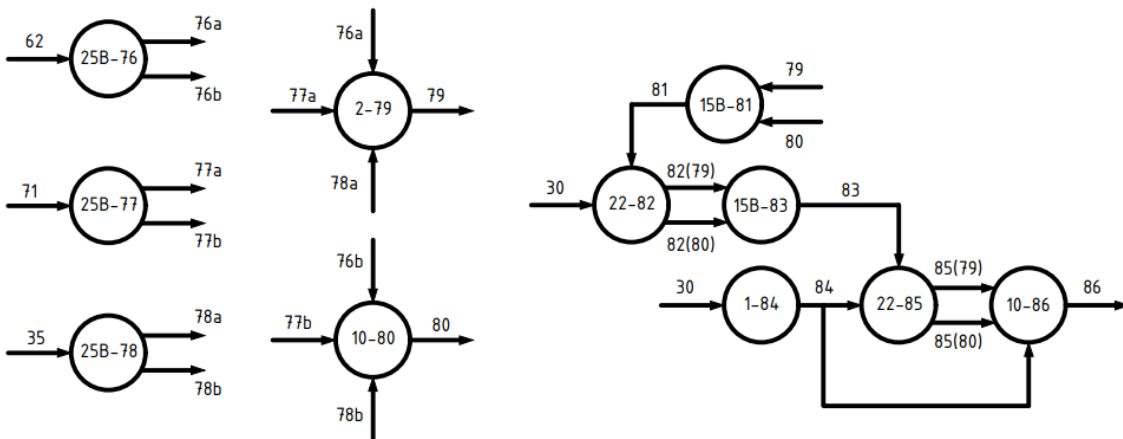
Hình 2.18. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động hệ thống phanh dừng và phanh dự trữ



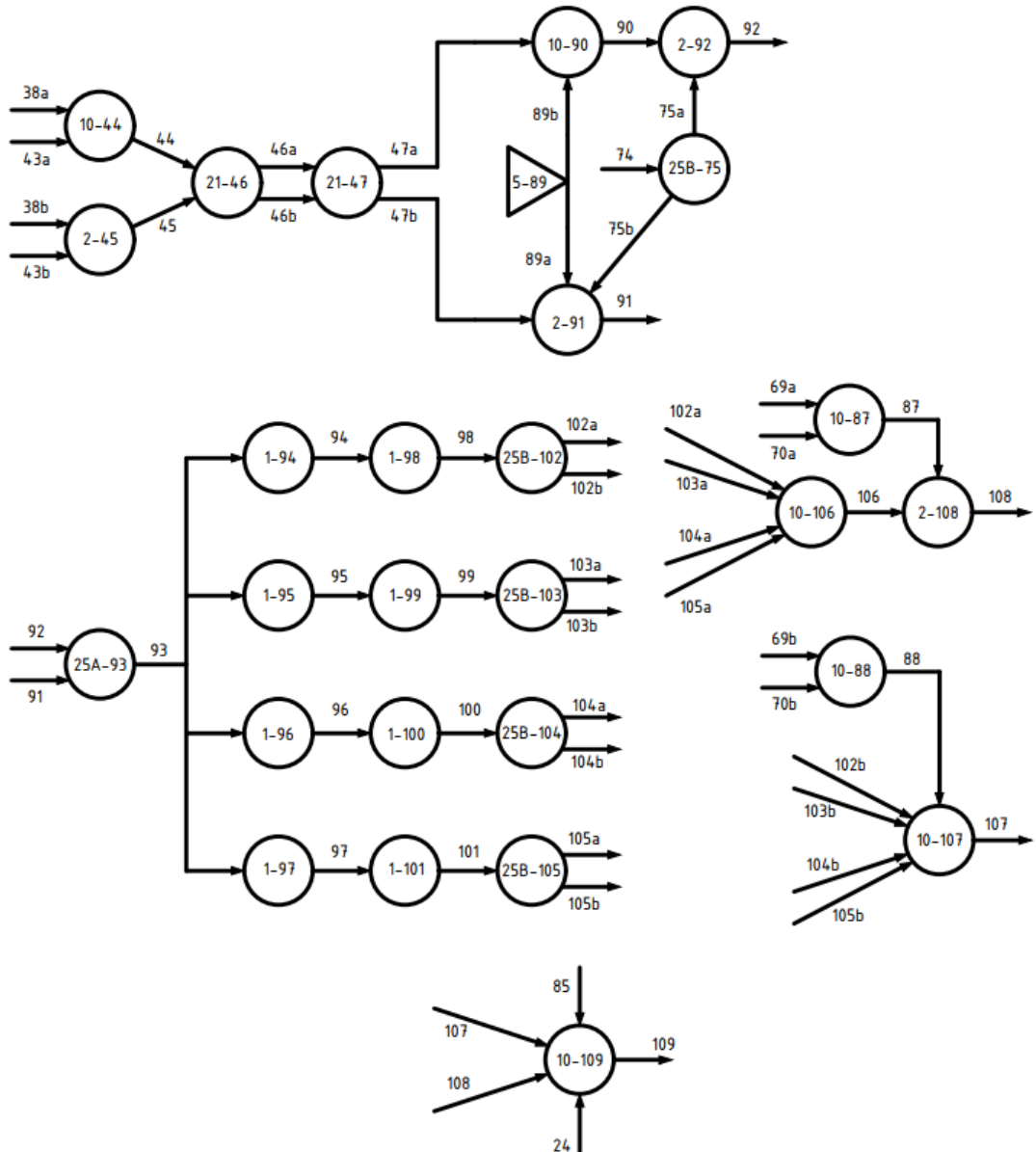
Hình 2.19. Mô hình hướng mục tiêu mạch nhả phanh sự cố



Hình 2.20. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động khí nén các cơ cấu phanh của hệ thống phanh công tác



Hình 2.21. Mô hình hướng mục tiêu mạch dẫn động phanh rơ moóc



Hình 2.22. Mô hình hướng mục tiêu mạch logic và các cơ cấu chấp hành

2.3.2. Hoạt động hướng mục tiêu đánh giá độ tin cậy

2.3.2.1. Lý thuyết cơ bản về thuật toán hướng mục tiêu

Sự chính xác và hiệu quả của hoạt động hướng mục tiêu chịu ảnh hưởng lớn từ thuật toán hướng mục tiêu. Thuật toán hướng mục tiêu bao gồm thuật toán tổ hợp trạng thái và thuật toán công thức xác suất. Thuật toán công thức xác suất gồm 2 loại thuật toán: thuật toán trực tiếp và thuật toán cho tín hiệu chia sẻ. Với thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ lại có 2 loại: thuật toán hướng mục tiêu

hiệu chỉnh [19] và thuật toán hướng mục tiêu chính xác [19]. Nhìn chung, ta có Bảng 2.8 dưới đây tổng hợp và so sánh các loại thuật toán hướng mục tiêu. Sau đó, luận án sẽ chỉ trình bày về hai thuật toán ưu thế được sử dụng phổ biến trong hầu hết các bài toán về độ tin cậy là thuật toán trực tiếp và thuật toán chính xác hướng mục tiêu.

Bảng 2.8. Tổng hợp các thuật toán hướng mục tiêu

Thuật toán	Hiệu suất	Độ chính xác	Phạm vi ứng dụng	Khả năng thực hiện
Thuật toán tổ hợp trạng thái	Phụ thuộc số tổ hợp trạng thái	Chính xác với hệ thống đơn giản	Hệ thống đơn giản, ít đặc tính	Phức tạp
Thuật toán công thức xác suất	Tốt	Chính xác với hệ thống không có tín hiệu chia sẻ	Bất kỳ hệ thống nào, đặc biệt là hệ thống nhiều đặc tính	Thuận tiện
Thuật toán hiệu chỉnh GO	Tốt	Gần đúng với hệ thống có tín hiệu chia sẻ	Bất kỳ hệ thống nào, đặc biệt là hệ thống nhiều đặc tính	Thuận tiện
Thuật toán chính xác GO	Phụ thuộc số lượng tín hiệu chia sẻ	Chính xác	Bất kỳ hệ thống nào, đặc biệt là hệ thống nhiều đặc tính	Phụ thuộc số tín hiệu chia sẻ
Thuật toán chính xác với hình thức tính toán mới	Tốt	Chính xác	Bất kỳ hệ thống nào, đặc biệt là hệ thống nhiều đặc tính	Đơn giản

a) Thuật toán trực tiếp

Thuật toán trực tiếp dựa trên việc tính toán xác suất trạng thái cho từng dòng tín hiệu. Nó thoả mãn các nguyên tắc thuật toán sau:

- Xác suất trạng thái của toán tử hướng mục tiêu đầu vào trong hệ thống là xác suất trạng thái dòng tín hiệu đầu ra của toán tử hướng mục tiêu đó. Dòng tín hiệu này đồng thời sẽ là dòng tín hiệu đầu vào của toán tử hướng mục tiêu tiếp theo.

- Xác suất trạng thái cho dòng tín hiệu đầu ra của toán tử hướng mục tiêu tiếp theo sẽ được tính toán dựa trên dữ liệu và hoạt động hướng mục tiêu của toán tử ấy. Dòng tín hiệu đầu ra này tiếp tục đóng vai trò là dòng tín hiệu đầu vào của toán tử hướng mục tiêu tiếp theo.

- Dựa theo các nguyên tắc nêu trên, theo trình tự dòng tín hiệu, thuật toán trực tiếp cho phép tính toán xác suất trạng thái dòng tín hiệu đầu ra của tất cả các toán tử trong mô hình hướng mục tiêu. Hoạt động hướng mục tiêu sẽ kết thúc tới khi xác suất trạng thái tín hiệu đầu ra của toàn bộ hệ thống được xác định.

b) Thuật toán cho tín hiệu chia sẻ

Trong mô hình hướng mục tiêu, các dòng tín hiệu phía sau luôn bao hàm các dòng tín hiệu tuần tự phía trước dẫn tới nó. Do vậy, nếu như trong hệ thống có tín hiệu chia sẻ, sẽ dẫn tới trường hợp, khi nhiều tín hiệu đầu vào của một toán tử logic đều bao hàm chung một tín hiệu chia sẻ trước nó, thì chúng sẽ không độc lập với nhau. Như vậy, việc tính toán xác suất trạng thái cho tín hiệu đầu ra của toán tử logic đó sẽ trở nên phức tạp. Vấn đề sẽ còn trở nên phức tạp hơn nữa nếu như tín hiệu đầu ra đó lại là đầu vào của một toán tử logic khác trong hệ thống. Trong trường hợp này, không thể tính toán trực tiếp xác suất trạng thái của tín hiệu đầu ra của hệ thống. Như vậy, cần sử dụng thuật toán khác cho tín hiệu chia sẻ để giải quyết vấn đề trên. Với phương pháp hướng mục tiêu, có 2 loại thuật toán cho tín hiệu chia sẻ là: thuật toán hướng mục tiêu hiệu chỉnh và thuật toán

hướng mục tiêu chính xác. Trong luận án này, sẽ tập trung giới thiệu thuật toán chính xác cho các tín hiệu chia sẻ [25] bởi những ưu điểm vượt trội của nó khi áp dụng cho hệ thống phức tạp như ô tô.

* Công thức thuật toán:

Với hệ thống có N tín hiệu chia sẻ S_n ($n=1, \dots, N$), công thức xác định xác suất làm việc thành công của hệ thống theo thuật toán hướng mục tiêu chính xác được cho như sau:

$$P_R = \sum_{K_1=0}^1 \sum_{K_2=0}^1 \dots \sum_{K_N=0}^1 P_{RK_1K_2 \dots K_N} \prod_{n=1}^N [(1 - P_{S_n})(1 - K_n) + P_{S_n}K_n] \quad (2.10)$$

Trong đó, P_{S_n} biểu thị xác suất làm việc thành công của tín hiệu chia sẻ thứ n , $P_{RK_1K_2 \dots K_N}$ biểu thị xác suất làm việc thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống ứng với một tổ hợp trạng thái của N tín hiệu chia sẻ. Trong các tổ hợp trạng thái, trạng thái của mỗi tín hiệu chia sẻ n phụ thuộc vào giá trị của K_n : $K_n = 0$ biểu diễn trạng thái hỏng của tín hiệu chia sẻ thứ n , còn $K_n = 1$ biểu diễn trạng thái làm việc của tín hiệu đó. Với mỗi tổ hợp các tín hiệu chia sẻ, xác suất thành công của hệ thống tương ứng sẽ được tính toán khi đặt các giá trị xác suất làm việc thành công, xác suất hư hỏng của tín hiệu chia sẻ S_n tương ứng bằng 1 hoặc 0. Như vậy, N tín hiệu chia sẻ sẽ hình thành 2^N tổ hợp trạng thái và xác suất làm việc thành công của 2^N tín hiệu đầu ra hệ thống có thể đạt được bằng việc thực hiện 2^N phép tính GO cho hệ thống với từng tổ hợp trạng thái xác định theo giá trị của K_n . Sau cùng, xác suất của tín hiệu đầu ra hệ thống có thể xác định chính xác nhờ công thức (2.10). Trong công thức (2.10), thành phần $\prod_{n=1}^N [(1 - P_{S_n})(1 - K_n) + P_{S_n}K_n]$ biểu diễn xác suất trạng thái của từng tổ hợp tín hiệu chia sẻ. Trong đó, giá trị của P_{S_n} xác định theo xác suất thành công của tín hiệu chia sẻ n .

* Hình thức tính toán:

Để tránh phải thiết lập các công thức toán học phức tạp, hình thức tính toán mới của thuật toán chính xác GO cho tín hiệu chia sẻ được đưa ra như sau:

$$P_R = \sum_{i=1}^{2^N} A_i B_i \quad (2.11)$$

Trong đó, A_i là xác suất trạng thái của tổ hợp các tín hiệu chia sẻ trong phương án tổ hợp thứ i (giá trị của A_i đóng vai trò như trọng số xác suất). B_i là xác suất làm việc thành công của hệ thống ứng với phương án tổ hợp thứ i của các tín hiệu chia sẻ. Quy trình tính toán theo công thức (2.10) được thể hiện trong Bảng 2.9, các số 1 và 0 biểu thị trạng thái làm việc và trạng thái hỏng của tín hiệu chia sẻ S_i .

Bảng 2.9. Hình thức tính toán của thuật toán chính xác cho tín hiệu chia sẻ

Tổ hợp trạng thái của tín hiệu chia				Xác suất trạng thái của tổ hợp	Xác suất thành công của hệ
S_1	S_2	...	S_N		
0	0	0	0	A_1	B_1
0	0	0	1	A_2	B_2
...
1	1	1	1	A_{2^N}	B_{2^N}
Xác suất làm việc thành công chính xác của hệ thống				P_R	

2.3.2.2. Phân tích định lượng hướng mục tiêu

Việc phân tích định lượng hướng mục tiêu là tập hợp các thao tác kỹ thuật sử dụng mô hình toán học và xác suất thống kê, các phép đo và nghiên cứu để xác định các thông số đánh giá độ tin cậy của đối tượng nghiên cứu. Độ tin cậy của hệ thống có thể đạt được nhờ phân tích định lượng hướng mục tiêu theo các bước sau đây:

Bước 1: Xác định các tín hiệu chia sẻ trong mô hình hướng mục tiêu

Bước 2: Lựa chọn thực hiện thuật toán hướng mục tiêu phù hợp. Nếu mô hình hướng mục tiêu không chứa các tín hiệu chia sẻ, thuật toán trực tiếp sẽ được sử dụng cho việc thực hiện hoạt động hướng mục tiêu. Ngược lại, nếu mô hình hướng mục tiêu chứa các tín hiệu chia sẻ, các thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ sẽ được lựa chọn sử dụng.

2.3.2.3. Phân tích định tính hướng mục tiêu

Hoạt động phân tích định tính hướng mục tiêu là hoạt động dùng phán đoán chủ quan để phân tích, đánh giá độ tin cậy của đối tượng nghiên cứu dựa trên những thông tin phi định lượng dựa trên phương pháp hướng mục tiêu. Mục tiêu cụ thể của hoạt động phân tích định tính hướng mục tiêu là xác định các bộ cắt tối thiểu của hệ thống. Từ đó, làm cơ sở cho việc xác định các rủi ro tiềm ẩn và các liên kết yếu trong hệ thống.

Các bộ cắt tối thiểu là các tổ hợp duy nhất của các phần tử hỏng mà từ tổ hợp đó dẫn tới hư hỏng hệ thống. Trong đó, nếu bỏ đi một hay nhiều phần tử của tổ hợp thì sự hư hỏng của các phần tử còn lại trong tổ hợp không làm hư hỏng hệ thống. Bậc của một bộ cắt tối thiểu bằng số phần tử của bộ cắt tối thiểu đó.

Các bước cơ bản thực hiện phân tích định tính hướng mục tiêu được nêu ra như dưới đây:

Bước 1: Lần lượt đặt độ tin cậy của các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu là 0, còn độ tin cậy của các toán tử còn lại được giữ không đổi. Trong trường hợp nào, nếu độ tin cậy của hệ thống bằng 0 thì toán tử hàm được đặt độ tin cậy bằng 0 đó sẽ là bộ cắt tối thiểu bậc 1.

Bước 2: Lần lượt đặt độ tin cậy của 2 toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu là 0 (trong đó không chứa bộ cắt tối thiểu bậc 1), còn độ tin cậy của các toán tử còn lại được giữ không đổi. Trong trường hợp nào, nếu độ tin cậy của hệ

thống bằng 0 thì 2 toán tử hàm được đặt độ tin cậy bằng 0 đó sẽ là bộ cắt tối thiểu bậc 2.

Bước 3: Tương tự các bước trên, ta đạt được các bộ cắt tối thiểu bậc cao hơn.

Thông thường, bởi các bộ cắt tối thiểu bậc cao hơn có xác suất rất nhỏ nên phân tích định tính hướng mục tiêu cho các hệ thống chỉ xác định đến bộ cắt tối thiểu bậc 2.

2.3.2.4. Quy trình đánh giá độ tin cậy cho hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu

Toàn bộ việc thiết lập mô hình hướng mục tiêu và hoạt động hướng mục tiêu nằm trong quy trình phân tích hướng mục tiêu với các bước sau đây:

Bước 1: Phân tích hệ thống: Phân tích cấu trúc, chức năng và các đặc trưng của hệ thống dựa vào sơ đồ nguyên lý, bản vẽ, sơ đồ chức năng của hệ thống đó. Xác định nguyên tắc làm việc thành công của hệ thống.

Bước 2: Thiết lập mô hình hướng mục tiêu: Từ kết quả phân tích hệ thống ở bước 1, lựa chọn các toán tử hướng mục tiêu và các dòng tín hiệu liên kết phù hợp để thiết lập mô hình hướng mục tiêu.

Bước 3: Xử lý dữ liệu của các toán tử hướng mục tiêu: Dựa trên các số liệu kỹ thuật và hoạt động hướng mục tiêu, xác định các tham số đánh giá độ tin cậy của các toán tử hướng mục tiêu.

Bước 4: Phân tích định lượng hệ thống để đạt được các tham số đánh giá độ tin cậy hệ thống.

Bước 5: Phân tích định tính để xác định các bộ cắt tối thiểu của hệ thống. Các bộ cắt tối thiểu đặc trưng cho các nhóm phần tử yếu trong hệ thống mà hư hỏng của chúng có ảnh hưởng trực tiếp tới khả năng làm việc của toàn bộ hệ thống.

Bước 6: Đánh giá hệ thống

2.4. Cơ sở so sánh, đánh giá kết quả thực nghiệm so với lý thuyết

Để so sánh giữa kết quả định lượng giữa lý thuyết và thực nghiệm, trong luận án sử dụng đánh giá theo sai số tương đối và hệ số tương quan.

2.4.1. Sai lệch tương đối trung bình bình phương

Sai lệch trung bình bình phương gốc (Root mean squared error - RMSE) là thước đo mức độ sai lệch giữa dữ liệu lý thuyết và dữ liệu thực nghiệm dựa trên việc sử dụng khoảng cách Euclide.

Sai lệch tương đối trung bình bình phương gốc (Relative root mean square error – RRMSE) là tỷ số giữa sai lệch trung bình bình phương gốc với trị số hiệu quả của đại lượng tính được từ thực nghiệm theo công thức sau:

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\sum_{i=1}^n X_{tn}} \cdot 100 \quad (2.12)$$

Trong đó:

- RMSE được xác định theo công thức:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(X_{tn} - X_{lt})^2}{n}} \quad (2.13)$$

- X_{lt} là đại lượng đo theo kết quả tính toán lý thuyết;

- X_{tn} là đại lượng đo theo kết quả tính toán từ thực nghiệm;

- n là số điểm lấy dữ liệu.

Một mô hình được đánh giá là có độ chính xác xuất sắc khi $RRMSE < 10\%$, độ chính xác tốt khi $10\% < RRMSE < 20\%$, độ chính xác trung bình khi $20\% < RRMSE < 30\%$ và độ chính xác kém khi $RRMSE > 30\%$.

2.4.2. Hệ số tương quan

Hệ số tương quan nhằm đánh giá sự tương quan giữa kết quả đánh giá giữa lý thuyết và thực nghiệm. Công thức xác định hệ số tương quan như sau:

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\sum x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2) \cdot (\sum y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2)}} \quad (2.14)$$

Trong đó:

- x_i, y_i là các giá trị thực nghiệm và lý thuyết;
- \bar{x}, \bar{y} là các giá trị trung bình của các giá trị thực nghiệm và lý thuyết;
- n là số phần phân tử trong tập số liệu thực nghiệm và lý thuyết.

Với hệ số tương quan Pearson (r) lớn hơn 0,8 thì kết quả thực nghiệm và lý thuyết có sự tương quan lớn.

2.5. Kết luận chương 2

Chương 2 đã trình bày cơ sở lý thuyết độ tin cậy nói chung, phương pháp hướng mục tiêu và phương pháp thực nghiệm gia cường đánh giá độ tin cậy cho hệ thống với các nội dung cụ thể, qua đó ta có thể khẳng định:

- Độ tin cậy của một sản phẩm, hệ thống bất kỳ sẽ suy giảm theo thời gian khai thác, sử dụng sản phẩm, hệ thống đó. Quy luật suy giảm của độ tin cậy ở một sản phẩm, hệ thống thực chất có thể xác định qua quy luật biến thiên của hư hỏng ở sản phẩm, hệ thống đó theo thời gian. Trong chương 2, tác giả đã giới thiệu về đồ thị “Bathtub”, đây là mô hình được sử dụng phổ biến hiện nay để mô tả quy luật này. Hư hỏng đặc thù của các dạng sản phẩm, hệ thống khác nhau có thể được mô tả bởi một hay nhiều phần của đồ thị “Bathtub”. Tương ứng với chúng là các quy luật phân bố khác nhau trong xác suất thống kê. Đối với đối tượng nghiên cứu của luận án, quy luật biến thiên của hư hỏng có thể mô tả bằng quy luật phân bố Weibull với tham số hình dạng $b=1$, tương ứng với vùng cường độ hư hỏng không đổi trên đồ thị “Bathtub”. Với quy luật suy giảm độ tin cậy đã xác định, độ tin cậy của các phần tử trong hệ thống có thể dễ dàng xác định.

- Qua nghiên cứu, phân tích phương pháp hướng mục tiêu với nội dung, quy trình và thuật toán cụ thể, cho phép xác định độ tin cậy hệ thống. Từ sơ đồ kết cấu hệ thống thực, mô hình hướng mục tiêu được xây dựng, giúp biểu diễn quan hệ về độ tin cậy giữa các phần tử trong hệ thống. Dựa trên mô hình hướng mục tiêu đã xây dựng, tiến hành quy trình phân tích định lượng để xác định xác suất không hỏng của hệ thống và tiến hành quy trình phân tích định tính để xác định phần tử, cụm phần tử yếu trong hệ thống. Qua đó có thể khẳng định, phương pháp hướng mục tiêu thể hiện rõ các ưu điểm sau:

+ Đạt được các kết quả phân tích định tính và kết quả phân tích định lượng với độ chính xác cao.

+ Mô hình hướng mục tiêu được thiết lập dựa trên sơ đồ kết cấu và sơ đồ chức năng của hệ thống nên hạn chế được ảnh hưởng của yếu tố con người trong xác định độ tin cậy và cho phép kiểm tra một cách dễ dàng.

+ Kết quả phân tích định lượng và phân tích định tính dựa trên việc thực hiện nhiều lần hoạt động hướng mục tiêu nên tránh được quy trình phân tích và các công thức toán học phức tạp. Đồng thời, ảnh hưởng của yếu tố thời gian mô phỏng đối với kết quả và hiệu suất phân tích được loại bỏ. Lúc này, phân tích độ tin cậy hệ thống sẽ trở nên đơn giản và hiệu quả hơn.

CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HƯỚNG MỤC TIÊU ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG PHANH Ô TÔ ĐẶC CHỦNG

Trong chương này, luận án ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu (Goal Oriented - GO) để phân tích, đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam. Bên cạnh đó, một số mạch và hệ thống phanh thành phần cũng sẽ được phân tích như một hệ thống độc lập, nhằm khảo sát ảnh hưởng của các đặc trưng như kích thước hệ thống, kết cấu dự phòng, tính “(không) có khả năng sửa chữa phục hồi”,... tới độ tin cậy và sự suy giảm của độ tin cậy. Để nâng cao hiệu quả phân tích các hệ thống, trước hết, luận án sẽ xây dựng thuật toán phân tích độ tin cậy hệ thống bằng phương pháp hướng mục tiêu. Tiếp theo, sau khi phân tích các hệ thống và xây dựng mô hình hướng mục tiêu cho các hệ thống, ta chỉ cần nhập bộ số liệu đã thu thập từ trước, việc phân tích độ tin cậy sẽ được thực hiện tự động trên máy tính theo chương trình đã xây dựng.

3.1. Xây dựng thuật toán phân tích độ tin cậy hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu

3.1.1. Dữ liệu đầu vào, phương thức ghi dữ liệu

3.1.1.1. Dữ liệu đầu vào thuật toán

Mô hình hướng mục tiêu là nội dung quan trọng của phương pháp hướng mục tiêu. Do đó, dữ liệu đầu vào cho thuật toán phân tích định lượng phải mô tả được mô hình hướng mục tiêu. Nói cách khác, dữ liệu đầu vào thuật toán cần có thông tin định dạng mô hình và thông tin định lượng cho mỗi toán tử xuất hiện trong mô hình.

* *Thông tin định dạng mô hình*: có chức năng mô tả vị trí các toán tử và mối quan hệ giữa các toán tử ấy, bao gồm:

Số lượng toán tử trong mô hình: giúp xác định kích thước mô hình, và khối lượng tính toán.

Số lượng tín hiệu chia sẻ trong mô hình: giúp xác định thuật toán hướng mục tiêu phù hợp để tối ưu kết quả và thời gian tính toán. Nếu trong mô hình không có tín hiệu chia sẻ, thuật toán trực tiếp sẽ được sử dụng. Nếu trong mô hình có chứa tín hiệu chia sẻ, thuật toán chính xác cho tín hiệu chia sẻ sẽ được sử dụng.

Vị trí và phân loại của mỗi tín hiệu chia sẻ trong mô hình: như đã giới thiệu trong phần trước, xác định tín hiệu chia sẻ trong hệ thống thực chất là xác định nhân tố gây ra sự mất độc lập của các dòng tín hiệu độc lập với nhau. Do đó, tín hiệu chia sẻ nên được phân loại theo nhân tố này để thuận tiện cho thực hành phân tích định lượng hướng mục tiêu.

Tín hiệu đầu vào và loại tín hiệu đầu vào của mỗi toán tử: giúp xác định thành phần của công thức xác suất mỗi toán tử. Bên cạnh đó, cho biết tín hiệu đầu vào có nguồn gốc từ đâu. Phân loại tín hiệu đầu vào mỗi toán tử thuộc tín hiệu điều khiển hay không phải tín hiệu điều khiển có thể thực hiện nhờ việc quy ước trình tự nhập dữ liệu về tín hiệu đầu vào của mỗi toán tử.

* *Thông tin định lượng mỗi toán tử:* có chức năng xác định các thông số cần thiết cho việc đánh giá định lượng độ tin cậy cho mỗi toán tử, làm cơ sở cho phân tích định lượng độ tin cậy hệ thống. Thông tin định lượng mỗi toán tử bao gồm:

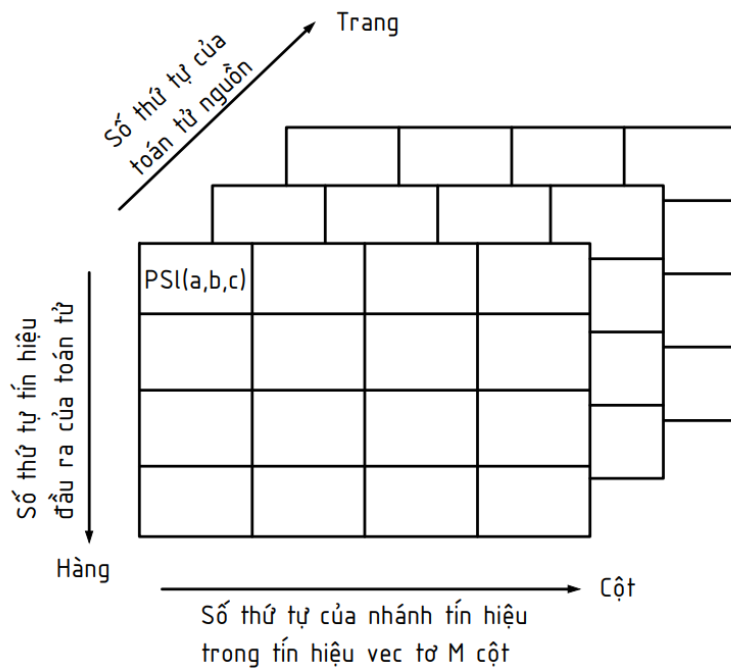
Phân loại của mỗi toán tử: xác định công thức xác suất được sử dụng cho toán tử đó.

Thời gian khảo sát; Cường độ hỏng; Cường độ bảo dưỡng, sửa chữa: Xác định xác suất thành công của toán tử

3.1.1.2. Phương thức ghi dữ liệu

Phần lớn các dữ liệu đầu vào của thuật toán phân tích định lượng hướng mục tiêu có thể ghi dưới dạng biến đơn thông thường hoặc biến mảng 2 chiều. Tuy nhiên, thông tin về tín hiệu trong hệ thống lại không đơn giản như vậy, ta cần sử dụng mảng nhiều chiều để mô tả chúng. Trong xuyên suốt mô hình, sẽ cần 1

chiều của mảng đa chiều để lưu trữ thông tin về toán tử tạo ra tín hiệu. Tuy nhiên, tín hiệu đầu ra của toán tử 22 còn phụ thuộc vào tín hiệu điều khiển đầu vào của toán tử ấy. Điều này ảnh hưởng tới quá trình tính toán cũng như áp dụng công thức xác suất của toán tử 22. Do đó, ta cần thêm chiều thứ 2 của mảng nhiều chiều để xác định sự phụ thuộc nêu trên. Tiếp theo, nếu như trong mô hình hướng mục tiêu có chứa toán tử 25A và 25B, tín hiệu vector cột M hàng sẽ được hình thành. Lúc này, các tín hiệu nằm trong module E của cặp toán tử này cần thêm 1 chiều của mảng đa chiều để định danh, đặc biệt là sau khi tín hiệu đã được phân tích qua toán tử 25B, trở thành các tín hiệu đơn đi vào các toán tử khác. Vậy tổng cộng ta dùng tối thiểu là mảng 3 chiều để ghi dữ liệu về tín hiệu trong hệ thống. Ứng dụng mảng 3 chiều để ghi dữ liệu của dòng tín hiệu được mô tả như trên Hình 3.1.



Hình 3.1. Ghi dữ liệu dòng tín hiệu bằng mảng 3 chiều

Mảng 3 chiều là một tập các mảng 2 chiều cùng kích thước. Trong đó, mỗi mảng 2 chiều được bao chứa có thể xem như một trang. Với mảng 3 chiều PSI như trong Hình 3.1, ta có số trang “ c ” của mảng sẽ dùng để lưu số thứ tự của toán tử sinh ra tín hiệu. Số dòng a và số cột b của mảng 2 chiều lần lượt dùng để lưu

số thứ tự của dòng tín hiệu sinh ra từ toán tử và số thứ tự của nhánh tín hiệu khảo sát khi đang xét tín hiệu vector M cột. Như vậy, với mỗi dòng tín hiệu đơn nhỏ nhất trong hệ thống có thể biểu diễn bởi biến $PSI(a,b,c)$.

Để tránh sự phức tạp bài toán do số lượng chiều của mảng thông tin tín hiệu, tác giả sẽ tách ghi dữ liệu về tín hiệu chia sẻ riêng. Với yêu cầu thông tin của tín hiệu chia sẻ, ta sẽ chỉ cần dùng mảng 2 chiều để ghi dữ liệu của các tín hiệu chia sẻ.

3.1.2. Xây dựng thuật toán phân tích định lượng hướng mục tiêu

3.1.2.1. Quy trình tính toán phân tích định lượng hướng mục tiêu

Để xây dựng thuật toán tổng quát được thuận tiện, trước tiên, ta cụ thể hóa quy trình phân tích định lượng hướng mục tiêu. Sau đó, các thuật toán nhỏ sẽ được xây dựng để giải quyết từng bước nhỏ của quy trình. Tổng hợp lại các thuật toán này theo quy trình đã xây dựng, ta được thuật toán tổng quát có thể áp dụng để thực hành phân tích định lượng hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ.

Như đã trình bày trong chương 2, quy trình phân tích định lượng hướng mục tiêu bao gồm xác định tín hiệu chia sẻ trong mô hình hướng mục tiêu và lựa chọn thuật toán hướng mục tiêu phù hợp.

Với thuật toán hướng mục tiêu trực tiếp, xác suất làm việc thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống có thể dễ dàng xác định nhờ tính toán tuần tự xác suất của các tín hiệu theo công thức xác suất của các toán tử tương ứng. Với thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ, xác suất làm việc thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống được xác định theo công thức .

Như vậy, vấn đề còn lại nằm ở việc khảo sát tổ hợp của các tín hiệu chia sẻ. Cần khảo sát đầy đủ, hiệu quả các tổ hợp trạng thái của các tín hiệu chia sẻ. Với những hệ thống lớn, khi số lượng tín hiệu chia sẻ có thể lên đến hàng chục hay thậm chí hàng trăm tín hiệu, thì 2^N tổ hợp phải khảo sát sẽ là con số rất lớn. Điều này sẽ ảnh hưởng không nhỏ đến thời gian và chi phí tính toán. Vấn đề này

có thể giải quyết bằng cách lọc bớt các tổ hợp phải khảo sát trong công thức Nhận thấy rằng, thành phần A_i trong sẽ đạt giá trị “0” nếu như trong tổ hợp chứa tín hiệu chia sẻ có xác suất làm việc thành công bằng 1 và đang được khảo sát ở trạng thái hỏng. Ngoài ra, thành phần B_i cũng sẽ đạt giá trị “0” nếu như tín hiệu chia sẻ đang khảo sát ở trạng thái hỏng và là tín hiệu sinh ra từ toán tử thuộc loại bộ cắt tối thiểu bậc 1. Do đó, các trường hợp này có thể bỏ qua, không khảo sát, nhờ vậy giảm được thời gian và chi phí tính toán.

Qua các phân tích đã trình bày ở trên, luận án đề xuất chia nhỏ các bước quy trình phân tích định lượng hướng mục tiêu cụ thể như sau:

Bước 1: Nhập dữ liệu đầu vào

Bước 2: Tính toán xác suất làm việc thành công của các phần tử trong hệ thống.

Bước 3: Kiểm tra xem nếu hệ thống không chứa tín hiệu chia sẻ, chuyển qua bước 4, nếu hệ thống có chứa tín hiệu chia sẻ, chuyển qua bước 5.

