

ERSD 2018

KỶ YẾU

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 07 - 12 - 2018

CƠ ĐIỆN



Nhà xuất bản giao thông vận tải

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2018)**

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban:	PGS.TS Lê Hải An	
Phó trưởng ban:	GS.TS Trần Thanh Hải	
	GS.TS Bùi Xuân Nam	
Ủy viên:	GS.TS Nhữ Văn Bách	PGS.TS Nguyễn Như Trung
	GS.TS Võ Trọng Hùng	TS Đào Duy Anh
	GS.TS Võ Chí Mỹ	TS Nguyễn Xuân Anh
	GS.TS Trần Văn Trị	ThS Phạm Văn Chính
	PGS.TS Đoàn Văn Cánh	ThS Phạm Chân Chính
	PGS.TS Đỗ Cảnh Dương	TS Trần Quốc Cường
	PGS.TS Phùng Mạnh Đắc	TS Nguyễn Đại Đồng
	PGS.TS Nguyễn Quang Minh	TS Trịnh Hải Sơn
	PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo	TS Lê Ái Thụ
	PGS.TS Tạ Đức Thịnh	TS Phạm Quốc Tuấn

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban:	GS.TS Trần Thanh Hải	
Phó trưởng ban	PGS.TS Nguyễn Quang Minh	
Ủy viên:	PGS.TS Vũ Đình Hiếu	TS Lê Quang Duyên
	PGS.TSKH Hà Minh Hòa	TS Bùi Văn Đức
	PGS.TS Lê Văn Hưng	TS Nguyễn Hoàng
	PGS.TS Nguyễn Quang Luật	TS Phùng Quốc Huy
	PGS.TS Phạm Xuân Núi	TS Nguyễn Thạc Khánh
	PGS.TS Khổng Cao Phong	TS Nguyễn Quốc Phi
	PGS.TS Nguyễn Hoàng Sơn	TS Vũ Minh Ngạn
	PGS.TS Lê Công Thành	TS Phí Trường Thành
	PGS.TS Ngô Xuân Thành	TS Dương Thành Trung
	TS Lê Hồng Anh	

LỜI NÓI ĐẦU

Được phép của Bộ Giáo dục và Đào tạo và sự ủng hộ rộng rãi của các tổ chức khoa học và công nghệ trên toàn quốc, Hội nghị Toàn quốc “Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERSD 2018” được tổ chức tại Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG) với sự tham gia và phối hợp tổ chức của nhiều đơn vị quản lý, nghiên cứu khoa học, đào tạo và sản xuất có uy tín gồm Trường Đại học Mở - Địa chất, Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Hội Cơ học đá Việt Nam, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam, Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam, Hội Công nghệ khoan - Khai thác Việt Nam, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam, Viện Địa chất thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Địa chất và Địa vật lý biển thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - VINACOMIN, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, và Viện Vật lý địa cầu thuộc Viện Hàn lâm KHCN Việt Nam. Hội nghị nhằm tạo một diễn đàn để các nhà khoa học, chuyên gia và các nhà quản lý giới thiệu những kết quả nghiên cứu khoa học mới, trao đổi thông tin, thảo luận và đề xuất các ý tưởng, hướng nghiên cứu mới, nhằm nâng cao chất lượng công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, hướng tới hội nhập quốc tế và phát triển bền vững đối với Khoa học Trái đất và Tài nguyên thiên nhiên và nhiều lĩnh vực khoa học khác có liên quan như Cơ - Điện, Công nghệ Thông tin, Xây dựng,...

Trong quá trình tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức Hội nghị đã nhận được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học, nhà quản lý trong và ngoài nước, trong đó có hơn 300 báo cáo và tóm tắt báo cáo khoa học được gửi tới Ban biên tập. Trên cơ sở đó, Ban Biên tập đã tuyển chọn được 234 báo cáo có chất lượng, phản ánh những kết quả nghiên cứu khoa học công nghệ mới nhất thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau liên quan tới các chủ đề của Hội nghị. Các thông tin khoa học mới được trình bày tại Hội nghị được đăng trong Tuyển tập tóm tắt các báo cáo và Tuyển tập các báo cáo toàn văn của Hội nghị, trong đó toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được ghi trong đĩa CD. Riêng tuyển tập báo cáo toàn văn được in thành 16 tập, mỗi tập ứng với một chủ đề khoa học sau:

1. Địa chất và Tài nguyên địa chất
2. Địa chất công trình - Địa chất thủy văn
3. Công nghệ kỹ thuật mới trong xử lý môi trường
4. Quản lý Tài nguyên và Môi trường
5. Sinh thái môi trường và Phát triển bền vững
6. Những tiến bộ trong Khai thác mỏ
7. Những tiến bộ trong Tuyển khoáng
8. Những tiến bộ trong Xây dựng công trình ngầm
9. Những tiến bộ trong Vật liệu và Kết cấu xây dựng
10. Kỹ thuật Dầu khí tích hợp
11. Trắc địa cao cấp và Quan trắc địa động lực
12. Công nghệ viễn thám và dữ liệu không gian
13. Công nghệ thông tin và ứng dụng
14. Kỹ thuật Điện và Điện tử
15. Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa
16. Kỹ thuật Cơ khí và Động lực

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai và chủ trì Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác và góp phần quan trọng vào sự thành công của Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học đã đóng góp các công trình khoa học cho Hội nghị và đặc biệt là các chuyên gia đã tham gia biên tập để nâng cao chất lượng của báo cáo khoa học.

Mặc dù đã cố gắng biên tập để đảm bảo chất lượng của các báo cáo khoa học nhưng không thể tránh khỏi các lỗi kỹ thuật trong các báo cáo, rất mong nhận được sự cảm thông của tác giả báo cáo và bạn đọc. Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc tổ chức và biên tập, xuất bản các kết quả khoa học của Hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo và góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của các hoạt động nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan

THAY MẶT BAN TỔ CHỨC

MỤC LỤC

TIỂU BAN

KỸ THUẬT CƠ KHÍ VÀ ĐỘNG LỰC

Tính toán mô phỏng dòng chảy hai pha rắn - lỏng trong bơm ly tâm <i>Bùi Minh Hoàng, Nguyễn Duy Chính</i>	1
Nghiên cứu cơ cấu bắt băng khi bị đứt dùng cho băng tải nghiêng làm việc trong các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh <i>Trần Việt Linh, Nguyễn Văn Xô, Nguyễn Thế Hoàng, Lê Thị Hồng Thắng</i>	7
Nâng cao hiệu quả quá trình chất than lên máng cào bằng tang máy khâu <i>Nguyễn Khắc Linh, Phạm Văn Tiến, Đoàn Văn Giáp</i>	13
Numerical Analysis of Friction Factor in Perforated and Slotted Horizontal Filters used to dewater Opencast Mines <i>Phạm Đức Thiên, Trần Đức Huân</i>	18
Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam <i>Phạm Văn Tiến, Đoàn Văn Giáp, Nguyễn Khắc Linh</i>	24
Nghiên cứu mô hình hoá quá trình đưa không khí vào buồng bánh công tác, nhằm làm giảm lực hướng tâm tác động lên rôto máy bơm – tuabin thủy lực thuận nghịch hai chiều <i>Nguyễn Minh Tuấn, Nguyễn Văn Bầy, Nguyễn Thị Nhớ</i>	29
Thiết lập phương trình động lực học của máng cào <i>Nguyễn Văn Xô</i>	34
Phân tích chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc <i>Nguyễn Văn Xô, Phạm Đức Thiên</i>	39
Nghiên cứu động học, động lực học và tham số công nghệ để nâng cao khả năng làm việc của máy sàng rung thẳng <i>Nguyễn Văn Xô</i>	44

TIỂU BAN

KỸ THUẬT ĐIỆN VÀ ĐIỆN TỬ

Hệ thống giám sát thể trạng người không dây Wireless Body Area Networks <i>Tống Ngọc Anh</i>	49
Đánh giá và đề xuất giải pháp giảm tổn thất điện năng lưới điện 6kV Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin <i>Hồ Việt Bun, Nguyễn Thị Bích Hậu</i>	55
Đánh giá hiệu suất của hệ thống truyền tải năng lượng điện không dây trường gần bằng công cụ mô phỏng số <i>Nguyễn Trường Giang, Nguyễn Tiến Sỹ, Hà Thị Chúc</i>	62
Thuật toán trung bình bình phương nhỏ nhất (LMS) trong các bộ chuyển đổi tương tự số(adc) thích nghi nhằm giảm sai số	

Cung Quang Khang	67
Điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha theo trị số điện trở ước lượng của mạch stator Nguyễn Thạc Khánh	73
Nghiên cứu, đề xuất yêu cầu đối với role bảo vệ cắt nhanh để đảm bảo nguồn máy phát phân tán làm việc ổn định khi xảy ra ngắn mạch ba pha trên lưới Phạm Trung Sơn, Nguyễn Đình Tiến	80
Một phương pháp dự đoán nhiễu điện từ (EMI-Electromagnetic Interference) cho các bộ nguồn chuyển mạch SMPS Nguyễn Tiến Sỹ, Nguyễn Trường Giang, Hà Thị Chúc	86
Tác động ảnh hưởng và biện pháp khắc phục các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp công nghiệp mỏ Phạm Trung Sơn, Nguyễn Đình Tiến	93
Khảo sát và đề xuất một số giải pháp hạn chế sóng hài của thiết bị điện tử công suất trong lưới điện 380V các dây chuyên sàng tuyển Lê Xuân Thành	98
Giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên Đinh Văn Thắng	105
Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến hiệu quả làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha Đỗ Như Ý	109

TIỂU BAN KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

Ứng dụng Matlab để nghiên cứu và phân tích phổ tần số rung động cho máy khoan xoay cầu CBIII-250T trong công nghiệp khai thác mỏ Đặng Văn Chí, Lê Ngọc Dũng	115
Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC 3 trục cỡ nhỏ Đặng Văn Chí, Nguyễn Thế Lực	121
Tổng quan về sự phát triển và ảnh hưởng của kỹ thuật điều khiển tới hiệu quả nổ mìn Đào Hiếu	127
Decision support system for small hydropower systems Nguyen Duc Khoat, Ha Van Thuy	133
Chuyển đổi giữa góc tính toán và góc điều khiển của Robot Công nghiệp Nguyễn Đức Khoát, Phạm Minh Hải	137
Điều khiển phối hợp dựa trên tín hiệu DC bus cho hệ DC Microgrid Phạm Thị Thanh Loan	142
Mô phỏng điều khiển kích từ máy phát cho hệ truyền động điện máy xúc EKG bằng chỉnh lưu Thyristor Khổng Cao Phong, Lưu Hồng Quân	148
Nghiên cứu chế tạo nguyên mẫu thiết bị thử nổ phá hủy bằng xung điện	

Khổng Cao Phong, Đào Hiếu	156
Hệ thống quan trắc nước thải công nghiệp tự động trên nền tảng IoT	
Vũ Thị Quyên, Phạm Ngọc Minh, Đặng Mạnh Chính, Vũ Tiên Sinh, Trần Vĩnh Phú	162
Nghiên cứu nâng cao chất lượng hệ thống tự động điều chỉnh có kết hợp thuật toán tác động nhanh, bộ điều khiển PID và mô-đun điều chỉnh tự động dành cho đối tượng điều khiển nhiệt	
Nguyễn Chí Tình, Kuzishchin Viktor Fedorovich, Merzlikina Elena Igorevna, Hoàng Văn Va, Võ Thị Cẩm Thùy	168
Nghiên cứu, chế tạo bộ xử lý tín hiệu số cho cổng dò kim loại trên công nghệ FPGA trong hệ thống mạng kiểm soát an ninh có điều khiển, giám sát từ xa	
Nguyễn Trung Trực, Trương Xuân Thắng, Hoàng Anh Điệp	174
Giám sát các thông số cho trạm bơm thoát nước trong công nghiệp Mỏ	
Uông Quang Tuyền, Phạm Minh Hải	180

Tính toán mô phỏng dòng chảy hai pha rắn – lỏng trong bơm ly tâm

Bùi Minh Hoàng^{1,*}, Nguyễn Duy Chính¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Dòng chảy hai pha rắn-lỏng trong bơm ly tâm rất phức tạp, phương pháp tính toán thiết kế thủy lực cho bơm ly tâm hai pha vẫn còn nhiều điểm chưa được làm sáng tỏ. Có hai vấn đề chính cần lưu ý của bơm ly tâm hai pha rắn-lỏng là hiệu suất thấp và mài mòn nghiêm trọng. Trong bài báo này nhóm tác giả nghiên cứu, dòng chảy hai pha rắn-lỏng, chuyển động dừng, không nén, trong bơm ly tâm với số vòng quay đặc trưng thấp bằng phương pháp số. Được phân tích bằng cách sử dụng mô hình rối RKE, $k-\varepsilon$, trong đó ảnh hưởng của nồng độ thể tích pha rắn đến hiệu suất của bơm được nghiên cứu một cách chi tiết. Các kết quả mô phỏng cho thấy rằng các đặc tính pha rắn trong dòng chảy hai pha, đặc biệt là nồng độ phần trăm pha rắn trong hỗn hợp, đường kính trung bình của hạt rắn có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của bơm. Cột áp và hiệu suất của bơm giảm khi đường kính hoặc phần trăm pha rắn tăng. Mất hút của cánh bánh công tác bị mài mòn nghiêm trọng hơn nhiều so với mặt đáy. Kết quả thu được sơ bộ cho thấy các đặc tính của dòng chảy hai pha rắn lỏng trong bơm ly tâm, giúp ích cho việc cải tiến và điều chỉnh thực nghiệm trong tính toán thiết kế thủy lực bơm ly tâm.

Từ khóa: Dòng hai pha; xi than; bơm hai pha.

1. Đặt vấn đề

Bơm ly tâm được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống vận chuyển bùn và có chi phí tiết kiệm hơn vận chuyển bằng xe tải hoặc băng tải. Vận chuyển hỗn hợp bùn bằng bơm ly tâm thường được dùng để nạo vét kênh dẫn nước, san lấp mặt bằng cho mục đích xây dựng, khai thác mỏ, vận tải tro xỉ trong các nhà máy nhiệt điện,... Hiệu suất hoạt động của bơm ly tâm sử dụng trong vận chuyển bùn phụ thuộc lớn vào việc thiết kế bơm và các đặc tính của hỗn hợp hai pha mà bơm vận chuyển. Nghiên cứu một cách bài bản có hệ thống dòng chảy hai pha lỏng rắn trong bơm và ảnh hưởng của kích thước hạt rắn đến tính chất dòng chảy là cơ sở quan trọng để thiết kế và nâng cao hiệu suất hoạt động của bơm trong hệ thống vận chuyển dòng hai pha.

Nghiên cứu, phân tích dòng chảy hai pha trong bài toán thực tế chủ yếu được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp số (CFD). Trong phương pháp số các hạt rắn trong hỗn hợp thường được coi như một môi trường giả chất lỏng, quỹ đạo chuyển động của các hạt tìm được bằng cách giải phương trình đặc trưng của mô hình dòng chảy nhiều pha (CAI Baoyuan, 1984). Phương pháp này đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều bài toán kỹ thuật do độ chính xác cao, chi phí thấp của nó trong tính toán phân tích dòng chảy nhiều pha. Tính toán mô phỏng dòng chảy nhiều pha có thể dễ dàng thực hiện nhờ sử dụng các phần mềm CFD thương mại có sẵn. Điều này được thể hiện rõ ràng trong các bài báo nghiên cứu về dòng hai pha chất lỏng rắn trong máy cánh dẫn (Medvitz R. B., Kunz R. F., Boger D. A., Pauley L. L, 2002; Liu J., Li Z., Wang L., Jiao L., 2011), các bài báo đó có đóng góp đáng kể vào việc thiết kế hiệu quả hơn bơm hai pha rắn lỏng. Tuy nhiên, trong phương pháp CFD cũng có những hạn chế nhất định do sự xấp xỉ gần đúng của hạt rắn, và sự không liên tục trong quá trình chuyển động của các hạt rắn. Ảnh hưởng của đặc tính của hạt như vật liệu, hình dạng và kích thước không thể được tính toán chính xác bằng cách sử dụng phương pháp.

2. Mô hình và phương pháp tính toán

2.1. Công cụ và phương pháp mô hình mô phỏng

Nghiên cứu sử dụng phần mềm Ansys-Fluent (ANSYS, 2009) cho mô phỏng dòng chảy hai pha lỏng-rắn trong bơm ly tâm. Mô phỏng dòng nhiều pha được thực hiện theo mô hình mô hình DDPM (Dense Discrete Phase Model) cho dòng nhiều pha nồng độ cao. Mô hình DDPM dựa trên phương pháp Euler-Lagrange cho dòng nhiều pha được cải tiến từ mô hình DPM (Discrete Phase Model).

* Tác giả liên hệ

Email: buiminhhong@humg.edu.vn

Dạng tổng quát của các phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng được cho bởi các phương trình (1) và (2) dưới đây:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = S_{DPM} + S_{other} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \vec{\tau} + \rho \cdot \vec{g} + \vec{F}_{DPM} + \vec{F}_{other} \quad (2)$$

trong đó:

ρ - mật độ;

\vec{v} - véc tơ vận tốc;

S_{DPM} - khối lượng được thêm vào pha liên tục từ pha phân tán;

S_{other} - khối lượng thêm vào khác;

p - áp suất;

$\vec{\tau}$ - ứng suất;

\vec{g} - véc tơ lực trọng trường;

\vec{F}_{DPM} - lực tác dụng lên pha liên tục từ pha phân tán;

\vec{F}_{other} - lực khác.

Đơn vị: sử dụng hệ thống đơn vị chuẩn quốc tế SI

Mô hình DPM chỉ phù hợp với các bài toán có nồng độ pha rắn nhỏ hơn 10%. Để vượt qua giới hạn này của mô hình DPM, trong mô hình DDPM, tỷ phần thể tích của các pha riêng biệt được tính đến bằng cách mở rộng phương trình (1) và (2) tới hệ các phương trình được viết cho từng pha p như sau:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_p \rho_p) + \nabla \cdot (\alpha_p \rho_p \vec{v}_p) = \sum_{q=1}^{npha} (\dot{m}_{qp} - \dot{m}_{pq}) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_p \rho_p \vec{v}_p) + \nabla \cdot (\alpha_p \rho_p \vec{v}_p \vec{v}_p) = & -\alpha_p \nabla p + \nabla \cdot [\alpha_p \mu_p (\nabla \vec{v}_p + \nabla \vec{v}_p^T)] + \alpha_p \rho_p \vec{g} + \vec{F}_{vm, lift, user} \\ & + \sum_{q=1}^{npha} (\vec{K}_{qp} (\vec{v}_q - \vec{v}_p) + \dot{m}_{qp} \vec{v}_{qp} - \dot{m}_{pq} \vec{v}_{pq}) + K_{DPM} (\vec{v}_{DPM} - \vec{v}_p) + S_{DPM, other} \end{aligned} \quad (4)$$

trong đó:

α - tỷ phần pha;

μ_q - độ nhớt của pha q ;

p, q - các chỉ số dưới, để chỉ các pha khác nhau;

\dot{m}_{qp} - đặc trưng cho tốc độ chuyển khối lượng từ pha q sang pha p ;

\dot{m}_{pq} - đặc trưng cho tốc độ chuyển khối lượng từ pha p sang pha q ;

K - hệ số trao đổi động lượng giữa các pha;

$\vec{F}_{vm, lift, user}$ - hợp lực của trọng lực ảo, lực nâng và ngoại lực;

\vec{v}_{pq} - vận tốc tương đối giữa các pha;

$S_{DPM, other}$ - tổng khối lượng được thêm vào pha liên tục từ pha phân tán;

Các số hạng trao đổi động lượng (ký hiệu DPM) được tính đến chỉ với các phương trình cho pha chính.

2.2. Mô hình tính toán

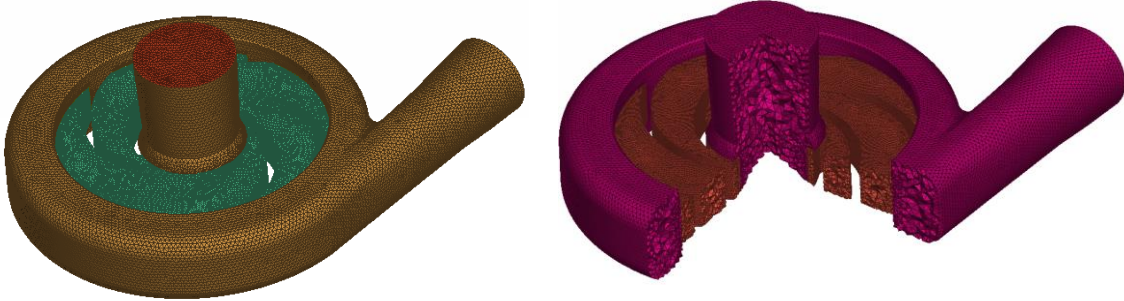
Mô hình tính toán là bơm ly tâm một cấp với các thông số thiết kế như sau: Lưu lượng $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$, cột áp $H = 54 \text{ mH}_2\text{O}$, và tốc độ quay $n = 1450 \text{ v/phút}$. Các thông số hình học chính được thể hiện trong Bảng 1, cánh bánh công tác có dạng cánh trụ (Bùi Minh Hoàng, Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Duy Chính, 2017):

Bảng 1. Các thông số cơ bản của bơm mô hình

Đường kính mép vào bánh công tác D1 (mm)	Đường kính mép ra bánh công tác D2 (mm)	Chiều rộng máng dẫn của bánh công tác tại cửa vào b1 (mm)	Chiều dày lá cánh δ (mm)
140	400	60	15
Góc đặt cánh mép vào β_1	Góc đặt cánh mép ra β_2	Chiều rộng máng dẫn của bánh công tác tại cửa ra b2 (mm)	Số lá cánh Z
28	34	60	5

2.3. Chia lưới miền không gian tính toán

Phần không gian khảo sát bao gồm phần tĩnh và phần không gian động, trong bài báo này miền không gian khảo sát được mô hình hóa bằng lưới tứ diện không cấu trúc. Để tính hiệu suất của bơm, số lượng lưới dùng trong các tính toán là 1.300.118. Số lưới không đủ lớn để mô phỏng dòng chảy trong lớp biên, nhưng nó có thể được sử dụng để dự đoán tương đối chính xác hiệu suất của bơm ở bên ngoài lớp biên và bắt được các hiện tượng cơ bản của dòng chảy.



Hình 1. Miền không gian sau khi chia lưới

2.4. Phương pháp tính

Mô phỏng rối được thực hiện theo mô hình RKE (Realizable $k - \varepsilon$). Quá trình tính toán, mô phỏng dòng chảy được lặp lại cho đến khi hội tụ với một bước thời gian nhất định ($t=10^{-3}s$). Các mô phỏng xác định vị trí tức thời, biến thiên vận tốc mỗi hạt rắn.

2.5. Điều kiện tính toán

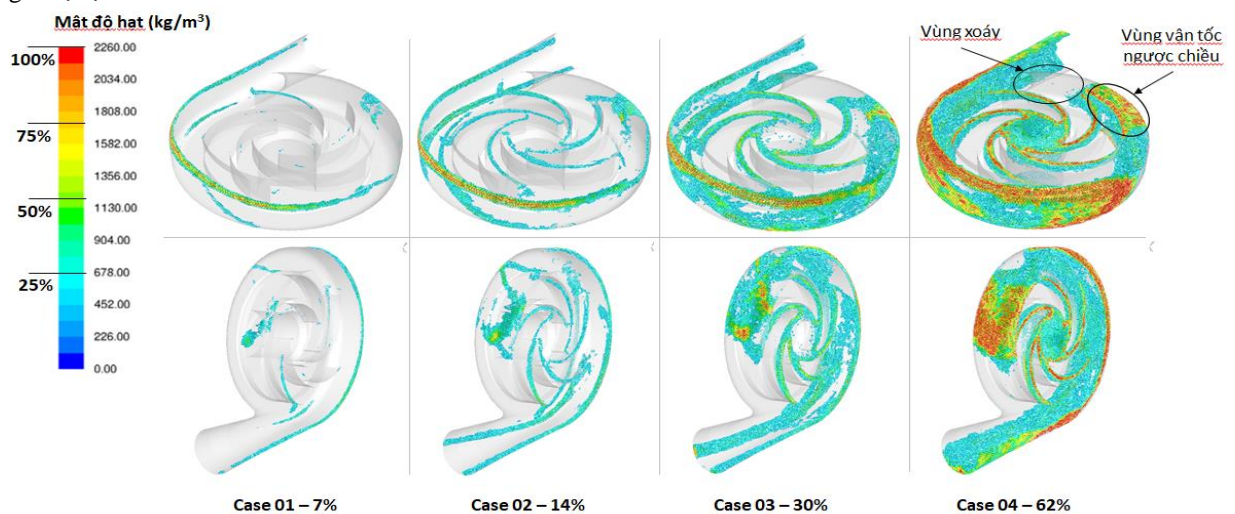
Các điều kiện tính toán sau đây nhằm khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố của pha rắn đến đặc tính của bơm gồm:

- Để khảo sát ảnh hưởng của đường kính hạt, các trường hợp mô phỏng được thực hiện với đường kính hạt lần lượt là 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm với phần trăm pha rắn là 33% và khối lượng riêng 2260 kg/m³ (Vũ Thành Lâm, Lê Đức Nguyên, Phạm Trung Nguyên, Dương Đức Hải, 2016);
- Để khảo sát ảnh hưởng của nồng độ thể tích pha rắn, các trường hợp mô phỏng được thực hiện khi nồng độ phần trăm pha rắn lần lượt là 7%, 14%, 30%, 62%, giả sử rằng đường kính là 2 mm và khối lượng riêng là 2260 kg/m³;

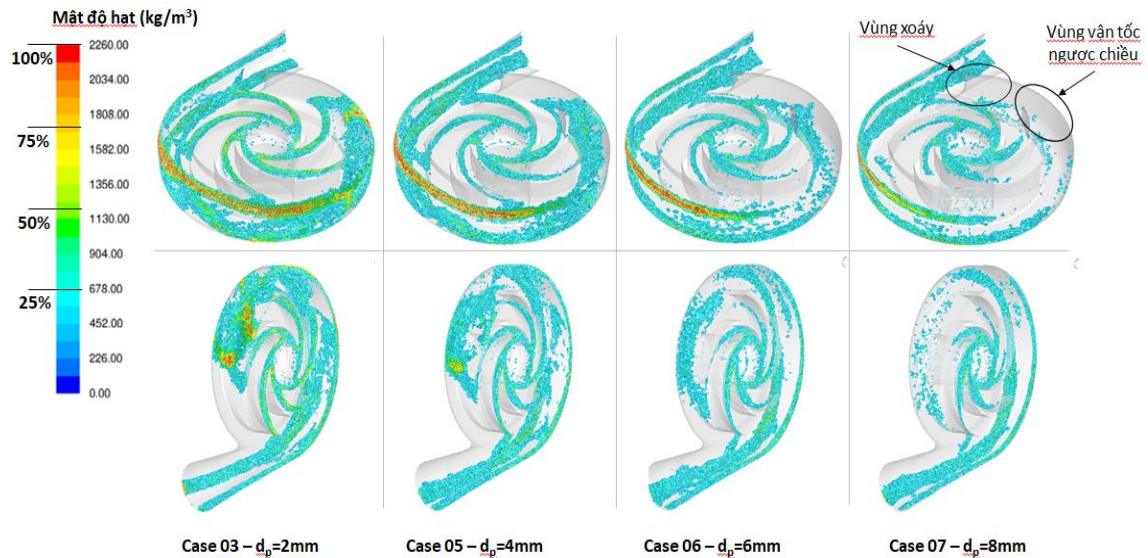
3. Phân tích kết quả

3.2 Ảnh hưởng của các đặc tính hạt tới quỹ đạo chuyển động pha rắn trong bơm

Hình 2 cho thấy các kết quả mô phỏng số phù hợp với kết quả thực nghiệm. Các giá trị cột áp được tính toán bằng mô phỏng số nhỏ hơn các giá trị thực nghiệm khi lưu lượng dòng chảy hoạt động thấp hơn giá trị định mức.



Hình 2. Ảnh hưởng nồng độ tới phân bố hạt trong buồng xoắn bánh công tác

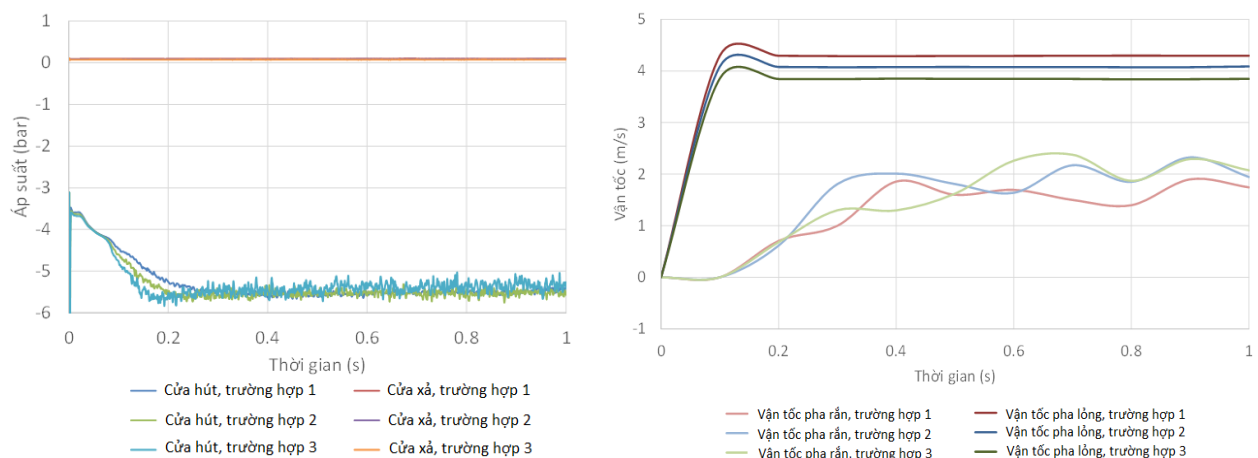


Hình 3. Ảnh hưởng kích hạt tới phân bố hạt trong buồng xoắn bánh công tác

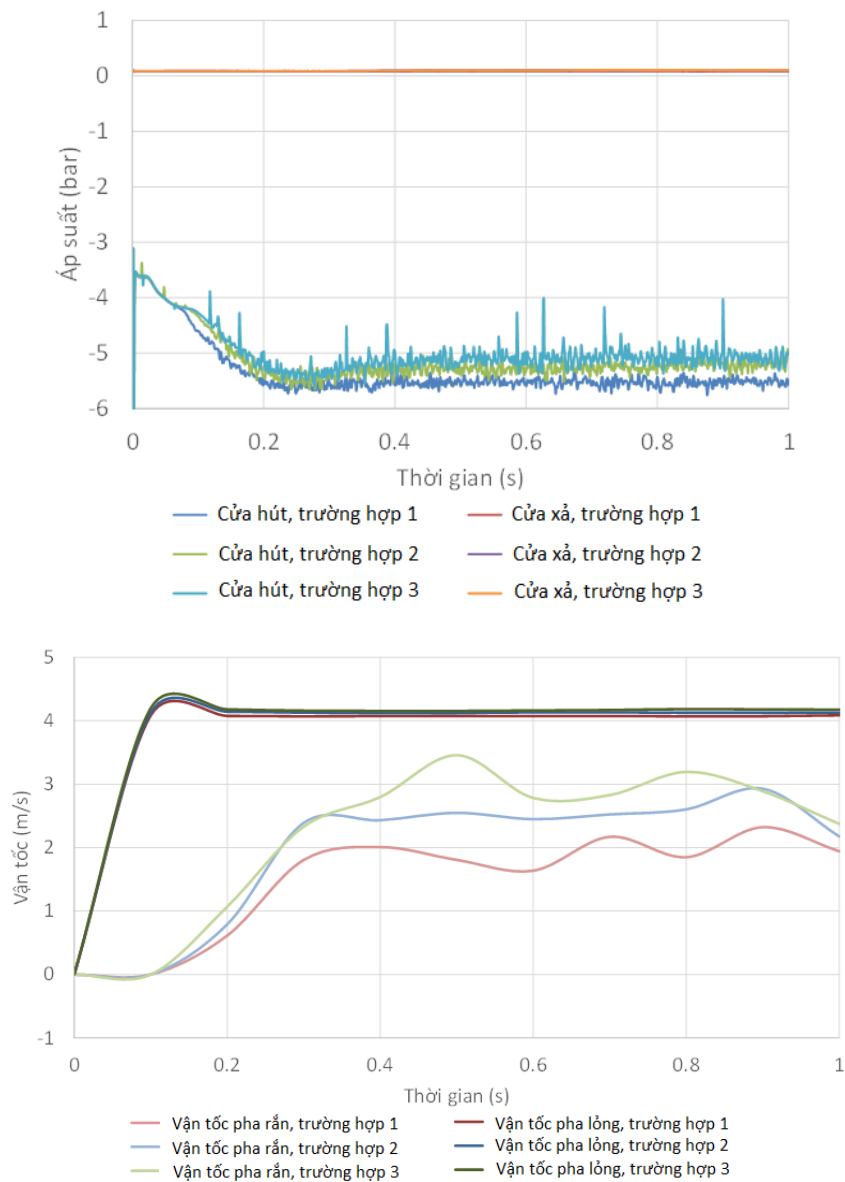
Hình 2 và Hình 3 cho thấy phân bố và quỹ đạo của các hạt rắn bên trong bơm trong những thời điểm khác nhau trong quá trình mô phỏng. Các phần tính toán của ống hút và ống đẩy được bỏ qua để thể hiện rõ ràng sự phân bố của các hạt rắn xung quanh các cánh của bánh công tác và vỏ bơm. Phân bố của các hạt rõ ràng cho thấy phần trăm khối lượng pha rắn trong hỗn hợp tăng dần trong khoảng thời gian $t \leq 0,2s$. Sau đó, các hạt rắn có xu hướng phân bố đồng đều hơn trong phần ống hút của bơm, và đi vào cánh bánh công tác dọc theo các mặt đáy của cánh bánh công tác. Từ các hình ảnh minh họa trên có thể thấy các hạt có khuynh hướng duy trì quỹ đạo ổn định trong suốt dòng chảy theo hướng tiếp tuyến với biên dạng cánh của bánh công tác. Các hạt cũng có khuynh hướng lắng đọng dọc theo tường ngoài của buồng xoắn và di chuyển xuôi xuống đầu ra. Nhìn chung, quỹ đạo của hạt không có sự sai lệch nhiều giữa các trường hợp được khảo sát.

3.3 Ảnh hưởng của các đặc tính của hạt tới tổn thất áp suất đầu ra của bơm

Ảnh hưởng của đặc tính của hạt đối với vận tốc và áp suất tổng tại đầu vào bánh công tác ở phần trung tâm được thể hiện trong hình vẽ. Hình 4,5 cho thấy sự phân bố của vận tốc tuyệt đối và áp suất tổng là rất giống nhau trong các trường hợp mô phỏng. Cả hai đều có các đặc điểm dao động có chu kỳ xấp xỉ nhau do sự bố trí hình học của cánh bánh công tác và đặt cực đại tại mép thoát của cánh bánh công tác. Trong khi đó, cả hai đều không đối xứng do ảnh hưởng của hình dáng cánh bánh công tác, và đạt giá trị cực tiểu gần đầu vào cánh bánh công tác, từ đó có thể kết luận rằng biên dạng cánh bánh công tác đóng một vai trò quan trọng với dòng chảy bên trong bánh công tác.



Hình 4. Ảnh hưởng nồng độ hạt đến phân bố áp suất và vận tốc trong bơm
(Kết quả áp suất của bơm sinh ra ứng với nồng độ 7% là 5.61 bar, nồng độ 14% là 5.58 bar và nồng độ 30% là 5.45bar)



Hình 5. Ảnh hưởng kích thước của hạt đến phân bố áp suất và vận tốc trong bơm
(Kết quả áp suất của bơm sinh ra ứng với đường kính hạt 2mm là 5.41 bar,
4mm là 5.25 bar và 6mm là 5.08 bar)

Hình 4 và Hình 5 cho thấy vận tốc tuyệt đối của pha rắn có xu hướng tăng khi nồng độ hạt tăng. Ngược lại, áp suất tổng giảm khi nồng độ tăng.

4. Kết luận và trao đổi

Dựa trên kết quả mô phỏng, nghiên cứu đưa ra một số nhận xét sau:

- Nồng độ hạt, đường kính hạt là những thông số rất quan trọng ảnh hưởng đến hiệu suất thủy lực của bơm ly tâm vận chuyển hỗn hợp hai pha rắn lỏng.
- Cả cột áp và hiệu suất bơm giảm với sự gia tăng của đường kính hạt hoặc nồng độ phần trăm pha rắn.
- Cấu trúc dòng chảy thay đổi là tính năng rõ ràng nhất ở đuôi cánh bánh công tác, và nó trở nên rõ ràng hơn khi nồng độ phần trăm pha rắn trong hỗn hợp tăng lên.
- Bánh công tác là phần chính bị mài mòn khi bơm vận chuyển dòng hai pha rắn, lỏng. Các mặt hút của cánh bánh công tác bị mài mòn nghiêm trọng và các mặt đẩy chịu bị mài mòn nhẹ chủ yếu ở vùng đuôi.

Cần mở rộng khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố trên tới hiệu suất, độ mòn hỏng tại bánh công tác, ... để tối ưu hóa thiết kế bơm ly tâm vận tải dòng hỗn hợp hai pha rắn – lỏng.

Tài liệu tham khảo

- ANSYS, Inc. (2009), Ansys Fluent 12.9 – Theore Guide.
- Bùi Minh Hoàng, Nguyễn Thế Mịch, Nguyễn Duy Chính. *Mô phỏng số cho dòng hai pha rắn - lỏng trong bơm ly tâm bằng mô hình DDPM*. Tập 3 - Cơ học Thủy khí, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Hà Nội, 12/2017.
- CAI Baoyuan. *Theory and design of two-phase flow centrifugal pump[J]*, Kexue Tongbao, 1984, 29: 407-414.
- Liu J., Li Z., Wang L., Jiao L. (2011), *Numerical simulation of the transient flow in a radial flow pump during stopping period*, ASME Journal of Fluids Engineering, 133: 101-111.
- Medvitz R. B., Kunz R. F., Boger D. A., Pauley L. L. (2002), *Performance analysis of cavitating flow in centrifugal pumps using multiphase CFD*, ASME Journal of Fluids Engineering, 124: 377-383.
- Vũ Thành Lâm, Lê Đức Nguyên, Phạm Trung Nguyên, Dương Đức Hải, 2016. *Nghiên cứu lựa chọn vật liệu chèn lò tro, xỉ nhà máy nhiệt điện, đá thải và bã sàng làm vật liệu chèn lò trong các mỏ than hầm lò thuộc TKV*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị KHKT Mỏ toàn quốc lần thứ XXV.

ABSTRACT

Numerical Simulation and Analysis of Solid-Liquid Flow in Centrifugal Pump

Hoang Bui Minh¹, Chinh Nguyen Duy¹
¹ Hanoi University of Mining and Geology

The flow with solid-liquid two-phase media inside centrifugal pumps is very complicated and the relevant method for the hydraulic design is still immature so far. There exist two main problems in the operation of the two-phase flow pumps, i.e., low overall efficiency and severe abrasion. In this study, the three-dimensional, steady, incompressible, and turbulent solid-liquid two-phase flows in a low-specific-speed centrifugal pump are numerically simulated and analyzed by using a computational fluid dynamics (CFD) code based on the mixture model of the two-phase flow and the RKE k- ϵ two-equation turbulence model. The simulation results predicted indicate that the solid phase properties in two-phase flow, especially the concentration, the particle diameter, have strong effects on the hydraulic performance of the pump. Both the pump head and the efficiency are reduced with increasing particle diameter or concentration. However, the effect of particle density on the performance is relatively minor. An obvious jet-wake flow structure is presented near the volute tongue and becomes more remarkable with increasing solid phase concentration. The suction side of the blade is subject to much more severe abrasion than the pressure side. The obtained results preliminarily reveal the characteristics of solid-liquid two-phase flow in the centrifugal pump, and are helpful for improvement and empirical correction in the hydraulic design of centrifugal pumps.

Keywords: Two-phase flow; coal ash; two-phase flow pump

Nghiên cứu cơ cấu bắt băng khi bị đứt dùng cho băng tải nghiêng làm việc trong các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh

Trần Việt Linh^{1,*}, Nguyễn Văn Xô¹, Nguyễn Thế Hoàng¹, Lê Thị Hồng Thắm¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Băng tải là thiết bị vận tải liên tục được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là trong ngành công nghiệp mỏ. Do yêu cầu sản xuất, quy mô sử dụng băng tải ngày càng tăng, trong quá trình làm việc do nhiều nguyên nhân dẫn đến đứt băng gây mất an toàn cho người và thiết bị. Bài báo đề cập đến cơ cấu bắt dây băng khi băng tải bị đứt, đưa ra phương pháp tính toán các thông số làm việc và kết cấu của cơ cấu bắt băng cho băng tải khi bị đứt trong các điều kiện khác nhau.

Keywords: conveyor belt arrestor; conveyor belt arrester; belt's catching

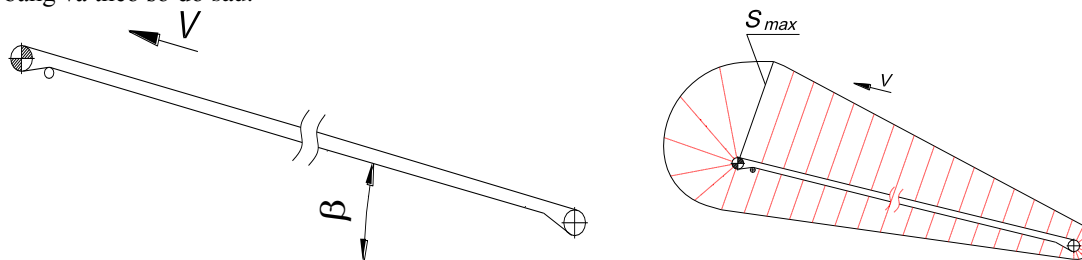
1. Đặt vấn đề

Băng tải là một thiết bị vận tải liên tục, dùng để chở đất đá, khoáng sản, vật liệu xây dựng,...; nó được sử dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như xây dựng, luyện kim, xi măng, hóa chất, thực phẩm, nông nghiệp,... và đặc biệt là trong ngành công nghiệp mỏ. Nhờ vào hiệu quả làm việc rất cao mà số lượng băng tải được sử dụng trong ngành khai thác than ở Việt Nam tăng lên đáng kể trong những năm gần đây. Trong quá trình làm việc, do nhiều nguyên nhân khác nhau băng có thể trượt ngang, lệch tâm băng,... dẫn đến rách băng, đứt băng. Hiện tượng đứt băng từ lâu là vấn đề gặp phải không ít trên Thế giới, để giữ được tấm băng trong trường hợp băng đứt đột ngột khi đang làm việc là rất cần thiết, tuy nhiên hiện chưa có nhiều thiết bị, giải pháp giải quyết vấn đề này. Cho đến nay ở nước ta việc nghiên cứu cơ cấu bắt băng chưa được đầy đủ. Vì vậy bài báo đã đưa ra đề xuất kết cấu bắt băng hợp lý, xác định các thông số làm việc của nó đảm bảo cho băng tải làm việc ổn định, an toàn và hiệu quả.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Phương trình chuyển động của băng tải khi bị đứt

Hiện nay ở các mỏ than hầm lò tại Việt Nam, phần lớn các hệ thống băng tải có độ dốc $> 10^\circ$ với năng suất lớn là những hệ thống băng tải vận tải than qua các giếng nghiêng chính, với chiều dài từ $500 \div 1500$ m. Qua khảo sát, phần lớn các tuyến vận tải tại các giếng nghiêng chính đều có trạm dẫn động đặt tại đầu băng và theo sơ đồ sau:



Hình 1. Sơ đồ dẫn động băng tải

Từ sơ đồ dẫn động và biểu đồ sức căng băng ở hình 1 có thể thấy, khu vực có sức căng lớn nhất tập trung gần vị trí tang dẫn động (đầu băng), chính vì thế có thể xác định được khu vực nguy hiểm nhất có thể xảy ra hiện tượng đứt băng trong quá trình làm việc nhằm mục đích bố trí các cơ cấu bắt băng tại khu vực này (Trần Việt Linh, 2015).

Phương trình chuyển động của băng sau khi bị đứt dưới tác dụng của trọng lượng bản thân có thể được viết dưới dạng công thức (1).

* Tác giả liên hệ

Email: tranvietlinh@humg.edu.vn

$$m_1.a = m.g.\sin\beta - W \quad (1)$$

Trong đó:

a - gia tốc chuyển động của nhánh có tải đến thời điểm bộ phận chấp hành của cơ cấu hãm băng tác động;

$$a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

m_1 - tổng khối lượng chuyển động (khối lượng của vật liệu vận tải, băng và phần quay con lăn trên nhánh có tải);

m - khối lượng của tấm băng và vật liệu vận tải

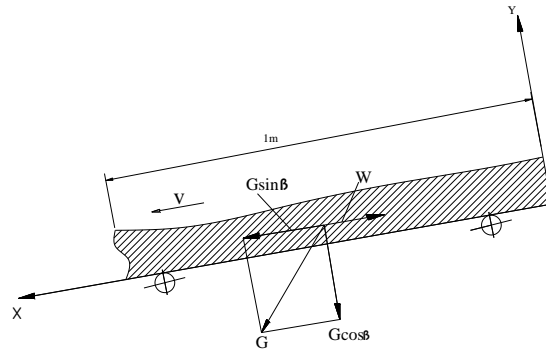
W - lực cản chuyển động của băng do con lăn tác dụng vào tấm băng (Nguyễn Văn Kháng, 2005)

$$W = L.g (q + q_b + q_l') \omega'.\cos\beta \quad (2)$$

q, q_b , q_l' - khối lượng phân bố của vật liệu vận tải, của băng và của phần quay con lăn;

ω' - hệ số sức cản chuyển động của băng trên nhánh có tải. Giá trị của nó phụ thuộc vào điều kiện làm việc, kết cấu con lăn;

L - khoảng cách từ tang dẫn hướng đến vị trí đặt cơ cấu hãm;



Hình 2. Sơ đồ tính toán khi băng tải bị đứt

Phương trình chuyển động của băng sau khi bị đứt:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = g \cdot \left(\frac{(q + q_b)}{(q + q_b + q_l')} \cdot \sin\beta - \omega'.\cos\beta \right) \quad (3)$$

Nhận xét:

+ Nếu $a \leq 0$: với gia tốc âm, lực cản chuyển động có xu hướng buộc băng chuyển động chậm dần cho đến khi dừng hẳn. Do vậy, băng có thể tự hãm mà không cần thiết phải lắp đặt cơ cấu bắt băng.

+ Nếu $a > 0$:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = g \cdot \left(\frac{(q + q_b)}{(q + q_b + q_l')} \cdot \sin\beta - \omega'.\cos\beta \right) > 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{(q + q_b)}{(q + q_b + q_l')} \cdot \sin\beta - \omega'.\cos\beta > 0$$

$$\text{hay} \quad \tan\beta > \left(\frac{q_l'}{(q + q_b)} + 1 \right) \cdot \omega' \Rightarrow \beta > \arctg \left[\left(\frac{q_l'}{(q + q_b)} + 1 \right) \cdot \omega' \right] \quad (4)$$

$$\text{Đặt} \quad \beta_0 = \arctg \left[\left(\frac{q_l'}{(q + q_b)} + 1 \right) \cdot \omega' \right]$$

Trong trường hợp này băng có xu hướng chuyển động nhanh dần với gia tốc a gây ra lực quán tính rất lớn, làm mất an toàn cho người và thiết bị. Như vậy, với những tuyến băng có góc dốc làm việc $\beta > \beta_0$ để cho băng tải làm việc ổn định và an toàn cần phải trang bị cơ cấu hãm dọc trên các tuyến băng.

* Xác định tải trọng tĩnh và tải trọng động tác dụng lên cơ cấu hãm khi băng bị đứt

Khi băng tải làm việc, xuất hiện các sức cản chuyển động do ma sát trong các ổ đỡ con lăn, sức cản lăn giữa các con lăn với tấm băng, sức cản do băng uốn quanh các tang dẫn động và dẫn hướng, uốn qua các bộ con lăn đỡ trên đoạn cong lồi, sức cản do độ dốc, sức cản tập trung... Khi đứt, băng được hãm nhờ cơ cấu bắt băng, các lực tác dụng lên 1m vật liệu bao gồm:

- Lực cản ma sát tĩnh F_{ms} giữa con lăn và băng do thành phần phân lực $G.\cos\beta$ gây ra. Giá trị của nó phụ thuộc vào điều kiện làm việc, chế độ vận hành, kết cấu con lăn (Võ Quang Phiên, 2005)

$$F_{ms} = g.(q+q_b + q_l').\omega'.\cos\beta \quad (5)$$

- Thành phần phân lực của trọng lượng vật liệu và trọng lượng băng theo phương chuyển động của băng Q_t .

$$Q_t = G.\sin\beta = g.(q+q_b).\sin\beta \quad (6)$$

- Thành phần lực quán tính xuất hiện khi dừng chuyển động của băng:

$$F_{qt} = m.a = (q+q_b).a \quad (7)$$

Trong đó:

m: khối lượng của tấm băng và vật liệu vận tải;

a - gia tốc hãm;

*** Lực phanh lớn nhất yêu cầu**

Trong trường hợp băng bị đứt thì toàn bộ khối lượng của tấm băng và vật liệu sẽ tạo 1 lực kéo, kéo tấm băng trôi ngược xuống phía dưới. Lực kẹp của phanh phải đảm bảo thắng được tổng lực kéo và xung lực xuất hiện khi dây băng bị giữ lại đột ngột. Điều kiện để hãm được băng khi đứt là $F_h \geq F_{qt} - W$

$$\Leftrightarrow F_h \geq (q+q_b).a + L.g.(q+q_b).\sin\beta - L.g.(q+q_b + q_l').\omega'.\cos\beta \quad (8)$$

2.2. Quỹ đường và thời gian hãm

Quỹ đường và thời gian hãm là hai thông số quan trọng, có ảnh hưởng quyết định đến mức độ làm việc tin cậy và an toàn của cơ cấu. Quá trình hãm được phân thành hai giai đoạn:

+ Giai đoạn đầu kể từ lúc đứt băng cho đến thời điểm phanh bắt đầu tác dụng (giai đoạn băng trôi tự do)

+ Giai đoạn thứ hai là lúc phanh bắt đầu tác dụng cho đến lúc băng dừng hẳn.

- Quỹ đường băng đi được kể từ lúc đứt đến thời điểm phanh có tác dụng (quỹ đường chuẩn bị hãm).

$$S_{cb} = v_0.t + \frac{1}{2} a.t^2 \quad (9)$$

Trong đó:

v_0 - vận tốc băng (theo đặc tính kỹ thuật);

t - thời gian tính từ lúc đứt băng đến lúc phanh có tác dụng;

a - gia tốc băng khi trôi tự do.

