

TẠP CHÍ

ISSN0868-7052

CÔNG NGHIỆP MỎ

MINING INDUSTRY JOURNAL

CƠ QUAN NGÔN LUẬN CỦA HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM

NĂM THỨ XXXII SỐ 6-2023



» NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN BIÊN GIỚI KHAI THÁC LỘ THIÊN HỢP LÝ CHO MỎ ĐỒNG TẢ PHỒI DƯỚI GÓC ĐỘ KINH TẾ TUẦN HOÀN

» NGHIÊN CỨU THĂM DÒ THU HỒI PHÈN NHÔM VÀ SẮT (III) OXIT TỪ BÙN ĐỎ CỦA CÔNG TY NHÔM ĐẮK NÔNG - TKV

MỤC LỤC

KHAI THÁC MỎ

- ❖ Nghiên cứu lựa chọn biên giới khai thác lộ thiên hợp lý cho mỏ đồng Tả Phời dưới góc độ kinh tế tuần hoàn Lê Đức Phương và nnk 4

XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM VÀ MỎ

- ❖ Nghiên cứu xử lý bùng nền các đường lò chính tuyến bằng dầm bê tông cốt thép đúc sẵn tại Công ty Cổ phần Than Vàng Danh - Vinacomin Trần Văn Thúc, Lã Thành Thường 11

TUYỂN VÀ CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

- ❖ Nghiên cứu thăm dò thu hồi phenôl và sắt (III) oxit từ bùn đỏ của Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV Nguyễn Bá Phong, Phạm Thanh Hải 15
- ❖ Phương pháp tuyển nổi nâng cao hàm lượng tổng oxit đất hiếm từ quặng tinh bastnaesit đã nung xử lý Trịnh Nguyên Quỳnh và nnk 24

CƠ KHÍ, CƠ ĐIỆN MỎ

- ❖ Nghiên cứu kết cấu và tính toán động lực học giá chuyển hướng toa xe kéo theo của đoàn tàu tốc độ cao CRH2 Mai Văn Thắm, Nguyễn Trung Hiếu 32
- ❖ Bảo vệ mất pha cho động cơ điện không đồng bộ ba pha theo nguyên tắc mất xung dòng Đinh Văn Thắng 39
- ❖ Nghiên cứu thiết lập hệ thống điều khiển tàu điện ác quy mỏ theo phương pháp băm xung Kim Ngọc Linh và nnk 44

THÔNG GIÓ, AN TOÀN VÀ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

- ❖ Tính toán thông số dữ liệu bin nhiệt độ môi trường và xác nhận phương pháp luận cho các thành phố ở Việt Nam Lương Xuân Hùng, Mao Jun 51
- ❖ Một số vấn đề môi trường khu vực hồ chứa nước thủy điện Cẩm Thủy 1, huyện Cẩm Thủy, tỉnh Thanh Hoá Đỗ Văn Bình và nnk 59

ĐỊA CƠ HỌC, ĐỊA TIN HỌC, ĐỊA CHẤT, TRẮC ĐỊA

- ❖ Tiềm năng tài nguyên than và định hướng công tác tìm kiếm, thăm dò dưới mức -300 m khu vực Hòn Gai - Cẩm Phả Nguyễn Hoàng Huân và nnk 66

CÔNG NGHIỆP DẦU KHÍ

- ❖ Bước đầu triển khai một số mô hình nền kinh tế tuần hoàn tại Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam Nguyễn Hữu Lương, Nguyễn Hồng Minh 76

TIN TỨC, SỰ KIỆN

- ❖ Từ khai thác lộ thiên chuyển sang khai thác hầm lò - Than Núi Béo chuyển hướng khai thác thành công Hoàng Hiến 81
- ❖ Tin ngành mỏ Việt Nam CNM 84
- ❖ Tin ngành mỏ thế giới Kiều Kim Trúc 91

PHỤ TRÁCH TẠP CHÍ
TS. TẠ NGỌC HẢI

THƯ KÝ KIỂM TRỊ SỰ
PGS. TS. KIỀU KIM TRÚC

BAN BIÊN TẬP
TS. TRẦN TÚ BA
TS. NGUYỄN BÌNH
TS. NGUYỄN TIẾN CHÍNH
PGS.TS. NHỮ THỊ KIM DUNG
GS.TS.NGND. VÕ TRỌNG HÙNG
PGS.TS. LƯƠNG QUANG KHANG
TS. NGUYỄN THÚY LAN
TS. NGUYỄN HỒNG MINH
TS. LÊ ĐỨC PHƯƠNG
TS. ĐÀO ĐẮC TẠO
KS. TRẦN VĂN TRẠCH

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
PGS.TS. PHÙNG MẠNH ĐẮC
TSKH. ĐINH NGỌC ĐĂNG
PGS.TS.NGUT. HỒ SĨ GIAO
PGS.TS.NGUT. TRẦN XUÂN HÀ
TS. TRẦN XUÂN HÒA
TS. PHÙNG QUỐC HUY
GS.TS.NGUT. VÕ CHÍ MỸ
GS.TS.NGUT. BÙI XUÂN NAM
PGS.TS. NGUYỄN CẢNH NAM
TS. PHAN NGỌC TRUNG

TÒA SOẠN
Số 226 Đường Lê Duẩn,
Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 36649158; 36649159
Fax: (844) 36649159
Email: tccongnghiepmo@gmail.com
Website: http://vinamin.vn

Giấy phép xuất bản số:
376/GP-BTTTT
của Bộ Thông tin và Truyền thông
ngày 13/7/2016

Ảnh Bìa 1. Toàn cảnh Công ty Cổ phần Than Núi Béo - Vinacomin (Ảnh Than Núi Béo)

* In tại Công ty TNHH In và Thương mại Trần Gia
Điện thoại: 02437326436

* Nộp lưu chiểu: Tháng 12 năm 2023

CONTENTS

MINING

- | | | |
|--|------------------------|---|
| ❖ Research on optimal open-pit mining boundary selection for Ta Phoi copper mine from a circular economy | Le Duc Phuong
et al | 4 |
|--|------------------------|---|

UNDERGROUND AND MINING CONSTRUCTION

- | | | |
|--|-----------------------------------|----|
| ❖ Research on treatment of heaving floor in main roadways by using pre-cast reinforced concrete beam at Vinacomin-Vang Danh coal joint stock company | Tran Van Thuc,
La Thanh Thuong | 11 |
|--|-----------------------------------|----|

MINERAL BENEFICIATION AND PROCESSING

- | | | |
|---|------------------------------------|----|
| ❖ Preliminary research on recovery of alum and iron (III) oxide from red mud of Vinacomin - Dak Nong Aluminum company | Nguyen Ba Phong,
Pham Thanh Hai | 15 |
| ❖ Flotation upgrading total rare earth oxides from roasted bastnaesite concentrate | Trinh Nguyen Quynh
et al | 24 |

MECHANICAL ENGINEERING, MINING ELECTROMECHANICS

- | | | |
|---|------------------------------------|----|
| ❖ Research on structure and dynamic calculation of the trailer bogie of the CRH2 high-speed train | Mai Van Tham,
Nguyen Trung Hieu | 32 |
| ❖ Phase loss protection for three-phase asynchronous electric motors based on the principle of pulsation current lost | Dinh Van Thang | 39 |
| ❖ Research on the establishment of a control system for mine locomotives by the method of impulse chopping | Kim Ngoc Linh
et al | 44 |