Bước 4: Tính toán xác suất làm việc thành công của hệ thống bằng cách tính toán tuần tự xác suất làm việc thành công của các dòng tín hiệu theo trình tự hệ thống.

Bước 5: Lọc, tìm các tín hiệu chia sẻ được sinh ra từ bộ cắt bậc 1 của hệ thống và các tín hiệu chia sẻ có xác suất làm việc thành công bằng 1.

Bước 6: Khảo sát các tổ hợp trạng thái của các tín hiệu chia sẻ. Trong đó, bỏ qua các tổ hợp mà tín hiệu chia sẻ tìm được trong bước 5 đang ở trạng thái hỏng. Với mỗi tổ hợp được khảo sát, thực hiện bước 7. Do các tổ hợp khảo sát chỉ xét trạng thái làm việc của các tín hiệu chia sẻ tìm được ở bước 5, nên từ đây về sau, tác giả gọi các tín hiệu chia sẻ này là các tín hiệu chia sẻ đơn trạng thái.

Bước 7: Ứng với tổ hợp thứ i của các tín hiệu chia sẻ, tính toán các giá trị A_i, B_i . Từ đó, xác định xác suất làm việc thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống theo công thức

Trên cơ sở đó, tiến hành xây dựng thuật toán giải quyết từng bước theo quy trình nêu trên.

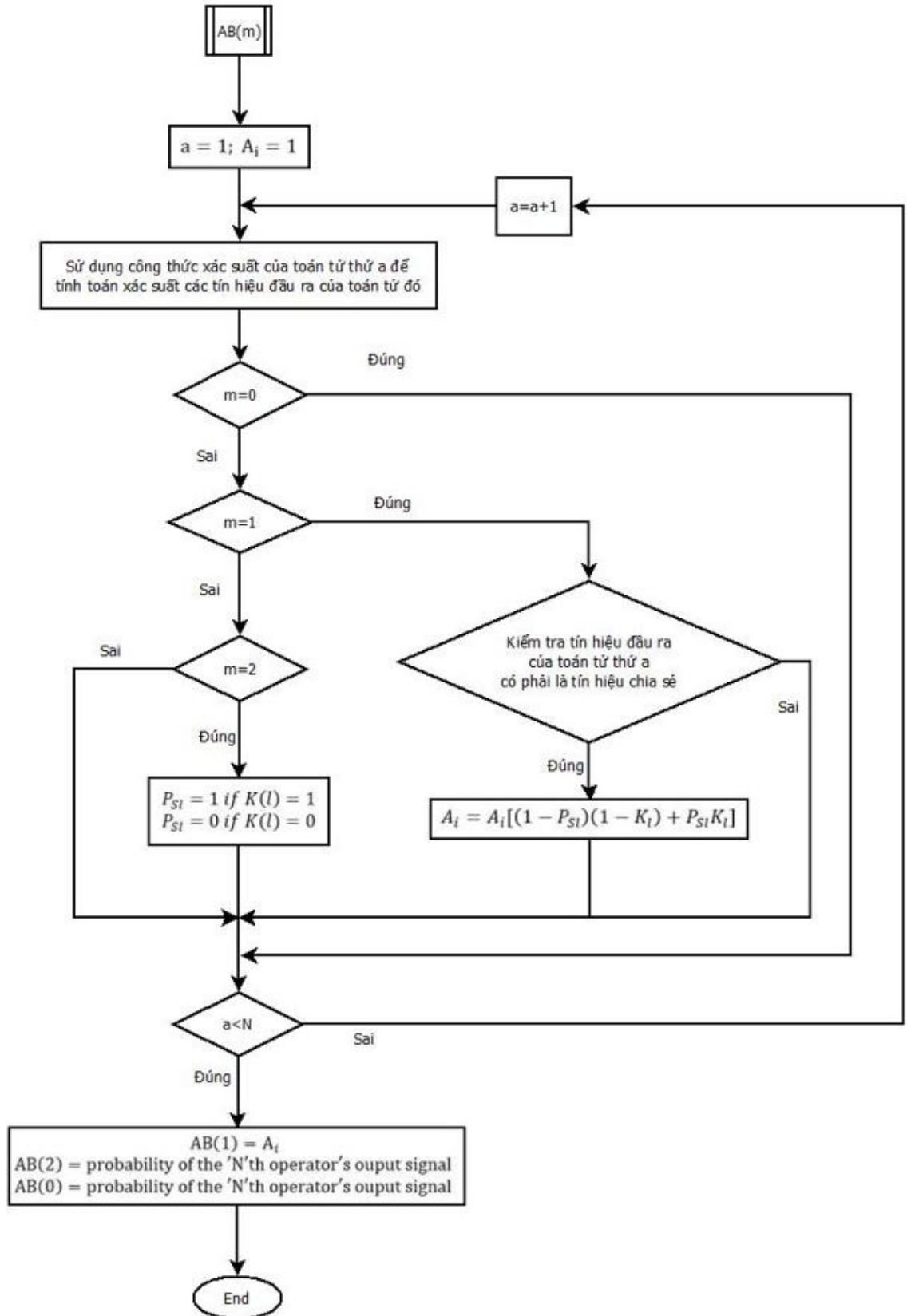
3.1.2.2. Xây dựng hàm tính toán xác suất tuần tự

Sơ đồ thuật toán của hàm được biểu diễn trong Hình 3.2 bên dưới.

Trong hàm $AB(m)$ trên, đối số m xác định nội dung cần tính toán. Với mọi giá trị của đối số m , hàm $AB(m)$ sử dụng một vòng lặp, khảo sát N toán tử trong hệ thống và áp dụng công thức xác suất cho từng loại toán tử.

Khi $m=0$, không có hiệu chỉnh nào được cài đặt. Trường hợp này tương ứng với việc thực hiện tính toán xác suất tuần tự theo thuật toán hướng mục tiêu trực tiếp. Giá trị của $AB(0)$ là giá trị xác suất của tín hiệu đầu ra của toán tử cuối cùng trong hệ thống.

Với giá trị $m=1$, $m=2$ hàm $AB(m)$ sẽ tính toán lần lượt giá trị A_i và B_i theo công thức xác suất cho thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ đã được giới thiệu cụ thể trong [3]. Tại giá trị $m=1$, A_i được nhân tích lũy sau khi đã kiểm tra và xác thực tín hiệu thứ a đang khảo sát là tín hiệu chia sẻ. Giá trị của $AB(1)$ là giá trị cuối của A_i ứng với mỗi tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ được khảo sát. Tại giá trị $m=2$, B_i được tính toán giống như khi đối số $m=0$, tuy nhiên, xác suất của tín hiệu chia sẻ trong hệ thống sẽ được hiệu chỉnh tương ứng với trạng thái khảo sát của tín hiệu đó trong tổ hợp. Cụ thể, xác suất làm việc của tín hiệu chia sẻ S_l là $P_{Sl}=1$ khi trạng thái $K_l=1$, $P_{Sl}=0$ khi trạng thái $K_l=0$.

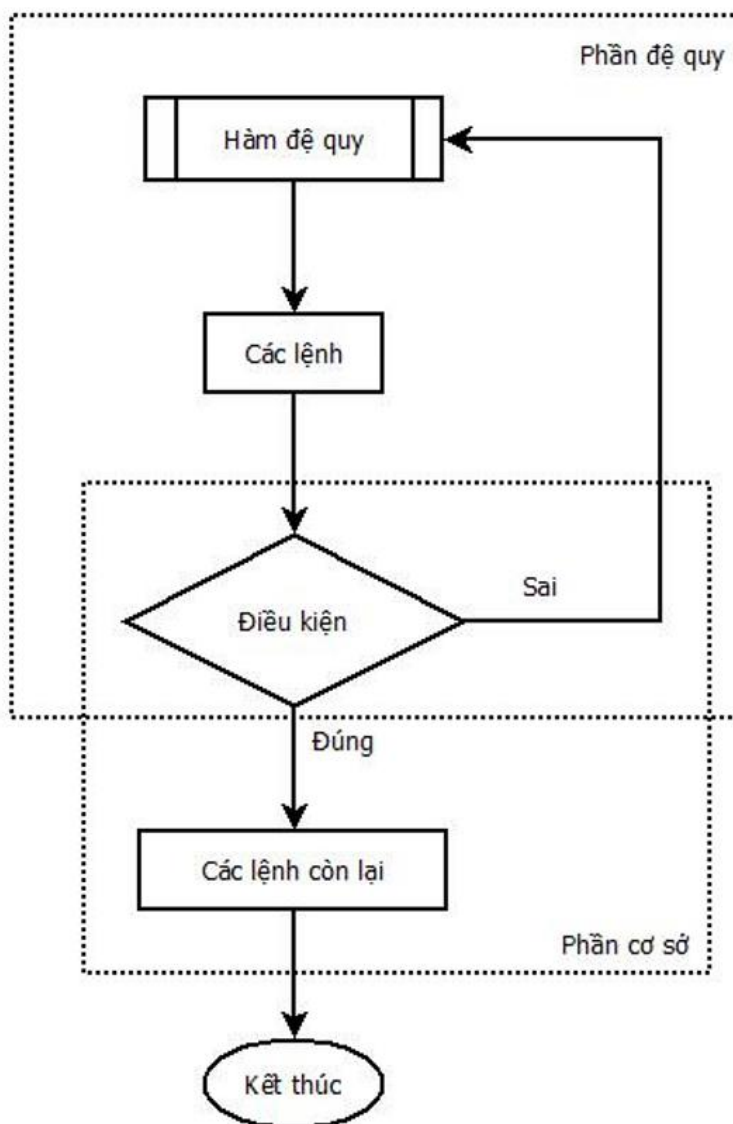


Hình 3.2. Sơ đồ thuật toán hàm tính toán xác suất tuần tự

3.1.2.3. Kỹ thuật giải thuật quay lui (backtracking) và ứng dụng khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ

a) Đệ quy (recursion) và kỹ thuật giải thuật quay lui (backtracking)

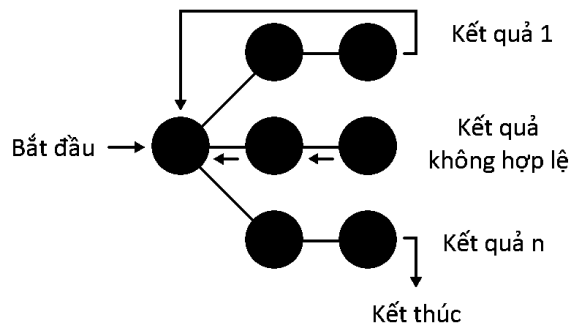
Đệ quy [34] là một tính chất cho phép một đối tượng được định nghĩa qua chính nó hoặc qua một đối tượng khác đồng dạng với nó bằng quy nạp. Với một bài toán A , nếu lời giải của nó được thực hiện bằng lời giải của bài toán A' có dạng giống như A thì lời giải đó là lời giải có tính chất đệ quy. Một thuật toán đệ quy cơ bản có cấu trúc được mô tả như Hình 3.3.



Hình 3.3. Sơ đồ thuật toán mô tả hàm đệ quy

Dựa trên đệ quy, nhiều kỹ thuật giải thuật đã được phát triển với vai trò, công dụng khác nhau. Trong đó, luận án tập trung giới thiệu về kỹ thuật giải thuật quay lui [34] (backtracking), một kỹ thuật điển hình cho giải bài toán thoả mãn ràng buộc [35] (constraint satisfaction problems).

Kỹ thuật giải thuật quay lui có thể mô tả theo sơ đồ như Hình 3.4 bên dưới.

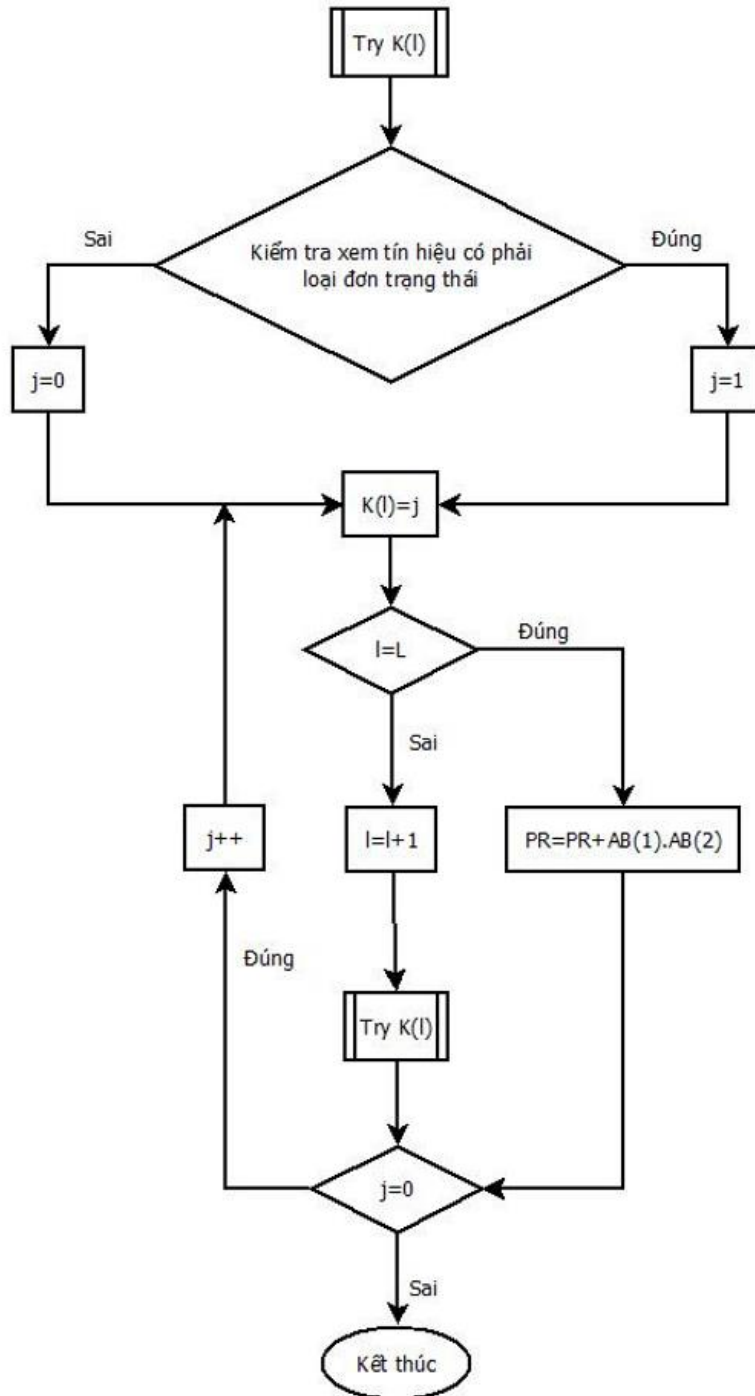


Hình 3.4. Sơ đồ mô tả kỹ thuật giải thuật quay lui

Về bản chất, tư tưởng của quay lui là thử từng khả năng cho đến khi tìm thấy lời giải đúng. Đó là một quá trình tìm kiếm theo độ sâu trong một tập hợp các lời giải. Trong quá trình tìm kiếm, nếu ta gặp một hướng lựa chọn không thoả mãn các ràng buộc, ta quay lui về điểm lựa chọn nơi có các hướng khác và thử hướng lựa chọn tiếp theo. Khi đã thử hết các lựa chọn xuất phát từ điểm lựa chọn đó, ta quay lại điểm lựa chọn trước đó và thử hướng lựa chọn tiếp theo tại đó. Quá trình tìm kiếm kết thúc khi không còn điểm lựa chọn nào nữa.

b) Ứng dụng kỹ thuật quay lui khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ

Đối với mô hình hướng mục tiêu không có tín hiệu chia sẻ, thuật toán trực tiếp sẽ được áp dụng để giải quyết vấn đề. Với trường hợp mô hình hướng mục tiêu có chứa tín hiệu chia sẻ, thuật toán chính xác cho tín hiệu chia sẻ sẽ được áp dụng. Trong đó, một nhiệm vụ quan trọng là xác định đủ các tổ hợp trạng thái của các tín hiệu chia sẻ để tính toán các giá trị A_i , B_i và P_R theo công thức (2.10). Kỹ thuật giải thuật quay lui có thể áp dụng hiệu quả trong trường hợp này. Sơ đồ thuật toán cho hàm khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ được biểu diễn trong Hình 3.5.



Hình 3.5. Sơ đồ thuật toán hàm khảo sát tổ hợp trạng thái tín hiệu chia sẻ

Trong đó, L là số lượng tín hiệu chia sẻ trong mô hình hướng mục tiêu, K_l ($l=1..L$) là trạng thái của tín hiệu chia sẻ thứ l . $K_l = 0$ tương ứng với trạng thái

hông của tín hiệu chia sẻ thứ l , $K_l = 1$ tương ứng với trạng thái làm việc sẵn sàng của tín hiệu đó. P_R là xác suất tích lũy trong công thức

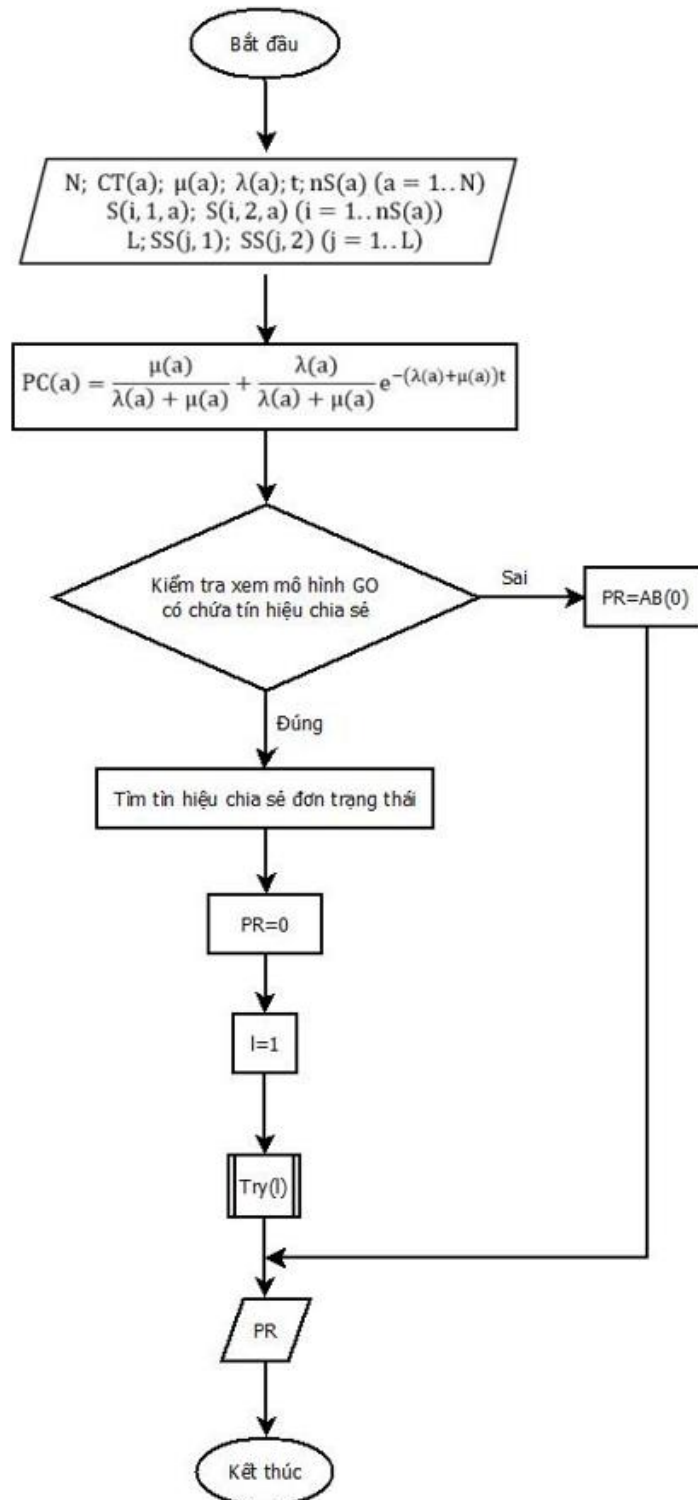
Để cài đặt giá trị 0 và 1 cho biến K_l , trước hết ta kiểm tra điều kiện của tín hiệu chia sẻ. Nếu đó là tín hiệu chia sẻ đơn trạng thái như đã nêu trong quy trình tính toán, giá trị K_l sẽ được cài đặt luôn bằng 1, các trường hợp tổ hợp khác với $K_l=0$ sẽ được bỏ qua. Còn nếu đó là tín hiệu chia sẻ bình thường, ta sẽ sử dụng vòng lặp để cài đặt các giá trị 0 và 1 cho biến K_l . Sau mỗi giá trị được cài đặt cho K_l , ta quay lui về điểm lựa chọn và tiếp tục cài đặt trạng thái cho biến K_{l+1} . Khi đã cài đặt đủ bộ trạng thái, các giá trị A_i và B_i theo công thức sẽ được tính toán nhờ hàm $AB(m)$ đã xây dựng trong phần trước. Từ đó, ta tính được xác suất tích lũy P_R theo công thức. Quá trình tìm kiếm tổ hợp kết thúc khi không còn điểm lựa chọn nào cho biến K_l nữa. Quy trình này sẽ được thực hiện bằng hàm đệ quy Try mà trong đó mỗi lời gọi đến hàm Try sẽ lấy thêm một biến K_l và lần lượt gán tất cả các giá trị 0, 1 cho biến đó, với mỗi lần gán giá trị, ta lại gọi chuỗi đệ quy Try tiếp theo để thử các biến K_{l+1} tiếp theo.

3.1.2.4. Thuật toán phân tích định lượng hướng mục tiêu

Với các hàm đã xây dựng ở trên, chương trình chính phân tích định lượng hướng mục tiêu có thể mô tả bằng sơ đồ thuật toán như Hình 3.6.

Ở phần đầu của thuật toán, bộ dữ liệu đầu vào mô tả mô hình hướng mục tiêu được nhập vào. Trong đó, N là số toán tử trong mô hình; $CT(a)$, $\mu(a)$, $\lambda(a)$, $nS(a)$ lần lượt là các biến mảng 1 chiều mô tả loại toán tử, cường độ bảo dưỡng, sửa chữa, cường độ hỏng, số lượng tín hiệu đầu vào của toán tử thứ a ; t là thời gian khảo sát; $nS(a)$ là biến mảng 1 chiều mô tả số dòng tín hiệu đầu vào của toán tử thứ a ; $S(i,2,a)$ và $S(i,1,a)$ là các biến mảng 3 chiều mô tả lần lượt số thứ tự của dòng tín hiệu đầu vào thứ i của toán tử thứ a và số thứ tự của toán tử sinh ra dòng tín hiệu đó; L là số tín hiệu chia sẻ trong hệ thống; $SS(j,1)$ và

$SS(j,2)$ là các biến mảng 2 chiều lần lượt mô tả số thứ tự của tín hiệu chia sẻ thứ j trong hệ thống và phân loại của tín hiệu chia sẻ đó.



Hình 3.6. Sơ đồ chính phân tích định lượng hướng mục tiêu

Sau khi nhập bộ dữ liệu đầu vào, ta tính toán được xác suất làm việc thành công của các toán tử theo phương trình (3.2) như dưới đây:

$$P_C(a) = \frac{\mu(a)}{\lambda(a) + \mu(a)} + \frac{\lambda(a)}{\lambda(a) + \mu(a)} e^{-(\lambda(a) + \mu(a))t} \quad (4.1)$$

Tiếp tục tìm kiếm các tín hiệu chia sẻ dạng đơn trạng thái như đã trình bày trong quy trình tính toán, các tín hiệu này sau đó sẽ được đánh dấu để lọc trạng thái ở các bước tính toán tiếp theo.

Xác suất tích lũy của tín hiệu đầu ra hệ thống được cài đặt về giá trị 0, biến l được cài đặt về giá trị 1. Sau đó, quá trình quay lui sẽ được thực hiện với lời gọi hàm $Try(l)$. Trong quá trình này, giá trị của biến PR sẽ được tính toán tới khi khảo sát hết các tổ hợp trạng thái của các tín hiệu chia sẻ. Sau cùng, giá trị chính xác PR biểu diễn xác suất thành công của tín hiệu đầu ra hệ thống được tính toán và xuất ra. Các tính toán cần thiết được thực hiện nhờ hàm $AB(m)$ như đã giới thiệu trong phần trước.

3.1.3. Xây dựng thuật toán phân tích định tính hướng mục tiêu

3.1.3.1. Quy trình thực hiện

Dựa trên các bước thực hiện của quy trình phân tích định tính hướng mục tiêu đã trình bày trong chương 2, ta thấy nội dung chính của phân tích định tính hướng mục tiêu là xác định các bộ cắt tối thiểu trong hệ thống. Các bước xác định bộ cắt tối thiểu bậc n trong hệ thống có thể thực hiện như sau:

Bước 1: Nhập dữ liệu đầu vào

Bước 2: Lựa chọn bộ n toán tử hàm trên tổng số toán tử hàm trong hệ thống

Bước 3: Đặt xác suất làm việc thành công của n toán tử hàm trên bằng 0.

Bước 4: Kiểm tra nếu xác suất làm việc thành công của hệ thống bằng 0 thì bộ n toán tử ở bước 2 là một bộ cắt tối thiểu bậc n .

Bước 5: Đặt xác suất làm việc thành công của n toán tử hàm về giá trị ban đầu.

Bước 6: Quay lại bước 2 tới khi khảo sát hết các bộ n toán tử hàm trong hệ thống.

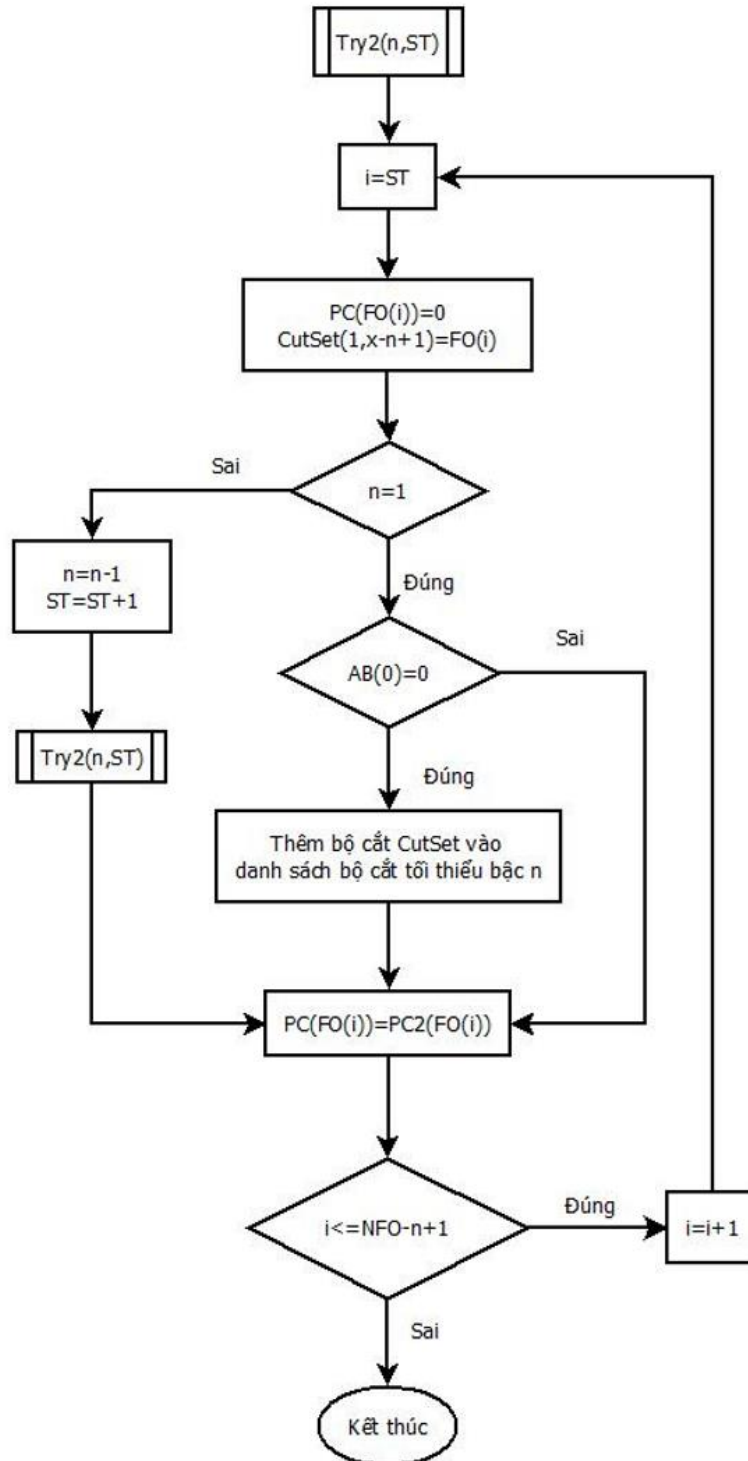
Với quy trình trên, bước 1 sẽ sử dụng dữ liệu đầu vào và kết quả của phân tích định lượng, người dùng chỉ phải nhập thêm yêu cầu về bậc của bộ cắt tối thiểu cần xác định. Bước 2 được thực hiện nhờ kỹ thuật giải quay lui đã giới thiệu trong phần trước. Các bước còn lại có thể thực hiện dễ dàng trong các bước giải đệ quy của kỹ thuật quay lui.

3.1.3.2. Thuật toán phân tích định tính hướng mục tiêu

Nội dung cốt lõi của việc xác định bộ cắt tối thiểu là việc ứng dụng kỹ thuật quay lui để khảo sát, lựa chọn bộ n toán tử hàm để cài đặt giá trị 0. Do các toán tử trong bộ cắt này đều được cài đặt giá trị 0 nên thứ tự toán tử lựa chọn là không quan trọng. Sơ đồ thuật toán ứng dụng kỹ thuật quay lui để xác định bộ cắt tối thiểu được cho như Hình 3.7 bên dưới.

Trong đó, sử dụng hàm đệ quy *Try2* với tham số đầu vào là bậc m của bộ cắt tối thiểu đang khảo sát và điểm bắt đầu ST ; FO là mảng chứa số thứ tự của toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu; NFO là kích thước của mảng FO , tương đương với số lượng toán tử hàm có trong mô hình hướng mục tiêu; $PC(i)$ là xác suất làm việc thành công của toán tử thứ i trong mô hình hướng mục tiêu; $PC2$ là mảng phụ mang giá trị như mảng PC , dùng để khôi phục giá trị cho $PC(i)$ sau mỗi lần kiểm tra; $CutSet$ là mảng lưu trữ các bộ cắt được kiểm tra; x là bậc của bộ cắt tối thiểu cần khảo sát.

Bên trong hàm đệ quy *Try2*, một vòng lặp được sử dụng để chọn toán tử thứ $m(m=1..x)$ trong bộ cắt tối thiểu bậc x . Như vậy, sự đệ quy của hàm *Try2* cho phép khảo sát m toán tử trong bộ cắt tối thiểu bậc x . Còn vòng lặp sử dụng trong hàm *Try2* cho phép chọn toán tử hàm vào vị trí m đang được khảo sát.



Hình 3.7. Sơ đồ thuật toán tìm bộ cắt tối thiểu bậc x

Với mỗi toán tử được khảo sát, ta cài đặt giá trị cho xác suất làm việc thành công của toán tử hàm đó bằng 0, đồng thời đánh dấu toán tử đó vào bộ cắt *CutSet*. Khi đã chọn đủ x toán tử, ta kiểm tra xác suất làm việc thành công của hệ thống

bằng hàm $AB(m)$ đã giới thiệu trong phần trước. Nếu $AB(m)=0$, bộ cắt đang khảo sát là một bộ cắt tối thiểu bậc x , bộ cắt $CutSet$ được thêm vào danh sách bộ cắt tối thiểu bậc x . Sau mỗi vòng khảo sát, ta trả lại giá trị ban đầu cho xác suất làm việc thành công của toán tử hàm bằng cách sử dụng biến mảng phụ $PC2$. Kết thúc hàm $Try2$, ta xác định được các bộ cắt tối thiểu bậc x .

Như vậy, đối với phần chương trình chính, sau khi đã có số liệu đầu vào và thực hiện phân tích định lượng, ta chỉ cần cài đặt thêm giá trị cho mảng phụ $PC2$, các giá trị ban đầu của hàm $Try2$ và xác định bậc x của bộ cắt tối thiểu cần tìm. Sau đó, hàm $Try2$ đã sẵn sàng hoạt động.

3.2. Phân tích đánh giá độ tin cậy cho một số mạch và hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320

Để lựa chọn các mốc thời gian khảo sát định lượng hệ thống, luận án dựa vào chu kỳ bảo dưỡng đang được quy định áp dụng đối với xe Kamaz-5320. Quy định này được giới thiệu trong bảng Bảng 3.1. Trong đó, với tốc độ sử dụng trung bình của xe là 40km/h, ta xác định được khoảng thời gian đến bảo dưỡng cấp I là 50 giờ sử dụng, thời gian đến bảo dưỡng cấp II là 300 giờ sử dụng.

Bảng 3.1. Hạn mức tiến hành bảo dưỡng cấp I và bảo dưỡng cấp II đối với xe Kamaz-5320

TT	Điều kiện hoạt động	Đơn vị	Chu kỳ	
			Bảo dưỡng cấp I	Bảo dưỡng cấp II
1	Điều kiện bình thường	Km	2000	10.000
		Tháng	2	10
2	Điều kiện khắc nghiệt	Km	1200	3600
		Tháng	1,2	4
3	Điều kiện ở đảo	Km	1000	3000
		Tháng	1	3

TT	Điều kiện hoạt động	Đơn vị	Chu kỳ	
			Bảo dưỡng cấp I	Bảo dưỡng cấp II
4	Điều kiện vùng ven biển	Km	1200	3600
		Tháng	1,2	4

Như vậy, với các mô hình hướng mục tiêu của các mạch và hệ thống đã xây dựng, ta nhập các thông số mô hình vào chương trình máy tính đã xây dựng từ thuật toán ở phần trước và xác định được kết quả phân tích định lượng, phân tích định tính đối với mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trong hai trường hợp: có khả năng sửa chữa phục hồi và không có khả năng sửa chữa phục hồi như Bảng 3.2 và Bảng 3.3.

Bảng 3.2. Kết quả phân tích định lượng của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác

STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Xác suất làm việc thành công của hệ thống	
		Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi	Hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi
1	0	1	1
2	50	0.992741	0.992292
3	300	0.947510	0.939244
4	600	0.877939	0.855736
5	1000	0.775184	0.732745
6	2000	0.536456	0.456377
7	4000	0.244401	0.155393
8	6000	0.117462	0.051769
9	8000	0.061336	0.017595
10	10000	0.034685	0.006103

Bảng 3.3. Kết quả phân tích định tính của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác

Số thứ tự toán tử	Phần tử hỏng	Xác suất hỏng của bộ cắt tối thiểu	
		Hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi	Hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi
1	Máy nén khí	0.000720	0.000719
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000290	0.000289
3	Van ổn định áp suất	0.003993	0.003992
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000290	0.000289
5	Bộ chống đông	0.001400	0.001399
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000310	0.000309
11	Tác động điều khiển của lái xe	0	0
12	Cần dẫn	0.000100	0.000999

Tương tự, các kết quả phân tích định lượng, phân tích định tính hướng mục tiêu cho mạch phanh dừng, phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc và toàn bộ hệ thống phanh trên xe Kamaz-5320 được trình bày trong Phụ lục 6. Trong đó, các bộ cắt tối thiểu bậc 2 có xác suất hỏng rất nhỏ (dưới 10^{-6}) nên luận án chỉ trình bày xác suất hỏng của các bộ cắt tối thiểu bậc 1. Xác suất hỏng của các bộ cắt tối thiểu được xác định tại điểm khảo sát 50 giờ sử dụng.