Để tính quỹ đường hãm băng từ lúc phanh có tác dụng đến lúc dừng hẳn, chúng ta phải xác định vận tốc băng tại thời điểm phanh có tác dụng:

$$v_d = v_0 + a.t \quad (10)$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: động năng của hệ được triệt tiêu hoàn toàn do các lực hãm của cơ cấu:

$$W_d = \sum F_h.S_h \quad (11)$$

W_d - động năng của hệ;

$$W_d = \frac{1}{2}.mv_d^2 + \frac{1}{2}.J.\omega^2 = \frac{1}{2}.L.(q+q_b + 0,5.q_l').v_d^2$$

Trong đó:

$J = \frac{1}{2}.q_l'.L.r^2$ - mô men quán tính;

r - bán kính con lăn đỡ băng;

$\omega = \frac{v_d}{r}$ - vận tốc góc của con lăn đỡ băng trên nhánh có tải;

S_h - quỹ đường hãm thực tế (từ lúc phanh có tác dụng đến khi băng dừng hẳn);

$\sum F_h$ - tổng lực hãm;

$$\sum F_h = L.g.(q+q_b + q_l').\omega'.\cos\beta + F_{hc}$$

(với F_{hc} - lực hãm của cơ cấu bắt băng)

Suy ra:

$$S_h = \frac{W_d}{\sum F_h} = \frac{L.(q+q_b + 0,5.q_l').v_d^2}{2.\sum F_h} \quad (12)$$

Quỹ đường hãm toàn bộ sẽ là $S_{tb} = S_{cb} + S_h \leq [S]$;

Căn cứ vào điều kiện an toàn sẽ xác định được quỹ đường hãm cho phép $[S]$, từ đó xác định được S_h :

$$S_h = [S] - S_{cb}$$

- Thời gian phanh tác động (coi là hãm chậm dần đều)

$$t_h = \frac{2S_h}{v_d + v_c} = \frac{2S_h}{v_d} \quad (13)$$

$v_c = 0$ – vận tốc băng đến khi dừng hẳn.

- Gia tốc hãm được xác định theo công thức sau:

$$a_h = \frac{v_d}{t_h} \quad (14)$$

Nhận xét: Như vậy 3 thông số là quãng đường hãm (S_h), thời gian hãm (t) và gia tốc hãm (a_h) có liên hệ phụ thuộc nhau. Nếu cho trước S_h sẽ xác định được gia tốc hãm, từ đó tính được lực quán tính và lực phanh hãm yêu cầu theo công thức (8), từ đó có thể tính được các thông số kết cấu của cơ cấu hãm.

3. Đề xuất áp dụng cơ cấu an toàn cho băng tải khi đứt băng

3.1. Sơ đồ nguyên lý

Cơ cấu dùng để giữ băng không cho dây băng trôi xuống phía dưới khi bị đứt cần có một số yêu cầu sau:

+ Tự động kẹp (giữ) băng nhưng không làm hỏng băng, khi kẹp băng, thời gian hãm (phanh) và quãng đường hãm phải ngắn nhất có thể đảm bảo theo đúng quy định an toàn.

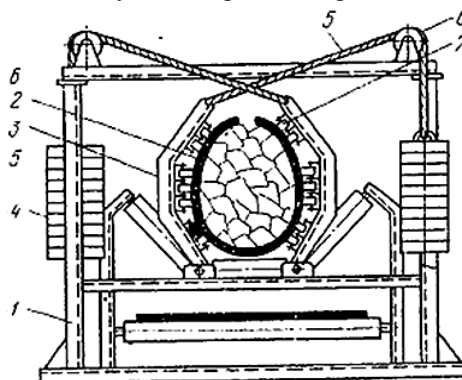
+ Không làm mòn băng khi băng làm việc bình thường và không gây ra sức cản phụ, nếu có cũng rất nhỏ có thể bỏ qua.

+ Đảm bảo hãm tin cậy khi góc nghiêng của tuyến thay đổi, không phụ thuộc vào mức độ chất tải trong điều kiện thực tế sản xuất có nhiều bụi bẩn, ẩm ướt.

Sơ đồ nguyên lý của cơ cấu bắt dây băng khi băng tải bị đứt (A. O. СПИВАКОВСКОГО, 1982) (hình 3).

Nguyên lý hoạt động:

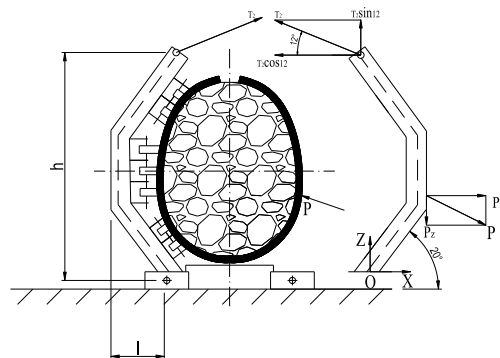
Cơ cấu bắt băng có bộ phận hãm băng bằng đối trọng có bộ phận chấp hành được lắp bản lề trên khung của tay đòn. Nó có thể di chuyển trong mặt phẳng thẳng đứng; được nối với cáp vắt qua ròng rọc, ở cuối dây cáp treo đối trọng. Khi đứt băng, đối trọng rơi xuống kéo theo tay đòn ép băng theo toàn bộ chiều rộng của tấm băng. Tác dụng hãm của cơ cấu này xuất hiện là nhờ lực cản ma sát phát sinh khi băng chuyển động theo con lăn nén bởi cánh tay đòn dạng hình cung dưới tác dụng của trọng lực.



Hình 3. Kết cấu của cơ cấu bắt băng dạng tay đòn ôm băng

1. Khung; 2. Tấm băng; 3. Tay đòn; 4. Đối trọng; 5. Cáp; 6. Ròng rọc; 7. Con lăn

Từ kết cấu hãm băng lựa chọn ở trên, ta có thể sơ đồ hóa và đặt các lực tác dụng lên tiết diện ngang của băng tải như hình 4. Từ đó đi xác định các thông số kết cấu của cơ cấu hãm băng.



Hình 4: Sơ đồ các lực tác dụng lên tay đòn ôm băng

3.2. Tính toán các thông số kết cấu

Để xác định được khối lượng đối trọng, ta dựa vào áp lực tác dụng lên toàn bộ chu vi tiết diện ngang của băng tải để tạo ra lực hãm ma sát, trên cơ sở đó xác định được lực kéo căng lớn nhất của dây cáp.

- Áp lực do lực căng của dây cáp tác dụng lên băng:

$$P = P_g + P_{dh} + P_c \quad (15)$$

Trong đó:

P_g – áp lực lên băng do trọng lượng của vật liệu và của băng;

P_{dh} – áp lực do độ đàn hồi của băng;

P_c – áp lực của cáp tác dụng lên băng;

Vì áp lực do độ đàn hồi của băng nhỏ hơn rất nhiều so với áp lực do vật liệu và do sức căng cáp gây ra nên có thể bỏ qua. Vậy công thức (15) có thể viết gần đúng dạng: $P = P_g + P_c$

Giả thiết coi vật liệu vận chuyển là vật liệu rời lý tưởng, khi đó áp lực do vật liệu gây ra trên băng như sau: Áp lực P tác dụng lên toàn bộ diện tích ω :

$$P = \int p d\omega \quad (16)$$

Áp lực P tính theo:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

Thành phần nằm ngang P_x của áp lực P (Võ Xuân Minh, 2009) xác định bởi:

$$P_x = \int_{\omega_x} dP_x = \gamma \cdot \int_{\omega_x} h \cdot d\omega_x \quad (17)$$

Trong đó:

$\omega_x = b_c \cdot h$ – hình chiếu của thành cong lên mặt phẳng thẳng đứng vuông góc với trục ox

h – chiều sâu tay đòn; m

b_c – chiều rộng thành phẳng; m

γ – trọng lượng riêng của vật liệu, N/m³;

Thành phần thẳng đứng P_z của áp lực P xác định bởi:

$$P_z = \int_{\omega_z} dP_z = \gamma \cdot \int_{\omega_z} h \cdot d\omega_z$$

Nhận thấy $\int_{\omega_z} h \cdot d\omega_z$ chính bằng thể tích của dòng vật liệu trên chiều rộng b_c . Khi hãm băng coi các lớp

vật liệu bị nén lại và thể tích dòng vật liệu trước và sau khi hãm băng là không đổi. Do vậy, hoàn toàn có thể xác định được thể tích của khối vật liệu khi băng bị ôm do cơ cấu bắt băng tạo thành (Coi bằng $\frac{1}{2}$ diện tích elip).

4. Kết luận

Hiện tượng đứt băng là một sự cố nguy hiểm trên các tuyến băng và do nhiều nguyên nhân gây nên. Hiện tượng này có ảnh hưởng xấu đến sản xuất, an toàn cho người và thiết bị,... Nghiên cứu tính toán thiết bị hãm khi đứt băng có ý nghĩa thực tiễn hiện nay.

Báo cáo đã trình bày cơ sở lý thuyết tính toán cơ cấu hãm băng khi bị đứt, đã chứng minh được mối quan hệ giữa quãng đường hãm, thời gian hãm và gia tốc hãm làm cơ sở cho việc tính toán lựa chọn các thông số làm việc hợp lý của cơ cấu đảm bảo an toàn.

Tài liệu tham khảo

- Cao Trọng Khuông, 2000. *Vận tải mỏ*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, trang 41-50.
Nguyễn Văn Kháng, 2005. *Máy và tổ hợp thiết bị vận tải mỏ*. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, trang 186 -205.
Trần Viết Linh, 2015. *Nghiên cứu cơ cấu hãm băng khi bị đứt dùng cho các mỏ than hầm lò*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Hà Nội.
Võ Quang Phiên, 2005. *Máy vận tải*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, trang 27-47
Võ Xuân Minh và nnk, 2009. *Giáo trình thủy lực cơ sở*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
А. О. СПИВАКОВСКОГО, 1982, *Ленточные конвейеры в горной промышленности*. НЕДРА, МОСКВА, 130 -131

ABSTRACT

Research on the belt arrestor for inclined belt conveyor working in underground mining in Quang Ninh

Tran Viet Linh¹, Nguyen Van Xo¹, Nguyen The Hoang¹, Le Thi Hong Thang¹

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

Conveyor is a continuous transport device that is widely used in many fields, especially in the mining industry. Due to production requirements, the use of conveyor belt is increasing, in the process of work due to many causes leading to the loss of conveyor belt cause unsafe for people and equipment. The paper deals with the arrest device of belt conveyors when the belt conveyor is broken, giving the method of calculating the working parameters and the structure of the conveyor belt arrestor under different conditions.

Keywords: conveyor belt arrestor; conveyor belt arrester; belt's catching

Nâng cao hiệu quả quá trình chất than lên máng cào bằng tang máy khâu

Nguyễn Khắc Lĩnh^{1,*}, Phạm Văn Tiến², Đoàn Văn Giáp²

¹ Trường Đại học Mỏ Saint-Petersburg

² Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Quá trình khai thác than bằng máy khâu là quá trình liên tục phá vỡ than khỏi nguyên khối và chất tải nó lên máng cào. Quá trình này được xem xét bởi 4 quá trình nhỏ: phá vỡ than khỏi nguyên khối, dỡ tải than khỏi vùng cắt, than di chuyển tự do giữa tang khâu và máng cào và quá trình hình thành dòng than trên máng cào. Từ sự phân tích tỉ mỉ 4 quá trình trên theo bản chất cơ-lý nhận thấy có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng lên nó và có quy luật rất phức tạp. Không thành công trong quá trình chuyển tải sẽ làm giảm năng suất của hệ thống, làm cản trở di chuyển của máng cào về phía gương than, tăng chi phí tiêu thụ năng lượng riêng và đi kèm theo là quá trình tái đập nhỏ than. Bài báo trình bày kết quả xem xét các khả năng có thể nâng cao hiệu quả quá trình chất tải than lên máng cào và từ đó tìm kiếm các giải pháp kỹ thuật để giải quyết vấn đề trên.

Từ khóa: than; máy khâu; chuyển tải; tang khâu; máng cào

1. Đặt vấn đề

Hiện nay ở Việt Nam và các nước trên thế giới, than vẫn là nguồn nhiên liệu quan trọng cung cấp năng lượng cho các ngành công nghiệp, đồng thời cũng giúp đảm bảo an ninh năng lượng của mỗi quốc gia. Xu hướng khai thác than là sử dụng phương pháp hầm lò, trong khi các mỏ than lộ thiên đã sắp đến giới hạn. Áp dụng cơ giới hóa đồng bộ trong khai thác than hầm lò bao gồm giàn chống tự hành, máng cào, và máy khâu là bước đi đúng đắn của Tập đoàn than (TKV) theo chủ trương phát triển ngành than bền vững gắn với bảo vệ môi trường. Trong đó máy khâu nằm trong nhóm máy khâu được sử dụng rộng rãi ở các mỏ than hầm lò trên thế giới nhờ có các ưu điểm nhỏ gọn, làm việc tin cậy và năng suất cao. Tuy nhiên trong quá trình làm việc, nó cũng bộc lộ một số nhược điểm như: chi phí năng lượng riêng cao, sinh bụi nhiều. Một trong những nguyên nhân đó là việc chuyển tải không thành công trong vùng cắt của tang khâu lên thiết bị vận tải (máng cào), làm cản trở chuyển động của máng cào và máy khâu. Việc than đã bị phá vỡ nằm lại lâu trong vùng phá vỡ làm tăng quá trình tuần hoàn do than không thoát ra ngoài, làm tăng quá trình tái đập nhỏ than. Tuy nhiên, từ trước đến nay ở trên thế giới cũng như ở Việt Nam rất ít công trình nghiên cứu về vấn đề này. Vì vậy, việc nghiên cứu quá trình chất tải than lên máng cào của máy khâu được xem là rất cần thiết và cấp bách.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

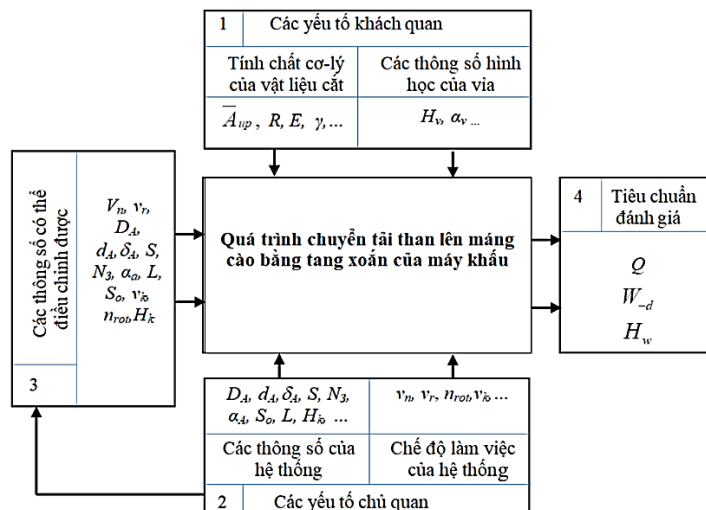
2.6. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chuyển tải than lên máng cào

Quá trình chuyển tải than từ vùng phá vỡ đến máng cào là một quá trình rất phức tạp ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau (Peng S.S., 2006; Wang F, Tu S, Bai Q, 2012; Бернер Б.Н., 1999). Các thông số ảnh hưởng đến quá trình vận tải bao gồm các yếu tố chủ quan (các yếu tố bên trong) và các yếu tố khách quan (các yếu tố bên ngoài). Các yếu tố khách quan được xem là: các tính chất cơ-lý của vỉa than (cường độ kháng cắt của vỉa - A_v , độ giòn của than - R , độ đàn hồi - E , khối lượng riêng - γ và cấu tạo của vỉa v.v...) và các thông số hình học của vỉa như: chiều cao vỉa - H_v , góc dốc của vỉa - α_v , v.v... Các yếu tố chủ quan bao gồm các thông số hình học của tang khâu (đường kính ngoài của tang khâu - D_A ; đường kính của thân tang khâu - d_A ; bước xoắn của tang khâu - S ; góc nâng của cánh xoắn - α_A ; chiều dày cánh xoắn - δ_A ; số lượng cánh xoắn - N_3 ; hệ số điền đầy tang khâu - K_3 ; thông số làm việc của răng cắt; sơ đồ bố trí răng cắt trên tang; kích thước của cửa chuyển tải - S_0 , khoảng cách giữa tang khâu và máng cào - L ; hình dạng và kích thước của khoảng không phía trên máng cào - H_K), các thông số chế độ làm việc của

* Tác giả liên hệ

Email: khaclinhhumg@gmail.com

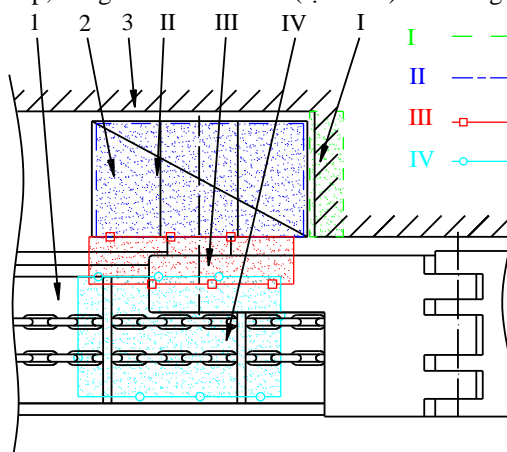
máy khâu và hệ thống cơ giới hóa (máy vận tốc chuyển động máy – v_n ; vận tốc cắt – v_r ; vận tốc vòng quay của tang khâu – n_{rot} và vận tốc di chuyển của máng cào – v_k v.v...). Trong hình 1 về lý thuyết cho thấy rằng giá trị của các thông số của các yếu tố chủ quan được xem là thay đổi được theo hướng tích cực để khắc chế lại các yếu tố bất lợi (yếu tố khách quan hoặc cả những yếu tố chủ quan do trình độ kỹ thuật đang còn hạn chế) để quá trình khai thác đạt được hiệu quả tốt nhất. Tuy nhiên, các thông số trên có quan hệ mật thiết với nhau vì vậy muốn điều chỉnh được cần có những nghiên cứu cụ thể và sâu sắc hơn. Kết quả và tiêu chuẩn đánh giá quá trình của quá trình được xem là năng suất – Q , chi phí năng lượng riêng – H_w ; cấp hạt hình thành khi sau khi kết thúc quá trình – W_d .



Hình 1. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chuyển tải than lên máng cào

2.7. Quá trình chuyển tải than lên máng cào bằng tang xoắn của máy khâu than

Theo (Nguyễn K L và nnk, 2017) để thuận tiện cho việc nghiên cứu và làm sáng tỏ quá trình này, có thể chia quá trình chuyển tải than thành 4 vùng (trong 4 vùng này là 4 quá trình nhỏ liên tiếp có quan hệ mật thiết với nhau. Kết quả của quá trình này sẽ là đầu vào của quá trình tiếp theo) thể hiện trên hình 2 như sau: vùng I – vùng phá vỡ tách than khỏi khối nguyên; vùng II – chuyển tải than đã phá vỡ bằng tang khâu, vùng III – vùng chuyển tiếp, vùng IV – hình thành (tạo hình) cho dòng than trên máng cào.



Hình 2. Quá trình chuyển tải than lên máng cào bằng tang khâu

1- máng cào, 2- tang khâu, 3- vỉa than

Vùng I – là quá trình phá vỡ than (tách than khỏi khối nguyên) bằng bộ phận công tác có lắp răng cắt, chúng phá vỡ từng lớp than theo dạng hình lưới liềm. Quá trình này được rất nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới nghiên cứu, gần như đã làm rõ nguyên lý và những cơ chế phức tạp của quá trình.

Chất lượng của quá trình được đánh giá qua 3 thông số chính: năng suất, cấp hạt hình thành và giá trị năng lượng riêng tiêu thụ.

Năng cao năng suất của máy khâu có thể được xác định theo công thức (Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В., 1984):

$$Q_1 = v_n \cdot B_3 \cdot H_{cs}, \text{ m}^3/\text{phút}, \quad (1)$$

trong đó: v_n – vận tốc di chuyển của máy khâu, m/phút;
 B_3 – chiều rộng khâu, m;
 H_{cs} – chiều cao khâu, m.

Cấp hạt hình thành sau quá trình cắt được xác định theo công thức (Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В., 1984):

$$W_{-d1} = 100 \cdot \left[1 - \exp \left(- \frac{k_{ca}}{m_i^2} d_c^{m_i} \right) \right], \%, \quad (2)$$

trong đó: k_{ca} – hệ số mức độ nghiền nhỏ than đối với máy khâu;
 m_i – chỉ số khả năng của than bị nghiền nhỏ;
 d_c – đường kính danh nghĩa của than (đường kính lỗ của sàng).

Năng lượng riêng của quá trình cắt than (Gabov V.V., Zadkov D.A., 2016):

$$H_{wl} = \frac{P}{60 \cdot B_3 \cdot H_{cs} \cdot v_n}, \text{ kWh/m}^3, \quad (3)$$

trong đó: P – công suất dẫn động cho bộ phận cắt, kW.

Vùng II – là vùng chuyển tải than đã phá vỡ ra khỏi khu vực làm việc. Vật liệu được vận chuyển theo hình thức vít tải (đây là dạng phổ biến nhất được áp dụng trên máy khâu). Vị trí của dòng tải khi đi ra khỏi tang khâu phụ thuộc vào chiều quay của tang khâu (Gabov V.V., Nguyen K.L., và nnk, 2018), các loại máy khâu hiện nay có thể sử dụng tấm chắn sau (hoặc không có tấm chắn) cùng với gương than tạo thành hình ống giúp tăng khả năng điền đầy than trong phần cánh xoắn của tang khâu. Với loại máy có sử dụng tấm chắn đã làm giảm đáng kể lượng than nằm lại dưới nền khi máy khâu đi qua. Tuy nhiên, bố trí thêm tấm chắn làm cho than nằm trong khu vực làm việc của tang xoắn lâu hơn điều này làm tăng hiện tượng tái đập vỡ than.

Công suất chuyển tải tối đa của vít tải của tang khâu (theo lý thuyết) có thể được xác định theo công thức (tiêu chuẩn ГОСТ 12.44.258-84. 1986.):

$$Q_{AP} = \left[\frac{\pi}{4} (D_{AHD}^2 - d_{AHD}^2) - \frac{(D_{AHD} - d_{AHD}) \cdot \delta_A \cdot N_3}{2 \sin \alpha_A} \right] \cdot S \cdot n_{rot} \cdot K_3 \cdot c, \text{ m}^3/\text{phút}, \quad (4)$$

trong đó: c – hệ số tính đến hệ thống làm việc theo hướng xuống dốc;
 α_A – góc nâng của cánh xoắn, $\alpha_A = \arctg \frac{S}{\pi \cdot D_{AHD}}$, độ

Quá trình này cũng được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm, đặc biệt tính toán tối ưu góc và bước cánh xoắn. Trong các nghiên cứu này cũng đã chỉ ra rằng số cánh xoắn thích hợp nhất là ba và góc cánh xoắn từ 18^0 - 23^0 .

Vùng III – vùng chuyển tiếp từ mặt cắt cuối của tang khâu đến máng cào do vùng này dòng than chuyển động tự do không được định hướng vì vậy lực đẩy từ cánh xoắn của tang khâu lên nó rất yếu. Hơn nữa cửa sổ đỡ tải nhỏ (cửa sổ đỡ tải được giới hạn bởi thành dưới của hộp giảm tốc và thành trên của máng cào) và khoảng cách giữa máng cào và tang khâu lớn là nguyên nhân làm tăng lượng than nằm lại dưới nền khi máy khâu đi qua (xem hình 3).



Hình 3. Máy khâu làm việc trong lò chợ.

1. răng cắt, 2. thân tang khâu, 3. cánh xoắn chất tải, 4. máng cào

Lượng than nằm lại dưới nền (trong vùng III) theo thời gian được tính theo công thức (Nguyen K L và nnk 2017):

$$Q_{tt} = v_{tt} L h, \text{ m}^3/\text{phút}; \quad (5)$$

Đây và quá trình rất ít được quan tâm và nghiên cứu, tuy nhiên nó có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả vận tải và quá trình tiếp theo hình thành dòng than trên máng cào.

Với kết cấu tang khâu hiện nay để tăng khoảng không gian phía trên máng cào, các thiết kế máy khâu đều đưa tay khâu ra khỏi khu vực di chuyển của dòng than trên máng cào, làm cho khoảng cách giữa tang khâu và máng cào luôn lớn hơn 300 mm. Theo thử nghiệm của (Бернер В.Н., 1999) đã chứng minh rằng nếu khoảng cách này tăng từ 175 mm lên 375 mm thì hiệu quả chuyển tải giảm hơn 2 lần.

Vùng IV – là vùng hình thành dòng than trên máng cào. Quá trình này cũng rất quan trọng (là nhân tố quyết định làm tăng hệ số điền đầy của máng cào) nhưng gần như không được xem xét ở các tài liệu trước đây, nó ảnh hưởng lớn đến năng suất vận tải của máng cào, đặc biệt năng suất giảm mạnh trong trường hợp khai thác theo hướng xuống dốc.

3. Kết quả và thảo luận

Xu thế khai thác than hiện nay là đẩy nhanh sản lượng khai thác. Tuy nhiên, trên thực tế sản lượng khai thác than càng tăng thì lượng than có kích thước nhỏ ($d \leq 1 \text{ mm}$) cũng tăng theo. Do hiện nay chiếm tới 40% sản lượng than là khai thác bằng máy khâu. Điều này đi ngược lại với tiêu chuẩn khai thác, giảm tiêu hao, nâng cao chất lượng sản phẩm và giảm tối đa chi phí sản xuất. Việc cắt nhỏ và đập vụn than đã làm tăng chi phí tiêu thụ năng lượng riêng cho quá trình khai thác. Theo nhiều nghiên cứu, những hạt than nhỏ có kích thước dưới $d \leq 0,1 \text{ mm}$ có thể dễ dàng đi vào không khí làm ảnh hưởng đến môi trường làm việc (gây bụi) và an toàn cháy nổ. Ngoài ra, trong nhiều trường hợp độ ẩm cao làm tăng khả năng bám dính của các hạt, làm khó khăn cho quá trình vận tải. Đồng thời bám dính các hạt vào thiết bị làm tăng lực cản, gây mòn hỏng máy móc thiết bị. Nguyên nhân trên có một phần không nhỏ từ việc không thành công trong việc chuyển tải than lên máng cào.

Ngày nay, xu thế đẩy nhanh (tăng) tốc độ di chuyển của máy khâu để tăng năng suất khai thác, đồng nghĩa với việc tăng năng suất vận tải của tang xoắn. Tuy nhiên, việc tăng tần số quay của tang khâu hiện nay chưa khả thi do bị hạn chế bởi vận tốc cắt. Từ những phân tích trên, cho thấy rằng có thể tăng hiệu quả quá trình chuyển tải than lên máng cào bằng cách giảm khoảng cách giữa máng cào với tang khâu và tăng diện tích cửa sổ chất tải đặc biệt ở khu vực nằm trên đường di chuyển của dòng than khi thoát ra khỏi tang khâu.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra những kết luận sau:

- Quá trình chuyển tải than từ khu vực phá vỡ lên máng cào là quá trình cơ-lý phức tạp ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố cả bên trong và bên ngoài; vì vậy cần phải xem xét từng quá trình nhỏ riêng biệt sau đó nghiên cứu tổng hợp các quá trình để làm rõ hơn bản chất của quá trình này;
- Nghiên cứu quá trình chuyển tải lên máng cào được xem xét bằng bốn quá trình nhỏ: quá trình phá vỡ than khỏi nguyên khối, quá trình vận tải bằng cánh xoắn, quá trình than di chuyển tự do, quá trình hình thành dòng tải trên máng cào;
- Cần phải tìm kiếm các giải pháp kỹ thuật, thiết kế lại một số thông số và đưa ra các chế độ điều khiển phù hợp với từng điều kiện địa chất cụ thể;
- Bài báo là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

Gabov V.V., Zadkov D.A., 2016. *Energy-saving modular units for selective coal cutting*. Eurasian mining, 1: 37-40. DOI: 10.17580/em.2016.01.06.

Gabov V.V., Nguyen K.L., Nguyen V.X., Le T.B., Zadkov D.A., 2018. *The rationale of geometric and modal parameters of cutter drums ensuring the efficiency of coal loading onto a downhole conveyor*. Ugol', 2 36-39 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-2-00-00>.

Nguyen K.L., Gabov V.V., Zadkov D.A., Le T.B., 2017. *Justification of process of loading coal onto face conveyors by auger heads of shearer-loader machines*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 2018, 327 042132 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042132.

Peng S.S., 2006. *Longwall Mining*. U.S.: 2nd edition, 621 p.

Wang F, Tu S, Bai Q, 2012. *Practice and prospects of fully mechanized mining technology for thin coal seams in China*. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 112 (2) 161-170.

Вернер В.Н., 1999. *Исследование и обоснование рациональных параметров шнековых погрузочно-транспортующих органов выемочных машин*. Дис. докт. техн. наук Кемерово, 319 с.

Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В., 1984. *Разрушение угля выемочными машинами*. М.: Недра. 288.

ГОСТ 12.44.258-84. 1986. Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика. М.: Министерство угольной промышленности СССР, 108 с.

ABSTRACT

To raise the effect of loading coal onto scraper conveyor by the cutting drums of the cutter - loader shearer

Nguyen Khac Linh ¹, Pham Van Tien ², Doan Van Giap ²

¹ Saint Petersburg University of Mining

² Hanoi University of Mining and Geology

Coal mining process by the cutter - loader shearer is continuous breaking coal from the mass, and loading coal onto scraper conveyor. This process is considered from four component processes: (1) breaking coal from the mass, (2) removing coal from broken area, (3) coal freely displacing between the cutting drums of the cutter - loader shearer and the scraper conveyor, and (4) taking coal flow on the scraper conveyor. According to detailed analysis above mentioned four component processes, based on physic – mechanical essence, we realize that there are many factors impacting mining process with complicated law. Unsuccessful load transfer process leads to reduce production of mining complex system, to obstruct scraper conveyor moving to coal face, to increase specific energy consumption, to accompany re-breaking fragmented coal. To put forward consideration of ability of raising the effect of loading coal onto scraper conveyor, thence to search technical solutions in order to resolve above problem.

Keyword: coal; cutter - loader shearer; load transfer; cutting drum; scraper conveyor

Numerical Analysis of Friction Factor in Perforated and Slotted Horizontal Filters used to dewater Opencast Mines

Pham Duc Thien^{1,*}, Tran Duc Huan¹
¹ Hanoi University of Mining and Geology

ABSTRACT

The horizontal wells have been using for dewatering purpose in the mining industry for several years. Based on unique characteristics, those horizontal filters are recommended to compromise both the mechanical strength and the hydraulic performance. Pressure drop along the horizontal well is the main factor that affects the performance of a wellbore. The pressure drop is caused by four separate factors: wall friction, perforation roughness, inflow acceleration and mixing effects. In this work, numerical analysis was implemented with different types of perforated and slotted pipes to investigate the effects of two first factors: wall friction and perforation roughness. The simulated data using ANSYS 14.5 was analyzed using universal velocity distribution law in combination with the roughness function. The results revealed that the roughness friction factor is not just dependent on Reynolds number. The semi-empirical relations correlated with numerical data were acquired to estimate the roughness friction factor in perforated or slotted pipes.

Keywords: Perforation roughness, horizontal filters, dewatering, opencast mines

1. Introduction

The horizontal directional drilling (HDD) technology has been experimented in the mining industry to dewater opencast mines (Eichler & Drebenstedt, 2014) (Mansel, Drebenstedt, Jolas, & Blankenburg, 2012). This technique is adapted from the petroleum industry and the utility construction. To effectively, and economically apply this new method of dewatering, it is recommended to use perforated or slotted pipes as filters during its installation (Tran & Drebenstedt, 2014) (Tran & Drebenstedt, 2015). However, those filters have to fulfill both mechanical strength and hydraulic aspect. Regarding hydraulic performance, the pressure drop of flow along the horizontal filter plays an important role and significantly affects the productivity of the dewatering system. This paper addresses the first phase of the study on the pressure drop along the horizontal filters without inflow through the wall: the effect of perforation roughness.

The effect of perforation roughness and inflow through the wall were studied quite thoroughly in the literature (Jiang, Sarica, Ozkan, & Kelkar, 2001) (Su & Gudmundsson, 1998) (Ze Su & Gudmundsson, 1993) (Su & Gudmundsson, 1994). However, these studies mostly varied the size, the phasing, and the density of circular perforations. This presented work focuses on the size, the geometry, and the perforated/slotted ratio of different filter pipes using the numerical analysis. Those pipes had a strong correlation between perforated/slotted rate, the size, and shape of cavities. In the simulated study, the pipes with an inner diameter of 50mm, the 4mm wall thickness, and the 920mm perforated/slotted length were used. The perforated/slotted ratio varied from 2%, 3% to 5%. The shapes of cavities were circular, axially or perpendicularly rectangular-like slotted. The widths of cavities varied from 1.5mm, 2mm to 3mm. The Reynolds number ranged between 10,000 and 80,000 with the increment of 5,000. There was no flow through the perforations or slots.

2. Background

The flow friction factor in a pipe can be calculated from at least two approaches. First, measuring the pressure drop and the friction factor obtained from the following equation

$$f_M = \frac{\Delta P}{L \rho U^2} \quad (1)$$

where f_M is the conventional Moody friction factor.

* Tác giả liên hệ

Email: phamducthien@humg.edu.vn

Second, measuring the velocity profile near the wall, then calculating the friction velocity u^* using universal velocity distribution law, which will be used to obtain the wall shear stress τ_w . From the wall shear stress, the friction factor is calculated

$$f_M = \frac{8\tau_w}{\rho U^2} \quad (2)$$

The flow friction caused by the perforation roughness in pipes is different from protrusion roughness, such as sand grain roughness. It was proved that the friction due perforation roughness could be analyzed by the universal velocity distribution law. The universal velocity distribution law describes the profile of velocity near the boundary of a surface. This law incorporated with Reynolds number and friction factor, applied to a smooth and circular pipe, has following form (Ze Su & Gudmundsson, 1993).

$$\sqrt{\frac{8}{f_{MS}}} = 2.5 \ln \left(\frac{Re}{2} \sqrt{\frac{f_{MS}}{8}} \right) + A - 3.75 \quad (3)$$

The universal velocity distribution law is valid for smooth surfaces and also for uniformly rough surfaces.

To use this law for a rough surface, a parallel shift called *roughness function* $\Delta u/u^*$ is employed. The roughness function is normally a constant and not dependent on Reynolds number.

$$\sqrt{\frac{8}{f_{MR}}} = 2.5 \ln \left(\frac{Re}{2} \sqrt{\frac{f_{MR}}{8}} \right) + A - 3.75 - \frac{\Delta u}{u^*} \quad (4)$$

3. Simulation Setup and the Filter Pipes

To calculate the pressure drop along the different perforated/slotted pipes, an academic finite volume code ANSYS Fluent 14.5 was employed. The numerical simulations used the SIMPLE, standard k- ϵ turbulent model, which was previously used and proved to have good agreement with experimental results (Abdulwahid, Dakhil, & Injeti, 2013). The fluid was water, entered the pipes at 25°, with constant density of $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$, and the viscosity of $\mu = 0.001 \text{ kg/ms}$. It was also assumed that no-slip boundary condition along the isothermal walls. The inlet Reynolds number ranged from 10,000 to 80,000. The pipes were assumed hydraulically smooth on unperforated or non-slotted areas. Two initial conditions were taken into account: the mass flow at the inlet and the pressure at the outlet.

The pipes were uniformly perforated or slotted with different sizes, different shapes, and different ratios. To be convenient, in this work, the pipes with circular perforations are called Circular Perforated Cavity (CPC) pipes, the pipes with rectangular-like slots on the wall and along the pipe's axis are named Axial Slotted Cavity (ASC) pipes, and the pipes with rectangular-like slots on the wall and perpendicular to the pipe's axis are called Perpendicular Slotted Cavity (PSC) pipes. These pipes had 2, 3 and 5 percent of open ratio. The widths of cavities varied from 1.5mm, 2mm to 3mm. A total of 27 pipes were calculated.

The flows in pipes were discretized within ANSYS Meshing environment before solved by the Fluent solver. In the calculating process, symmetries were used to reduce computational time and resource. The computational meshes for different flows in pipes are shown in **Error! Reference source not found..**

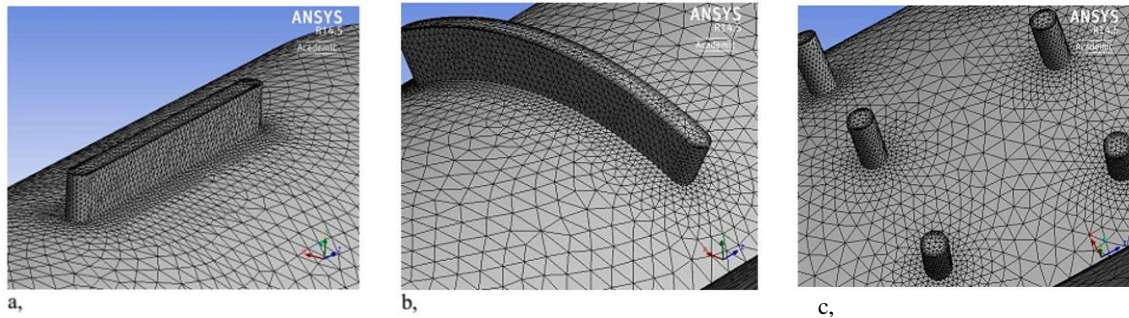


Figure 1. Computational meshes of flows in pipes: a. ASC pipe; b. PSC pipe; c. CPC pipe

4. Results

4.1. Effect of Cavity Shapes

Simulated data showed that flows in pipes with different cavity shapes produced a different pressure drop. It can be seen in Figure that with the ASC and PSC pipes, the friction factors reduced with the

increase in Reynolds number. These friction factors are even smaller than that in regular pipes with small Reynolds number. This effect can be explained due to less contact area between flow and pipe's wall area while the perforations have not yet had an effect on flow profile. However, friction factor in CPC pipes showed the increase with the increase of Reynolds number from 45,000 to 50,000. The friction coefficients in CPC pipes are smaller than that of ASC and PSC pipes with Reynolds number under 50,000. It increased and became larger than in ASC and PSC pipes with bigger Reynolds number.

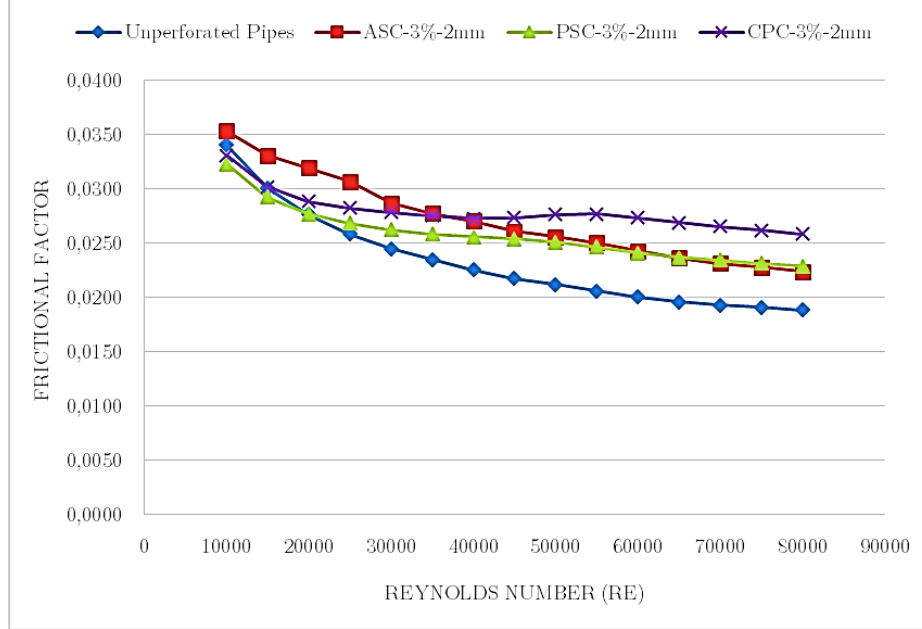


Figure 2. Friction factors in pipes with 3% perforation ratio, 2mm size

4.2. Effect of Perforation/Slot Ratio

It was observed that with the same type of cavity shape and the same size, flows in pipes incurred greater pressure drop with higher perforated/slotted rate. This observation was shown in. It can be seen that frictional factors are slightly smaller than that of in smooth pipe at small Reynolds number (<20,000). However, it managed to grow and proved to be bigger with an increase in open area and Reynolds number. These results agreed with the results from other studies when it comes to increasing perforated density.

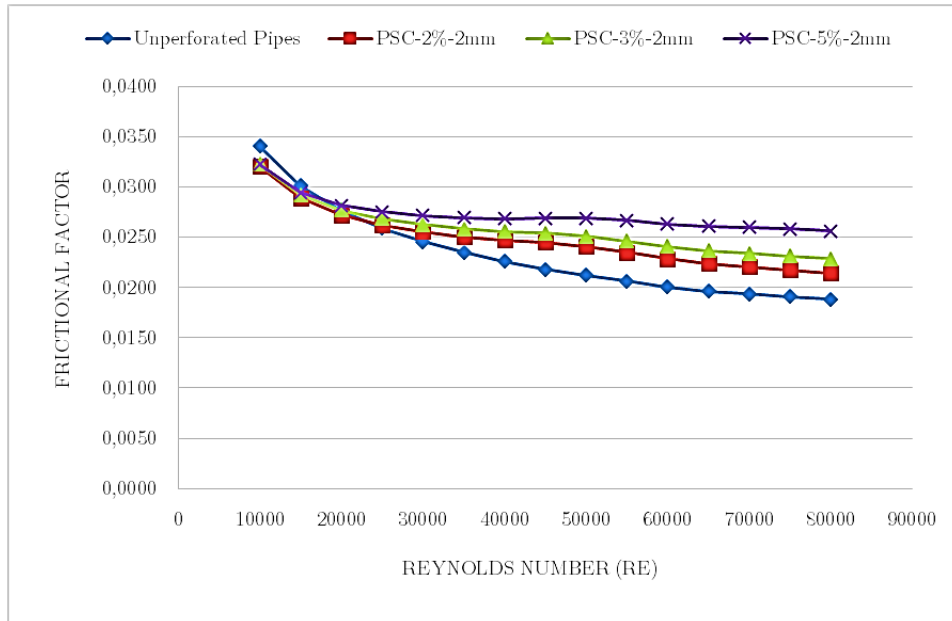


Figure 3. Friction factors in PSC pipes with 2mm size

4.3. Effect of Perforation/Slot Size

The observed data showed that with the same type of cavity and the equal open ratio, the flows in pipes incurred different pressure drop. Figure indicated that ASC and PSC pipes produced small differences of frictional factors with various perforated/slotted sizes. With Reynolds number under around 50,000, they were rarely different, however, with bigger Reynolds number, the larger sizes seemed to produce the greater frictional factors, hence the more significant pressure drop. Other than that, with the CPC pipes, flows proved to have a significant difference in friction factors. The smallest size of 1.5mm had a far smaller friction factor compared with the bigger sizes as well as with the unperforated pipes. Friction factors increased according to increased Reynolds number. Furthermore, it is still in agreement with the result of other pipes: bigger perforated/slotted size tends to produce larger pressure drop due to increased Reynolds number.

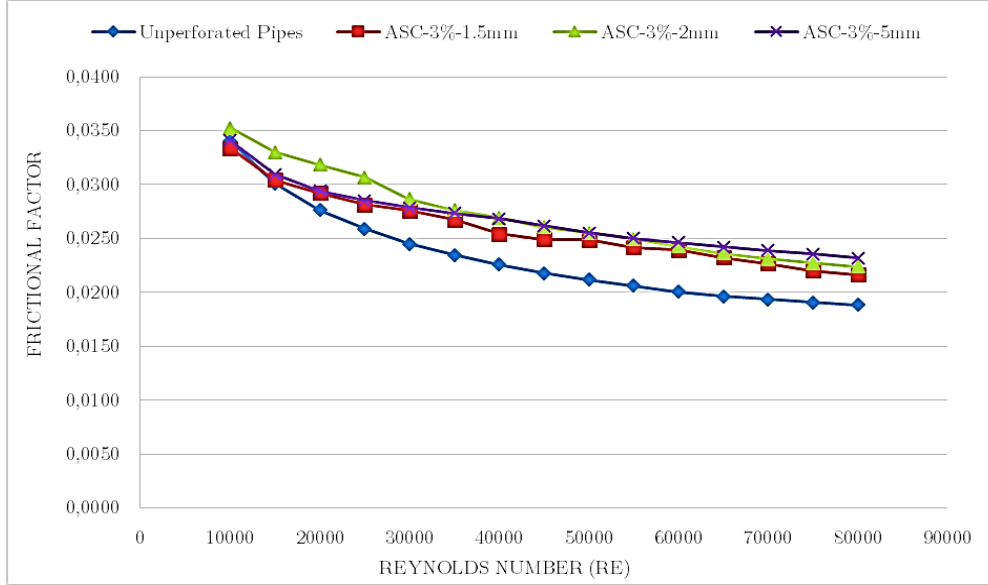


Figure 4. Friction factors in ASC tube with 3% open ratio

5. Discussions

The effort to analyze the influence of perforation roughness on the pressure drop in perforated/slotted pipes has been made using Blasius-type curve fitting, equivalent sand grain roughness, and universal velocity distribution law. However, according to Ze Su et al. (Ze Su & Gudmundsson, 1993), the Blasius-type curve fitting is not suitable for perforated/slotted pipes due to non-correlation found. The equivalent sand grain roughness used in the Haaland equation as followed

$$\frac{1}{\sqrt{f_{MR}}} = -1.8 \log \left[\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} \right)^{1.11} \right] \quad (5)$$

However, the average relative error of this method was up to 60% when increasing the ratio of perforation diameter and pipe inner diameter to 0.25.

The last method of using universal velocity distribution law gave the higher accuracy with the average relative error of 20%. Hence, in this presented work, the universal velocity distribution law was employed to analyze the simulated data.

To apply universal velocity distribution law in incorporated form with friction factor and Reynolds number, the constant A of the smooth test pipes in Equation (3) should be obtained with simulated data.

Significantly change with changing Reynolds number, which agrees well with the previous investigations that A should be a constant. The average resulted value of A is 5.23, and it is well satisfied with the value of A, which ranging from 5 to 5.5. Hence, the incorporated form of the universal velocity distribution law for perforated/slotted pipes becomes

$$\sqrt{\frac{8}{f_{MR}}} = 2.5 \ln \left(\frac{Re}{2} \sqrt{\frac{f_{MR}}{8}} \right) + 1.41 - \frac{\Delta u}{u^*} \quad (6)$$

Interestingly, by plotting the roughness function, which derived from simulated data based on Equation 6 versus Reynolds number, a linear correlation was found. The correlations for some pipes are shown in

Figure . Let R_f denote the roughness function. Therefore, the linear correlation between R_f and Re is expressed as (equation 7):

$$R_f = \frac{\Delta u}{u^*} = a_1 R_\varepsilon + a_2 \quad (7)$$

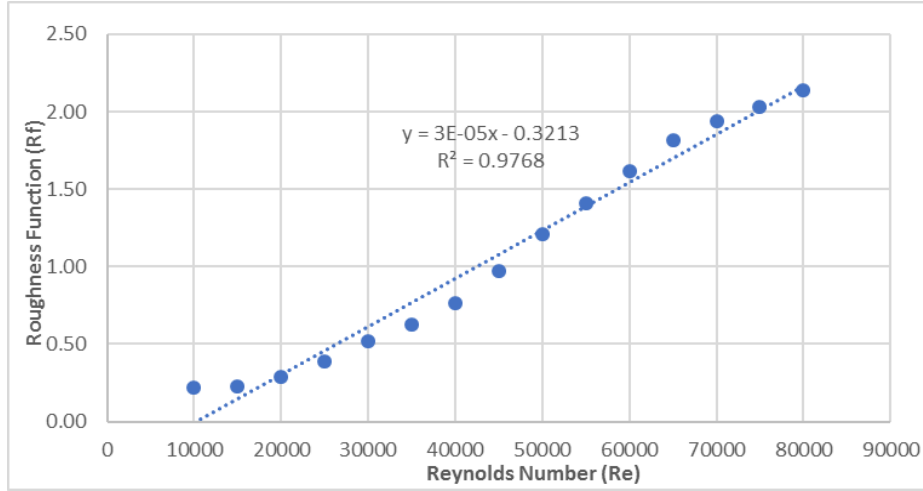


Figure 5. Roughness Function vs. Reynolds number for PSC pipe - 3% - 1.5mm

The excellent result of the linear correlation between the roughness function and Reynolds number demonstrated that for the pipes in this research, the roughness function could not be a sole function of relative roughness geometry. In another word, it strongly depends on the Reynolds number. The reasons for this result might be the different distribution patterns of the cavities on the pipe wall as well as the various shapes of cavities, in comparison with the pipes conducted by Ze Su. The effort to create a correlation for entire pipes has been made, however, up to the time reported, no single correlation was found. Therefore, for the purpose of investigating a more complex situation, where there is the presence of influx through the perforations, the linear correlation between roughness function and Reynolds number will be used respectively for each pipe.

6. Conclusion

Numerical simulations were performed to investigate the friction factors of perforated and slotted pipes due to cavity roughness. The pipe flows Reynolds numbers were in the range from 10,000 to 80,000. The pipes had an inner diameter of 52mm and the outer diameter of 60mm. A total number of 27 virtual pipes has been numerically investigated. The shapes of cavities were ASC, PSC, and CPC with varying opening ratios from 2%, 3% to 5%. The sizes of cavities were 1.5mm, 2mm, and 3mm. The numerical CFD code used was ANSYS Fluent 14.5, which employed SIMPLE algorithm, second order scheme, STANDARD $k-\varepsilon$ turbulent model to calculate pressure drop as well as flow behavior in pipes with cavities on the wall.

The simulated data revealed that the friction factor in perforated or slotted pipes depends on various parameters such as the shapes of cavities, the opening ratio, and the size of the opening. At small Reynolds number (<15,000), the friction factor sometimes showed to have a lower value than that of in regular pipes. This phenomenon might be the result of less contact area between flow and pipe wall, in the meantime, the cavity vortices have not had effects on main flow. At high Reynolds number (75,000-80,000), the friction factor proved to have up-to-60% larger value compared to plain pipes. General speaking, the CPC pipes produced the most pressure drop. It increased when the opening ratio and opening size increased. The friction factor of perforation roughness is independent of perforation phasing and the cavity depth in this presented work.

The universal velocity distribution law in combination with roughness function was employed to analyze the simulated data. Unlike the research by Ze Su et al., which showed the linear function of roughness function and the ratio of cavity/pipe diameter, the simulated data showed the dependent relationship between roughness function and Reynolds number. An excellent linear correlation was found when plotting roughness function versus Reynolds number. The result might come from the different distribution patterns as well as the shape cavities. The linear correlation established for each pipe. However, no single correlation for whole pipes was found and reported. For the future investigation, when the flow enters pipes through cavities, the respective correlation for individual pipe will be employed.