VENTILATION, SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

- | | | |
|--|-----------------------------|----|
| ❖ Estimate ambient temperature bin data and validation of methodology for cities in Vietnam | Luong Xuan Hung,
Mao Jun | 51 |
| ❖ Some environmental issues in Cam Thuy 1 hydropower reservoir area, Cam Thuy district, Thanh Hoa province | Do Van Binh
et al | 59 |

GEOMECHANICS, GEOMATICS, GEOLOGY, GEODESY

- | | | |
|---|----------------------------|----|
| ❖ Coal resource potential and orientation for exploration work below -300 m in the Hon Gai - Cam Pha area | Nguyen Hoang Huan
et al | 66 |
|---|----------------------------|----|

OIL AND GAS INDUSTRY

- | | | |
|--|---------------------------------------|----|
| ❖ Initial implementation of some circular economy models at Vietnam National Oil and Gas Group | Nguyen Huu Luong,
Nguyen Hong Minh | 76 |
|--|---------------------------------------|----|

NEWS AND EVENTS

- | | | |
|--|---------------|----|
| ❖ Transforming method of mining from open pit to underground - Nui Beo Coal Company has changed successfully | Hoang Hien | 81 |
| ❖ Vietnam mining industry's news | CNM | 84 |
| ❖ World mining industry's news | Kieu Kim Truc | 91 |

CHIEF EDITOR IN CHARGE

Dr. TA NGOC HAI

EDITORIAL SECRETARY & MANAGER

Assoc. Prof. Dr. KIEU KIM TRUC

EDITORIAL BOARD

Dr. TRAN TU BA
Dr. NGUYEN BINH
Dr. NGUYEN TIEN CHINH
Assoc. Prof. Dr. NHU THI KIM DUNG
Prof. Dr. VO TRONG HUNG
Assoc. Prof. Dr. LUONG QUANG KHANG
Dr. NGUYEN THUY LAN
Dr. NGUYEN HONG MINH
Dr. LE DUC PHUONG
Dr. DAO DAC TAO
Eng. TRAN VAN TRACH

EDITORIAL COUNCIL

Assoc. Prof. Dr. PHUNG MANH DAC
Dr.Sc. DINH NGOC DANG
Assoc. Prof. Dr. HO SI GIAO
Assoc. Prof. Dr. TRAN XUAN HA
Dr. TRAN XUAN HOA
Dr. PHUNG QUOC HUY
Prof. Dr. VO CHI MY
Prof. Dr. BUI XUAN NAM
Assoc. Prof. Dr. NGUYEN CANH NAM
Dr. PHAN NGOC TRUNG

EDITORIAL OFFICE

226 Le Duan Rd., Dong Da Dist., Hanoi
Phone: 36649158; 36649159
Fax: (844) 36649159
Email: tccongnghipmo@gmail.com
Website: http://vinamin.vn

*License

376/GP-BTTTT Ministry of Information and Communications, issued on July 13 th, 2016

* Printed at Tran Gia Printing and Trading Company Ltd.024
Phone: 02437326436

*Legally deposited: in December 2023

BẢO VỆ MẮT PHA CHO ĐỘNG CƠ ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA THEO NGUYÊN TẮC MẮT XUNG DÒNG

Đinh Văn Thắng

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Email: dinhvanthang@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Các bảo vệ mất pha cho động cơ điện không đồng bộ ba pha hiện nay thường sử dụng phương pháp đo dòng điện của từng pha qua các biến dòng cấp cho 2 hoặc 3 rơ le điện từ với các tiếp điểm của nó mắc nối tiếp trong mạch điều khiển của động cơ nhằm ngắt nguồn cấp điện cho động cơ khi sự cố. Nhược điểm của các rơ le bảo vệ mất pha này là làm việc không tin cậy khi biên độ tín hiệu dòng điện của các pha biến thiên trong một phạm vi rộng. Nội dung bài báo này trình bày phương án xây dựng một dạng thiết bị bảo vệ mất pha theo nguyên tắc xung thay thế cho các bảo vệ trên với ưu điểm tác động tin cậy và có thể dùng được cho nhiều loại động cơ có công suất khác nhau.

Từ khóa: mất pha, bảo vệ mất pha, mất xung

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động cơ điện ba pha khi hoạt động bình thường cần cấp nguồn điện ba pha đối xứng. Trong các sự cố bất bình thường của động cơ ba pha, có thể có các dạng như mất một pha, quá tải, chạm chập một số vòng dây của một pha hay chạm chập vòng dây của hai pha phác nhau... Khi mất một pha lúc động cơ đang hoạt động, động cơ sẽ phát ra tiếng ồn và phát nóng có thể dẫn đến hỏng hóc không mong muốn. Vì thế, để đảm bảo cho các loại động cơ không đồng bộ ba pha công suất lớn người ta thường lắp thiết bị bảo vệ mất pha cho nó.

Bảo vệ mất pha cho các động cơ không đồng bộ ba pha hiện nay có rất nhiều dạng khác nhau dựa theo nguyên lý tác động của nó là điện áp pha hay dòng điện pha. Để thực hiện điều này có thể dùng rơ le dòng điện hay rơ le điện áp với tiếp điểm của nó được cài vào mạch điều khiển động cơ.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở phương pháp luận

Khi xảy ra sự cố mất pha với động cơ điện ba pha đang hoạt động (mất pha từ hệ thống cấp điện hay do mất tiếp xúc tiếp điểm khởi động từ), động cơ ba pha sẽ chuyển sang làm việc ở chế độ một pha với điện áp dây (U_d). Dù dây quấn stato của động cơ nối sao hay tam giác, các dấu hiệu có thể nhận biết gồm:

- Mất đối xứng điện áp của các pha;
- Mất tín hiệu dòng điện pha của một trong các pha;
- Dòng điện trong các pha còn lại tăng lên cao hơn bình thường;
- Có tiếng ồn cao hơn bình thường;
- Vỏ động cơ sau thời gian ngắn sẽ tăng nhiệt độ trên mức bình thường.

Các dạng bảo vệ mất pha cho động cơ điện không đồng bộ ba pha hiện nay thường sử dụng phương pháp đo dòng điện của từng dây pha qua máy biến dòng. Tín hiệu này được cấp cho 2 hoặc 3 rơ le điện từ với các tiếp điểm của nó mắc nối tiếp với mạch điều khiển chính của động cơ nhằm ngắt nguồn cấp điện cho động cơ khi sự cố. Nhược điểm của các rơ le bảo vệ mất pha này là làm việc không tin cậy khi biên độ tín hiệu dòng điện các dây pha biến thiên trong một phạm vi rộng (khi khởi động không tải và khi có tải).

Khi nghiên cứu hiện tượng mất pha với động cơ không đồng bộ ba pha, có thể đưa ra nhận xét như sau:

- Khi chưa mất pha trong mạch điện cấp cho động cơ, tại biến dòng điện trên các pha luôn có tín hiệu điện áp dạng sin với biên độ biến động theo tải trên trục động cơ;

Nếu mất một pha cấp điện cho động cơ, tại



pha lấy tín hiệu lấy ra từ máy biến dòng luôn bằng 0, hai biến dòng còn lại vẫn có tín hiệu dạng sin;

- Khi biến đổi tín hiệu dòng điện sin từ cửa ra của máy biến dòng dùng trigger Smith, ta sẽ nhận được chuỗi các xung vuông liên tiếp với độ rộng 50% và tần số là 50Hz;

- Sử dụng mạch điện tử phát hiện xung bị mất trong một loạt chuỗi xung qua nó có thể xây dựng được mạch điện cho rơ le bảo vệ mất pha theo nguyên tắc xung.