3.3. Đánh giá, nhận xét

3.3.1. Kết quả phân tích định lượng

Từ các kết quả phân tích định lượng đã đạt được Trong phụ lục 6, ta xây dựng được đồ thị suy giảm độ tin cậy của các hệ thống theo thời gian như trong Hình 3.8. Điểm O tương ứng với thời điểm ban đầu, điểm A và C lần lượt tương ứng với thời điểm độ dốc của đường D1, D4 và D2, D3 bắt đầu tăng mạnh nhất.

Điểm B, D lần lượt tương ứng với thời điểm độ dốc của đường D1, D4 và D2, D3 bắt đầu giảm mạnh nhất.

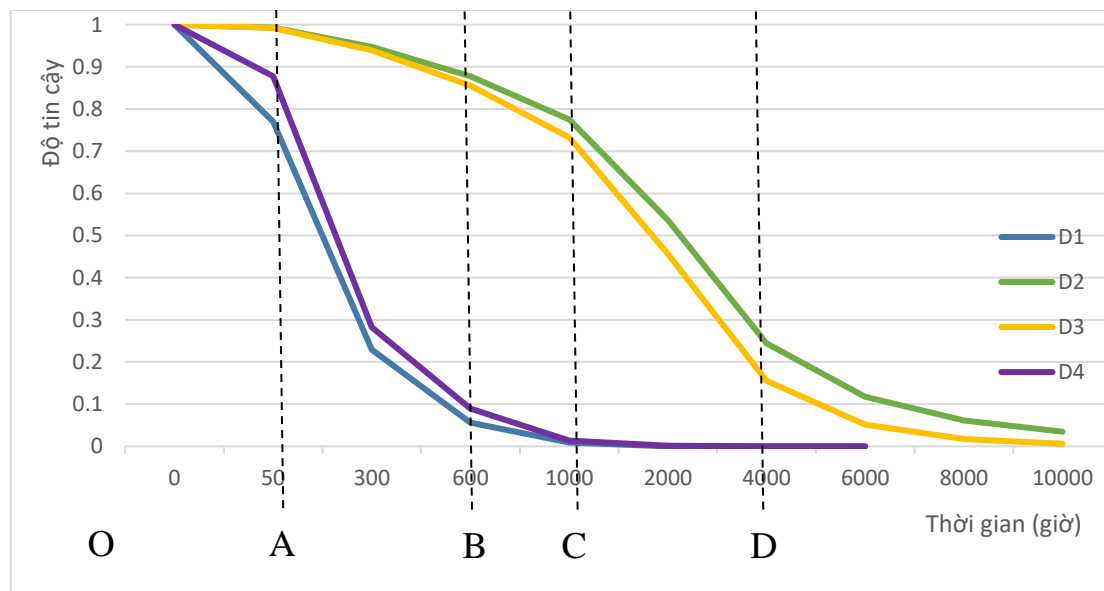
Trong đó:

+ D1: Độ tin cậy theo thời gian của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320.

+ D2: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh phanh công tác với đặc tính có khả năng sửa chữa phục hồi

+ D3: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh phanh công tác với đặc tính không có khả năng sửa chữa phục hồi

+ D4: Độ tin cậy theo thời gian của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ moóc

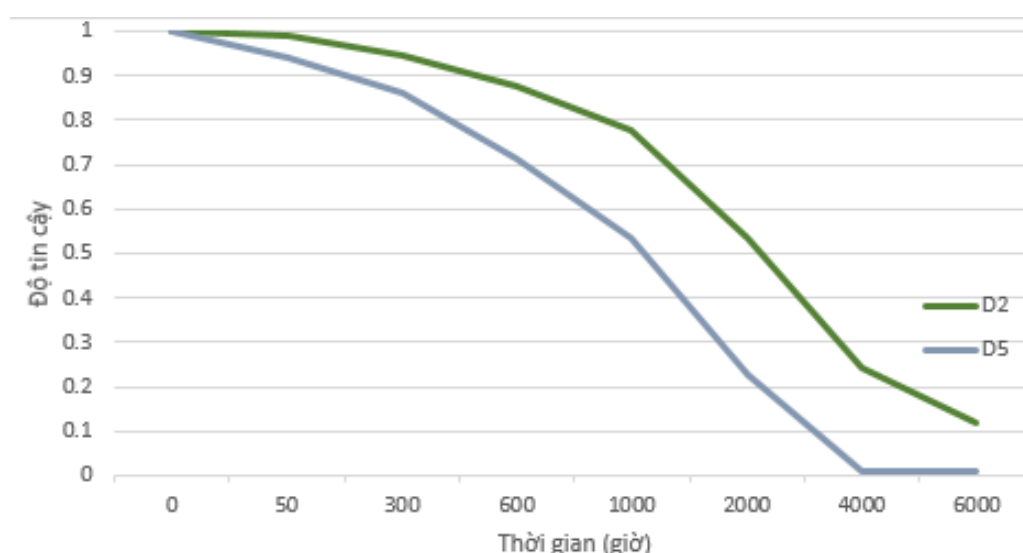


Hình 3.8. Sự suy giảm độ tin cậy của các hệ thống theo thời gian

Có thể rút ra một số kết luận như sau:

1) Mặc dù các phần tử trong các hệ thống đều được giả thiết có sự thay đổi độ tin cậy theo thời gian thuộc phân bố mũ. Tuy nhiên, sự suy giảm độ tin cậy theo thời gian của các hệ thống lại phức tạp hơn vậy, phân bố mũ là không đủ để mô tả sự thay đổi này. Như ở Hình 3.8, dễ thấy các đường cong độ tin cậy chỉ có thể dùng quy luật phân bố Weibull với tham số khác nhau để mô tả.

2) Kích thước hệ thống càng lớn (hệ thống có càng nhiều phần tử) thì sự suy giảm độ tin cậy càng diễn ra nhanh chóng. Ở Hình 3.8, tại cùng một thời điểm khảo sát, giữa các hệ thống có kết cấu tương tự nhau thì hệ thống có kích thước lớn hơn luôn có độ tin cậy thấp hơn. Ngoài ra, như luận án đã chỉ ra trong phần cơ sở lý thuyết khi trình bày về các thuật toán hướng mục tiêu, với hệ thống có tín hiệu chia sẻ, nếu dùng thuật toán trực tiếp, sẽ gây ra sai số lớn khi tính toán xác định độ tin cậy của hệ thống. Sự sai lệch sẽ càng lớn khi tăng thời gian khảo sát hoặc tăng kích thước hệ thống. Điều này có thể nhận thấy dễ dàng qua đồ thị trên Hình 3.9 khi mà độ dốc của đường D5 lớn hơn đường D2, độ dốc của đường D6 lớn hơn đường D4.

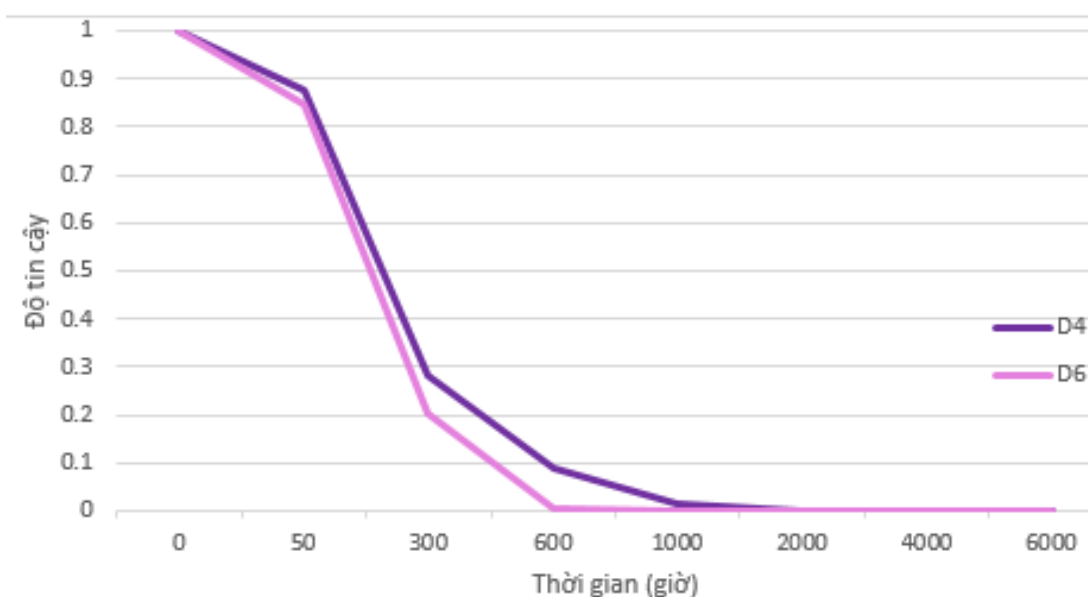


Hình 3.9. Suy giảm độ tin cậy của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác khi dùng thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ và thuật toán trực tiếp

Trong đó:

+ D2: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác khi dùng thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ

+ D5: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác khi dùng thuật toán trực tiếp



Hình 3.10. Suy giảm độ tin cậy của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ moóc

Trong đó:

+ D4: Độ tin cậy theo thời gian của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ moóc khi dùng thuật toán hướng mục tiêu cho tín hiệu chia sẻ

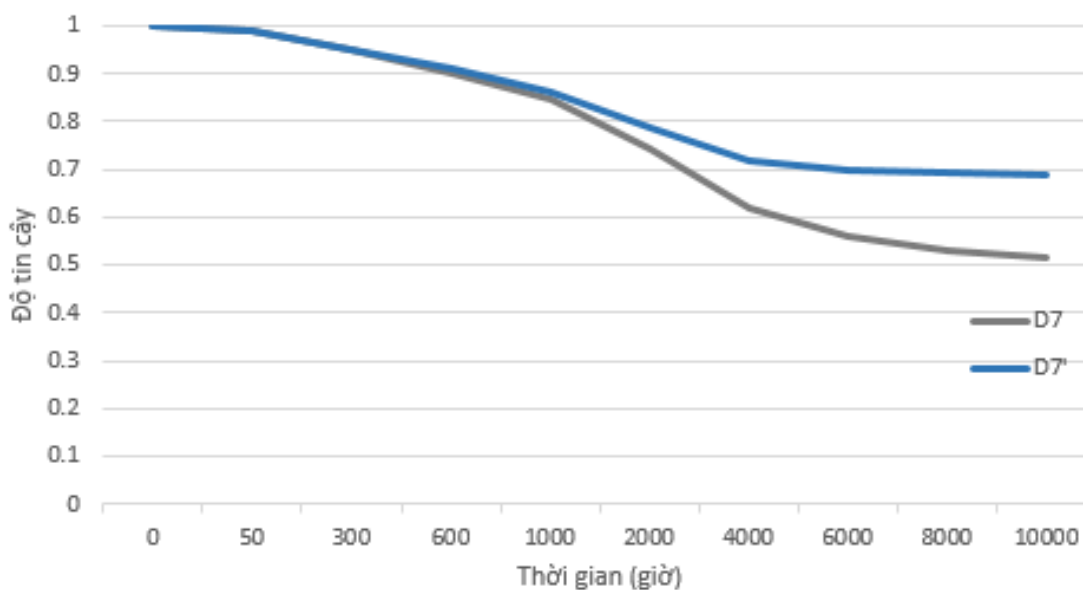
+ D5: Độ tin cậy theo thời gian của mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp rơ moóc khi dùng thuật toán trực tiếp

3) Đối với hệ thống có kết cấu dự phòng, và đặc biệt là hệ thống có cấu trúc chính dạng song song (cổng kết luận là cổng “OR”), độ tin cậy theo thời gian sẽ có dạng phân bố Weibull với tham số hình dạng b mang giá trị lớn (đối chiếu với Hình 2.4). Ngược lại, với hệ thống có cấu trúc chính dạng nối tiếp (cổng kết luận là cổng “AND”), độ tin cậy theo thời gian có dạng phân bố Weibull với tham số hình dạng b mang giá trị nhỏ. Điều này cũng đồng nghĩa với việc hệ thống có cấu trúc chính dạng song song luôn có độ tin cậy cao hơn và sự suy giảm độ tin cậy chậm hơn ở giai đoạn đầu sử dụng so với hệ thống có cấu trúc chính dạng nối tiếp. Ở Hình 3.8, ta thấy toàn bộ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 (đường D1) mặc dù có nhiều cấu trúc song song

nhưng do ta khảo sát hệ thống với giả thiết nguyên tắc làm việc thành công của hệ là làm việc tốt ở cả trạng thái phanh và không phanh nên công kết luận “AND” của hệ thống đã làm mở rộng yêu cầu của hệ và làm giảm độ tin cậy của hệ với yêu cầu đang đặt ra. Trong khi đó, mạch dẫn động điều khiển phanh công tác (đường D2 và D3) chỉ khảo sát với yêu cầu hệ thống làm việc ở trạng thái phanh, mạch lại có cấu trúc song song và kích thước nhỏ hơn nhiều. Nên độ tin cậy của mạch này cao hơn hẳn.

4) So sánh mạch dẫn động điều khiển phanh công tác giữa hai đặc trưng là có và không có khả năng sửa chữa phục hồi. Nhận thấy, hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi, độ tin cậy sẽ suy giảm chậm hơn. Mức độ suy giảm độ tin cậy chậm hơn và giới hạn dưới của độ tin cậy hệ thống phụ thuộc vào đường tiệm cận dưới của đồ thị độ tin cậy. Điều này hoàn toàn phù hợp với biểu thức (2.7) tính toán cho độ tin cậy của các phần tử trong hệ, khi mà hệ thống không có khả năng sửa chữa phục hồi, độ tin cậy của phần tử sẽ suy giảm về tiệm cận giá trị “0”. Trong khi đó, với hệ thống có khả năng sửa chữa phục hồi, độ tin cậy của phần tử suy giảm về tiệm cận giá trị “ $\frac{\mu}{\lambda+\mu}$ ”. Với sự thay đổi nhỏ của đường tiệm cận dưới, độ tin cậy và tốc độ suy giảm độ tin cậy của hệ thống có thể được nâng cao đáng kể. Vì trong các hệ thống có nhiều phần tử, đường tiệm cận dưới của đồ thị mang giá trị rất nhỏ, nên ta rất khó nhận biết sự thay đổi chênh lệch giữa các đường tiệm cận này khi quan sát đồ thị ở tỉ lệ đầy đủ. Do vậy, để quan sát rõ đặc điểm này, luận án phân tích sự suy giảm độ tin cậy cho một số phần tử yếu trong hệ thống như trong Hình 3.11 và Hình 3.12. Ở cơ cấu phanh cầu trước, với cường độ hỏng 0,00018 lần/giờ và cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo thống kê là 0,00018 lần/giờ, độ tin cậy của cụm suy giảm về tiệm cận đường $P_R = 0,5$. Khi nâng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa cụm lên 0,0004 lần/giờ, đặc tính suy giảm độ tin cậy của cụm đã được nâng lên, sự suy giảm tiệm cận về đường $P_R \approx 0,069$. Ta dễ dàng thấy được, trong khoảng 1000 giờ sử dụng đầu tiên, độ tin cậy cơ cấu phanh cầu

trước thay đổi không đáng kể. Nhưng từ 1000 giờ sử dụng trở đi, độ tin cậy của cơ cấu phanh đã được nâng lên thấy rõ. Sự thay đổi tương tự cũng diễn ra ở cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau khi nâng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa từ 0,0002 lần/giờ lên mức 0,0004 lần/giờ. Trong thực tế, việc nâng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của cụm còn phụ thuộc vào tính kinh tế, bởi bảo dưỡng, sửa chữa nhiều hơn đòi hỏi chi phí cao hơn.

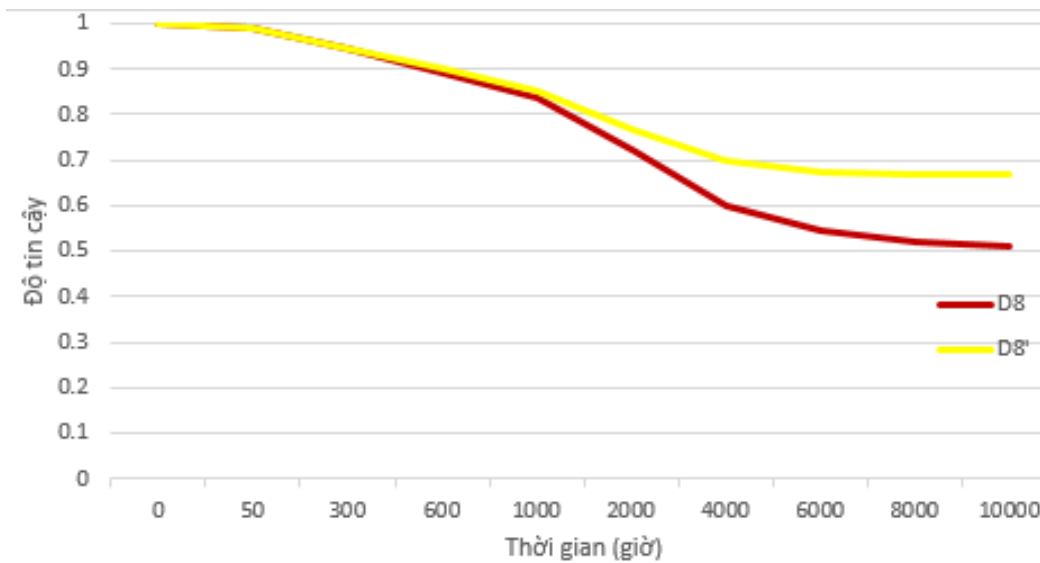


Hình 3.11. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu trước theo thời gian

Trong đó:

+ D7: Sự suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu trước với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu thống kê.

+ D7': Sự suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu trước với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu điều chỉnh nâng cao.



Hình 3.12. Suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau theo thời gian

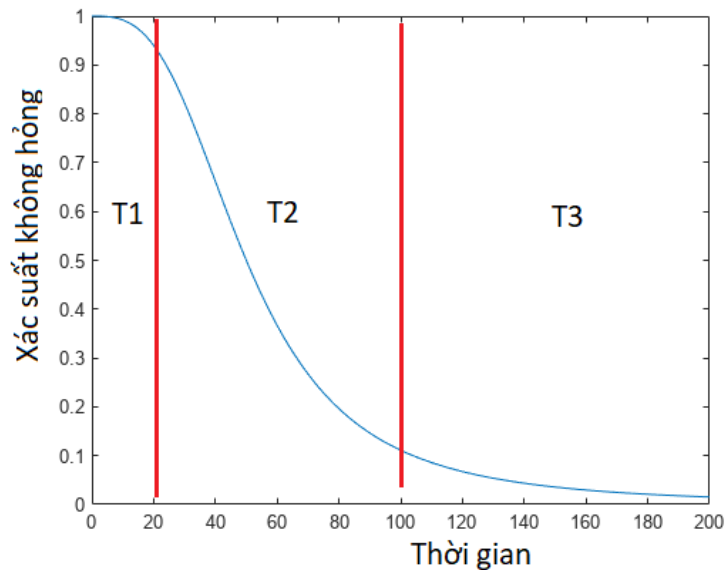
Trong đó:

+ D8: Sự suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu thống kê.

+ D8': Sự suy giảm độ tin cậy của cơ cấu phanh cầu giữa và cầu sau với cường độ bảo dưỡng, sửa chữa theo số liệu điều chỉnh nâng cao.

5) Nhìn chung, ở các hệ thống, sự thay đổi tốc độ suy giảm độ tin cậy có thể chia làm 3 giai đoạn như Hình 3.13. Trong đó, độ tin cậy ở giai đoạn T1 suy giảm chậm sau đó nhanh dần ở giai đoạn T2 và chậm dần ở giai đoạn T3. Điều này được xác nhận bởi độ dốc đồ thị độ tin cậy các hệ thống ở trong mỗi giai đoạn. Ở bước chuyển tiếp từ giai đoạn T1 sang giai đoạn T2, tốc độ suy giảm độ tin cậy bắt đầu tăng mạnh, đây là thời điểm lý tưởng để thực hiện công tác bảo dưỡng, nâng cao độ tin cậy hệ thống. Ở Hình 3.8, giai đoạn T1 của toàn bộ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 (đường D1) là khoảng OA, ngắn hơn so với khoảng OC của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác (đường D2 và D3). Điều này có nghĩa là, hệ thống có độ tin cậy tốt hơn sẽ chỉ cần bảo dưỡng sau khoảng thời gian sử dụng dài hơn. Thời điểm bảo dưỡng thích hợp cho đường D1

là khoảng 50 giờ sử dụng, còn đường D2 hoặc D3 chỉ cần bảo dưỡng sau khoảng 600-1000 giờ sử dụng để duy trì tình trạng kỹ thuật tương đương.



Hình 3.13. Các khoảng thay đổi tốc độ suy giảm độ tin cậy hệ thống

3.3.2. Kết quả phân tích định tính

Kết quả phân tích định tính cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 được trình bày trong Bảng 2 (Phụ lục 6). Từ kết quả này có thể thấy, trong hệ thống được khảo sát, các cơ cấu phanh là các bộ cắt bậc 1 có xác suất hỏng lớn nhất. Đây là các phần tử yếu nhất trong hệ thống. Để nâng cao độ tin cậy của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320, ta cần quan tâm nâng cao tần suất bảo dưỡng, sửa chữa đối với các chi tiết của cơ cấu phanh. Tương tự, với các kết quả phân tích định tính cho mạch điều khiển phanh công tác (Bảng 4, Phụ lục 6), van ổn định áp suất là bộ cắt tối thiểu yếu nhất trong hệ thống.

3.4. Kết luận chương 3

Qua nội dung chương 3 ta thấy:

- Khái niệm và bản chất của tín hiệu chia sẻ cũng như phát triển phương pháp khử ảnh hưởng sai lệch khi tính toán xác định độ tin cậy đối với hệ thống có chứa tín hiệu chia sẻ được phân tích rõ hơn.

- Xây dựng thành công thuật toán máy tính tổng quát giúp phân tích định lượng và phân tích định tính hướng mục tiêu cho hệ thống bất kỳ. Trong đó, ứng dụng hiệu quả kỹ thuật quay lui vào xây dựng thuật toán, cho phép khảo sát đầy đủ, chính xác các bộ tổ hợp tín hiệu chia sẻ cũng như bộ cắt trong hệ thống. Nếu như áp dụng thuần túy các công thức thuật toán của phương pháp hướng mục tiêu để xây dựng ứng dụng máy tính phân tích đánh giá độ tin cậy cho một hệ thống, ứng dụng này sẽ chỉ phù hợp với hệ thống mà ta xây dựng. Như vậy, với mỗi hệ thống cần phân tích, người dùng phải điều chỉnh ứng dụng cho phù hợp với hệ thống cần phân tích. Với thuật toán được xây dựng trong chương này, các ứng dụng máy tính, công cụ nhúng có thể được thiết lập, cho phép người dùng tránh được nhược điểm này

- Thuật toán thu được cho phép phân tích đạt hiệu suất cao hơn so với việc ứng dụng thuần túy các thuật toán của phương pháp hướng mục tiêu trong phân tích định lượng và phân tích định tính. Kết quả cho thấy phân tích sử dụng bộ lọc giúp phân tích định lượng hệ thống mất thời gian tính toán chỉ vào khoảng 10 giây, trong khi đó, nếu không sử dụng bộ lọc thì có thể mất đến hàng giờ. Đối với các hệ thống có kích thước càng lớn, giá trị và ý nghĩa của thuật toán càng được thể hiện rõ hơn.

- Độ tin cậy của hệ thống phanh nói riêng và các hệ thống nói chung chịu ảnh hưởng của một số yếu tố đặc trưng như: Kích thước hệ thống, kết cấu dự phòng, tính chất “(không) có khả năng sửa chữa phục hồi”,...Độ tin cậy của hệ thống cao hơn và có sự suy giảm diễn ra chậm hơn khi:

- + Giảm kích thước hệ thống (giảm số phần tử của hệ thống);
- + Hệ thống có kết cấu chính dạng song song;
- + Tăng số lượng kết cấu dự phòng tại các vị trí yếu trong hệ thống;
- + Tăng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa của các phần tử trong hệ thống.

CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ

Trong chương 2, luận án đã giới thiệu cơ sở lý thuyết phương pháp thực nghiệm gia cường, đồng thời ứng dụng thành công phương pháp hướng mục tiêu trong đánh giá độ tin cậy cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 trong chương 3. Ở chương này, mạch dẫn động điều khiển phanh công tác với đặc tính không có khả năng sửa chữa sẽ được lựa chọn làm hệ thống khảo sát để thực nghiệm gia cường, xử lý số liệu và ước lượng độ tin cậy nhằm xác thực hiệu quả ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu trong phân tích đánh giá lý thuyết.

4.1. Mục đích thực nghiệm

Thực nghiệm gia cường mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 với đặc tính không có khả năng sửa chữa phục hồi nhằm mục đích:

- Xác định hư hỏng của hệ thống và các phần tử trong hệ làm cơ sở đánh giá và kiểm chứng kết quả phân tích định tính lý thuyết như trong Bảng 3.3.

- Xác định thời gian đến hỏng (Time to failure – TTF) tại từng chế độ thực nghiệm để ước lượng độ tin cậy của hệ thống trong một chu kỳ tuổi thọ, kiểm chứng kết quả tính toán định lượng lý thuyết theo Bảng 3.2.

4.2. Cơ sở lý thuyết đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp thực nghiệm

4.2.1. Khái niệm thực nghiệm gia cường

Để định lượng các đặc trưng tuổi thọ của sản phẩm, các phân tích dữ liệu tuổi thọ truyền thống thường thu thập dữ liệu ở điều kiện hoạt động bình thường của sản phẩm. Tuy nhiên, các sản phẩm ngày nay hầu hết có tuổi thọ rất lớn, yêu cầu thu thập dữ liệu đặc trưng tuổi thọ lại phải thực hiện trong thời gian ngắn. Do đó, việc thu thập các dữ liệu tuổi thọ sản phẩm ở điều kiện hoạt động bình thường là rất khó khăn, thậm chí là bất khả thi. Như vậy, yêu cầu đặt ra là phải tạo ra điều kiện thực nghiệm phù hợp để tác động khiến các hư hỏng ở sản phẩm xuất hiện sớm hơn so với khi hoạt động bình thường. Giải quyết vấn đề đó, thực nghiệm gia cường đã được nghiên cứu, phát triển.

Vậy, *thực nghiệm gia cường* là phương pháp thực nghiệm sử dụng các trang, thiết bị để tạo ra các điều kiện sử dụng khác bình thường của sản phẩm. Trong đó, một hoặc nhiều điều kiện chính có thể điều chỉnh tăng cường nhằm thúc đẩy nhanh vòng đời sản phẩm, từ đó giúp thu thập thông tin về độ tin cậy sản phẩm nhanh hơn.

4.2.2. Các phương pháp gia cường

4.2.2.1. Phương pháp gia cường cường độ sử dụng

Đối với các sản phẩm không hoạt động liên tục trong điều kiện bình thường, nếu thiết bị thử nghiệm được vận hành liên tục thì sẽ xảy ra hỏng hóc sớm hơn so với thiết bị được thử nghiệm ở mức sử dụng bình thường. Ngoài ra, vì không nhất thiết phải có tất cả các bộ phận của sản phẩm bị hư hỏng trong thực nghiệm gia cường, thông tin hữu ích về độ tin cậy có thể thu được trong thời gian ngắn hơn nhiều so với tuổi thọ thực tế của sản phẩm.

Ví dụ, tuổi thọ trung bình của lớp xe ô tô là 10 năm, dựa trên cường độ sử dụng (lăn bánh trên đường) giả định là 10 giờ tải mỗi tuần. Nếu lớp xe được thử nghiệm ở 70 giờ tải mỗi tuần (10 giờ mỗi ngày), tuổi thọ trung bình của mẫu lớp xe thử nghiệm đó sẽ giảm xuống còn khoảng 18 tháng, với giả định rằng cường độ sử dụng tăng lên không làm thay đổi phân bố hư hỏng ở lớp.

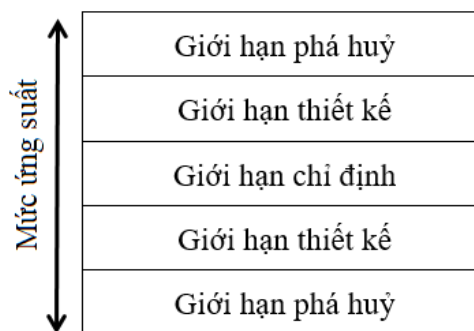
Hạn chế của phương pháp gia cường cường độ sử dụng là không thể áp dụng với các sản phẩm có cường độ sử dụng bình thường cao, khi ấy, phương pháp này tỏ ra không hiệu quả do tỉ lệ thời gian thực nghiệm so với tuổi thọ sản phẩm là nhỏ. Do đó, phương pháp này chỉ áp dụng với các sản phẩm, hệ thống có cường độ sử dụng bình thường thấp.

4.2.2.2. Phương pháp gia cường yếu tố tác động làm việc

Phương pháp gia cường yếu tố tác động làm việc được thực hiện bằng cách tác động vào sản phẩm (các) loại yếu tố tác động ở mức vượt quá (các) mức yếu tố tác động mà sản phẩm đó sẽ gặp phải trong điều kiện sử dụng bình thường (ví

du, tăng biên độ trong chu kỳ nhiệt độ, điện áp, áp suất,.../ tăng cường độ với trường hợp tải không phụ thuộc thời gian). Dữ liệu về thời gian hư hỏng thu được trong các điều kiện này sau đó được sử dụng để ngoại suy các giá trị tương ứng với các điều kiện sử dụng bình thường. Các thực nghiệm gia cường có thể được thực hiện ở nhiệt độ cao hoặc thấp, độ ẩm, điện áp, áp suất, độ rung, v.v. để tăng tốc hoặc kích thích các cơ chế hỏng hóc. Chúng cũng có thể được thực hiện khi kết hợp các loại yếu tố tác động này. Tuy nhiên, việc kết hợp gia cường nhiều loại yếu tố tác động đòi hỏi mô hình vật lý phức tạp phù hợp với nó, thực nghiệm gia cường vì vậy cũng sẽ trở nên phức tạp hơn để thực hiện.

Các loại yếu tố tác động, mức yếu tố tác động trong thực nghiệm gia cường nên được chọn phù hợp để chúng tăng tốc các kiểu hỏng hóc đang được xem xét nhưng không tạo ra các kiểu hỏng hóc sẽ không bao giờ xảy ra trong các điều kiện sử dụng. Thông thường, các mức yếu tố tác động này sẽ nằm ngoài giới hạn đặc điểm kỹ thuật của sản phẩm nhưng nằm trong giới hạn thiết kế như hình minh họa dưới đây.



Hình 4.1. Các khoảng giới hạn mức yếu tố tác động cho phép của sản phẩm

Việc lựa chọn yếu tố tác động, mức yếu tố tác động, thiết lập thực nghiệm và sử dụng hợp lý phương pháp luận thiết kế thực nghiệm (DOE-design of experiments) [26] phù hợp là cực kỳ quan trọng. Rõ ràng, khi tăng mức yếu tố tác động được sử dụng trong một bài thực nghiệm gia cường, thì thời gian thực nghiệm sẽ giảm xuống (vì các lỗi sẽ xảy ra nhanh hơn). Tuy nhiên, khi mức yếu

tác động càng xa điều kiện sử dụng, độ không đảm bảo trong phép ngoại suy cũng càng tăng. Điều đó có nghĩa là việc ngoại suy các kết quả đo theo điều kiện sử dụng bình thường sẽ càng đem lại sai số lớn, đây cũng chính là hạn chế của phương pháp này.

4.2.2.3. Phương pháp gia cường tốc độ lão hoá sản phẩm

Đây là phương pháp gia cường mà trong đó, thực nghiệm sẽ đặt các yếu tố tác động thuộc điều kiện môi trường như: nhiệt, độ ẩm, oxy, bụi, ánh sáng mặt trời, độ rung,... ở mức tác động lớn hơn để tăng tốc quá trình lão hóa bình thường của các sản phẩm. Dưới tác động mạnh của các nhân tố môi trường, các sản phẩm có thành phần hoá học bị ảnh hưởng sẽ dễ dẫn đến trạng thái hư hỏng sớm hơn do các liên kết hoá học bị đứt gãy hoặc các phản ứng hoá học không mong muốn xảy ra. Ví dụ: Polyme thường được giữ ở nhiệt độ cao để tăng tốc độ phân hủy hóa học, các chi tiết cao su loại không chịu axit nhanh chóng bị lão hoá khi đặt trong môi trường độ ẩm và nồng độ khí nhà kính cao,...

Phương pháp này thường được sử dụng để giúp xác định ảnh hưởng lâu dài của mức độ tải dự kiến trong thời gian ngắn hơn thực tế sử dụng của các sản phẩm như: cao su, mạch điện tử bán dẫn,... Nó được sử dụng để ước tính tuổi thọ hữu ích của các sản phẩm này hoặc thời hạn sử dụng khi không có dữ liệu về tuổi thọ thực tế.

4.2.3. Các mô hình toán trong thực nghiệm gia cường

Trong thực nghiệm gia cường, các mô hình toán [27] mô tả mối quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động ở sản phẩm. Nó cho biết sự thay đổi của các đặc trưng tuổi thọ ở sản phẩm khi thay đổi mức độ của yếu tố tác động. Do đó, dựa vào các mô hình toán này, ta có thể ngoại suy các hàm mô tả các đặc trưng tuổi thọ sản phẩm từ dữ liệu tuổi thọ thu được khi thực nghiệm ở nhiều mức yếu tố tác động khác nhau. Dưới đây, luận án giới thiệu một số mô hình toán với mức yếu tố tác động không đổi theo thời gian thường dùng trong thực nghiệm gia cường.

4.2.3.1. Mô hình nghịch đảo lũy thừa

Mô hình nghịch đảo lũy thừa [28] được sử dụng phổ biến cho các thực nghiệm với các yếu tố tác động phi nhiệt (tần suất hoạt động, độ rung, điện áp,...), đặc biệt là thực nghiệm gia cường cường độ sử dụng. Yêu cầu đặt ra cho các mô hình dạng này là tuổi thọ hữu ích của sản phẩm phải được mô hình hóa theo các mức tần suất hoạt động và tần suất hoạt động không được ảnh hưởng đến dạng phân bố hư hỏng. Đây là giả thiết cơ bản làm cơ sở cho các mô hình gia cường cường độ sử dụng đơn giản. Giả thiết này sẽ được bảo đảm nếu như trong thực nghiệm, các chu kỳ hoạt động mô phỏng việc sử dụng bình thường với tần suất chu kỳ đủ thấp để các mẫu thử nghiệm trở lại trạng thái ổn định sau mỗi chu kỳ. Ví dụ đơn giản cho vấn đề này là: thực nghiệm với các vi mạch điện tử, nếu tần suất chu kỳ hoạt động trong thực nghiệm là đủ nhỏ, các vi mạch điện tử sẽ có thời gian nghỉ giữa các chu kỳ hoạt động đủ lớn để làm nguội về trạng thái ổn định trước khi tăng nhiệt độ trong các chu kỳ hoạt động tiếp theo. Nếu điều kiện không bảo đảm, sự tích tụ nhiệt sau mỗi chu kỳ hoạt động trong thực nghiệm sẽ ảnh hưởng đến phân bố hư hỏng ở các mẫu thử đó.