Bibliography

- Abdulwahid, M., Dakhil, S., & Injeti, N. (2013). *Numerical Investigation of the Turbulent Flow Parameters Distribution in a Partly Perforated Horizontal Wellbore*. Vol. 9(ISSN: 1857-7881), pp. 372-387.
- Eichler, R., & Drebenstedt, C. (2014). *Innovative Dewatering Concepts for Open Cast Mines Using Horizontal Wells (HDD-Wells)*. Mine Planning and Equipment Selection, pp. 697-706.
- Jiang, W., Sarica, C., Ozkan, E., & Kelkar, M. (2001). *Investigation of the Effects of Completion Geometry on Single-Phase Liquid Flow Behavior in Horizontal Wells*. Vol. 123, pp. 119-126.
- Mansel, H., Drebenstedt, C., Jolas, P., & Blankenburg, R. (2012). *Dewatering of Opencast Mines using Horizontal Wells*.
- Su, Z., & Gudmundsson, J. (1998). *Perforation Inflow reduces Frictional Pressure Loss in Horizontal Wellbores*. 19, pp. 223-232.
- Su, Z., & Gudmundsson, J. S. (1994). *Pressure Drop in Perforated Pipes: Experiments and Analysis*.
- Tran, D. H., & Drebenstedt, C. (2015). *Considerable Aspects to Select Filter Wells for Dewatering*. Scientific Reports on Resources Issues, pp. 199-204.
- Tran, D., & Drebenstedt, C. (2014). *Challenges during Horizontal Directional Drilling (HDD) Wells Installation for Dewatering Opencast Mines*. Scientific Reports on Resources Issues, pp. 135-145.
- Ze Su, & Gudmundsson, J. (1993). *Friction Factor of Perforation Roughness in Pipes*.

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam

Phạm Văn Tiến^{1,*}, Đoàn Văn Giáp¹, Nguyễn Khắc Linh²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Trường Đại học Mỏ Saint-Petersburg

TÓM TẮT

Điều kiện địa chất phức tạp ở các mỏ than hầm lò của Việt Nam và việc sử dụng răng cắt không phù hợp với tính chất của đối tượng cắt (vía than) khiến nó nhanh chóng bị hỏng (tiêu hao răng cắt lớn) làm tăng giá thành khai thác, đây là một trong những nguyên nhân chính cản trở việc áp dụng cơ giới hóa đồng bộ trong khai thác than có sử dụng máy khâu ở các mỏ than hầm lò của Việt Nam. Bài báo trình bày nghiên cứu quá trình phá vỡ than khỏi vỉa bằng răng cắt, phân tích cấu tạo của vỉa than và hiện tượng hỏng răng cắt trong thực tế ở các mỏ than của Việt Nam và trên thế giới, từ đó xác định các yếu tố và nguyên nhân chính dẫn đến hỏng răng trong quá trình làm việc của máy khâu. Đề xuất và kiến nghị những phương pháp nhằm nâng cao tuổi thọ của răng cắt trong quá trình làm việc.

Từ khóa: than; máy khâu than; răng cắt tiếp tuyến; mài mòn

1. Đặt vấn đề

Ngành công nghiệp khai thác than của các nước trên thế giới trong giai đoạn hiện nay, để khai thác than bằng phương pháp hầm lò phổ biến hơn cả là sử dụng máy khâu than có hai tang khâu (nhờ có ưu điểm nhỏ gọn, năng suất và độ tin cậy cao), trên tang khâu có bố trí răng cắt để cắt than (bóc tách than) khỏi nguyên khối. Quá trình cắt than khỏi nguyên khối là quá trình phức tạp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố (Daolong Yang và nnk, 2014; Peng S.S, 2006; Солод В.И. và nnk, 1982) như: các thông số kỹ thuật và tính chất của vỉa than (chiều dài, chiều dày, chiều rộng khâu, cường độ kháng cắt trung bình của than và đất đá kẹp, độ ẩm trong vỉa v.v...); các thông số chế độ làm việc của máy (vận tốc di chuyển của máy khâu và vận tốc cắt của răng cắt (hay vận tốc vòng quay của tang khâu)); các thông số kỹ thuật của tang khâu (đường kính tang khâu, sơ đồ bố trí răng cắt trên tang, chiều sâu cắt, khoảng cách của hai đường cắt cạnh nhau, số răng cắt trên một đường cắt); các yếu tố khác (phương pháp và khả năng chất tải than lên băng tải, sơ đồ di chuyển máy khâu v.v...). Trong quá trình làm việc, răng cắt của máy khâu than hoạt động dưới lực nén và lực uốn lớn trong điều kiện tải trọng thay đổi liên tục. Vì thế nó là chi tiết thường xuyên hỏng hóc nhất. Hơn nữa việc chế tạo răng cắt ở trong nước còn hạn chế. Răng cắt trong nước có giá thành rẻ hơn, tuy nhiên tuổi thọ chỉ bằng một nửa răng cắt nhập ngoại. Điều đó khiến cho giá thành sản xuất than tăng lên. Cũng vì thế răng cắt trong nước ít được nhà sử dụng lựa chọn. Vì vậy việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tuổi thọ của răng cắt máy khâu trong các mỏ than hầm lò Việt Nam được xem là cấp thiết trong giai đoạn hiện nay.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

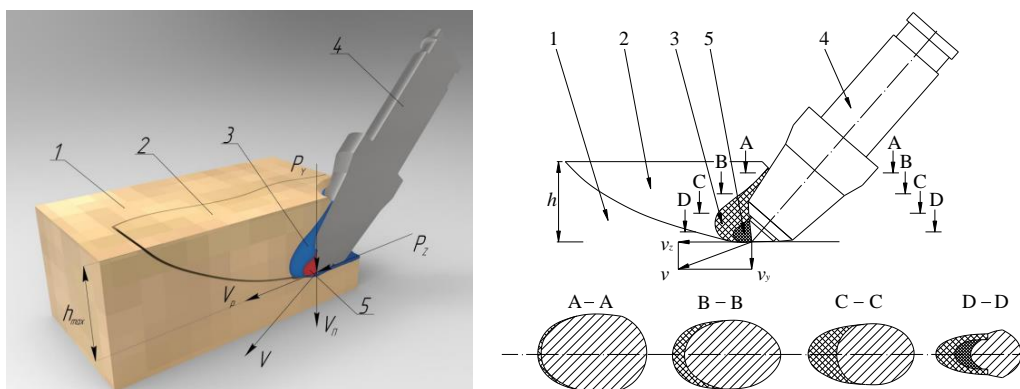
2.1. Phân tích quá trình hình thành áp lực trên răng cắt và cơ chế phá hủy đất đá

Trong quá trình làm việc, dụng cụ (răng cắt) cắt than ra từng lớp từ khối than. Quá trình này được xem là có tính chu kỳ và có bước nhảy theo tính chất dòn của vật liệu bị phá vỡ. Trong đó, quá trình phá vỡ gồm 2 giai đoạn chính: nghiền vụn và phá vỡ (xem hình 1).

Quá trình cắt bắt đầu khi răng cắt 4 di chuyển đất đá bị dồn ép ở phía trước đầu răng cắt (vùng 5) và lan rộng ra các vùng xung quanh (vùng biến dạng đàn hồi 2) thông qua vùng ép vỡ đàn hồi 3. Các vết nứt được hình thành, phá vỡ kết cấu tự nhiên của lớp than với khối than, sau đó lớp than được bóc tách hoàn toàn ra khỏi khối than.

* Tác giả liên hệ

Email: phamtienmdc@gmail.com



Hình 1. Sơ đồ làm việc của răng cắt trong vỉa than

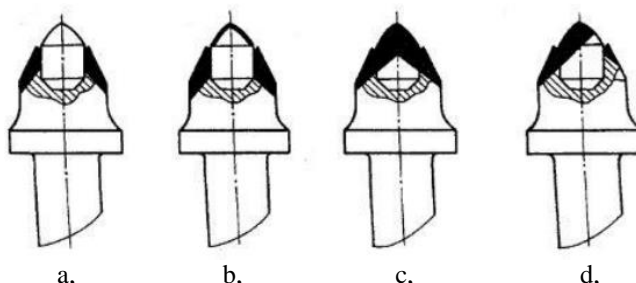
1- khối than, 2- vùng biến dạng đàn hồi, 3- vùng ép vỡ đàn hồi, 4- răng cắt, 5- vùng ép vụn cục bộ.

2.2. Phân tích các dạng hỏng của răng cắt trong quá trình làm việc

Một số nghiên cứu ở một số mỏ than của Nga chỉ ra rằng khi trong vỉa xuất hiện đất đá kẹp thì lượng tiêu thụ răng cắt tăng nhanh đột biến. Khi răng cắt làm việc trong vỉa than có độ dày 1,8m độ kiên cố của than $f = 1 \div 1,5$ có 21% cát kết với độ cứng $f = 4 \div 5$ thì lượng tiêu thụ răng cắt riêng đã tăng lên khoảng 90 lần so với điều kiện địa chất tương tự không có đất đá kẹp (Крестовоздвиженский П.Д., 2011). Ở Việt Nam, tuy chưa có một nghiên cứu hay báo cáo cụ thể nào nhưng theo các công nhân vận hành cũng đồng ý với quan điểm lượng tiêu thụ răng cắt tăng đột biến khi trong vỉa có đất đá kẹp (Vinacomin, 2016).

2.2.1. Phân tích cơ chế hỏng răng cắt do hiện tượng mài mòn

Từ cơ chế phá hủy đất đá bằng răng cắt cho thấy rằng ứng suất tiếp xúc trên răng cắt sẽ giảm dần từ đỉnh của hợp kim cứng đến hết phần tiếp xúc của đất đá trên răng cắt. Cùng sự phân tích cấu tạo và vật liệu làm răng cắt ta nhận thấy rằng vật liệu đầu răng thường làm bằng hợp kim cứng có độ cứng cao (không nhỏ hơn 87 HRC). Vật liệu thân răng thường làm bằng 30CrM có độ cứng lên đến 50 HRC (Чупин С.А. 2016), thấp hơn nhiều so với đầu hợp kim cứng. Tuy nhiên, áp suất tiếp xúc giữa nó với đất đá vẫn rất lớn. Như vậy, dễ dàng nhận thấy vùng dễ tổn thương nhất là vùng kim loại bao xung quanh đầu hợp kim cứng.



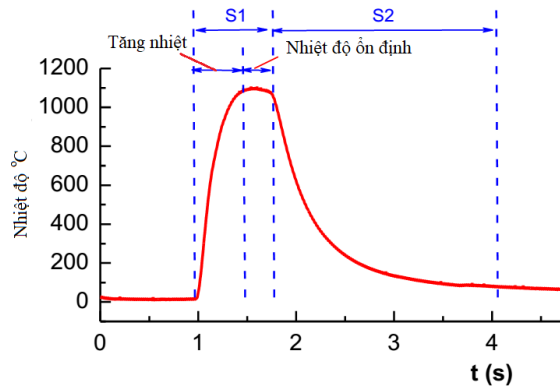
Hình 2. Các dạng mòn hỏng của răng cắt

Theo các kết quả nghiên cứu, răng cắt bị hỏng theo mài mòn sẽ có các hiện tượng và trong các trường hợp sau:

- Răng cắt làm việc với vỉa than không có đá kẹp $f = 0,8 \div 1,5$ lượng mòn của răng cắt nhỏ, gần như đầu hợp kim cứng không bị mài mòn. Răng cắt chỉ bị mài mòn xung quanh đầu hợp kim cứng, đến khi làm suy yếu liên kết giữa đầu hợp kim và thân răng (hình 2-a) cuối cùng sẽ dẫn đến mất đầu hợp kim cứng, quá trình mòn diễn ra rất chậm. Lượng tiêu thụ răng cắt nhỏ chỉ $0,5 \div 2$ răng/1.000 tấn than;

- Răng cắt làm việc với vỉa có độ kiên cố trung bình (than cùng đất đá kẹp có độ kiên cố $f = 2 \div 5$) qua quá trình sử dụng, đầu hợp kim cứng bị mài mòn nhưng lượng mòn nhỏ. Tuy nhiên, phần kim loại bao quanh đầu hợp kim bị mòn nhanh (hình 2-b) dẫn tới suy yếu liên kết của nó với đầu hợp kim và nhanh chóng mất đầu hợp kim cứng. Lượng tiêu thụ răng cắt từ $12 \div 50$ răng/1.000 tấn than;

- Răng cắt làm việc với vỉa có độ kiên cố cao (than cùng với đất đá kẹp có $f = 5 \div 10$) qua quá trình sử dụng răng cắt bị mài mòn cả phần đỉnh răng và thân răng (hình 2-c,d). Trong nghiên cứu của (Wen Shao, 2016) đã chỉ ra rằng khi răng làm việc với đất đá có độ kiên cố cao (độ bền nén 120 MPa (tương đương $f = 10$) với vận tốc cắt $v = 2,5$ m/s, chiều sâu cắt $h = 10$ mm, bước cắt $t = 50$ mm) nhiệt độ ở bề mặt tiếp xúc của răng và đất đá tăng lên nhanh chóng có thể đạt trên 1.100°C (xem hình 3) có thể làm tan chảy kim loại, ngoài ra còn xuất hiện hiện tượng đánh lửa gây nguy hiểm điển điều kiện an toàn mỏ.



Hình 3. Biểu đồ tăng nhiệt trên bề mặt của răng cắt trong quá trình làm việc.

2.2.2. Phân tích cơ chế hỏng răng theo điều kiện phá hủy

Lực cắt tác dụng lên răng cắt có thể được xác định theo công thức (Солод В.И., và nnk, 1982):

$$P = \frac{6500 \cdot (1 + 2h_i) \cdot t_c}{t_c + 2.5} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (1)$$

trong đó:

- t_c – bước cắt (khoảng cách giữa các đường cắt), mm;
- h_i – chiều sâu cắt, mm;
- K_1 – hệ số ảnh hưởng của sơ đồ cắt;
- K_2 – hệ số ảnh hưởng của hình dạng mặt trước của răng cắt;
- K_3 – hệ số ảnh hưởng của góc cắt;
- K_4 – hệ số ảnh hưởng của chiều rộng phần cắt của răng.

Chiều sâu lớn nhất của lớp cắt được xác định theo công thức:

$$h_{\max} = \frac{H \cdot \sin \theta}{K_r} \quad (2)$$

trong đó:

- H – chiều cao nhô ra của răng, mm;
- θ – góc cắt, độ;
- K_r – hệ số tính đến chiều cao răng (hệ số an toàn để vật liệu cắt không va vào ụ gá dao)

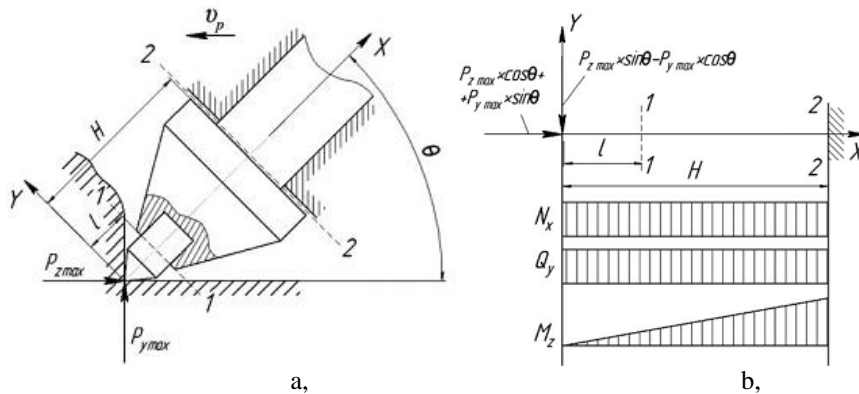
Để đảm bảo điều kiện bền thì:

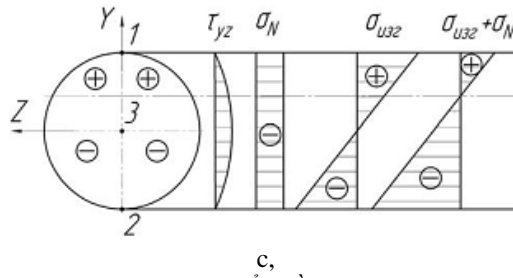
$$\text{Với điểm 1 (hình 4.c): } \sigma_{\max 1} \leq [\sigma_k]$$

$$\text{Với điểm 2 (hình 4.c): } \sigma_{\max 2} \leq [\sigma_n]$$

$$\text{Với điểm 3 (hình 4.c): } \sigma_{td} \leq [\sigma_k]$$

Trong đó $[\sigma_k]$ và $[\sigma_n]$ - ứng suất kéo và ứng suất nén cho phép của vật liệu làm răng cắt; $\sigma_{\max 1}$ và $\sigma_{\max 2}$ - ứng suất kéo và nén lớn nhất xuất hiện trong quá trình làm việc của răng cắt.





Hình 4. a, Sơ đồ phân bố tải trọng trên răng, b- Biểu đồ nội lực của răng cắt, c- Biểu đồ nội lực trên mặt cắt ngang của răng cắt.

$$\sigma_{\max 1,2} = \frac{4}{\pi \cdot d^2} \left(\pm \frac{8(P_{z\max} \sin \theta - P_{y\max} \cos \theta)l}{d} + P_{z\max} \cos \theta + P_{y\max} \sin \theta \right) \quad (3)$$

σ_{td} - ứng suất tương đương:

$$\sigma_{td} = 2 \left(1 - \frac{[\sigma_k]}{[\sigma_n]} \right) \left(\frac{2(P_{z\max} \cos \theta + P_{y\max} \sin \theta)}{\pi d^2} \right) + \left(1 + \frac{[\sigma_k]}{[\sigma_n]} \right) \sqrt{\left(\frac{2(P_{z\max} \cos \theta + P_{y\max} \sin \theta)}{\pi d^2} \right)^2 + \left(\frac{16(P_{z\max} \sin \theta - P_{y\max} \cos \theta)}{3\pi d^2} \right)^2} \quad (4)$$

Từ công thức (1) cho thấy rằng lực cắt tỷ lệ thuận với chiều sâu cắt, trong một số trường hợp gấp đất đá cứng lực cắt tăng đột ngột làm phá hủy răng cắt. Hiện tượng hỏng răng do quá tải thường xuất hiện trong các trường hợp răng bị lỗi khi chế tạo (khuyết tật trong khi gia công hoặc nhiệt luyện), tính toán lựa chọn răng cắt không phù hợp với điều kiện địa chất. Phổ biến hơn do kết hợp của quá trình mài mòn và tải trọng lớn khi gấp đất đá kẹp là nguyên nhân chính làm tăng nhanh quá trình hỏng răng. Nếu một răng bị hỏng, răng tiếp theo trên một đường cắt sẽ phải cắt lớp đất đá có chiều dày lớn hơn, nghĩa là lực cắt trên nó sẽ tăng đột biến gây quá tải và khiến răng bị hỏng nhanh hơn.

3. Kết quả và thảo luận

Hiện nay, việc nghiên cứu răng cắt đã đạt được nhiều thành tựu tuy nhiên lượng tiêu thụ răng cắt tăng nhanh khi có đất đá kẹp (đặc biệt khi nó chiếm tỉ lệ lớn và có độ kiên cố cao). Nhiều khuyến cáo của các nhà nghiên cứu và các hãng sản xuất đã được đưa ra cho các vùng địa chất khác nhau, tuy nhiên nó chỉ mang tính tương đối, trong khi cấu tạo của vỉa than ở Việt Nam rất đa dạng. Việc nghiên cứu tìm hiểu đúng bản chất của quá trình hỏng răng được xem là tài liệu tham khảo hữu ích giúp các nhà sản xuất trong nước nâng cao chất lượng sản phẩm của mình và nhà sử dụng có thêm cơ sở để lựa chọn răng cắt một cách hợp lý hơn trong điều kiện địa chất cụ thể.

Ngày nay, việc tăng tốc độ di chuyển của máy khâu để nâng cao năng suất cũng là một thách thức lớn trong việc nghiên cứu răng cắt. Tăng tốc của máy đạt được khi tăng chiều cao răng, số răng trên một đường cắt, hoặc tăng vận tốc vòng quay. Tuy nhiên, việc thay đổi trên sẽ đi kèm với hàng loạt vấn đề kỹ thuật mới mà các nhà nghiên cứu cần giải quyết trong thời gian tới.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra những kết luận sau:

- Trong vỉa than có đất đá kẹp xuất hiện càng nhiều và độ kiên cố càng cao thì lượng tiêu hao răng cắt càng lớn;
- Đã xây dựng được phương trình tính toán kiểm nghiệm giới hạn bền của răng cắt trong quá trình làm việc;
- Quá trình cắt là quá trình phức tạp, tuổi thọ răng cắt phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố trong đó các yếu tố gây mòn và tải trọng đột ngột là ảnh hưởng lớn nhất đến tuổi thọ của răng. Vì vậy cần phải tìm kiếm các giải pháp làm tăng độ chống mài mòn của răng, đặc biệt vùng kim loại bao quanh đầu hợp kim cứng. Nhưng vẫn phải đảm bảo tính đàn hồi của răng trong trường hợp răng cắt làm việc với tải trọng va đập;
- Bài báo là tiền đề để cho các nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

Daolong Yang, Jianping Li, Liping Wang, Kuidong Gao, Youhong Tang & Yanxiang Wang, 2014.

Experimental and theoretical design for decreasing wear in conical picks in rotation-drilling cutting process. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer. 75: 12.

Peng S.S., 2006. *Longwall Mining*. U.S.: 2nd edition, 621 p.

Vinacomin, 2016. *Báo cáo và tham luận tổng kết công tác cơ giới hóa khai thác đào lò 2013÷2015 và định hướng đến 2020*. Quảng Ninh, 299 p.

Wen Shao, 2016. *A study of rock cutting with point attack picks*. Bachelor of Engineering, Queensland, Australia. 88-89 .

Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М., 1982. *Проектирование и конструирование горных машин и комплексов*. М. Недра, 350 с.

Крестовоздвиженский П.Д., 2011. *Повышение прочности тангенциальных поворотных резцов горных очистных комбайнов*. Дис...канд.техн.наук. Новокузнецк, 146 с.

Чупин С.А. 2016. *Повышение износостойкости поворотных резцов проходческих комбайнов для проведения выработок по породам средней крепости*. Дис...канд.техн.наук.СПб:Горный,162 с.

ABSTRACT

To research the factors that effecting to life expectancy of cutting edge in the shearer for underground mines in Vietnam

Pham Van Tien¹, Doan Van Giap¹, Nguyen Khac Linh²

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

²*Saint-Petersburg Mining University*

Complicated geological condition of the coal mines in Vietnam, and the usage of cutting edge unsuitable to characteristic of the cut object (coal seam), that cause rapidly having wasted breakdown of cutting edge (very much worn out of cutting edge), make high cost price of mining. These are major reasons that obstruct applying complex mechanisation in coal mining with usage of the shearer in underground coal mines in Vietnam. Research breaking coal process from the seam, and damage phenomenon of cutting edge in the reality of coal mines in Vietnam and the world. From that, determine the factors and major reasons lead to cause wasted breakdown of cutting edge in operating process of the shearer. Propose and petition the methods of raise the life expectancy of cutting edge in operating process.

Keywords: coal; shearer; tangent cutting edge; worn out.

Nghiên cứu mô hình hoá quá trình đưa không khí vào buồng bánh công tác, nhằm làm giảm lực hướng tâm tác động lên rôto máy bơm – tuabin thủy lực thuận nghịch hai chiều

Nguyễn Minh Tuấn^{1,*}, Nguyễn Văn Bày¹, Nguyễn Thị Nhó²

¹ Hội Khoa học kỹ thuật Máy thủy khí Việt Nam

² Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT

Bơm - tua bin thủy lực làm việc ở chế độ máy bơm, chế độ tua bin và các chế độ chuyển tiếp khác nhau (chuyển tiếp từ chế độ tuabin sang chế độ máy bơm và từ chế độ máy bơm sang chế độ tuabin). Có nhiều loại lực (lực quán ly tâm, lực khối do sinh ra do trọng lượng riêng của chất lỏng và chất khí, lực dọc trục sinh ra trong quá trình chất lỏng, chất khí chuyển động trong phần dẫn dòng của tổ máy bơm - tuabin,...), trong đó có lực hướng tâm, tác dụng lên rôto của máy. Bài báo trình bày về mô hình hoá quá trình đưa không khí vào buồng bánh công tác máy mô hình, nhằm làm giảm lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm - tua bin thủy lực, phục vụ cho tính toán, xác định lực hướng tâm tác động lên rôto máy nguyên hình.

Từ khóa: Bơm - tuabin thủy lực; lực hướng tâm; buồng bánh công tác

1. Đặt vấn đề

Máy bơm - tua bin thủy lực rất cần cho cân bằng biểu đồ năng lượng quốc gia. Hiện nay, nhiều công ty sản xuất tua bin thủy lực đã thiết kế, chế tạo các máy bơm- tua bin thủy lực (còn gọi là máy thuận nghịch hai chiều) công suất lớn, đạt tới hàng trăm mega-oat cho mỗi tổ máy. Bơm - tua bin thủy lực làm việc ở chế độ máy bơm, chế độ tua bin và các chế độ chuyển tiếp khác nhau. Có nhiều loại lực, trong đó có lực hướng tâm, tác dụng lên rôto, làm ảnh hưởng nhiều đến độ rung, độ bền và tuổi thọ của máy. Có nhiều giải pháp để làm giảm lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm - tua bin. Một trong các giải pháp đó là đưa lượng không khí hợp lý vào buồng bánh công tác của máy. Sử dụng mô hình vật lý để nghiên cứu về bơm - tua bin, sau đó, tính chuyển cho máy nguyên hình dựa trên các nguyên lý tương tự, đồng dạng của các dòng hai pha. Cần xác định mô hình hoá quá trình đưa không khí vào buồng bánh công tác máy mô hình, nhằm làm giảm lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm - tua bin thủy lực, phục vụ cho tính toán, xác định trị số lực hướng tâm tác động lên rôto máy nguyên hình.

2. Mô hình thử nghiệm máy bơm – tua bin thủy lực

Máy bơm - tua bin thủy lực mô hình dùng cho tính toán và thử nghiệm có số vòng quay đặc trưng ở chế độ máy bơm $n_{s, tb} = 240$, số vòng quay đặc trưng ở chế độ tua bin $n_{s, tb} = 215$; đường kính mép ngoài của bánh công tác $D_{ng} = 460$ mm; đường kính mép trong của các lá cánh bánh công tác $D_{tr} = 368$ mm; đường kính vòng tròn đi qua các tâm của các lá cánh hướng dòng $D_0 = 534$ mm. Số trụ đỡ, kể cả răng trụ, bằng số lá cánh hướng dòng $Z_{trụ} = Z_0 = 20$; số lá cánh bánh công tác $Z_1 = 7$. Buồng xoắn theo răng và có tiết diện hình elip. Profil lá cánh hướng dòng có dạng đối xứng. Máy bơm -tua bin có kết cấu theo sơ đồ 3 máy (động cơ điện - máy bơm tua bin thủy lực - máy phát điện), thuận lợi cho công tác thử nghiệm. Trục máy thủy lực và máy điện được nối với nhau thông qua trục các đăng. Không khí được đưa vào buồng bánh công tác máy bơm - tua bin theo 3 địa điểm khác nhau với 8 ống dẫn khí lắp vào các lỗ đó, trình bày trên hình 1:

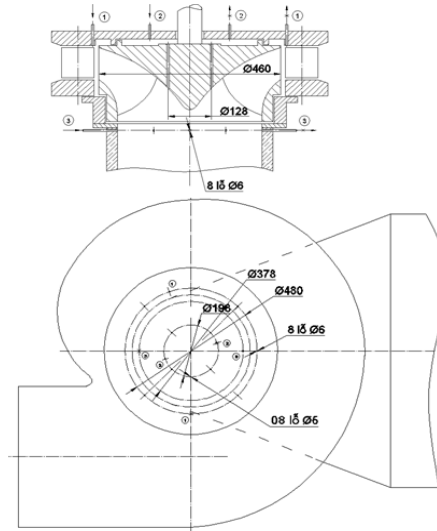
- + Theo vị trí (1) khe hở giữa bánh công tác và cánh hướng dòng;
- + Theo vị trí (2) dưới nắp trên của bánh công tác;
- + Theo vị trí (3) dưới bánh công tác (từ vỏ ống hút ở chế độ máy bơm).

Phục vụ cho thử nghiệm, xác định trị số lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm – tua bin ở các chế độ làm việc bình thường (chế độ tua bin, chế độ máy bơm, chế độ khởi động và các chế độ chuyển tiếp

* Tác giả liên hệ

Email: nguyentuancomen@gmail.com

khác). Khi đưa không khí vào buồng bánh công tác của máy, đã thiết kế, chế tạo và lắp đặt kèm theo hệ thống thiết bị cấp khí, thiết bị đo các thông số thủy lực, thông số điện và các trị số lực hướng tâm. Lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm – tua bin gồm lực hướng tâm tĩnh $P_{r,t}$ và lực hướng tâm động lực $P_{r,d}$ (trong đó, lực hướng tâm tĩnh là chủ yếu, lực hướng tâm động lực có trị số rất nhỏ), được xác định theo (1) (Nguyễn Văn Bảy, 1989).



Hình 1. Sơ đồ bố trí các địa điểm đưa không khí vào buồng bánh công tác bơm - tuabin

$$P_r = P_{r,t} + P_{r,d} \quad (1)$$

Các thành phần của lực hướng tâm có thể đưa về trường hợp đường kính mép ngoài bánh công tác máy bơm – tua bin $D_{ng} = 1$ m, với cột áp $H_1 = 1,0$ m và xác định theo công thức (2) (Nguyễn Văn Bảy, 1989):

$$P'_{r,t} = P_r / H_1 D_{ng}^2 \quad (2)$$

Ở đây, P_r – Lực hướng tâm; H_1 – Cột nước.

Thành phần tĩnh của lực hướng tâm xác định:

$$P_{r,t} = \frac{1}{T} \int_0^T P_r dt = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n P_{ri} \Delta t \quad (3)$$

Khi đưa không khí vào buồng bánh công tác máy bơm – tua bin, dù với khối lượng khí không lớn, dòng chảy trong máy sẽ là dòng hai pha với hỗn hợp nước – khí. Khi ấy, muốn tính chuyển các kết quả nghiên cứu về lực hướng tâm tác dụng lên rôto máy bơm – tua bin trên mô hình sang thực tế nguyên hình, cần đảm bảo các tiêu chuẩn tương tự đồng dạng với môi trường hỗn hợp dòng hai pha nước – khí.

3. Các tiêu chuẩn mô hình hóa

Dùng các ký hiệu: 1 – thành phần nặng (pha nặng – nước), 2 – thành phần nhẹ (pha nhẹ – không khí), h – môi trường hai pha (hỗn hợp), T – máy thực tế, M – máy mô hình.

Tỷ lệ thể tích không khí trong hỗn hợp khí – nước:

$$\alpha = \frac{q_2}{q_1 + q_2} \quad (4)$$

Ở đây, q_1 và q_2 – lưu lượng thể tích của nước và không khí

Vận tốc dòng chảy các pha: $V_1 = q_1/F_1$, $V_2 = q_2/F_2$, với diện tích tức thời của tiết diện nước và không khí F_1 và F_2 .

Vận tốc trượt pha: $V_{10} = V_1 - V_2$ và $V_{20} = \varphi \cdot V_2$; vận tốc của dòng hai pha $V_{b0} = (V_{10} + \rho \cdot V_2)$ với lượng khí thực tế tại điểm xem xét $\rho = \left| F_2 / F \right|_{F \rightarrow 0}$ (F – tiết diện chung của hỗn hợp). Với tỷ trọng của các pha $\bar{\rho} = \rho_2 / \rho_1$, xác định vận tốc tuyệt đối của hỗn hợp $V_h = V_{10} + V_{20}$.

Deich M. và Philiov G dựa trên cơ sở hệ phương trình vi phân chuyển động không dừng của dòng hai pha đã rút ra được 9 tiêu chuẩn đồng dạng. Nghiên cứu ứng dụng cho máy thủy lực bằng cách thay pha hơi bằng pha nước, “pha bọt gián đoạn” bằng không khí. Khi ấy, có thể giả thiết: 1 – Dòng hai pha là hỗn hợp của nước và các bọt khí hòa tan trong nước; 2 – Không khí lý tưởng; 3 – Dòng chảy không dừng một

chiều; 4 – Bỏ qua tác dụng tương hỗ giữa các bọt khí; 5 – Về lực tương hỗ giữa các pha, chỉ quan tâm đến lực nhớt và lực dọc theo gradien dòng chảy; 6 – Nhiệt độ khối khí đều nhau; 7- Bỏ qua sức nén của nước.

Các tiêu chuẩn đồng dạng của mô hình dòng hai pha sẽ là:

a) *Chuẩn số Raynold cho các pha nặng (nước) và pha nhẹ (khí)* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$Re_1 = \rho_1 \cdot V_1 \cdot L_1 / \mu_1, Re_2 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot L_2 / \mu_2, \quad (5)$$

với L_1, L_2 – kích thước đặc trưng ; μ – độ nhớt động lực.

b) *Chuẩn số Max đặc trưng bởi ảnh hưởng của môi trường nén được, xác định tỷ số giữa động năng và thế năng của của chuyển động có định hướng* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$M_1 = V_1/a_1, M_2 = (V_1 - V_2)/a_2, \quad (6)$$

với a_1, a_2 – vận tốc tiếng động của các pha.

c) *Chuẩn số Ö le biểu thị quan hệ giữa các ứng lực pháp tuyến ở các pha và sự thay đổi đối lưu khối lượng chuyển động* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$E_{u1} = (p_1/\rho_1) \cdot V_1^2, E_{u2} = (p_2/\rho_2) \cdot V_2^2, \quad (7)$$

Với p_1, p_2 – áp suất tĩnh các pha.

Nếu môi trường nén là lý tưởng và đồng nhất thì chuẩn số Ö le: $E_{u2} = (K \cdot V_2^2)^{-1}$,

Với K – hệ số đường thẳng Entropi của không khí.

d) *Chuẩn số Frud xác định tỷ số giữa các lực quán tính (lực do dòng chất lỏng chuyển động trong phần dẫn dòng dưới tác động của chuyển động quay của bánh công tác bơm - tuabin và các lực khối lượng của từng pha (lực sinh ra do trọng lượng riêng của pha khí và pha lỏng)* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$F_{r1} = V_1^2/gL_1, F_{r2} = V_2^2/gL_2 \quad (8)$$

e) *Chuẩn số Vêber xác định cho pha nhẹ, biểu thị tỷ số giữa các lực pháp tuyến của sự giãn nở bề mặt và các lực quán tính* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$W_{e2} = \rho_2 (V_1 - V_2) L_2 / \sigma \quad (9)$$

Hệ số σ là sức căng mặt ngoài của môi trường.

f) *Chuẩn số Struckhal xác định tỷ số giữa các sự dịch chuyển không dừng và đối lưu của khối lượng chuyển động* (Deich M., Philipov G., 1987):

$$Sh_1 = L_1/V_1 T_1, Sh_2 = L_2/V_2 T_2 \quad (10)$$

T_1, T_2 là thời gian của các pha.

Sự trao đổi khối lượng nhiệt giữa các pha không đáng kể, do vậy, không cần quan tâm đến chuẩn số Praldô, Pekle và Nucelt (Deich M., Philipov G., 1987; Kutachelaze C., Nakoriakov B, 1989).

Khi trị số cột nước (H) và đường kính bánh công tác của máy mô hình tương đương với máy thực tế nguyên hình, việc đảm bảo các yêu cầu mô hình hóa rất đơn giản. Trong trường hợp có sự khác biệt lớn ($H_T \gg H_M$), thường dẫn đến sự chênh lệch của chuẩn số Raynold ($Re_{1T} \gg Re_{1M}$). Tuy nhiên, với trị số đủ lớn $[Re_{1}]_{\min} = 2 \cdot 10^5$, độ nhám bề mặt phần dẫn dòng (pha nặng) ảnh hưởng đến lực cản hay tổn thất cột áp tương đối của máy thực và mô hình gần như nhau; nghĩa là, cả hai máy đều làm việc trong vùng tự động mô hình.

Đối với pha nhẹ, hệ số Raynold là hằng số $Re_{2T} = Re_{2M}$, trong điều kiện không đổi của tốc độ trượt pha:

$$\rho_{2T} \cdot d_{nT} = \rho_{2M} \cdot d_{nM} \quad (11)$$

Ở đây, d_{nM}, d_{nT} – đường kính các bọt khí trong vùng bánh công tác bơm – tua bin mô hình và máy thực; tỷ trọng pha nhẹ ρ_{2T}, ρ_{2M} . Trong điều kiện cột áp ở mô hình nhỏ hơn so với máy thực tế, ta có quan hệ

$d_{nM} > d_{nT}$ và tương tự $\rho_{2T} > \rho_{2M}$ (Deich M., Philipov G., 1981; Uolis G., 1972). Điều đó cho phép thực hiện được điều kiện của biểu thức (8). Với đường kính bọt khí là kích thước đặc trưng cũng như hệ số Raynold Re_2 và nhiệt độ nước không đổi (nhiệt độ nước ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí), ta sẽ có đẳng thức $W_{e2M} = W_{e2T}$. Khi ấy, sức căng mặt ngoài của pha nhẹ không đổi $\sigma = 7,29 \cdot 10^{-2}$ N/m với nhiệt độ $T^0 = 20^\circ\text{C}$ và áp suất $p = 9,81$ N/m².

Tóm lại, nếu $H_T \gg H_M$, với chế độ làm việc khác nhau của máy, ta đưa không khí vào buồng bánh công tác có thể đạt được các yêu cầu của các chuẩn đồng dạng Raynold, Veber, Ö le, Struckhal, Frud theo mức độ cần thiết khác nhau. Điều đó cho phép tính chuyển các kết quả nghiên cứu ở phạm vi mô hình sang điều kiện thực tế nguyên hình.

4. Phương pháp tính chuyển từ mô hình sang nguyên hình

Không khí đưa vào buồng bánh công tác là môi trường nén được. Tiêu chuẩn Max đặc trưng cho chế độ nén đó. Mặt khác, không khí hòa vào nước sẽ làm giảm nhanh vận tốc truyền âm của nước, đồng thời, làm giảm giá trị cho phép của chuẩn số Max. Hiện tượng vật lý của hai pha sẽ thay đổi, phụ thuộc vào mật độ khí. Theo kinh nghiệm, ta đưa tỷ lệ lượng khí vào máy không lớn: $G = q_2/q_1 < 10\%$. Chế độ chuyển động của dòng hai pha trong máy bơm – tua bin là đẳng nhiệt (Nguyễn Văn Bày, 1989; Kutachelaze C., Nakoriakov B., 1989; Uolis G., 1972). Khi ấy, đẳng thức xác định chuẩn số Max đối với dòng hỗn hợp

hai pha $M_{hM} = M_{hT}$ sẽ có dạng (12):

$$\frac{V_{hM}}{a_{hM}} = \frac{V_{hT}}{a_{hT}} \quad (12)$$

Vì lượng khí được vào vùng bánh công tác ít, do đó, các bọt khí có kích thước không lớn (một vài milimet); tỷ trọng của chúng nhỏ gấp nhiều lần so với tỷ trọng của nước. Ta coi môi trường là đồng nhất, bởi vậy, có thể xác định vận tốc truyền âm theo phương trình A. Vut (Uolis G., 1972):

$$a_h^2 = \left\{ [\alpha \rho_2 + (1 - \alpha) \rho_1] \left[\frac{\alpha}{\rho_2} a_2^2 + \frac{1 - \alpha}{\rho_1} C_1^2 \right] \right\}^{-1} \quad (13)$$

Với $1 < 0,003$, sẽ có:

$$a_h = \frac{a_2}{\left[\frac{(1 - \alpha) F_1}{F_1} \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (14)$$

Mối quan hệ giữa hai đại lượng tỉ lệ khí chứa trong nước (G) và trong hỗn hợp (α) (Nguyễn Văn Bày, 1989):

$$\alpha = \frac{G}{1 + G} \quad (15)$$

Ta sẽ có:

$$a_h = \frac{a_2}{\left[\frac{G F_1}{1 + G F_1} \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (16)$$

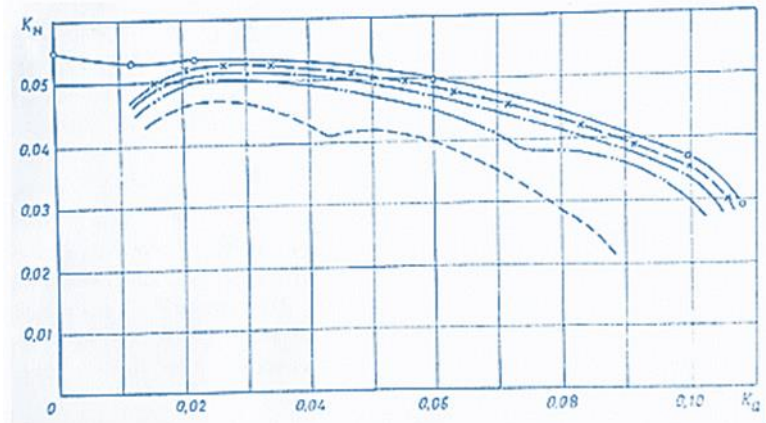
Với quá trình đẳng nhiệt vận tốc truyền âm sẽ là $a_2 = (R_2 T)^{1/2}$, trong đó, $R_2 = 287$ – hằng số khí của không khí với áp suất $p = 0,101$ Pa và nhiệt độ $t = 0^\circ \text{C}$.

T – nhiệt độ dòng nhiệt tuyệt đối: $T = (t + T_0)$, với t là nhiệt độ động học $^\circ \text{C}$ và T_0 là nhiệt độ ban đầu ($T_0 = 273 \text{K}$).

Cách tính chuyển kết quả nghiên cứu ở mô hình vật lý cho máy thực tế nguyên hình theo trình tự:

Xác định vận tốc chuyển động của dòng hai pha trên mô hình (V_{hM}) tại điểm đưa không khí vào buồng bánh công tác và vận tốc truyền âm trong hỗn hợp (a_{hM}).

Tính chuẩn số Max: $M_{hT} = M_{hM} / a_{hM}$. Bằng các tính toán hay đo đạc trực tiếp, sẽ xác định được vận tốc dòng hỗn hợp hai pha trên máy bơm – tua bin thực tế nguyên hình (V_{hT}) ở chế độ tương tự. Thay vào (12), xác định được vận tốc truyền âm của hỗn hợp (a_{hT}). Theo công thức (16), tìm được trị số không khí cần đưa vào máy thực tế (G_T). Các tính toán thực hiện theo chương trình máy tính và kết quả trình bày trên hình 2 về ảnh hưởng của lượng khí đối với đặc tính làm việc của máy bơm – tua bin.



Hình 2. Ảnh hưởng của lượng khí đối với đặc tính làm việc của máy bơm – tua bin

—○—○— : $G = 0$, —x—x— : $G = 0,02$, — · — · — : $G = 0,04$
 — · — · — : $G = 0,06$ và — — — — : $G = 0,08$

5. Kết luận

- Lực thủy động hướng tâm với trị số lớn xuất hiện do sự mất đối xứng của trường dòng tại cửa vào và cửa ra buồng bánh công tác máy bơm – tua bin kiểu tâm trục. Đây là một trong những lực chủ yếu tác dụng lên rô to và gây rung động mạnh, tiếng ồn lớn, dẫn đến sự hỏng nhanh của máy. Có thể làm giảm lực hướng tâm này bằng cách đưa không khí vào buồng bánh công tác.

- Bằng thực nghiệm trên mô hình, có thể xác định vị trí, kích thước lỗ và lưu lượng không khí với áp suất phù hợp vào buồng bánh công tác. Lượng khí đưa vào quá ít sẽ không đem lại hiệu quả, nếu quá nhiều sẽ gây nên hiện tượng xâm thực nhanh. Xác định được lượng khí thích hợp tối ưu sẽ cho tác dụng giảm đáng kể lực hướng tâm ($T < 10\%$). Đây là vấn đề mới, phức tạp.

- Với môi trường chất lỏng hỗn hợp khí nước (dòng hai pha), cần đảm bảo các tiêu chuẩn tương tự, đồng dạng (các chuẩn số Re, M, Eu, We và Sh) trong máy bơm – tua bin để tính chuyển các kết quả nghiên cứu trên phạm vi mô hình cho máy thực tế.

- Đã xây dựng được công thức tính chuyển trị số lượng khí tối ưu cần đưa vào máy thực tế nguyên hình, nhằm làm giảm lực thủy động hướng tâm tác dụng lên rô to, làm tăng tuổi thọ và chất lượng máy bơm – tua bin. Đây là phương pháp mô hình hóa quá trình đưa không khí vào buồng dẫn bánh công tác máy bơm – tua bin đã cho kết quả với độ chính xác khá cao. Trong thực tế thời gian qua, phương pháp này đã và đang được ứng dụng đạt hiệu quả tốt đối với các máy bơm - tua bin, cũng như ứng dụng cho các bơm ly tâm, hỗn lưu và các tua bin tâm trục công suất lớn ở Nga.

Tài liệu tham khảo

Deich M., Philipov G., 1987. *Dòng hai pha trong các bộ phận máy năng lượng nhiệt*. Nhà xuất bản năng lượng, Moskva (tiếng Nga).

Deich M., Philipov G. 1981. *Khí động lực môi trường hai pha*. Nhà xuất bản năng lượng, Moskva, (tiếng Nga).

Kutachelaze C., Nakoriakov B. 1989. *Trao đổi khối lượng nhiệt và song trong các hệ thống khí – nước*. Nhà xuất bản Khoa học, Novosibirsk (tiếng Nga).

Nguyễn Văn Bày, 1989. *Biện pháp đưa không khí vào buồng bánh công tác máy bơm - tua bin tỷ tốc cao kiểu tâm trục, nhằm giảm lực hướng tâm tác dụng lên rô to*. Luận án PTS KHK, Leningrad (tiếng Nga).

Uolis G. 1972. *Những dòng hai pha một chiều*. Nhà xuất bản Hòa Bình, Moskva (tiếng Nga).

ABSTRACT

Study to model the process of introducing air into the impellerbox, in order to reduce the centripetal force on the hydraulic pump - turbine

Nguyen Minh Tuan¹, Nguyen Van Bay¹, Nguyen Thi Nho²

¹ Vietnam fluid power association

² Thuyloi University

Hydraulic Pumps - turbines work in pump mode, turbine mode and various transition modes. There are many types of forces, including centripetal forces, affect the rotor of the machine. This paper presents the modeling of the process of introducing air into the modeling impellerbox, in order to reduce the centripetal force applied to the hydraulic pump - turbine, to calculate and determine the directional force impact on the rotor of the machine.

Keywords: Hydraulic pumps – turbines, centripetal forces, impellerbox.

Thiết lập phương trình động lực học của máng cào

Nguyễn Văn Xô^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

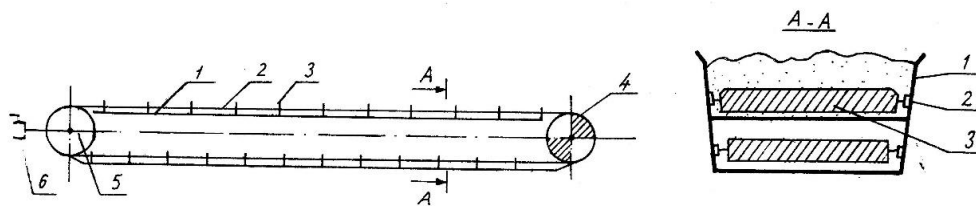
TÓM TẮT

Máng cào là thiết bị được dùng rộng rãi trong lĩnh vực khai thác hầm lò để vận chuyển vật liệu, tuy nhiên năng suất của máng cào vẫn còn hạn chế bởi vì nó phụ thuộc vào nhiều tham số (công nghệ, hình học, động học, động lực học...), việc tìm ra giá trị hợp lý của các tham số đó để máng cào làm việc cho năng suất cao và tuổi thọ lâu bền là hết sức quan trọng. Trong bài viết này tác giả đi sâu vào nghiên cứu thiết lập phương trình động lực học của máng cào. Kết quả thu được có thể là cơ sở cho các nhà khoa học tham khảo trong quá trình nghiên cứu, tính toán thiết kế, chế tạo để nâng cao năng suất và tuổi thọ cho máng cào.

Từ khóa: máng cào; động lực học; năng suất; tuổi thọ

1. Đặt vấn đề

Máng cào là thiết bị vận tải liên tục, vật liệu được vận chuyển theo máng cố định 1 nhờ xích kéo 2 có gắn thanh gạt 3. Xích kéo được truyền từ động cơ qua hộp giảm tốc đến đĩa xích dẫn động 4 và được kéo căng nhờ thiết bị kéo căng 6 nối với trục của đĩa xích dẫn hướng 5 như hình 1 (Nguyễn Văn Kháng, 2005).



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý làm việc của máng cào

Hiện tại máng cào được dùng rất phổ biến ở trong và ngoài nước (马彩霞, 张建德, 呼如升, 2006), vì nó có ưu điểm là năng suất vận tải ổn định, ít bị phụ thuộc vào độ ẩm và kích thước cục vật liệu kết cấu đơn giản dễ thay đổi chiều dài làm việc, có khả năng quá tải lớn và có thể làm giá đỡ cho máy khâu than (张树齐, 赵聪, 2008), tuy nhiên máng cào còn một số nhược điểm là máng xích chóng mòn, xích máng cào có thể bị đứt trong quá trình làm việc, khối lượng kim loại trên một đơn vị chiều dài của thiết bị lớn, tiêu hao điện năng tương đối cao vì sức cản chuyển động lớn, tải trọng động khi máy làm việc lớn (谢锡纯, 李晓豁, 2000).

Có rất nhiều tham số ảnh hưởng đến khả năng làm việc và tuổi thọ của máng cào, làm thế nào để thiết kế hợp lý các thông số của máng cào để cho máy làm việc có hiệu quả là hết sức cần thiết, vì vậy trong bài viết này tác giả đi sâu vào nghiên cứu để xây dựng phương trình động lực học của máng cào (thiết lập mối quan hệ giữa các thông số: vận tốc, gia tốc, khối lượng, độ cứng của xích, lực cản, lực phát động...)

2. Xây dựng mô hình động lực học và thiết lập phương trình động lực học của máng cào

Để nghiên cứu về động lực học của máng cào có 3 phương pháp chính (方同, 薛璞, 2000; Undegey at all; Guangbu Li at all, 2003):

- **Phương pháp truyền thống:** phương pháp này coi toàn bộ máng cào là vật thể cứng và toàn bộ khối lượng của máng sẽ tập trung ở đĩa xích, sau đó sử dụng định luật 2 Newton để xây dựng phương trình động lực học của máng. Phương pháp này đơn giản tuy nhiên khi máng cào có vận tốc cao, chiều dài làm việc lớn thì sử dụng phương pháp này sẽ có sai số lớn và có thể không thể giải được.

- **Phương pháp lý thuyết sóng đàn hồi:** phương pháp này coi máng cào là vật thể có tính đàn hồi từ đó thiết lập phương trình vi phân của máng cào. Phương pháp này có nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp truyền thống, tuy nhiên đối với mô hình phức tạp thì khi sử dụng phương pháp này sẽ gặp nhiều khó khăn đôi lúc không thể giải được.

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvanxo@humg.edu.vn

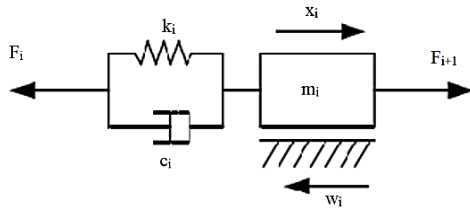
- **Phương pháp số:** phương pháp này chia máng cào ra thành các phần tử, sau đó thiết lập phương trình vi phân của từng phần tử đó và sử dụng máy tính để giải. Đối với phương pháp này tính toán nhanh, độ chính xác cao, kết quả có thể được hiển thị trực tiếp bằng đồ thị hoặc mô hình động và đặc biệt có thể giải được đối với những mô hình phức tạp. Đây cũng là phương pháp mà tác giả sử dụng để thực hiện trong nghiên cứu của mình.