2.2. Xây dựng mạch bảo vệ mất pha cho động cơ điện không đồng bộ ba pha theo nguyên tắc mất xung dòng điện

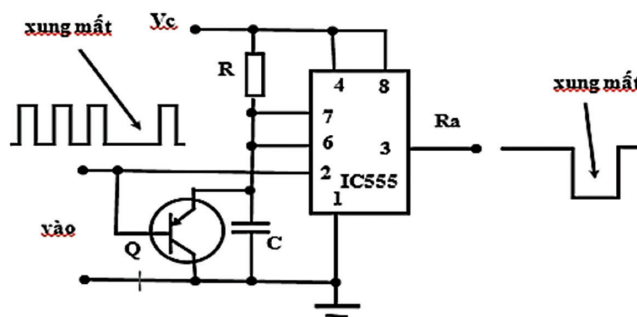
2.2.1. Mạch phát hiện xung bị mất trong chuỗi các xung

Mạch được xây dựng trên cơ sở từ mạch định thời đa năng hoạt động ở chế độ đa hài đơn ổn (mạch một xung – one-short) [1, 2]. Nguyên lý hoạt động của mạch được khởi động lại liên tục bởi các chuỗi xung vào liên tiếp. Nếu trong chuỗi xung liên tiếp cách đều nhau bị mất hay trễ đi một khoảng thời gian nhất định thì quá trình khởi

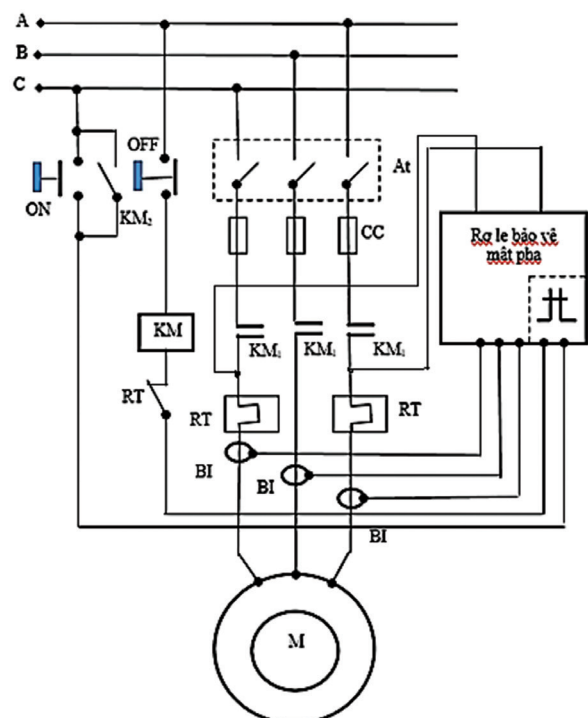
động lại mạch một xung bị cản trở. Quá trình nạp điện cho tụ điện C được duy trì tiếp tục cho đến khi vượt ngưỡng $2/3$ điện áp nguồn V_c làm cho cửa ra chân 3 của IC 555 lên mức 1. Kết quả cho ra trạng thái xác nhận có hơn một xung vào của mạch bị mất. Sơ đồ này có thể được ứng dụng vào kiểm tra tính liên tục của các xung xuất hiện ở cửa vào của nó. Mạch phát hiện xung bị mất sử dụng vi mạch điện tử đa năng NE555 được mô tả trên Hình H.1.

2.2.2. Sơ đồ nguyên lý chung của mạch bảo vệ mất pha cho động cơ không đồng bộ ba pha

Hình H.2 trình bày sơ đồ nguyên lý chung mạch lực của bảo vệ mất pha cho động cơ không đồng bộ ba pha. Tín hiệu dòng điện các dây pha cấp cho động cơ được lấy ra trên ba máy biến dòng BI. Các máy biến dòng được lắp sau khởi động từ của mạch lực. Mạch cấp nguồn cho khởi động từ được cài tiếp điểm thường đóng của rơ le bảo vệ mất pha. Khi có sự cố mất pha, tiếp điểm của rơ le bảo vệ mất pha sẽ ngắt nguồn cấp cho khởi động từ, vì thế động cơ được ngắt khỏi lưới điện (chức năng bảo vệ).



H.1. Mạch phát hiện xung bị mất



H.2 Sơ đồ nguyên lý mạch bảo vệ mất pha theo nguyên lý phát hiện xung bị mất

2.2.3. Xây dựng sơ đồ nguyên lý mạch rơ le bảo vệ mất pha theo nguyên tắc xung

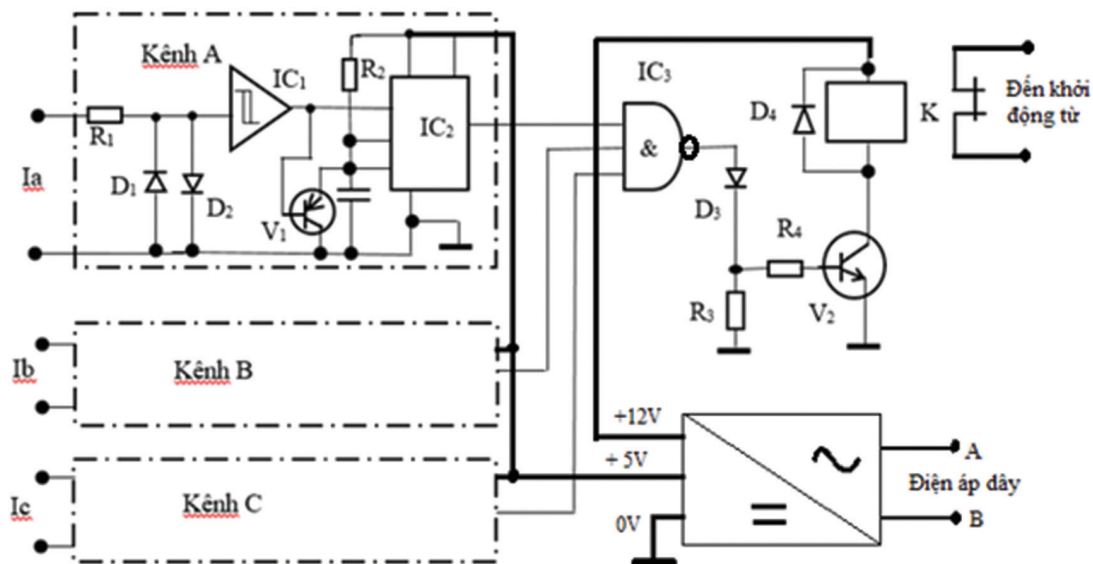
Từ sơ đồ khối chức năng, sử dụng các linh kiện điện tử phù hợp ta có thể hiện thực hóa sơ đồ nguyên lý mạch điện tử của rơ le như Hình H.3.