Mô hình nghịch đảo lũy thừa được biểu diễn bằng phương trình toán sau:

$$L(V) = K \cdot V^{-n} \quad (4.1)$$

Trong đó:

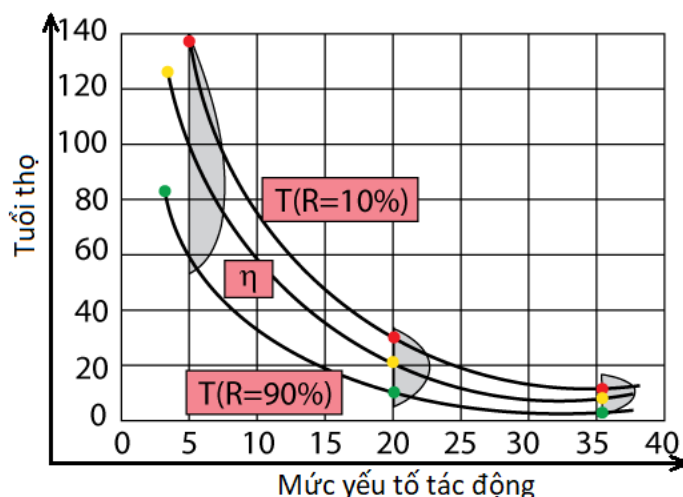
L là thước đo tuổi thọ định lượng được (ví dụ: mean tuổi thọ, median tuổi thọ, $B(x)$ tuổi thọ,...);

V là mức độ của yếu tố tác động (tần suất hoạt động - chu kỳ/giờ, chu kỳ/giây,...);

K là tham số cần xác định của mô hình ($K > 0$);

n là tham số thứ hai cần xác định của mô hình.

Theo phương trình (2.19), quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động trong trường hợp này có dạng đường cong như Hình 4.2.



Hình 4.2. Quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động theo mô hình nghịch đảo lũy thừa

4.2.3.2. Mô hình Arrhenius

Mô hình Arrhenius [29] được sử dụng trong các thực nghiệm gia cường có yếu tố tác động là yếu tố tác động nhiệt. Mô hình này được thiết lập từ phương trình cường độ phản ứng Arrhenius bởi nhà hoá - vật lý học Svante Arrhenius vào năm 1997.

Phương trình tốc độ phản ứng Arrhenius được cho như sau:

$$RR(T) = A. e^{-\frac{E_a}{k.T}} \quad (4.2)$$

Trong đó:

RR là tốc độ phản ứng của hệ thống;

A là hằng số phi nhiệt chưa xác định;

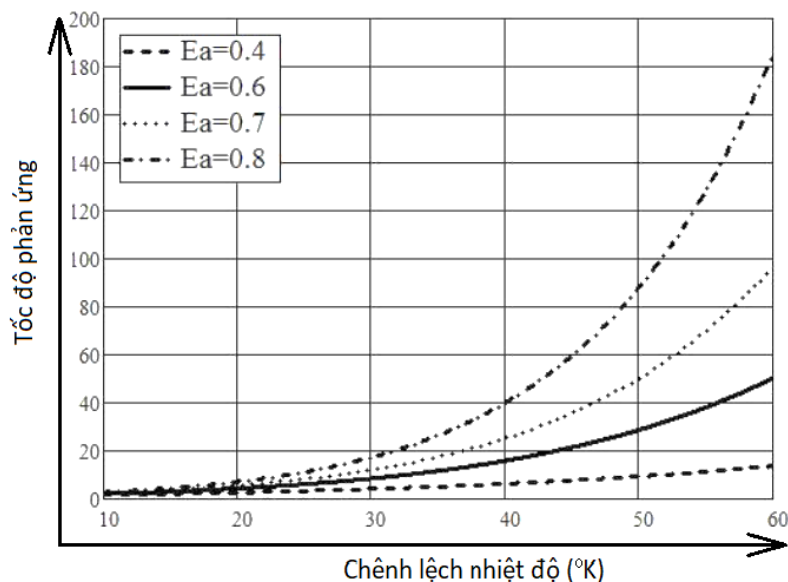
E_a là năng lượng hoạt hoá (eV);

k là hằng số Boltzmann ($k=8,6173303 \times 10^{-5} \text{eVK}^{-1}$);

T là nhiệt độ tuyệt đối (K).

Ở phương trình (2.21), năng lượng hoạt hoá là thước đo ảnh hưởng của nhiệt độ đối với phản ứng của hệ. Khi sử dụng mô hình Arrhenius, cần xác định giá trị của năng lượng hoạt hoá E_a , giá trị này phụ thuộc vào đặc trưng sản phẩm và độ chênh lệch giữa nhiệt độ ở điều kiện vận hành sản phẩm với nhiệt độ trong thực nghiệm gia cường. Ví dụ: Đối với hầu hết các linh kiện điện tử, năng lượng

hoạt hoá nằm trong khoảng từ 0,3 đến 1,5 eV. Hình 4.3 mô tả quan hệ giữa tốc độ phản ứng của hệ thống với giá trị năng lượng hoạt hoá và sự chênh lệch giữa nhiệt độ ở điều kiện vận hành sản phẩm với nhiệt độ trong thực nghiệm gia cường.



Hình 4.3. Sự phụ thuộc của tốc độ phản ứng vào năng lượng hoạt hoá và chênh lệch giữa nhiệt độ vận hành và nhiệt độ gia cường

Giả thiết rằng tuổi thọ thay đổi tỉ lệ thuận với tốc độ của phản ứng nghịch của hệ thống, mô hình Arrhenius được cho bởi phương trình:

$$L(V) = C \cdot e^{\frac{B}{V}} \quad (4.3)$$

Trong đó:

L là thước đo tuổi thọ định lượng được (ví dụ: mean tuổi thọ, median tuổi thọ, $B(x)$ tuổi thọ,...);

V là mức yếu tố tác động (giá trị nhiệt độ tuyệt đối);

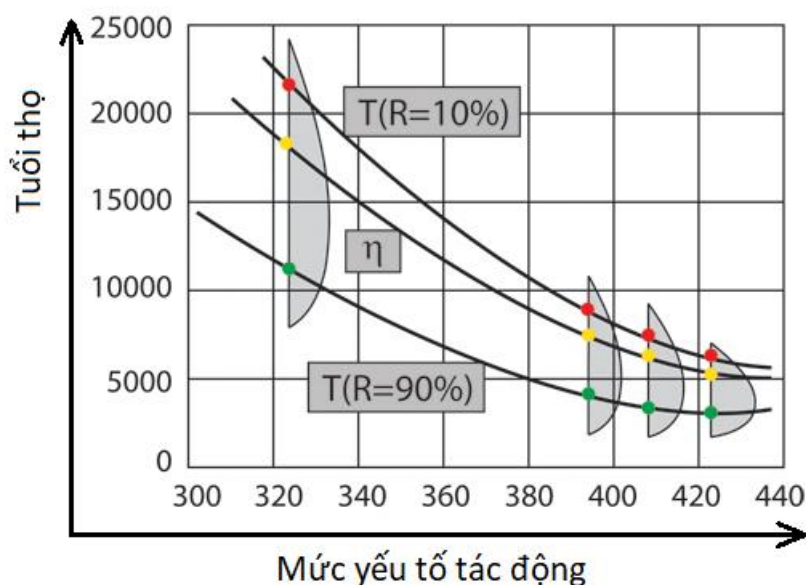
C là tham số cần xác định của mô hình ($C > 0$);

B là tham số thứ hai cần xác định của mô hình ($B = \frac{E_a}{k}$).

Cần lưu ý rằng, năng lượng hoạt hoá E_a phải được ưu tiên xác định (nếu như bài toán cho phép xác định giá trị của E_a). Nhưng trong phần lớn các trường

hợp, E_a được coi là một tham số chưa biết, do đó $\frac{E_a}{k}$ được xem như một tham số B cần phải xác định.

Theo phương trình (2.22), quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động trong trường hợp này có dạng đường cong như Hình 4.4.



Hình 4.4. Quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động theo mô hình Arrhenius

4.2.3.3. Mô hình toán tỉ lệ nguy cơ và quan hệ logarit - tuyến tính tổng quát

Trong thực tế, tuổi thọ sản phẩm là một hàm phụ thuộc vào nhiều biến yếu tố tác động. Do đó, nhiều bài thực nghiệm gia cường sẽ sử dụng nhiều hơn một biến yếu tố tác động để gia cường. Việc sử dụng hai hoặc nhiều biến có thể rút ngắn thời gian gia cường cần thiết mà không yêu cầu giá trị của các biến gia cường phải quá cao như khi thực nghiệm gia cường riêng lẻ từng biến tác nhân. Trong luận án này, giới thiệu mô hình tỉ lệ nguy cơ và quan hệ logarit - tuyến tính tổng quát [30] để giải quyết bài toán thực nghiệm đa biến yếu tố tác động.

Với các mô hình này, ta coi quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động là quan hệ logarit - tuyến tính. Theo đó, tuổi thọ X của sản phẩm được mô tả bằng một hàm phụ thuộc vào vec tơ của n yếu tố tác động X_i ($n \leq 8$):

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4.4)$$

Quan hệ này có thể mô tả toán học như sau:

$$L(X) = e^{\alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot X_j} \quad (4.5)$$

Trong đó:

α_0 và α_j là các tham số của mô hình;

X là vectơ của n yếu tố tác động

Để xác định mô hình toán cho từng trường hợp cụ thể, ta căn cứ vào tỉ lệ nguy cơ (số lượng và loại yếu tố tác động được gia cường trong thực nghiệm). Từ đó, thực hiện các biến đổi toán học và đưa phương trình (2.25) về dạng phù hợp.

4.2.4. Phương pháp ước lượng tham số

Trong luận án này giới thiệu hai phương pháp ước lượng tham số phổ biến trong xác suất thống kê và chỉ trình bày ứng dụng các phương pháp cho trường hợp dữ liệu thực nghiệm thu được là dữ liệu hoàn thiện [31] (dữ liệu mà chúng ta biết chính xác thời gian đến hỏng của sản phẩm - toàn bộ mẫu thử đến hỏng khi thực nghiệm).

4.2.4.1. Phương pháp hợp lý cực đại

a) Cơ sở lý thuyết

Phương pháp hợp lý cực đại (Maximum likelihood estimation - MLE) [32] là phương pháp ước lượng được sử dụng phổ biến, rộng rãi trong lĩnh vực xác suất thống kê. Ý tưởng cơ bản của phương pháp này là đạt được giá trị phù hợp nhất của tham số cần ước lượng với phân bố đã cho trước, sao cho dữ liệu được mô tả bởi bộ tham số đã ước lượng là gần đúng nhất. Về mặt toán học, ta có thể mô tả phương pháp này như sau:

Nếu coi x là một biến ngẫu nhiên liên tục với hàm mật độ xác suất $f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$. Trong đó, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ là k tham số chưa biết và cần phải ước lượng thông qua R quan sát (x_1, x_2, \dots, x_R) tương ứng với các giá trị thời gian đến hỏng thu được từ thực nghiệm. Theo đó, với $i = 1, 2, \dots, R$, hàm hợp lý có dạng:

$$L(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k | x_1, x_2, \dots, x_R) = L = \prod_{i=1}^R f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \quad (4.6)$$

Hàm logarit hoá của hàm (2.32) sẽ có dạng:

$$\Lambda = \ln(L) = \sum_{i=1}^R \ln[f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)] \quad (4.7)$$

Ước lượng giá trị cho các tham số $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$ sẽ đạt được bằng cách lấy cực đại cho hàm L hoặc hàm Λ . Bằng cách lấy cực đại hàm Λ (sẽ dễ dàng hơn khi lấy cực đại cho hàm L), ước lượng giá trị các tham số sẽ được thực hiện đồng thời bằng cách giải k phương trình sao cho:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \theta_j} = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, k) \quad (4.8)$$

b) Đặc điểm

** Ưu điểm:*

- Dễ dàng áp dụng, phương sai thấp
- Cung cấp nhiều công cụ hữu ích cho suy luận thống kê sau khi ước lượng các tham số, ví dụ như: các lỗi tiêu chuẩn, các kiểm tra thống kê (mức độ phù hợp của tham số),...

** Nhược điểm:*

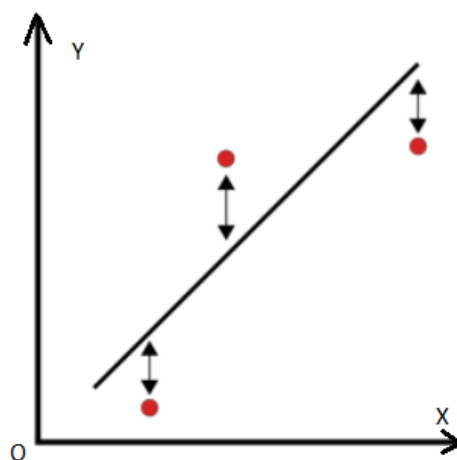
- Phải thực hiện các tính toán chuyên sâu, thời gian thực hiện lớn
- Thường yêu cầu các giả thiết chặt chẽ về cấu trúc dữ liệu
- Yêu cầu số lượng mẫu thử lớn để giảm sai số ước lượng

4.2.4.2. Phương pháp bình phương nhỏ nhất

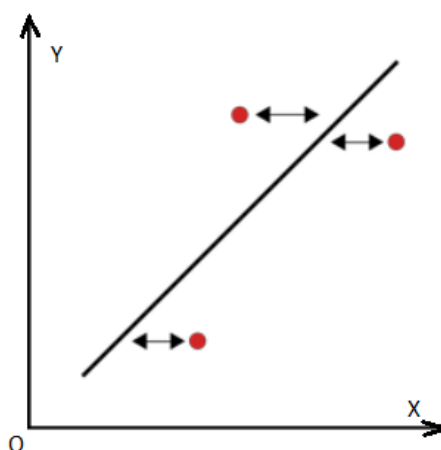
a) Cơ sở lý thuyết

Phương pháp bình phương nhỏ nhất (Least squares - LS) [32] được xây dựng dựa trên ý tưởng liên quan đến đồ thị xác suất. Trong đó, các phân tích toán học của phương pháp này cho phép tìm ra đường thẳng phù hợp nhất với các điểm dữ liệu thu được trên đồ thị. Đường thẳng đó là đường thẳng mà tổng bình phương các khoảng cách từ các điểm dữ liệu đến đường thẳng là nhỏ nhất. Sự cực tiểu hoá

tổng bình phương khoảng cách này có thể thực hiện theo cả phương trục Y và phương trục X. Phương pháp này được mô tả như trên Hình 4.5 và Hình 4.6.



Hình 4.5. Cực tiểu hoá khoảng cách theo phương trục Y



Hình 4.6. Cực tiểu hoá khoảng cách theo phương trục X

Về mặt phân tích toán học, có thể mô tả phương pháp này qua ví dụ bình phương nhỏ nhất theo trục Y như sau:

Giả sử có các điểm dữ liệu thu được từ thực nghiệm như sau: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$. Theo nguyên tắc của phương pháp bình phương nhỏ nhất, khoảng cách giữa các điểm dữ liệu tới đường thẳng phải là nhỏ nhất. Do đó, với đường thẳng ước lượng có dạng $y = \hat{a} + \hat{b}x$ (trong đó, ký hiệu “ $\hat{}$ ” mô tả các giá trị ước lượng) thì phương trình toán mô tả điều kiện cần đạt được là:

$$\sum_{i=1}^N (\hat{a} + \hat{b}x - y_i)^2 = \min \sum_{i=1}^N (a + bx_i - y_i)^2 \quad (4.9)$$

Trong đó, \hat{a} và \hat{b} là các ước lượng bình phương nhỏ nhất của tham số a và b , N là số lượng điểm dữ liệu thu thập được. Từ phương trình (2.37), giá trị ước lượng của a và b được xác định:

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} - \hat{b} \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x} \quad (4.10)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \quad (4.11)$$

Với cách triển khai tương tự, ta cũng ước lượng được cho trường hợp phương X. Cuối cùng, để kiểm tra mức độ phù hợp của đường thẳng đã ước lượng, phương pháp bình phương nhỏ nhất cung cấp hệ số tương quan ρ được cho bởi:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4.12)$$

Trong đó:

σ_{xy} là hiệp phương sai của x và y ;

σ_x là độ lệch chuẩn của x ;

σ_y là độ lệch chuẩn của y

Ước lượng cho ρ là ước lượng tương quan cho mẫu và được xác định:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}\right) \left(\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N}\right)}} \quad (4.13)$$

Theo phương trình (2.41), giá trị $\hat{\rho}$ nằm trong $[-1;1]$. Các giá trị ± 1 , là các giá trị tốt nhất, hệ số tương quan đạt giá trị +1 tương ứng với điểm dữ liệu nằm trên đường thẳng với độ dốc dương còn -1 thì ngược lại. Hệ số tương quan đạt giá trị 0 tương ứng với trường hợp dữ liệu thu được có tính phân tán

ngẫu nhiên và không có mẫu hay mối tương quan nào tới mô hình đường thẳng hồi quy.

b) Đặc điểm

** Ưu điểm:*

- Được sử dụng phổ biến hơn phương pháp hợp lý cực đại, nhiều phần mềm hỗ trợ gói công cụ ước lượng theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

- Có thể thu được kết quả có sai số nhỏ chỉ với lượng mẫu thử nhỏ

- Lý thuyết dễ hiểu, dễ áp dụng, cho phép xây dựng các

** Nhược điểm:*

- Ít đặc tính tối ưu mong muốn hơn so với phương pháp hợp lý cực đại

- Phụ thuộc nhiều vào giá trị khởi đầu, nhạy cảm với các giá trị ngoại lệ.

Một hay thậm chí một vài kết quả ngoại lệ trong thực nghiệm sẽ dẫn đến phương sai ước lượng tăng lên.

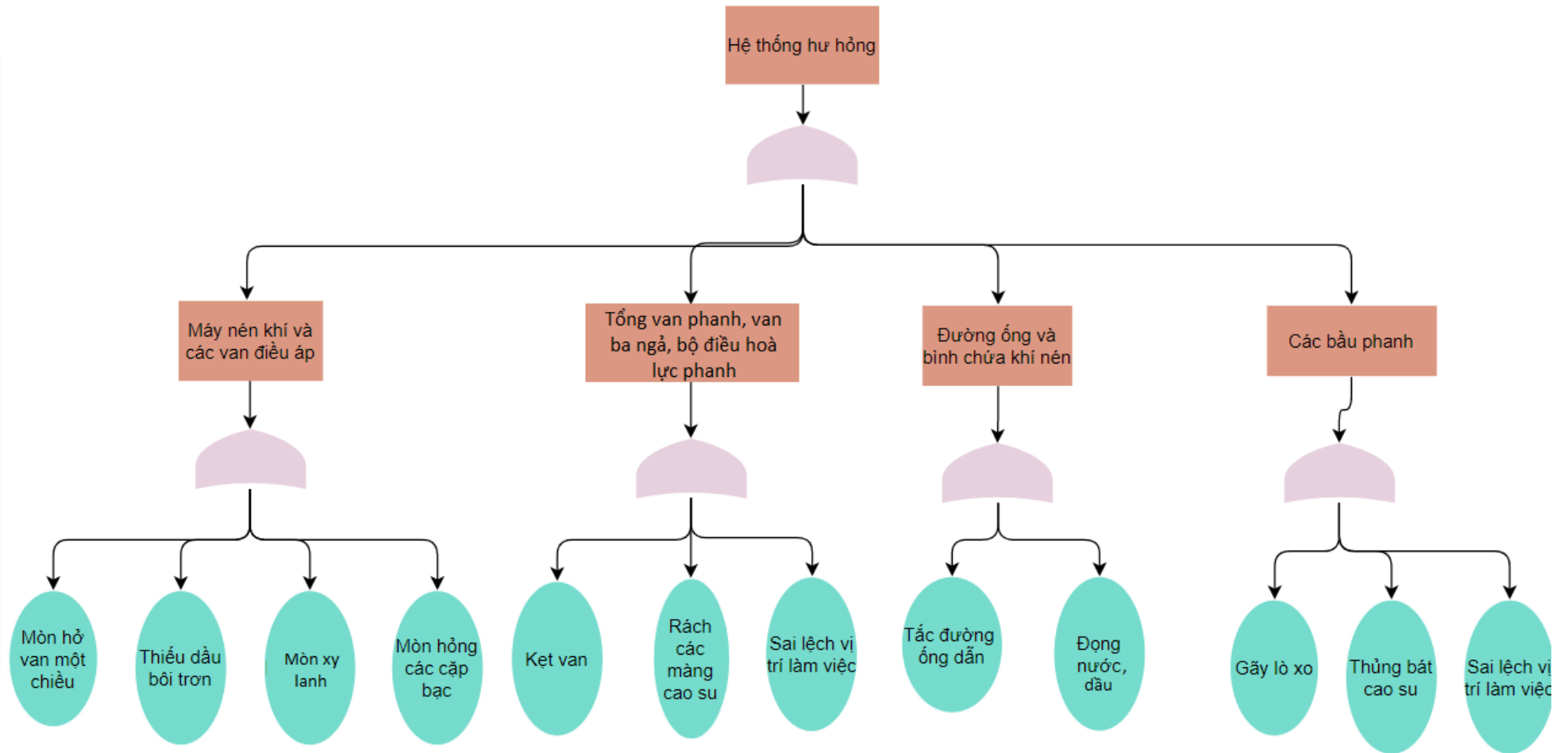
- Hiệu quả cao đối với mô hình tuyến tính, còn các mô hình phi tuyến cho hiệu quả thấp, sai số tiềm ẩn khi ngoại suy.

4.3. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

4.3.1. Các dạng hỏng và yếu tố tác động gây hỏng chính

Để xác định các dạng hỏng và cơ chế gây hỏng của hệ thống, luận án xây dựng sơ đồ cây hư hỏng cho hệ thống như trên Hình 4.7.

Dựa trên cây hư hỏng đã xây dựng, dễ thấy rằng, cơ chế gây hư hỏng chính ở hệ thống đang khảo sát gồm có: mòn, mỏi chi tiết máy và lão hóa chi tiết cao su. Bởi thực nghiệm gia cường được thiết kế để xác định quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động. Do đó, nội dung tiếp theo cần thực hiện là xác định các yếu tố tác động, là nguyên nhân chính hình thành các cơ chế gây hư hỏng kể trên. Trong điều kiện làm việc bình thường của của mạch điều khiển phanh công tác xe Kamaz-5320, các yếu tố tác động chính gây ra các cơ chế hư hỏng trên được xác định gồm: Tần suất hoạt động, nhiệt độ, độ ẩm.



Hình 4.7. Sơ đồ cây hư hỏng cho mạch dẫn động điều khiển hệ thống phanh công tác xe Kamaz-5320

Ảnh hưởng của độ ẩm, nhiệt độ, tần suất hoạt động đối với hư hỏng của các cụm, chi tiết trong mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 được tổng hợp trong Bảng 4.1

Bảng 4.1. Ảnh hưởng của yếu tố tác động tới hư hỏng hệ thống

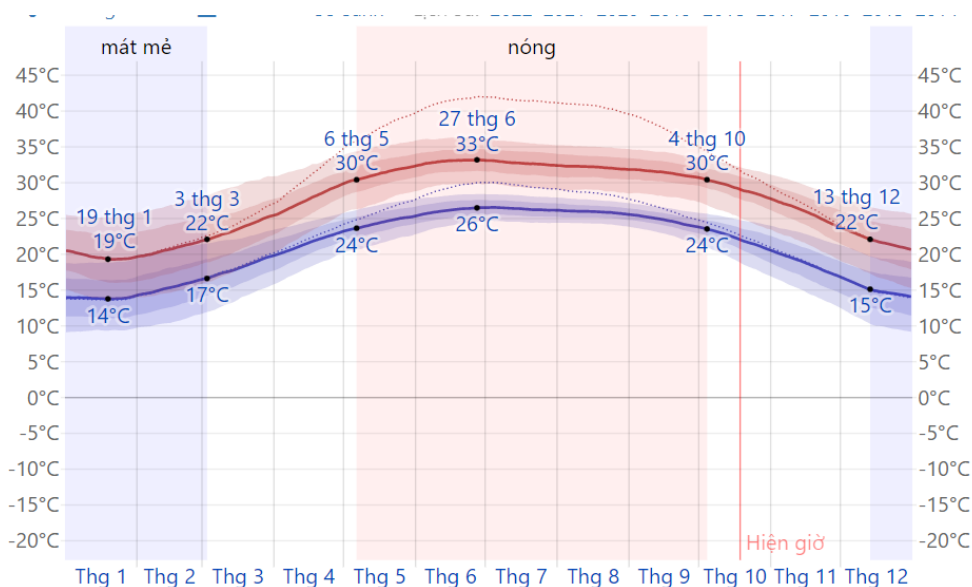
STT	Yếu tố tác động	Ảnh hưởng đến tuổi thọ hệ thống	Hư hỏng điển hình
1	Độ ẩm	<ul style="list-style-type: none"> - Điều kiện gây oxi hoá bề mặt các chi tiết kim loại làm thay đổi cơ lý tính của chi tiết - Gây đọng nước trong hệ thống khí nén, nước hoà tan khí nhà kính có tính acid nhẹ làm hư hỏng cao su 	<ul style="list-style-type: none"> - Giảm hiệu suất nén khí - Tắc đường ống dẫn - Gãy lò xo - Kẹt van
2	Nhiệt độ	<ul style="list-style-type: none"> - Điều kiện làm tăng mức độ oxi hoá các chi tiết kim loại. - Giãn nở cao su, tăng tốc lão hóa cao su 	<ul style="list-style-type: none"> - Sai lệch vị trí làm việc - Rò khí nén
3	Tần suất hoạt động	<ul style="list-style-type: none"> - Mỏi lò xo trong các phần tử của hệ - Mòn các bề mặt làm việc (các bề mặt tiếp xúc cao su – kim loại,...) 	

4.3.2. Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

a) Xác định mức yếu tố tác động ở điều kiện làm việc bình thường

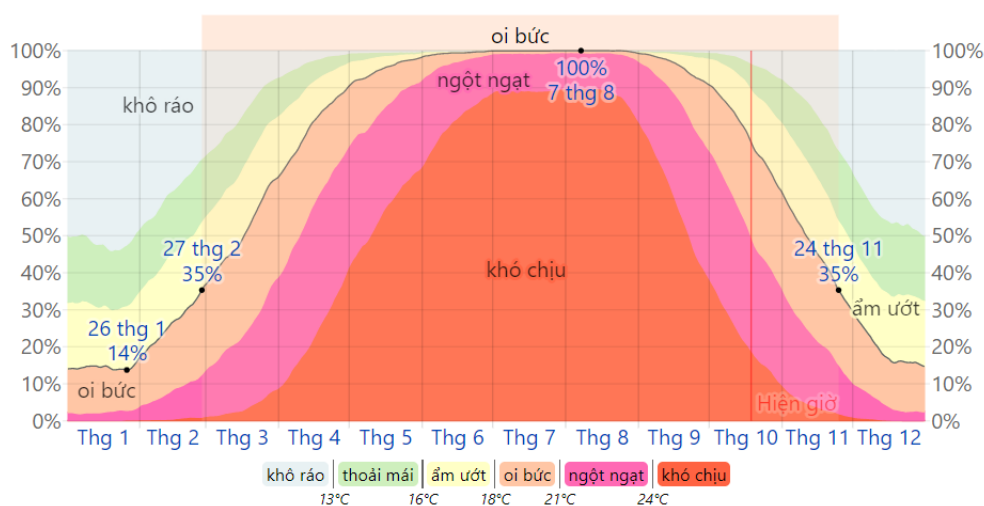
Trong phần trước, luận án đã xác định các yếu tố tác động chính gây ra hư hỏng của hệ thống khảo sát là nhiệt độ, độ ẩm và tần suất hoạt động. Để xác định các mức yếu tố tác động trong thực nghiệm gia cường, trước hết ta xác định mức yếu tố tác động tại điều kiện làm việc bình thường của hệ thống.

Ở Hình 4.8 và Hình 4.9 là biểu đồ nhiệt độ và độ ẩm trung bình các tháng tại khu vực Miền Bắc Việt Nam trong năm 2019. Dựa vào đây, ta xác định được nhiệt độ trung bình và độ ẩm trung bình ở điều kiện hoạt động bình thường của xe Kamaz-5320 trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam lần lượt là 28°C và 70%.



Hình 4.8. Nhiệt độ trung bình các tháng tại Miền Bắc Việt Nam trong năm 2019

(Nguồn: Theo [36])



Hình 4.9. Độ ẩm trung bình các tháng tại Miền Bắc Việt Nam khảo sát năm 2019 (Nguồn: Theo [36])

Đối với tần suất hoạt động của hệ thống, ta xác định dựa trên tần suất đạp phanh của lái xe trong điều kiện làm việc bình thường. Trong Bảng 4.2 dưới đây trình bày tốc độ trung bình của xe Kamaz-5320 và tần suất đạp phanh ở các điều kiện đường khác nhau. Từ đây có thể thấy, trung bình, xe Kamaz-5320 hoạt động ở tốc độ 40km/h với tần suất đạp phanh 300 lần mỗi 100km. Như vậy, tần suất đạp phanh trung bình ở điều kiện bình thường là khoảng 2 lần/phút.

Bảng 4.2. Thống kê tần suất đạp phanh của xe Kamaz-5320 trong điều kiện hoạt động bình thường tại Miền Bắc Việt Nam [38]

Điều kiện đường	Mức độ sử dụng	Tốc độ (km/h)	Số lần thao tác phanh / 100km
Đường nhựa khu dân cư thưa thớt	27%	60-80	10-30
Lên dốc vừa	18%	20-38	160-170
Đường núi quanh co	19%	20-26	100-140
Xuống dốc quanh co	8%	20	730-1280
Đường thành phố	28%	30-40	570-770

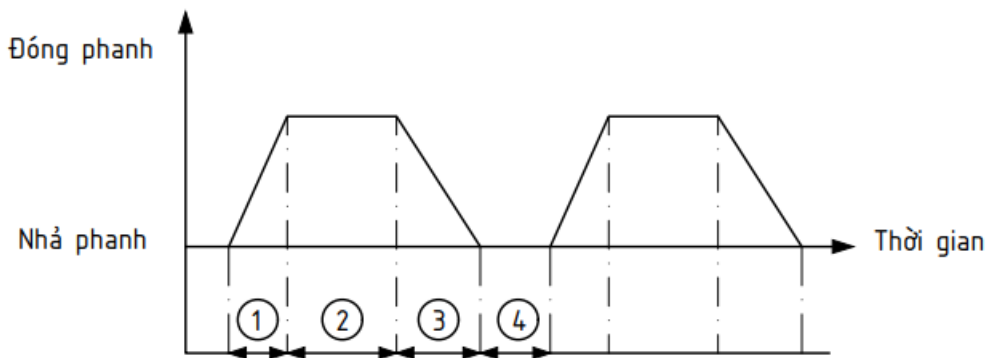
Trong ba loại yếu tố tác động chính gây hư hỏng cho hệ thống, tần suất hoạt động là tác động có ảnh hưởng lớn nhất. Do đó, luận án xác định thực nghiệm theo phương pháp gia cường cường độ sử dụng với các chế độ thực nghiệm phụ thuộc vào tần suất đạp phanh.

b) Xác định không gian mẫu và chế độ thực nghiệm

Dựa vào tài liệu [27] và điều kiện thực tế, luận án lựa chọn không gian mẫu tối thiểu với 20 mẫu ở mỗi chế độ thực nghiệm. Với mức nhiệt độ, độ ẩm và tần suất hoạt động trong điều kiện làm việc bình thường đã xác định ở trên, luận án xây dựng ba chế độ thực nghiệm như trong Bảng 4.3 và Hình 4.10.

Bảng 4.3. Thông số chu trình tín hiệu điều khiển phanh

Chế độ tải	Tần suất làm việc (số lần/phút)	Thời gian (giây)			
		Đóng phanh (1)	Giữ phanh (2)	Nhả phanh (3)	Nghỉ (4)
1	4	2	1	0,2	11,8
2	5	2	1	0,2	8,8
3	6	2	1	0,2	6,8



Hình 4.10. Chu trình tín hiệu điều khiển phanh

4.4. Điều kiện đánh giá hệ thống

Dựa trên giả thiết, nguyên tắc làm việc thành công của hệ thống khảo sát đã xác định trong chương 3 và phân tích về các dạng hỏng của hệ đã thực hiện ở chương này, luận án đưa ra dấu hiệu xác định hư hỏng mạch như sau:

- Khi đạp bàn đạp phanh hết hành trình, áp suất khí nén tại tất cả các bầu phanh đều thấp hơn 0,6MPa (áp suất duy trì trong hệ thống, tức áp suất đầu ra của van ổn định áp suất trên xe Kamaz-5320).

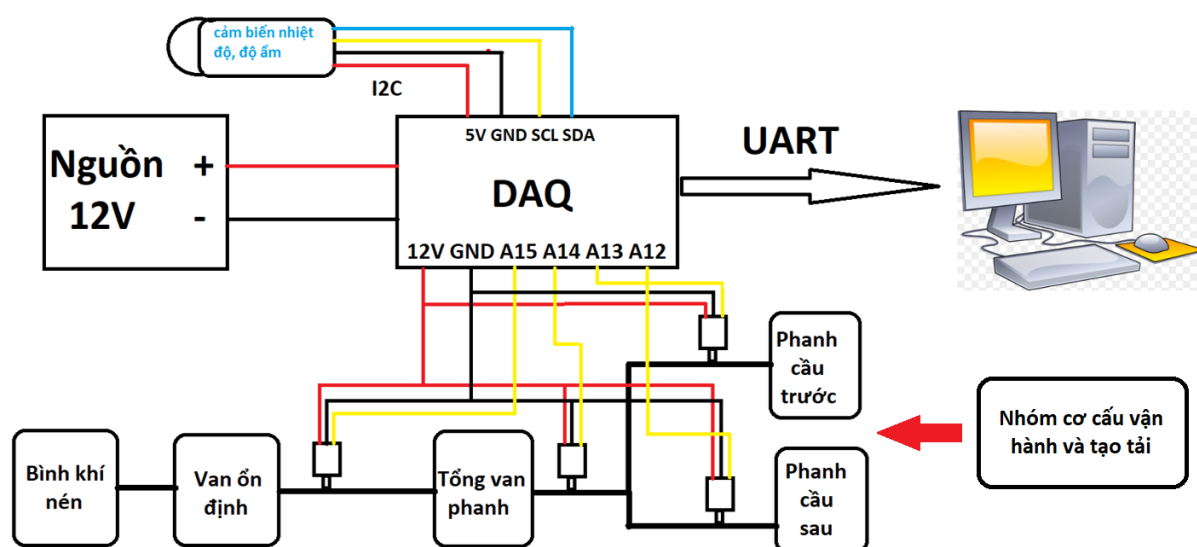
Ngoài ra, để đánh giá định tính cho hệ thống đang khảo sát, phục vụ đánh giá hiệu quả ứng dụng phân tích định tính của phương pháp hướng mục tiêu, luận án xác định điều kiện hỏng của phần tử yếu nhất trong hệ thống:

- Van ổn định áp suất hỏng khi áp suất đầu ra của van thấp hơn 0,6MPa, đồng thời áp suất đầu vào của van bằng với áp suất máy nén khí và đạt giá trị không nhỏ hơn 0,6MPa.

4.5. Xây dựng buồng thực nghiệm

4.5.1. Hệ thống và thiết bị thực nghiệm

Dựa trên những phân tích đã thực hiện ở trên, luận án đã xây dựng buồng thực nghiệm gia cường với sơ đồ hệ thống được mô tả như Hình 4.11. Các trang, thiết bị cụ thể sử dụng trong thực nghiệm được giới thiệu cụ thể trong phụ lục 2.