2.1. Xây dựng mô hình động lực học của máng cào

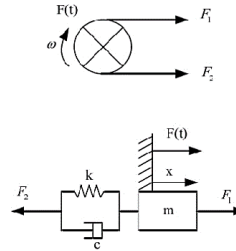
Trên cơ sở nguyên lý làm việc của máng cào và một số giả thiết như sau:

- Trong quá trình máng cào làm việc chỉ có biến dạng của xích mà không có biến dạng của máng;
- Vật liệu được phân bố đều trong đoạn nhận tải;
- Đoạn xích vòng qua đĩa được xem như vật thể cứng.

Tác giả tiến hành xây dựng mô hình động lực học của máng cào bằng cách: chia nhánh có tải thành l phần tử (có thứ tự từ 1 đến l) và nhánh không tải thành $(n-l)$ phần tử (có thứ tự từ $l+1$ đến n). Theo Kelvin - Vogit (Nuttall A J G, 2007) thì mô hình động lực học của mỗi phần tử trên các nhánh có dạng như hình 2, còn bộ phận đĩa xích thì có mô hình động lực học như hình 3.



Hình 2. Mô hình động lực học của mỗi phần tử trên nhánh có tải và không tải



Hình 3. Mô hình động lực học của đĩa xích

trong đó:

m_i - khối lượng của phần tử thứ i , kg;

k_i - độ cứng của phần tử thứ i ;

c_i - giảm chấn của phần tử thứ i ;

w_i - lực cản chuyển động trên phần tử thứ i , N;

x_i - vị trí của phần tử, m;

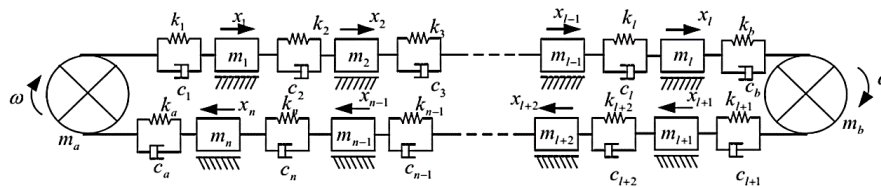
F_i, F_{i+1} - lực kéo hai đầu mà phần tử i nhận được, N;

m - khối lượng quy đổi của đĩa xích (khối lượng quy đổi tại mỗi đầu là m_a, m_b), kg;

F_1, F_2 - lực căng nhánh ra và nhánh vào của đĩa xích, N;

$F(t)$ - lực phát động của đĩa dẫn động, N;

Từ sơ đồ nguyên lý làm việc của máng cào (hình 1) và mô hình động lực học (hình 2, hình 3) ta xây dựng được mô hình động lực học của máng cào như hình 4:



Hình 4. Mô hình động lực học của máng cào

Trong đó:

$$m_i = \frac{(q_i + q_o)L}{l}; w_i = m_i g \omega_{zh}, i = 1, \dots, l;$$

$$m_j = \frac{q_o L}{n-l}; w_j = m_j g \omega_k, j = l+1, l+2, \dots, n;$$

$$m_a = m_b = m_G;$$

$$k_i = \frac{EB_i l}{L}; c_i = \frac{EB_i l \tau}{L}; i = 1, 2, \dots, l, a;$$

$$k_j = \frac{EB_i (n-l)}{L}; c_j = \frac{EB_i (n-l) \tau}{L}; j = l+1, l+2, \dots, n, b;$$

$$B_i = F_{i+1} - F_i ;$$

L - chiều dài làm việc của máng cào, m;

l - số phần tử của nhánh có tải;

(n - l) - số phần tử của nhánh không tải;

q_o, q_i - trọng lượng của xích và vật liệu trên một đơn vị độ dài, kg;

m_G - trọng lượng tương đương của đĩa xích, kg;

ω_{zh}, ω_k - hệ số lực cản chuyển động của vật liệu và xích trên bề mặt máng (tra bảng);

E - mô đun đàn hồi của vật liệu (tra bảng);

τ - hằng số nhớt đàn hồi: $\tau = \eta / E$;

η - độ nhớt đàn hồi (tra bảng).

2.2. Thiết lập phương trình động lực học của máng cào

Theo phương trình Lagrange loại 2 (Nguyễn Văn Khang, 2012) thì phương trình động lực học tổng quát của cơ hệ có dạng như sau:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial x_i} \right) = - \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_i} + Q_i^* \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

trong đó:

T - động năng của hệ;

Π - thế năng của hệ;

Φ - hàm hao tán của hệ;

x_i - tọa độ suy rộng;

Q_i^* - lực suy rộng ứng với các lực không thế.

Áp dụng phương trình (1) vào mô hình động lực học của máng cào ở hình 4 ta có:

Động năng của máng cào T:

$$T = \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_l \dot{x}_l^2 + \frac{1}{2} m_b \dot{x}_b^2 + \frac{1}{2} m_{l+1} \dot{x}_{l+1}^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n \dot{x}_n^2 + \frac{1}{2} m_a \dot{x}_a^2 \quad (2)$$

Thế năng của máng cào Π :

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{1}{2} k_1 (x_1 - x_a)^2 + \frac{1}{2} k_2 (x_2 - x_1)^2 + \dots + \frac{1}{2} k_l (x_l - x_{l-1})^2 \\ & + \frac{1}{2} k_b (x_b - x_l)^2 + \frac{1}{2} k_{l+1} (x_{l+1} - x_l)^2 + \frac{1}{2} k_a (x_a - x_1)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Hàm hao tán của hệ Φ :

$$\begin{aligned} \Phi = & \frac{1}{2} c_1 (\dot{x}_1^2 - \dot{x}_a^2) + \frac{1}{2} c_2 (\dot{x}_2^2 - \dot{x}_1^2) + \dots + \frac{1}{2} c_l (\dot{x}_l^2 - \dot{x}_{l-1}^2) + \frac{1}{2} c_b (\dot{x}_b^2 - \dot{x}_l^2) \\ & + \frac{1}{2} c_{l+1} (\dot{x}_{l+1}^2 - \dot{x}_l^2) + \frac{1}{2} c_n (\dot{x}_n^2 - \dot{x}_{n-1}^2) + \frac{1}{2} c_a (\dot{x}_a^2 - \dot{x}_n^2) \end{aligned} \quad (4)$$

Lực suy rộng ứng với các lực không thế tại hai đầu máng cào Q_{x_a}, Q_{x_b} :

$$Q_{x_a} = Q_{x_b} = F(t) \quad (5)$$

Thay công thức (2), (3), (4) và (5) vào (1) và biến đổi ta được phương trình động lực học của máng cào như sau:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + k_1 (x_1 - x_a) + c_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_a) + k_2 (x_1 - x_2) + c_2 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + w_1 = 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) + c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_3 (x_2 - x_3) + c_3 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + w_2 = 0 \\ \dots \dots \dots \\ m_l \ddot{x}_l + k_l (x_l - x_{l-1}) + c_l (\dot{x}_l - \dot{x}_{l-1}) + k_b (x_l - x_b) + c_b (\dot{x}_l - \dot{x}_b) + w_l = 0 \\ m_{l+1} \ddot{x}_{l+1} + k_{l+1} (x_{l+1} - x_b) + c_{l+1} (\dot{x}_{l+1} - \dot{x}_b) + k_{l+2} (x_{l+1} - x_{l+2}) + c_{l+2} (\dot{x}_{l+1} - \dot{x}_{l+2}) + w_{l+1} = 0 \\ \dots \dots \dots \\ m_n \ddot{x}_n + k_n (x_n - x_{n-1}) + c_n (\dot{x}_n - \dot{x}_{n-1}) + k_a (x_n - x_a) + c_a (\dot{x}_n - \dot{x}_a) + w_n = 0 \\ m_a \ddot{x}_a + k_a (x_a - x_n) + c_a (\dot{x}_a - \dot{x}_n) + k_l (x_a - x_l) + c_l (\dot{x}_a - \dot{x}_l) = F(t) \\ m_b \ddot{x}_b + k_b (x_b - x_l) + c_b (\dot{x}_b - \dot{x}_l) + k_{l+1} (x_b - x_{l+1}) + c_{l+1} (\dot{x}_b - \dot{x}_{l+1}) = F(t) \end{cases} \quad (6)$$

Phương trình (6) có thể được viết dưới dạng như sau:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} + \{W\} = \{F\} \quad (7)$$

Trong đó:

M - ma trận khối lượng của máng cào;

C - ma trận giảm chấn của máng cào;

K - ma trận độ cứng của máng cào;

W - véc tơ lực cân của máng cào;

F - véc tơ ngoại lực của máng cào;

X, \dot{X} , \ddot{X} - véc tơ vị trí, gia tốc, vận tốc của máng cào.

$$\{X\} = \{x_1, x_2, \dots, x_n, x_a, x_b\}^T \quad (8)$$

$$\{\dot{X}\} = \{\dot{x}_1, \dot{x}_2, \dots, \dot{x}_n, \dot{x}_a, \dot{x}_b\}^T \quad (9)$$

$$\{\ddot{X}\} = \{\ddot{x}_1, \ddot{x}_2, \dots, \ddot{x}_n, \ddot{x}_a, \ddot{x}_b\}^T \quad (10)$$

$$\{W\} = \{w_1, w_2, \dots, w_n, 0, 0\}^T \quad (11)$$

$$\{F\} = \{F_1, F_2, \dots, F_n, F_a, F_b\}^T \quad (12)$$

$$F_1 = F_2 = \dots = F_n = 0; F_a = F_b = F(t) \quad (13)$$

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & & & & & \\ & m_2 & & & & \\ & & \ddots & & & \\ & & & m_n & & \\ & & & & m_a & \\ & & & & & m_b \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & & & & -k_l \\ & -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & & \\ & & & -k_l & k_l + k_b & \\ & & & & k_{l+1} + k_{l+2} & -k_{l+2} \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & -k_n & k_n + k_a & -k_a \\ -k_l & & & & & & -k_a & k_a + k_l \\ & & & -k_b & -k_{l+1} & & & k_b + k_{l+1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$[C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & & & & -c_l \\ & -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & & \\ & & & -c_l & c_l + c_b & \\ & & & & c_{l+1} + c_{l+2} & -c_{l+2} \\ & & & & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & & & -c_n & c_n + c_a & -c_a \\ -c_l & & & & & & -c_a & c_a + c_l \\ & & & -c_b & -c_{l+1} & & & c_b + c_{l+1} \end{bmatrix} \quad (16)$$

3. Kết quả và thảo luận

Trong bài viết của mình tác giả chỉ ra các vấn đề còn tồn tại của máng cào trong quá trình sử dụng đó là năng suất và tuổi thọ của máng vẫn còn hạn chế vì nó phụ thuộc vào nhiều tham số trong quá trình máy làm việc (vận tốc, gia tốc, khối lượng, độ cứng của xích, lực cân, lực phát động...).

Để giải quyết vấn đề này ta phải thiết lập được mối quan hệ giữa các tham số ý, từ đó mới có cơ sở để tính toán lựa chọn hợp lý bộ giá trị cho các thông số đó. Trong nghiên cứu của mình tác giả đã chỉ ra 3 phương pháp chính để nghiên cứu về động lực học của máng cào (phương pháp truyền thống, phương pháp lý thuyết sóng đàn hồi, phương pháp số) và phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp.

Trên cơ sở đó và dựa vào mô hình thực của máng cào tác giả lựa chọn phương pháp số để giải: bằng cách xây dựng mô hình động lực học của máng cào, sau đó sử dụng phương trình Lagrange loại 2 để thiết lập phương trình động lực học và cho kết quả là phương trình động lực học của máng cào như công thức 6 hoặc công thức 7.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được phương trình động lực học cho máng cào tức là thiết lập được mối quan hệ giữa các đại lượng (vận tốc, gia tốc, khối lượng, độ cứng của xích, lực cản, lực phát động...) đó là những đại lượng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và tuổi thọ của máy.

Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở cho các nhà khoa học tham khảo trong việc tính toán thiết kế lựa chọn các thông số tối ưu cho máng cào đảm bảo máy làm việc có năng suất cao, ổn định và bền lâu.

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn Văn Khang, 2012. *Cơ học kỹ thuật*, Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- Nguyễn Văn Khang, 2005. *Máy & tổ hợp thiết bị vận tải mỏ*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, trang 131 – 158.
- Guangbu Li, P.R, 2003. *Belt conveyor dynamic behavior and associated problem*. Bulk solids handling, 5: 322-327.
- Nuttall A J G, 2007. *Dynamics of multiple drive belt conveyor systems*. Particle and particle systems characterization, 24(5): 365-369.
- Undegey, V.R, CariaPa, Wenzel, T.H.Moussa, 2001. *B. Chain pull force characteristics when conveying cement clinker in a drag chain conveyor*. Bulk Solids Handling, 321-328.
- 马彩霞, 张建德, 呼如升, 2006. 我国刮板输送机发展的现状分析, 煤炭技术, 7: 11-12.
- 张树齐, 赵聪, 2008. 刮板输送机运行阻力的分析计算, 矿业研究与开发, 8(4): 30-32
- 谢锡纯, 李晓豁, 2000. 矿山机械与设备[M].徐州, 中国矿业大学出版社.
- 方同, 薛璞, 2000. 振动理论及应用, 西北工业大学出版社.

ABSTRACT

Building the dynamics equation of scraper conveyor

Nguyen Van Xo ¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Scraper conveyor is widely used in the field of transportation to transport materials, but the productivity of the rake is limited because it depends on many parameters (technology, geometry, kinematics, dynamics,...). How to find the fair value of these parameters so that scraper conveyor works for high productivity and longevity is very important. In this article the authors delve into the research building the dynamic equation of scraper conveyor. Results can be the basis for the scientists refer to the process of research, design calculations, engineered to improve productivity and longevity for scraper conveyor.

Keywords: scraper conveyor; dynamics; productivity; longevity

Phân tích chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc

Nguyễn Văn Xô^{1,*}, Phạm Đức Thiên¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

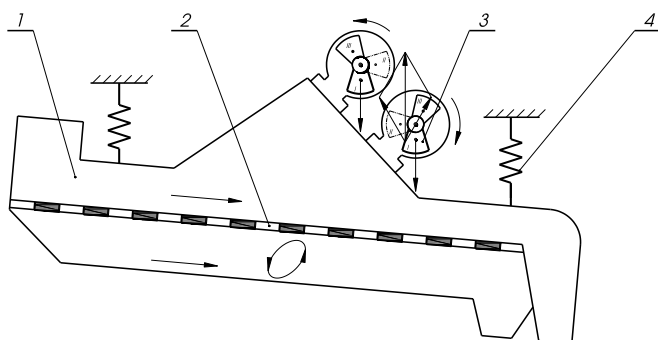
TÓM TẮT

Chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất của máy sàng. Muốn nâng cao hiệu suất cho máy sàng thì việc phân tích chuyển động của vật liệu trên mặt sàng để tìm ra các giá trị hợp lý của các thông số là cần thiết. Trong bài báo này nhóm tác giả đi sâu vào phân tích chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc, từ đó thiết lập được quan hệ của các thông số (vận tốc v , xác suất lọt sàng của hạt vật liệu $P(A)$,...), sau đó ứng dụng phần mềm Matlab xây dựng được quan hệ giữa độ hạt tương đối của hạt vật liệu (d/L) và góc nghiêng của mặt sàng trong trường hợp vật liệu không thể lọt qua được (α_c). Kết quả nghiên cứu là cơ sở để các nhà khoa học tham khảo trong quá trình nghiên cứu, tính toán thiết kế, chế tạo để nâng cao hiệu suất cho máy sàng rung.

Từ khóa: máy sàng rung; chuyển động; hiệu suất

1. Đặt vấn đề

Sàng rung là một loại máy phân loại, nó được sử dụng để chia tách vật liệu dạng cục rời đủ loại thành các loại hạt có kích cỡ khác nhau nhờ các mặt lưới sàng và được sử dụng nhiều trong các nhà máy sàng tuyển (张文斌, 张龙全等, 2009). Sơ đồ nguyên lý làm việc như hình 1 gồm thuyền sàng 1 có lưới sàng 2 được treo ngang (hoặc hơi nghiêng) trên các gối tựa đàn hồi kiểu lò xo 4 và trên thuyền sàng lắp bộ gây rung 3. Khi gộp gây rung 3 làm việc sẽ tạo ra lực kích dao động làm cho thuyền sàng rung và thực hiện quá trình sàng.



- 1- thuyền sàng;
- 2- lưới sàng;
- 3- bộ gây rung;
- 4- lò xo.

Hình 1. Sơ đồ nguyên lý làm việc của sàng rung

Hiện tại đã có rất nhiều nghiên cứu về máy sàng rung ở trong và ngoài nước (王勇, 2009; 郭年琴, 匡永江, 2009; 石剑锋, 2009), tuy nhiên làm thế nào để nâng cao hiệu suất cho máy thì còn là vấn đề hết sức nan giải vì hiệu suất của máy phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc tính vật liệu (độ ẩm, hàm lượng bùn, cỡ hạt, khối lượng riêng); chuyển động của vật liệu trên mặt sàng; kết cấu mặt lưới sàng;... (晏静江, 2007). Trong đó chuyển động của hạt vật liệu trên bề mặt sàng trong quá trình máy làm việc là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của máy sàng rung. Vì vậy trong bài viết này nhóm tác giả tập trung đi vào nghiên cứu các dạng chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy làm việc để xây dựng công thức tính tốc độ chuyển động của hạt vật liệu (v), xác suất lọt sàng của hạt vật liệu $P(A)$; và thiết lập mối quan hệ giữa độ hạt tương đối của hạt vật liệu (d/L) và góc nghiêng của mặt sàng trong trường hợp vật liệu không thể lọt qua được (α_c).

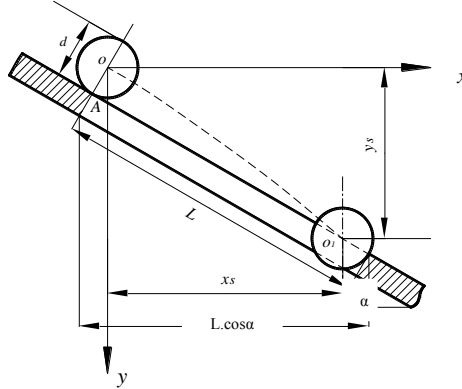
* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvanxo@humg.edu.vn

2. Chuyển động của vật liệu trên mặt sàng trong quá trình sàng

Chuyển động của vật liệu trên mặt sàng được chia làm 3 dạng: vật liệu chuyển động ném theo phương song song với mặt sàng, vật liệu chuyển động vuông góc với mặt sàng, vật liệu chuyển động xiên với mặt sàng.

2.1. Vật liệu chuyển động ném theo phương song song với mặt sàng



Hình 1. Mô hình vật liệu chuyển động ném theo phương song song với mặt sàng

Mô hình vật liệu chuyển động ném theo phương song song với mặt sàng như hình 1, trong đó:

d - đường kính hạt vật liệu;

L - kích thước lỗ sàng;

α - góc nghiêng của mặt sàng;

v - vận tốc của hạt vật liệu.

Khi hạt vật liệu chuyển động qua vị trí sau điểm A thì khi ấy hạt vật liệu sẽ chuyển động như vật bị ném và theo quỹ đạo là đường parabol; nếu tốc độ chuyển động của hạt vật liệu không lớn thì hạt vật liệu sẽ nằm bên trái của điểm O_1 khi ấy hạt vật liệu có thể bị rơi xuống; nếu tốc độ chuyển động của hạt vật liệu lớn thì hạt vật liệu sẽ vượt quá điểm O_1 khi ấy hạt vật liệu sẽ không bị rơi xuống, vì vậy để hạt vật liệu có thể lọt qua sàng ta cần hạn chế tốc độ của hạt vật liệu.

Theo mô hình ở hình 1, ta thiết lập được phương trình chuyển động của hạt vật liệu là:

$$y = x \tan \alpha + \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \alpha} \quad (1)$$

Tọa độ điểm cuối của hạt vật liệu là:

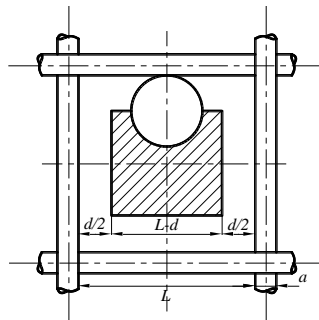
$$x_s = L \cos \alpha - \frac{d}{2} (\cos \alpha + \sin \alpha) \quad (2)$$

$$y_s = L \sin \alpha + \frac{d}{2} (\cos \alpha - \sin \alpha)$$

Thay (2) vào (1) ta được:

$$v = \left[L - \frac{d}{2} (1 + \tan \alpha) \right] \sqrt{\frac{g}{d(\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \alpha)}} \quad (3)$$

2.2. Vật liệu chuyển động vuông góc với mặt sàng



Hình 2. Mô hình vật liệu chuyển động vuông góc với mặt sàng

Như chúng ta đã biết mặt sàng chỉ có một phần nhỏ là lỗ sàng, vì vậy hạt vật liệu có thể lọt qua được lỗ sàng hay không hoàn toàn do yếu tố ngẫu nhiên, gọi $P(A)$ là xác suất lọt sàng của hạt vật liệu, theo Gaudin (Gaudin, 1939) được xác định như sau:

$$P(A) = \frac{(L-d)^2}{(L+a)^2} = \frac{L^2}{(L+a)^2} \left(1 - \frac{d}{L}\right)^2 \quad (4)$$

trong đó:

L - kích thước lỗ sàng;

d - đường kính vật liệu;

a - đường kính nan sàng;

$\frac{L^2}{(L+a)^2}$ - tỉ lệ mở lỗ của mặt sàng;

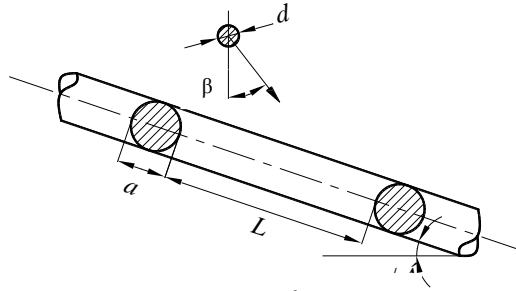
d/L - độ hạt tương đối của hạt vật liệu.

Giả sử khi vật liệu rơi xuống nan sàng thì nảy lên rồi lại rơi xuống lỗ sàng, khi đó xác suất lọt sàng của hạt vật liệu là $P(A)$ theo Taggart (Taggart, 1984) được xác định như sau:

$$P(A) = \frac{(L-d+\psi a)}{(L+a)} = \frac{\left(1 - \frac{d}{L} + \psi \frac{a}{L}\right)^2}{\left(1 + \frac{a}{L}\right)^2} \quad (5)$$

trong đó: ψ - hệ số va chạm.

2.3. Vật liệu chuyển động xiên với mặt sàng



Hình 3. Mô hình vật liệu chuyển động xiên với mặt sàng

Trường hợp hạt vật liệu chuyển động xiên với mặt sàng được thể hiện như hình 3.

trong đó:

α - góc nghiêng của sàng;

L - kích thước lỗ sàng;

a - đường kính nan sàng;

β - góc xiên giữa hướng chuyển động của hạt vật liệu với phương thẳng đứng.

Theo Mogensen (张文斌, 张龙全等, 2009) thì $P(A)$ - xác suất lọt sàng của hạt vật liệu được xác định như sau:

$$\begin{aligned} P(A) &= \frac{(L-d+\psi a)[(L+a)\cos(\alpha+\beta)-a-d+\psi a]}{(L+a).(L+a)\cos(\alpha+\beta)} \\ &= \frac{\left(1 - \frac{d}{L} + \psi \frac{a}{L}\right) \left[\left(1 + \frac{a}{L}\right)\cos(\alpha+\beta) - (1-\psi)\frac{a}{L} - \frac{d}{L}\right]}{\left(1 + \frac{a}{L}\right)^2 \cos(\alpha+\beta)} \end{aligned} \quad (6)$$

Giả sử $P(A) = 0$ thay vào (6) ta có

$$(L+a)\cos(\alpha+\beta) - d - (1-\psi)a = 0 \quad (7)$$

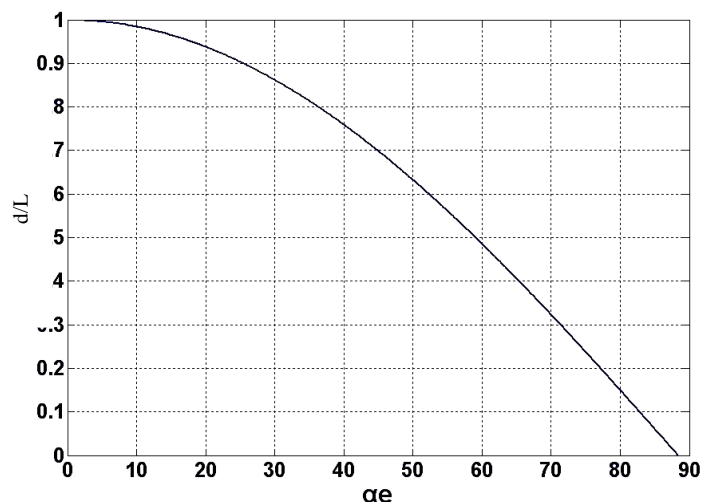
Từ đó ta tìm được góc nghiêng của mặt sàng trong trường hợp vật liệu không thể lọt qua được là α_e

$$\alpha_e = \arccos\left(\frac{d + (1-\psi)a}{L+a}\right) - \beta \quad (8)$$

Từ công thức (8) với điều kiện như bảng 1 sử dụng phần mềm Matlab ta xây dựng được mối quan hệ giữa độ hạt tương đối của hạt vật liệu (d/L) và góc nghiêng của mặt sàng trong trường hợp vật liệu không thể lọt qua được α_e như hình 4.

Bảng 1. Bảng tham số điều kiện biên

Độ hạt tương đối của hạt vật liệu d/L	Đường kính nan sàng a (m)	Hệ số va chạm ψ	Góc xiên giữa hướng chuyển động của hạt vật liệu với phương thẳng đứng β
0~1	0.03	$e^{-284(\frac{d}{L}+0.255)}$	tùy ý



Hình 4. Mối quan hệ giữa d/L và α_e

3. Kết quả và thảo luận

- + Dựa vào công thức (3) có thể tính tốc độ chuyển động lớn nhất của hạt vật liệu để đảm bảo cho hạt vật liệu lọt qua lỗ sàng mà không vượt quá lỗ sàng.
- + Từ công thức (4) và công thức (6) ta thấy xác suất lọt sàng trong trường hợp vật liệu chuyển động xiên nhỏ hơn xác suất chuyển động trong trường hợp vật liệu chuyển động vuông góc.
- + Từ kết quả hình 4 ta có thể rút ra các kết luận sau:
 - Đối với các sàng có góc nghiêng lớn thì chỉ có thể sàng được những hạt vật liệu có kích thước tương đối nhỏ.
 - Khi sử dụng sàng có kích thước lỗ sàng lớn thì để nâng cao hiệu suất sử dụng của sàng ta có thể điều chỉnh tăng góc nghiêng của sàng.
 - Đối với các sàng có góc nghiêng như nhau thì hiệu suất của sàng phụ thuộc vào kích thước của hạt vật liệu.
 - Khi vật liệu rơi xuống mặt sàng thì góc xiên giữa hướng chuyển động của hạt vật liệu với phương thẳng đứng có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của sàng.

4. Kết luận

Trong phần nghiên cứu của mình nhóm tác giả đã đưa ra và phân tích các trường hợp chuyển động của hạt vật liệu trên mặt sàng trong quá trình máy sàng rung làm việc, trên cơ sở đó thiết lập được các công thức tính tốc độ chuyển động của hạt vật liệu (v), xác suất lọt sàng của hạt vật liệu $P(A)$, sau đó sử dụng phần mềm Matlab thiết lập được mối quan hệ giữa độ hạt tương đối của hạt vật liệu (d/L) và góc nghiêng của mặt sàng trong trường hợp vật liệu không thể lọt qua được (α_e). Kết quả nghiên cứu là cơ sở để các nhà khoa học tham khảo trong tính toán, thiết kế chế tạo máy sàng để máy có hiệu suất lớn nhất.

Tài liệu tham khảo

- Gaudin M, 1939. *Principle of Mineral Dressing*, New York.
- Taggart F, 1984. *Handbook of Mineral Dressing Ores and Industrial Minerals*, New York.
- 晏静江, 2007. 变椭圆轨迹振动筛的工作原理及动态特性分析, 西华大学硕士学位论文
- 郭年琴, 匡永江, 2009. 振动筛国内外研究现状及发展, 世界有色金属, 5:26-27.
- 石剑锋, 2009. 煤用振动筛分设备的研究现状及发展趋势, 煤矿机械, 5:8-9.
- 张文斌, 张龙全等, 2009. 风筛式清选装置中农业物料透筛概率的研究, 农机化研究, 8:50-53.
- 王勇, 2009. 振动筛分机械的未来发展趋势. 中国粉体工业, 4:54.

ABSTRACT

Analyze the movement of the material on the sieve surface during the vibrating screen machine to work

Nguyen Van Xo¹, Pham Duc Thien¹

¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

Movement of the material on the sieve during vibrating screen machine working directly affects the performance of the machine ready. If you want to improve performance for machine, the motion analysis of the material on the sieve to find out the fair value of these parameters is necessary. In this paper the authors delve into the analysis of the motion of the material on the sieve during vibrating screen machine working, thereby establishing the relationship of the parameters (velocity v , the probability of the particle sieve material $P(A)$, ...) then Matlab software applications built relationships d/L and α_e . The research results are the basis for the scientists refer to in the course of research, computational design, fabrication to enhance performance for machine vibrating screen

Keywords: vibrating screen machine; motion; performance

Nghiên cứu động học, động lực học và tham số công nghệ để nâng cao khả năng làm việc của máy sàng rung thẳng

Nguyễn Văn Xô^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

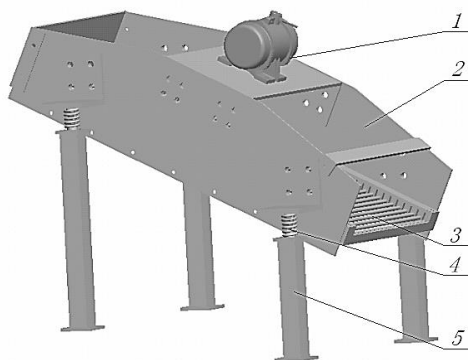
TÓM TẮT

Máy sàng rung thẳng là một thiết bị được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy sàng tuyển trong và ngoài nước. Ở nước ta thiết bị này chủ yếu được nhập khẩu hoặc nếu có chế tạo thì thường thiết kế theo mẫu. Tuy nhiên năng suất, hiệu suất và tuổi thọ của sàng rung phụ thuộc vào rất nhiều tham số (động học, động lực học, tham số công nghệ, vật liệu,...) nếu chỉ thiết kế theo mẫu sẽ khó đảm bảo được yêu cầu về năng suất, hiệu suất và tuổi thọ của máy trong điều kiện Việt Nam. Vì vậy trong bài nghiên cứu này tác giả đi sâu vào nghiên cứu động học, động lực học và ảnh hưởng của một số tham số công nghệ đến khả năng làm việc của máy. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để các nhà khoa học tham khảo trong quá trình nghiên cứu, tính toán thiết kế, chế tạo để nâng cao năng suất, hiệu suất cũng như tuổi thọ cho máy sàng rung thẳng sử dụng trong điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: máy sàng rung thẳng; động học; động lực học; tham số công nghệ

1. Đặt vấn đề

Máy sàng rung thẳng là một loại thiết bị phân loại, nó được sử dụng để chia tách vật liệu dạng cục rời đủ loại thành các loại hạt có kích cỡ khác nhau nhờ các mặt lưới sàng (张文斌, 张龙全等, 2009). Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy sàng như hình 1: gồm thuyền sàng 2 có lưới sàng 3 được treo trên các lò xo 4 và trên thuyền sàng lắp động cơ kích rung 1. Khi động cơ kích rung 1 làm việc sẽ tạo ra lực kích dao động làm cho thuyền sàng rung và thực hiện quá trình sàng (晏静江, 2007)



- 1 - động cơ kích rung
- 2 - thuyền sàng
- 3 - lưới sàng
- 4 - lò xo
- 5 - đế

Hình 1. Kết cấu của sàng rung thẳng

Hiện tại máy sàng rung được sử dụng nhiều trong các nhà máy sàng tuyển ở Việt Nam (Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, 2007) cũng như trên thế giới (郭年琴, 匡永江, 2009; 王勇, 2009). Đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về máy sàng rung thẳng trên thế giới (曹树谦 at all, 2001; Wang Ranfeng at all, 2003; Chahande A I at all, 1994), tuy nhiên làm thế nào để nâng cao năng suất, hiệu suất và tuổi thọ cho máy thì còn là vấn đề hết sức nan giải vì năng suất, hiệu suất và tuổi thọ của máy phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc tính vật liệu (độ ẩm, hàm lượng bùn, cỡ hạt, khối lượng riêng); động học, động lực học của máy sàng; kết cấu mặt lưới sàng; tham số công nghệ của máy... (晏静江, 2007). Trong đó tham số công nghệ, động học, động lực học của máy sàng trong quá trình máy làm việc là các yếu tố quan trọng ảnh hưởng lớn đến hiệu suất, năng suất và tuổi thọ của máy sàng rung thẳng.

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvanxo@humg.edu.vn

Trong nghiên cứu này tác giả tập trung đi vào nghiên cứu động học, động lực học và một số tham số công nghệ của máy sàng rung thẳng. Kết quả nghiên cứu có thể giúp cho các nhà khoa học tham khảo trong quá trình tính toán thiết kế, chế tạo máy sàng rung thẳng để nâng cao hiệu suất, năng suất và tuổi thọ cho máy.

2. Quỹ đạo chuyển động, vận tốc và gia tốc của mặt sàng

Phương trình vị trí của mặt sàng rung thẳng có dạng như công thức 1 (严峰, 刘焕胜, 1995)

$$S = A \sin \varphi = A \sin \omega t \quad (1)$$

Từ đó ta có vị trí, vận tốc và gia tốc của mặt sàng theo phương x và phương y là:

$$\begin{cases} x = A \sin \omega t \cdot \cos \gamma \\ y = A \sin \omega t \cdot \sin \gamma \\ \dot{x} = A \omega \cos \omega t \cdot \cos \gamma \\ \dot{y} = A \omega \cos \omega t \cdot \sin \gamma \\ \ddot{x} = -A \omega^2 \sin \omega t \cdot \cos \gamma \\ \ddot{y} = -A \omega^2 \sin \omega t \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad (2)$$

trong đó:

S - vị trí chuyển động của mặt sàng, mm;

A - biên độ rung của sàng, mm;

φ - góc quay quanh trục của bộ phận kích dao động, $\varphi = \omega \cdot t$ (rad);

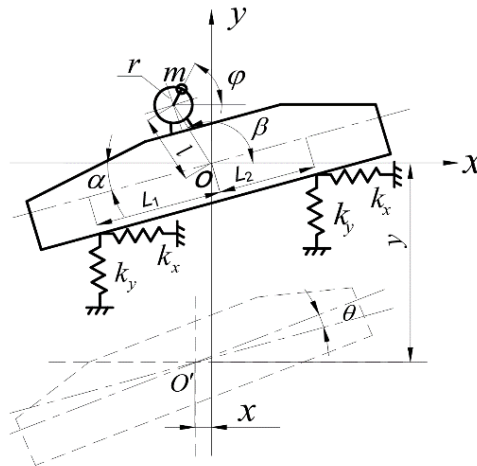
t - thời gian, s;

γ - góc phương dao động của sàng, độ.

3. Động lực học của máy sàng rung thẳng

3.1. Thiết lập phương trình động lực học của máy sàng rung thẳng

Từ kết cấu và nguyên lý làm việc của máy sàng rung thẳng như hình 1 và sử dụng một số quy tắc giản hóa (khối lượng tập trung, độ cứng tập trung) tác giả xây dựng được mô hình động lực học của máy sàng rung thẳng như hình 2.



Hình 2. Mô hình động lực học của máy sàng rung thẳng

trong đó:

O - trọng tâm của sàng

m - khối lượng tấm lệch tâm, kg;

r - bán kính lệch tâm, mm;

α - góc nghiêng của mặt sàng, độ;

θ - góc vị trí của sàng khi dao động, rad;

k_x, k_y - độ cứng theo phương x và y của lò xo, N/m ;

φ - góc quay quanh trục của tấm lệch tâm, $\varphi = \omega \cdot t$ (rad);

ω - tần số góc của tấm lệch tâm, rad/s;

L_1, L_2 - khoảng cách từ trọng tâm sàng đến lò xo, m;

l - khoảng cách từ trọng tâm sàng đến tâm của động cơ kích rung, m.

Theo định lý chuyển động vật thể trong mặt phẳng thì phương trình động lực học tổng quát của sàng rung có dạng như công thức 3 (王峰, 王皓, 1998)

$$\left. \begin{aligned} M \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} &= \sum \vec{F}^{(e)} \\ J \frac{d^2 \vec{\varphi}}{dt^2} &= \sum M(\vec{F}^{(e)}) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Dựa vào mô hình động lực học của máy sàng rung thẳng hình 2 và qua một số phép biến đổi ta tìm được phương trình vi phân động lực học của sàng rung thẳng là:

$$\begin{cases} M\ddot{x} = A_0 \cos \omega t - f_x \dot{x} - 2k_x x \\ M\ddot{y} = A_0 \sin \omega t - f_y \dot{y} - 2k_y y \\ J\ddot{\theta} = -A_0 l \sin(\omega t - \beta) - f_\theta \dot{\theta} - k_x \sin \alpha (L_1 + L_2)x - k_y \cos \alpha (L_2 - L_1)y - k_y \cos \alpha (L_1^2 + L_2^2)\theta \end{cases} \quad (4)$$

trong đó:

M - tổng khối lượng tham gia dao động tập trung tại O, kg;

J - mô men quán tính chuyển động quay quanh trọng tâm O, kg.m²;

x, y - vị trí theo phương x và y, m;

\dot{x}, \dot{y} - vận tốc theo phương x và y, m/s;

\ddot{x}, \ddot{y} - gia tốc theo phương x và y, m/s²;

f_x, f_y, f_θ - hệ số cản theo phương x, y và θ ;

A_0 - biên độ rung của lực kích dao động, $A_0 = m r \omega^2$, m;

F^e - ngoại lực chính do tâm lệch tâm gây ra, $F^e = m r \omega^2 \sin \omega t$, N;

Lực cản tương đối nhỏ ta có thể bỏ qua, khi ấy thay vào công thức 4 ta được phương trình vi phân của sàng rung thẳng là:

$$\begin{cases} M\ddot{x} + 2k_x x = A_0 \cos \omega t \\ M\ddot{y} + 2k_y y = A_0 \sin \omega t \\ J\ddot{\theta} + k_x \sin \alpha (L_1 + L_2)x + k_y \cos \alpha (L_2 - L_1)y + k_y \cos \alpha (L_1^2 + L_2^2)\theta = -A_0 l \sin(\omega t - \beta) \end{cases} \quad (5)$$

4. Phân tích lựa chọn các tham số công nghệ cho máy sàng rung

4.1. Góc nghiêng của mặt sàng α

Độ lớn của góc nghiêng mặt sàng α sẽ quyết định đến năng suất và hiệu suất phân loại của máy sàng. Nếu góc α lớn thì năng suất của sàng lớn nhưng hiệu suất thấp, nếu góc α nhỏ thì ngược lại năng suất nhỏ và hiệu suất cao. Muốn máy sàng làm việc có hiệu quả thì nhất định phải tính toán lựa chọn góc α sao cho phù hợp, theo kinh nghiệm thì nên chọn $\alpha = 0^\circ \sim 10^\circ$, trường hợp đặc biệt có thể là âm (严峰, 刘焕胜, 1995).

4.2. Góc phương dao động γ

Góc phương dao động là góc mặt sàng và phương dao động đồng thời cũng là góc giữa mặt sàng với phương chuyển động tức thời của vật liệu khi nhảy lên, vì thế γ còn gọi là góc nhảy. Góc γ là một thông số rất quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và hiệu suất của máy sàng rung thẳng, theo kinh nghiệm thì góc γ có thể chọn từ $30^\circ \sim 65^\circ$ (王志伟, 孟玲琴, 2004).

4.3. Chỉ số nhảy K_v

Tùy theo tần số và biên độ của sàng khi máy làm việc, vật liệu trên mặt sàng có thể có 3 dạng chuyển động tương đối so với mặt sàng là trượt về phía trước, trượt về phía sau hoặc nhảy lên. Máy sàng rung làm việc hiệu quả trong trường hợp vật liệu nhảy lên, chuyển động của vật liệu là phụ thuộc vào chỉ số nhảy K_v , theo 严峰 和刘焕胜 (严峰, 刘焕胜, 1995) thì K_v chỉ số nhảy được xác định như sau:

$$K_v = \frac{A_0 \omega^2 \sin \gamma}{g \cos \alpha} \quad (6)$$

Thông qua thực nghiệm, để sàng rung thẳng làm việc hiệu quả thì K_v nên chọn như bảng 1.

Bảng 1. Bảng tham khảo lựa chọn chỉ số nhảy K_v

TT	Tính chất vật liệu	Chỉ số nhảy K_v
1	Vật liệu dễ sàng	2 ~ 2,8
2	Vật liệu bình thường	2,5 ~ 3,3
3	Vật liệu khó sàng	3 ~ 8

4.4. Biên độ rung A và tần số rung của sàng f

Biên độ rung và tần số rung của sàng là thông số rất quan trọng ảnh hưởng đến khả năng làm việc cũng như tuổi thọ của sàng. Biên độ của sàng càng lớn thì sẽ giảm được được hiện tượng tắc lỗ sàng và hiệu quả làm việc của sàng tăng, tuy nhiên biên độ không thể quá lớn vì nếu lớn quá thì sẽ giảm tuổi thọ của sàng, đối với sàng rung thẳng nên chọn $A = 4 \sim 6$ mm.

Tần số dao động f của sàng được xác định như công thức 7 (闻邦椿, 刘风, 刘杰, 1989).

$$f = 30 \sqrt{\frac{K_v \cos \alpha}{A \sin \gamma}} \quad (7)$$

4.5 Vận tốc chuyển động của vật liệu v

Vận tốc chuyển động của vật liệu v trên mặt sàng được xác định như công thức 8 (闻邦椿, 刘风, 刘杰, 1989).

$$v = 0,9 \omega A C_\alpha C_h C_m C_w \cos \gamma \quad (mm/s) \quad (8)$$

trong đó:

C_α - hệ số ảnh hưởng của góc nghiêng của mặt sàng α (tham khảo bảng 2);

C_h - hệ số ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu (tham khảo bảng 3);

C_m - hệ số ảnh hưởng hình dạng vật liệu (tham khảo bảng 4);

C_w - hệ số ảnh hưởng chuyển động của vật liệu trên mặt sàng (tham khảo bảng 5).

Bảng 2. Bảng tham khảo lựa chọn hệ số C_α

Góc nghiêng của mặt sàng α (độ)	-15	-10	-5	0	5	10	15
C_α	0,6 ~ 0,8	0,8 ~ 0,9	0,9 ~ 0,95	1	1,05 ~ 1,1	1,2 ~ 1,4	1,5 ~ 2,0

Bảng 3. Bảng tham khảo lựa chọn hệ số C_h

Độ dày của lớp vật liệu	Mỏng	Trung bình	Dày
C_h	0,9 ~ 1	0,8 ~ 0,9	0,7 ~ 0,8

Bảng 4. Bảng tham khảo lựa chọn hệ số C_m

Hình dạng của vật liệu	Vật liệu dạng cục	Vật liệu dạng hạt	Vật liệu dạng bột
C_m	0,8 ~ 0,9	0,9 ~ 1	0,6 ~ 0,7

Bảng 5. Bảng tham khảo lựa chọn hệ số C_w

Chỉ số nhảy K_v	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
C_w	-	-	-	1,1 ~ 1,15	1,05 ~ 1,1	1 ~ 1,05	1

5. Kết quả và thảo luận

Trong bài viết, tác giả chỉ ra các vấn đề còn tồn tại của máy sàng rung thẳng trong quá trình sử dụng đó là hiệu suất, năng suất và tuổi thọ của máy vẫn còn hạn chế vì nó phụ thuộc vào nhiều tham số trong quá trình máy làm việc (tham số động học, tham số động lực học, tham số công nghệ, tính chất vật liệu...).

Để giải quyết vấn đề này, phải thiết lập được mối quan hệ giữa các tham số, từ đó mới có cơ sở để tính toán lựa chọn hợp lý bộ giá trị cho các thông số. Trong nghiên cứu, tác giả đã dựa vào mô hình thực của của máy sàng rung thẳng và một số quy tắc giản hóa từ đó đã thiết lập được phương trình động lực học và phương trình quỹ đạo, vận tốc, gia tốc của sàng rung thẳng.

Cũng trong bài viết này, tác giả đã đi vào nghiên cứu và phân tích ảnh hưởng của một số thông số công nghệ của máy sàng rung thẳng trong quá trình máy làm việc và đưa ra các khoảng giá trị hợp lý đối với từng trường hợp cụ thể để khi máy sàng làm việc cho năng suất, hiệu suất và tuổi thọ tốt nhất.

Các kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở cho việc tính toán lựa chọn các thông số hợp lý nhất của máy sàng rung thẳng.

6. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được các phương trình vị trí, vận tốc, gia tốc của mặt sàng và phương trình động lực học cho sàng rung thẳng, tức là thiết lập được mối quan hệ giữa các đại lượng (vận tốc, gia tốc, khối lượng, độ cứng, tốc độ quay ...); phân tích được các ảnh hưởng của một số tham số công nghệ của máy sàng rung thẳng khi máy làm việc (góc nghiêng của mặt sàng α , góc phương dao động γ , chỉ số nhảy K_v , biên độ rung A và tần số rung của sàng f , vận tốc chuyển động của vật liệu v - là những đại lượng ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và tuổi thọ của máy) và đưa ra các bảng giá trị hợp lý ứng với các trường hợp cụ thể để máy làm việc có hiệu quả nhất.

Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở cho các nhà khoa học tham khảo trong việc tính toán thiết kế lựa chọn các thông số tối ưu cho máy sàng rung thẳng đảm bảo máy làm việc có năng suất cao, hiệu suất tốt và tuổi thọ bền lâu.

Tài liệu tham khảo

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, 2007. *Định hướng chiến lược phát triển của tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đến 2025 và tầm nhìn đến năm 2050*.

Chahande A I, Arora J S, 1994. *Optimization of large structures subjected to dynamic loads with the multiplier method*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 37: 413-430.

Wang Ranfeng, Yao Haisheng, Xiong Shibo, 2003. *Research on Large-scale vibrating screen dynamic parameters based on test modal analysis technology*. Proceedings of the International Symposium on Test and Measurement, 1: 763-766.

晏静江, 2007. 变椭圆轨迹振动筛的工作原理及动态特性分析, 西华大学硕士学位论文, 中国.

曹树谦, 张文德, 萧龙翔, 2001. 振动结构模态分析—理论、实验与应用, 天津大学出版社, 天津, 中国.

严峰, 刘焕胜, 1995. 筛分机械, 煤炭工业出版社, 北京, 中国.

郭年琴, 匡永江, 2009. 振动筛国内外研究现状及发展, 世界有色金属, 5:26-27.

王峰, 王皓, 1998. 筛分机械, 机械工业出版社, 北京, 中国.

闻邦椿, 刘凤, 刘杰, 1989. 振动筛 振动给料机 振动输送机的设计与调式, 化学出版社, 中国.

王志伟, 孟玲琴, 2004. 直线振动筛分机筛箱质心的计算机辅助设计, 农机化研究所, 中国, 5: 231-232.

王勇, 2009. 振动筛分机械的未来发展趋势. 中国粉体工业, 4: 54.

张文斌, 张龙全等, 2009. 风筛式清选装置中农业物料透筛概率的研究, 农机化研究, 8 :50-53.

ABSTRACT

Study kinetics, dynamics and parametric technology to improve the working efficiency of linear vibrating screen

Nguyen Van Xo¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Linear vibrating screen is a device widely used in screening plants in the country and around the world. In our country this equipment mainly imported or if manufacturing is often designed in the form. However the productivity, performance and longevity of Linear vibrating screen depends on a lot of parameters (kinetics, dynamics, technology parameters, materials, etc...) if only designed form will not guarantee the requirements for productivity, performance and life of the machine. So in this paper, the author delves into the study kinetics, dynamics and effects of some technological parameters to the machine's ability to work. The research results are the basis for the scientists refer to in the course of research, computational design, fabrication to improve the productivity, performance and longevity for Linear vibrating screen.

Keywords: Linear vibrating screen; kinetics; dynamics; technology parameters

Hệ thống giám sát thể trạng người không dây

Tổng Ngọc Anh^{1,*}
Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, chăm sóc điều trị sức khỏe từ xa đang là một công nghệ mới, hứa hẹn tăng tính khả dụng, độ chính xác, hiệu quả điều trị y tế bằng cách sử dụng các cảm biến điện tử thông minh và các hệ thống truyền thông không dây. Các cảm biến y học này có thể được đặt trên, xung quanh hoặc cấy trực tiếp dưới da trong cơ thể con người. Mỗi một loại cảm biến có các chức năng, nhiệm vụ khác nhau, nhưng đều có chung một mục đích đó là để ghi lại các thay đổi trên cơ thể như dấu hiệu sinh tồn, cảm xúc... đồng thời giao tiếp với các nút điều phối đặc biệt để gửi tín hiệu sinh học này trực tiếp tới bác sĩ, từ đó bác sĩ sẽ đưa ra các chỉ dẫn kịp thời. Đây được gọi là hệ thống giám sát thể trạng người không dây WBAN. Trong bài báo này, tác giả tập trung đưa ra cái nhìn tổng quan nhất về hệ thống giám sát thể trạng người không dây bao gồm công nghệ, ứng dụng, các chuẩn truyền thông cần tuân thủ khi thiết kế, một số vấn đề gặp phải khi thiết kế mạng WBAN và đưa ra giải pháp điều khiển công suất phát áp dụng cho một thực thể, nhằm mục đích đảm bảo mức tín hiệu thu được luôn nằm trong ngưỡng cho phép.