Nguyên lý hoạt động của rơ le bảo vệ mất pha theo nguyên tắc xung như sau:

Khi chưa ấn nút khởi động động cơ không đồng bộ ba pha, rơ le bảo vệ mất pha chưa được cấp điện, vì thế tiếp điểm thường đóng của nó cho phép mạch khởi động động cơ sẵn sàng hoạt động.

Khi khởi động động cơ, ở chế độ bình thường,

cả ba pha nối với mạch điện stato của động cơ. Dòng điện đi qua các dây pha tạo ra các xung tín hiệu ở đầu vào ba bộ phát hiện xung bị mất. Các xung này tồn tại liên tục với tần số 50 Hz. Kết quả là đầu ra của cả ba bộ phát hiện xung bị mất luôn ở mức logic cao (mức 1). Ba tín hiệu ra có mức logic 1 này được cấp tới cửa vào của cổng logic VÀ-ĐẢO (NAND). Với tính chất của cổng VÀ-ĐẢO, cửa ra của nó chỉ nhận mức logic 0 (mức thấp) khi cả ba đầu vào bằng 1, còn lại là mức logic 1. Như vậy rơ le bảo vệ mất pha không tác động bảo vệ.



H.3. Sơ đồ nguyên lý mạch điện tử của rơ le bảo vệ mất pha

Khi một pha nào đó bị mất (sự cố) một trong ba khối phát hiện xung bị mất sẽ chuyển xuống mức thấp (mức logic 0). Lúc này cửa ra của phần tử logic VÀ-ĐẢO sẽ chuyển lên mức logic 1. Đầu vào của Transistor V2 được cấp tín hiệu điều khiển đến cực Bazơ, nó chuyển sang trạng thái dẫn. Rơ le điện tử K được cấp điện, tiếp điểm thường đóng của nó mở ra. Mạch điều khiển khởi động từ bị ngắt (bảo vệ mất pha tác động).

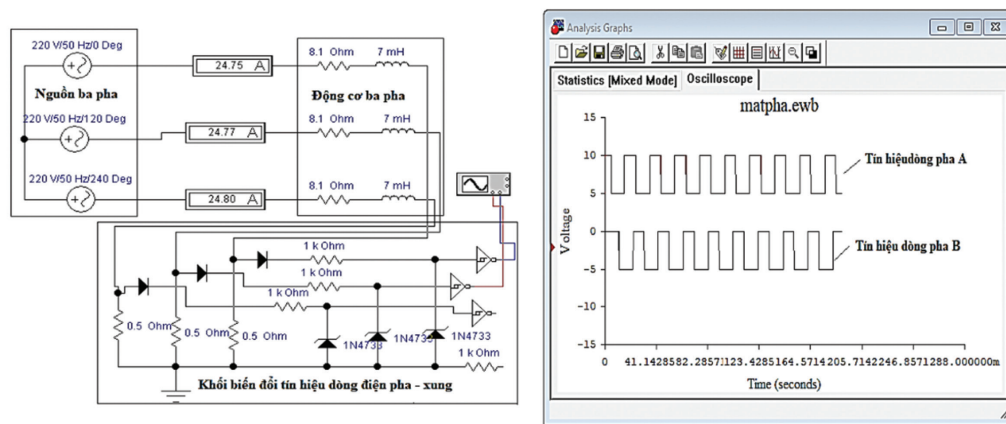
2.2.4 Mô phỏng mạch bảo vệ mất pha cho động cơ điện không đồng bộ ba pha theo nguyên tắc mất xung dòng điện

Sử dụng phần mềm tin học thông dụng Electronics Workbench 5.12 để tiến hành mô phỏng nguyên lý hoạt động của rơ le bảo vệ mất

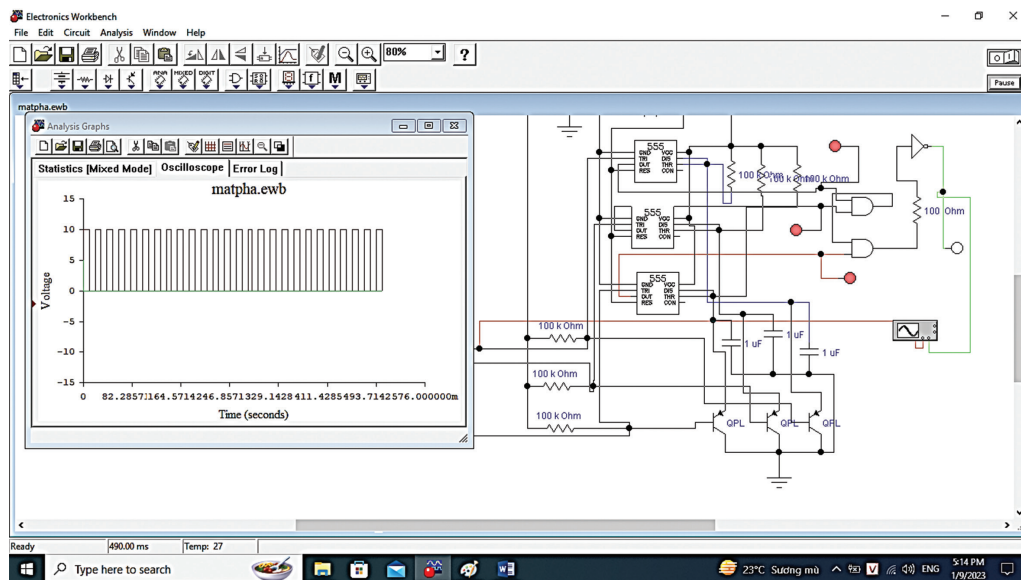
pha theo nguyên tắc xung. Từ sơ đồ mạch điện tử trên, tiến hành lập sơ đồ mạch điện mô phỏng như trên Hình H.4.

Mô phỏng mạch điện sử dụng số liệu của động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có: $P_{dm} = 14KW$, $p = 2$, $n_{dm} = 1450 \text{ r/min}$, hiệu suất $\eta_{dm} = 0.885$; $\cos\phi_{dm} = 0.88$, $f = 50Hz$. Điện áp dây của mạng là 380V. Với số liệu trên ta xác định được điện trở tương đương của động cơ $r = 8,1\Omega$, điện cảm $L = 7mH$.

Để tiện cho việc mô phỏng trên phần mềm Electronics Workbench 5.12 coi rằng xung 50 Hz độ rộng 50% từ tín hiệu dòng được thay thế bằng nguồn xung từ máy phát xung chuẩn tần số 50Hz có biên độ 5V cấp cho 3 kênh xử lý tín hiệu A, B, C.