Hình 4.11. Sơ đồ hệ thống thực nghiệm

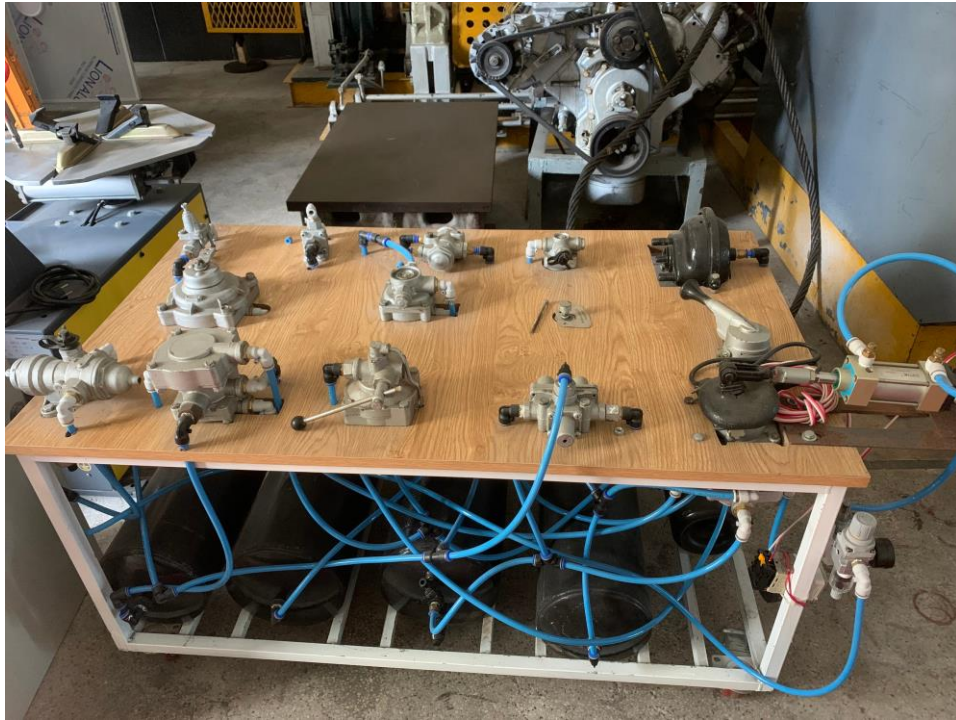
Trong đó, hệ thống thực nghiệm gồm 5 thành phần chính như sau:

- Sa bàn hệ thống phanh: Bao gồm các cụm, chi tiết của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 được lắp gọn trên khung giá như Hình 4.12.

- Nhóm thiết bị vận hành và tạo tải: Bao gồm các máy, thiết bị thực hiện nhiệm vụ quay tang phanh (Hình 4.13) và tạo tải cho hệ thống phanh theo chế độ tải đã xác định ở phần trước. Cụ thể, sử dụng động cơ điện ba pha cùng máy biến tần ba pha và các cơ cấu truyền động để quay tang phanh. Bên cạnh đó, tải nhiệt, độ ẩm được tạo ra nhờ máy sưởi và máy tạo độ ẩm. Còn tác động đạp phanh sẽ được mô phỏng nhờ một xy lanh khí nén điều khiển bởi van điện khí và duy trì tần suất đóng phanh nhờ rơ le thời gian (Hình 4.14).

- Các cảm biến: bao gồm cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, thực hiện đo nhiệt độ, độ ẩm trong buồng thử và áp suất tại một số cụm trong hệ thống nhằm

kiểm soát điều kiện của chế độ tải đã xây dựng, đồng thời xác định tính hỏng của hệ thống và một số cụm thành phần. Cụ thể, các cảm biến áp suất được đặt tại van kiểm tra áp suất ở các bầu phanh cầu trước, cầu giữa và cầu sau để đánh giá hư hỏng của hệ thống. Ngoài ra, hai cảm biến áp suất khác được lắp tại hai cụm đã được đánh giá là phần tử yếu của hệ thống trong phần phân tích lý thuyết để khảo sát đánh giá đặc tính của cụm.



Hình 4.12. Sơ đồ hệ thống phanh khí nén nhiều dòng của xe Kamaz-5320

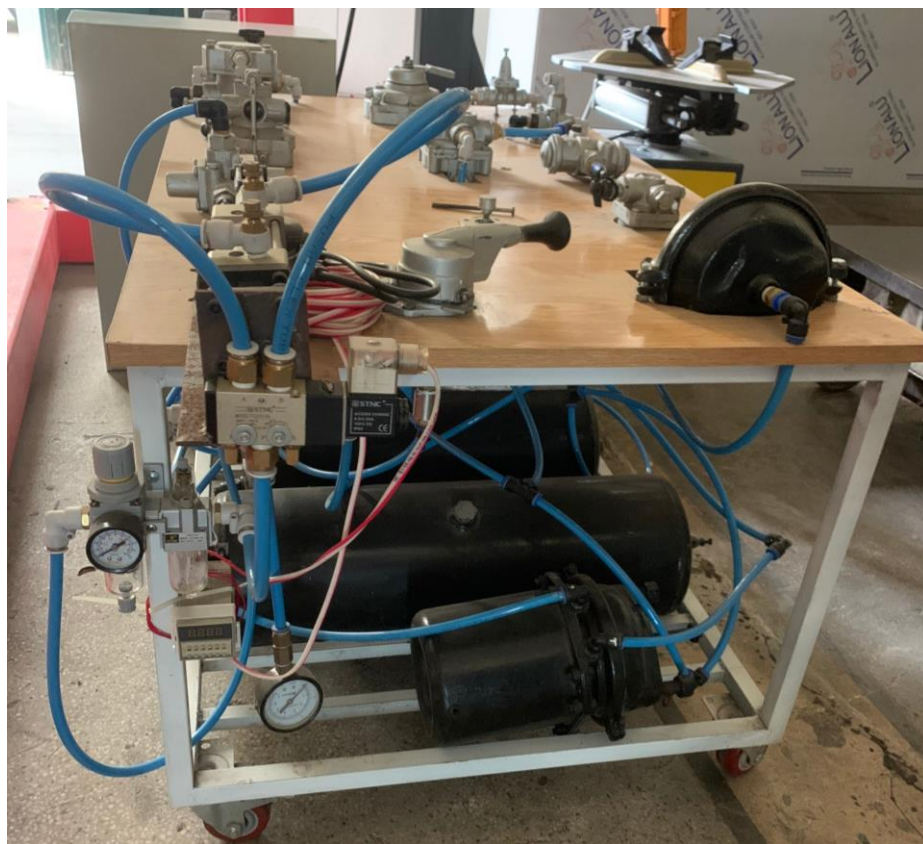
- Mạch DAQ: là một mạch bán dẫn được NCS thiết kế, chế tạo nhằm thu thập dữ liệu từ các cảm biến và gửi tới máy tính để xử lý và lưu trữ dữ liệu.

- Máy tính: chứa phần mềm được NCS xây dựng nhằm lưu trữ, xử lý, trích xuất thông tin thu được từ thực nghiệm gia cường. Giao diện phần mềm này được giới thiệu như Hình 4.15. Một số hiển thị điển hình trên phần mềm về diễn biến áp suất đo theo thời gian thực được trình bày trong phụ lục 3.

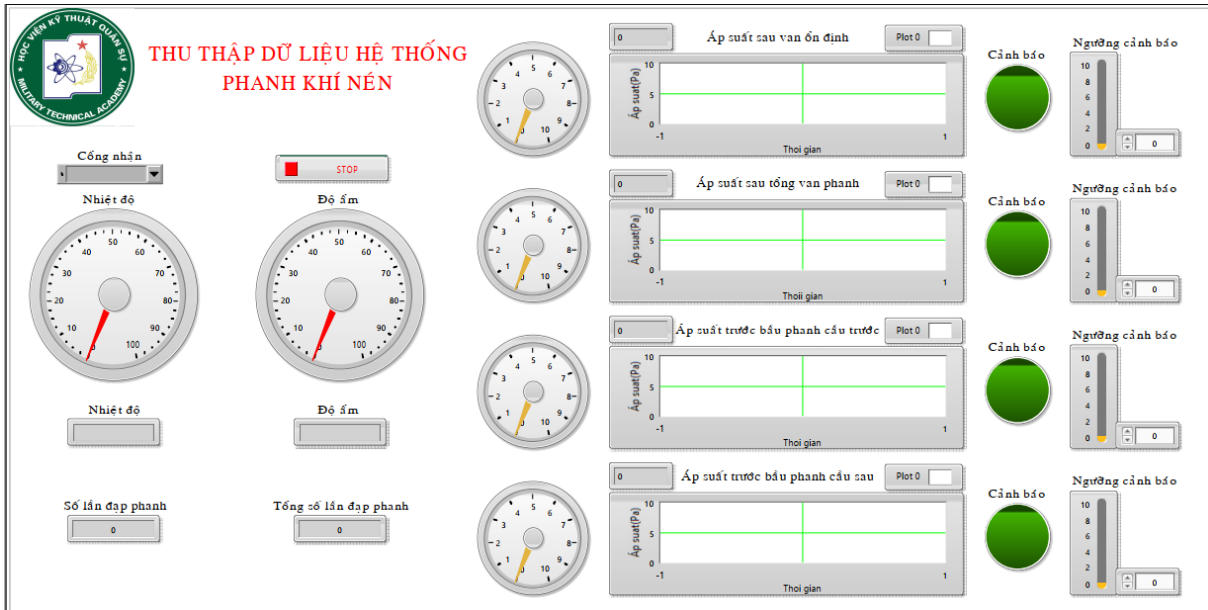
- Buồng thử: bao chứa toàn bộ trang, thiết bị, hệ thống thực nghiệm, giúp duy trì điều kiện môi trường tách biệt với bên ngoài theo thiết lập mong muốn. Đồng thời, giảm tiếng ồn và ảnh hưởng của hệ thống tới không gian xung quanh.



Hình 4.13. Thiết bị điều khiển quay tang phanh



Hình 4.14. Thiết bị mô phỏng đạp phanh



Hình 4.15. Giao diện phần mềm thu thập dữ liệu hệ thống

4.5.2. Quy trình thực nghiệm

Tổ chức thực nghiệm, thu thập số liệu hệ thống theo các bước sau đây:

- Bước 1: Thiết lập điều kiện tải
 - + Điều kiện môi trường (Nhiệt độ, độ ẩm)
 - + Cài đặt tần suất đạp phanh
- Bước 2: Chạy hệ thống, thực hiện phanh tới khi mạch phanh hỏng
- Bước 3: Dừng hệ thống, bảo dưỡng, sửa chữa mạch phanh
- Bước 4: Khi hệ thống chưa đủ 20 lần hỏng, quay về bước 2. Khi hệ thống đạt đủ 20 lần hỏng, chuyển đổi mức tải và quay về bước 1.

Để nâng cao tính liên tục và tiết kiệm thời gian thực nghiệm, sử dụng 02 mạch dẫn động điều khiển phanh công tác. Khi hệ thống hỏng, thay mới và bảo dưỡng, sửa chữa hệ thống hỏng để chuẩn bị luân phiên cho lần hỏng tiếp theo.

4.6. Thu thập và xử lý kết quả thực nghiệm

4.6.1. Xác định phân bố dữ liệu thực nghiệm

Trong thực nghiệm này, tất cả 20 mẫu thực nghiệm đã được thử ở ba chế độ tải cho tới khi xuất hiện hư hỏng. Dữ liệu về thời gian đến hỏng (Time to failure - TTF) thu được từ thực nghiệm được trình bày trong Bảng 4.4

Bảng 4.4. Dữ liệu thực nghiệm ở các chế độ tải

STT	Thời gian đến hỏng (giờ)		
	Chế độ tải (1)	Chế độ tải (2)	Chế độ tải (3)
1	5,0	4,8	4,6
2	14,3	4,9	5,7
3	10,9	15,1	4,9
4	11,6	5,5	18,7
5	28,7	8,2	25,3
6	15,3	16,9	10,6
7	47,6	13,9	5,0
8	13,1	12,0	5,8
9	80,9	4,8	4,6
10	36,9	6,7	5,7
11	73,9	4,9	7,6
12	59,3	10,2	5,6
13	8,3	30,6	4,8
14	13,6	5,2	34,4
15	33,8	9,7	4,9
16	5,1	4,6	16,9
17	79,4	4,9	6,7
18	26,0	7,3	12,0

STT	Thời gian đến hỏng (giờ)		
	Chế độ tải (1)	Chế độ tải (2)	Chế độ tải (3)
19	29,4	25,0	8,9
20	10,6	4,5	4,8

Trong thực nghiệm gia cường, sự thay đổi của thời gian đến hỏng ở các mức yếu tố tác động khác nhau thường được giả định là tuân theo các phân bố xác suất được sử dụng phổ biến. Trong luận án này, NCS khảo sát bốn loại phân bố xác suất thường gặp, gồm có: Phân bố mũ, phân bố chuẩn, phân bố logarit, phân bố weibull. Để xác định đâu là dạng phân bố phù hợp nhất với số liệu thống kê thu được từ thực nghiệm, luận án sử dụng hàm *scipy.stats.fit* [37] có sẵn trong thư viện *SciPy v1.10* [37] của Python. Hàm *scipy.stats.fit* cho phép xác định các thông số cơ bản của mỗi phân bố sao cho phân bố đó mô tả gần nhất với bộ dữ liệu đã cho. Với mỗi phân bố đã dựng được, *scipy.stats.fit* tính giá trị *log likelihood* [22] để kiểm tra định lượng về sự phù hợp của phân bố lựa chọn với dữ liệu thống kê đã cho. Ở Bảng 4.5 trình bày giá trị *log likelihood* cho các bộ dữ liệu thu được từ thực nghiệm theo các phân bố phổ biến.

Bảng 4.5. Giá trị Log Likelihood cho các kiểu phân bố xác suất theo dữ liệu thực nghiệm

Phân bố Chế độ tải	Chuẩn	Mũ	Logarit	Weibull
	(1)	-92,37	-88,15	-87,86
(2)	-91,74	-87,26	-87,69	-85,13
(3)	-93,14	-89,25	-87,32	-86,45

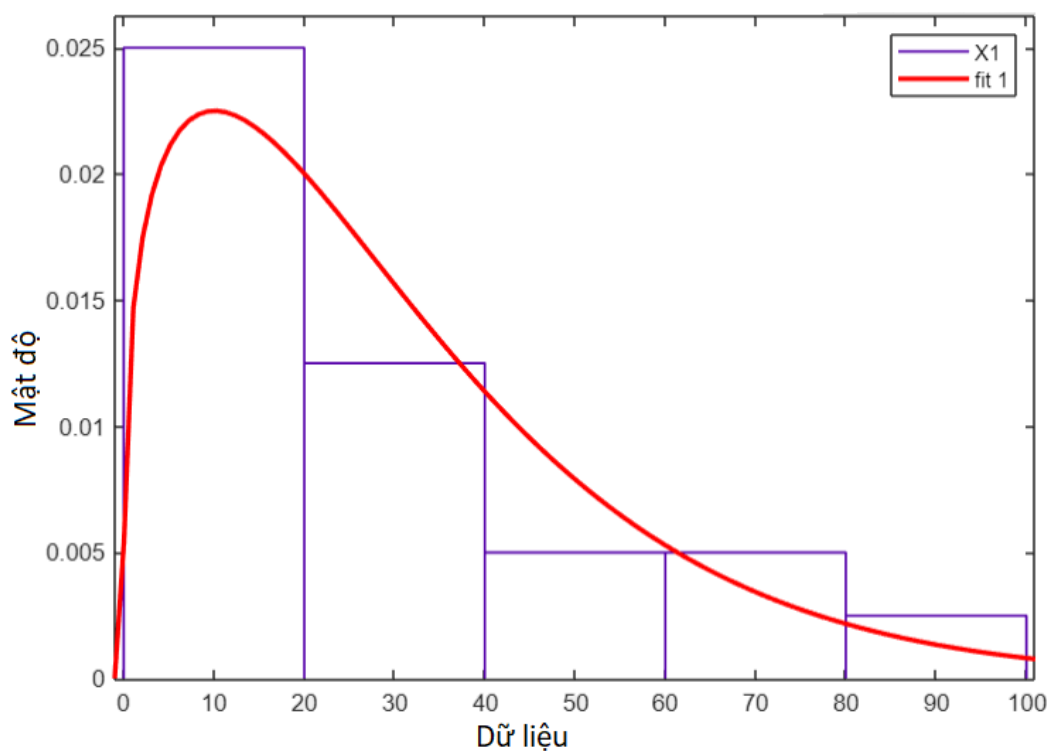
Có thể thấy, đối với dữ liệu thu được ở cả ba chế độ tải, phân bố phù hợp nhất (với giá trị *log likelihood* lớn nhất) đều là phân bố weibull.

Ước lượng tham số tỉ lệ T và tham số hình dạng b với khoảng tin cậy 95% cho các phân bố weibull ở từng chế độ tải được cho trong Bảng 4.6. Quan sát định

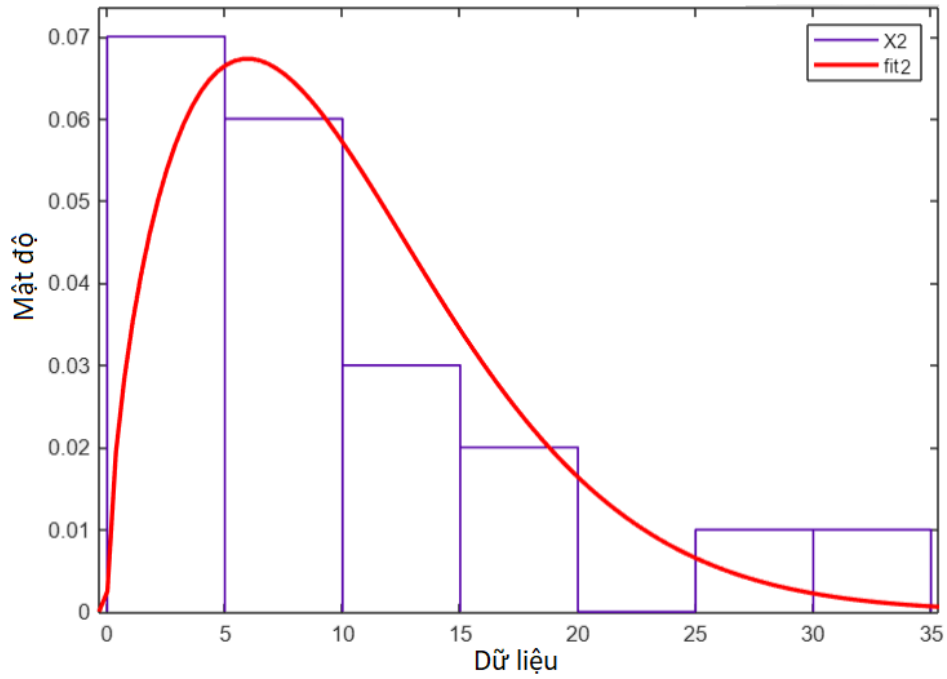
tính về sự phù hợp của dữ liệu thống kê và phân bố phù hợp được cho trên Hình 4.16, Hình 4.17 và Hình 4.18.

Bảng 4.6. Ước lượng tham số cho phân bố weibull theo dữ liệu thực nghiệm

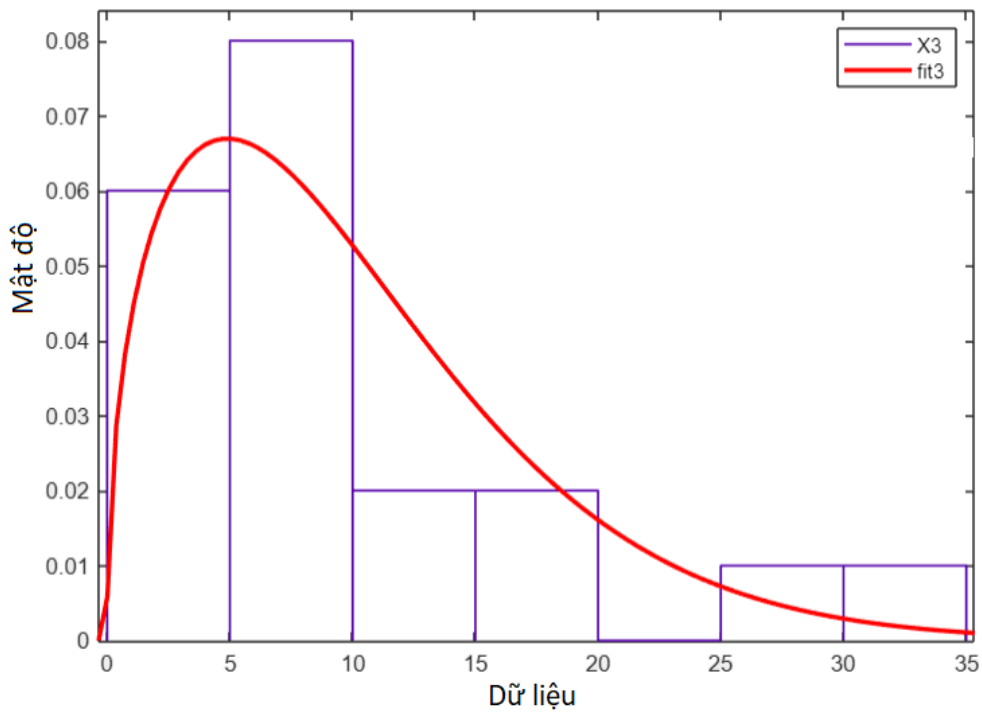
Chế độ tải \ Tham số	Tham số tỉ lệ \hat{T}	Tham số hình dạng \hat{b}
(1)	38,1	1,26
(2)	8,9	1,24
(3)	6,8	1,13



Hình 4.16. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 1) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (1)



Hình 4.17. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 2) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (2)



Hình 4.18. Phân bố weibull ước lượng (đường fit 3) và thống kê dữ liệu thực nghiệm ở chế độ (3)

4.6.2. Xác định quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động

Đặt TTF_i là thời gian đến hỏng của hệ thống tại chế độ tải (i). Theo như các phân tích ở phần trước, TTF_i có dạng phân bố weibull, do đó ta có mô tả:

$$TTF_i \sim Weibull(T_i; b_i) \quad (4.1)$$

Trong đó T_i và b_i lần lượt là tham số tỉ lệ và tham số hình dạng của phân bố tại chế độ tải (i) ($i=1,2,3$). Như vậy, quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động trong bài toán thực nghiệm của luận án là quan hệ giữa T_i và b_i với yếu tố tác động.

Hầu hết trong các mô hình quan hệ tuổi thọ - yếu tố tác động, phân bố weibull được giả định là có tham số hình dạng b không đổi theo yếu tố tác động. Theo Bảng 4.6 ở trên, có thể thấy mặc dù tham số tỉ lệ T thay đổi trong khoảng khá rộng qua các mức yếu tố tác động khác nhau, tham số hình dạng b có thể xem là không đổi với khoảng tin cậy 95%. Do đó, trong luận án này, giả thiết nêu trên được chấp nhận, lúc này thời gian đến hỏng của hệ thống chỉ còn phụ thuộc vào tham số tỉ lệ T .

Do yếu tố tác động gia cường trong các chế độ tải là tần suất hoạt động, nên sự phụ thuộc của T_i vào tần suất hoạt động V_i có thể xác định bằng quan hệ nghịch đảo lũy thừa như mô tả dưới đây:

$$T_i = K \cdot V_i^{-n} \quad (4.2)$$

Trong đó, K và n là hai tham số cần ước lượng từ dữ liệu thực nghiệm.

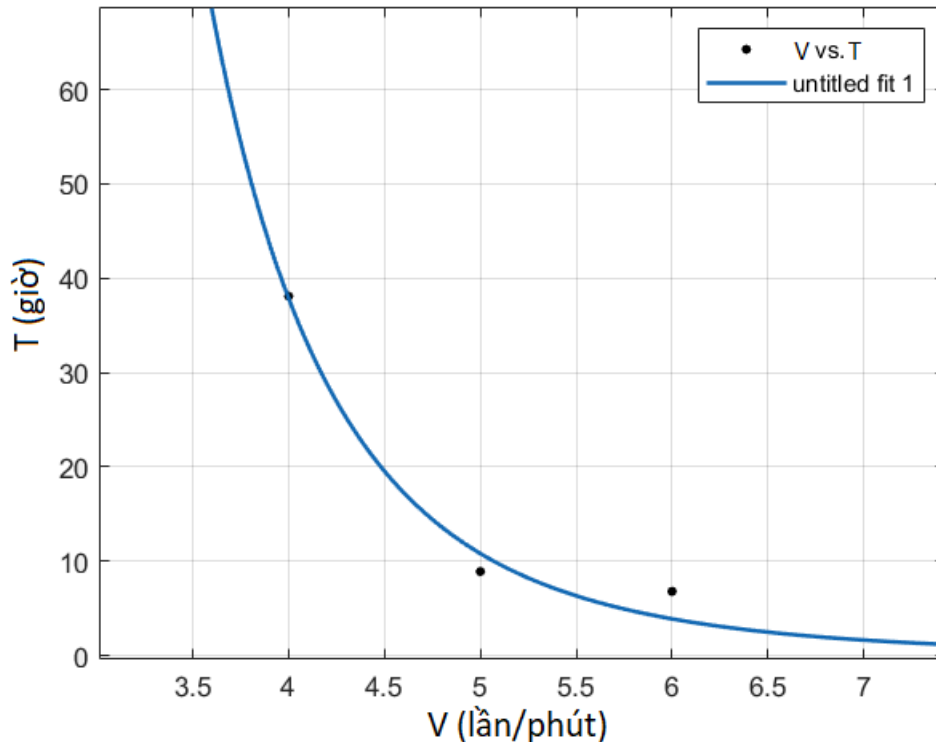
4.6.3. Ước lượng tham số

Để ước lượng hai tham số trong phương trình (4.2), luận án sử dụng hàm `scipy.optimize.curve_fit` [37] trong thư viện `SciPy v1.10` của Python được xây dựng dựa trên các phương pháp ước lượng sử dụng phổ biến. Giá trị ước lượng của K và n với khoảng tin cậy 95% được xác định như trong Bảng 4.7. Kết quả được mô tả bằng đồ thị như trong Hình 4.13

Bảng 4.7. Ước lượng tham số phương trình quan hệ nghịch đảo lũy thừa

Tham số	Biên dưới	Điểm ước lượng	Biên trên
\hat{K}	17595	176080	176323
\hat{n}	5,962	6,1	6,415

Mô tả ước lượng phi tuyến của các điểm dữ liệu ở trên được mô tả như Hình 4.19



Hình 4.19. Ước lượng phi tuyến cho các điểm dữ liệu thực nghiệm

4.6.4. Ước lượng độ tin cậy

Từ giá trị \hat{K} và \hat{n} đã ước lượng ở trên, thay vào phương trình (4.2), ta xác định được tham số tỉ lệ $T = 2554$ cho thống kê thời gian đến hỏng ở điều kiện hoạt động bình thường ($V=2$ lần/phút). Bởi tham số hình dạng là không đổi theo yếu tố tác động với khoảng tin cậy 95%, giá trị tham số hình dạng được lấy bằng trung bình các giá trị ước lượng ở các chế độ tải khác nhau $\bar{b} = 1,21$. Từ đây, ta xác định được độ tin cậy của hệ thống tại một số thời điểm cho trong Bảng 4.8.

Bảng 4.8. Độ tin cậy hệ thống theo kết quả thực nghiệm gia cường

STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Độ tin cậy của hệ thống
1	0	1
2	50	0,991466
3	300	0,927821
4	600	0,840876
5	1000	0,725017
6	2000	0,475261
7	4000	0,178905
8	6000	0,060158
9	8000	0,018665
10	10000	0,005434

4.7. Đánh giá, so sánh kết quả

4.7.1. Đánh giá kết quả định tính

Tổng cộng ta có 60 quan sát về sự hư hỏng của hệ thống và nguyên nhân gây hư hỏng. Thống kê này được trình bày trong Bảng 4.9.

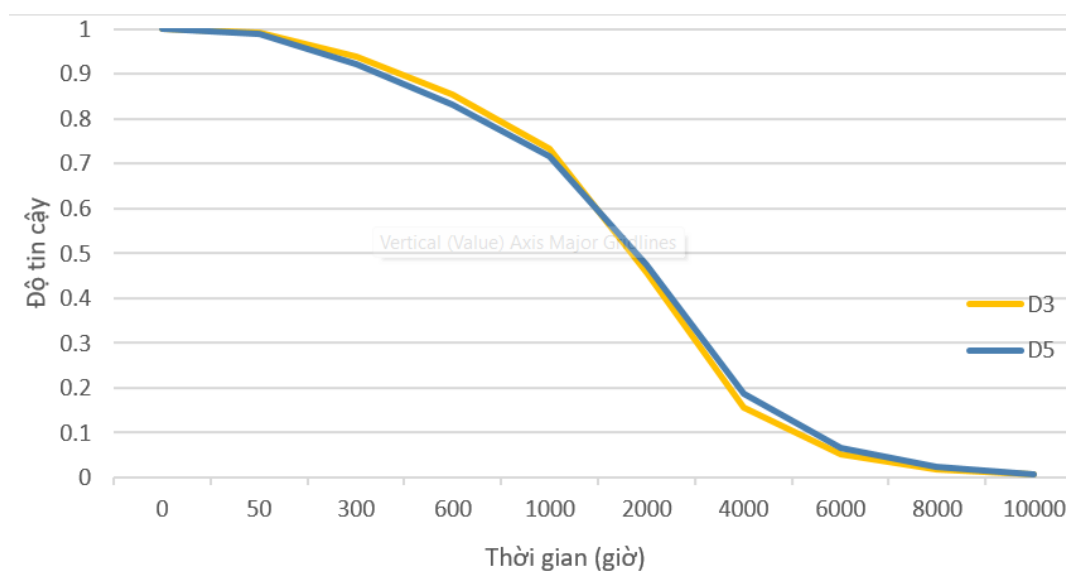
Bảng 4.9. Thống kê tần suất hỏng của phần tử yếu trong hệ thống

STT	Phần tử gây hỏng hệ thống	Số mẫu hỏng	Chế độ tải
1	Van ổn định áp suất	14	(1)
		16	(2)
		13	(3)
2	Van phanh hai tầng	5	(1)
		2	(2)
		5	(3)
3	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	(1)
		2	(2)
		2	(3)

Từ thống kê trên có thể thấy, van ổn định áp suất là phần tử yếu nhất trong hệ thống, thường xuyên hỏng nhất và hư hỏng của van dẫn đến hư hỏng toàn hệ thống. Đặc điểm này hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích định tính hướng mục tiêu, khi mà van ổn định áp suất là bộ cắt tối thiểu bậc 1 với xác suất hỏng cao hơn hẳn so với các bộ cắt bậc 1 còn lại.

4.7.2. Đánh giá kết quả định lượng

So sánh, đánh giá định tính kết quả thực nghiệm với lý thuyết bằng cách chồng đồ thị như Hình 4.20 và được tính toán định lượng bằng sai số tương đối và hệ số tương quan như trong Bảng 4.10.



Hình 4.20. Sự suy giảm của độ tin cậy mạch dẫn động điều khiển phanh công tác trên xe Kamaz-5320 theo tính toán lý thuyết và theo thực nghiệm

Trong đó:

+ D3: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác theo tính toán lý thuyết.

+ D5: Độ tin cậy theo thời gian của mạch dẫn động điều khiển phanh công tác theo kết quả thực nghiệm.

Ở Bảng 4.10, RRMSE chỉ ở mức 13,76%, hệ số tương quan đạt 0,84, cho thấy kết quả thực nghiệm và lý thuyết rất sát nhau. Hiệu quả ứng dụng phương pháp hướng mục tiêu đã được kiểm chứng rõ ràng.

Bảng 4.10. Kết quả tính toán sai số tương đối và hệ số tương quan giữa lý thuyết và thực nghiệm

Thông số	RRMSE	Hệ số tương quan
$P_R(t)$	13,76%	0,84

4.8. Kết luận chương 4

Chương 4 đã giới thiệu phương pháp thực nghiệm gia cường, xác định được các nội dung cơ bản của quá trình thực nghiệm, các kết quả chính đạt được là:

- Giới thiệu đầy đủ quy trình thiết kế và xử lý số liệu thực nghiệm gia cường. Từ xác định kích thước mẫu, chế độ thực nghiệm cho đến thu thập số liệu, xác định mô hình toán, xử lý số liệu và ước lượng độ tin cậy. Đây chính là cơ sở quan trọng để xây dựng thực nghiệm đánh giá kết quả phân tích lý thuyết. Có thể thấy rằng, trên thực tế, một hệ thống phải chịu tác động gây hỏng từ rất nhiều yếu tố khác nhau. Đối với các hệ thống phức tạp thì lượng yếu tố tác động gây hỏng lại càng lớn. Bên cạnh đó, việc ước lượng độ tin cậy cho cả hệ thống phức tạp, nhiều loại chi tiết, có khả năng sửa chữa phục hồi là rất phức tạp. Do đó, để thực nghiệm gia cường có hiệu quả, đạt được sự phù hợp cân đối giữa tính kỹ thuật và tính kinh tế, khi xây dựng thực nghiệm cần nắm chắc cơ sở lý thuyết thực nghiệm gia cường và lựa chọn giả thiết thực nghiệm, giả thiết tính toán phần lý thuyết phù hợp để nâng cao chất lượng kết quả thực nghiệm cũng như mục tiêu xác thực kết quả tính toán lý thuyết của luận án.

- Xác định được các dạng hỏng phổ biến của hệ thống và các loại yếu tố tác động chính gây ra các hư hỏng này. Từ đó, xác định kích thước không gian mẫu và chế độ thực nghiệm phù hợp.

- Thông qua thực nghiệm, xác định đặc tính hỏng của hệ thống, khẳng định kết quả phân tích lý thuyết về phần tử yếu trong hệ thống.

- Xử lý số liệu thực nghiệm bằng các công cụ có sẵn của thư viện SciPy, ước lượng được hàm độ tin cậy của hệ thống. Để so sánh và đánh giá kết quả thực nghiệm với kết quả tính toán lý thuyết, chương 4 đã tính toán sai số tương đối và hệ số tương quan. Kết quả cho thấy, hệ số tương quan Pearson đạt 0,84 và RRMSE 13,76%. Điều này chứng tỏ các kết quả tính toán lý thuyết rất sát với kết quả thu

được từ thực nghiệm, hiệu quả của phương pháp hướng mục tiêu là rất lớn trong công tác phân tích, đánh giá độ tin cậy cho các hệ thống.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

“Nghiên cứu đánh giá độ tin cậy hệ thống phanh ô tô đặc chủng trong quá trình khai thác ở điều kiện Miền Bắc Việt Nam” là nội dung quan trọng, không chỉ có ý nghĩa lớn trong công tác khai thác sử dụng các dòng xe đặc chủng để đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất, mà còn đóng góp lớn cho sự phát triển của khoa học độ tin cậy tại Việt Nam. Để nghiên cứu đánh giá độ tin cậy của các hệ thống phức tạp, quan trọng ví dụ như đối với các tổ hợp nhà máy điện hạt nhân, các hệ thống điện-thủy lực phức hợp điều khiển các bộ phóng tên lửa, phương pháp hướng mục tiêu đã được lựa chọn và cho thấy hiệu quả cao tại một số cường quốc nhưng chưa từng được nghiên cứu tại Việt Nam. Trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy, phương pháp hướng mục tiêu và phương pháp thử nghiệm gia cường, luận án đã tiến hành phân tích đánh giá được độ tin cậy của các phần tử và của cả hệ thống phanh khí nén trên ô tô đặc chủng khai thác trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam. Kết quả nghiên cứu của luận án đã đóng góp được các kết quả chính sau đây:

1. Từ tổng quan vấn đề nghiên cứu, Luận án đã lựa chọn phương pháp hướng mục tiêu, trình bày cơ sở lý thuyết của phương pháp với những nội dung và quy trình rõ ràng. Cụ thể, luận án đã trình bày về mô hình hướng mục tiêu, các thành phần cơ bản và cách thiết lập mô hình; các thuật toán, quy trình phân tích định lượng, phân tích định tính khi đánh giá độ tin cậy. Dựa trên cơ sở lý thuyết phương pháp hướng mục tiêu, luận án đã đề xuất và xây dựng thành công thuật toán tổng quát giúp phân tích định lượng và phân tích định tính cho hệ thống vật lý phức hợp bất kỳ. Trong đó, ứng dụng hiệu quả kỹ thuật quay lui vào xây dựng thuật toán, qua đó cho phép khảo sát đầy đủ, chính xác các bộ tổ hợp tín hiệu chia sẻ cũng như bộ cắt trong hệ thống. Thuật toán đề xuất trong luận án giúp giảm thiểu tối đa thời gian tính toán nhờ sử dụng bước lọc toán tử. Giá trị và ý nghĩa của thuật toán càng tỏ ra quan trọng khi phân tích cho các hệ thống có kích thước càng lớn.