Từ khóa: Hệ thống giám sát thể trạng người không dây, WBAN, điều khiển công suất

1. Đặt vấn đề

Thế kỷ 21 đã chứng kiến sự tiến hóa lớn trong chất lượng cuộc sống con người. Tuy nhiên, cùng với việc đó, con người cũng chịu nhiều những thách thức liên quan tới vấn đề sức khỏe. Hiện tượng dân số già tại các nước đã và đang phát triển luôn đặt hệ thống chăm sóc sức khỏe ở trạng thái căng thẳng. Ví dụ như tại nước ta, tuổi thọ trung bình của những người từ 65 tuổi trở lên tăng 1.2%/ năm đối với đàn ông và 0.7% đối với phụ nữ (danoso.org, 2018). Các dịch vụ liên quan tới chăm sóc sức khỏe y tế công cộng được dự đoán sẽ chiếm 20% GDP của nước ta trong vòng 50 năm tới, tức là sẽ gấp 3 lần so với thời điểm hiện tại (tradingeconomics.com, 2018). Vấn đề này không chỉ xảy ra đối với các bệnh về già mà còn xảy ra ngay đối với những người trẻ chẳng may bị đột quỵ hoặc đau tim. Một phần nguyên nhân của hiện tượng này là do người bệnh không thường xuyên đi khám và chủ quan với căn bệnh của mình, hoặc cũng có khi không biết chính căn bệnh của mình ra sao, cũng như thiếu đi một vật có khả năng giám sát và cảnh báo khi có điều gì đó bất thường xảy ra bên trong cơ thể. Từ những yêu cầu trên, tác giả đưa ra một ý tưởng về việc thực thi một giải pháp có thể giám sát mức độ, tình trạng sức khỏe từ xa theo thời gian thực đồng thời có khả năng kết nối để cung cấp các thông tin giữa người bệnh với bác sĩ để có những nhận được những hỗ trợ tương tác kịp thời.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

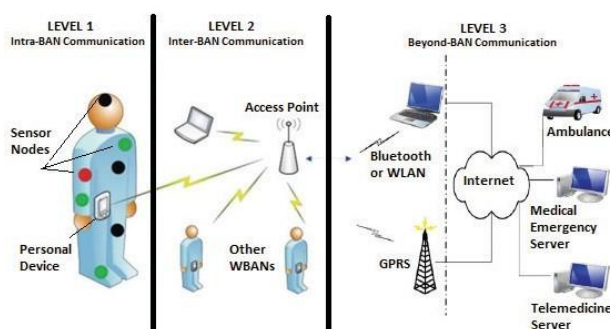
2.1. Giới thiệu về mạng WBAN

Hệ thống giám sát thể trạng người không dây WBAN gần đây được phát triển rất mạnh mẽ, như một thành phần quan trọng để xây dựng lên các ứng dụng liên quan tới công nghệ hỗ trợ môi trường sống và điều khiển, giám sát từ xa hệ thống theo dõi sức khỏe để hỗ trợ bệnh nhân và các bác sĩ lâm sàng (Chen, et al., 2011). Khi bệnh nhân được đeo trên người một mạng cảm biến sinh học nhỏ, công suất thấp, ghi dữ liệu liên tục; có khả năng thu thập thông tin quan trọng bên trong cơ thể như nhịp tim, huyết áp,... hoặc thậm chí có thể cấy trực tiếp vào cơ thể con người để đo các thông số về nồng độ glucose trong máu hay phát hiện bệnh liên quan tới vấn đề tim mạch. Sau đó, các thông tin này sẽ được gửi tới các thiết bị cá nhân (ví dụ như điện thoại di động, máy tính,...) để hiển thị trực quan hoặc báo cáo tới cơ sở dữ liệu của các phòng khám y tế thông qua các ứng dụng điện toán đám mây, cho phép bệnh nhân có thể xác định xem tình trạng sức khỏe của mình có bình thường hay không, hay sẽ phải tiến hành điều trị. Như vậy, tình trạng sức khỏe của bệnh nhân sẽ được cảnh báo, chẩn đoán từ xa thay vì việc phải đi tới bệnh viện kê khai thông tin, khám bệnh,... đồng thời sẽ tiết kiệm được đáng kể thời gian tương tác lâm sàng, cũng như giảm thiểu được gánh nặng cho các dịch vụ y tế Quốc gia trên toàn cầu.

^{*} Tác giả liên hệ

Email: tongngocanh@hmg.edu.vn

Kiến trúc mạng WBAN được trình bày như trong hình 1 (Rim Negra et al., 2016) bao gồm ba phân lớp như sau: mạng liên lạc nội tuyến BAN (Intra-BAN networks), mạng liên lạc cận tuyến (Inter-BAN networks) và mạng liên lạc liên tuyến (Beyond-BAN networks).



Hình 1. Kiến trúc mạng WBAN

Intra-BAN có nhiệm vụ là môi trường kết nối và truyền dẫn dữ liệu giữa các node cảm biến trên cơ thể người, giữa các node với node chủ. Inter-BAN có nhiệm vụ thực hiện kết nối và truyền thông tin từ các node chủ tới các thiết bị cá nhân (như máy tính xách tay, các thiết bị thực hiện chức năng dịch vụ,...). Beyond-BAN thực hiện nhiệm vụ cuối cùng là kết nối, giao tiếp và truyền thông tin từ thiết bị cá nhân tới Internet. Sự khác biệt trong cấu tạo giữa ba phân lớp dựa trên công nghệ mạng truyền dẫn và chuẩn truyền thông tại các lớp đó, ví dụ như truyền thông công nghệ Bluetooth theo các chuẩn IEEE 802.15.4 hay IEEE 802.15.6 (Chen et al., 2014). Trong thực tế, các ứng dụng liên quan tới WBAN thường bao gồm nhiều loại để phục vụ tùy theo tính chất và mục đích sử dụng, thường được phân làm hai loại: trong lĩnh vực y tế hoặc không y tế (phi y tế) (Boulemtafes et al., 2016). Lĩnh vực phi y tế bao gồm các ứng dụng cho việc giám sát, theo dõi cảm xúc, cử chỉ khi hoạt động thể dục thể thao; xúc giác của con người khi tham gia hoạt động lái xe. Lĩnh vực y tế bao gồm các ứng dụng trong việc đưa ra giải pháp chăm sóc sức khỏe, chữa bệnh, bao gồm theo dõi và phát hiện sớm bệnh lý, hỗ trợ cảnh báo các bệnh của tuổi già, phục hồi chức năng sau phẫu thuật; phản hồi sinh học, kiểm soát trạng thái, cảm xúc và hỗ trợ các ứng dụng nhằm cải thiện chất lượng cuộc sống, sinh hoạt cho người khuyết tật.

2.2. Các ứng dụng – công nghệ trong mạng WBAN, các vấn đề gặp phải khi thiết kế mạng WBAN

2.2.1. Các ứng dụng – công nghệ trong mạng WBAN

Y học là lĩnh vực điển hình, ngoài việc cấy ghép hệ thống cảm biến vào bên trong cơ thể người, WBAN cũng cho phép theo dõi, giám sát trực tiếp từ xa, dựa trên các hoạt động liên tục của cơ thể sống để kịp thời đưa ra các tín hiệu cảnh báo. Một số ứng dụng nhỏ của WBAN hiện nay có thể kể tên như: Điện tim đồ ECG, điện não đồ, cơ điện đồ EMG, đo nồng độ oxy – khí thở, nồng độ đường trong máu, huyết áp, ... (Chen et al., 2011)

Các ứng dụng của WBAN đối với hoạt động thể dục thể thao đòi hỏi tính thời gian thực cao, và phải ghi được các thông số quan trọng như huyết áp, nhịp tim, nồng độ oxy trong máu. Bằng cách này, người dùng sẽ có thể đọc được các thông tin liên quan tới hoạt động của họ và sử dụng chúng để cảnh báo, đưa ra giới hạn cho chính bản thân để tránh thương tích không đáng có (F. Dijkstra, 2012).

Khả năng hỗ trợ mạng NEC (Network Enable Capability) là tên của một chương trình dài hạn nhằm nâng cao hiệu năng sử dụng của các hệ thống thông tin trong quốc phòng – an ninh. WBAN là một trong các ứng dụng đó. WBAN được phân cấp ở hai dạng trong lĩnh vực này. Phân cấp thứ nhất áp dụng cho cá nhân, tại đó, mỗi một cá nhân (người lính) sẽ mang trên/ trong mình một bộ cảm biến có chức năng theo dõi và cung cấp các thông tin về môi trường xung quanh để tránh các mối đe dọa. Phân cấp thứ hai áp dụng cho đội hình (tiểu đội, tiểu đoàn...) giúp người chỉ huy sau khi có thông tin từ các cá nhân, sẽ trực tiếp điều khiển, phối hợp hành động, nhiệm vụ. Nhờ đó, hiệu quả hoạt động sẽ tăng lên. Tuy nhiên, WBAN áp dụng trong lĩnh vực quân sự, quốc phòng cũng cần đảm bảo các yếu tố liên quan tới bảo mật thông tin để ngăn chặn các hoạt động nghe lén hay gián điệp từ kẻ thù (S. Schillaci, 2012).

2.2.2. Các yêu cầu khi thiết kế mạng WBAN

Đầu tiên là yêu cầu về tốc độ truyền dẫn, nó phụ thuộc nhiều vào kiểu dữ liệu được truyền dẫn (B. Zhen et al., 2008). Các ứng dụng liên quan tới tốc độ 1kbps thường áp dụng cho các thông số về nhiệt độ, độ ẩm; 10Mbps áp dụng cho các luồng tín hiệu Video streaming. Ngoài ra, tốc độ bit còn phụ thuộc vào tuyến truyền dẫn: đơn tuyến (truyền dẫn điểm – điểm) hay đa tuyến (điểm – đa điểm; đa điểm – đa điểm).

Dưới đây là bảng quy định tốc độ truyền dẫn của các ứng dụng trong WBAN (Riccardo Cavallari et al., 2014):

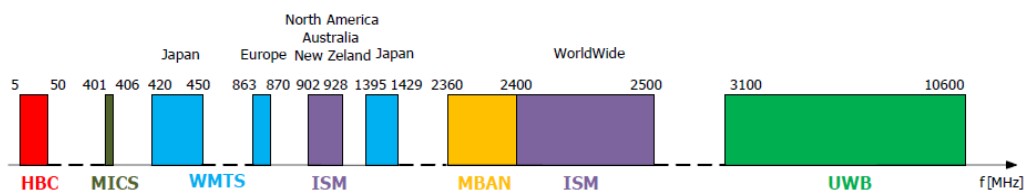
Bảng 1. Quy chuẩn về tốc độ bit và QoS của các ứng dụng WBAN

STT	Ứng dụng	Bit rate	Delay	BER
1	Kích thích não bộ	< 320 kbps	< 250 ms	< 10^{-10}
2	Hệ dẫn thuốc	< 16 kbps	< 250 ms	< 10^{-10}
3	Viên nội soi	1 Mbps	< 250 ms	< 10^{-10}
4	Điện tim đồ ECG	192 kbps	< 250 ms	< 10^{-10}
5	Điện não đồ EEG	86.4 kbps	< 250 ms	< 10^{-10}
6	Điện cơ EMG	1.536 Mbps	< 250 ms	< 10^{-10}
7	Đo nồng độ Glucoso	< 1 kbps	< 250 ms	< 10^{-10}
8	Truyền âm thanh	1 Mbps	< 20 ms	< 10^{-5}
9	Truyền Video	< 10 Mbps	< 100 ms	< 10^{-3}
10	Truyền thoại	50 - 100 kbps	< 100 ms	< 10^{-3}

Các ứng dụng WBAN trong y học và quân sự đòi hỏi chất lượng dịch vụ (QoS – Quality of Service) cực kỳ cao. Để đạt được điều này, tại các lớp MAC và PHY trong mô hình OSI phải được tích hợp các tính năng sửa lỗi (Error Correction) và cơ chế tránh nhiễu (Interference Avoidance) để giảm thiểu tỷ lệ lỗi bit (BER – Bit Error Rate). Ngoài ra, một thông số nữa cũng rất quan trọng tới chất lượng dịch vụ là độ trễ thu phát của tín hiệu - ảnh hưởng trực tiếp tới độ tin cậy, độ nhanh trong các tình huống yêu cầu tính cấp thiết (B.Zhen et al., 2008 ; M. Patel et al., 2010).

Tiếp theo là yêu cầu về cự ly truyền dẫn trong mạng WBAN phải đảm bảo không được vượt quá khoảng 3÷6m. Trong thực tế, để thiết kế một mạng WBAN đơn giản, chỉ cần một mạng hình sao là đủ, tuy nhiên trong trường hợp áp dụng cho thực thể người, do chính bản thân con người cũng là một đơn vị cản trở tuyến truyền dẫn (khi nút WBAN được cấy trên cơ thể người) thì phải áp dụng cấu trúc mạng kiểu AD-HOC, tức là sẽ phải có một node mạng làm node trung chuyển. Lúc này, số node mạng trong mô hình mạng sẽ tăng lên, khi đó hệ thống mạng WBAN cần phải có các quy trình về việc liên kết và phân tách áp dụng cho node tham gia vào mạng/ node rời khỏi mạng (M. Patel et al., 2010; R. D'Errico et al., 2011; P.Ferrand et al., 2011).

Ba là, yêu cầu về dải tần hoạt động: Hầu hết các mạng WBAN thường được thiết kế ở dải tần 2.45 GHz (dải ISM – không cần giấy phép sử dụng tần số). Tuy nhiên, thực tế thì dải ISM đang dần bị quá tải vì có quá nhiều ứng dụng được thực hiện tại dải tần này, ví dụ như WIFI (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15.1), Zigbee (IEEE 802.15.4),... Rất nhiều ứng dụng WBAN đòi hỏi độ tin cậy cao (y tế, an ninh – quốc phòng) khi hoạt động ở dải tần này sẽ chịu can nhiễu của hệ thống khác (đặc biệt là nhiễu đồng kênh – nhiễu kênh lân cận), nên cần có một công nghệ để giảm thiểu nhiễu này (Riccardo Cavallari et al., 2014).



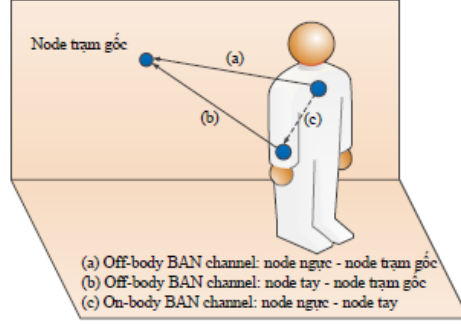
Hình 2. Phân bố dải tần ứng dụng trong WBAN

Bên cạnh đó, còn có các yêu cầu khác về: Bảo mật trong mạng WBAN, công suất tiêu thụ của node, kiến trúc ăng-ten thu phát (C.H. Lin et al., 2012).

2.3. Điều khiển công suất trong mạng WBAN

Điều khiển công suất phát (Transmit power control) trong mạng WBAN có nhiệm vụ ổn định tuyến truyền dẫn đã được xác lập trước đó, có nghĩa là luôn luôn đảm bảo ngưỡng thu (được định nghĩa bởi chỉ số tín hiệu thu được RSSI hoặc RSS – Receive signal strength indicator) trong phạm vi cho phép để nhận biết và giải mã được tín hiệu phát dù cho môi trường xung quanh có thay đổi. Để tín hiệu thu được tốt, ngưỡng thu phải rơi trong khoảng từ -85 ÷ -80 dBm. Đã có rất nhiều thuật toán và bài báo đã được công bố, giới thiệu về việc điều khiển công suất phát cho mạng WBAN ở tần 2.45 GHz như: thuật toán sample and hold, điều khiển công suất dựa trên các hành động/ cử chỉ/ vị trí của con người (D.B.Smith et al., 2011), ước lượng trạng thái liên kết ngắn hạn hay dài hạn để điều chỉnh mức công suất phát (M.

Quwaider et al., 2010), dự đoán kênh truyền (S.Kim et al., 2014; F. Di Franco et al., 2014) dựa trên kết quả thu được gần nhất. Trong phần này, lý thuyết điều khiển công suất để đáp ứng kênh truyền trong mạng WBAN sẽ được thực hiện theo mô hình như trong hình 3 (Son Dinh Van et al., 2018) như sau: đầu tiên, tiến hành mô phỏng để đo cường độ tín hiệu thu được trên 3 các tuyến truyền dẫn BAN khác nhau bao gồm: tuyến truyền dẫn giữa node BAN trên ngực – node BAN trên tay người (on-body c); node BAN trên ngực – node trạm gốc (off-body a); node BAN trên tay – node trạm gốc (off-body b) trong các trường hợp người đứng yên và dịch chuyển. Bước tiếp theo, giữ nguyên công suất phát, đánh giá cường độ tín hiệu tín hiệu thu được khi thay đổi các thông số cơ bản của đường truyền (fixed transmit power). Cuối cùng giữ nguyên các thông số cơ bản về đường truyền, thay đổi công suất phát để đánh giá cường độ tín hiệu thu được (dynamic transmit power).



Hình 3. Vị trí node và tuyến truyền dẫn trong mạng WBAN

Gọi $RSS(i)$ là mức tín hiệu thu được tại time slot thứ i ; $RSS(n)$ là mức tín hiệu tại thời điểm hiện tại; ngưỡng tín hiệu đảm bảo cường độ thu là $T_L \leq RSS(i) \leq T_H$; $P(i)$ là công suất phát tại timeslot thứ i ; $h(i)$ là độ lợi của kênh truyền tại timeslot thứ i . Khi đó ta sẽ có:

- $T_L \leq RSS(n) \leq T_H$: $P(n+1) = P(n)$
- $RSS(n) < T_L$: $P(n+1) = P(n) + x(n)$ (1)
- $RSS(n) > T_H$: $P(n+1) = P(n) - y(n)$ (2)

Để ngưỡng thu luôn được đảm bảo thì: $RSS(n+1) = P(n+1) + h(n+1) \geq T_L$ (3)

Trong đó $x(n), y(n)$ là các giá trị bù kênh tương ứng với chỉ số $RSS(n)$. Để tính toán được $x(n), y(n)$, ta cần biết giá trị của $h(n+1)$ - được thực hiện bằng thuật toán ước lượng độ lệch kênh truyền tại thời điểm tiếp theo $\sigma(n)$ (dB):

$$\sigma(n)^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} (h(n-i) - \Delta)^2; \text{ Với } \Delta \text{ là độ lợi của kênh thứ } N \quad (4)$$

2.3.1. Cố định công suất phát – thuật toán 1 (fixed transmit power)

Các điều kiện phải đảm bảo:

TH1: $RSS(n+1) \geq T_L$, ta có: $P(n) + x(n) + h(n+1) \geq T_L$; $P(n) = RSS(n) - h(n)$ (5)

$$\Rightarrow x(n) \geq T_L + [h(n) - h(n+1)] - RSS(n) \Leftrightarrow x(n) \geq \max \{T_L - RSS(n) + [h(n) - h(n+1)]\}$$

$$\text{Hay: } x(n) = T_L - RSS(n) + \alpha\sigma(n) \quad (6)$$

TH2: $RSS > T_H$

$$y(n) \leq RSS(n) - \alpha\sigma(n) - T_L; y(n) = \max \{0, RSS(n) - \alpha\sigma(n) - T_L\} \quad (7)$$

Từ 2 trường hợp trên, ta xây dựng được thuật toán như sau:

Inputs : $RSS(i)$ Givens : T_H, T_L, α, N Outputs : $P(i+1)$

- 1) % Calculate the channel gains and the deviation for each time slot
Compute $h(i) \leftarrow RSS(i) - P(i)$ Compute $\sigma(i)$
- 2) If $RSS(i) < T_L$ then $P(i+1) = P(i) + (T_L - RSS(i) + \alpha\sigma(i))$

- 3) Else if $RSS(i) > T_H$ then $P(i+1) = P(i) - \max\{0, RSS(n) - \alpha\sigma(n) - T_L\}$
- 4) If $T_L \leq RSS(i) \leq T_H$ then % No further action
- 5) End if

2.3.2. Thay đổi công suất phát – thuật toán 2 (dynamic transmit power)

Điều kiện: $RSS(n+1) = P(n+1) + h(n+1) \geq T_H; T_L + \alpha\sigma(n) + [h(n+1) - h(n)] \geq T_H$ (8)

Lưu đồ thuật toán:

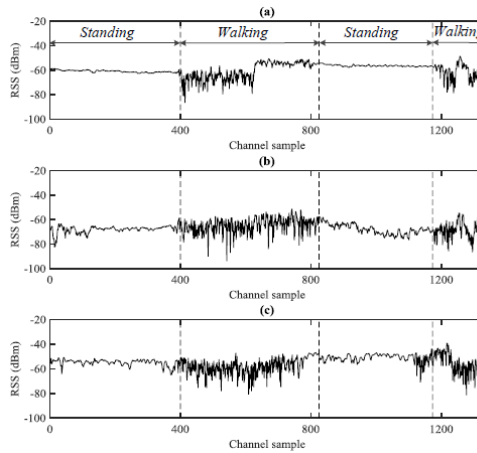
Inputs : $RSS(i)$ Givens : T_H, T_L, α, N Outputs : $P(i+1)$

- 1) % Calculate the channel gains and the deviation for each time slot
Compute $h(i) \leftarrow RSS(i) - P(i)$ Compute $\sigma(i)$
- 2) % update the high threshold value
Compute $T_H(i) = T_L + \alpha\sigma(i)$
- 3) If $RSS(i) < T_L$ then $P(i+1) = P(i) + (T_H(i) - RSS(i))$
- 4) Else if $RSS(i) > T_H$ then $P(i+1) = P(i) - (RSS(i) - T_H(i))$
- 5) If $T_L \leq RSS(i) \leq T_H$ then % No further action
- 6) End if

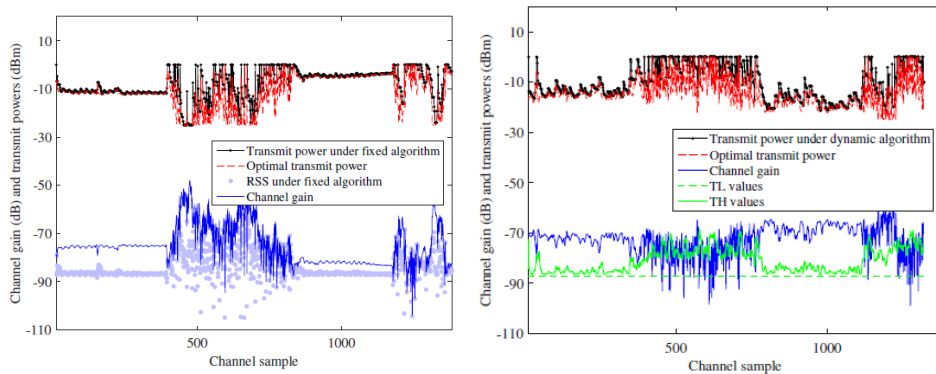
3. Kết quả mô phỏng

Sau khi đưa ra hai thuật toán điều khiển công suất phát ở trên, tiến hành mô phỏng để đánh giá kết quả RSS thu được trong hình 4 và hình 5.

Nhìn vào các kết quả mô phỏng ta thấy được, khi chưa điều khiển công suất, hệ số RSS thu được dựa trên mẫu thử tiến hành 60s trên một phép đo dao động xung quanh giá trị $-70 \div -50$ dBm (trường hợp trong tầm nhìn thẳng LoS – Line of Sight). Sau khi tiến hành điều khiển, giá trị RSS đã cao hơn rất nhiều, nằm trong khoảng từ $-90 \div -87$ dBm đối với thuật toán 1, và $-90 \div -75$ dBm đối với thuật toán 2.



Hình 4. Kết quả cường độ tín hiệu thu được khi chưa điều khiển công suất



Hình 5. Kết quả cường độ tín hiệu thu được sau khi thực hiện điều khiển công suất

4. Kết luận

Bài báo khái quát những kiến thức chung nhất về hệ thống giám sát thể trạng người không dây bao gồm công nghệ, ứng dụng, các chuẩn và yêu cầu phải đáp ứng khi thiết kế, đồng thời đã đưa ra hai giải pháp điều khiển công suất để đảm bảo chất lượng tín hiệu thu được trong kiến trúc mạng WBAN áp dụng trên thực thể người và đã chứng minh được hiệu quả của các phương pháp điều khiển công suất. Tuy nhiên, cần phải có nhiều thời gian hơn nữa để nghiên cứu khi áp dụng cho mạng WBAN mở rộng với nhiều node truyền dẫn.

Tài liệu tham khảo

- Boulemtafes, A., & Badache, N. (2016). "Design of Wearable Health Monitoring Systems: An Overview of Techniques and Technologies". In *mHealth Ecosystems and Social Networks in Healthcare* (pp. 79-94). Springer International Publishing.
- Chen, M. Gonzalez, S., Vasilakos, A., Cao, H., & Leung, V. C. (2011). "Body area networks: A survey. Mobile networks and applications" *Mob. Netw. Appl.*, **16**(2), 171-193. ISO 690
- Chen, M. Wan, J., Gonzlez, S., Liao, X., & Leung, V. (2014). "A survey of recent developments in home M2M networks". *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, **16**(1), 98-114.
- R. D'Errico, R. Rosini, and M. Maman (2011), "A performance evaluation of cooperative schemes for on-body area networks based on measured time-variant channels" in *2011 IEEE Int. Conf. Commun. (ICC)*, pp. 1-5.
- F. Dijkstra (2012), "Requirements for ban and ban standardization from the point of view of gaming." in *BODYNETS2012, 7th Int. Conf. on Body Area Networks*.
- F. Di Franco, C. Tachtatzis, R. C. Atkinson, I. Tinnirello, and I. A. Glover (2014), "Channel estimation and transmit power control in wireless body area networks", *IET Wireless Sensor Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 11-19.
- P. Ferrand, J.-M. Gorce, and C. Goursaud (2011), "On the packet error rate of correlated shadowing links in body-area networks," in *Proc. 5th European Conf. on Antennas and Propagation (EUCAP)*, pp. 3094-3098.
- S. Kim and D.-S. Eom (2014), "Link-state-estimation-based transmission power control in wireless body area networks", *IEEE journal of biomedical and health informatics*, vol. 18, no. 4, pp. 1294-1302.
- C.H. Lin, K. Saito, M. Takahashi, and K. Ito (2012), "A compact planar inverted-f antenna for 2.45 ghz on-body communications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 9, pp. 4422-4426.
- Rim Negra, Imen Jemili, Abdelfettah Belghith (2016). "Wireless Body Area Networks: Applications and technologies". *Procedia Computer Science* **83**: 1274 – 1281.
- M. Patel and J. Wang (2010), "Applications, challenges, and prospective in emerging body area networking technologies," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 17, no. 1, pp. 80-88.
- M. Quwaider, J. Rao, and S. Biswas (2010), "Body-posture-based dynamic link power control in wearable sensor networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 7.
- S. Schillaci (2012), "Ban in defence applications." in *BODYNETS2012, 7th Int. Conf. on Body Area Networks*
- Son Dinh Van, Simon L. Cotton, and David B. Smith (2018), "Channel Deviation-Based Power Control in Body Area Networks", *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, P 785-798.
- D. B. Smith, T. Lamahewa, L. W. Hanlen, and D. Miniutti (2011), "Simple prediction-based power control for the on-body area communications channel", in *Communications (ICC), 2011 IEEE International Conference*, pp. 1-5.
- Website danso.org, 2018, "Dân số Việt Nam"
- Website tradingeconomics.com, 2018, "Vietnam GDP"
- B. Zhen, M. Patel, S. Lee, E. Won, and A. Astrin, (2008) "Tg6 technical requirements document (trd)". *ieee* p802.15-08-0644-09-0006.

ABSTRACT

Wireless body area networks

Tong Ngoc Anh¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Ubiquitous healthcare is an emerging technology that promises to increase the efficiency, accuracy and availability of medical treatment by using wireless communications and intelligent electronic sensors - called by Wireless Body Area Networks (WBAN). These sensors which can be used on, around, in or implanted in the human body, have specific requirements, different missions, but both of them are used for measuring changes in a patient vital signs and detecting emotions or human status, such as happiness, stress, fear, etc... then communicating with a special coordinator node to send the real-time biological signals to a doctor and allow him to take the right decisions. This paper aims at reporting an overview of WBAN main applications, structures, technologies, standards, issues in WBANs design and introduces an adaptive transmit power method to achieve a good and stable received signal strength indicator.

Đánh giá và đề xuất giải pháp giảm tổn thất điện năng lưới điện 6kV Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin

Hồ Việt Bun^{1,*}, Nguyễn Thị Bích Hậu¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Hiện nay, cùng với chủ trương chung của Chính phủ, Tập đoàn than khoáng sản TKV và Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin nói riêng cũng đã và đang phát động, thực hiện chương trình tiết kiệm điện hay là giảm tổn thất điện năng. Để đánh giá hiện trạng tổn thất điện năng của Công ty bằng phần mềm PSS/ADEPT theo điều kiện thực tế và đề xuất giải pháp giảm tổn thất điện năng đặc biệt với giải pháp lựa chọn vị trí bù công suất phản kháng một cách tối ưu trên các khởi hành 6kV mang lại hiệu quả tối ưu.

Từ khóa: Tổn thất điện năng; hiệu quả sử dụng điện năng; lưới điện 6kV; tiết kiệm điện năng

1. Đặt vấn đề

Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin sử dụng Công nghệ khai thác mỏ lộ thiên được cơ giới hóa toàn bộ, ngoại trừ khâu vận tải chủ yếu bằng ô tô, đều sử dụng điện năng cho các máy móc hoạt động và lượng điện năng tiêu thụ chiếm tỷ trọng lớn trong ngành công nghiệp khai thác mỏ. Hiện tại và trong những năm tới, khả năng tiêu thụ than trong nước và phục vụ xuất khẩu ngày càng tăng (chỉ riêng 6 tháng đầu năm 2018, Công ty đã sản xuất được 1.117 nghìn tấn than nguyên khai, than tiêu thụ đạt 1.114 nghìn tấn). Đánh giá tình trạng sử dụng điện năng để có phương hướng đầu tư cho công tác khai thác trong thời gian tới và tìm các giải pháp giảm tổn thất điện năng là một vấn đề cấp thiết để giảm giá thành sản xuất than.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Hiện nay có nhiều phương pháp tính toán tổn thất điện năng. Mỗi phương pháp đặc trưng bởi những thông số tính toán ban đầu. Đối với lưới điện 6kV của Công ty được lựa chọn tính toán ở chế độ xác lập dựa trên cơ sở sơ đồ lưới điện thực tế kết hợp với số liệu điều tra phụ tải điển hình và công suất lớn nhất tại nguồn điện (Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin, 2017).

Các số liệu cần thiết ban đầu cho việc lựa chọn lưới điện, xác định các đặc trưng TTĐN của phụ tải phục vụ cho tính toán TTĐN bao gồm:

- Số liệu điện năng tiêu thụ của các thành phần phụ tải, đồ thị phụ tải điển hình cho các loại phụ tải.
- Đối với mỗi phụ tải, thời gian tổn thất công suất lớn nhất (τ) được tính theo biểu đồ phụ tải theo công thức (Trần Bách, 2000):

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot t \quad (1)$$

- Sử dụng công cụ phần mềm PSS/ADEPT tính toán lặp nhiều lần chế độ xác lập lưới 6kV nhằm nhận dạng được sự phân bố công suất trên các nhánh và tổn thất công suất của lưới trung áp được xét nhằm đáp ứng giá trị điện năng của đầu nguồn theo biểu đồ phụ tải cho trước.

+ Vay tổn thất điện năng của trên các khởi hành (Nguyễn Văn Đạm, 1999):

$$\Delta A_{TA} = \Delta A_{BA} + \Delta A_{DZ} \quad (2)$$

$$\Delta A_{TA} \% = \frac{\Delta A_{TA}}{A_{TA}} \cdot 100\% \quad (3)$$

+ Tổn thất điện năng trong các máy biến áp (Nguyễn Văn Đạm, 1999; Trần Bách, 2000):

$$\Delta A_{BA} = \Delta P_0 t + \Delta P_k \left(\frac{S_{tr \max}}{S_{dd}} \right)^2 \cdot \tau \quad (4)$$

* Tác giả liên hệ

Email: hoviebun@humg.edu.vn

$$T_{\max} = \frac{A}{S_{H\max}} \quad (5)$$

trong đó: S_{dd} : Công suất biểu kiến danh định; $S_{tt\max}$: Công suất biểu kiến lớn nhất của phụ tải; ΔP_0 : Tổn hao công suất trong lõi thép máy biến áp; ΔP_k : Tổn hao công suất trong cuộn dây máy biến áp; T_{\max} : Thời gian máy biến áp làm việc với phụ tải lớn nhất; τ : Thời gian tổn thất lớn nhất của máy biến áp; t : Thời gian làm việc của máy biến áp trong năm; A : Điện năng trong năm; ΔA_{BA} : Tổn thất điện năng trong máy biến áp.

+ Tổn thất điện năng trên đường dây (Nguyễn Văn Đạm, 1999):

$$\Delta A_{DZ} = \Delta P \cdot \tau_{DZ} \quad (6)$$

$$\tau = (0,124 + T_{DZ\max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot t_{DZ} \quad (7)$$

$$T_{DZ\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{itt\max} \cdot T_{imax}}{\sum_{i=1}^n P_{itt\max}} \quad (8)$$

trong đó: $P_{itt\max}$: Công suất lớn nhất của phụ tải thứ i ; ΔP : Tổn thất công suất trên đường dây; T_{imax} : Thời gian máy biến áp làm việc với phụ tải lớn nhất; $T_{DZ\max}$: Thời gian đường dây làm việc với phụ tải lớn nhất; τ_{DZ} : Thời gian tổn thất lớn nhất của đường dây; t_{DZ} : Thời gian làm việc của đường dây; ΔA_{DZ} : Tổn thất điện năng trên đường dây.

Trên đây là thuật toán xác định TTĐN và tỉ lệ phần trăm TTĐN cho lưới điện 6kV ở các máy biến áp và đường dây khảo sát.

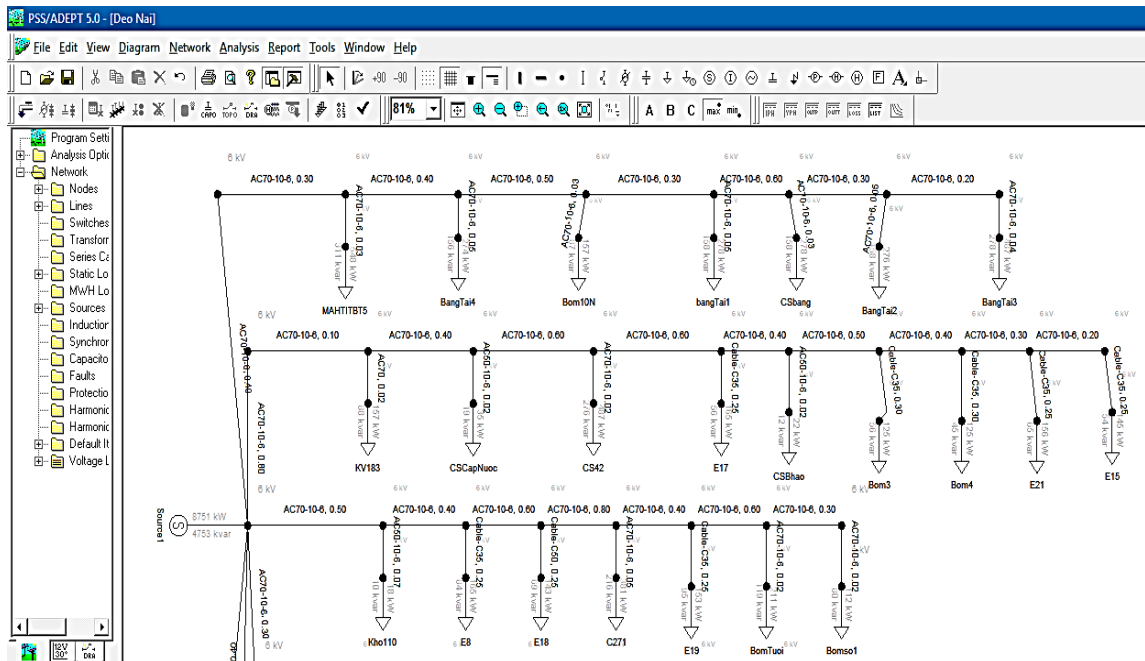
2.2. Đánh giá hiện trạng tổn thất điện năng lưới điện 6kV Công ty cổ phần Than Đào Nai – Vinacomín bằng phần mềm PSS/ADEPT

Sơ đồ lưới điện điện 6kV Công ty cổ phần Than Đào Nai cung cấp điện thực tế cho các khởi hành: Sơ đồ nguyên lý 1 sợi, sơ đồ vận hành trên hình 1.

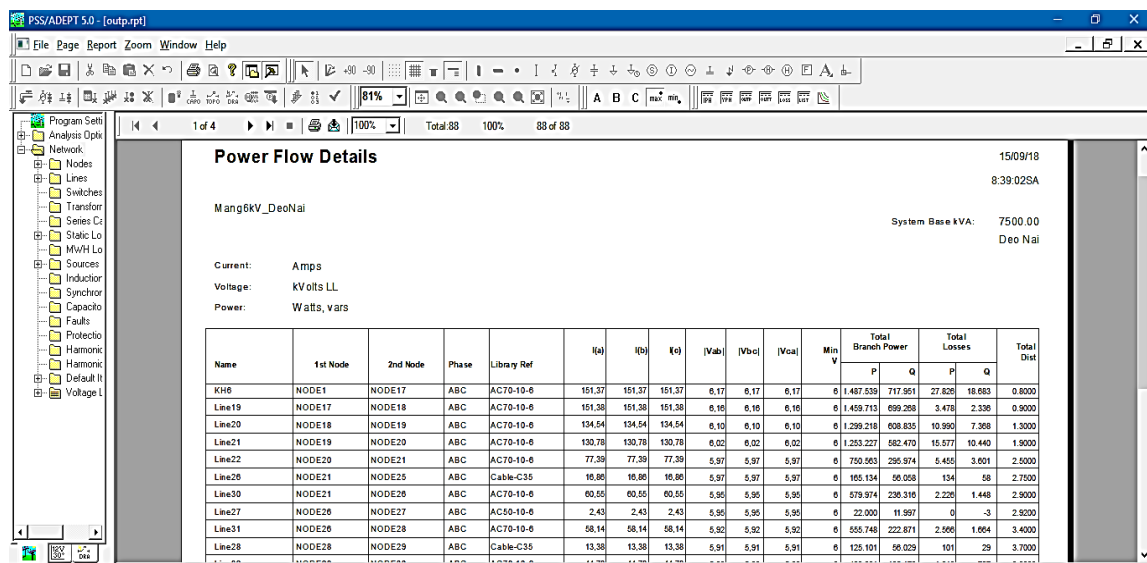
Số liệu tính toán bao gồm số liệu quản lý kỹ thuật của các tuyến đường dây 6kV và trạm biến áp, cụ thể là:

- Thông số kỹ thuật của đường dây và thiết bị như: Tiết diện, khoảng cách chiều dài, thông số dây dẫn, máy biến áp, thiết bị bảo vệ đóng cắt, tụ bù, máy điều áp, ...
- Thông số vận hành, đo đạc định kỳ của đơn vị: Các thông số vận hành dòng, áp, $\cos\phi$, công suất, ...
- Điện năng tiêu thụ của từng trạm biến áp khu vực.

Khai báo, nhập dữ liệu và tính toán trên phần mềm PSS/ADEPT 5.0 (Nguyễn Hữu Phúc, Đặng Anh Tuấn, 2007) được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ kết quả phân tích các khởi hành 6kV của Công ty trên PSS/ADEPT



Hình 2. Hiện thị kết quả phân tích lưới 6kV của Công ty từ phần report của phần mềm PSS/ADEPT

Bảng 1. Tổn thất điện năng trong máy biến áp ở các khởi hành

T	Tên MBA	S _{dm}	P ₀	P _k	I _{max}	A _{năm}	P _{ttmax}	Q _{ttmax}	T _{max}	τ	Tổn thất ĐN lõi thép MBA	Tổn thất ĐN cuộn dây MBA	A= P _{ttmax} *T _{max}
		(kVA)	(W)	(W)	(A)	(kWh)	(kW)	(kW)	(h)	(h)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	PXVT 4	100	325	1719	32	97.306	19	11	5.120	3.357	2.698	426	97.280
2	Khu vực 188	100	325	1719	209	544.034	126	72	4.320	2.566	2.698	15.613	544.320
3	Khu vực 118	40	190	1190	166	577.796	100	57	5.780	4.090	1.577	56.853	578.000
4	Khu vực +83N	180	984	2245	195	563.382	117	67	4.820	3.048	8.167	6.087	563.940
5	Manhêtit(BT5)	560	555	4808	108	212.360	65	37	3.260	1.681	4.607	281	211.900
6	Băng tải 4	560	555	4808	159	289.005	96	54	3.010	1.499	4.607	558	288.960
7	Bơm 10N	180	984	2245	115	272.690	70	39	3.900	2.193	8.167	1.729	273.000
8	Băng tải 1	630	555	4808	58	217.170	35	19	6.200	4.594	4.607	120	217.000
9	CS Băng tải	320	700	3710	286	687.513	172	98	4.000	2.279	5.810	5.682	688.000
10	Băng tải 2	320	700	3710	108	331.747	65	37	5.100	3.336	5.810	1.039	331.500
11	Băng tải 3	560	555	4808	94	267.826	57	31	4.700	2.929	4.607	304	267.900
12	Bơm tưới	315	700	3710	79	225.067	48	27	4.690	2.919	5.810	530	225.120
13	C/s Bơm hào	25	84	375	98	219.152	59	34	3.720	2.042	697	10.321	219.480
14	Nhà Ăn	40	190	1190	253	783.405	152	87	5.120	3.357	1.577	116.620	778.240
15	Giao xe PXVT4	25	84	375	173	350.583	104	60	3.370	1.764	697	29.117	350.480
16	Khu vực Cao Sơn	180	984	2245	115	225.280	70	39	3.220	1.651	8.167	1.428	225.400
17	PX Cơ Điện	320	700	3710	508	1.157.600	306	174	3.780	2.092	5.810	16.969	1.156.680
18	Khoan, Xúc	315	700	3710	209	540.069	126	72	4.300	2.547	5.810	3.380	541.800
19	C.271	560	555	4808	126	366.191	76	42	4.820	3.048	4.607	559	366.320
20	ĐĐ 35LT	25	84	375	196	384.300	118	68	3.260	1.681	697	36.178	384.680
21	ĐĐ 160M	40	84	375	469	1.332.990	283	160	4.700	2.929	697	116.353	1.330.100
22	PX Ô tô	320	700	3710	113	318.970	68	38	4.690	2.919	5.810	1.034	318.920

T T	Tên MBA	S _{dm}	P ₀	P _k	I _{max}	A _{năm}	P _{ttmax}	Q _{ttmax}	T _{max}	τ	Tổn thất ĐN lõi thép MBA	Tổn thất ĐN cuộn dây MBA	A= P _{ttmax} *T _{max}
23	Băng sàng	250	630	3045	225	505.345	136	76	3.720	2.042	5.229	4.411	505.920
24	CSGT Trục 27	100	325	1719	40	98.957	24	14	4.120	2.385	2.698	555	98.880
25	BN Núi trọc	135	510	2335	94	191.954	57	31	3.370	1.764	4.233	1.824	192.090
26	Đầu đường 360LT	40	190	1190	273	856.717	164	94	5.220	3.464	1.577	138.682	856.080
27	T. Bara	250	630	3045	94	215.400	57	31	3.780	2.092	5.229	778	215.460
	Tổng cộng	6490				11.832.80 9	2770	1569			112.700	567.431	11.827.45 0
	Tính T _{DZmax} và τ _{DZ}								4.270	2.520			

Kết quả tính toán từ phần mềm PSS/ADEPT ở hình 2 cho ta kết quả tổn thất công suất trên đường dây ở các khởi hành là 340,291 kW.

Căn cứ vào kết quả thống kê tình hình vận hành thực tế lưới điện 6kV của Công ty than Đèo Nai trong những năm qua t = 8.300-8.600h.

Theo các công thức tính toán được tổn thất điện năng trong MBA của khởi hành cho ở Bảng 1.

Tổn thất trong các MBA:

$$\Delta A_{BA} = 112.700 + 567.431 = 680.131 \text{ kWh (tương ứng 5,75%).}$$

Ta có:

- Thời gian sử dụng phụ tải lớn nhất của đường dây:

$$T_{DZ \max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{itt \max} \cdot T_{i \max}}{\sum_{i=1}^n P_{itt \max}} = \frac{11.827.450}{2.770} = 4.270 \text{ (giờ)}$$

- Thời gian tổn thất lớn nhất của đường dây:

$$\tau_{DZ} = (0,124 + T_{DZ \max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot t_{DZ} = (0,124 + 4270 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8300 = 2.520 \text{ (giờ)}$$

Từ kết quả tính toán tổn thất công suất trên phần mềm PSS/ADEPT đã nêu ở bảng 1 tính được tổn thất điện năng trên các khởi hành:

$$\Delta A_{DZ} = \Delta P \cdot \tau_{DZ} = 340,291 \cdot 2520 = 857.495 \text{ kWh (tương ứng 7,25%).}$$

Vậy tổn thất điện năng lộ:

$$\Delta A_{TA} = \Delta A_{BA} + \Delta A_{DZ} = 680.131 + 857.495 = 1.537.626 \text{ kWh (tương ứng 13%).}$$

Qua kết quả nhận thấy mức độ tổn thất điện năng là 13% là quá lớn so với các ngành công nghiệp khác từ (5-10)% nên đòi hỏi cấp bách phải giảm tổn thất điện năng trong công ty.

2.3. Đề xuất giải pháp giảm tổn thất điện năng lưới điện 6kV Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomìn

Tổn thất điện năng là một trong những chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật quan trọng trong sản xuất, kinh doanh của tập đoàn TKV và Công ty than Đèo Nai nói riêng. Giảm tổn thất điện năng mang lại hiệu quả kinh tế rất lớn cho công ty với mục tiêu giảm giá thành sản phẩm than. Trong những năm qua Công ty có nhiều cố gắng trong công tác thực hiện giảm tổn thất điện năng trong lưới điện tuy nhiên vấn đề tổn thất điện năng lưới điện vẫn còn nhiều bất cập, đòi hỏi không chỉ sự cố gắng, nỗ lực của Công ty.

Để Giảm tổn thất điện năng xuống mức thấp nhất có thể của Công ty cần thực hiện các giải pháp kỹ thuật sau:

a) Cải tạo, hoàn thiện lưới điện phân phối đúng tiêu chuẩn kỹ thuật

+ Đường trục, nhánh rẽ: Sử dụng dây nhôm lõi thép với tiết diện tương đương $\geq 95 \text{ mm}^2$.

+ Khu vực trung tâm phụ tải sử dụng các máy biến áp ba pha có công suất từ 250÷630kVA;

+ Sửa dụng các công nghệ biến tần và khởi động mềm điều khiển các động cơ cao áp.

b) Công tác quản lý kỹ thuật (QLKT), quản lý vận hành (QLVH)

- Tiếp tục thực hiện các biện pháp Quản lý kỹ thuật - Vận hành theo quyết định của tập đoàn.

- Nghiên cứu thực hiện các biện pháp quản lý lưới điện tuân thủ theo các quy trình QLVH và các hướng dẫn của TKV về các biện pháp giảm TTĐN.

- Tiếp tục ứng dụng chương trình PSS/ADEPT thực hiện mô hình hóa lưới điện để tính toán TTĐN kỹ thuật và phân tích tìm hiểu nguyên nhân, tính toán phân bổ vị trí bù tối ưu.

- Tiếp tục tăng cường theo dõi tải máy biến áp ở các phân xưởng, xử lý kịp thời các máy biến áp non quá tải góp phần làm giảm TTĐN.

- Ưu tiên xử lý các khiếm khuyết gây tổn thất điện năng trước như nổi đất, mối nối phi kỹ thuật, tập trung phân tích tổn thất điện năng theo từng cấp điện áp, từng khu vực. Ưu tiên thực hiện các giải pháp giảm tổn thất hạ áp.

c) Giải pháp lắp đặt tụ bù trên các khởi hành

Từ những phân tích trên để giảm tổn thất công suất trên đường dây ta có thể giảm lượng công suất phản kháng hoặc công suất tác dụng truyền tải trên đường dây. Nhưng lượng công suất tác dụng phụ thuộc vào nhu cầu phụ tải không thay đổi được, nên ta có thể giảm lượng công suất phản kháng trên đường dây.

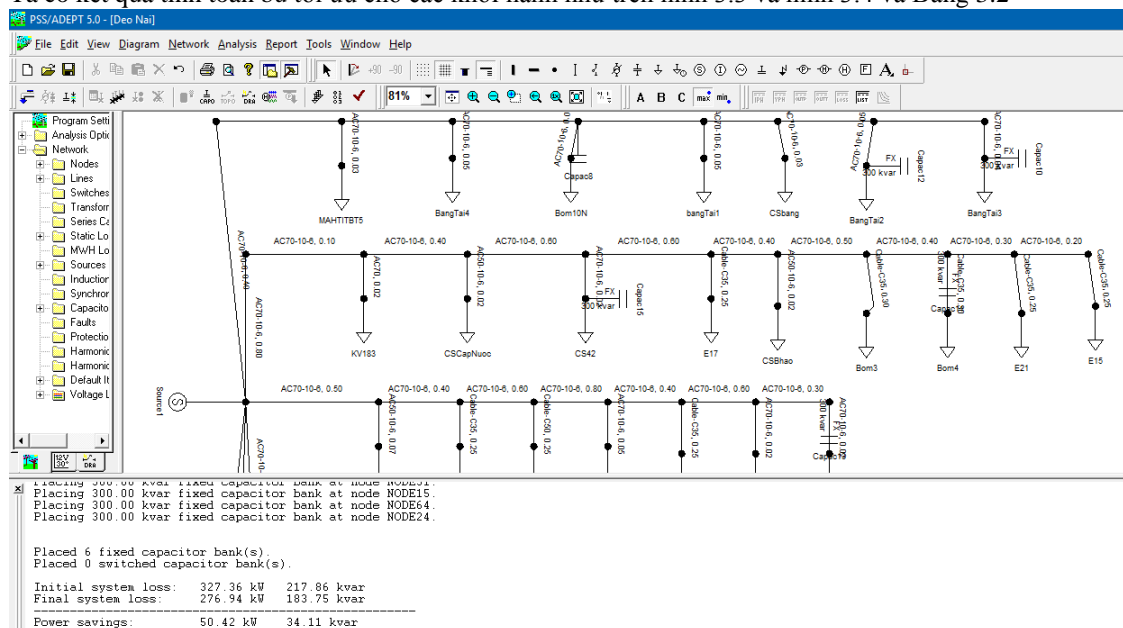
Khi giảm được lượng công suất phản kháng truyền tải trên đường dây sẽ giảm được lượng tổn thất công suất do công suất phản kháng gây ra. Và dễ dàng dùng các thiết bị bù cung cấp công suất phản kháng ngay tại trung tâm phụ tải.

3. Kết quả và thảo luận

Sử dụng phần mềm PSS/ADEPT (Nguyễn Hữu Phúc, Đặng Anh Tuấn, 2007) để lựa chọn vị trí bù công suất phản kháng một cách tối ưu. Qua thiết lập thông số vị trí, công suất bù, kiểu bù tự động hay cố định. Để xác định tối ưu vị trí bù tối ưu.

Hình 2. Thiết lập thông số tụ bù

Ta có kết quả tính toán bù tối ưu cho các khởi hành như trên hình 3.3 và hình 3.4 và Bảng 3.2



Hình 3. Kết quả tính toán bù tối ưu trên các khởi hành

Bảng 3.2. Kết quả tính toán bù tối ưu trên các khởi hành

Capacitor Placement Optimization Report

15/09/18

3:15:20CH

System Base kVA: 7500.00

Deo Nai

d

Analysis Data:									
		Considered		Size					
Number of fixed banks:		6		300,00					
Number of switched banks:		0		100,00					
Energy Cost		Discount Rate		Inflation Rate		Evaluation Period		Installation Cost	
Real (per kWh)	Reactive (per kvarh)	(pu/yr)	(pu/yr)	(pu/yr)	(yrs)	Fixed (per kvar)	Switched (per kvar)	Fixed (per kvar yr)	Switched (per kvar yr)
0,06	0,00	0,06	0,03	5,00	5,00	8,00	0,00	0,50	

Load Snapshots Used:	
Name	Relative Duration

Chạy phần mềm PSS/ADEPT tính toán bù tối ưu với tất cả các khởi hành 6kV của công ty cần lắp đặt thêm 06 bộ tụ bù với tổng công suất 1.800kVAR, các vị trí lắp tụ bù trên lưới điện 6kV của Công ty được thể hiện trên các vị trí trong sơ đồ (KH6 lắp 3 bộ; KH8 lắp 02 bộ; KH8 lắp 01 bộ).