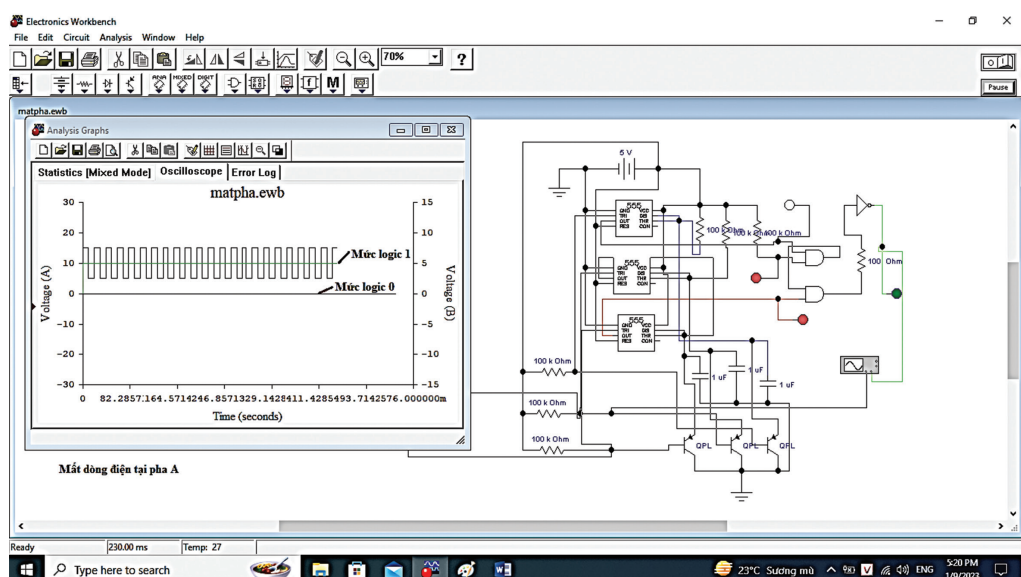


H.4. Sơ đồ mô phỏng động cơ điện không đồng bộ ba pha khi hoạt động



H.5. Kết quả mô phỏng khi chưa mất pha của động cơ

Nhận xét: khi không mất pha, rơ le bảo vệ không tác động (đèn xanh không sáng).



H.6. Kết quả mô phỏng khi mất một pha của động cơ không đồng bộ ba pha

Nhận xét: khi mất một pha, rơ le bảo vệ tác động (đèn màu xanh sáng).

KẾT LUẬN

Sử dụng các vi mạch điện tử tương tự và mạch logic trong xây dựng sơ đồ mạch bảo vệ mất pha cho động cơ không đồng bộ ba pha sẽ khắc phục được những nhược điểm của các loại rơ le bảo vệ mất pha truyền thống trước

đây. Việc chuyển đổi tín hiệu dòng điện các dây pha về dạng xung sẽ giúp cho rơ le bảo vệ mất pha theo nguyên tắc xung trở nên đa dụng hơn, có thể dùng cho nhiều loại động cơ có công suất khác nhau, độ tin cậy tác động cao và chắc chắn □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Huỳnh Đắc Thắng (1994), Cẩm nang thực hành vi mạch tuyến tính TTL/LS, CMOS. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Http:// 555 Timer IC: Introduction, Basics & Working with Different Operating Modes

**PHASE LOSS PROTECTION FOR THREE-PHASE ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS
BASED ON THE PRINCIPLE OF PULSATION CURRENT LOST**

Dinh Van Thang

ABSTRACT

The current phase loss protections for three-phase asynchronous electric motors usually use the method of measuring the current of each phase through the current transformers, supplying 2 or 3 electromagnetic relays with its contacts connected in series in the control circuit of the motor to cut off the power supply to the motor when fault problems occur. The disadvantage of these protections is that they do not work reliably when the signals of the phase current amplitudes vary over a wide range. The paper presents a proposal to build a type of phase loss protection device according to the pulse principle, replacing the above protection with the advantages of reliable operation and can be used for many types of motors with high efficiency and different capacity

Keyword: phase loss, phase loss protection, pulse loss

Ngày nhận bài: 04/11/2022;

Ngày gửi phản biện: 05/11/2022;

Ngày nhận phản biện: 30/12/2022;

Ngày chấp nhận đăng: 15/01/2023.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.



NGHIÊN CỨU THIẾT LẬP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TÀU ĐIỆN ẮC QUY MỎ THEO PHƯƠNG PHÁP BẮM XUNG

Kim Ngọc Linh, Nguyễn Thạc Khánh, Nguyễn Tiến Sỹ,
Nguyễn Trường Giang, Kim Thị Cẩm Ánh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Email: kimngocolinh@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Tàu điện ắc quy được sử dụng rộng rãi trong các mỏ hầm lò. Trước đây điều chỉnh tốc độ tàu thường bằng mắc điện trở phụ trong mạch phản ứng của động cơ dẫn động. Phương pháp điều chỉnh bằng điện trở phụ có nhiều nhược điểm. Vào những năm cuối của thế kỷ XX, các mạch điện băm xung áp một chiều sử dụng thyristor đã được ứng dụng rộng rãi trong tàu điện nói chung và tàu điện ắc quy mỏ nói riêng. Nhờ đó, hiệu suất và tuổi thọ của hệ thống truyền động tàu điện ắc quy mỏ đã tăng lên đáng kể. Từ đầu thế kỷ XXI đến nay, một loạt các linh kiện điện tử công suất mới được phát minh và nhanh chóng đưa vào ứng dụng thực tế nên hệ thống điều khiển tàu điện trên thế giới đã có sự thay đổi cơ bản cả về lượng và chất. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo mạch điều khiển theo phương pháp băm xung sử dụng transistor có cực điều khiển cách ly (Insulated Gate Bipolar Transistor) (IGBT) dùng cho tàu điện ắc quy mỏ.

Từ khóa: tàu điện ắc quy, transistor có cực điều khiển cách ly (IGBT), băm xung áp một chiều, hệ số điện đẩy xung, bộ điều khiển.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, để đảm bảo an toàn cháy nổ không khí mỏ, hầu hết các công ty than hầm lò trong Tập đoàn Công nghiệp Than- Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã chuyển sang dùng tàu điện ắc quy thay thế tàu cần vệt. Một đặc điểm chung của các tàu điện ắc quy mỏ vùng Quảng Ninh là đa phần đều do Trung Quốc sản xuất, dùng động cơ một chiều kích thích nối tiếp, cung cấp bởi ắc quy kiềm hoặc axit. Về mặt điều khiển, trước những năm 2000 hầu hết các tàu đều sử dụng công nghệ điều khiển cổ điển nhất đó là thay đổi tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trong mạch phản ứng. Phương pháp điều khiển này gây ra tổn thất điện năng đáng kể. Do điện năng dự trữ trong các tổ hợp ắc quy là có hạn, nên phương pháp điều khiển bằng điện trở phụ làm giảm thời gian vận hành đoàn tàu tính theo mỗi lần nạp ắc quy. Mặt khác, vì điều khiển bằng điện trở theo cấp nên khi chuyển đổi các cấp tốc độ sẽ gây ra xung dòng điện dẫn đến

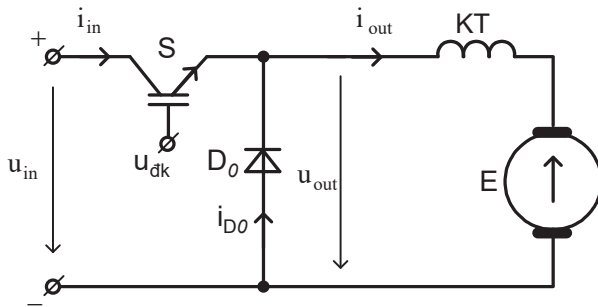
mô men động cơ thay đổi đột ngột làm giảm tuổi thọ của hộp số và các khớp nối. Những năm gần đây, các đầu tàu nhập khẩu từ Trung Quốc đã sử dụng bộ biến đổi DC/DC (băm xung áp một chiều) để thay thế cho các bộ điều khiển điện trở. Kết quả là loại tàu điện mới có thể kéo dài đáng kể thời gian hoạt động của đoàn tàu với cùng một tổ hợp ắc quy sau mỗi lần nạp điện. Tuy nhiên, các bộ điều khiển của Trung Quốc có nhược điểm là không có khả năng sửa chữa khi bị hỏng do các linh kiện không có sẵn hoặc bị xóa ký hiệu nhằm giấu công nghệ.