2. Xây dựng được mô hình hướng mục tiêu cho hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320 và ứng dụng thuật toán nêu trên để phân tích, đánh giá độ tin cậy cho hệ thống và cho các phần tử trong hệ thống với dữ liệu thống kê hư hỏng của đối tượng khảo sát khi các đối tượng này được khai thác trong điều kiện Miền Bắc Việt Nam. Bên cạnh đó, các hệ thống thành phần của hệ thống này cũng được phân tích với các giả thiết khác nhau để đưa ra đánh giá về ảnh hưởng của các đặc điểm hệ thống đến sự suy giảm độ tin cậy của toàn bộ hệ thống và của các phần tử cấu thành hệ thống phanh khí nén nhiều dòng.

3. Luận án cũng nghiên cứu ứng dụng phương pháp thực nghiệm gia cường. Đồng thời đã xây dựng được hệ thống trang thiết bị thử nghiệm bao gồm: sa bàn mô hình vật lý thực hệ thống phanh khí nén nhiều dòng bao gồm phần dẫn động phanh và cơ cấu phanh cho phép khảo sát các chế độ hoạt động của toàn bộ hệ thống và phần tử tương tự trên xe thực; buồng thực nghiệm cho phép khởi tạo và thay đổi các yếu tố tác động nhằm tạo ra điều kiện môi trường tương tự trong điều kiện khai thác ở Miền Bắc Việt Nam; hệ thống các cảm biến, bộ thu thập dữ liệu, máy tính cho phép đo, ghi xử lý kết quả thử nghiệm liên tục trong suốt thời gian tiến hành thử nghiệm. Trên cơ sở các trang thiết bị đó, luận án tiến hành thực nghiệm thành công đối với mạch dẫn động điều khiển phanh công tác. Kết quả của thực nghiệm sau đó được so sánh, đánh giá với kết quả lý thuyết bằng cách quan sát đặc tính hỏng, phần tử yếu của hệ thống (đối với phân tích định tính) và bằng sai số tương đối, hệ số tương quan (đối với phân tích định lượng). Phân tích cho thấy, kết quả định tính hoàn toàn phù hợp với tính toán lý thuyết, kết quả định lượng có RRMSE khá nhỏ, ở mức 13,76% và hệ số tương quan giữa kết quả lý thuyết và thực nghiệm đạt 0,84.

4. Kết quả khảo sát độ tin cậy của toàn bộ hệ thống phanh và của các phần tử trong hệ thống theo thời gian hoạt động giúp cho cơ sở khai thác sử dụng xe Kamaz 5320 có thể điều chỉnh chu kỳ tác động kỹ thuật, xác định được nhanh

chóng phần tử yếu nhất trong hệ thống tại thời điểm bất kỳ từ đó có thể có được những tác động kỹ thuật thích hợp cũng như giảm được thời gian của quá trình chẩn đoán kỹ thuật hệ thống trước khi đưa ra những quyết định sửa chữa, khắc phục hư hỏng.

Với những kết quả đã đạt được, luận án đưa ra một số hướng phát triển tiếp theo như sau:

1. Thực nghiệm xác thực các hướng giải pháp nâng cao độ tin cậy cho các hệ thống như:

- Xây dựng hệ thống với kết cấu chính dạng song song.
- Các phần tử trong hệ cần được sửa chữa mới hoặc thay thế định kỳ.
- Tăng cường độ bảo dưỡng, sửa chữa hệ thống cho phù hợp với đặc thù sử dụng, khoảng thời gian cần tăng cường độ là khi độ dốc của đồ thị độ tin cậy bắt đầu tăng mạnh. Đồ thị này được xác định thông qua phân tích định lượng hệ thống.
- Đối với các vị trí phần tử yếu trong hệ thống, nên tăng cường tần suất (giảm chu kỳ) sửa chữa, thay thế cụm, chi tiết hoặc xây dựng kết cấu dự phòng. Phương án lựa chọn cần căn cứ thêm vào tính kinh tế khi phát triển hệ thống. Để xác định các phần tử yếu và thứ tự ưu tiên quan tâm trong hệ thống dựa vào các kết quả xác định bộ cắt tối thiểu bậc 1 và xác suất hỏng của các bộ cắt tối thiểu.

2. Nghiên cứu bổ sung các toán tử hướng mục tiêu để mô tả chính xác hơn các kiểu phần tử, kết cấu đa dạng trong hệ thống như: kết cấu liên hệ phản hồi, kết cấu “k-out-of-m”,...

3. Nghiên cứu tối ưu phân bổ độ tin cậy cho hệ thống dựa trên phương pháp hướng mục tiêu, củng cố thêm cơ sở khoa học cho công tác nâng cao chất lượng khai thác ô tô đặc chủng cũng như các sản phẩm, hệ thống quan trọng khác.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Vũ Ngọc Tuấn "*Nghiên cứu độ tin cậy hệ thống lái ô tô ZIL 131 trong điều kiện Việt Nam*", Tạp chí cơ khí Việt Nam (ISSN: 0866-7056), Số 3 năm 2020.
2. Hoàng Giang Nam, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Phan Lê Duy, Vũ Ngọc Tuấn "*Ứng dụng mô hình Markov nghiên cứu đánh giá tình trạng kỹ thuật cơ cấu phanh chính trên hệ thống phanh thủy khí*", Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải (ISSN: 1859-316X), Số đặc biệt tháng 10/2021.
3. Vũ Ngọc Tuấn, Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo "*Research of Determining Low – Reliability Elements of Multiple – Flows Compressed Air Braking System Based on Goal – Oriented (GO) Methodology*", International journal of automotive and mechanical engineering (ISSN: 2229-8649), Vol 18 Issue 2 (2021).
4. Phan Lê Duy, Nguyễn Văn Dũng, Vũ Quốc Bảo, Mai Việt Vượng, Vũ Ngọc Tuấn "*Proposing an algorithm to improve the efficiency of quantitative analysis by a goal-oriented approach for complex systems*", International Journal of Latest Engineering Research and Application (ISSN: 2455-7137), Vol 7 Issue 5 (may 2022).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

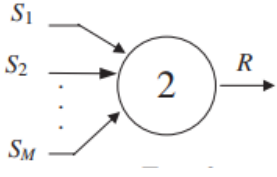
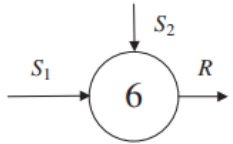
- [1] N. Vi, “Độ tin cậy của các công trình trên biển.” Tạp chí giao thông vận tải, 2000.
- [2] B. Bertsche, *Reliability in Automotive and Mechanical Engineering*. 2008. doi: 10.1007/978-3-540-34282-3.
- [3] R. B. Patil, “An Overview of Fault Tree Analysis (Fta) Method for Reliability Analysis,” *J. Eng. Res. Stud.*, no. June 2015, pp. 6–8, 2013.
- [4] 16949store, “What is FMEA? - IATF 16949 Store,” *IATF 16949Store*, 2022. <https://16949store.com/iatf-16949-standards/iatf-16949-core-tools/what-is-fmea-training/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [5] A. A. Rader, A. M. Ross, and D. H. Rhodes, “A Methodological Comparison of Monte Carlo Simulation and Epoch-Era Analysis for Tradespace Exploration in an Uncertain Environment,” *Seairi.mit.edu*, 2010.
- [6] X. jian Yi, J. Shi, and J. Cheng, “Reliability technology using GO methodology: A review,” *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 35, no. 8, pp. 2513–2539, 2019, doi: 10.1002/qre.2541.
- [7] P. Đ. V. Vũ Đức Lập, *Cấu tạo ô tô quân sự tập 2.pdf*. Hà Nội: Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1995.
- [8] P. V. Khôi, *Cơ sở đánh giá độ tin cậy*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [9] Đ. Đ. Tuấn, “Đánh giá độ tin cậy của bộ trục bánh xe đầu máy D19E vận dụng tại xí nghiệp đầu máy Sài Gòn do hao mòn mặt lăn và gờ bánh,” *Tạp chí Khoa học giao thông vận tải*, vol. 38.
- [10] Đ. Đ. Tuấn, N. Đ. Toàn, and V. T. Cang, “Xây dựng chương trình tính toán xác định thời hạn làm việc của các phần tử cơ khí hư hỏng đột ngột không phục hồi,” *Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V - VCME*, 2018.

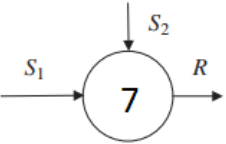
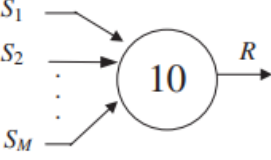
- [11] N. X. Chính, “Phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam 2000 — LUẬN ÁN TIẾN SĨ - Cơ sở dữ liệu toàn văn,” *Thư viện quốc gia Việt Nam*, 2000. <http://luanan.nlv.gov.vn/luanan?a=d&d=TTbFabDAfBZi2000.1.26&e=-----vi-20--1--img-txIN-----> (accessed Oct. 26, 2022).
- [12] H. N. Vinh, “Nghiên cứu độ tin cậy và một số biện pháp nâng cao độ tin cậy của máy kéo MTZ-50 và DT-75 trong điều kiện sử dụng ở đồng bằng Sông Hồng,” *Thư viện quốc gia Việt Nam*, 1996. <http://luanan.nlv.gov.vn/luanan?a=d&d=TTkGGSfNBUTq1996.1.1&e=-----vi-20--1--img-txIN-----#> (accessed Oct. 27, 2022).
- [13] N. L. Hương, “Tính độ tin cậy an toàn hệ thống công trình đầu mối ở hồ chứa,” *Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường (Số 44)*, 2014.
- [14] H. E. Lambert, “Use of fault tree analysis for automotive reliability and safety analysis,” *SAE Tech. Pap.*, no. 724, 2004, doi: 10.4271/2004-01-1537.
- [15] G. Meni, P. Strana, and Z. Strana, “FAULT TREE ANALYSIS OF THE MOTOR VEHICLE ’ S STEERING SYSTEM,” *Naucn. rad Sci. Pap.*, 2012.
- [16] J. Guo, N. Jiao, L. Jiang, X. Han, and X. Zhang, “Hydro-pneumatic suspension gasbag reliability improvement based on FMEA and FTA,” *ICRMS 2014 - Proc. 2014 10th Int. Conf. Reliab. Maintainable. Saf. More Reliable. Prod. More Secure. Life*, pp. 592–594, 2014, doi: 10.1109/ICRMS.2014.7107264.
- [17] H. Kumamoto, T. Tsuji, K. Inoue, and E. J. Henley, “System Reliability Analysis and Diagnosis by Monte Carlo Method,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 11, no. 1, pp. 1613–1620, 1978, doi: 10.1016/s1474-6670(17)66126-3.
- [18] X. J. Yi, B. S. Dhillon, J. Shi, H. N. Mu, and Z. Zhang, “A new reliability analysis method for vehicle systems based on goal-oriented methodology,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 231, no. 8, pp. 1066–

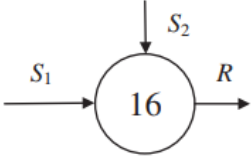
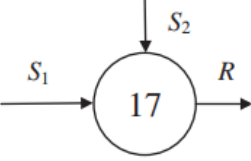
- 1095, 2017, doi: 10.1177/0954407016671276.
- [19] X. Yi, *Goal Oriented Methodology and Applications in Nuclear Power Plants: A Modern Systems Reliability Approach*. Elsevier Inc, 2019.
- [20] D. H. Collins, J. Freels, A. Huzurbazar, and R. L. Warr, “Accelerated Test Methods for Reliability Prediction,” no. July 2017, 2013, doi: 10.1080/00224065.2013.11917936.
- [21] W. Q. Meeker, L. A. Escobar, and Y. Hong, “Using accelerated life tests results to predict product field reliability,” *Technometrics*, vol. 51, no. 2, pp. 146–161, 2009, doi: 10.1198/TECH.2009.0016.
- [22] J. Chen, E. Zio, J. Li, Z. Zeng, and C. Bu, “Accelerated life test for reliability evaluation of pneumatic cylinders,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 75062–75075, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2882767.
- [23] D. J. Wilkins, “The Bathtub Curve and Product Failure Behavior (Part 1 of 2),” *www.weibull.com*, 2022. <https://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm> (accessed Nov. 03, 2022).
- [24] M. A. Lundteigen and M. Rausand, “SIS book: Markov Methods (Chapter 5).” doi: 10.1002/9781118776353.Lundteigen.
- [25] S. Zupei, G. Jia, and H. Xiangrui, “An exact algorithm dealing with shared signals in the GO methodology,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 73, no. 2, pp. 177–181, 2001, doi: 10.1016/S0951-8320(01)00035-7.
- [26] Reliasoft Corporation, “Accelerated Life Testing Reference,” *Reli. Corp.*, pp. 1–26, 2015, [Online]. Available: <http://www.reliasoft.com>
- [27] B. Dodson, *ACCELERATED TESTING A Practitioner’s Guide to Accelerated and Reliability Testing*. Society of Automotive Engineers, 2006.
- [28] Reliawiki, “Inverse Power Law Relationship,” *www.reliawiki.com*, 2015. http://reliawiki.com/index.php/Inverse_Power_Law_Relationship (accessed Oct. 30, 2022).

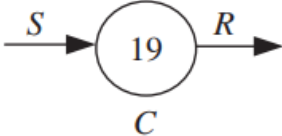
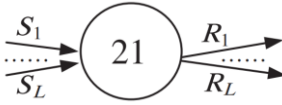
- [29] Reliawiki, “Arrhenius Relationship - ReliaWiki,” *www.reliawiki.com*, 2015. http://reliawiki.com/index.php/Arrhenius_Relationship (accessed Oct. 31, 2022).
- [30] Reliawiki, “Multivariable Relationships: General Log-Linear and Proportional Hazards,” *www.reliawiki.com*, 2015. http://reliawiki.com/index.php/Multivariable_Relationships:_General_Log-Linear_and_Proportional_Hazards (accessed Nov. 01, 2022).
- [31] M. R. Revision, “What is censored data,” *reliability.readthedocs.io*, 2022. https://reliability.readthedocs.io/en/latest/What_is_censored_data.html (accessed Nov. 01, 2022).
- [32] Reliawiki, “Parameter Estimation - ReliaWiki,” *www.reliawiki.com*, 2015. http://reliawiki.com/index.php/Parameter_Estimation#Least_Squares_.28Rank_Regression.29 (accessed Nov. 03, 2022).
- [33] Stephanie Glen, “RMSE: Root Mean Square Error - Statistics How To,” *StatisticsHowto.com*, 2022. <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/rmse-root-mean-square-error/> (accessed Dec. 08, 2022).
- [34] L. M. Hoàng, *Giải thuật và lập trình*. 2002.
- [35] I. Global, “What is Constraint Satisfaction Problem (CSP) | IGI Global,” *www.igi-global.com*, 2022. <https://www.igi-global.com/dictionary/constraint-processing/5434> (accessed Nov.05, 2022).
- [36] C. L. V. Inc, “Weatherspark,” <https://vi.weatherspark.com/>.
- [37] OpenSource, “Statistical functions (scipy.stats) — SciPy v1.10.0.dev0+2190.acd1a4a Manual,” *www.github.com*. <https://scipy.github.io/devdocs/reference/stats.html#module-scipy.stats> (accessed Nov. 13, 2022).
- [38] V. Q. Bảo, *Cơ sở khai thác xe quân sự*. Hà Nội: Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2001.

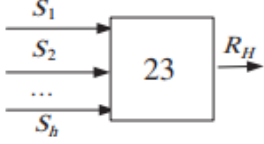
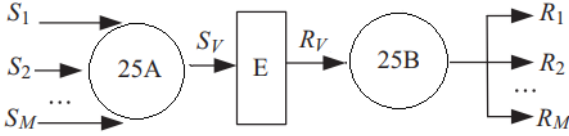
PHỤ LỤC 1. MỘT SỐ LOẠI TOÁN TỬ HƯỚNG MỤC TIÊU THƯỜNG DÙNG

STT	Loại toán tử	Mô tả	Ký hiệu	Công thức xác suất
1	Loại 2	Biểu diễn quan hệ logic "OR" giữa các tín hiệu đầu vào với một tín hiệu đầu ra.		$\left\{ \begin{array}{l} P_R(t) = 1 - \prod_{i=1}^M (1 - P_{S_i}(t)) \\ \mu_R(t) = \sum_{i=1}^M \mu_i(t) \\ \lambda_R(t) = \frac{\mu_R(t) \cdot (1 - P_R(t))}{P_R(t)} \end{array} \right.$
2	Loại 6	Biểu diễn các phân tử nhận tín hiệu để làm việc. Ví dụ: Bơm nước, công tắc tơ,...		$\left\{ \begin{array}{l} P_R(t) = P_{S_1}(t) \cdot P_{S_2}(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_{S_1}(t) + \lambda_{S_2}(t) + \lambda_C(t) \end{array} \right.$

STT	Loại toán tử	Mô tả	Ký hiệu	Công thức xác suất
3	Loại 7	Biểu diễn các phần tử nhận tín hiệu để tắt. Ví dụ: công tắc tơ thường đóng, van lưu lượng thường mở,...		$\begin{cases} P_R(t) = P_{S1}(t) \cdot P_{S2}(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_{S1}(t) + \lambda_{S2}(t) + \lambda_C(t) \end{cases}$
4	Loại 10	Biểu diễn quan hệ logic "AND" giữa các tín hiệu đầu vào với một tín hiệu đầu ra.		$\begin{cases} P_R(t) = \prod_{i=1}^M P_{Si}(t) \\ \lambda_R(t) = \sum_{i=1}^M \lambda_i(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \end{cases}$

STT	Loại toán tử	Mô tả	Ký hiệu	Công thức xác suất
5	Loại 16	Biểu diễn các phần tử duy trì trạng thái “tắt” khi điều chỉnh giảm tín hiệu điều khiển.		$\begin{cases} P_R(t) = P_{S1}(t) \cdot P_{S2}(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_{S1}(t) + \lambda_{S2}(t) + \lambda_C(t) \end{cases}$
6	Loại 17	Biểu diễn các phần tử duy trì trạng thái “làm việc” khi điều chỉnh giảm tín hiệu điều khiển.		$\begin{cases} P_R(t) = P_{S1}(t) \cdot P_{S2}(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_R(t)}{1 - P_R(t)} \\ \lambda_R(t) = \lambda_{S1}(t) + \lambda_{S2}(t) + \lambda_C(t) \end{cases}$

STT	Loại toán tử	Mô tả	Ký hiệu	Công thức xác suất
7	Loại 19	Biểu diễn các phần tử đa trạng thái, biến tín hiệu không ổn định thành tín hiệu bình thường. Ví dụ: Hệ thống điều khiển thủy lực trong nhà máy điện hạt nhân		$\left\{ \begin{array}{l} P_{RO}(t) = \sum_{j=0}^q P_{Sj}(t) \cdot P_{CO}(t) \\ P_{RN}(t) = \sum_{j=0}^q P_{Sj}(t) \cdot P_{CN}(t) + \sum_{j=q+1}^m P_{Sj}(t) + P_{SN}(t) \\ \lambda_R(t) = \lambda_C(t) + \sum_{j=1}^N \lambda_{Sj}(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_R(t) \cdot P_{RO}(t)}{1 - P_{RO}(t)} \end{array} \right.$
8	Loại 21	Biểu diễn các phần tử có logic điều khiển đa chức năng		$\left\{ \begin{array}{l} P_{Ri}(t) = P_{Si}(t) \cdot P_C(t) \\ \mu_R(t) = \frac{\lambda_{Ri}(t) \cdot P_{Ri}(t)}{1 - P_{Ri}(t)} \\ \lambda_{Ri}(t) = \lambda_{Si}(t) + \lambda_C(t) \end{array} \right.$

STT	Loại toán tử	Mô tả	Ký hiệu	Công thức xác suất
9	Loại 23	Biểu diễn phần tử tích hợp điều khiển đa chức năng. Ví dụ: hộp số trên ô tô,...		$\left\{ \begin{array}{l} P_{RH}(t) = \sum_{h=1}^H \varphi_h \cdot P_{Sh}(t) \\ \sum_{h=1}^H \varphi_h = 1 \\ \lambda_{RH}(t) = \sum_{h=1}^H \varphi_h \cdot \lambda_{Sh}(t) \\ \mu_{RH}(t) = \frac{\lambda_{RH}(t) \cdot P_{RH}(t)}{1 - P_{RH}(t)} \end{array} \right.$
10	Loại 25A và 25B	Biểu diễn phần tử đa chức năng với nhiều loại nguồn đầu vào và nhiều loại tín hiệu đầu ra. Module E ở giữa có thể là một kết cấu hoặc nhóm các phần tử.		$P_{RV}(t) = P_{RV}(t) \cdot P_E(t) = \begin{bmatrix} P_{S1}(t) \\ P_{S2}(t) \\ \dots \\ P_{SM}(t) \end{bmatrix} \cdot P_E(t) = \begin{bmatrix} P_{R1}(t) \\ P_{R2}(t) \\ \dots \\ P_{RM}(t) \end{bmatrix}$

**PHỤ LỤC 2. THỐNG KÊ THỜI GIAN ĐẾN HƯ HỎNG, BẢO DƯỠNG, SỬA CHỮA CỦA 60 XE KAMAZ-5320
KHẢO SÁT TRONG 3 NĂM 2017, 2018, 2019 TẠI KHU VỰC MIỀN BẮC VIỆT NAM**

Bảng 1. Thống kê thời gian đến hỏng trung bình của 60 Kamaz-5320 khảo sát trong 3 năm 2017, 2018 và 2019 tại khu vực Miền Bắc Việt Nam

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Máy nén khí	6910	6946	6941	6948	6955	6945	6945	6936	6941	6954
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17260	17235	17252	17237	17250	17243	17236	17237	17244	17253
3	Van ôn định áp suất	1310	1261	1256	1242	1255	1244	1239	1245	1263	1251
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17240	17242	17248	17249	17238	17243	17246	17240	17233	17253
5	Bộ chống đông	3543	3564	3578	3571	3563	3575	3581	3577	3559	3581
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16175	16139	16139	16123	16123	16131	16126	16117	16137	16127
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	5080	5001	4990	5003	4989	4994	4996	5000	4990	4997

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	5039	5009	5001	4998	4988	5011	5000	5005	5000	5003
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4973	5010	5007	5009	5000	5004	5008	5011	5003	4995
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	5060	5012	4992	5010	4988	4994	5000	5009	4989	5002
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5000	5001	4997	4997	4996	5001	4993	4999	4998	5012
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15180	15151	15148	15161	15162	15160	15151	15160	15164	15144
14	Bình khí nén 20	13938	13896	13884	13878	13897	13901	13899	13897	13883	13877
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bấm	3312	3338	3337	3321	3335	3336	3329	3324	3342	3329
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15557	15628	15630	15624	15626	15625	15637	15621	15624	15623

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13792	13894	13894	13894	13890	13880	13883	13889	13882	13890
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	13887	13880	13889	13900	13885	13902	13890	13885	13890	13900
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16171	16121	16127	16126	16137	16129	16132	16122	16136	16120
26	Bình khí nén 21	13959	13893	13887	13886	13895	13881	13900	13900	13886	13883
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16061	16132	16140	16131	16141	16127	16132	16118	16126	16131
28	Bình khí nén 29	13831	13880	13899	13898	13878	13878	13887	13889	13900	13877
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17203	17233	17238	17244	17236	17247	17253	17248	17238	17253
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17310	17249	17233	17254	17232	17250	17245	17231	17241	17234
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1656	1658	1670	1671	1673	1659	1663	1679	1673	1669

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16121	16126	16139	16131	16137	16135	16127	16127	16132	16126
36	Van gia tốc	4572	4640	4625	4636	4629	4625	4633	4628	4631	4631
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17237	17246	17246	17250	17242	17233	17248	17252	17233	17251
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17262	17235	17229	17229	17240	17250	17245	17250	17242	17244
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van xả phanh sự cố	6301	6258	6243	6245	6260	6246	6250	6253	6254	6248
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17129	17230	17252	17240	17251	17238	17230	17253	17248	17237
46	Van đường đôi	8368	8331	8329	8343	8342	8340	8334	8337	8322	8330
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	13871	13881	13892	13897	13901	13898	13887	13877	13892	13885
48	Bình khí nén 19	13783	13890	13885	13896	13881	13886	13881	13896	13894	13896

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15098	15152	15158	15144	15150	15163	15153	15160	15161	15145
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	19908	20007	19996	20006	19999	20011	19993	20000	20007	20006
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4636	4625	4625	4638	4619	4642	4627	4619	4639	4632
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4546	4538	4537	4546	4538	4533	4550	4533	4556	4539
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19942	19992	20001	20000	19998	20002	20008	20002	19994	20001
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3827	3842	3840	3857	3834	3837	3857	3838	3836	3857
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15645	15625	15636	15631	15617	15625	15621	15620	15618	15625
60	Bình khí nén 22	13848	13888	13889	13894	13878	13888	13899	13896	13884	13882
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4774	4618	4623	4622	4636	4633	4628	4635	4631	4626

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16150	16137	16121	16124	16141	16131	16135	16120	16138	16141
63	Van điều áp	1799	1848	1852	1843	1842	1859	1848	1863	1858	1849
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	16652	16669	16663	16664	16659	16662	16666	16664	16660	16677
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2421	2505	2497	2510	2497	2493	2501	2497	2510	2505
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	559	562	559	559	556	551	553	559	559	544
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16120	16128	16138	16123	16135	16120	16123	16141	16118	16138
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1495	1538	1546	1545	1527	1538	1548	1549	1530	1539
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	14273	14285	14281	14276	14280	14292	14281	14294	14277	14295
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	840	845	822	830	837	830	825	838	842	833

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
84	Van bảo vệ 1 chiều	4618	4541	4549	4535	4538	4542	4552	4550	4536	4540
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	996	1006	989	1004	991	996	1000	995	994	993
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1765	1781	1792	1793	1791	1789	1787	1777	1795	1776
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	530	512	488	501	502	503	497	509	501	509

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Máy nén khí	6953	6951	6950	6943	6941	6943	6942	6939	6953	6944

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17230	17245	17252	17240	17251	17241	17246	17252	17241	17240
3	Van ổn định áp suất	1251	1252	1244	1248	1247	1238	1238	1249	1262	1251
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17240	17231	17230	17231	17239	17232	17251	17235	17235	17245
5	Bộ chống đông	3564	3583	3580	3580	3577	3569	3559	3565	3569	3559
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16121	16118	16136	16125	16135	16127	16132	16122	16135	16122
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	5005	4998	5004	5005	5012	5004	4996	4994	5002	4989
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	4989	4989	5002	5008	4993	5004	5005	4991	5006	4995
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4996	4990	4992	5006	4989	5001	5004	4995	5008	4989
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	5007	4994	5009	5000	4994	4994	5000	5006	5005	4988

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sự cố)	5007	5012	4997	5001	4995	4989	4991	5006	4993	4990
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15143	15146	15157	15152	15164	15140	15162	15147	15144	15155
14	Bình khí nén 20	13885	13891	13880	13895	13890	13891	13893	13878	13887	13885
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bấm	3324	3324	3334	3329	3333	3333	3325	3323	3344	3330
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15620	15616	15633	15614	15615	15623	15630	15632	15613	15631
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13885	13897	13894	13878	13887	13877	13900	13892	13891	13900
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	13892	13883	13901	13882	13895	13897	13881	13878	13889	13898
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16117	16125	16127	16128	16134	16120	16127	16120	16134	16132
26	Bình khí nén 21	13894	13881	13889	13898	13893	13887	13885	13887	13889	13879

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16117	16118	16124	16132	16123	16135	16133	16117	16141	16139
28	Bình khí nén 29	13887	13895	13894	13878	13900	13883	13881	13883	13893	13887
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17237	17242	17231	17238	17238	17239	17247	17229	17251	17248
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17237	17231	17243	17240	17229	17230	17236	17238	17238	17235
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1664	1655	1663	1672	1666	1662	1669	1675	1660	1660
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16128	16138	16131	16139	16127	16134	16128	16127	16137	16132
36	Van gia tốc	4637	4625	4625	4623	4636	4626	4618	4631	4629	4624
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17251	17249	17243	17232	17229	17230	17229	17248	17233	17241
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17233	17234	17243	17240	17245	17230	17243	17236	17247	17232

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van nhả phanh sự cố	6253	6243	6253	6260	6259	6240	6256	6247	6254	6253
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17239	17245	17238	17240	17245	17237	17231	17244	17242	17243
46	Van đường đôi	8330	8332	8341	8326	8342	8345	8334	8327	8335	8330
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	13895	13897	13881	13892	13901	13897	13893	13878	13894	13884
48	Bình khí nén 19	13893	13891	13893	13889	13897	13882	13887	13897	13891	13897
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15153	15156	15161	15153	15147	15142	15152	15159	15164	15144
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	20010	19995	20012	20007	19991	19995	20000	20003	19989	20007
53	Van tăng trên van phanh 2 tầng	4624	4642	4620	4621	4619	4628	4619	4634	4632	4626

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4551	4541	4553	4541	4551	4536	4549	4557	4540	4534
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19993	19993	19996	19994	20011	20009	20003	20000	20001	20002
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3858	3843	3838	3844	3856	3847	3836	3839	3844	3856
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15631	15632	15629	15624	15635	15616	15628	15634	15623	15629
60	Bình khí nén 22	13898	13880	13878	13887	13889	13879	13887	13885	13898	13887
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4622	4629	4626	4621	4626	4633	4627	4635	4632	4638
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16127	16139	16124	16137	16131	16133	16122	16121	16125	16123
63	Van điều áp	1860	1857	1847	1860	1850	1849	1840	1849	1843	1860
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra dầu ra)	16656	16677	16669	16659	16663	16659	16666	16662	16655	16675
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2508	2505	2510	2497	2495	2505	2508	2509	2494	2494

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1791	1781	1784	1793	1787	1795	1790	1776	1781	1774
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	511	491	501	496	489	509	490	506	488	505

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Máy nén khí	6939	6950	6943	6954	6946	6947	6949	6937	6954	6951
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17232	17229	17244	17231	17231	17242	17245	17253	17231	17253
3	Van ổn định áp suất	1252	1245	1239	1241	1248	1251	1258	1242	1239	1239
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17232	17246	17242	17231	17250	17243	17247	17239	17229	17234

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	Bộ chống đông	3574	3561	3581	3578	3573	3583	3560	3573	3569	3573
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16133	16134	16132	16122	16120	16140	16134	16132	16138	16133
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	4989	5012	4989	4996	4995	4993	4999	4998	4998	4993
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	5001	5009	5010	5007	4994	5003	4996	5004	4991	4989
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4997	5002	4989	4990	4996	4993	4993	5006	5001	5011
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	4998	4988	4994	5009	4990	4999	4994	5007	5012	4989
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4993	5008	4991	5010	5011	5011	4989	4995	5007	5009
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15151	15160	15144	15145	15153	15153	15161	15155	15146	15148
14	Bình khí nén 20	13879	13883	13877	13887	13877	13882	13894	13893	13892	13889

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bám	3344	3337	3335	3330	3342	3338	3323	3327	3329	3337
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15623	15636	15625	15631	15624	15621	15637	15634	15636	15615
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13894	13899	13890	13878	13894	13896	13890	13899	13891	13893
21	Xy lanh điều khiển bom cao áp	13895	13889	13884	13877	13893	13900	13894	13878	13896	13888
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16120	16141	16127	16127	16127	16119	16130	16118	16120	16119
26	Bình khí nén 21	13880	13893	13901	13879	13885	13900	13884	13886	13880	13888
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16119	16139	16141	16126	16133	16128	16129	16122	16135	16117
28	Bình khí nén 29	13899	13881	13887	13901	13901	13877	13891	13885	13894	13894
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17234	17252	17247	17237	17236	17240	17229	17229	17234	17229

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17234	17248	17236	17250	17240	17247	17230	17234	17240	17246
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1660	1660	1671	1655	1677	1679	1678	1661	1668	1656
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16139	16137	16139	16120	16133	16135	16122	16128	16125	16128
36	Van gia tốc	4632	4621	4642	4624	4634	4624	4639	4626	4641	4639
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17232	17248	17240	17242	17248	17244	17241	17252	17239	17252
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17253	17245	17235	17251	17253	17243	17241	17241	17238	17235
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van xả phanh sự cố	6238	6249	6254	6242	6260	6244	6240	6257	6246	6238
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17249	17243	17248	17247	17244	17251	17234	17246	17252	17229

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
46	Van đường đôi	8345	8334	8331	8329	8341	8342	8323	8321	8322	8324
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	13877	13882	13878	13893	13896	13893	13888	13890	13898	13882
48	Bình khí nén 19	13889	13893	13900	13893	13880	13877	13890	13888	13896	13892
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15153	15163	15159	15153	15147	15140	15158	15144	15157	15153
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	19993	19989	19989	19999	19990	20006	20008	19995	19997	20004
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4628	4634	4636	4639	4625	4629	4627	4636	4624	4636
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4546	4548	4557	4555	4555	4545	4535	4538	4543	4555
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	20000	19989	20004	19994	20010	20005	19995	20011	20004	19992
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3852	3838	3855	3848	3845	3850	3849	3856	3841	3839

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
73	Bộ điều hoà lực phanh	1540	1543	1545	1541	1532	1530	1541	1542	1532	1530
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	14295	14280	14276	14298	14283	14287	14294	14286	14298	14296
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	829	834	841	845	824	839	844	827	824	843
84	Van bảo vệ 1 chiều	4549	4549	4540	4552	4536	4545	4537	4556	4547	4551
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1012	1011	1002	1007	999	1009	1008	1004	997	994
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1785	1784	1776	1788	1794	1775	1794	1790	1794	1792
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	512	492	506	491	509	504	502	498	512	494

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	Máy nén khí	6935	6944	6933	6932	6944	6947	6955	6948	6934	6948
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17233	17241	17246	17250	17241	17231	17239	17238	17246	17242
3	Van ổn định áp suất	1259	1252	1240	1249	1261	1249	1260	1240	1255	1249
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17247	17243	17246	17233	17250	17243	17238	17231	17243	17234
5	Bộ chống đông	3560	3581	3581	3578	3580	3565	3577	3577	3573	3577
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16119	16119	16136	16126	16124	16133	16123	16133	16138	16135
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	5005	4995	4995	4998	4994	4991	5001	5011	5010	5012
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	4991	4999	4993	5004	4997	5009	5003	5002	5001	5000
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5009	4999	4996	5011	4990	4997	4988	5007	4999	5012

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	4993	4994	5004	4998	4994	4998	5005	4988	5001	5005
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sự cố)	5001	4995	4988	4990	4998	5003	4988	5001	5000	4994
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15153	15150	15163	15145	15157	15159	15162	15145	15145	15140
14	Bình khí nén 20	13895	13882	13887	13889	13881	13879	13884	13898	13888	13895
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bám	3338	3327	3334	3337	3329	3344	3341	3325	3329	3341
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15627	15627	15624	15623	15626	15626	15622	15628	15617	15622
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13897	13892	13891	13891	13890	13887	13898	13887	13877	13895
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	13880	13886	13885	13881	13877	13888	13896	13894	13893	13897

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16119	16140	16139	16140	16125	16141	16140	16118	16125	16137
26	Bình khí nén 21	13880	13890	13885	13897	13881	13878	13890	13884	13896	13879
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16134	16137	16124	16136	16138	16136	16118	16136	16126	16133
28	Bình khí nén 29	13900	13887	13894	13880	13894	13894	13884	13900	13890	13887
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17237	17238	17250	17235	17237	17234	17242	17251	17246	17248
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17253	17239	17234	17246	17231	17239	17242	17242	17247	17250
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1662	1676	1668	1676	1664	1672	1674	1676	1660	1668
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16121	16131	16123	16122	16129	16127	16128	16127	16123	16119
36	Van gia tốc	4634	4631	4623	4628	4630	4622	4631	4641	4639	4624