- Sau khi lắp đặt bổ xung các bộ tụ bù đến vị trí hợp lý theo tính toán của phần mềm PSS/ADEPT và chạy lại kết quả tính toán tổn thất công suất trên đường dây khi có tụ bù, sản lượng điện năng tổn thất tiết kiệm được là 159.745 kWh, tương ứng với giảm được tổn thất điện năng là 1,35%. Với giá bán điện bình quân của Công ty năm 2017 là 1.492,82đồng/kWh, số tiền tiết kiệm được do lắp đặt tụ bù trong 01 năm là 238.471.009 đồng.

4. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu rút ra một số kết luận về các giải pháp có thể áp dụng trong công tác quản lý vận hành lưới điện 6kV Công ty than Đèo Nai nhằm giảm tổn thất điện như sau:

- + Qua hiện trạng lưới điện 6kV chưa đáp ứng được yêu cầu cung cấp điện nhất là đối với các phụ tải yêu cầu chất lượng điện năng cao, tổn thất điện năng lưới 6kV vẫn ở mức cao.
- + Xác định tổn thất điện năng theo từng cấp điện áp, từng khởi hành, từng trạm biến áp ở các khu vực.
- + Áp dụng các giải pháp cụ thể cũng như lâu dài như đã trình bày để thực hiện giảm tổn thất điện năng trên lưới điện 6kV của Công ty.
- + Bù công suất phản kháng là một trong những giải pháp hữu hiệu để nâng cao chất lượng điện năng của lưới điện 6kV nhằm điều chỉnh điện áp nút, giảm tổn thất điện năng. Đề xuất vị trí lắp đặt và dung lượng bù tối ưu cho các khởi hành 6kV theo sơ đồ kết dây vận hành hiện nay.
- + Sử dụng phần mềm PSS/ADEPT để tính toán trào lưu công suất và tính toán bù tối ưu cho lưới điện 6kV, kết quả tính toán tổn thất công suất, tổn thất điện năng kỹ thuật là cơ sở so sánh với kết quả tổn thất điện năng thực tế; trên cơ sở đó rút ra những kinh nghiệm ứng dụng phần mềm PSS/ADEPT để thực hiện quản lý vận hành lưới điện 6kV của Công ty.

Tài liệu tham khảo

- Công ty cổ phần Than Đèo Nai – Vinacomin, 2017. *Báo cáo công tác sản xuất kinh doanh các năm 2017*.
- Nguyễn Văn Đạm, 1999. *Mạng lưới điện*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Hữu Phúc, Đặng Anh Tuấn, 2007. *Sử dụng phần mềm phân tích và tính toán lưới điện PSS/ADEPT*, Thành phố Hồ Chí Minh.
- Trần Bách, 2000. *Lưới điện và hệ thống điện*. Tập 1, 2, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

ABSTRACT

Evaluating and proposing solutions to reduce electric power losses in 6kV grids of Deo Nai Coal Joint Stock Company – Vinacomin

Ho Viet Bun¹, Nguyen Thi Bich Hau¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Nowadays, in accordance with the general policy of the Government, Mineral Coal Group (TKV) and Deo Nai Coal Joint Stock Company – Vinacomin have been motivating, implementing the electric power saving program, also called reducing electric power losses. Evaluating the current status of electric power losses at the company was performed on PSS/ADEPT software with actual data. From evaluation results, the author proposes solutions to reduce electric power losses, specially include selecting optimal placement solution of reactance power compensation on 6kV transmission line, has given the best performance.

Keywords: electric power losses, effectively electric energy consumption, 6kV grids, electric energy saving

Đánh giá hiệu suất của hệ thống truyền tải năng lượng điện không dây trường gần bằng công cụ mô phỏng số

Nguyễn Trường Giang^{1,*}, Nguyễn Tiến Sỹ¹, Hà Thị Chúc¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Hệ thống truyền điện không dây (WPT - truyền điện không dây) được ứng dụng vô cùng rộng rãi trong đời sống, trong y học, trong công nghiệp, quốc phòng, ... Vấn đề gặp phải với hệ thống WPT trường gần là xác định tần số cộng hưởng, công suất hoặc hiệu suất truyền tải, khoảng cách truyền tối ưu. Báo cáo tập trung vào giải quyết các vấn đề đó bằng việc đề xuất phương pháp đồng mô phỏng giữa ANSYS Maxwell và ANSYS Simplorer để xác định các tham số tự cảm và hồ cảm của hai cuộn dây. Sau đó đưa các tham số đó vào mô hình mạch và mô phỏng, đánh giá hiệu suất truyền tải năng lượng với các kịch bản khác nhau. Kết quả của nghiên cứu này là quy trình thiết kế và mô phỏng hệ thống truyền điện không dây, hàm phụ thuộc của hiệu suất vào các tham số thiết kế của hai cuộn dây, đồ thị xác định tần số cộng hưởng và điểm cộng hưởng đạt hiệu suất cao nhất. Với việc xác định được bộ tham số tối ưu, hệ thống WPT trường gần được thiết kế sẽ có hiệu suất cao, giá thành rẻ và an toàn với con người và các thiết bị điện tử xung quanh.

Từ khóa: wireless power transfer, truyền điện không dây, hiệu suất, ANSYS

1. Giới thiệu

Ngày nay với sự phát triển không ngừng của các thiết bị điện tử như máy tính bảng, điện thoại thông minh, máy tính, xe tự hành, ... thì nhu cầu về năng lượng để thiết bị hoạt động trong thời gian dài, ổn định và thuận tiện trở nên vô cùng cấp thiết.

Rất nhiều người dùng cảm thấy việc sạc pin bằng dây mang lại sự phiền toái nhất định. Dùng sạc không dây đang trở thành một xu hướng phát triển tất yếu.

Trong công nghiệp mỏ, vấn đề gặp phải là sạc điện bằng dây cho các thiết bị hoạt động dưới hầm lò như các thiết bị cầm tay cho công nhân mỏ hay sạc ắc quy cho tàu điện mỏ có thể phát sinh ra tia lửa điện gây nguy hiểm.

Các mô hình truyền tải năng lượng điện không dây đã được nghiên cứu trong nhiều năm tập trung vào hai hướng chính là truyền điện không dây trường gần (theo nguyên lý cảm ứng điện từ và cộng hưởng) và trường xa (bức xạ năng lượng dưới dạng sóng). Các mô hình này đã được hiện thực hóa trong lĩnh vực điện và được xem như một đề tài kinh điển. Tuy nhiên kể từ khi nhà khoa học Nicola Tesla công bố nghiên cứu về WPT vào năm 1914 (N. Tesla, 1914), tầm quan trọng của WPT dần tăng lên và trở thành lĩnh vực đa ngành, có liên quan đến nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau.

2. Cơ sở lý thuyết tính toán WPT

2.1. Mô hình WPT trường gần

Thách thức lớn nhất đối với hệ thống WPT trường gần là tăng hiệu suất truyền tải năng lượng. Vì khoảng cách truyền năng lượng trong hệ thống WPT trường gần là nhỏ và hoạt động của hệ thống dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ và cộng hưởng nên việc xác định tần số cộng hưởng để đạt được hiệu suất lớn nhất cũng vô cùng quan trọng.

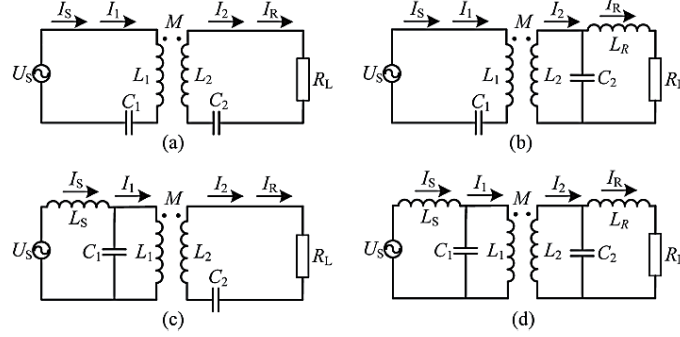
Hiện nay đang tồn tại 4 kỹ thuật truyền năng lượng không dây trường gần sử dụng hiện tượng cộng hưởng tương ứng với 4 topology và mạch điện tương đương như hình 1. Trong các sơ đồ tương đương, tụ điện có thể được nối tiếp (S) hoặc song song (P) với cuộn cảm. Tùy thuộc vào loại cộng hưởng khác nhau ở phía sơ cấp và thứ cấp, 4 topo được đặt tên gồm S-S, S-LCL, LCL-S và LCL-LCL. Giả sử tần số cộng hưởng bên phía sơ cấp và thứ cấp là như nhau và được tính bởi công thức (1).

* Tác giả liên hệ

Email: giangnt168@gmail.com

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_R C_1}} \quad (1)$$

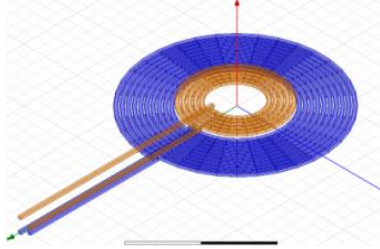
Đối với tô pô S-S và LCL-LCL thì dòng điện qua tải là hằng số, trong khi đó tô pô S-LCL và LCL-S cho điện áp ra tải là hằng số (Yiming Zang và nnk, 2017)



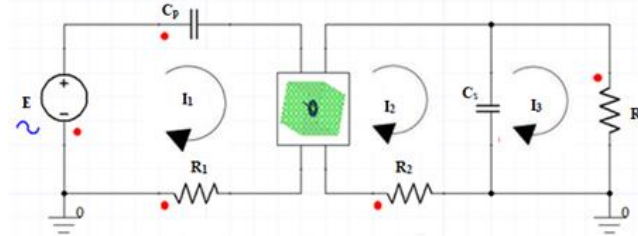
Hình 1. Các topo và sơ đồ mạch tương đương hệ thống truyền điện không dây trường gần

S-S (b) S-LCL (c) LCL-S (d) LCL-LCL

Trong phần này, sử dụng lý thuyết mạch để tính toán mô hình. Để phân tích trở kháng tương đương đầu vào, công suất truyền tải và hiệu suất truyền tải, ta sẽ sử dụng một mạch điện WPT được đơn giản hóa như hình 3. Trong đó mô hình cuộn dây sơ cấp và thứ cấp được xây dựng có dạng hình tròn với số vòng tương ứng là 10 vòng và 5 vòng dây như hình hình 2.



Hình 2. Mô hình các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp trong hệ thống WPT



Hình 3. Mô hình mạch điện WPT

Giải các phương trình với mạch điện hình 3 ta thu được phương trình về trở kháng vào và hiệu suất của hệ thống

$$Z_{in} = \frac{1}{j\omega C_p} + R_1 + j\omega L_1 + \frac{\omega^2 M^2}{j\omega L_2 + R_2 + \frac{R_0}{1 + j\omega C_s R_0}} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \left(\frac{I_3}{I_1} \right)^2 \cdot \frac{R_0}{Z_{in}} = \left(\frac{I_3}{I_2} \cdot \frac{I_2}{I_1} \right)^2 \cdot \frac{R_0}{Z_{in}} \quad (3)$$

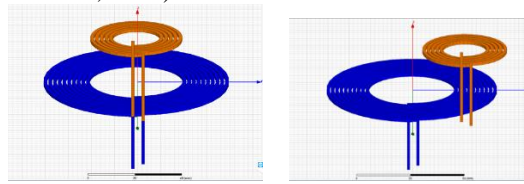
$$\eta = \left\{ \frac{1}{1 + j\omega C_s R_0} * \frac{j\omega M}{j\omega L_2 + R_2 + \frac{R_0}{1 + j\omega C_s R_0}} \right\}^2 \cdot \frac{R_0}{\frac{1}{j\omega C_p} + R_1 + j\omega L_1 + \frac{\omega^2 M^2}{j\omega L_2 + R_2 + \frac{R_0}{1 + j\omega C_s R_0}}} \quad (4)$$

Trong đó:

- I_1, I_2, I_3 : Các dòng điện vòng
 L_1 : Điện cảm cuộn dây sơ cấp
 L_2 : Điện cảm cuộn dây thứ cấp
 M : Hệ số cảm
 C_p, C_s : Điện dung của tụ ở mạch sơ và thứ cấp
 R_0 : Điện trở tải (ký hiệu R_t)
 R_1, R_2 : Nội trở của cuộn dây sơ và thứ cấp
 η : Hiệu suất

2.2. Các trường hợp khảo sát

Trong nghiên cứu, các kịch bản được đưa ra để tính toán và đánh giá hiệu suất của hệ thống WPT bao gồm: khảo sát các trường hợp hai cuộn dây đồng phẳng và không đồng phẳng, đặt đồng tâm và lệch tâm (hình 4 và hình 5) (T. Imura và nnk, 2010)



Hình 4: Mô hình hai cuộn dây đồng phẳng



Hình 5: Mô hình hai cuộn dây không đồng phẳng

Bằng việc quét tham số khoảng cách và độ lệch tâm giữa hai cuộn dây cho kết quả về hiệu suất đạt được của hệ thống trong các bảng 1 và 2

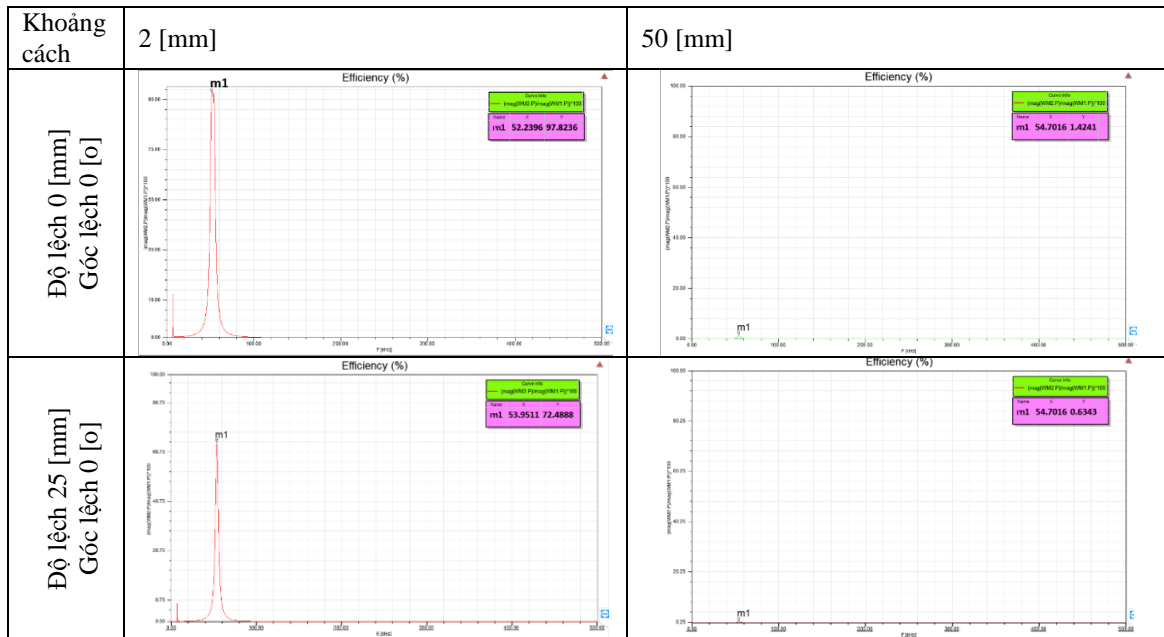
Bảng 1. Hiệu suất theo khoảng cách và độ lệch tâm trường hợp đồng phẳng

Khoảng cách 2-50 [mm]	Độ lệch tâm 0 [mm]	Độ lệch tâm 25 [mm]
Góc lệch 0 [°]	Hiệu suất [%]	
2	97.8	72.5
5	96.3	51.6
10	78.2	28.6
15	51.8	16.3
20	31.2	9.7
30	10.7	3.7
40	3.8	1.5
50	1.4	0.6

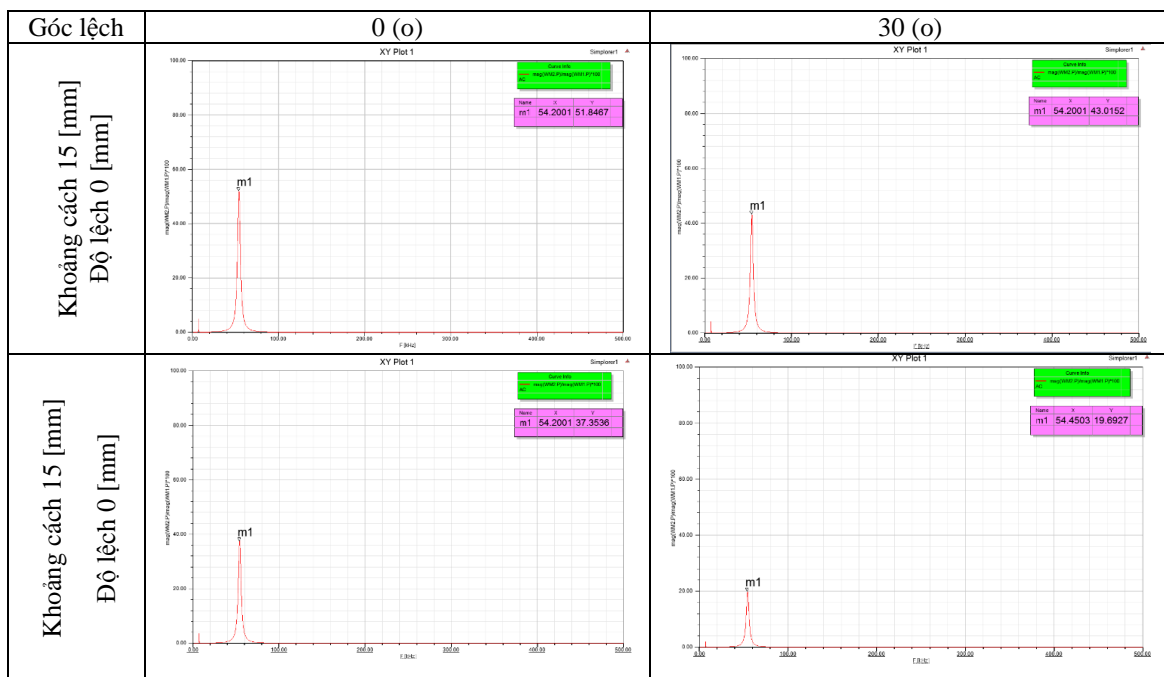
Bảng 2. Hiệu suất theo khoảng cách và độ lệch tâm trường hợp không đồng phẳng

Góc lệch 0-30 [°]	Độ lệch tâm 0 [mm]	Độ lệch tâm 15 [mm]
Khoảng cách 15 [mm]	Hiệu suất [%]	
0	51.8	37.4
5	51.8	34.8
10	51.3	32.7
15	50.3	29.8
20	48.6	26.6
25	46.2	23.2
30	43	19.6

Đồ thị hiệu suất trong trường hợp lớn nhất và nhỏ nhất được nêu trong các hình 6 và hình 7



Hình 6. Các đồ thị hiệu suất lớn nhất và nhỏ nhất trường hợp đồng phẳng



Hình 7. Các đồ thị hiệu suất lớn nhất và nhỏ nhất trường hợp không đồng phẳng

3. Kết quả và thảo luận

Đối với trường hợp hai cuộn dây đồng phẳng, khi tiến hành thay đổi khoảng cách giữa hai cuộn dây từ 2 mm tới 50 mm thì hiệu suất truyền tải năng lượng điện giảm nhanh từ 70%-95% xuống còn dưới 5%. Hiệu suất lớn nhất đạt được là ở khoảng cách 2mm, khi ta đặt hai cuộn đồng tâm thì hiệu suất cao hơn trường hợp đặt lệch tâm là 25.3%.

Trường hợp hai cuộn không đồng phẳng, hiệu suất giảm từ 51.8% xuống 43%; từ 37.4% xuống 19.6%, tương ứng với khi đặt đồng tâm và không đồng tâm. Hiệu suất truyền tải năng lượng điện giảm nhẹ khi ta tăng góc lệch giữa hai cuộn dây. Hiệu suất tối đa giảm khi ta dịch chuyển cuộn thứ cấp so với cuộn sơ cấp.

Tần số cộng hưởng 54kHz, hiệu suất truyền tải năng lượng phụ thuộc chủ yếu vào khoảng cách giữa hai cuộn dây. Khoảng cách càng xa thì hiệu suất càng thấp và ngược lại

Ở cùng khoảng cách, góc lệch giữa hai cuộn dây không ảnh hưởng quá nhiều đến hiệu suất truyền tải năng lượng.

Việc xác định nhiệt lượng trong hệ thống cũng hoàn toàn có thể xác định dựa trên tổn hao về hiệu suất và công suất rơi trên các phần tử tiêu tán như điện trở. Đây là hướng nghiên cứu tiếp theo giúp tối ưu hóa kiểu dáng sản phẩm, xác định điểm nóng để đưa ra biện pháp tản nhiệt cho hợp lý.

4. Kết luận

Trong báo cáo này chúng tôi đã đề xuất giải pháp mô phỏng hệ thống truyền điện không dây bằng phương pháp mô phỏng số. Bài báo cũng đánh giá được hiệu suất của hệ thống truyền điện không dây trong các trường hợp khác nhau, từ đó đưa ra các kết quả trực quan, quan trọng trong việc xác thực thiết kế hai cuộn dây trong hệ thống WPT. Ngoài ra, kết quả của nghiên cứu này còn có ích cho công việc tối ưu thiết kế các cuộn dây, mọi thao tác tối ưu về kích thước, số vòng dây, khe hở giữa các vòng dây đều được thực hiện trên phần mềm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn nên cho đáp ứng kết quả nhanh chóng, chính xác, từ đó các kỹ sư thiết kế có thể nhận định và thay đổi sao cho hiệu suất hệ thống WPT đạt được cao nhất có thể.

Lời cảm ơn

Tác giả trân trọng cảm ơn bộ môn Kỹ thuật điện – Điện tử, khoa Cơ – Điện, trường Đại học Mỏ - Địa chất và trung tâm DASI, Đại học Bách Khoa, Hà nội đã hỗ trợ về chuyên môn và cơ sở vật chất để hoàn thiện.

Tài liệu tham khảo

- N. Tesla, Dec. 1, 1914. Apparatus for transmitting electrical energy, U.S. patent 1 119 732
- Liguang Xie; Yi Shi; Hou, Y.T.; Lou, A., August 2013. Wireless power transfer and applications to sensor networks. *Wireless Communications, IEEE*, vol.20, no.4, pp.140,145
- T. Imura, H. Okabe, T. Uchida, and Y. Hori, 2010. Wireless Power Transfer during Displacement Using Electromagnetic Coupling in Resonance. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 130, no. 1, pp. 76–83
- K. Kusaka and J. Itoh, 2013. Experimental Verification and Analysis of AC-DC Converter with an Input Impedance Matching for Wireless Power Transfer Systems. *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*
- Yiming Zang, Zhengming Zhao, Jun Fan, 2017. Load characteristics of wireless power transfer system with different resonant types and resonant numbers. *AIP ADVANCES* 7, 056601.

ABSTRACT

Evaluate the efficiency of the wireless power transfer system using numerical method

Nguyen Truong Giang¹, Nguyen Tien Si¹, Ha Thi Chuc¹
¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

Wireless transmission systems are widely used in the life, in medicine, in industry, defense, etc. The problem with the WPT system near-field is to determine the resonance frequency, performance or transmission efficiency, optimal transmission distance. The paper focuses on solving those problems by proposing co-simulation methods between ANSYS Maxwell and ANSYS Simplorer to determine the inductance and symmetry parameters of the two coils. Then put those parameters into the circuit model and simulate, evaluate the energy transfer performance with different scenarios. The article is a process of designing and simulating a wireless transmission system, the dependence of performance on the design parameters of two coils, the graph of determining the resonance frequency and the effective resonance point. By identifying the optimal set of parameters, the near-field WPT system is designed to be cost-effective, cost-effective and secure for people and electronic devices around.

Keywords: Efficiency, wireless, resonance, near-field.

Thuật toán trung bình bình phương nhỏ nhất (LMS) trong các bộ chuyển đổi tương tự số (ADC) thích nghi nhằm giảm sai số

Cung Quang Khang^{1,*}

¹ Bộ môn Kỹ thuật điện – Điện tử, Khoa Cơ – Điện, Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

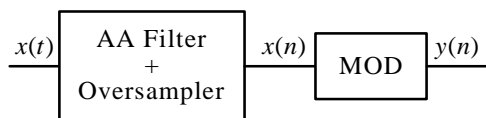
Các bộ chuyển đổi tương tự số (Analog to Digital Converter - ADC) được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi trong kỹ thuật số như xử lý số tín hiệu, đo lường số và thông tin số. Kỹ thuật ADC đã có rất nhiều bước phát triển vượt bậc dựa trên các bộ Sigma Delta ADC với kỹ thuật "siêu rời rạc" (Oversampling), "tạo hình nhiễu" (Noise Shaping), kết hợp lọc số và suy giảm tần số mẫu (Decimation) đã được rất nhiều hãng sản xuất phát triển. Để giảm sai số lượng tử chung cho toàn dải tín hiệu vào và tránh hiện tượng quá tải độ dốc (Over slop) có thể kết hợp ADC với các bộ khuếch đại dẫn nén biên độ (phi tuyến hóa), trong các bộ ADC thích nghi (Adaptive ADC), hệ số khuếch đại được điều chỉnh liên tục thích ứng với mức tín hiệu vào. Việc xây các thuật toán nhằm thay đổi đơn giản hóa cấu trúc cũng như tăng tốc độ xử lý và tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu luôn được nghiên cứu và phát triển.

Trong báo cáo này, tác giả trình bày một số cấu trúc các bộ Sigma Delta ADC truyền thống đang được ứng dụng, phân tích các ưu nhược điểm của chúng và đề xuất áp dụng phương thức điều chỉnh hệ số lọc tín hiệu dựa trên thuật toán LMS. Phương pháp xác định hệ số khuếch đại giãn nén tín hiệu thường dựa trên việc chia khoảng mức biên độ tín hiệu vào theo truyền thống như các luật A-law và μ -law được ITU-T quy định trong chuẩn G.711, là chuẩn mã hoá cho tín hiệu số. Tuy nhiên, phương pháp này không hiệu quả khi áp dụng cho các bộ ADC kiểu thích nghi. Thuật toán LMS đề xuất một phương pháp ước lượng theo giá trị trung bình bình phương sai số lượng tử để điều chỉnh hệ số lọc phù hợp, vừa tăng tốc độ xử lý và vừa giảm được sai số lượng tử.

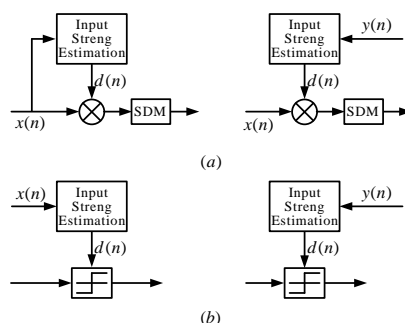
Từ khóa: Sigma Delta ADC, Aptive ADC, siêu rời rạc (over sampling), tạo hình nhiễu (noise shaping), thuật toán trị trung bình bình phương nhỏ nhất (LMS).

1. Đặt vấn đề

Trong các kỹ thuật biến đổi tương tự số, các bộ biến đổi Sigma Delta ADC được sử dụng để đạt độ phân giải cao với cấu trúc có độ phức tạp thấp. Một cấu trúc chung cho điều chế Sigma Delta được thể hiện trong hình 1 (P. Aziz và nnk, 1996). Tín hiệu tương tự $x(t)$ được lấy mẫu ở tốc độ cao hơn tốc độ Nyquist, kỹ thuật này gọi là siêu rời rạc (oversampling). Các mẫu thường được bộ lọc khử răng cưa AA (AntiAliasing) nhằm tránh nhiễu chồng phổ. Vì tốc độ lấy mẫu cao hơn tốc độ Nyquist nhiều lần nên thiết kế bộ lọc AA ít bị hạn chế hơn.



Hình 1. Cấu trúc chung của bộ Sigma Delta ADC



Hình 2. a) Ước lượng bù; b) ước lượng thay đổi bước lượng tử

* Tác giả liên hệ

Email: qkcung@gmail.com

Tại bộ điều biến MOD (Modulation) kiểu tạo hình nhiễu (noise shaping), mỗi mẫu được chuyển đổi thành giá trị số với một số bit nhất định. Nói chung, bộ điều biến định hình phổ công suất nhiễu ra bên ngoài băng thông tín hiệu để giảm tác dụng nhiễu trong băng thông tín hiệu.

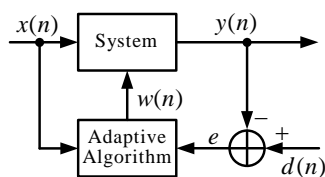
Kỹ thuật siêu rời rạc và tạo hình nhiễu được sử dụng rất rộng rãi trong các bộ ADC. Cấu trúc chính của kỹ thuật này là sử dụng các hàm tạo hình nhiễu $(1-z^{-1})^N$, với N là số vòng cấu trúc của ADC. Về lý thuyết N có thể tùy chọn lớn, tuy nhiên N càng lớn hệ càng phức tạp tốc độ xử lý thấp và nhiễu tăng. Thường gặp với Sigma Delta ADC đơn vòng có $N=1$ và Sigma Delta ADC kép có $N=2$. Ưu điểm của các Sigma Delta ADC là cải thiện tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR bằng cách đẩy mật độ phổ nhiễu ra khỏi vùng phổ tín hiệu. Tuy nhiên, trong toàn dải tín hiệu, nhất là khi tín hiệu nhỏ tỷ số SNR sẽ thấp, gây ra sai số tăng đáng kể.

Để giải quyết vấn đề này, người ta đưa ra bộ Sigma Delta thích nghi với ý tưởng mở rộng phạm vi tín hiệu vào bằng cách thay đổi bước lượng tử. Việc thay đổi bước lượng tử dựa trên ước đoán giá trị biên độ tín hiệu vào như trên hình 2 (Proakis J.G. và nnk, 2007). Một số kỹ thuật thích ứng đã được nghiên cứu. Trong (C. Chakravarthy, 1979) Chakravarthy đã đề xuất một giải pháp thích nghi dựa trên số lần chuyển đổi trung bình ở bộ điều biến đầu ra. Jaggi và Chakravarthy (M. Jaggi và nnk, 1986) đã sử dụng kỹ thuật số tương tự bộ chuyển đổi để điều khiển ngay lập tức biên độ xung phản hồi. Yu và các tác giả đã phát triển một kỹ thuật dựa trên ước tính biên độ đầu vào tối đa trong một khoảng thời gian nhất định và sử dụng nó thích ứng với kích thước bước lượng tử hóa (James C. Candy và nnk, 1985).

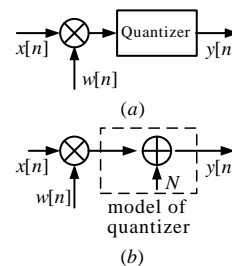
Trong báo cáo này, chúng tôi giới thiệu một kỹ thuật mới để thích ứng với kích thước bước lượng tử hóa. Kỹ thuật được đề xuất dựa trên ước tính biên độ của đầu vào lượng tử theo thuật toán trị trung bình bình phương nhỏ nhất LMS (Least Mean Square) thay vì phương pháp ước lượng theo biên độ tín hiệu đầu vào. Thuật toán này cho cấu trúc đơn giản và tốc độ xử lý cao. Dựa trên mô phỏng và phân tích kết quả, bộ điều biến mới cho thấy sự cải thiện đáng kể so với các bộ Sigma Delta ADC trong phạm vi rộng và tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR).

2. Thuật toán LMS cho các bộ biến đổi tương tự số ADC thích nghi

Trong các bộ biến đổi tương tự số kiểu Sigma Delta ADC, các tín hiệu tương tự $x(t)$ được đưa qua bộ lọc thông thấp chống chồng phổ và trích mẫu với kỹ thuật siêu rời rạc (Oversampler) tạo ra tín hiệu rời rạc $x(n)$ thông qua khâu lượng tử hóa sẽ có $y(n)$. Thay vì các trọng số lọc $w(n)$ cố định của hệ, ở đây $w(n)$ được tính toán thích nghi với biên độ giá trị vào theo thuật toán LMS sao cho ở mỗi bước lượng tử, sai số luôn là nhỏ nhất có thể. Do đó, tổng sai số lượng tử sẽ luôn đạt giá trị nhỏ hơn so với trường hợp lượng tử hóa theo trọng số cố định. Giá trị đặt $d(n)$ được đưa vào hệ so sánh với giá trị lượng tử hóa đầu ra. Sai lệch của chúng là một tham số quyết định giá trị của trọng số $w(n)$. Trên hình (3) mô tả cấu trúc của hệ thích nghi với thuật toán LMS được áp dụng (Proakis J.G. và nnk, 2007).



Hình 3. Cấu trúc chung của hệ thống có thuật toán thích nghi



Hình 4. a) Thuật toán LMS cho khâu lượng tử hóa chung và b) có kể tới nhiễu cộng tính N

2.1. Cơ sở thuật toán LMS

Trong thiết kế hệ thống ADC thích nghi như trên, việc xác định hàm mục tiêu J được đưa ra là làm sao cho thuật toán tối thiểu hóa, tốc độ xử lý nhanh, giá trị sai lệch nhỏ nhất. Thuật toán tối thiểu hóa là trọng tâm của lý thuyết tối ưu, có nhiều cách xác định hàm mục tiêu dựa trên giá trị vào $x(n)$, giá trị đặt $d(n)$ và giá trị ra $y(n)$. Ở mức tối ưu lý tưởng có thể chọn $J(x(n), d(n), e(n)) = 0$, hoặc đạt tối thiểu với hiệu suất cao thì: $J(x(n), d(n), e(n)) \geq 0$.

Trong thuật toán LMS, điều quan trọng nhất là việc xác định vectơ trọng số $w(n)$ ở mỗi bước rời rạc n sao cho hàm mục tiêu J là tối thiểu. Vectơ $w(n)$ trong thuật toán LMS theo (S.D. Sterns và nnk, 1985; Proakis J.G. và nnk, 2007) được xác định theo phương trình sau:

$$w[n+1] = w[n] - \mu \cdot \nabla_w J(n) \quad (1)$$

Thường người ta xác định giá trị gradient $\nabla w J(n)$ của hàm mục tiêu chính là kỳ vọng $E[e(n)x(n)]$, do đó phương trình trên có thể viết thành:

$$w[n+1] = w[n] - \mu.E[e(n)x(n)], \quad (2)$$

Trong trường hợp chỉ sử dụng giá trị trung bình của mẫu, kỳ vọng có thể tính $E[e(n)x(n)] = e[n]x[n]$:

$$w[n+1] = w[n] - \mu.e[n]x[n] \quad (3)$$

Như vậy, giá trị trọng số thứ $(n+1)$ sẽ được tính dựa vào giá trị thứ (n) trước đó với lượng hiệu chỉnh phù hợp theo sai số lượng tử, hệ số μ là kích thước bước điều chỉnh tỷ lệ thuận với lỗi lượng tử hóa và bị giới hạn trên để đảm bảo tốc độ hội tụ của thuật toán (Proakis J.G. và nnk, 2007).

Trong các bộ biến đổi ADC, sai số lượng tử luôn tồn tại. Việc giảm thiểu sai số này với áp dụng thuật toán LMS bằng cách xác định giá trị véc tơ trọng số $w(n)$ trong lọc số. Có thể thấy trọng số $w[n]$ này được nhân với tín hiệu rời rạc $x[n]$ chỉ ra trên hình (4a) và (4b), trong đó (4b) biểu thị khâu lượng tử có nhiều cộng tính N . Sai lệch giữa $x[n]$ và $y[n]$ chính là sai số lượng tử. Hàm mục tiêu J như sau:

$$J[n] = e^2[n] = (x[n] - y[n])^2. \text{ Trong đó: } y[n] = w[n]x[n] + N. \quad (4)$$

Theo Proakis J.G (Proakis J.G. và nnk, 2007), ta có:

$$\frac{\partial J[n]}{\partial w[n]} = -2e[n]x[n]. \quad (5)$$

Thực tế tín hiệu trọng số là hàm theo thời gian, nên áp dụng luật chuỗi số có thể tính được:

$$\frac{\partial J[n]}{\partial n} = -2e[n]x[n] \cdot \frac{\partial w[n]}{\partial n}. \quad (6)$$

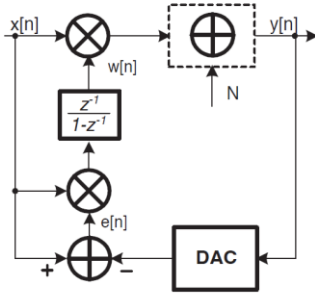
Phương trình trên có nhiều hướng tiếp cận giải và sẽ cho các thuật toán khác nhau. Tuy nhiên, xét thấy là hàm mục tiêu phải giảm theo thời gian nên về phải luôn âm, vậy có thể đặt:

$$\frac{\partial w[n]}{\partial n} = e[n]x[n]. \quad (7)$$

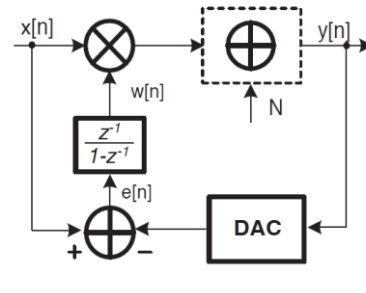
Từ kết quả trên ta tính được giá trị trọng số $w[n]$:

$$w[n] = \int e[n]x[n] dn. \quad (8)$$

Phương trình (8) là cơ sở để xây dựng cấu trúc áp dụng cho chuyển đổi tương tự số có khả năng thích nghi với tín hiệu vào và cho sai số lượng tử nhỏ nhất. Kết quả này có thể dẫn tới 2 cấu trúc ADC sau đây (Proakis J.G. và nnk, 2007).



Hình 5a. Cấu trúc đầy đủ



Hình 5b. Cấu trúc đơn giản hóa bỏ qua khâu nhân $x[n]$

Theo phương trình tính $w[n]$, ta có thể xây dựng cấu trúc ADC trên hình 5a. Bằng cách có thể giảm một thông số vào mà không ảnh hưởng tới hàm mục tiêu, tức là trong phương trình (8) có thể ở mỗi bước n ta không tính đến $x[n]$ thì hàm mục tiêu vẫn đạt giá trị giảm nhất, tức là đạo hàm hàm mục tiêu vẫn đảm bảo dấu âm (hình 5b). Nghiên cứu này đã có trong (J. Yu và nnk, 1992), (Proakis J.G. và nnk, 2007), thực tế cũng rất khó tạo được sai số lượng tử dương trong một phạm vi rộng của bộ biến đổi ngược DAC. Do vậy:

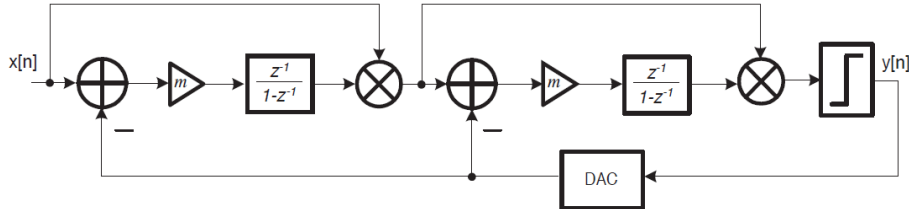
$$\frac{\partial J[n]}{\partial n} = -2e[n] \frac{\partial w[n]}{\partial n}. \quad (9)$$

Hay ta có:

$$w[n] = \int e[n] dn. \quad (10)$$

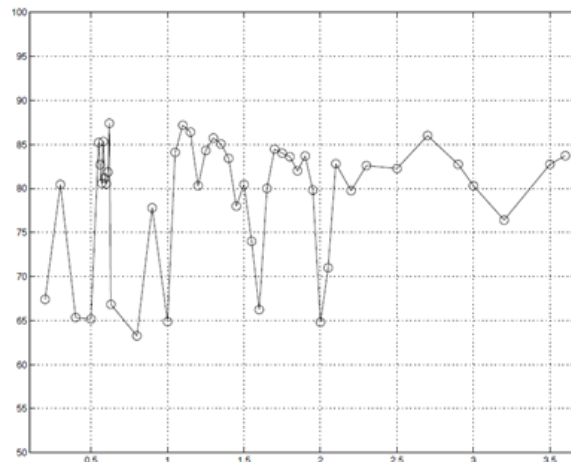
2.2. Bộ biến đổi tương tự số thích nghi với thuật toán LMS

Khi thiết kế bộ biến đổi tương tự số ADC, có thể lựa chọn theo hai sơ đồ trên. Tuy nhiên để đơn giản và tăng tốc độ xử lý mà vẫn đảm bảo hàm mục tiêu là sai số lượng tử nhỏ nhất theo thuật toán LMS, ta chỉ cần khâu so sánh và tích phân xác định trọng số $w[n]$. Sơ đồ đề xuất được xây dựng trong không gian toán tử z như trên hình (6).



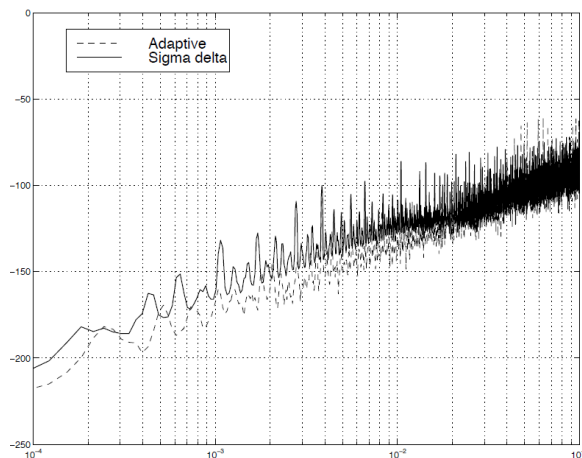
Hình 6. Bộ biến đổi ADC thích nghi hai tầng với thuật toán LMS

Trong sơ đồ này, ta sử dụng phương pháp nối tầng hai vòng tích phân thích nghi, tương tự như hai vòng của bộ biến đổi Sigma Delta ADC. Khối khuếch đại hệ số m được đưa vào để khảo sát tính tối ưu của mạch tích phân. Với thuật toán LMS có thể áp dụng với hệ số khuếch đại m lớn. Tuy nhiên, do điều kiện hội tụ và ổn định, thì có thể xác định được giới hạn trên của giá trị m . Sau khi mô phỏng và khảo sát cho kết quả $m=1,1$. Trên hình (7) biểu diễn kết quả khảo sát hệ số khuếch đại và mật độ phổ công suất PSD (Proakis J.G. và nnk, 2007).



Hệ số khuếch đại tích phân m

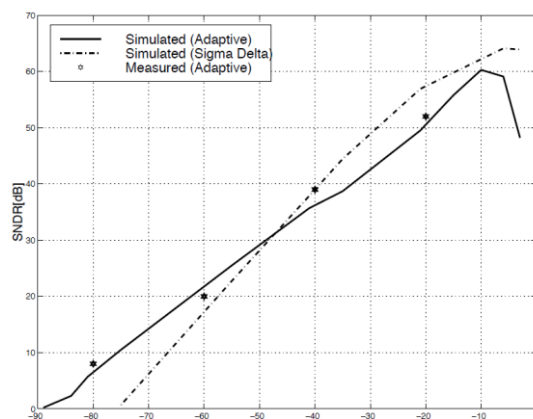
Hình 7a. Dải động của hệ số tích phân m



Tỷ số tần số tín hiệu và tần số mẫu f/fs

Hình 7 b. Mật độ phổ công suất PSD so sánh ADC thích nghi với Sigma Delta ADC thông thường

Khi mô phỏng, chọn tín hiệu vào là dạng sóng sin biên độ nhỏ cỡ -75dB và tăng dần. Theo kết quả đo được nhận thấy tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR của giải pháp mạch ADC có áp dụng luật thích nghi theo thuật toán LMS nằm dưới các bộ Sigma Delta ADC cơ bản khi tín hiệu ở vùng đến 15dB. Khi tín hiệu vào tăng lớn tác dụng của thuật toán LMS sẽ giảm dần tới khoảng 45dB. Điều này là do sóng hài rơi vào băng thông tín hiệu được khuếch đại tăng làm giảm tỷ số SNR. Tuy nhiên, khi phối hợp giữa Sigma Delta ADC với thuật toán LMS sẽ cho hiệu quả tốt ngay cả vùng tín hiệu vào lớn. Hình 8 là dải động SRDN của tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR đã khảo sát với tần số xung nhịp là 2,6MHz, tần số lấy mẫu siêu rời rạc (oversampling) gấp 64 lần (Proakis J.G. và nnk, 2007).



Hình 8. Biểu đồ tỷ số động tín hiệu trên nhiễu SNDR

3. Kết luận

Báo cáo này trình bày một cách tiếp cận mới để đạt được lượng tử hóa định hình nhiễu (kỹ thuật noise shaping). Ở đây cũng đã chỉ ra rằng sự thích nghi bằng thuật toán LMS trong xử lý số tín hiệu được áp dụng đúng cách cho nhiều lượng tử, dẫn đến một kiến trúc mạch tương tự bộ Sigma Delta ADC. Ở vùng tín hiệu có biên độ nhỏ, giải pháp thích nghi LMS hoạt động tốt hơn so với Sigma Delta ADC thông thường. Ở vùng biên độ tín hiệu lớn thì ưu thế thuộc về các bộ Sigma Delta. Do vậy nếu kết hợp bộ lọc thuật toán LMS cho các bộ Sigma Delta ADC sẽ đảm bảo tăng tỷ số nhiễu trên tín hiệu trong toàn dải biên độ.

Tài liệu tham khảo

- P. Aziz, H. Sorensen, and J. Spiegel, 1996. *An overview of sigma-delta converters*. IEEE Signal Processing Mag., vol. 13, pp. 61–84.
- C. Chakravarthy, 1979. *An amplitude controlled adaptive delta sigma modulators*. Radio Electron. Eng., vol. 49, no. 1, pp. 49–54.
- M. Jaggi and C. Chakravarthy, 1986. *Instantaneous adaptive delta sigma modulator*. Can. Electr. Eng. J., vol. 11, no. 1, pp. 3–6.
- James C. Candy and Gabor C. Temes, 1985. *Oversampling Sigma Delta data converters*, IEEE PRESS, Piscataway, NJ.
- J. Yu, M. Sandler, and R. Hwaken, 1992. *Adaptive quantization for 1-bit delta sigma modulation*. Proc. Inst. Elect. Eng. Circuits, Devices, Syst., vol. 139, no. 1, pp. 39–44.
- Proakis J.G., Manolakis D.G. (2007). *Digital Signal Processing, Principles, Algorithms and Applications*. The 4rd edition, Pearson, Ch. 6 & 13.
- S.D. Sterns and B. Widrow, 1985. *Adaptive Signal Processing*. Prentice-Hall, Cliffs, NJ.

ABSTRACT

Algorithm least means square (LMS) in the adaptive analog to digital converters (ADC) for reducing the error

Cung Quang Khang¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Analog to Digital Converter (ADC) is widely used in digital applications such as digital signal processing, digital measurement and digital information. The ADC technique has made a great deal of

progress on the Sigma Delta ADC with "Oversampling," "Noise Shaping," and digital filtering and decimation which has been developed by many manufacturers. In order to reduce the general quantum error of the entire input range and avoid over slop, it is possible to combine the ADC with the non-linear amplifier. In the Adaptive ADC, the amplitude gain is continuously adjusted depend on the level of the input signal. The construction of algorithms to change the structure simplification as well as increase the processing speed and increase the signal-to-noise ratio is always researched and developed.

In this report, the author presents some of the structures of the commonly used Sigma Delta ADCs, their advantages and disadvantages, and the proposed method of adjusting the signal-to-noise ratio by LMS algorithm. The method of determining the signal expansive amplitude is usually based on the traditional range of input signal amplitude, such as the A-law and μ -law rules specified in G.711 of ITU, which are coding standard for digital signals. However, this method is not effective for adaptive ACDs. The author proposes a method for both speeding up processing and minimizing quantum errors. It is LMS algorithm based on the least mean squared of quantum error.

Điều khiển động cơ không đồng bộ ba pha theo trị số điện trở ước lượng của mạch stator

Nguyễn Thạc Khánh ^{1,*}
Trường Đại học Mở - Địa Chất

TÓM TẮT

Động cơ không đồng bộ ba pha là một trong những động cơ phổ biến nhất trong công nghiệp. Các bộ điều khiển động cơ không đồng bộ hiệu năng cao hiện nay thường dựa trên mô hình điều khiển véc tơ với các thuật toán điều khiển tuân theo hệ phương trình trạng thái của động cơ. Các hệ phương trình mô tả động cơ luôn luôn xuất hiện thông số điện trở của dây quấn stator. Trong thực tế điện trở stator là một giá trị phi tuyến theo dòng điện, nhiệt độ do đó nó ảnh hưởng đến sai số của mô hình điều khiển. Trong bài báo này trình bày một phương pháp ước lượng giá trị điện trở stator nhằm nâng cao độ chính xác của thuật toán điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ ba pha. Với tham số đầu vào là giá trị đo dòng điện và điện áp stator, bộ ước lượng dựa trên mô hình toán của động cơ kết hợp mô hình tham chiếu MRAS (Model Reference Adaptive System) có khả năng ước lượng giá trị điện trở dây quấn stator trong dải rộng tốc độ bao gồm cả vùng từ trường yếu (tốc độ trên định mức).

Từ khóa: Động cơ không đồng bộ ba pha, điều khiển véc tơ, ước lượng điện trở stator

Các ký hiệu trong hệ đơn vị tương đối (per-unit [p.u.]

Các đại lượng

i - dòng điện
 m - mô men
 u - điện áp
 x - điện kháng
 ψ - từ thông
 ω - tốc độ góc

Các chỉ số trên

\hat{A} - giá trị ước lượng
 A^s - giá trị trong hệ tọa độ từ thông stator
 A^r - giá trị trong hệ tọa độ từ thông rotor

Các chỉ số dưới

M - từ thông chính, hồ cảm
 m - cơ học
 N - giá trị định mức
 r - rotor
 s - stator

Hệ quy chiếu trong điều khiển véc tơ

α - β - hệ trục tọa độ cố định
 x - y - hệ trục tọa độ quay tựa từ thông

1. Mở đầu

Hệ thống truyền động điện hiệu năng cao với động cơ không đồng bộ ba pha (ĐCKĐB) yêu cầu đáp ứng nhanh mô men định mức trong dải tốc độ thấp (dưới định mức) và đạt mô men tối đa trong dải tốc độ trên định mức. Các phương pháp điều khiển tựa từ thông (field-oriented control methods - FOC) đã xuất sắc đạt được những yêu cầu nói trên. Tuy nhiên, các thuật toán điều khiển FOC yêu cầu khai báo chi tiết các thông số của ĐCKĐB (Blaschke, 1972; Nabae et al., 1980; Ohnishi et al., 1985; Vas, 1990). Các thông số của ĐCKĐB cần thiết để thiết lập các vòng lặp điều khiển dòng điện và mô men, đặc biệt trong phương pháp điều khiển gián tiếp tựa từ thông (indirect field-oriented control - IFOC), điều đó làm tăng độ phức tạp đồng thời giảm độ chính xác cho bộ điều khiển.