Vì những lý do nêu trên, nên việc nội địa hóa, làm chủ thiết kế và chế tạo bộ điều khiển mới có hiệu suất cao hơn, điều chỉnh tốc độ và mô men êm dịu hơn nhằm thay thế các bộ điều khiển điện trở trong tàu điện ắc quy mỏ hiện nay cũng như sẵn sàng thay thế cho bộ biến đổi một chiều nhập khẩu từ Trung Quốc có tính cấp thiết trong thực tế sản xuất của ngành Than Việt Nam.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

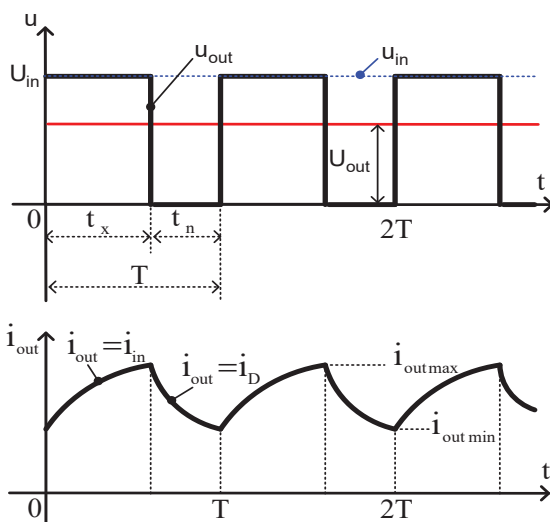
2.1 Nguyên lý băm xung áp - động cơ một chiều

Sơ đồ nguyên lý bộ băm xung áp - động cơ một chiều như trên Hình H.1.



H.1. Sơ đồ nguyên lý bộ băm xung áp - động cơ 1 chiều

Trong sơ đồ Hình H.1, ký hiệu S là khóa chuyển mạch, D_0 là diốt hoàn năng (còn gọi là diốt không), E là phản ứng và KT là cuộn dây kích từ của động cơ. Nếu giả thiết khóa S và diốt D_0 là lý tưởng, điện áp đặt vào $u_{in} = U_{in} = \text{const}$ thì khi khóa S đóng có $u_{out} = U_{in}$, khi khóa S mở có $u_{out} = 0$. Trường hợp dòng điện tải là liên tục, ta có đồ thị thời gian của điện áp và dòng trên tải của bộ băm xung như Hình H.2.



H.2. Đồ thị thời gian dòng và điện áp trên tải của bộ băm xung

Ký hiệu t_x là độ rộng xung, t_n là độ rỗng và T là chu kỳ băm xung có $t_x + t_n = T$. Nếu gọi $D = t_x / T$ là hệ số độ rộng xung hay hệ số điền đầy xung (phạm vi điều khiển), suy ra $t_x = D \cdot T$ và $t_n = (1 - D) \cdot T$. Giá trị trung bình của điện áp trên tải $U_{out} = (t_x / T) U_{in} = D \cdot U_{in}$.

Để điều chỉnh điện áp ra trung bình có thể sử dụng các phương pháp [1]:

$T = \text{const}; t_x = \text{var}$ (phương pháp điều chế độ rộng xung);

$T = \text{var}; t_x = \text{const}$ (phương pháp điều chế tần số xung);

$T = \text{var}; t_x = \text{var}$ (phương pháp hỗn hợp).

Băm xung áp - động cơ một chiều cho phép khởi động và điều chỉnh tốc độ động cơ tàu mà không cần biến trở điều chỉnh. Do đó sẽ giảm tổn thất và hiệu suất có thể đạt 96%. Mặt khác, băm xung áp - động cơ một chiều còn cho phép hãm tái sinh động cơ tàu trong dải rộng của tốc độ mà không cần các bộ kích từ chuyên dụng [2]. Điều khiển bộ băm xung áp một chiều cần có phản hồi dòng điện để khoá bộ băm xung khi bị quá tải. Ở chế độ xác lập bình thường tốc độ yêu cầu xác định một khoảng dẫn tương đối. Lúc mở máy cần phải bắt đầu một khoảng dẫn để hạn chế dòng điện. Tỷ số thời gian dẫn và khoá cần phải nhỏ ở lúc mở máy động cơ và tăng dần theo tốc độ và sức phản điện của động cơ [3].

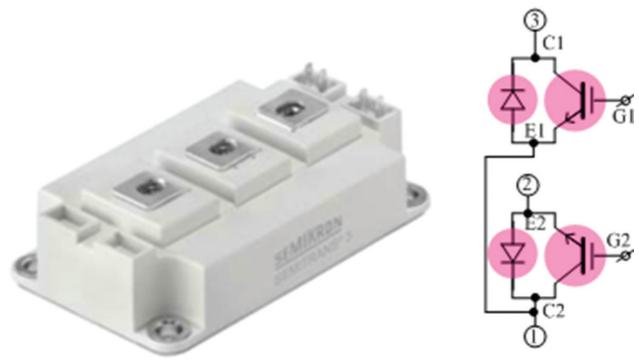
2.2 Xây dựng sơ đồ mạch lực bộ băm xung điều khiển động cơ tàu điện ác quy

Các đầu tàu điện mở hiện đang sử dụng ở nước ta thường dùng truyền động bằng một hoặc hai động cơ một chiều kích thích nối tiếp. Đối với truyền động hai động cơ phương pháp điều chỉnh tốc độ theo sơ đồ nối tiếp - song song. Khi khởi động hai động cơ được đấu nối tiếp nhau qua điện trở. Sau đó được chuyển sang đấu song song. Khi điều chỉnh tốc độ tàu bằng bộ băm xung có thể điều khiển song song hoặc độc lập hai động cơ. Hiện nay, sự phát triển của khoa học và công nghệ đã cho phép chế tạo được những tranzistor làm khóa điện tử gần như là lý tưởng. Điều này cho phép thực hiện được tương đối đơn giản các kỹ thuật biến đổi mà trước đây chỉ sử dụng thyristor với những hệ thống chuyển mạch rất phức tạp. Một trong những thành tựu đó là sự xuất hiện của các transistor có cực điều khiển cách ly (Insulated Gate Bipolar Transistor- IGBT) công suất lớn có thể làm việc với điện áp hàng nghìn vôn, dòng tải hàng trăm ampe. Đặc điểm của IGBT là loại cấu kiện điều khiển bằng điện áp nên chỉ cần công suất điều khiển rất nhỏ.