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
52	Cần dẫn	19996	20004	20012	20012	20003	19992	20010	20011	20009	20000
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4620	4632	4625	4641	4631	4626	4635	4620	4619	4621
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4545	4537	4551	4544	4546	4550	4535	4550	4537	4544
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	20001	20001	20004	20007	20005	19994	19992	20011	19999	20010
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3850	3853	3849	3858	3844	3847	3854	3834	3846	3856
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15629	15621	15620	15632	15621	15632	15636	15635	15625	15613
60	Bình khí nén 22	13897	13883	13887	13900	13898	13893	13888	13900	13882	13901
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4618	4622	4625	4627	4618	4624	4629	4619	4619	4638
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16117	16124	16121	16134	16128	16128	16119	16117	16131	16120
63	Van điều áp	1857	1857	1846	1849	1843	1853	1860	1857	1841	1845

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	16670	16674	16677	16670	16673	16673	16664	16675	16678	16663
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2512	2504	2505	2503	2501	2512	2505	2501	2508	2488
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	562	548	560	550	563	557	562	568	566	545
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16121	16126	16137	16117	16133	16137	16135	16137	16119	16130
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1541	1526	1527	1536	1531	1535	1548	1541	1531	1536
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	14279	14298	14280	14280	14275	14294	14290	14274	14276	14298
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	826	824	827	822	841	825	831	822	828	841
84	Van bảo vệ 1 chiều	4540	4550	4552	4536	4540	4555	4547	4549	4534	4550

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1009	998	1005	1003	1000	988	1012	1002	1006	989
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1793	1780	1778	1790	1774	1793	1793	1788	1778	1793
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	494	506	492	510	510	489	496	497	497	491

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	Máy nén khí	6946	6938	6951	6949	6950	6940	6944	6947	6956	6935
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17230	17233	17231	17249	17232	17252	17229	17239	17242	17242

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
3	Van ổn định áp suất	1249	1262	1250	1251	1250	1242	1246	1259	1249	1258
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17252	17247	17245	17235	17249	17250	17240	17253	17247	17232
5	Bộ chống đông	3563	3572	3583	3559	3563	3580	3562	3567	3572	3566
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16119	16117	16121	16131	16127	16126	16139	16136	16131	16119
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	4989	5002	5000	5002	4990	4994	4993	4989	4991	5011
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	5000	5010	5002	5009	4998	5005	4994	4996	5005	4999
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5010	5006	4997	5004	4988	4989	5005	5001	5002	5011
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	4995	5009	5010	4991	4996	5001	5000	4998	5002	5000
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5005	5007	4999	5011	5005	4990	4997	5004	5004	4988

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15141	15140	15160	15147	15150	15141	15164	15156	15144	15148
14	Bình khí nén 20	13893	13881	13892	13895	13894	13879	13897	13896	13888	13877
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bám	3341	3345	3342	3324	3322	3335	3335	3329	3329	3335
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15636	15631	15632	15617	15613	15637	15632	15614	15637	15636
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13884	13891	13877	13900	13884	13889	13889	13898	13889	13882
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	13877	13883	13889	13886	13899	13894	13886	13893	13878	13888
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16140	16127	16119	16124	16122	16131	16138	16135	16134	16120
26	Bình khí nén 21	13883	13891	13885	13894	13901	13880	13886	13877	13900	13887
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16141	16119	16137	16119	16133	16129	16130	16128	16119	16128

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
42	Van nhả phanh sự cố	6252	6240	6254	6245	6244	6240	6244	6243	6251	6258
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17252	17249	17237	17248	17233	17243	17231	17250	17231	17247
46	Van đường đôi	8325	8335	8327	8331	8345	8330	8331	8340	8322	8331
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	13882	13891	13890	13885	13893	13892	13890	13900	13879	13901
48	Bình khí nén 19	13879	13895	13899	13893	13889	13900	13897	13895	13896	13901
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15159	15153	15150	15146	15152	15158	15147	15161	15154	15153
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	20000	20000	20010	20001	20001	19993	20004	20010	20007	20002
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4628	4642	4639	4640	4642	4640	4640	4642	4618	4629
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4557	4553	4538	4540	4556	4550	4540	4534	4542	4535

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19999	19991	19999	19988	20001	19991	20012	19996	20005	20007
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3846	3837	3848	3854	3841	3857	3843	3853	3844	3855
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15631	15637	15626	15630	15613	15616	15613	15615	15632	15613
60	Bình khí nén 22	13883	13893	13883	13894	13891	13895	13886	13899	13892	13900
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4621	4623	4624	4637	4619	4625	4624	4624	4621	4623
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16132	16131	16129	16128	16119	16118	16126	16123	16135	16132
63	Van điều áp	1856	1862	1849	1844	1856	1843	1860	1852	1856	1858
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	16677	16670	16663	16667	16666	16677	16664	16661	16667	16660
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2498	2491	2493	2494	2498	2504	2500	2488	2509	2502
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	568	547	552	554	564	560	547	548	557	559

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16139	16137	16131	16131	16119	16118	16141	16117	16135	16122
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1533	1530	1533	1547	1529	1548	1542	1545	1547	1544
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	14283	14282	14288	14275	14284	14283	14285	14286	14287	14295
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	841	843	841	835	840	839	839	828	823	834
84	Van bảo vệ 1 chiều	4556	4537	4545	4554	4543	4533	4533	4536	4538	4534
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1009	990	999	993	1001	1012	989	989	1003	990
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1796	1796	1787	1796	1788	1780	1798	1781	1784	1789

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	499	488	511	495	497	507	491	501	488	506

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	Máy nén khí	6944	6943	6941	6944	6941	6945	6944	6939	6934	6934
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17251	17239	17231	17230	17240	17244	17238	17229	17251	17247
3	Van ổn định áp suất	1242	1246	1238	1262	1249	1242	1241	1242	1261	1250
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17253	17246	17232	17237	17244	17246	17231	17253	17236	17230
5	Bộ chống đông	3570	3559	3576	3563	3577	3580	3568	3580	3573	3560

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
17	Van phanh bám	3343	3327	3345	3344	3326	3344	3342	3325	3339	3321
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15635	15634	15624	15628	15619	15632	15622	15628	15622	15624
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13900	13901	13899	13880	13895	13901	13888	13901	13893	13881
21	Xy lanh điều khiển bom cao áp	13888	13898	13886	13895	13894	13883	13888	13891	13884	13886
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16133	16134	16127	16133	16129	16130	16117	16120	16136	16136
26	Bình khí nén 21	13894	13881	13877	13879	13899	13881	13881	13896	13887	13894
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16125	16131	16124	16140	16137	16134	16128	16138	16139	16136
28	Bình khí nén 29	13881	13898	13899	13890	13890	13877	13900	13892	13895	13896
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17236	17241	17237	17235	17237	17236	17246	17251	17253	17238
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17233	17234	17239	17252	17237	17247	17244	17230	17232	17250

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1679	1667	1664	1670	1668	1668	1670	1668	1667	1677
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16129	16135	16129	16118	16127	16132	16136	16129	16126	16135
36	Van gia tốc	4642	4636	4640	4623	4620	4639	4623	4625	4624	4635
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17247	17235	17251	17244	17243	17236	17232	17247	17229	17244
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17248	17235	17240	17238	17245	17230	17243	17243	17237	17247
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van nhả phanh sự cố	6260	6243	6242	6260	6249	6241	6250	6245	6245	6259
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	17245	17250	17237	17253	17241	17242	17242	17240	17246	17249
46	Van đường đôi	8329	8339	8326	8332	8325	8326	8339	8344	8337	8336

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	13877	13893	13893	13888	13879	13897	13883	13895	13880	13886
48	Bình khí nén 19	13900	13893	13897	13896	13889	13878	13878	13893	13888	13881
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	15152	15151	15155	15140	15155	15161	15152	15154	15144	15161
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	19998	19988	20006	19999	20005	19993	19994	20009	20009	20009
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4629	4637	4637	4618	4621	4619	4627	4643	4634	4627
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4549	4543	4551	4545	4548	4535	4544	4551	4557	4547
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19996	20012	19996	20000	19999	20002	20011	20006	20007	20012
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3838	3846	3838	3839	3854	3844	3839	3855	3842	3838
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	15618	15622	15613	15626	15631	15625	15628	15613	15622	15628

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
60	Bình khí nén 22	13882	13897	13895	13886	13878	13888	13880	13894	13901	13898
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4629	4629	4641	4628	4620	4640	4630	4639	4636	4641
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16129	16131	16122	16138	16122	16134	16133	16124	16122	16139
63	Van điều áp	1855	1858	1859	1850	1862	1850	1852	1845	1859	1864
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	16673	16666	16661	16670	16668	16660	16656	16668	16676	16669
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2499	2511	2509	2500	2501	2498	2489	2499	2505	2500
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	552	554	548	551	549	547	555	560	556	564
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	16120	16123	16129	16128	16118	16141	16127	16141	16130	16117
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1527	1528	1540	1546	1530	1535	1538	1548	1537	1548

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến hỏng (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	14296	14284	14276	14297	14281	14288	14285	14277	14297	14279
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	829	836	834	834	824	825	824	822	836	840
84	Van bảo vệ 1 chiều	4552	4553	4536	4550	4543	4546	4535	4533	4543	4544
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1011	996	994	1009	994	1001	994	997	1012	990
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1781	1792	1779	1790	1790	1774	1774	1794	1776	1789
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	497	491	488	498	500	511	506	494	491	505

Bảng 2. Thống kê thời gian đến bảo dưỡng, sửa chữa trung bình của 60 Kamaz-5320 khảo sát trong 3 năm 2017, 2018 và 2019 tại khu vực Miền Bắc Việt Nam

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Máy nén khí	7035	6942	6937	6937	6941	6948	6954	6951	6949	6938
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Van ổn định áp suất	1222	1262	1257	1242	1260	1246	1262	1248	1262	1256
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3572	3580	3582	3576	3566	3561	3576	3566	3562	3568
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	4953	4991	5001	5004	5003	4998	5012	4990	4999	4990
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	4906	4999	4994	4990	5011	4999	5010	5005	5010	5002

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4977	4988	5004	5003	4990	5004	4997	5007	4990	5011
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	5048	5009	5006	5003	4999	4999	4989	5005	5009	5000
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5019	5010	4991	5012	4991	5002	5002	4995	4991	5002
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	Bình khí nén 20	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bám	3319	3335	3326	3341	3330	3328	3341	3342	3326	3328
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13859	13892	13897	13884	13889	13887	13884	13887	13891	13900

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	Van điều áp	1942	1849	1849	1857	1852	1859	1842	1850	1864	1860
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2510	2500	2496	2504	2488	2509	2507	2512	2508	2488
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	538	561	545	551	563	563	558	556	565	553
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1455	1534	1540	1542	1538	1548	1548	1548	1531	1536
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	901	840	833	826	829	829	835	824	838	842
84	Van bảo vệ 1 chiều	4584	4555	4537	4540	4549	4537	4555	4551	4541	4549

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	Van ổn định áp suất	1251	1246	1243	1254	1243	1261	1262	1242	1238	1253
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3561	3561	3561	3559	3582	3570	3569	3579	3561	3580
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	5004	4999	5000	5000	4992	5000	5009	4992	5010	5005
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	4990	4998	5006	4994	5001	4996	5003	4998	5003	5007
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5002	5003	5000	5004	4996	4992	5003	4991	4993	5012
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	4993	5007	4998	4993	4993	5012	4994	4989	5004	4988
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4998	4999	5009	4989	5008	5005	5007	5001	5001	4994

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
42	Van nhả phanh sự cố	6240	6245	6244	6244	6255	6253	6238	6259	6244	6253
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	Van đường đôi	8337	8330	8329	8322	8335	8339	8338	8323	8328	8340
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
48	Bình khí nén 19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	20000	20010	19991	19995	20002	19996	20004	19990	20005	19997
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4633	4630	4634	4634	4619	4621	4637	4618	4642	4628
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4547	4536	4554	4535	4541	4540	4534	4542	4544	4535

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19989	19999	19991	19993	19993	19994	20001	20001	19996	19999
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3855	3839	3850	3837	3854	3851	3858	3851	3840	3838
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
60	Bình khí nén 22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4618	4642	4641	4637	4636	4625	4636	4633	4642	4623
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
63	Van điều áp	1855	1861	1858	1851	1841	1852	1842	1854	1846	1853
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra dầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2489	2491	2505	2492	2512	2507	2506	2488	2491	2492
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	554	550	552	549	558	554	568	546	558	561

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1549	1548	1544	1528	1540	1528	1549	1546	1534	1546
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	824	825	831	843	821	833	838	840	822	838
84	Van bảo vệ 1 chiều	4534	4535	4547	4540	4534	4549	4554	4557	4534	4557
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1003	1007	1005	993	1009	1004	1001	1000	994	991
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1779	1780	1774	1793	1789	1780	1787	1795	1777	1788

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	504	509	506	505	508	505	491	501	506	504

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Máy nén khí	6950	6941	6937	6940	6936	6944	6948	6936	6933	6944
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Van ổn định áp suất	1256	1251	1246	1248	1261	1252	1252	1247	1250	1256
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3579	3568	3577	3561	3561	3576	3580	3579	3583	3568

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1659	1669	1656	1662	1677	1661	1658	1667	1675	1675
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	Van gia tốc	4631	4641	4625	4622	4621	4638	4628	4640	4636	4640
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van nhả phanh sự cố	6252	6257	6257	6249	6257	6247	6243	6238	6258	6241
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	Van đường đôi	8326	8341	8326	8338	8327	8328	8333	8333	8326	8325

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
60	Bình khí nén 22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4630	4638	4631	4631	4635	4627	4622	4639	4630	4627
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
63	Van điều áp	1841	1846	1862	1863	1845	1845	1853	1846	1846	1850
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2497	2505	2511	2489	2506	2498	2501	2495	2492	2505
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	559	548	551	551	557	562	551	550	550	560
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1550	1528	1532	1538	1537	1544	1542	1544	1547	1540

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	835	825	840	823	837	828	830	829	837	821
84	Van bảo vệ 1 chiều	4553	4536	4545	4538	4550	4540	4551	4553	4557	4544
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1001	1010	1007	988	1005	1007	1003	997	1011	991
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1780	1785	1775	1776	1793	1775	1788	1780	1790	1780
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	509	503	508	489	492	503	511	494	489	501

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	Máy nén khí	6946	6933	6935	6937	6932	6937	6955	6941	6937	6936
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Van ổn định áp suất	1261	1247	1247	1238	1256	1242	1260	1246	1244	1250
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3574	3574	3559	3572	3582	3572	3563	3564	3565	3581
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	4999	4999	4994	5004	5010	5002	4996	5011	4991	5004
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	4997	5005	5002	4993	5005	4989	4993	4998	5012	5004
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	5000	4988	5010	4995	5012	5007	4999	4990	5003	4989

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	5011	5012	4998	5003	5011	4989	4992	5008	5001	4992
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sự cố)	4999	4989	5004	5009	5000	5001	5007	5009	4999	4989
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	Bình khí nén 20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Van phanh bấm	3334	3331	3334	3324	3326	3339	3326	3324	3322	3328
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	13878	13877	13899	13896	13899	13891	13893	13898	13896	13886
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	13896	13879	13889	13893	13899	13899	13889	13880	13890	13890

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	Bình khí nén 21	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
28	Bình khí nén 29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1672	1667	1675	1678	1676	1661	1663	1672	1666	1664
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	Van gia tốc	4624	4621	4634	4632	4640	4623	4642	4618	4636	4624

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
52	Cần dẫn	19995	20005	19995	20011	20009	19993	20005	20000	20012	20003
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4635	4625	4628	4638	4642	4631	4627	4636	4624	4622
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4544	4538	4551	4542	4542	4555	4534	4543	4533	4534
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19998	19989	20008	20006	19994	19997	20002	20000	20003	20004
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3851	3837	3835	3846	3853	3844	3846	3846	3856	3854
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
60	Bình khí nén 22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4629	4635	4623	4633	4640	4621	4622	4634	4637	4624
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
63	Van điều áp	1858	1849	1844	1864	1854	1842	1840	1844	1860	1852

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2493	2508	2512	2491	2511	2512	2498	2500	2506	2506
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	561	559	560	564	558	544	559	550	545	563
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1549	1545	1528	1545	1526	1548	1529	1541	1542	1536
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	830	832	845	828	844	839	823	844	832	832
84	Van bảo vệ 1 chiều	4533	4555	4555	4555	4542	4534	4539	4535	4542	4533

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
3	Van ổn định áp suất	1254	1240	1259	1261	1262	1239	1243	1245	1242	1243
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3581	3578	3581	3568	3575	3581	3561	3559	3574	3567
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	5012	4997	5007	4996	4995	4992	4998	5003	5011	4993
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	5006	4999	4996	5012	5002	5006	5011	4998	5003	4989
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4988	4998	5002	5005	4993	5003	5000	4989	5007	4997
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	5012	4998	4988	4991	4994	5011	4993	5003	4989	4997
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch nhả phanh sử cố)	4998	4995	4998	5007	4998	5007	5007	5001	4990	4994

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
42	Van nhả phanh sự cố	6240	6244	6257	6250	6240	6249	6249	6261	6258	6243
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	Van đường đôi	8322	8331	8344	8345	8322	8345	8324	8324	8326	8324
47	Đường ống dẫn (8 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
48	Bình khí nén 19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
50	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	Cần dẫn	19989	19994	20004	19988	19993	19990	20012	20011	20011	19992
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	4618	4625	4630	4625	4638	4633	4632	4628	4640	4624
54	Piston 28 van phanh 2 tầng	4552	4550	4557	4543	4533	4544	4555	4536	4556	4536

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
56	Cần 18 van phanh 2 tầng	19988	19991	19995	20010	19988	20004	19998	19994	19988	20003
58	Piston 15 van phanh 2 tầng	3837	3852	3844	3855	3849	3841	3858	3836	3846	3847
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
60	Bình khí nén 22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4639	4637	4623	4622	4638	4622	4638	4628	4622	4639
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
63	Van điều áp	1841	1859	1853	1850	1859	1864	1841	1843	1849	1844
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2494	2491	2508	2497	2494	2499	2494	2490	2497	2512
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	565	565	564	567	560	551	550	568	556	548

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1547	1545	1529	1527	1541	1545	1531	1540	1549	1537
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	829	825	822	831	825	831	834	833	825	840
84	Van bảo vệ 1 chiều	4546	4535	4534	4551	4556	4552	4534	4536	4557	4546
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	998	1007	994	993	988	999	1002	1012	993	995
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1783	1786	1796	1796	1776	1792	1782	1779	1798	1787

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	502	504	488	505	494	492	489	497	511	490

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	Máy nén khí	6948	6941	6955	6954	6942	6933	6956	6956	6945	6954
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Van ổn định áp suất	1244	1261	1257	1241	1258	1240	1260	1240	1254	1243
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Bộ chống đông	3579	3565	3561	3576	3570	3567	3569	3577	3571	3573

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
31	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	1665	1655	1672	1675	1677	1667	1677	1666	1669	1676
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	Van gia tốc	4639	4638	4639	4639	4631	4618	4626	4632	4639	4623
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
40	Tác động điều khiển của lái xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Van nhả phanh sự cố	6254	6253	6261	6262	6252	6250	6257	6252	6260	6251
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	Van đường đôi	8342	8321	8335	8335	8321	8329	8335	8345	8331	8336

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
60	Bình khí nén 22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	4631	4633	4631	4622	4635	4621	4627	4634	4626	4625
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
63	Van điều áp	1848	1850	1858	1848	1841	1842	1845	1843	1856	1848
64	Đường ống (3 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
65, 66	Bầu phanh cầu trước	2508	2492	2506	2490	2503	2492	2506	2490	2502	2505
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	556	553	559	552	564	550	550	550	566	564
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
72	Tải trọng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	1530	1543	1542	1527	1548	1533	1541	1534	1544	1526

TT	Phần tử	Thời gian trung bình đến bảo dưỡng, sửa chữa (giờ)									
		Số xe									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
74	Đường ống dẫn (7 nhánh có van kiểm tra đầu ra)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	Van phanh rơ moóc 2 Đường ống dẫn	823	835	839	837	843	832	833	831	821	827
84	Van bảo vệ 1 chiều	4545	4543	4545	4534	4553	4557	4534	4533	4546	4533
85	Van phanh rơ moóc 1 Đường ống dẫn	1002	997	989	989	989	1011	1000	999	1012	995
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1785	1792	1797	1785	1786	1790	1786	1779	1774	1793
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa. cầu sau	492	507	491	498	506	494	498	508	489	491

**PHỤ LỤC 3. DANH MỤC TOÁN TỬ TRONG CÁC MÔ HÌNH HƯỚNG
MỤC TIÊU ĐÃ XÂY DỰNG**

*Bảng 1. Các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu của hệ thống phanh khí
nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320*

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/ giờ)	μ (số lần sửa chữa/ giờ)
1	Máy nén khí	5	1.44	0.0000144
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
3	Van ổn định áp suất	1	8	0.00008
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
5	Bộ chống đông	1	2.8	0.000028
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
7	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu trước)	1	2	0.00002
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	1	2	0.00002
10	Van nhánh van 3 ngã (mạch nhả phanh sự cố)	1	2	0.00002
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	1	2	0.00002
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh hỗ trợ)	1	2	0.00002
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	1	0.66	0.0240066
14	Bình khí nén 6	1	0.72	0.5240072
15	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
17	Van phanh bám	22	3	0.00003
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	1	0.64	0.0240064

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/giờ)	μ (số lần sửa chữa/giờ)
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	1	0.72	0.0000072
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	1	0.72	0.0000072
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
26	Bình khí nén 8	1	0.72	0.5240072
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
28	Bình khí nén 8	1	0.72	0.5240072
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
31	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
33	Van phanh tay tác dụng ngược	22	6	0.00006
35	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
36	Van gia tốc	22	2.16	0.0000216
37	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
39	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
40	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
42	Van nhả phanh sự cố	22	1.6	0.000016
43	Đường ống dẫn (1 nhánh)	21	0.58	0.0240058
46	Van đường đôi	1	1.2	0.000012
47	Đường ống dẫn (8 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.72	0.0240072
48	Bình khí nén 9	1	0.72	0.5240072

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/giờ)	μ (số lần sửa chữa/giờ)
49	Đường ống dẫn (5 nhánh)	1	0.66	0.0240066
50	Tác động điều khiển của lái xe	5	0	0
52	Cần dẫn	1	0.2	0.000002
53	Van tầng trên van phanh 2 tầng	22	2.16	0.0000216
54	Piston tầng 1 van phanh 2 tầng	1	2.2	0.000022
56	Cần đẩy van phanh 2 tầng	1	0.2	0.000002
58	Piston tầng 2 van phanh 2 tầng	1	2.6	0.000026
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	1	0.64	0.0240064
60	Bình khí nén 10	1	0.72	0.5240072
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	22	2.16	0.0000216
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
63	Van điều áp	1	5.4	0.000054
64	Đường ống (3 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.6	0.024006
65, 66	Bầu phanh cầu trước	1	4	0.00004
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	1	18	0.00018
71	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
72	Tải trọng	5	0	0
73	Bộ điều hoà lực phanh	22	6.5	0.000065
74	Đường ống dẫn (7 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.7	0.024007
82	Van phanh rơ moóc hai đường ống dẫn	22	12	0.00012

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng/giờ)	μ (số lần sửa chữa/giờ)
84	Van bảo vệ 1 chiều	1	2.2	0.000022
85	Van phanh rơ moóc một đường ống dẫn	22	10	0.0001
89	Tín hiệu điều chỉnh vít bầu phanh với bình tích năng	5	0	0
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	1	5.6	0.000056
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa, cầu sau	1	20	0.0002

Bảng 2. Các toán tử logic trong mô hình hướng mục tiêu của hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

Số thứ tự toán tử	Loại toán tử hướng mục tiêu	Mô tả toán tử
9, 45, 79, 91, 92, 108	2	Quan hệ logic "OR"
24, 44, 80, 86, 87, 88, 90, 106, 107, 109	10	Quan hệ logic "AND"
16, 32, 41, 81, 83	15B	Gộp tín hiệu điều khiển
57	18A	Logic dự phòng
55	20	Điều kiện của nhóm dự phòng
18, 34, 51, 93	25A	Tổng hợp tín hiệu
22, 23, 38, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 102, 103, 104, 105	25B	Phân tích tín hiệu

Bảng 3. Các toán tử hàm trong mô hình hướng mục tiêu của mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc

Số thứ tự toán tử	Phần tử trong hệ thống	Loại toán tử hướng mục tiêu	μ ($\times 10^{-4}$ số hư hỏng/giờ)	λ (số lần sửa chữa/giờ)
1	Nguồn khí nén từ mạch nguồn	5	0	0
2	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
3	Bình khí nén 2	1	0.72	0.5240072
4	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	0.62	0.0240062
5	Bình khí nén 5	1	0.62	0.0240062
6	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.72	0.5240072
7	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	0.58	0.0240058
8	Tác động điều khiển của lái xe	5	0.58	0.0240058
10	Van phanh tay tác dụng ngược	22	0	0
12	Đường ống dẫn (3 nhánh)	1	6	0.00006
13	Van gia tốc	22	0.62	0.0240062
14	Đường ống dẫn (1 nhánh)	1	2.16	0.0000216
15	Van đường đôi	1	1.2	0.000012
16	Đường ống dẫn (8 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	1	0.72	0.0240072
17, 18, 19, 20	Bầu phanh với bình tích năng	1	5.6	0.000056
21, 22, 23, 24	Cơ cấu phanh cầu giữa, cầu sau	1	20	0.0002

Bảng 4. Các toán tử logic trong mô hình hướng mục tiêu của mạch phanh dừng và phanh dự trữ liên hợp phanh rơ moóc

Số thứ tự toán tử	Loại toán tử hướng mục tiêu	Mô tả toán tử
31	10	Quan hệ logic "AND"
9	15B	Gộp tín hiệu điều khiển
11	25A	Tổng hợp tín hiệu
25, 26, 27, 28	25B	Phân tích tín hiệu

PHỤ LỤC 4. CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THEO PHƯƠNG PHÁP HƯỚNG MỤC TIÊU

```

import numpy as np
import time

start_time = time.time()

global L, PRSys, N, CT, nS, PC, S, SS, PS1, KT, dem2, FO1, NoFO1, K2

FO1 = np.load('FO.npy')
NoFO1 = np.load('NoFO.npy')
K2 = np.load('K2.npy')

t = float(input('Nhập thời gian khảo sát t= '))
GO_Data1 = np.load('GO_Data1.npy')
N = GO_Data1.shape[0]

for i in range(N):
    CT[i] = GO_Data1[i, 0]
    lambda_i = GO_Data1[i, 1]
    mui_i = GO_Data1[i, 2]
    sum_i = lambda_i + mui_i
    PC[i] = mui_i/sum_i + (lambda_i/sum_i) * np.exp(-sum_i*t)

if np.isnan(PC[i]):
    PC[i] = 1

```



```

nS[i] = GO_Data1[i, 3]
j = 0
for k in range(4, 2*nS[i]+4, 2):
    S[j, 0, i] = GO_Data1[i, k]
    S[j, 1, i] = GO_Data1[i, k+1]
    j += 1

SS = np.load('SS.npy')
L = SS.shape[0]
PRSys = 0
l = 0
KT = 0
dem2 = 0
Chon(l)
print(PRSys)

elapsed_time = time.time() - start_time
print(elapsed_time)

def Chon(l, L, PRSys, K, KT, dem2, FO1, NoFO1, K2):
    for i in range(K2[l]-1, -1, -1):
        K[l] = i
        if l == L:
            PRSys += AB(1) * AB(2)
        else:
            Chon(l+1)

```

```
import numpy as np
```

```
def AB(KT):
```

```
    global K
```

```
    global N
```

```
    global CT
```

```
    global nS
```

```
    global PC
```

```
    global S
```

```
    global SS
```

```
    global PSI
```

```
    global L
```

```
    dem = 1
```

```
    A = 1
```

```
    phu = 1
```

```
    for a in range(N):
```

```
        if CT[a] == 5:
```

```
            PSI[0][0][a] = PC[a]
```

```
            nc[a][0] = 1
```

```
        elif CT[a] == 1:
```

```
            for k in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
```

```
                PSI[0][k][a] = PC[a] * PSI[S[0][1][a]][k][S[0][0][a]]
```

```
            nc[a][0] = nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]
```

```

elif CT[a] == 6:
    for k in range(nc[S[1][0][a]][S[1][1][a]]):
        PSI[0][k][a] = PC[a] * PSI[0][0][S[0][0][a]] *
PSI[S[1][1][a]][k][S[1][0][a]]
        nc[a][0] = nc[S[1][0][a]][S[1][1][a]]
elif CT[a] == 2:
    Tich = 1
    for j in range(nS[a]):
        Tich *= (1 - PSI[S[j][1][a]][0][S[j][0][a]])
    PSI[0][0][a] = 1 - Tich
    nc[a][0] = 1
elif CT[a] == 10:
    Tich = 1
    for j in range(nS[a]):
        Tich *= PSI[S[j][1][a]][0][S[j][0][a]]
    PSI[0][0][a] = Tich
    nc[a][0] = 1
elif CT[a] == 251:
    nc[a][0] = 1
    for j in range(nS[a]):
        PSI[0][j][a] = PSI[S[j][1][a]][0][S[j][0][a]]
    nc[a][0] += 1
elif CT[a] == 252:
    for j in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
        PSI[j][0][a] = PSI[S[0][1][a]][j][S[0][0][a]]
        nc[a][j] = 1

```

```

elif CT[a] == 152:
    for j in range(nS[a]):
        PSI[1][j][a] = PSI[S[j][2]][1][S[j][1]]
    nc[a][1] = nS[a]
elif CT[a] == 22:
    Tich = 1
    for j in range(1, nS[a]):
        Tich *= PSI[S[j][2]][1][S[j][1]]
    for k in range(nc[S[1][1]][S[1][2]]):
        PSI[k][1][a] = PC[a] * Tich * PSI[1][k][S[1][1]]
        nc[a][k] = 1
elif CT[a] == 20:
    for k in range(nc[S[1][1]][S[1][2]]):
        PSI[1][k][a] = PSI[S[1][2]][k][S[1][1]] - PSI[S[2][2]][k][S[2][1]]
    nc[a][1] = nc[S[1][1]][S[1][2]]
elif CT[a] == 181:
    for k in range(nc[S[1][1]][S[1][2]]):
        PSI[1][k][a] = PSI[S[1][2]][k][S[1][1]] + PSI[S[2][2]][k][S[2][1]]
    nc[a][1] = nc[S[1][1]][S[1][2]]
elif CT[a] == 21:
    for j in range(nS[a]):
        PSI[j][1][a] = PC[a] * PSI[S[j][2]][1][S[j][1]]
        nc[a][j] = 1
else:
    print("Wrong value CT toan tu")
if KT == 2:

```

```

if a == SS[dem][0]:
    if SS[dem][1] == 1:
        if CT[a] == 5:
            PSI[0][0][a] = K[dem]
        else:
            if PSI[0][0][a] != 0:
                for k in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
                    PSI[0][k][a] = K[dem]
    elif SS[dem][1] == 2:
        if Tich != 0:
            if CT[a-1] == 152 or CT[a-2] == 152:
                for k in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
                    PSI[k][0][a] = K[dem] * PSI[0][k][S[0][0][a]]
            else:
                for j in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
                    PSI[0][j][a] = K[dem] * PSI[0][k][S[0][0][a]]
    elif SS[dem][1] == 3:
        if CT[a] == 1:
            for k in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
                PSI[0][k][a] = K[dem] * PSI[S[0][1][a]][k][S[0][0][a]]
        elif CT[a] == 21:
            for j in range(nS[a]):
                PSI[j][0][a] = K[dem] * PSI[S[j][1][a]][0][S[j][0][a]]
    elif SS[dem][1] == 4:
        for k in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
            if PSI[0][k][a] != 0:

```

```

        PSI[0][k][a] = K[dem]
elif SS[dem][1] == 5:
    if Tich != 0:
        for j in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
            PSI[0][j][a] = K[dem] * PSI[0][k][S[0][0][a]]
elif SS[dem][1] == 6:
    if Tich != 0:
        for j in range(nc[S[0][0][a]][S[0][1][a]]):
            PSI[0][j][a] = K[dem] * PSI[0][k][S[0][0][a]]
else:
    print("Wrong value Tinh PS")

if dem < L:
    dem += 1
if KT == 1:
    if a == SS[dem, 1]:
        if SS[dem, 2] == 1:
            if CT[a] == 1 or CT[a] == 5:
                A = A * ((1 - PSI[1, 1, a]) * (1 - K[dem]) + PSI[1, 1, a] * K[dem])
            else:
                phu = 1
                for k in range(nc(S[1, 1, a], S[1, 2, a])):
                    phu = phu * PSI[1, k, a]
                A = A * ((1 - phu) * (1 - K[dem]) + phu * K[dem])
        elif SS[dem, 2] == 2:
            A = A * ((1 - PC[a] * Tich) * (1 - K[dem]) + PC[a] * Tich * K[dem])

```

```

elif SS[dem, 2] == 3:
    A = A * ((1 - PC[a]) * (1 - K[dem]) + PC[a] * K[dem])
elif SS[dem, 2] == 4:
    phu = 1
    for k in range(nc(S[1, 1, a], S[1, 2, a])):
        phu = phu * PSI[1, k, a]
    phu = phu * PC[a]
    A = A * ((1 - phu) * (1 - K[dem]) + phu * K[dem])
elif SS[dem, 2] == 5:
    A = A * ((1 - PC[a] * Tich) * (1 - K[dem]) + PC[a] * Tich * K[dem])
elif SS[dem, 2] == 6:
    phu = 1
    for k in range(nc(S[1, 1, a], S[1, 2, a])):
        phu = phu * PSI[1, k, a]
    phu = phu * PC[a] * Tich
    A = A * ((1 - phu) * (1 - K[dem]) + phu * K[dem])
else:
    print("Wrong value Tinh Ai")
if dem < L:
    dem += 1
else:
    print("Wrong value 2")
if KT == 1:
    GTAB = A
elif KT == 2:
    GTAB = PSI[1, 1, N]

```


TT	Loại	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng /giờ)	μ (số lần sửa chữa /giờ)	Số đầu vào	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Tín hiệu chia sẻ
22	252	0	0	1	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	252	0	0	1	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	10	0	0	4	22	1	22	2	23	1	23	2	0	0	0
25	1	0.62	0.0240062	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	0.72	0.5240072	1	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	0.62	0.0240062	1	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	0.72	0.5240072	1	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	0.58	0.0240058	1	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	0.58	0.0240058	1	29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
31	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
32	152	0	0	2	31	1	31	1	0	0	0	0	0	0	0

TT	Loại	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng /giờ)	μ (số lần sửa chữa /giờ)	Số đầu vào	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Tín hiệu chia sẻ
33	22	6	0.00006	2	32	1	30	1	0	0	0	0	0	0	2
34	251	0	0	2	33	1	33	2	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0.62	0.0240062	1	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
36	22	2.16	0.0000216	2	35	1	30	1	0	0	0	0	0	0	5
37	1	0.58	0.0240058	1	36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
38	252	0	0	1	37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	0.58	0.0240058	1	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
41	152	0	0	2	40	1	40	1	0	0	0	0	0	0	0
42	22	1.6	0.000016	2	41	1	39	1	0	0	0	0	0	0	2
43	21	0.58	0.0240058	2	42	1	42	2	0	0	0	0	0	0	3