Rất nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng các phương pháp FOC bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi thông số của ĐCKĐB bởi nhiệt độ, tần số và sự bão hòa lõi thép. Do đó cần thiết phải xác định các thông số của động cơ một cách liên tục (on-line) cho các mô hình điều khiển FOC (Toliat et al., 2003).

Hệ phương trình mô tả trạng thái tĩnh của điện áp và từ thông trong mô hình điều khiển tựa từ thông rotor (rotor field-oriented control methods - RFOC), được viết dưới dạng (Orlowska-Kowalska, 2003) (1) và (2).

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenthackhanh@humg.edu.vn

$$\begin{cases} u_{sx}^R = r_s i_{sx}^R - \omega_s^R \sigma (x_M + x_{\sigma s}) i_{sy}^R \\ u_{sy}^R = r_s i_{sy}^R + \omega_s^R (x_M + x_{\sigma s}) i_{sx}^R \end{cases} \quad (1)$$

$$\psi_r^R = x_M i_{sx}^R \quad (2)$$

Hệ phương trình mô tả trạng thái tĩnh của điện áp và từ thông trong mô hình điều khiển tựa từ thông stator (stator field-oriented control methods - SFOC) có dạng:

$$\begin{cases} u_{sx}^S = r_s i_{sx}^S \\ u_{sy}^S = r_s i_{sy}^S + \omega_s^S \psi_s^S \end{cases} \quad (3)$$

$$\psi_s^S = x_M i_{Ms}^S \quad (4)$$

trong đó: $i_{Ms}^S = |\mathbf{i}_{Ms}^S| = \left| (i_{rx}^S + j i_{ry}^S) + (i_{sx}^S + j i_{sy}^S) \frac{x_s}{x_M} \right|$ là dòng điện từ hóa stator (Orlowska-Kowalska, 2003).

Các chỉ số trên R và S trong các biểu thức (1)-(4) biểu diễn các giá trị trong hệ tham chiếu từ trường rotor và stator.

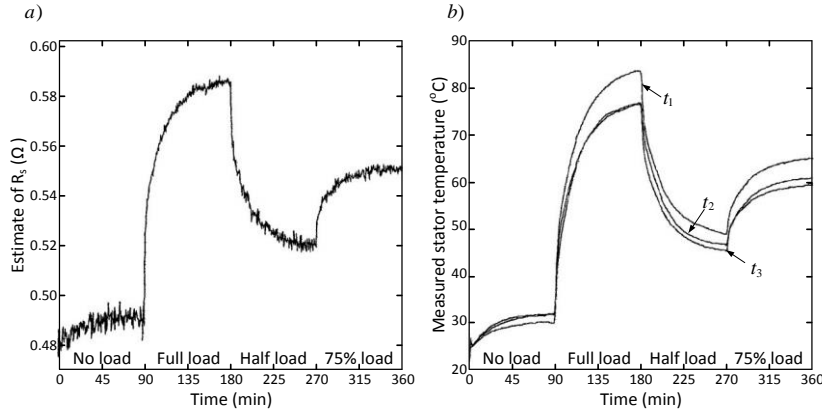
Từ các biểu thức trên cho thấy trong tất cả các phương pháp điều khiển véc tơ tựa từ thông đối với ĐCKĐB thì từ thông luôn phụ thuộc vào điện kháng từ hóa (hỗ cảm x_M) và dòng điện từ hóa, những đại lượng này phụ thuộc vào dòng điện và điện áp stator. Ngoài ra, điện trở stator (r_s) cũng xuất hiện trong tất cả các biểu thức điện áp (1) và (3), do đó nó trực tiếp ảnh hưởng đến các điện áp và dòng điện thành phần. Kết quả là điện trở stator sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến dòng điện từ hóa và từ thông tham chiếu.

Điện trở stator r_s là một hàm số của nhiệt độ, nó bị ảnh hưởng bởi cường độ dòng điện stator. Giá trị gần đúng của điện trở được tính theo công thức (5) (Bose et al., 1998):

$$r_s = r_{s0} + \alpha r_{s0} (t_s - 25^\circ C) \quad (5)$$

trong đó r_s là điện trở tại $t^\circ C$, r_{s0} là điện trở định mức ở $25^\circ C$, t_s là nhiệt độ thực của cuộn dây stator ($^\circ C$), và α là hệ số nhiệt (đối với dây đồng, $\alpha = 11.21 \times 10^{-3} / ^\circ C$).

Quan hệ giữa điện trở stator và nhiệt độ được chỉ ra trong hình 1 (Sang-Bin et al., 2003).



Hình 1. Ước lượng điện trở stator bằng cách bơm dòng điện một chiều khi tải thay đổi (a);

t_1, t_2, t_3 là nhiệt độ tại điểm đầu, giữa và cuối cuộn dây (b)

(Sang-Bin et al., 2003) © IEEE 2003

2. Ước lượng điện trở stator

Một nghiên cứu tổng quan về các phương pháp ước lượng thông số ĐCKĐB được trình bày chi tiết trong tài liệu (Toliat et al., 2003). Các thông số ĐCKĐB có thể được xác định bằng phương pháp tĩnh (off-line) hoặc liên tục khi vận hành (on-line) phụ thuộc vào yêu cầu của thuật toán điều khiển véc tơ.

2.1. Ước lượng điện trở stator bằng phương pháp đo tĩnh (off-line estimation)

Trong các phương pháp off-line, điện trở stator được đo bằng phương pháp đặc biệt trước khi động cơ làm việc. Quá trình đo này được thực hiện tự động bởi biến tần (thường được gọi là phương pháp self-turning). Phương pháp đo này dựa trên nguyên lý tự động phát một tín hiệu vào động cơ và xác định các thông số của ĐCKĐB (Khambadkone et al., 1991).

Nhược điểm của các phương pháp xác định thông số tĩnh là độ chính xác của các thông số cần xác định phụ thuộc nhiều vào tần số lấy mẫu, sai số lượng tử hóa, độ phân giải và chính xác của các cảm biến... (Borgard et al., 1995). Một nhược điểm nữa của các phương pháp này là do xác định ở trạng thái tĩnh nên biến tần sẽ phải làm việc ở trạng thái không tuyến tính (trạng thái xung) nên cần phải biết chính xác đặc tính sụt áp của bộ biến tần mới có thể tính được điện áp trên cuộn dây, điều này rất khó thực hiện (Buja et al., 1995).

2.2. Ước lượng liên tục điện trở stator (on-line estimation)

Trong các mô hình điều khiển véc tơ ĐCKĐB đã có rất nhiều phương pháp ước lượng thông số động cơ đã được nghiên cứu và ứng dụng. Về kỹ thuật, các phương pháp ước lượng on-line được chia làm ba nhóm chính như sau:

Nhóm thứ nhất dùng kỹ thuật phân tích phổ (Spectral Analysis Techniques): trong nhóm này biến tần sẽ bơm vào động cơ một tín hiệu điện áp đặc biệt sau đó nhận lại phản hồi là một hoặc một chuỗi xung. Bằng cách phân tích phổ tín hiệu nhận được (thường dùng FFT - fast Fourier transform) ta có thể tính toán các thông số động cơ (Toliat et al., 1993). Nhược điểm của phương pháp này là làm tăng độ phức tạp của thuật toán điều khiển.

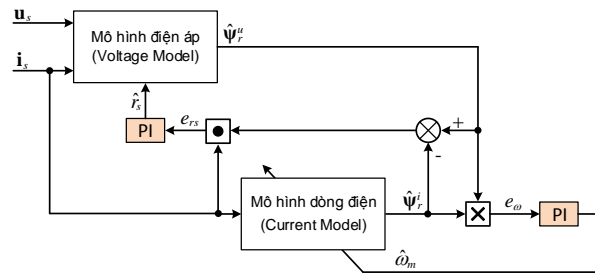
Nhóm thứ hai dùng kỹ thuật theo dõi (Observer-Based Techniques): Trong nhóm này nhiều kỹ thuật được sử dụng như bộ lọc Kalman (Kalman filter - KF), bộ quan sát Luenberger (Luenberger observer - LO) để ước lượng điện trở stator và trạng thái bộ điều khiển (Tae-Sung et al., 2005; Orłowska-Kowalska et al., 2010). Nhược điểm của các kỹ thuật này là khi ước lượng điện trở stator thì phải coi tất cả giá trị điện cảm trong mô hình động cơ là không đổi.

Nhóm thứ ba dùng kỹ thuật mô hình tham chiếu (Model Reference Adaptive System - MRAS - Based techniques): Kỹ thuật mô hình tham chiếu dựa trên cơ sở một đại lượng có thể được tính toán bằng hai cách. Cách tính thứ nhất dựa trên mô hình tham chiếu bên trong hệ thống điều khiển. Cách tính thứ hai dựa trên tín hiệu điện áp/dòng điện đo được trên cực động cơ. Sự khác nhau giữa hai cách tính cho ta một tín hiệu sai số, sai số này được đưa vào bộ điều khiển thích nghi (thông thường là bộ điều khiển tỷ lệ - tích phân - PI) để xác định biến cần ước lượng. Tùy theo các kỹ thuật MRAS, chúng ta sẽ có các mô hình ước lượng điện trở stator khác nhau (Marino et al., 2000; Orłowska-Kowalska et al., 2010). Nhược điểm của nhóm này là không xác định được thông số động cơ khi không tải và tốc độ bằng không.

2.3. Ước lượng điện trở stator dùng kỹ thuật MRAS

Trong các mô hình điều khiển véc tơ ĐCKĐB yêu cầu các tín hiệu phản hồi là các véc tơ từ thông và mô men điện từ, do đó một bộ ước lượng tối ưu sẽ bao gồm các chức năng ước lượng các biến trạng thái và thông số động cơ. Một trong những bộ ước lượng thỏa mãn được yêu cầu trên là mô hình ước lượng dựa trên kỹ thuật MRAS.

Kỹ thuật ước lượng đồng thời tốc độ rotor và điện trở stator được trình bày trong tài liệu (Vasic et al., 2003) sử dụng bộ ước lượng MRAS (Schauder, 1992). Sơ đồ khối bộ ước lượng được trình bày trong hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối bộ ước lượng tốc độ rotor và điện trở stator dùng mô hình MRAS

Bộ ước lượng dùng mô hình MRAS kinh điển trong hình 2 dùng hai khối mô tả mô hình điện áp và mô hình dòng điện của từ thông rotor. Thuật toán tính tốc độ được trình bày trong biểu thức (6) và (7) (Schauder, 1992).

$$\hat{\omega}_m = K_{p\omega} \left(1 + \frac{1}{pT_{I\omega}} \right) e_\omega \quad (6)$$

trong đó: p là toán tử Laplace và

$$e_\omega = \hat{\psi}_r^i \times \hat{\psi}_r^u = \hat{\psi}_{r\alpha}^i \hat{\psi}_{r\beta}^u - \hat{\psi}_{r\beta}^i \hat{\psi}_{r\alpha}^u \quad (7)$$

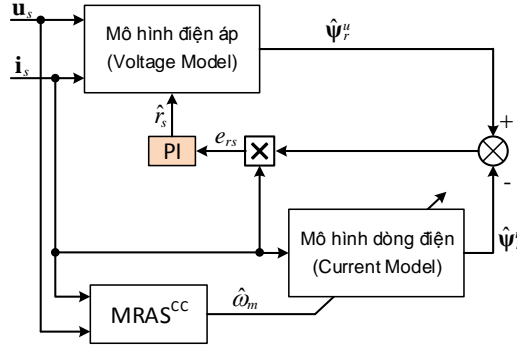
Thuật toán để tính điện trở stator có thể viết dạng biểu thức (8):

$$r_s = K_{prs} \left(1 + \frac{1}{pT_{irs}} \right) e_{rs} \quad (8)$$

Trong đó:

$$e_{rs} = i_{s\alpha} (\hat{\psi}_{r\alpha}^u - \hat{\psi}_{r\alpha}^i) - i_{s\beta} (\hat{\psi}_{r\beta}^u - \hat{\psi}_{r\beta}^i) \quad (9)$$

Mô hình MRAS trong hình 2 có nhược điểm là chỉ chính xác trong dải tốc độ thấp. Để cải thiện độ chính xác của bộ ước lượng trong dải rộng tốc độ, bộ ước lượng tốc độ dùng PI trong hình 2 được thay thế bằng bộ ước lượng MRAS^{CC} như trong hình 3 (Orlowska-Kowalska et al., 2010).



Hình 3. Sơ đồ khối bộ ước lượng tốc độ rotor và điện trở stator dùng mô hình MRAS^{CC}

Bộ ước lượng dựa trên nguyên lý so sánh dòng điện đo được với dòng điện ước lượng thông qua mô hình dòng điện (current model). Mô hình toán của dòng điện stator được kết hợp bởi mô hình dòng điện - từ thông (Kubota et al., 1993):

$$\frac{d}{dt} \hat{\mathbf{i}}_s = -\frac{r_r x_M^2 + x_r^2 r_s}{\sigma T_N x_s x_r^2} \hat{\mathbf{i}}_s + \frac{1}{\sigma T_N x_s} \mathbf{u}_s + \frac{x_M r_r}{\sigma T_N x_s x_r^2} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i - j\omega_m \frac{x_M}{\sigma T_N x_s x_r} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i \quad (10)$$

Véc tơ từ thông rotor $\boldsymbol{\psi}_r^i$ được tính toán theo biểu thức:

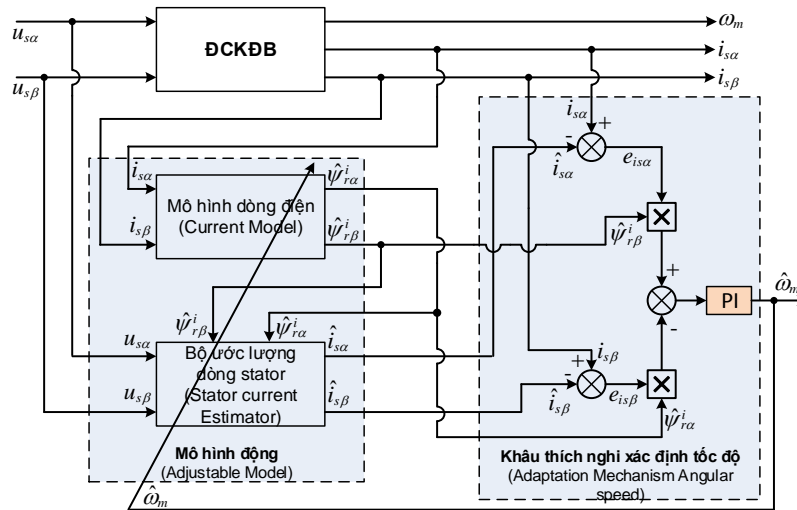
$$\frac{d}{dt} \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i = \left[\frac{r_r}{x_r} (x_M \hat{\mathbf{i}}_s - \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i) + j\omega_m \hat{\boldsymbol{\psi}}_r^i \right] \frac{1}{T_N} \quad (11)$$

Tốc độ rotor được tính theo biểu thức:

$$\omega_m = K_P (e_{is\alpha} \hat{\psi}_{r\beta}^i - e_{is\beta} \hat{\psi}_{r\alpha}^i) + K_I \int (e_{is\alpha} \hat{\psi}_{r\beta}^i - e_{is\beta} \hat{\psi}_{r\alpha}^i) dt \quad (12)$$

Trong đó, $e_{is\alpha,\beta} = i_{s\alpha,\beta} - \hat{i}_{s\alpha,\beta}$ là sai số giữa dòng điện đo với dòng điện ước lượng.

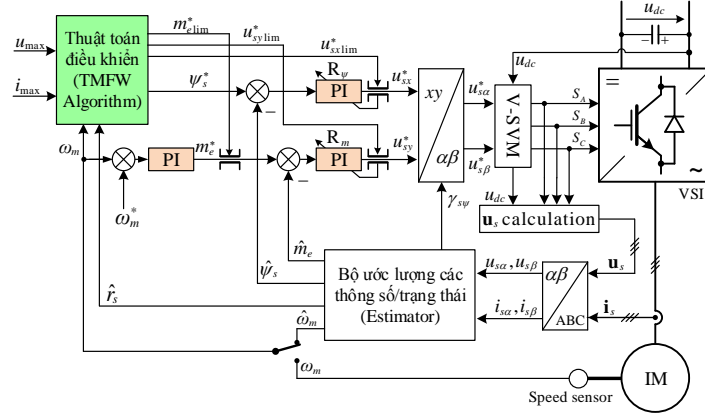
Sơ đồ khối của bộ ước lượng MRAS^{CC} được trình bày trong hình 4 (Orlowska-Kowalska et al., 2010).



Hình 4. Sơ đồ khối bộ ước lượng MRAS^{CC}

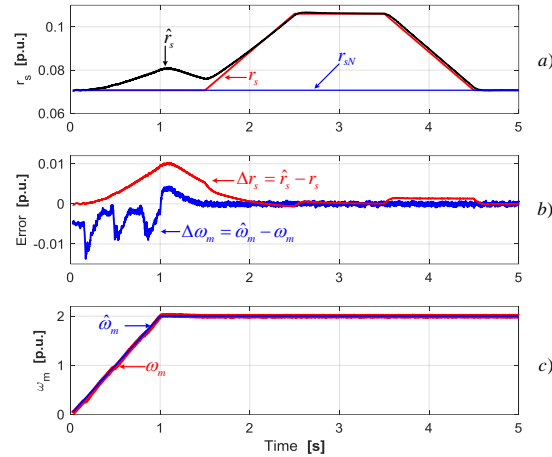
2.4. Kết quả mô phỏng ước lượng điện trở stator

Thuật toán ước lượng dựa trên sơ đồ khối hình 3 kết hợp mô hình điều khiển trực tiếp mô men (DTC) trong dải rộng tốc độ và mô men (Khanh et al., 2014) đối với ĐCKĐB được trình bày trong sơ đồ khối hình 5.



Hình 5. Sơ đồ khối điều khiển động cơ theo trị số điện trở stator ước lượng

Kết quả mô phỏng với ĐCKĐB (có các thông số được cho phụ lục) ở điện áp định mức và giả thiết điện trở stator thay đổi 150% ($r_{s\max} = 1.5r_{sN}$) và tốc độ động cơ thay đổi từ 0 đến 2 [p.u.] được trình bày trong hình 6. Từ kết quả mô phỏng ta thấy, mô hình MRAS^{CC} có khả năng ước lượng chính xác tốc độ trong dải rộng bao gồm cả vùng từ trường yếu (khi tốc độ lớn hơn định mức). Đường màu xanh trong hình 6.b cho thấy sai số ước lượng tốc độ lớn nhất không quá 0,015 [p.u.]. Đối với điện trở stator, kết quả mô phỏng cho thấy trong quá trình khởi động, do tốc độ có độ biến thiên lớn ($|d\omega/dt| > 0$) làm cho sai số tốc độ tăng dẫn đến kết quả ước lượng điện trở có sai số lớn; khi tốc độ ổn định ($|d\omega/dt| \approx 0$) thì sai số ước lượng điện trở xấp xỉ bằng không.



Hình 6. Kết quả mô phỏng ước lượng điện trở stator và tốc độ động cơ

3. Kết luận

Bài báo trình bày một phương pháp ước lượng điện trở stator của ĐCKĐB phù hợp với các phương pháp điều khiển véc tơ hiện đại. Bằng cách đo các thông số điện áp và dòng điện trên cực động cơ, mô hình MRAS^{CC} cho phép ước lượng chính xác điện trở stator khi tốc độ ít thay đổi. Mặt khác bộ ước lượng đã lựa chọn cho phép xác định chính xác tốc độ động cơ vì vậy bộ ước lượng này có thể ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống truyền động điện với ĐCKĐB không dùng cảm biến tốc độ (sensorless vector control).

Tài liệu tham khảo

F. Blaschke (1972). "The principle of field orientation as applied to the new TRANSVECTOR closed loop control system for rotating field machines." Siemens Review **39**(5): 217-220.

- D. E. Borgard, G. Olsson and R. D. Lorenz (1995). "Accuracy issues for parameter estimation of field oriented induction machine drives." IEEE Transactions on Industry Applications **31**(4): 795-801.
- B. K. Bose and N. R. Patel (1998). "Quasi-fuzzy estimation of stator resistance of induction motor." IEEE Transactions on Power Electronics **13**(3): 401-409.
- G. S. Buja, R. Menis and M. I. Valla (1995). *MRAS identification of the induction motor parameters in PWM inverter drives at standstill*. Proceedings of the 1995 IEEE IECON: 21st International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Orlando, FL, USA.
- A. M. Khambadkone and J. Holtz (1991). "Vector-controlled induction motor drive with a self-commissioning scheme." IEEE Transactions on Industrial Electronics **38**(5): 322-327.
- N. T. Khanh, K. N. Linh and K. C. Anh (2014). *DTC Drives for traction applications using a torque-maximized field weakening algorithm*. Proceeding of the 3rd International conference on Advances in Mining and Tunelling, Vungtau City.
- K. Kubota, K. Matsuse and T. Nakano (1993). "DSP-based speed adaptive flux observer of induction motor." IEEE Transactions on Industry Applications **29**(2): 344-348.
- R. Marino, S. Peresada and P. Tomei (2000). "On-line stator and rotor resistance estimation for induction motors." IEEE Transactions on Control Systems Technology **8**(3): 570-579.
- A. Nabae, K. Otsuka, H. Uchino and R. Kurosawa (1980). "An Approach to Flux Control of Induction Motors Operated with Variable-Frequency Power Supply." IEEE Transactions on Industry Applications **IA-16**(3): 342-350.
- K. Ohnishi, H. Suzuki, K. Miyachi and M. Terashima (1985). "Decoupling Control of Secondary Flux and Secondary Current in Induction Motor Drive with Controlled Voltage Source and Its Comparison with Volts/Hertz Control." IEEE Transactions on Industry Applications **IA-21**(1): 241-247.
- T. Orłowska-Kowalska (2003). *Speed sensorless induction motor drives*, Wroclaw University of Technology Press, Wroclaw.
- T. Orłowska-Kowalska and M. Dybkowski (2010). "Stator-Current-Based MRAS Estimator for a Wide Range Speed-Sensorless Induction-Motor Drive." IEEE Transactions on Industrial Electronics **57**(4): 1296-1308.
- L. Sang-Bin and T. G. Habetler (2003). "An online stator winding resistance estimation technique for temperature monitoring of line-connected induction machines." IEEE Transactions on Industry Applications **39**(3): 685-694.
- C. Schauder (1992). "Adaptive speed identification for vector control of induction motors without rotational transducers." IEEE Transactions on Industry Applications **28**(5): 1054-1061.
- K. Tae-Sung, S. Myoung-Ho and H. Dong-Seok (2005). "Speed sensorless stator flux-oriented control of induction motor in the field weakening region using Luenberger observer." IEEE Transactions on Power Electronics **20**(4): 864-869.
- H. A. Toliyat and A. A. G. Hosseiny (1993). *Parameter estimation algorithm using spectral analysis for vector controlled induction motor drives*. Conference Proceedings of the 1993 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE'93, Budapest.
- H. A. Toliyat, E. Levi and M. Raina (2003). "A review of RFO induction motor parameter estimation techniques." IEEE Transactions on Energy Conversion **18**(2): 271-283.
- P. Vas (1990). *Vector control of AC machines*, Clarendon Press.
- V. Vasic, S. N. Vukosavic and E. Levi (2003). "A stator resistance estimation scheme for speed sensorless rotor flux oriented induction motor drives." IEEE Transactions on Energy Conversion **18**(4): 476-483.

ABSTRACT

Vector-controlled induction motor drive with online estimation of stator resistance

Nguyen Thac Khanh¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

High performance IM drives require fast torque response below base speed and maximum torque capability with fast torque response above the base speed. The field-oriented control methods (FOC) are most successful in this matter. However, the FOC-based IM drives require the knowledge of the machine parameters used in the control algorithms. The need for motor parameters to tune the current and torque loops, especially for indirect field-oriented control (IFOC). The close-loop vector controlled IM drive

structures require feedback signals generated by estimators as flux vector and electromagnetic torque, etc. Therefore, the optimal estimator should combine both functions: estimation of the state variable and motor parameters. One of the estimators which satisfy these conditions is MRAS based scheme.

Phụ lục

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ

Thông số	Giá trị định mức	Giá trị tương đối [p.u.]
Điện áp định mức	$U_N = 400V$	
Công suất định mức	$P_N = 3kW$	
Tốc độ định mức	$n_N = 1400 \text{ v/ph}$	$\omega_{mN} = 0.9333$
Điện trở rotor	$R_r = 6.372\Omega$	$r_{rN} = 0.6372$
Điện trở stator	$R_s = 7.073\Omega$	$r_{sN} = 0.7073$
Điện cảm tản rotor	$L_{\sigma r} = 0.0312H$	$x_{\sigma rN} = 0.098$
Điện cảm tản stator	$L_{\sigma s} = 0.0312H$	$x_{\sigma sN} = 0.098$
Điện cảm rotor	$L_r = 0.6290H$	$x_{rN} = 1.976$
Điện cảm stator	$L_s = 0.6290H$	$x_{sN} = 1.976$
Hỗ cảm	$L_M = 0.5978H$	$x_{MN} = 1.878$
Hệ số tản từ (Total leakage factor)	$\sigma = 0.0967$	$\sigma = 0.0967$

Nghiên cứu, đề xuất yêu cầu đối với role bảo vệ cắt nhanh để đảm bảo nguồn máy phát phân tán làm việc ổn định khi xảy ra ngắn mạch ba pha trên lưới

Phạm Trung Sơn^{1,*}, Nguyễn Đình Tiến²

¹ Trường Đại học Mỏ-Địa chất

² Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT:

Bài báo thực hiện nghiên cứu các đặc tính của quá trình quá độ cơ điện khi xảy ra sự cố ngắn mạch ba pha trên lưới điện có tích hợp các nguồn máy phát điện cỡ nhỏ, nguồn máy phát phân tán. Trên cơ sở đặc tính của quá trình quá độ, nghiên cứu và đề xuất giải pháp cho role bảo vệ cắt nhanh nhằm đảm bảo các điều kiện làm việc ổn định của máy phát trong quá trình quá độ, đảm bảo điều kiện làm việc ổn định, tin cậy, liên tục của hệ thống cung cấp điện.

Từ khóa: Ổn định, tin cậy, nguồn máy phát phân tán, hệ thống cung cấp điện, bảo vệ cắt nhanh.

1. Giới thiệu chung

Công nghệ năng lượng phân tán sẽ phát triển nhanh trong vài năm tới với động lực là nhu cầu điện năng tăng trưởng mạnh mẽ, hệ thống truyền tải ngày một già cỗi và hộ tiêu thụ mong muốn độ tin cậy cung cấp điện cao hơn, kiểm soát giá thành điện năng cũng như khả năng điều chuyển nguồn điện. Một vài yếu tố khác tác động đến việc sản xuất và tiêu thụ năng lượng như: giá khí tự nhiên ngày càng tăng cao, sự kiểm soát chặt chẽ của chính phủ đối với vấn đề phát thải từ các nhà máy điện tập trung cũng là nguyên nhân giúp cho loại hình nguồn điện phân tán có điều kiện phát triển mạnh.

Sự ra đời hệ thống nguồn phát phân tán (Distributed Generation-DG) là sự cần thiết cho nhu cầu năng lượng đối với một xã hội phát triển, hiện đại nhằm bổ sung và đáp ứng nhanh chóng nguồn điện cho phụ tải, đảm bảo an ninh năng lượng, đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện. Tuy nhiên, ngoài các ưu điểm khi tích hợp các nguồn năng lượng phân tán vào hệ thống thì nó cũng phát sinh rất nhiều các nhược điểm. Các ưu, nhược điểm được tìm thấy trong các tham khảo (Фам Чынг Шюн, 2012; N.I.Voropai, 2006). Một trong những nhược điểm của nó là ảnh hưởng đến độ tin cậy, ổn định cung cấp điện...So với độ ổn định của hệ thống điện lớn, hệ thống điện (HTĐ) có tích hợp DG có độ ổn định kém hơn nhiều, do công suất của các nguồn DG nhỏ, không ổn định nên rất dễ dao động trước những biến động của phụ tải và các quá trình quá độ... Do có nhiều đặc điểm đặc trưng khi nguồn DG tích hợp vào hệ thống nên số công trình nghiên cứu về độ ổn định còn hạn chế, trong khi độ ổn định HTĐ lớn đã được nghiên cứu và công bố trong rất nhiều các ấn bản khoa học, các nhà khoa học vẫn đang tập trung nghiên cứu để đưa ra các giải pháp vận hành tối ưu nhất (Mohamad, A.M. và nnk, 2011; Quyen Le-Cao và nnk, 2010; Tran-Quoc, T. và nnk, 2000; Lã Văn Út, 2011; Nguyễn Hoàng Việt, Phan Thị Thanh Bình, 2010). Trong nghiên cứu này tập trung phân tích đặc tính của quá trình quá độ cơ điện khi xảy ra sự cố ngắn mạch ba pha trên thanh cái của các nguồn máy phát điện cỡ nhỏ, nguồn DG. Trên cơ sở đặc tính của quá trình quá độ, nghiên cứu và đề xuất giải pháp cho role bảo vệ cắt nhanh nhằm đảm bảo các điều kiện làm việc ổn định động của máy phát trong quá trình quá độ, đảm bảo điều kiện làm việc ổn định, tin cậy, liên tục của máy phát và hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ).

2. Nghiên cứu và đề xuất yêu cầu đối với bảo vệ cắt nhanh khi ngắn mạch quá độ ba pha trên cực DG để đảm bảo điều kiện ổn định.

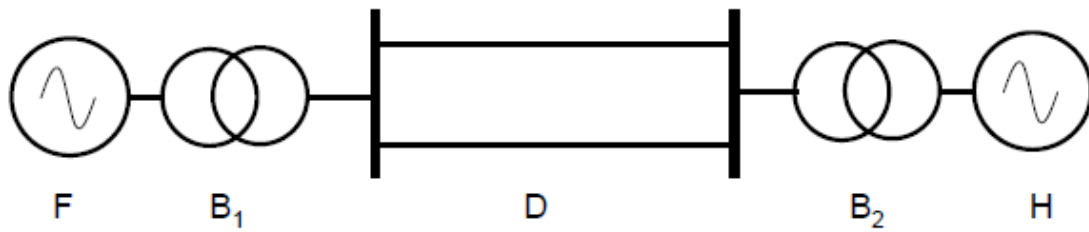
2.1. Cơ sở phân tích và mô tả ổn định hệ thống điện

2.1.1. Xây dựng đường đặc tính công suất

Căn cứ để xác định chế độ làm việc ổn định của máy phát khi xảy ra ngắn mạch ba pha trên cực ra của máy phát là cần phải dựa trên cơ sở phân tích đường đặc tính công suất của máy phát. Sơ đồ nguyên lý xác định đường đặc tính công suất áp dụng cho trường hợp điển hình nhất được thể hiện trên hình 1.

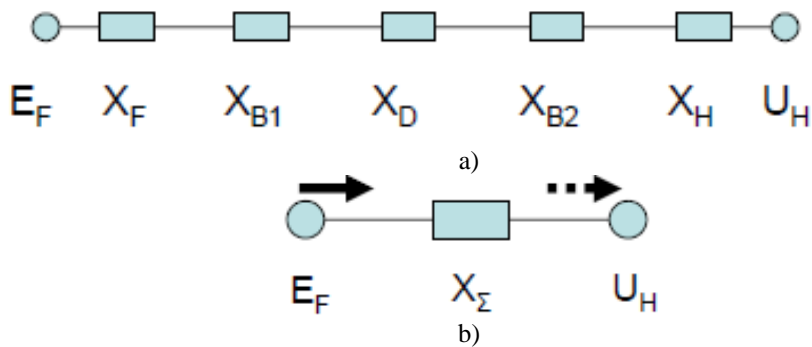
* Tác giả liên hệ

Email: phamtrungson_istu_ru@mail.ru



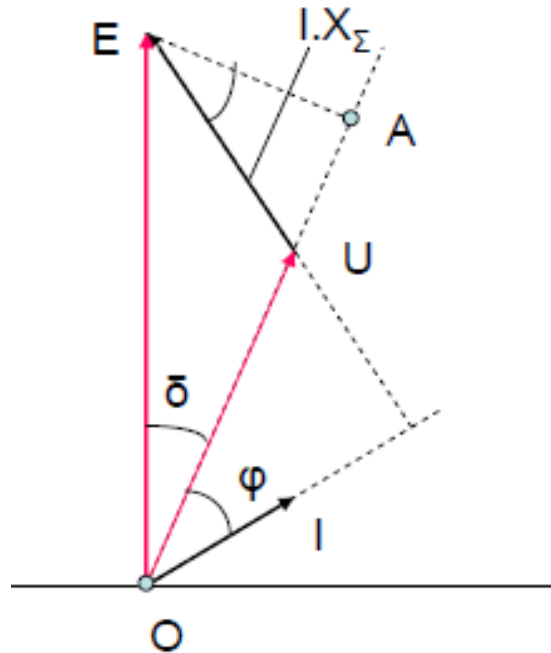
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý một sợi của hệ thống cung cấp điện điển hình.

Sơ đồ bao gồm có một máy phát F, hai máy biến áp B₁, B₂, đường dây D và nút tải của hệ thống H. Từ sơ đồ nguyên lý có thể lập sơ đồ thay thế:



Hình 2. Sơ đồ thay thế hệ thống cung cấp điện điển hình

Lập giản đồ vector để xác định mối tương quan giữa các đại lượng:



Hình 3. Giản đồ vector mối tương quan vật lý giữa các đại lượng điện

Trong tam giác vuông OAE và UAE có thể xác định được:

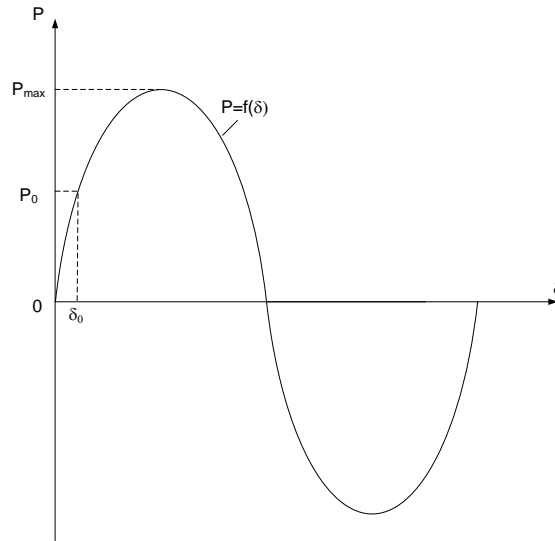
$$|EA| = IX_{\Sigma} \cdot \cos\varphi = E \cdot \sin\delta \quad (1)$$

Từ mối quan hệ này có thể xác định được đường đặc tính công suất.

$$P = \frac{E \cdot U}{X_{\Sigma}} \sin\delta \quad (2)$$

Rõ ràng, công suất tác dụng tại một nút của hệ thống phụ thuộc trực tiếp vào góc lệch pha giữa sức điện động phát ra của máy phát và điện áp tại nút nghiên cứu, $P = f(\sin\delta)$. Như vậy, đường đặc tính công suất có dạng hình Sin như hình 4 dưới đây:

Khi $\delta_0 = \text{const}$, thì $P = P_0$, tức công suất phát ra tại nút nghiên cứu là ổn định.



Hình 4. Đường đặc tính công suất tại một nút của hệ thống.

Theo các tài liệu nghiên cứu (Веников, В.А, 1985), phương trình chuyển động tương đối của rôto máy phát được xác định theo công thức sau:

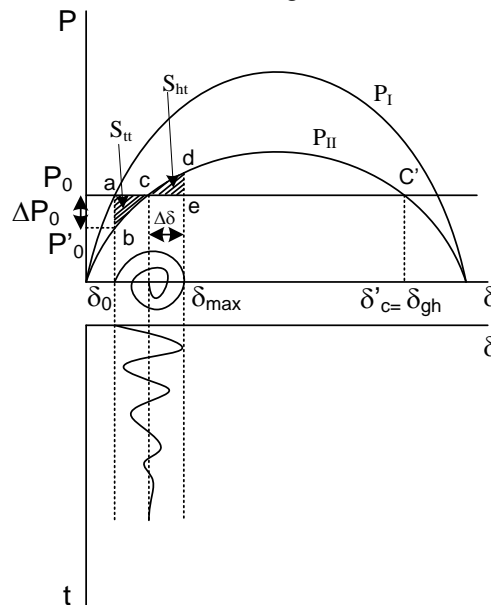
$$T_J \cdot \frac{d^2 \delta_{MF}}{dt^2} = P_c - P = \Delta P \quad (3)$$

Công suất ΔP còn được gọi là công suất thừa, nó tác động lên rôto và gây ra cho nó một gia tốc: $\alpha = \frac{d^2 \delta_{MF}}{dt^2}$.

Qua phương trình có thể phân tích được các chế độ làm việc quá độ của máy phát: nếu $\alpha=0$ thì máy phát quay với tốc độ ổn định; $\alpha>0$ thì máy phát ở trạng thái tăng tốc; $\alpha<0$ máy phát ở trạng thái hãm tốc.

2.1.2. Mô tả chế độ làm việc ổn định hệ thống điện

Giả thiết rằng HTĐ đang làm việc bình thường với P_0 và δ_0 - điểm a (hình 5) thì xảy ra ngắn mạch. Đường đặc tính công suất thay đổi đột ngột từ P_I sang đường P_{II} (điện áp trên điểm ngắn mạch giảm thấp làm công suất của nhà máy điện không truyền vào hệ thống được). Công suất điện giảm thấp nhưng do quán tính của rotor góc δ chưa kịp biến đổi mà vẫn giữ giá trị δ_0 , vì vậy điểm làm việc rơi xuống điểm b trên đường P_{II} . Lúc này công suất tuabin P_0 lớn hơn công suất điện và sinh ra công suất thừa dương.



Hình 5. Quá trình dao động của HTĐ

$$\Delta P_0 = P_0 - P_{II\max} \cdot \sin \delta_0 \quad (4)$$

Công suất thừa ΔP_0 gây cho rôto gia tốc ban đầu α_0 và làm cho tốc độ tương đối của rôto $\Delta \omega = \omega - \omega_0$

tăng lên (ở thời điểm ban đầu $\Delta\omega = 0$). Góc δ tăng lên và điểm làm việc trượt trên đường đặc tính công suất P_{II} .

Cùng với sự tăng lên của δ , $\Delta P = P_0 - P_{II\max} \sin\delta$ giảm đi, khiến cho gia tốc tương đối α giảm đi nhưng tốc độ góc tương đối $\Delta\omega$ vẫn tăng lên vì $P > 0$. Đến khi $\delta = \delta_C$, $\Delta P = 0$ và $\alpha = 0$, tốc độ góc tương đối $\Delta\omega$ đạt giá trị cực đại. Do quán tính góc δ tiếp tục tăng lên quá δ_C , lúc này ΔP đổi dấu, nó tác động hãm rôto lại, gia tốc α mang dấu âm và $\Delta\omega$ giảm dần. Quá trình chuyển động tiếp tục cho đến $\Delta\omega = 0$, góc δ đạt giá trị cực đại (điểm d), lúc đó ΔP đạt giá trị âm lớn nhất, gia tốc a cũng đạt giá trị âm lớn nhất. Quá trình chuyển động do đó có tính chất ngược lại so với ban đầu, góc δ giảm xuống, $\Delta\omega$ tăng dần theo chiều âm, ΔP giảm dần. Quá trình chuyển động tiếp tục như vậy sau một số chu kỳ góc δ sẽ dừng lại tại giá trị δ_0 là vị trí cân bằng công suất (hình 5).

Quá trình vừa diễn tả là quá trình trong đó hệ thống có ổn định và sau một số dao động sự cân bằng công suất được phục hồi với góc làm việc mới là δ_C .

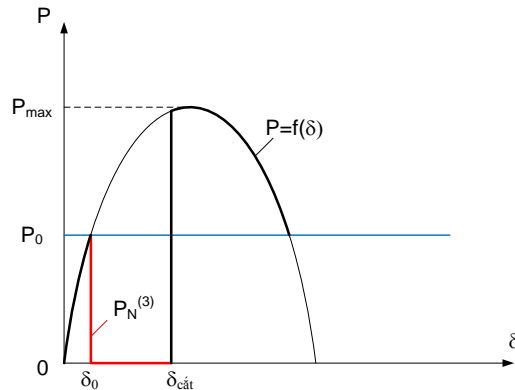
Tình hình sẽ khác hẳn nếu như góc δ trong quá trình dao động vượt góc δ_C , lúc đó công suất thừa ΔP lại có giá trị dương, rôto lại bị tăng tốc và góc δ sẽ tăng lên vô cùng. Như vậy HTĐ chỉ có ổn định khi nào góc δ nhỏ hơn δ_C , là góc giới hạn ổn định của HTĐ. Góc δ_C phụ thuộc vào đặc tính công suất ngắn mạch hay sau khi cắt ngắn mạch và công suất ban đầu P_0 .

Điều kiện đảm bảo: $\delta_{\max} < \delta_C$.

2.2. Nghiên cứu và đề xuất yêu cầu đối với role bảo vệ cắt nhanh

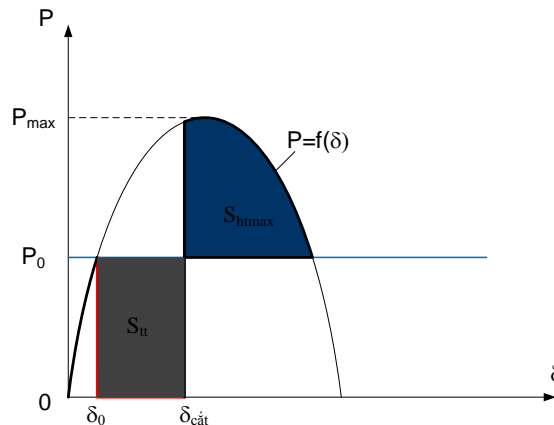
Trên cơ sở phân tích chế độ làm việc ổn định phía trên, có thể đưa ra kết luận: để đảm bảo DG làm việc ổn định thì cần đảm bảo lực hãm tốc cần phải lớn hơn lực tăng tốc xảy ra trong bất kỳ chế độ quá độ nào. Đây chính là cơ sở để đề xuất yêu cầu đối với bảo vệ cắt nhanh khi ngắn mạch quá độ ba pha trên cực máy phát phân tán để đảm bảo điều kiện ổn định.

Khi xảy ra ngắn mạch ba pha đột ngột trên cực của máy phát thì công suất điện phát ra $P=0$. Sau khoảng thời gian quá độ ($P_N^{(3)}=f(\delta)$), nếu ngắn mạch được loại trừ ($\delta=\delta_{\text{cắt}}$) thì máy phát sẽ trở về làm việc trên đường đặc tính cũ, mô tả đường nét đậm, hình 6.



Hình 6. Đường đặc tính công suất khi xảy ra ngắn mạch quá độ ba pha trên cực máy phát

Theo điều kiện đảm bảo ổn định động (Mohamad, A.M. và nnk, 2011; Lê Văn Út, 2011; Nguyễn Hoàng Việt, Phan Thị Thanh Bình, 2010), điều kiện bắt buộc để máy phát trở về làm việc ổn định là năng lượng hãm tốc cần phải lớn hơn năng lượng tăng tốc, nó được giới hạn bởi phần diện tích $S_{ht\max} \geq S_{tt}$, hình 7.



Hình 7. Giới hạn năng lượng tăng tốc và hãm tốc trong quá trình ngắn mạch quá độ ba pha.

Như vậy, rõ ràng từ điều kiện đặt ra có thể thấy rằng: để đảm bảo được tính ổn định cho máy phát khi xảy ra ngắn mạch quá độ ba pha ngay trên cực của nó thì cần phải đảm bảo điều kiện $S_{htmax} \geq S_{it}$, nghĩa là cần phải đảm bảo sao cho thời gian cắt điện ngắn mạch phải nằm trong một giới hạn cho phép $t_{cat} \leq t_{catgh}$, điều này cũng đồng nghĩa với việc $\delta_{cat} \leq \delta_{catgh}$.

Để xác định thời gian cắt điện tối đa khi xảy ra ngắn mạch quá độ ba pha trên cực của máy phát, ước tính giới hạn thời gian cắt điện ngắn mạch do điều kiện duy trì sự ổn định của một DG có thể được thực hiện trên cơ sở phân tích phương trình chuyển động cơ học của rôto máy phát với giả định mômen cơ của tuabin là bất biến và mômen điện từ của máy phát (Веников, В.А, 1985):

$$T_J \cdot \frac{d^2 \delta_{MF}}{dt^2} = P_c - P \quad (5)$$

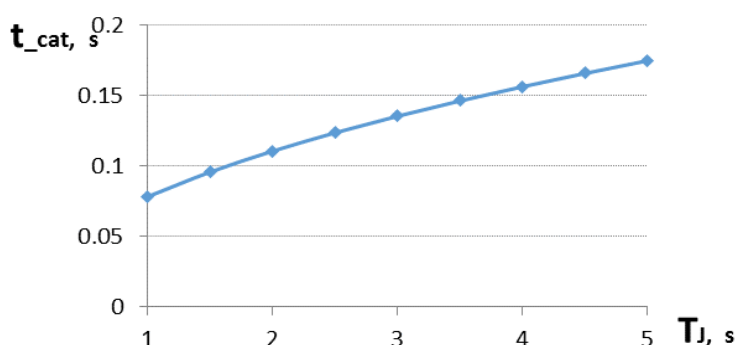
Ở đây: T_J - hằng số quán tính cơ học của tổ hợp (máy phát-động cơ sơ cấp); δ - góc tương đối của sức điện động của máy phát được quay với tần số đồng bộ; P_c - công suất cơ của tuabin máy phát; P - công suất điện từ của máy phát.

Khi xảy ra ngắn mạch ba pha thì $P_N^{(3)}=0$, giải phương trình (5) sẽ xác định được thời gian cắt tối đa cho phép để đảm bảo máy phát công suất nhỏ trở về làm việc ổn định. Thời gian để góc tương đối của sức điện động của máy phát đạt tới góc giới hạn cắt điện do ngắn mạch được xác định theo công thức tính toán sau:

$$t_{cp} = \sqrt{2T_J(\delta_{catgh} - \delta_0)/P_c} \quad (6)$$

Ở đây: δ_0 - góc tương đối của sức điện động của máy phát ở chế độ ổn định trước khi xảy ra ngắn mạch quá độ ba pha; δ_{catgh} - góc tương đối của sức điện động của máy phát ở chế độ góc giới hạn cắt điện để máy phát đảm bảo điều kiện làm việc ổn định.

Để minh họa cho luận điểm nghiên cứu, áp dụng công thức (6) để tính thời gian cắt điện cần thiết khi xảy ra ngắn mạch ba pha trên cực máy phát cỡ nhỏ, thời gian cắt điện được tính toán với điều kiện các thành phần công suất được tính toán trong hệ đơn vị tương đối, với giả thiết các góc tương đối $\delta_0 = 20^\circ$ và $\delta_{catgh} = 80^\circ$. Kết quả tính toán được thể hiện trên đồ thị đặc tính mối quan hệ giữa $t_{cat} = f(T_J)$ như hình 8 dưới đây:



Hình 8. Sự phụ thuộc của thời gian cho phép cắt điện khi ngắn mạch ba pha theo giá trị vận hành của hằng số quán tính cơ học của tổ hợp (máy phát-động cơ sơ cấp) T_J .

Như vậy, để đảm bảo các DG khi tích hợp vào HTCCĐ làm việc ổn định nếu có ngắn mạch quá độ ba pha xảy ra thì cần phải đảm bảo role bảo vệ cắt nhanh được cài đặt thời gian sao cho đảm bảo cắt điện đủ nhanh.

Thời gian cắt điện được tính toán dựa trên thông số kỹ thuật của tổ hợp máy phát-động cơ sơ cấp. Trong tính toán cần phải hết sức lưu ý đến bản chất của sự thay đổi tốc độ khi xảy ra ngắn mạch, vì nó còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như: hệ thống điều khiển tốc độ; các chế độ kích từ; loại phụ tải và các thông số của phụ tải trên HTCCĐ.

3. Kết luận

Nguồn DG là nguồn cung cấp năng lượng tất yếu trong tương lai do nhu cầu đảm bảo nguồn năng lượng bền vững và an toàn cho môi trường, đồng thời đáp ứng nhu cầu năng lượng trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghệ 4.0. Tuy nhiên, việc tích hợp các DG vào HTCCĐ là một vấn đề rất phức tạp, trong đó có liên quan đến các vấn đề ổn định và tin cậy HTCCĐ. Bài báo đã nghiên cứu quá trình quá độ của các DG, các điều kiện tiên quyết để đảm bảo điều kiện ổn định động cho các DG khi xảy ra ngắn mạch quá độ trên cực của nó. Trên cơ sở mô hình toán học, nghiên cứu đã thiết lập được công thức xác định được thời gian cắt điện cần thiết để cài đặt cho role bảo vệ cắt nhanh nhằm đảm bảo các DG làm việc ổn định khi xảy ra ngắn mạch quá độ.

Tài liệu tham khảo

Arfah Marini Mohamad, Norazlan Hashim, Noraliza Hamzah, Nik Fasdi Nik Ismail, Mohd Fuad Abdul Latip, 2011. Transient stability analysis on Sarawak's Grid using Power System Simulator for Engineering (PSS/E). *Industrial Electronics and Applications (ISIEA)*. IEEE Symposium on 25-28 Sept. 2011.

Веников, В.А., 1985. *Переходные электромеханические процессы в электрических системах*: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов / В.А. Веников. – 4-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа. – 356 с.

Фам Чунг Шон, 2012. Проблемы интеграции распределенной генерации в распределительную электрическую сеть. *Сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов»*. – Томск. –С. 248–254.

Lã Văn Út, 2011. *Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

Nguyễn Hoàng Việt, Phan Thị Thanh Bình, 2010. *Ngắn mạch và ổn định trong hệ thống điện*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

N.I.Voropai, 2006. Distributed Generation in Electric Power Systems. *The DIGESEC CRIS workshop*, Magdeburg, Germany, Dec. 6-8.

Quyen Le-Cao, Tuan Tran-Quoc, Anh Nguyen-Hong, 2010. Study of FACTS device applications for the 500kV Vietnam's power system. *Transmission and Distribution Conference and Exposition*. IEEE PES, 19-22 April 2010.

T. Tran-Quoc, C. Praing, R. Feuillet, J.C. Sabonnadiere, U. La-Van, C. Nguyen-Duc, 2000. Improvement of voltage stability on the Vietnam power system. *Power Engineering Society Winter Meeting*. IEEE (Volume:2).

ABSTRACT

Study and propose the requirement for instantaneous fast trip protection relays to ensure stability operation of the distributed generation when the three-phase short-circuit fault occurs on the grid

Pham Trung Son¹, Nguyen Dinh Tien²

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Hanoi University of Industry

This paper investigates the characteristics of the transient electromechanical process in the case of a three-phase short-circuit fault occurs on the grid with integration of small generation sources, distributed generation (DG) sources. Based on the characteristics of the transient regime, research and propose solutions for instantaneous fast trip protection relays to ensure stability operation conditions of the DG during the transient process, ensure stability, reliability, continuous operation conditions of power supply systems.

Keywords: Stability, reliability, distributed generation, power supply system, instantaneous fast trip protection relay.