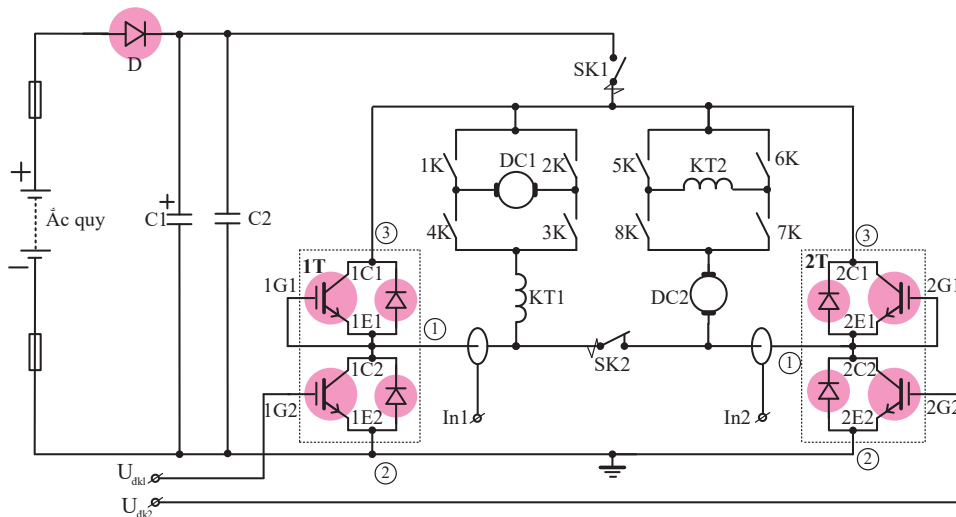
Hiện ở các mỏ vùng Quảng Ninh đang sử dụng nhiều nhất là tàu ắc quy có khối lượng bắm dính 8 tấn. Chúng tôi đã quyết định lựa chọn loại đầu tàu này làm đối tượng nghiên cứu. Tàu 8 tấn có hai động cơ dẫn động công suất 11 kW (tàu XK-8) hoặc 15 kW (tàu CDXT-8 và TD-8), điện áp 132 V. Van lực cho hai loại tàu này chọn IGBT loại SKM400GB12V có dòng định mức bằng 400 A, điện áp 1200 V, diốt ngược có dòng định mức bằng 440 A. Hình dạng bên ngoài và sơ đồ nối dây của van như Hình H.3 [4].

Cấu trúc bên trong của van SKM400GB12V có 02 IGBT và 02 diốt ngược. Sử dụng 01 IGBT làm nhiệm vụ khóa chuyển mạch S và 01 diốt ngược



H.3. Hình dạng bên ngoài và sơ đồ nối dây của IGBT SKM400GB12V

làm diốt hoàn năng D_0 . Sơ đồ mạch lực bộ băm xung cho tàu 8T được xây dựng như Hình H.4.



H.4. Sơ đồ nguyên lý mạch lực bộ băm xung điều khiển tàu điện ắc quy mỏ có 02 động cơ

Bảng trạng thái các chuyển mạch

Vị trí tay điều khiển	0°	30°	35°.....130°	150°
SK1		X	X X	X
Tốc độ				
K2	X			

Bảng trạng thái đảo chiều quay động cơ

Các chuyển mạch	Quay thuận (tiền)	Quay ngược (lùi)
1K 3K	X	
5K 7K	X	
2K 4K		X
6K 8K		X

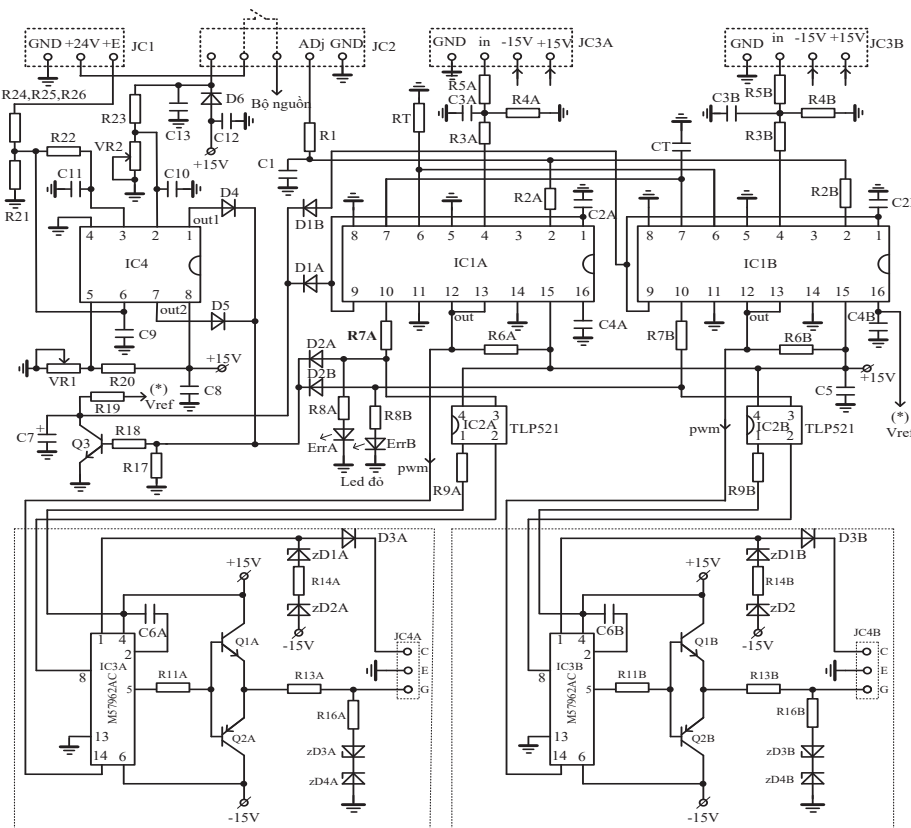
2.3 Xây dựng sơ đồ mạch điều khiển bộ băm xung

Có ba phương pháp để điều khiển bộ băm xung một chiều là phương pháp điều chỉnh độ rộng xung, phương pháp điều chế tần số xung và phương pháp hỗn hợp. Ở đây, chúng tôi lựa chọn điều khiển theo phương pháp điều chỉnh độ rộng xung (pulse width modulation- PWM). Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực điện tử công suất, dễ dàng thực hiện và các mạch lọc không đòi hỏi chất lượng cao do nó chỉ làm việc ở một tần số cố định.

Nguyên tắc chung của mạch điều khiển theo phương pháp PWM là so sánh một điện áp U_{dk} thay đổi được với một điện áp răng cưa U_{rc} có tần số cao. Điểm cân bằng giữa U_{rc} và U_{dk} sẽ là điểm phát xung điều khiển để mở các van bán dẫn. Bằng cách thay đổi U_{dk} ta sẽ thay đổi được độ rộng xung

điều khiển trong khi vẫn giữ được tần số điều khiển không đổi. Các yêu cầu chung đối với mạch điều khiển bộ băm xung là: độ rộng xung điều khiển phải thay đổi được để đảm bảo phạm vi điều chỉnh D_{min} đến D_{max} tương ứng với phạm vi thay đổi điện áp ra tải của mạch lực; độ dốc sườn trước của xung phải cao để đảm bảo van lực mở tốt; cho phép động cơ làm việc với các chế độ đã tính toán như chế độ khởi động, chế độ hãm, đảo chiều quay; có khả năng chống nhiễu công nghiệp tốt; không gây ra các nhiễu vô tuyến; độ tác động của mạch điều khiển nhanh; thực hiện các yêu cầu bảo vệ các van lực nếu cần như ngắt các xung điều khiển khi có sự cố, thông báo các hiện tượng không bình thường của nguồn và bản thân mạch điều khiển; có độ tin cậy cao.

Từ các yêu cầu trên, sơ đồ mạch điều khiển bộ băm xung được thiết kế như Hình H.5.