TT	Loại	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng /giờ)	μ (số lần sửa chữa /giờ)	Số đầu vào	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Tín hiệu chia sẻ
77	252	0	0	1	71	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	252	0	0	1	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	2	0	0	3	76	1	77	1	78	1	0	0	0	0	0
80	10	0	0	3	76	2	77	2	78	2	0	0	0	0	0
81	152	0	0	2	79	1	80	1	0	0	0	0	0	0	0
82	22	12	0.00012	2	81	1	30	1	0	0	0	0	0	0	2
83	152	0	0	2	82	1	82	2	0	0	0	0	0	0	0
84	1	2.2	0.000022	1	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	22	10	0.0001	2	83	1	84	1	0	0	0	0	0	0	2
86	10	0	0	3	85	1	85	2	84	1	0	0	0	0	0
87	10	0	0	2	69	1	70	1	0	0	0	0	0	0	0

TT	Loại	λ ($\times 10^{-5}$ số hư hỏng /giờ)	μ (số lần sửa chữa /giờ)	Số đầu vào	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Dòng	Nhánh	Tín hiệu chia sẻ
99	1	20	0.0002	1	95	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
100	1	20	0.0002	1	96	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
101	1	20	0.0002	1	97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
102	252	0	0	1	98	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	252	0	0	1	99	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	252	0	0	1	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	252	0	0	1	101	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	10	0	0	4	102	1	103	1	104	1	105	1	0	0	0
107	10	0	0	5	88	1	102	2	103	2	104	2	105	2	0
108	2	0	0	2	87	1	106	1	0	0	0	0	0	0	0
109	10	0	0	4	86	1	107	1	108	1	24	1	0	0	0

PHỤ LỤC 6. MỘT SỐ KẾT QUẢ PHÂN TÍCH HƯỚNG MỤC TIÊU

Bảng 1. Kết quả phân tích định lượng hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Xác suất làm việc thành công của hệ thống
1	0	1
2	50	0.769491
3	300	0.229479
4	600	0.056001
5	1000	0.009020
6	2000	0.000123
7	4000	0.000004
8	6000	0.000001

Bảng 2. Kết quả phân tích định tính hệ thống phanh khí nén nhiều dòng trên xe Kamaz-5320

Số thứ tự toán tử	Phần tử hỏng	Xác suất hỏng của bộ cắt tối thiểu
1	Máy nén khí	0.000719
2	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000168
3	Van ổn định áp suất	0.003984
4	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000168
5	Bộ chống đông	0.001398
6	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000180
8	Van nhánh van 3 ngã (mạch phanh công tác cầu sau)	0.000999
11	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh dừng)	0.000999


Số thứ tự toán tử	Phần tử hỏng	Xác suất hỏng của bộ cắt tối thiểu
12	Van nhánh van 2 ngã (mạch phanh bổ trợ)	0.000999
13	Đường ống dẫn (5 nhánh)	0.000192
14	Bình khí nén 6	0.000013
15	Tác động điều khiển của lái xe	0
17	Van phanh bám	0.001497
19	Đường ống dẫn (4 nhánh)	0.000186
20	Xy lanh điều khiển van tiết lưu ống xả	0.000359
21	Xy lanh điều khiển bơm cao áp	0.000359
25	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000180
26	Bình khí nén 8	0.000013
27	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000180
28	Bình khí nén 8	0.000013
29	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000168
30	Đường ống dẫn (1 nhánh)	0.000168
50	Tác động điều khiển của lái xe	0
52	Cần dẫn	0.000099
58	Piston tầng 2 van phanh 2 tầng	0.001098
59	Đường ống dẫn (4 nhánh)	0.000186
60	Bình khí nén 10	0.000013
61	Van tầng dưới van phanh 2 tầng	0.001078
62	Đường ống dẫn (3 nhánh)	0.000180
63	Van điều áp	0.002692
64	Đường ống (3 nhánh, có van kiểm tra đầu ra)	0.000174
65, 66	Bầu phanh cầu trước	0.001996

Số thứ tự toán tử	Phần tử hỏng	Xác suất hỏng của bộ cắt tối thiểu
67, 68	Cơ cấu phanh cầu trước	0.008919
82	Van phanh rơ moóc hai đường ống dẫn	0.005964
84	Van bảo vệ 1 chiều	0.001098
85	Van phanh rơ moóc một đường ống dẫn	0.004975
94, 95, 96, 97	Bầu phanh với bình tích năng	0.002792
98, 99, 100, 101	Cơ cấu phanh cầu giữa, cầu sau	0.009900


Bảng 3. Kết quả phân tích định lượng mạch phanh dự trữ và phanh dừng liên hợp phanh rơ moóc



STT	Thời gian khảo sát (giờ)	Xác suất làm việc thành công của hệ thống
1	0	1
2	50	0.877389
3	300	0.282461
4	600	0.089534
5	1000	0.013338
6	2000	0.001238
7	4000	0.000085
8	6000	0.000021


PHỤ LỤC 7. THÔNG SỐ KỸ THUẬT CÁC THIẾT BỊ, CẢM BIẾN SỬ DỤNG TRONG THỰC NGHIỆM


STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
THIẾT BỊ VẬN HÀNH HỆ THỐNG PHANH				
1	Biến tần 3P-4KW	EM15-G3-004	<ul style="list-style-type: none"> - Dải công suất: 0.4KW/380V~500KW/380V - Điện áp đầu vào: 3 Pha 380VAC 50Hz - Điện áp đầu ra: 0~ dải điện áp đầu vào - Tần số sử dụng: (47~63)Hz - Tần số đầu ra: 0~320Hz (SFC); 0-3200Hz (V/F) - Phương pháp điều khiển: điều khiển V/F, điều khiển SVC vector, điều khiển vòng kín (FVC) - Đặc điểm mômen xoắn: 150% Mômen xoắn đầu ra định mức tại 1Hz 	


STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
			<ul style="list-style-type: none"> – Chức năng bảo vệ trên 20 lỗi: Quá dòng, quá áp, thấp áp, quá nhiệt, lỗi pha, quá tải – Giao diện cơ bản: Hướng dẫn đảo ngược, 6 đầu vào kỹ thuật số có thể lập trình, 3 Analog tín hiệu đầu vào, 2 đầu ra tín hiệu Analog, 1 Đầu ra transistor mở có thể lập trình, 2 Đầu ra relay lập trình được. – Giao diện truyền thông: Giao diện truyền thông tiêu chuẩn RS485 – Chức năng điều khiển thuận/ngịch PID – Chức năng điều khiển cấp tốc độ: 16 tốc độ điều khiển 	


STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
			– Công suất quá tải: Loại G: 150% 1 phút, 180% 3 giây Loại P: 120% 1 phút, 150% 3 giây	
2	Động cơ điện 3 pha VIHEM	3K112Sa4	<ul style="list-style-type: none"> - Điện áp/Voltage : 220/380 V - D = Ø28 Đường kính trục - Dòng điện/Current: 8,5 / 4,9A - Tần số : 50Hz - Cấp bảo vệ : IP 55 - Chế độ làm việc/Duty : S1 - Vòng quay: 1460 vòng/phút - Chiều dài trục E = 60 - Bắt chân đế ngang A = 190 - Tổng chiều dài K = 365 - Bắt chân đế dọc B = 114 	


STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
CÁC THIẾT BỊ TẠO TẢI CHO HỆ THỐNG				
1	Xi lanh khí nén	TGC 40x25	<ul style="list-style-type: none"> - Hãng sản xuất: Tập đoàn STNC - Lưu chất: khí nén - Loại: Xi lanh đế vuông 2 tác động - Tên: TGC - Áp suất làm việc: 0.1 Mpa ~ 0.9 Mpa - Áp suất giới hạn: 1.35 Mpa - Nhiệt độ: -10 độC ~ 60 độC - Tốc độ: 50 mm/s ~ 800mm/s 	
2	Van điện từ khí nén	STNC TG2521-08	<ul style="list-style-type: none"> - Kích thước cổng: 1/4" (ren 13mm). - Áp suất hoạt động: 0.2 – 0.8 MPa. - Loại van 5 cửa 2 vị trí. (1 Đầu Coil Điện) - Nhiệt độ hoạt động: -5~60°C. - Điện áp hoạt động: 220 V 	


STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
3	Rơ le thời gian Omron	DH48S-S	<ul style="list-style-type: none"> - Điện áp nguồn: AC220V - Dòng tiếp điểm: 5A - 250VAC - Dải thời gian điều chỉnh: 00S-99H - Số chân: 8 chân tròn (có đế đi kèm) - Kích thước (mm): 48W x 48D x 84D - Màn hình LED 7 thanh hiển thị hai chữ số, để cài đặt T1 và T2 - Thời gian On-Off điều chỉnh theo từng lần hoạt động - Kiểu hoạt động: On-delay - Ứng dụng: dùng cho các tác vụ cần lặp lại sau một khoảng thời gian nhất định do người dùng cài đặt. 	

4	Điều hòa mini	PC-09TL33	<ul style="list-style-type: none">- Lưu lượng gió: 310 m³/h- Diện tích sử dụng: < 15m²- Công suất làm lạnh: 8.800 BTU- Điện năng tiêu thụ dàn lạnh: 1080W- Cường độ dòng điện: Tối đa (5,76A)- Dây dẫn khí nóng: 1,5m- Dây dẫn nước thải: 2.1m- Gas sử dụng: R410A- Kích thước: 33.5cm x 32.5cm x 70.8cm- Trọng lượng sản phẩm: 24kg- Thương hiệu: Thái Lan	
---	---------------	-----------	--	--

STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
5	Máy tạo ẩm không khí Tiross	TS840	<ul style="list-style-type: none"> - Chức năng: Tạo độ ẩm - Tiện ích: Tự động ngắt khi hết nước - Dạng nút điều khiển: Cơ - Công suất: 30W - Dung tích: 4,5 lít - Lượng hơi phun: 250ml/giờ - Thời gian sử dụng: 15 giờ - Độ ồn: 30dB - Chất liệu: Nhựa cao cấp - Màu sắc: Trắng xanh - Nguồn điện áp: 220V - Trọng lượng sản phẩm: 1,6kg - Xuất xứ thương hiệu: Ba Lan 	

6	Máy sưởi dầu 15 thanh Tiross	TS9215	<ul style="list-style-type: none">- Công suất : 2200W- Số thanh nhiệt: 15- Diện tích sử dụng: nhỏ hơn 30m2.- Máy có chế độ hẹn giờ.- Tự ngắt khi hết giờ hoặc quá tải điện.- Không gây khô da, cảm giác dễ chịu.- Có màn hình LCD và điều khiển từ xa giúp điều chỉnh nhanh chóng.- Có bánh xe di chuyển, giúp bạn di chuyển máy dễ dàng hơn.	
---	------------------------------	--------	--	--

STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
CÁC CẢM BIẾN				
1	Cảm biến độ ẩm, nhiệt độ không khí	SHT30	<ul style="list-style-type: none"> - Điện áp sử dụng: 2.15~5.5VDC - Chuẩn giao tiếp: I2C - Khoảng nhiệt độ đo được: -40 ~ 125 độ C, sai số 0.2 độ C. - Phạm vi đo độ ẩm: 0 ~100% RH, sai số 1% RH. - Thời gian đáp ứng RH: 0,8 giây - Tích hợp điện trở treo 10K và tụ lọc nhiễu. - Kích thước: 11 x 13mm 	

STT	Tên thiết bị	Mã, ký hiệu	Thông số kỹ thuật	Ghi chú
2	Cảm biến áp suất Sensys 0-10 bar	M5256- C3079E-010BG	<ul style="list-style-type: none"> - Phạm vi đo: 0 ~ 10bar - Cấp chính xác: $\pm 0,5\%$ FS - Ngõ ra: 0-5V; 4~20mA (được bảo vệ nối ngược cực và ngắn mạch). - Nguồn cấp: 9-30VDC. - Điện trở cách điện: 100MΩ - Kiểu nối cáp: Mini DIN43650 - Nối ren: PT1/4" - Nhiệt độ hoạt động: -40~125°C. - Áp suất đột ngột: 5 lần áp suất định mức - Thân vỏ: Thép không gỉ (Inox630) - Chịu rung: 20G, 20~200Hz - Trọng lượng: 85g. - Môi chất: nước, dầu, khí. 	

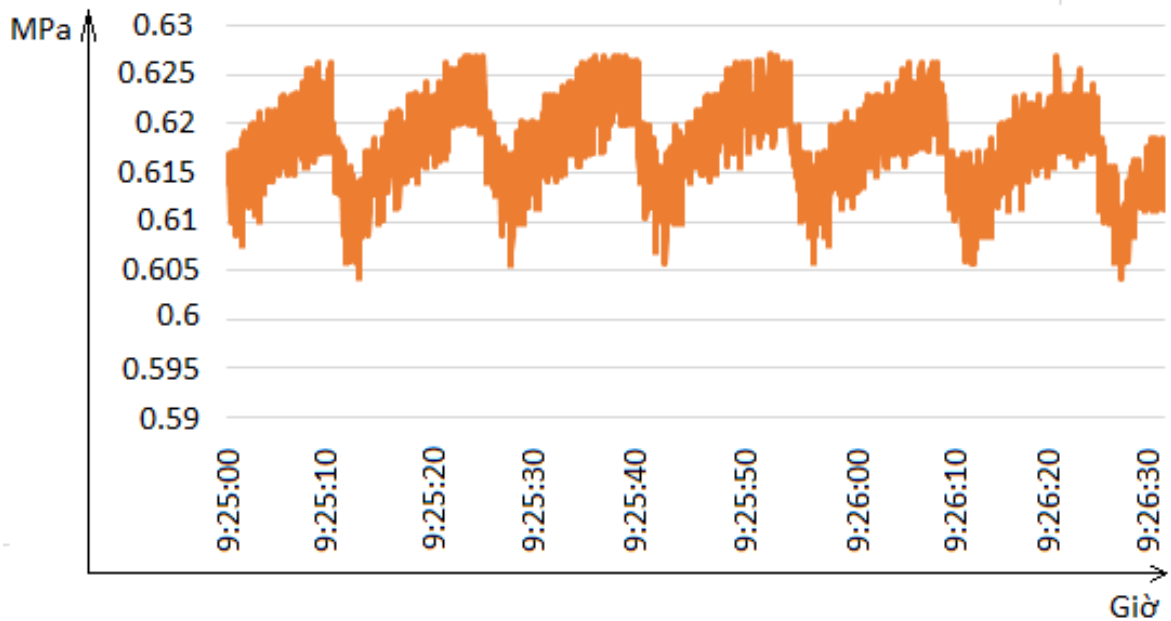
PHỤ LỤC 8. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐO TRONG THỰC NGHIỆM

STT	Time	Date	Áp suất sau van ổn định	Áp suất sau tổng van phanh	Áp suất bầu phanh cầu trước	Áp suất bầu phanh cầu sau	Số lần phanh	Độ ẩm	Nhiệt độ
1	9:25 AM	10/27/2022	0.678308	0.672629	0.672984	0.690022	0	71.49679	28.14712
2	9:25 AM	10/27/2022	0.681503	0.66695	0.679728	0.703864	0	71.30081	28.34223
3	9:25 AM	10/27/2022	0.683988	0.678663	0.692506	0.695346	0	71.55283	28.62234
4	9:25 AM	10/27/2022	0.678308	0.670145	0.690731	0.702445	0	71.59395	28.68221
5	9:25 AM	10/27/2022	0.679728	0.672629	0.682213	0.69854	0	71.0716	28.73867
6	9:25 AM	10/27/2022	0.66979	0.678308	0.684697	0.703864	0	71.56614	28.44308
7	9:25 AM	10/27/2022	0.66979	0.672629	0.678308	0.701025	0	71.38645	28.19161
8	9:25 AM	10/27/2022	0.682568	0.672629	0.681503	0.695346	0	71.74718	28.5072
9	9:25 AM	10/27/2022	0.670145	0.679728	0.690022	0.690731	0	71.19632	28.79207

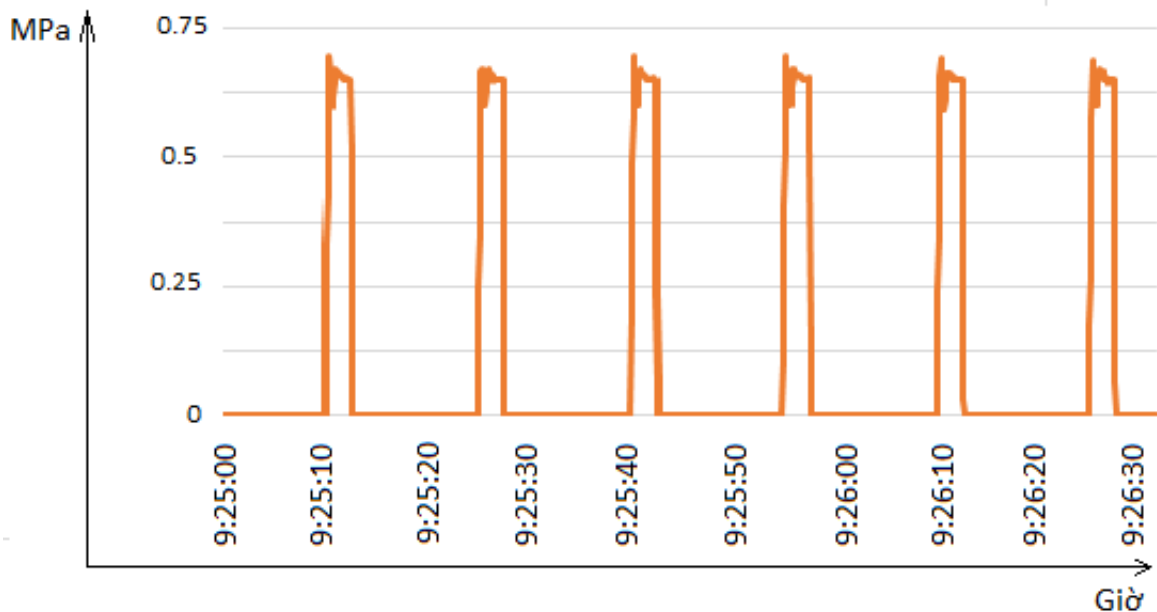
STT	Time	Date	Áp suất sau van ổn định	Áp suất sau tổng van phanh	Áp suất bầu phanh cầu trước	Áp suất bầu phanh cầu sau	Số lần phanh	Độ ẩm	Nhiệt độ
10	9:25 AM	10/27/2022	0.672984	0.684342	0.679728	0.690731	0	71.80692	28.30965
11	9:25 AM	10/27/2022	0.681503	0.681148	0.678308	0.693926	0	71.1307	28.11445
12	9:25 AM	10/27/2022	0.682568	0.672984	0.681148	0.690022	0	71.04882	28.22184
13	9:25 AM	10/27/2022	0.684342	0.683988	0.678308	0.703864	0	71.07069	28.15128
14	9:25 AM	10/27/2022	0.678308	0.684342	0.687182	0.689667	0	71.7878	28.04322
15	9:25 AM	10/27/2022	0.684342	0.667305	0.690022	0.696411	0	71.16172	28.96614
16	9:25 AM	10/27/2022	0.684342	0.672629	0.681148	0.692861	0	71.73019	28.15448
17	9:25 AM	10/27/2022	0.667305	0.673694	0.686827	0.701025	0	71.92737	28.26691
18	9:25 AM	10/27/2022	0.672984	0.672274	0.695701	0.702445	0	71.68307	28.97645
19	9:25 AM	10/27/2022	0.670145	0.681148	0.688247	0.695346	0	71.8045	28.87369

STT	Time	Date	Áp suất sau van ổn định	Áp suất sau tổng van phanh	Áp suất bầu phanh cầu trước	Áp suất bầu phanh cầu sau	Số lần phanh	Độ ẩm	Nhiệt độ
20	9:25 AM	10/27/2022	0.672629	0.678308	0.687182	0.69854	0	71.94546	28.50094
21	9:25 AM	10/27/2022	0.684342	0.681503	0.679728	0.689667	0	71.83742	28.57032
22	9:25 AM	10/27/2022	0.672629	0.678308	0.695701	0.695701	0	71.72912	28.88786
23	9:25 AM	10/27/2022	0.683988	0.681503	0.690022	0.690022	0	71.94177	28.26786
24	9:25 AM	10/27/2022	0.684342	0.687182	0.681503	0.690022	0	71.90166	28.48456
25	9:25 AM	10/27/2022	0.681148	0.678308	0.690022	0.703864	0	71.83446	28.47374
26	9:25 AM	10/27/2022	0.687182	0.675469	0.690022	0.695701	0	71.46759	28.61497
27	9:25 AM	10/27/2022	0.683633	0.684342	0.695701	0.695701	0	71.30416	28.35952
28	9:25 AM	10/27/2022	0.665531	0.679728	0.684342	0.695701	0	71.79993	28.29714
29	9:25 AM	10/27/2022	0.681503	0.681503	0.684342	0.69854	0	71.73413	28.88111

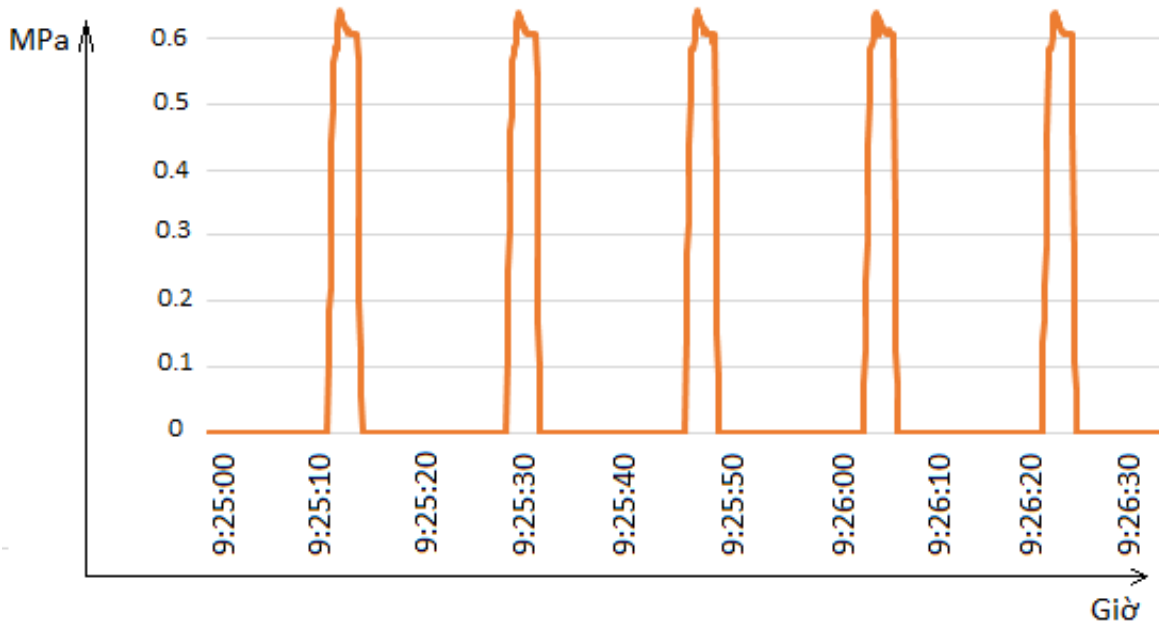
PHỤ LỤC 9. ĐỒ THỊ DIỄN TIẾN ÁP SUẤT ĐIỆN HÌNH TẠI MỘT SỐ VỊ TRÍ Ở CÁC CHẾ ĐỘ THỰC NGHIỆM



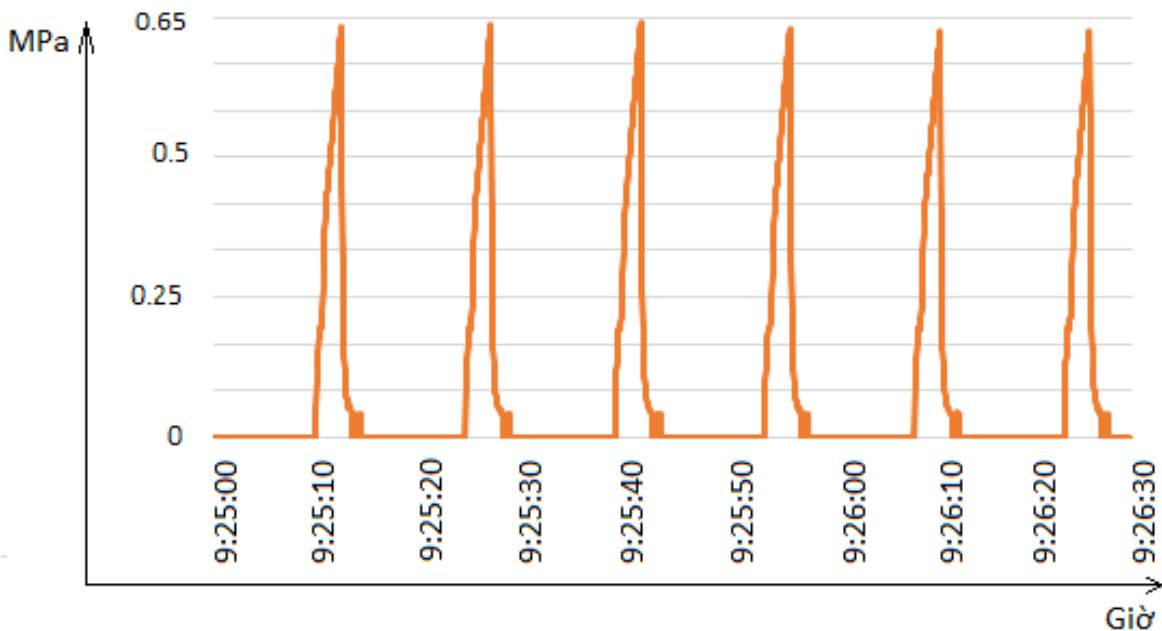
Hình P.1. Áp suất khí nén sau van ổn định áp suất khi hệ thống làm việc bình thường ở chế độ thực nghiệm (1)



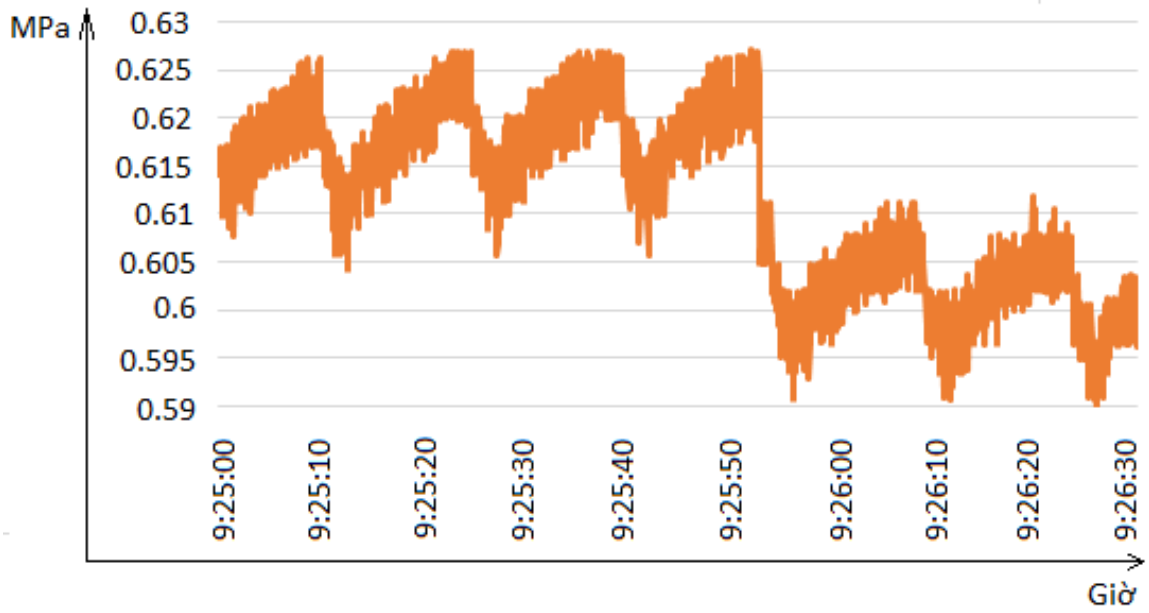
Hình P.2. Áp suất khí nén sau tổng van phanh khi hệ thống làm việc bình thường ở chế độ thực nghiệm (1)



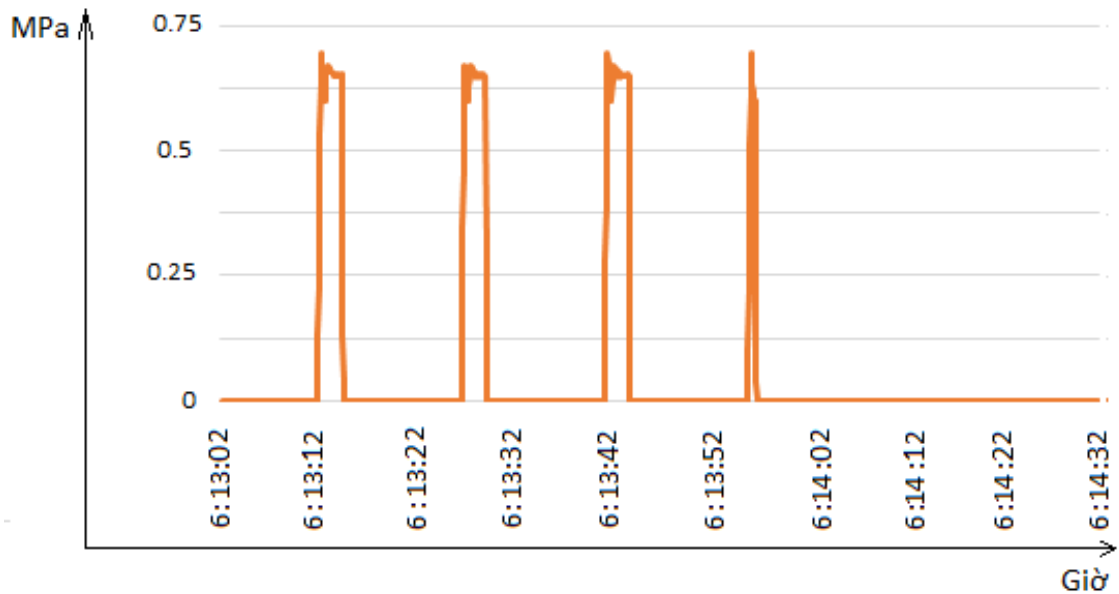
Hình P.3. Áp suất khí nén trước bầu phanh cầu trước khi hệ thống làm việc bình thường ở chế độ thực nghiệm (1)



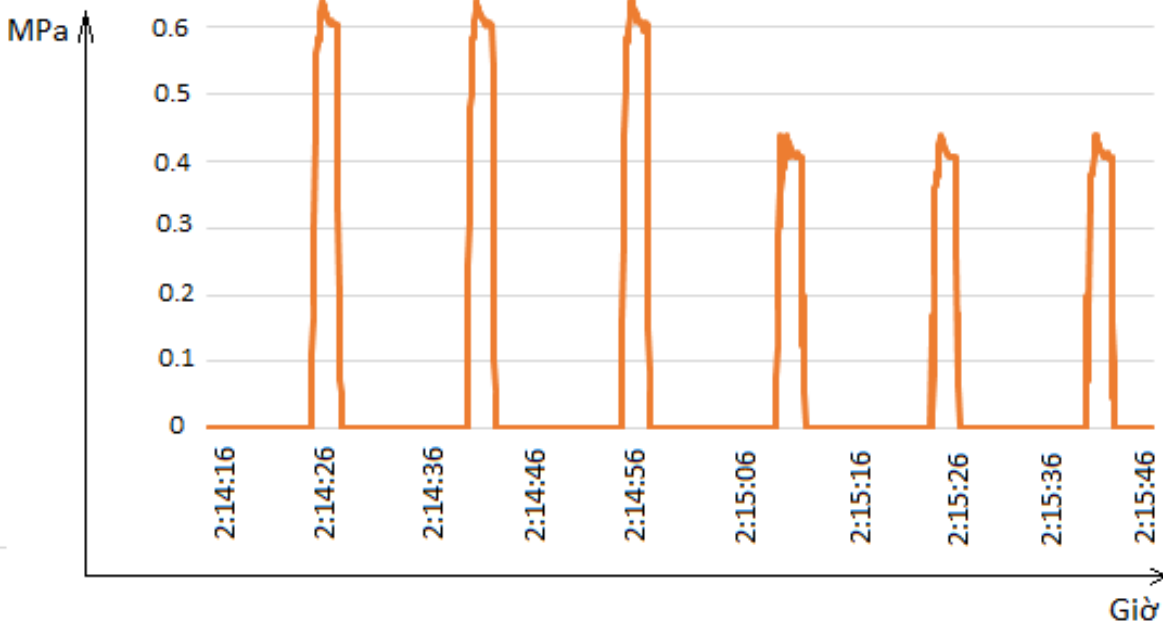
Hình P.4. Áp suất khí nén trước bầu phanh cầu giữa và cầu sau khi hệ thống làm việc bình thường ở chế độ thực nghiệm (1)



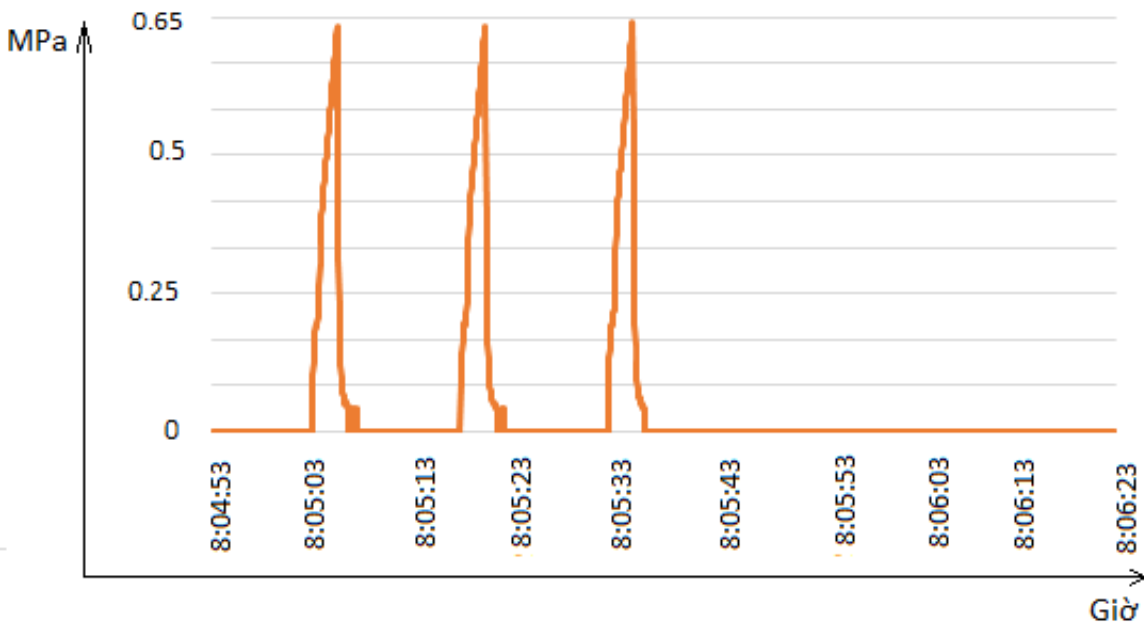
Hình P.5. Áp suất khí nén sau van ổn định áp suất khí hệ thống có hư hỏng ở chế độ thực nghiệm (1)



Hình P.6. Áp suất khí nén sau tổng van phanh khí hệ thống có hư hỏng ở chế độ thực nghiệm (1)



Hình P.7. Áp suất khí nén trước bầu phanh cầu trước khi hệ thống làm có hư hỏng ở chế độ thực nghiệm (1)



Hình P.8. Áp suất khí nén trước bầu phanh cầu giữa và cầu sau khi hệ thống có hư hỏng ở chế độ thực nghiệm (1)