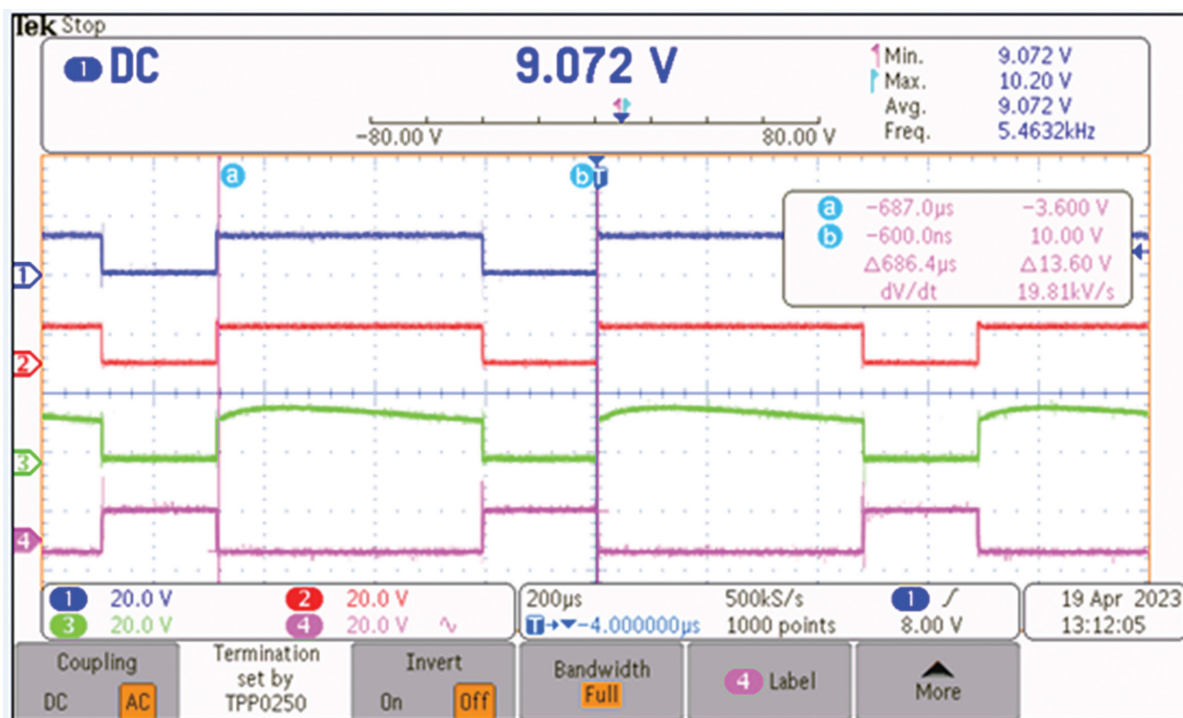


H.5. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển các van lực trong tàu điện ác quy

Sơ đồ Hình H.5 được thiết kế gồm hai kênh điều khiển hai IGBT có dòng định mức đến 400A với cùng tần số băm xung. IC1A và IC1B là vi mạch điều chế độ rộng xung PWM loại UC2524A. IC2A và IC2B là vi mạch cách ly quang (opto-coupler) loại TLP521. IC3A và IC3B là vi mạch khuếch đại xung Driver loại M57962AL. IC4 là vi mạch khuếch đại thuật toán loại LM358 được sử dụng làm mạch bảo vệ quá áp và thấp áp cho động cơ tàu. Cặp transistor Q1, Q2 là tầng đệm để nâng công suất điều khiển van lực.

➤ Với tầng đệm dùng cặp transistor Q1A và Q2A loại MJE15032 và MJE15033 mạch có thể điều khiển van lực IGBT có dòng định mức đến 800A.

Vì vậy có thể sử dụng bo mạch đã chế tạo điều khiển bộ bơm xung dùng cho tàu điện ắc quy có khối lượng bám dính 12 tấn;



H.8. Các tín hiệu đo bằng máy hiện sóng

(đường 1 - Tín hiệu ra chân 12 và 13 của IC1, đường 2 - Tín hiệu ra chân 5 của IC2, đường 3 - Tín hiệu chân C của van lực, đường 4 - Tín hiệu cực điều khiển G của van lực)

➤ Có thể dùng vi mạch PWM loại SG2524A hoặc TL494 thay cho vi mạch UC2524A. Trường hợp sử dụng vi mạch TL494 cần bổ sung thêm mạch khoá dưới điện áp. Vi mạch Driver M57962AC có thể thay bằng loại tương đương hoặc thiết kế mạch Driver không dùng vi mạch chức năng. Khi thiết kế mạch Driver không dùng vi mạch chức năng cần chú ý đến mạch bảo vệ khoá van IGBT qua vùng không bão hoà;

➤ Mạch điều khiển đã chế tạo có thể thay thế các mạch điều khiển tàu điện ắc quy của Trung Quốc

trọng tải từ 2,5T đến 12T đang sử dụng ở các mỏ.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo và thử nghiệm bộ bơm xung áp một chiều được trình bày trong bài báo có thể áp dụng để thiết kế, chế tạo các bộ điều khiển không tiếp điểm cho các tàu điện ắc quy mỏ. Hướng nghiên cứu tiếp theo là thiết kế, chế tạo bộ chuyển mạch phù hợp và vỏ phòng nổ cho thiết bị. Những kết quả nghiên cứu này sẽ được trình bày trong bài báo tiếp theo □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Birdinnhec L.V. (1974), Biến đổi xung dòng một chiều, "Năng lượng", Moskva 1974 (bản tiếng Nga).
2. Birozencô V.X. (1981), Tàu điện mỏ với truyền động thyristor, "Kỹ thuật", Kiev 1981 (bản tiếng Nga).
3. Cyril W. Lander (Lê Văn Doanh dịch) (1994), Điện tử công suất và điều khiển động cơ điện, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. SEMIKRON_DataSeet_SKM400GB12V_22892083(IGBT400).
5. UNITRODE CORPORATION, Advanced Regulating Pulse Width Modulators UC 2524A.



RESEARCH ON THE ESTABLISHMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR MINE LOCOMOTIVES
BY THE METHOD OF IMPULSE CHOPPING

Kim Ngoc Linh, Nguyen Thac Khanh, Nguyen Tien Sy,
Nguyen Truong Giang, Kim Thi Cam Anh

ABSTRACT

Battery locomotives are widely used in underground mines. In the past, speed control was usually done by connecting an auxiliary resistor in the armature circuit of the drive motor. This type of motor speed control has many disadvantages. In the last years of the Twentieth Century, DC-chopper based on the thyristors have been widely applied to electric trains in general and mine locomotives in particular. As a result, the efficiency and service life of the mine battery locomotive drive system have been significantly increased. From the beginning of the 21st Century to the present, a series of new power electronic devices have been invented and quickly put into practical application, so that the train control systems have seen a fundamental change in both quantity and quality. This paper presents some results of research, design, and manufacture of a control circuit based on the pulse chopping method using an Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) for mine battery locomotives.

Keywords: battery locomotive, Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT), DC- pulse chopper, pulse filling factor, control system.

Ngày nhận bài: 27/6/2023;

Ngày gửi phản biện: 28/6/2023;

Ngày nhận phản biện: 18/7/2023;

Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2023.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.