Một phương pháp dự đoán nhiễu điện từ (EMI-Electromagnetic Interference) cho các bộ nguồn chuyển mạch SMPS

Nguyễn Tiến Sỹ^{1,*}, Nguyễn Trường Giang¹, Hà Thị Chúc¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Bộ nguồn xung hay nguồn chuyển mạch (SMPS – Switching Mode Power Supply) được sử dụng rất rộng rãi trong các thiết bị điện tử như thiết bị di động, thiết bị chiếu sáng, các bộ sạc ắc quy tàu điện mô, bộ sạc pin từ năng lượng mặt trời, ... Theo thời gian, tần số chuyển mạch của các bộ nguồn SMPS liên tục được tăng cao nhằm giảm kích thước của các linh kiện thụ động chính đồng thời tăng mật độ công suất cũng như tăng mật độ linh kiện trên một đơn vị thể tích. Vì chuyển mạch ở tần số cao nên các bộ nguồn khi hoạt động sẽ gây ra nhiễu điện từ tới các thiết bị điện tử đặt gần nó. Vấn đề đặt ra là cần phân tích và đánh giá mức độ ảnh hưởng của nhiễu điện từ phát ra từ các thiết bị trước khi đưa thiết bị, hệ thống vào hoạt động. Mỗi quốc gia, khu vực đều có bộ tiêu chuẩn, giới hạn về điện từ trường phát ra đối với các loại thiết bị khác nhau. Do đó khi một thiết bị, hệ thống đưa ra thị trường mà không tuân thủ, phù hợp các tiêu chuẩn như quy định thì sẽ không đảm bảo tính hợp pháp và yêu cầu phải thiết kế lại. Điều này dẫn đến việc cần bổ sung thêm các phương pháp giảm nhiễu điện từ cho thiết bị như mắc thêm mạch lọc EMI, bọc vỏ chống nhiễu, ... khiến thiết bị, hệ thống trở nên cồng kềnh, kém tin cậy và tăng giá thành. Bài báo giới thiệu phương pháp dự đoán nhiễu điện từ gây ra bởi các bộ nguồn chuyển mạch bằng công cụ mô phỏng số. Giải pháp này nhằm tăng độ tin cậy của sản phẩm, giảm thiểu chi phí thiết kế lại khi bộ nguồn không đạt tiêu chuẩn về tính tương thích điện từ. Đồng thời, với sự dễ dàng hiệu chỉnh thiết kế bằng phần mềm, bộ nguồn chuyển mạch có thể tối ưu lại một số thông số về điện, nhiệt trước khi đưa ra sản xuất.

Từ khóa: EMI, EMC, SMPS, nhiễu điện từ, switching

1. Giới thiệu

Nhiễu điện từ là một vấn đề nghiêm trọng trong ngành công nghiệp điện tử. Trong các bộ nguồn xung, nhiễu điện từ sinh ra do quá trình chuyển mạch (switching) ở tần số cao của các phần tử bán dẫn như BJT, MOSFET, IGBT. Tồn tại hai dạng nhiễu điện từ là nhiễu truyền dẫn (conducted emission) và nhiễu phát xạ (radiated emission).

Nhiễu truyền dẫn xảy ra do nguồn điện cung cấp cho thiết bị với tần số nhỏ hơn 30MHz. Thông qua mạng điện cung cấp, nhiễu sinh ra từ thiết bị này sẽ gây nhiễu sang thiết bị khác và phát tán lên mạng điện, có thể gây ra nhiễu phát xạ trong mạng. Trong nhiễu truyền dẫn lại được chia làm hai loại dựa theo chiều của dòng điện đi trong mạch. Chế độ nhiễu vi sai (differential mode - DM), nguồn nhiễu đi dọc theo đường cấp nguồn của mạch. Chế độ nhiễu chung (common mode - CM) do dòng rò qua điện dung tán qua đường đất và trở về nguồn cấp điện (W. Zhang và nnk, 1997).

Đánh giá mức độ nhiễu điện từ căn cứ vào mức cường độ điện trường E (V/m) và đo theo đơn vị dBuV (C. R. Paul, 1992).

$$dB\mu V = 20 \log_{10} \left(\frac{[V]}{1\mu V} \right) \quad (1)$$

$$dB\mu V/m = 20 \log_{10} \left(\frac{[V/m]}{1\mu V/m} \right) \quad (2)$$

Nhiễu phát xạ trong nhiễu vi sai được tạo thành do dòng điện đi trong vòng lặp có diện tích S và được tính theo công thức (3).

Cường độ điện trường của nhiễu phát xạ trong chế độ nhiễu chung được tính theo công thức (4).

* Tác giả liên hệ

Email: nguyentienhsi@humg.edu.vn

$$E_d = \frac{I_d \cdot f^2 \cdot S}{r} \quad (3)$$

$$E_d = \frac{I_d \cdot f \cdot L}{r} \quad (4)$$

trong đó:

E_d - nhiễu phát xạ;

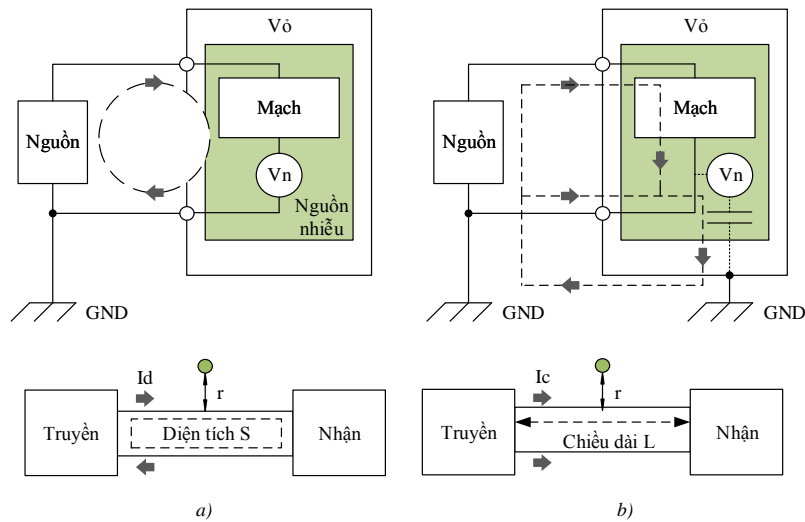
f - tần số chuyển mạch;

S - diện tích dòng điện vòng;

L - chiều dài đường truyền

r - khoảng cách tính điện trường phát xạ

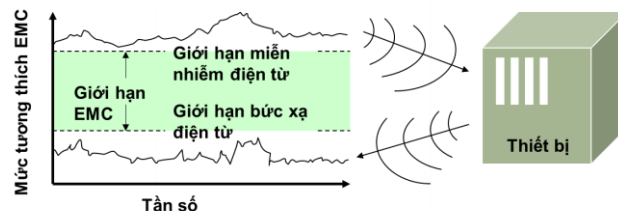
Có thể thấy, đối với cùng một giá trị dòng điện, bức xạ do nhiễu chế độ chung là lớn hơn nhiều so với chế độ nhiễu vi sai. Biện pháp giảm nhiễu cơ bản nhất trong trường hợp nhiễu ở chế độ vi sai là giảm diện tích các vòng lặp S (ví dụ sử dụng cáp xoắn), còn đối với trường hợp nhiễu ở chế độ chung, biện pháp giảm nhiễu là giảm chiều dài cáp.



Hình 1. Minh họa nhiễu truyền dẫn và nhiễu bức xạ
a) Chế độ CM b) Chế độ DM

Tương thích điện từ (EMC) là khả năng của một hệ thống có thể hoạt động bình thường trong môi trường điện từ trường xung quanh nó và bản thân nó trong quá trình hoạt động không trở thành một nguồn gây nhiễu điện từ trường.

Một hệ thống thỏa mãn tương thích điện từ phải đảm bảo các yêu cầu gồm: không gây ảnh hưởng đến hoạt động của các hệ thống khác; hoạt động không bị ảnh hưởng bởi nhiễu sinh ra từ các hệ thống khác; không ảnh hưởng đến hoạt động bình thường của chính bản thân nó. Chúng ta thường xem xét EMC theo các mô hình về mức độ phát bức xạ điện từ và độ nhạy cảm với các bức xạ điện từ; mức độ phát sinh nhiễu truyền dẫn và độ nhạy cảm với nhiễu truyền dẫn (T. Williams, 2007).



Hình 2. Tổng quan về tính tương thích điện từ EMC

Trong thực tế, khi chế tạo mạch nguồn xung, ngoài các luật thiết kế đảm bảo EMC được áp dụng, trước khi đưa vào sản xuất hàng loạt, các sản phẩm đều phải qua phòng đo không phản xạ để kiểm tra mức độ phát xạ điện từ bằng máy đo rồi so sánh với các tiêu chuẩn về tương thích điện từ tương ứng với thiết bị đó. Trong trường hợp sản phẩm không đạt quy chuẩn và tính hợp pháp bắt buộc phải thiết kế lại

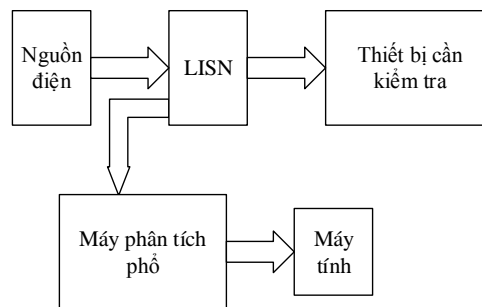
hoặc thiết kế thêm các thành phần để chống nhiễu. Việc này làm tăng chi phí, giảm hiệu quả kinh tế, giảm độ tin cậy và tính an toàn cho thiết bị. Điện áp đo được từ đầu ra của thiết bị mạng cân bằng trở kháng (LISN – Line Impedance Stabilization Network), LISN sẽ xác định giá trị điện áp nhiễu điện từ ở chế độ vi sai (DM) hay chế độ chung (CM) theo công thức (5), (6). Điện áp nhiễu được tính bằng tổng điện áp ở cả hai chế độ

$$V_{CM} = \frac{V_L + V_N}{2} \quad (5)$$

$$V_{DM} = \frac{V_L - V_N}{2} \quad (6)$$

$$V_{total} = V_{CM} + V_{DM} \quad (7)$$

Để đo nhiễu điện từ EMI cần thiết lập hệ đo như hình 3, hệ đo yêu cầu thiết bị LISN, nguồn nhiễu và máy đo trên miền thời gian hoặc miền tần số (F. Krug, 1992)



Hình 3. Hệ thống đo nhiễu EMI

Để khắc phục điều này, một phương pháp sử dụng mô phỏng số kết hợp giữa Q3D Extractor và Simplorer được đưa ra nhằm dự đoán chính xác nhất có thể nhiễu điện từ. Ba mô hình mô phỏng mạch được đưa ra bao gồm: mô hình mức hệ thống cơ bản (các linh kiện lý tưởng và được lấy từ thư viện của phần mềm), mô hình mức hệ thống nâng cao (các linh kiện bán dẫn được tạo từ bảng thông số kỹ thuật của nhà sản xuất) cho phép mô phỏng chính xác, gần nhất với dạng sóng thực tế đo được và cho phép mô phỏng nhiễu điện từ.

2. Phương pháp số mô phỏng nhiễu truyền dẫn mạch nguồn hạ áp kiểu Buck

2.1. Quy trình mô phỏng nhiễu điện từ bằng phương pháp số

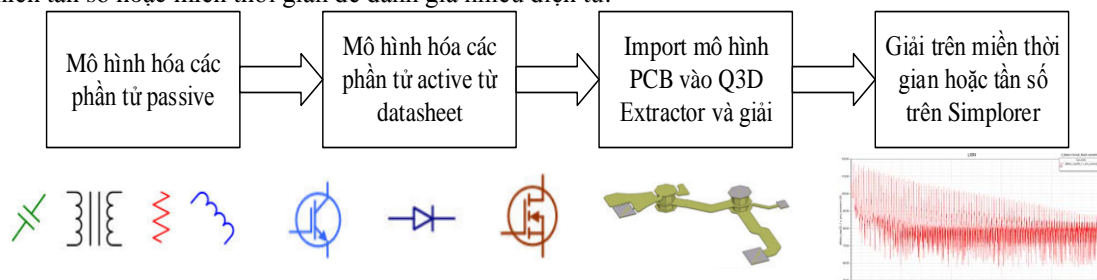
Quy trình mô phỏng nhiễu điện từ cho mạch nguồn xung gồm các bước (J.S. Lai, 2006; Hwan-Woo Shim và nnk, 2005; Kejian Ji, 2010)

Bước 1: Mô hình hóa các phần tử passive như tụ điện, cuộn cảm, biến áp bằng công cụ thiết kế và mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Bước 2: Mô hình hóa các phần tử active từ bảng thông số kỹ thuật của nhà sản xuất như IGBT, Diode xung, MOSFET nhằm nâng cao độ chính xác mô phỏng. Các mô hình của các phần tử này là các mô hình động, có khả năng xuất ra các kết quả về nhiệt, tổn hao công suất, và nhiễu điện từ.

Bước 3: Phân tích mô hình mạch in để xuất ra các thông số về điện dung ký sinh hình thành do quá trình đi dây tín hiệu và dây nguồn trên bo mạch.

Bước 4: Đồng bộ mô phỏng các mô hình từ các bước 1, 2, 3 trên một môi trường duy nhất và giải trên miền tần số hoặc miền thời gian để đánh giá nhiễu điện từ.



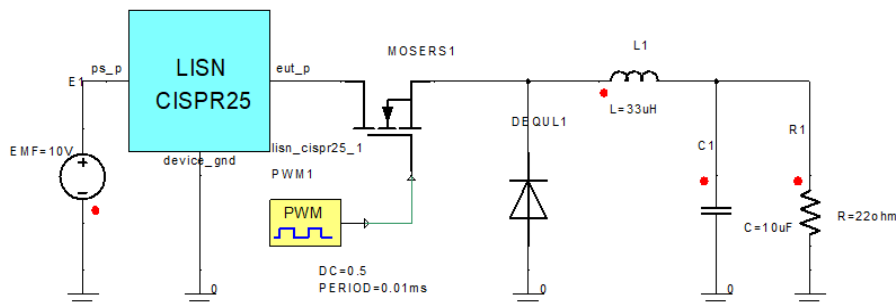
Hình 4. Quy trình mô phỏng nhiễu dẫn bằng phương pháp số

2.2. Mô hình mức hệ thống cơ bản

Trong phần này tập trung vào mạch nguồn xung hạ áp kiểu Buck có các thông số điện cơ bản như bảng 1. Tất cả các linh kiện trong mạch đều được lấy từ thư viện Simplorer có thông số như hình 4. Trong sơ đồ này, các phần tử

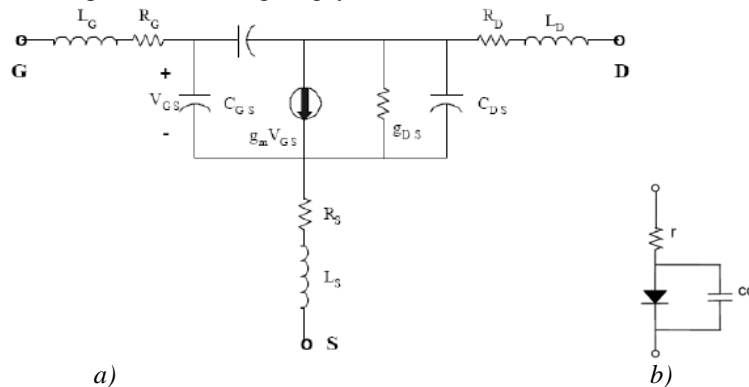
Bảng 1. Thông số điện của mạch hạ áp kiểu Buck

Điện áp vào	10V
Điện áp ra	6V
Dòng điện ra	0.25A
Tần số chuyển mạch	100kHz
Độ nhấp nhô điện áp đầu ra	< 0,1%



Hình 5. Mô hình mạch Buck mức hệ thống cơ bản

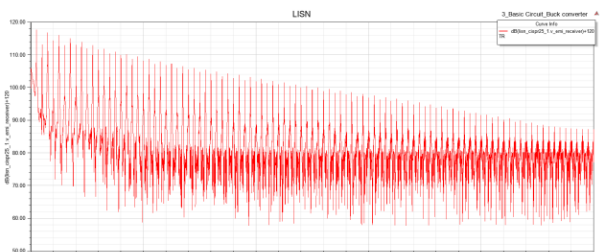
Dạng sóng thu được bao gồm điện áp ra trên tải, dạng sóng điện áp trên Diode, trên cuộn cảm và dạng xung cấp tần số 100kHz độ rộng 50% điều khiển cho MOSFET như hình 5. Có thể thấy dạng điện áp trên diode không phản ánh được tính chất chuyển mạch của các phần tử công suất như MOSFET gồm di/dt và dv/dt . Do đó mô hình hóa các phần tử công suất từ datasheet của hãng sản xuất rất quan trọng trong dự đoán nhiễu điện từ (R. Angel và nnk, 2005). Cuối cùng thu được là mô hình mạch tương đương của phần tử MOSFET, Diode xung, cuộn cảm đã có thành phần điện dung ký sinh và phản ánh được tính chất biến thiên điện áp và dòng điện theo thời gian gây ra nhiễu điện từ



Hình 6. Mô hình mạch tương đương của MOSFET và Diode
a) MOSFET ; b) Diode



Hình 7. Dạng sóng điện áp trên các phần tử của mạch

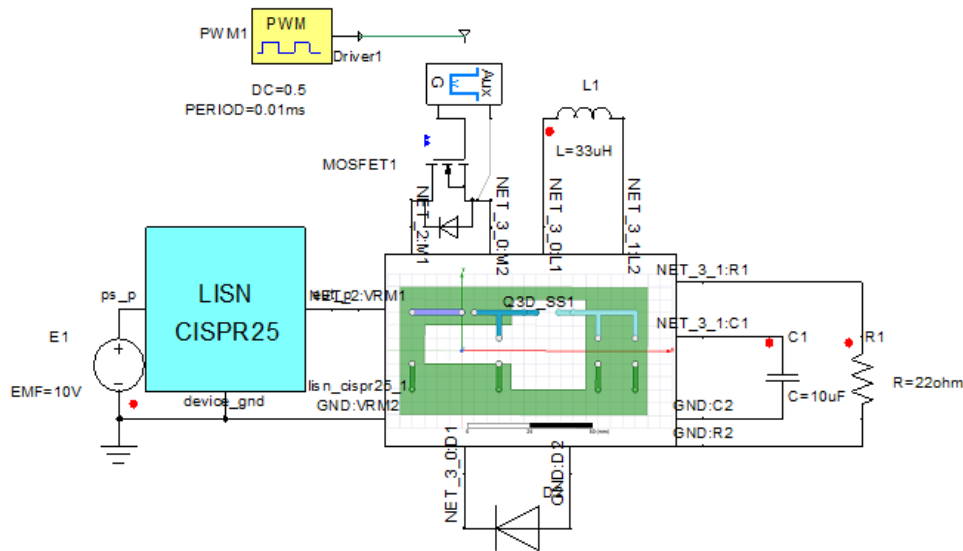


Hình 8. Nhiễu dẫn đo được trên mô hình mạch mức hệ thống cơ bản

2.3. Mô hình mức hệ thống nâng cao

Để mô phỏng chính xác nhiễu dẫn, mô hình mức hệ thống nâng cao là mô hình mạch đã được mô hình hóa các phần tử MOSFET, Diode và mô hình PCB. Mô hình MOSFET và Diode được xây dựng từ datasheet với đầy đủ các tham số về điện và nhiệt. Mô hình PCB được đơn giản hóa và phân tích tập trung vào các thành phần ký sinh như điện dung, điện cảm.

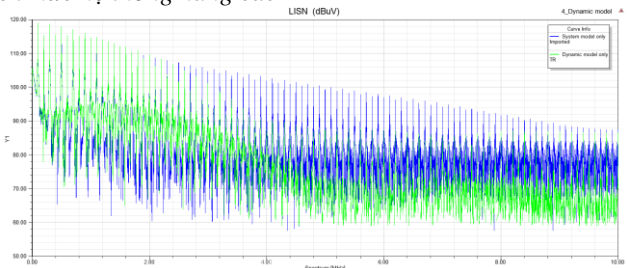
Cuối cùng để đo nhiễu EMI, mô hình mạng cân bằng trở kháng (LISN) được lấy từ thư viện của Simplorer và đưa vào cả hai trường hợp mô hình mức hệ thống cơ bản và nâng cao. Đây là mô hình LISN được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn đánh giá nhiễu điện từ CISPR25 của hiệp hội IEC.



Hình 9. Mô hình mạch Buck mức hệ thống nâng cao



Hình 10. Dạng sóng điện áp trên các phần tử của mạch



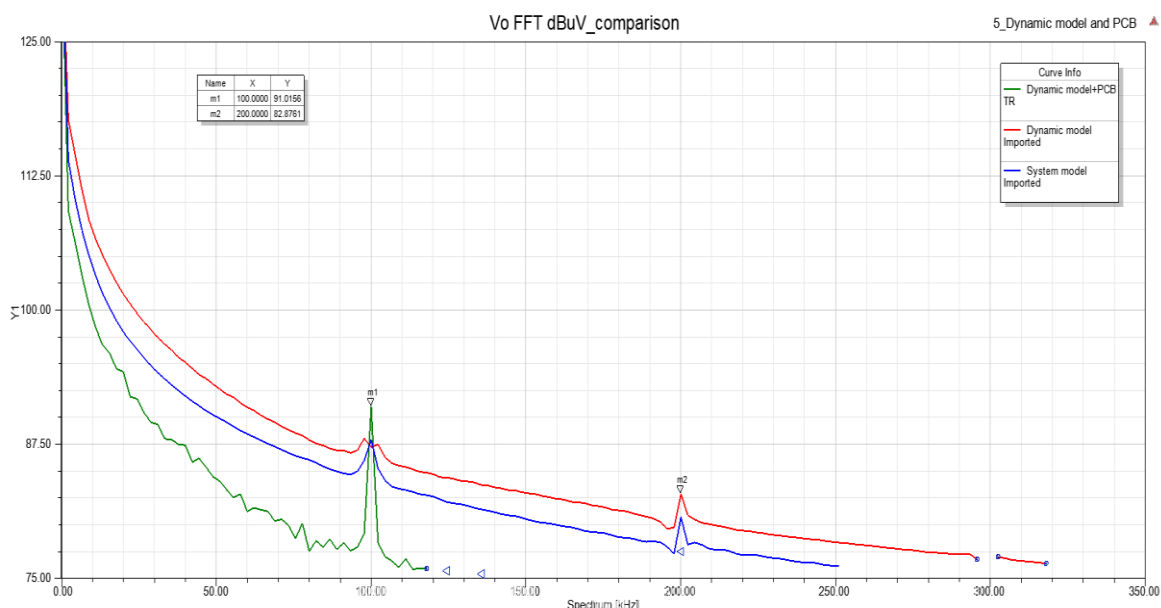
Hình 11. Nhiễu dẫn đo được trên mô hình mạch mức hệ thống nâng cao so với mô hình mức hệ thống cơ bản

3. Kết quả và thảo luận

Bảng 2 so sánh về mức nhiễu EMI trong 3 trường hợp mô hình hệ thống mức cơ bản, mức nâng cao và mức nâng cao kết hợp với phân tích PCB theo miền tần số. Có thể thấy giá trị cường độ điện trường theo đơn vị dBuV trong trường hợp mô phỏng mức system model so với mức dynamic model kết hợp với phân tích PCB có độ sai số khoảng 4,5%. Như vậy với việc kết hợp phân tích mô hình động (mô hình linh kiện tạo ra từ datasheet của hãng) và phân tích thành phần ký sinh trên PCB đã giúp dự đoán nhiễu điện từ tăng độ chính xác. Như vậy ngoài việc hoàn thiện quy trình mô phỏng nhiễu điện từ, bài báo cũng đề xuất phương pháp nâng cao độ chính xác trong mô phỏng nhiễu điện từ.

Bảng 2. Giá trị cường độ điện trường theo tần số trong 3 trường hợp

Trường hợp	Giá trị cường độ điện trường (dBuV)	
	100kHz	200kHz
System model	87.9	80.7
Dynamic model	87.2	82.9
Dynamic model + PCB	91.0	< 75



Hình 12. Đồ thị so sánh mức cường độ điện trường (nhiều EMI) trong các trường hợp mô phỏng khác nhau

4. Kết luận

Bài báo đã đề xuất giải pháp mô phỏng nhiễu điện từ cho các mạch nguồn xung sử dụng phương pháp mô phỏng số. Ngoài ra bài báo cũng đề xuất phương pháp mô phỏng có độ chính xác cao hơn so với các phương pháp mô phỏng truyền thống bằng việc mô hình hóa các phần tử công suất từ bảng dữ liệu được cung cấp từ nhà sản xuất linh kiện. Đồng thời, bằng công cụ Q3D Extractor cho phép phân tích các thành phần điện dung và điện cảm ký sinh trên PCB do các đường nguồn và đường tín hiệu. Đây là thông số quan trọng trong việc dự đoán chính xác nhiễu điện từ. Từ việc phân tích này, các nhà sản xuất thiết bị có thể căn cứ và đưa ra các giải pháp chống nhiễu điện từ phù hợp như sử dụng các bộ lọc EMI, thêm mạch snubber, sử dụng các loại tấm chắn bằng kim loại có tác dụng ngăn nhiễu điện từ phát ra bên ngoài, hoặc tối ưu thiết kế PCB để giảm nhiễu. Giải pháp dự đoán nhiễu điện từ bằng mô phỏng số trước khi đưa vào sản xuất giúp giảm tối đa giá thành cho việc thiết kế lại và đo kiểm.

Lời cảm ơn

Tác giả cảm ơn sự hỗ trợ về cơ sở vật chất phần cứng và phần mềm mô phỏng, hỗ trợ về tư vấn kỹ thuật từ các thầy cô trong bộ môn Kỹ thuật điện – Điện tử, khoa Cơ – Điện, Đại học Mỏ - Địa chất và trung tâm DASI thuộc viện ICSE Đại học Bách Khoa, Hà nội.

Tài liệu tham khảo

- R. Angel, R. Rivera and M., Jimenez, 2005. *Analytical models for estimating parasitic components in power electronics PCBs*. IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility, vol.2, pp.1235–1238.
- Kejian Ji, 2010. *Study on radiation model and simulation of a flyback SMPS*. Shenzhen graduate school of Harbin Institute of technology
- Hwan-Woo Shim, Todd Hubing, 2005. *Model for Estimating Radiated Emissions from a Printed Circuit Board with Attached Cables due to Voltage-driven Sources*. IEEE Trans.on EMC, 47(4):899-907
- F. Krug, P. Russer, 1992. *The time-domain electromagnetic interference measurement system*. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 45, May 2003, pp. 330-338.
- J.S. Lai, E. Pepa, S. Chen and W. Nehl, 2006. *Inverter EMI modeling and simulation methodologies*. IEEE transactions on industrial electronics, vol.53, June 2006, pp. 736-734
- C. R. Paul, *Introduction to electromagnetic compatibility*, John Wiley & Sons, Inc., 1992, pp. 408-411
- R. Thomas, F Li, C Garrett, 2000. *Prediction of Radiated EMI from High Frequency Power Converters*. Proc of Power Electronics and Variable Speed Drive, USA, IEEE Press, 2000.80-85
- T. Williams, 2007. *EMC for product designers*, 4nd edition, Elsevier Ltd, 2007, pp. 98-99.
- W. Zhang, M.T. Zhang and F.C., Lee, 1997. *Conducted EMI analysis of a boost PFC circuit*. Proc. 1997 IEEE APEC, pp. 223-229.

ABSTRACT

A method of predicting electromagnetic interference (EMI-Electromagnetic Interference) for Switching Mode Power Supplies

Nguyen Tien Sy¹, Nguyen Truong Giang¹

¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

Switching Mode Power Supply (SMPS) is widely used in electronic devices such as mobile devices, lighting equipment, battery chargers from solar energy, etc. Switching power supplies are increasingly, operating at increasingly high switching frequencies. The problem is to analyze and evaluate the impact of electromagnetic interference from the device before putting the device into operation. Each country has its own set of standards, limited to electromagnetic fields for different types of equipment. Therefore, when a device, the system marketed without compliance, in accordance with the standards as prescribed, will not guarantee the legitimacy and design requirements. This leads to the need to add measures to reduce the electromagnetic interference to equipment such as the EMI filter circuit, shielding, ... make the equipment becomes cumbersome, less reliable. This article introduces the method of predicting electromagnetic interference caused by switching power supplies using numerical simulation tools. This solution is intended to increase the reliability of the product, minimizing the cost of redesigning when the power supply fails to meet the electromagnetic compatibility standard. At the same time, with the ease of software calibration, the power supply can be optimized for some electrical and thermal specifications prior to production.

Keywords: EMI, EMC, SMPS, Switching, Numerical.

Tác động ảnh hưởng và biện pháp khắc phục các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp công nghiệp mỏ

Phạm Trung Sơn^{1,*}, Nguyễn Đình Tiến²

¹ Trường Đại học Mỏ-Địa chất

² Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT:

Bài báo thực hiện nghiên cứu các tác động ảnh hưởng của các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp công nghiệp mỏ. Trên cơ sở phân tích, đánh giá, bài báo đề xuất các biện pháp khắc phục nhằm bù công suất phản kháng trong mạng điện, cũng như cung cấp điện áp ổn định trên thanh cái phụ tải, lọc sóng hài bậc cao, cân bằng dòng điện và điện áp trong mạng, tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí sản xuất cho doanh nghiệp.

Từ khóa: Sóng hài, chỉnh lưu công suất, chất lượng điện năng, phi tuyến, hệ thống cung cấp điện mỏ.

1. Giới thiệu chung

Sóng hài hay còn gọi là méo hài (harmonic) làm ảnh hưởng xấu tới mạch điện tử nói riêng và lưới điện nói chung. Sóng hài có thể được **sinh ra từ các phần tử phi tuyến** điển hình như: lõi thép của máy biến áp, động cơ (đặc tính bão hoà của vật liệu sắt từ), các dụng cụ bán dẫn công suất như diốt, tiristor của các bộ biến đổi.

Sóng hài là những sóng tuần hoàn, hình sin và là bội số nguyên của tần số cơ bản (50 hoặc 60 Hz). Sóng hài là một dạng nhiễu không mong muốn, ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng mạch điện – lưới điện và cần được chú ý tới khi tổng các dòng điện hài cao hơn mức độ giới hạn cho phép. Dòng điện hài là dòng điện có tần số là bội của tần số cơ bản. Các thành phần này khi cộng với sóng sin nguyên bản gây ra méo dạng sóng sin và trả lại về hệ thống phân phối điện. Ví dụ dòng điện hài với tần số 250Hz trên lưới 50Hz là sóng hài bậc 5.

Dòng điện 250Hz là dòng năng lượng không sử dụng được với các thiết bị trên lưới. Vì vậy, nó sẽ bị chuyển hoá sang dạng nhiệt năng và gây tổn hao, làm các phần tử số bị nhiễu.

Tại các xí nghiệp khai thác mỏ ngày nay, sự xuất hiện của sóng hài bậc cao chủ yếu tập trung ở hệ thống trực tải, các hệ thống máy khai thác và máy vận tải, nơi sử dụng các bộ biến đổi (Duran R.C và nnk, 1996; Гуляев Е.Н, 2008; Lê Xuân Thành, 2014; Nguyễn Xuân Nhi, 2017). Sự xuất hiện các thành phần sóng hài bậc cao gây ra sự khác biệt đáng kể về tốc độ từ trường quay so với từ trường quay ở tần số cơ bản, làm tăng nhiệt trong các cuộn dây của động cơ, làm méo dạng mômen, giảm hiệu suất máy, gây tiếng ồn, gây sai số cho các thiết bị đo, làm sai lệch kết quả đo. Nguy hại hơn, các thành phần sóng hài bậc cao có thể sinh ra mômen xoắn trên trục động cơ hoặc gây ra dao động cộng hưởng cơ khí làm hỏng các bộ phận cơ khí trong động cơ. Sóng hài bậc cao làm các thiết bị sử dụng điện và đèn chiếu sáng bị chập chờn ảnh hưởng đến thị lực con người, gây sóng điện từ lan truyền trong không gian làm ảnh hưởng đến thiết bị thu phát sóng, gây tổn thất đồng và tổn thất sắt từ, làm tăng nhiệt độ máy biến áp dẫn đến tăng tổn thất điện năng. Sóng hài bậc cao còn gây rối loạn chức năng của các thiết bị bảo vệ rơle và tự động hóa, khiến chúng mất khả năng làm việc (Duran R.C và nnk, 1996). Ngoài ra, sự xuất hiện của sóng hài bậc cao còn làm tăng khả năng xuất hiện hiện tượng cộng hưởng. Dòng cộng hưởng có thể tăng cao hơn 10 đến 15 lần trong mạch điện.

Trên cơ sở phân tích các tác hại của sóng hài bậc cao như vậy, bài báo thực hiện đánh giá chi tiết các tác động ảnh hưởng của các thành phần sóng hài đến chế độ làm việc của hệ thống cung cấp điện mỏ và đưa ra biện pháp hạn chế sẽ mang tính cấp thiết và thực tiễn.

2. Đánh giá và đề xuất biện pháp khắc phục tác động ảnh hưởng các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện mỏ.

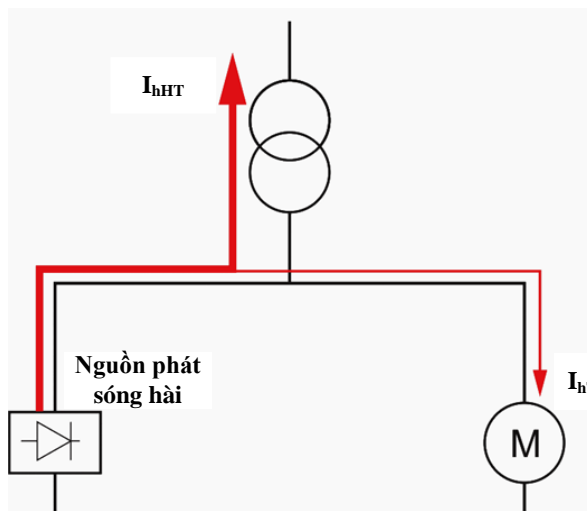
Dòng điện và điện áp hài được sinh ra bởi các tải phi tuyến nối với hệ thống phân phối điện mỏ. Toàn bộ các bộ biến đổi năng lượng điện sử dụng dưới các dạng khác nhau trong hệ thống cung cấp điện mỏ có

* Tác giả liên hệ

Email: phamtrungson_istu_ru@mail.ru

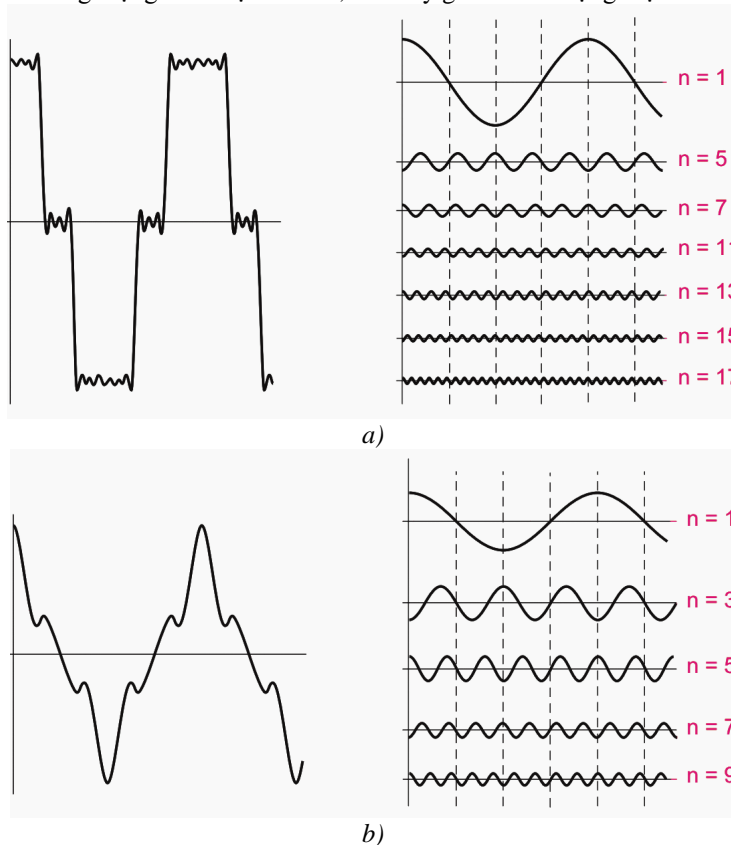
thể làm tăng nhiễu sóng hài bằng cách bơm trực tiếp dòng điện hài vào lưới. Các tải phi tuyến thông thường bao gồm khởi động động cơ, các hệ truyền động điện, máy tính và các thiết bị điện tử khác, đèn điện tử, nguồn hàn...

Tại các công ty khai thác mỏ hầm lò hiện đại ngày nay có đặc điểm là sử dụng phổ biến các phụ tải điện phi tuyến. Chúng bao gồm, và đáng chú ý nhất là sử dụng các bộ chỉnh lưu công suất để điều khiển thiết bị truyền động, sử dụng rộng rãi các Van chỉnh lưu nhằm thực hiện các giải pháp nâng cao hiệu quả kỹ thuật, kinh tế và lợi thế vận hành, tương ứng với các yêu cầu hiện đại của các quá trình sản xuất và do đó các bộ chỉnh lưu công suất trở thành phương tiện chính trong việc quản lý chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng cơ học.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý nguồn phát sóng hài trên hệ thống cung cấp điện

Nhược điểm của các bộ chỉnh lưu công suất đó là: làm biến dạng sóng điện áp, kèm theo việc tạo ra các sóng hài cao hơn trong mạng lưới điện liên kết, làm suy giảm chất lượng điện.



Hình 2. Các dạng sóng hài trên hệ thống cung cấp điện

Bất kỳ sự suy giảm nào về chất lượng điện đều dẫn đến những chi phí tăng vượt quá giới hạn. Tuy nhiên, trong tính toán có liên quan đến thiết kế và vận hành của hệ thống điện, các dạng tổn thất nói chung xảy ra trong các thiết bị được sử dụng nhằm để duy trì điện áp ở mức chấp nhận được thường không được tính đến. Ví dụ, đối với các máy biến áp có bộ điều áp dưới tải, tổn thất điện năng trong các thiết bị điều khiển không được tính đến.

Khi chất lượng điện năng sụt giảm, chẳng hạn tần số điện áp lệch khỏi các giá trị định mức, cũng dẫn đến tổn thất điện năng. Tuy nhiên, chi phí sản xuất do chất lượng điện thấp gây ra không được đánh giá và không được tính đến.

Một dòng điện không phải hình sin chạy qua điện trở sẽ tạo ra điện áp rơi không hình sin trên nó, do đó ngay cả khi trong lưới điện có một nguồn năng lượng có sức điện động sin, nếu có tải chỉnh lưu thì sẽ sinh ra dòng và điện áp không hình sin. Do đó, các phụ tải tiêu thụ từ lưới điện dòng điện bị méo, bao gồm sóng hài, với tần số vượt quá tần số cơ bản. Điện áp rơi gây ra bởi những dòng này, gây biến dạng đường cong điện áp cung cấp, dẫn đến mất thêm công suất phát, có thể làm rối loạn sự làm việc của phụ tải khác, tạo ra nguy cơ cộng hưởng và quá tải trên mạch có thành phần điện dung. Do đó, tải chỉnh lưu có thể được coi là một nguồn phát, phát ra các thành phần sóng hài bậc cao.

Khi dòng điện có chứa các sóng hài bậc cao đi qua các phần tử của hệ thống cung cấp điện, sẽ có tổn thất công suất tác dụng và điện năng bổ sung. Lượng tổn thất này phát sinh chủ yếu trong các máy biến áp, động cơ và máy phát điện. Trong một số trường hợp, những tổn thất năng lượng có thể dẫn đến quá nhiệt, nhiệt độ thực tế có thể vượt quá nhiệt độ cách điện của cuộn dây của máy điện và có thể gây cháy máy điện.

Với sự hiện diện của sóng hài trên đường cong điện áp, quá trình lão hóa của vật liệu cách nhiệt diễn ra mạnh mẽ hơn, điều này được giải thích bởi sự tăng tốc ở tần số cao của điện trường của các quá trình hóa lý trong chất điện môi, đây là điều kiện lão hóa của chúng.

Sóng hài bậc cao của dòng điện và điện áp ảnh hưởng đến sai số của các dụng cụ đo điện. Các giá trị của các sai số này là đáng kể khi đo lường năng lượng điện tiêu thụ.

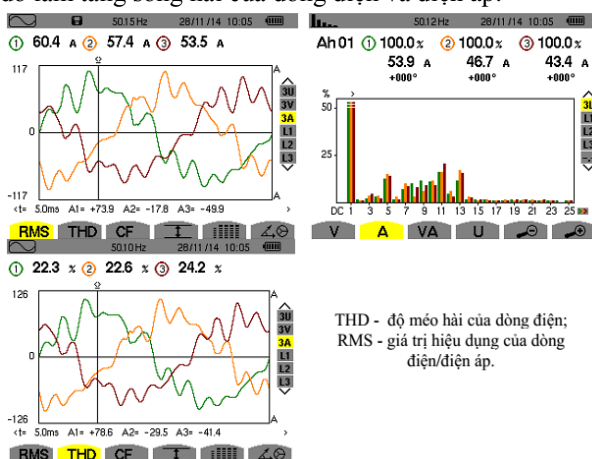
Sự hiện diện của sóng hài bậc cao làm nhiễu các kênh thông tin liên lạc, cản trở quá trình truyền tin nếu các mạch điện được sử dụng làm kênh truyền thông tin.

Sóng hài bậc cao của dòng điện và điện áp ảnh hưởng xấu đến hệ thống tự động hóa, bảo vệ rơle, điều khiển từ xa và truyền thông, có thể gây các tác động nhầm lẫn, tác động sai, giảm độ nhạy, độ tin cậy vận hành.

Việc hạn chế điện áp không Sin tại các hệ thống cung cấp điện của các doanh nghiệp công nghiệp nhỏ có thể đạt được hiệu quả cao nhất trong giai đoạn thiết kế, nhưng đòi hỏi cần có chi phí bổ sung. Việc sử dụng tụ điện để bù công suất phản kháng và lọc sóng hài cần phải tính toán đến vấn đề kinh tế kỹ thuật, vì thông số điện dung của thiết bị bù kết hợp với nguồn điện kháng của lưới có thể dẫn đến sự cộng hưởng trong mạng ở một giá trị tần số cao nào đó, do đó làm tăng sóng hài của dòng điện và điện áp.



a)



b)

Hình 3. Biểu đồ các chỉ tiêu của thành phần điều hòa trong mạng lưới điện tại các Công ty khai thác mỏ.

a) Thiết bị đo được sử dụng để đo chất lượng điện năng tại các Công ty khai thác mỏ;

b) Kết quả đo tại trạm biến áp khu vực 400kVA, Công ty than Uông Bí.

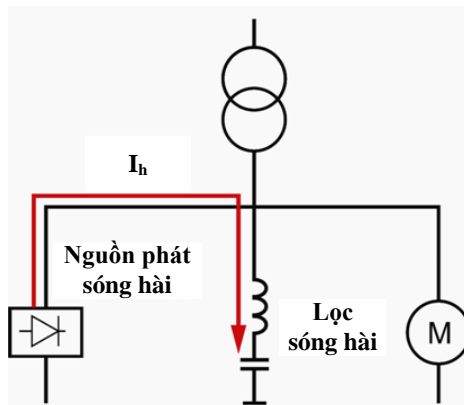
Do có sự xuất hiện của tổn thất năng lượng từ các sóng hài bậc cao trong các hệ thống cung cấp điện mỏ nên cần phải có biện pháp giảm chúng. Hiện nay, các biện pháp chính để giảm ảnh hưởng của sóng hài bậc cao của điện áp trên các phần tử của các trang thiết bị điện là:

- Xây dựng hợp lý các đề án thiết kế cấp điện;

- Áp dụng các sơ đồ chỉnh lưu đa kênh với luật điều khiển đặc biệt cho các bộ điều khiển chỉnh lưu;
- Sử dụng các bộ lọc cộng hưởng.

Để tăng hiệu quả việc giảm sóng hài bậc cao có thể sử dụng biện pháp tăng số lượng xung chỉnh lưu trên các bộ chỉnh lưu, hiện nay đã có các bộ chỉnh lưu 6, 12, 24 xung. Tuy nhiên, các máy biến áp anode sử dụng cho các bộ chỉnh lưu đa xung trở nên phức tạp, tốn kém và không đáng tin cậy.

Một trong những giải pháp tối ưu nhất để giảm dòng điện và điện áp của sóng hài bậc cao trong mạng lưới điện của các xí nghiệp công nghiệp nhỏ là sử dụng các bộ lọc công suất các sóng hài bậc cao, đó là một dạng kết nối của điện cảm và điện dung được điều chỉnh để cộng hưởng cho mục đích lọc sóng hài. Sơ đồ nguyên lý thiết kế cơ bản bộ lọc sóng hài được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý thiết kế bộ lọc sóng hài

Nhược điểm chính của bộ lọc là chi phí cao, chủ yếu đến từ chi phí lắp đặt. Do đó, để nâng cao hiệu quả sử dụng và vận hành, các bộ lọc được khuyến khích sử dụng trong cả trường hợp ngăn dòng điện của một số sóng hài xâm nhập vào hệ thống điện và bù công suất phản kháng tại điểm nút của hệ thống cấp điện, bộ lọc thực hiện đồng thời hai chức năng được gọi là bộ lọc-bù (Antonov V.F. và nnk, 1988; Добрысин Л.А., 2003). Việc phân phối dung lượng tụ điện trên các bộ lọc cần được tính toán cài đặt chính xác. Nếu các cấp điều chỉnh dung lượng tụ điện trên bộ lọc không được điều chỉnh chính xác, hiệu quả của nó sẽ giảm và thậm chí có thể có tác dụng ngược là làm tăng các thành phần sóng hài tại các nút của hệ thống cung cấp.

Để các bộ lọc đạt hiệu quả vận hành, chúng phải được chỉnh định, mức chỉnh định đầu tiên được thực hiện với sóng hài bậc thấp nhất khi trên tải phi tuyến phát sinh sóng hài. Nếu các bộ lọc được đóng điện không chính xác, hệ số không sin tại điểm kết nối của chúng không chỉ không giảm mà còn có thể tăng đáng kể. Điều này có thể dẫn đến quá tải các bộ tụ trong mạch lọc, dẫn đến sự hư hỏng của các hàng tụ và bộ lọc.

Độ sai lệch của các giá trị điện dung tụ điện và điện cảm của các điện kháng trong các bộ lọc (nguyên nhân dẫn đến sai số chỉnh định) được xác định bởi một số yếu tố chủ quan và khách quan:

+ Lý do chủ quan bao gồm thiếu kinh nghiệm trong thiết kế, chế tạo, lắp đặt và vận hành của các bộ lọc điện, thiếu kỹ thuật và thiết bị dựa trên kết quả nghiên cứu, thiết kế để thiết lập bộ lọc trước khi vận hành và điều chỉnh chúng trong khi vận hành.

+ Các yếu tố khách quan dẫn đến sự thay đổi về điện dung của các tụ điện và điện kháng của cuộn cảm có thể là do sự gia tăng nhiệt độ, sự thay đổi về điện dung của các tụ điện và điện kháng của cuộn cảm khi tần số của mạng cung cấp thay đổi, hoặc thay đổi trên từng bước điều chỉnh điện cảm của bộ lọc bằng thiết bị chuyển mạch tĩnh (Bạch Đông Phong, 2008; Горкунов Б.М. và nnk, 2014).

Như vậy, cách đơn giản nhất để giảm tính không sin của đường cong điện áp trên các hệ thống cung cấp điện mở là cô lập các tải phi tuyến tính trên các thanh cái của trạm biến áp phân phối hoặc các tủ phân phối điện. Giá trị cho phép của hệ số phi sin trên thanh cái với tải phi tuyến tính chỉ được xác định bởi các điều kiện vận hành tin cậy của hệ thống điều khiển tự động và của tải. Các giải pháp ngược lại cũng có thể thực hiện, đó là: phân tán tải phi tuyến trên các nút khác nhau của các hệ thống cung cấp điện dựa trên mức độ cho phép về tính không sin của sóng điện áp.

3. Kết luận

Dòng điện và điện áp hài được sinh ra bởi các tải phi tuyến nối với hệ thống phân phối điện. Tại các công ty khai thác mỏ hiện đại ngày nay có đặc điểm là sử dụng phổ biến các phụ tải điện phi tuyến, chú ý nhất là sử dụng các bộ chỉnh lưu công suất để điều khiển thiết bị truyền động, đây là nguồn chính phát ra các sóng hài. Sóng hài có thể làm cho cáp bị quá nhiệt, phá hỏng cách điện. Động cơ cũng có thể bị quá

hiệt hoặc gây tiếng ồn, sự dao động của momen xoắn trên rotor dẫn tới cộng hưởng cơ khí và gây rung. Tụ điện quá nhiệt và trong phần lớn các trường hợp có thể dẫn tới phá hủy chất điện môi. Các thiết bị hiển thị sử dụng điện và đèn chiếu sáng có thể bị chập chờn, các thiết bị bảo vệ có thể ngắt điện, các thiết bị vi xử lý bị lỗi và thiết bị đo cho kết quả sai. Để hạn chế tác động ảnh hưởng của sóng hài, bài báo đề xuất nhiều giải pháp, trong đó có: các giải pháp thiết kế cấp điện; các giải pháp tối ưu hóa hệ thống chỉnh lưu; các giải pháp lọc. Trong số các giải pháp nổi lên giải pháp sử dụng bộ lọc đa chức năng, có thể vừa lọc sóng hài vừa sử dụng làm thiết bị bù. Thiết bị này sẽ cho phép bù công suất phản kháng trong mạng điện, cũng như cung cấp điện áp ổn định trên thanh cái phụ tải, lọc sóng hài bậc cao, cân bằng dòng điện và điện áp trong mạng, và tiết kiệm điện năng nhờ giảm tổn thất năng lượng, giảm chi phí sản xuất cho doanh nghiệp.

Tài liệu tham khảo

- Antonov V.F., Ahmedov Sh.Sh., Volotkovsky S.A. et al, 1998. *Guide to the electrical installations of the coal enterprises*. Electrical coal mines: Handbook/Ed. Degtyareva V.V., Serova V.I., Tsepelinskogo G.YU - M.: Nedra, - 727p.
- Bạch Đông Phong, 2008. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian đến các thông số điện trở, cuộn cảm, điện dung của một số linh kiện. *Báo cáo tổng kết đề tài khoa học công nghệ*. Bộ Công Thương, Tập đoàn Than Khoáng sản Việt Nam-TKV, Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ.
- Duran R.C., McGranaghan M.F., Waynebeaty H, 1996. *Electrical power systems quality*. McGraw-Hill. New York, P. 265.
- Добрусин Л.А., 2003. *Фильтро-компенсирующие устройства для преобразовательной техники*/Л.А. Добрусин. М.: НТФ “Энергопрогресс”. 84 С.
- Гуляев Е.Н., 2008. Высшие гармоники в сетях с нелинейной нагрузкой и методы их уменьшения/Е.Н. Гуляев//III Слет молодых энергетиков Республики Башкортостан: *Сборник докладов молодежной научно-технической конференции*. Уфа: Издательство “Скиф”, - 624 с. - С.26-32.
- Горкунов Б.М., Львов С.Г., Тищенко А.А., 2014. *Измерение параметров электрических цепей*: учебн. пособ./ - X.: НТУ «ХПИ», – 128 с.
- Lê Xuân Thành, 2014. *Nghiên cứu một số giải pháp nâng cao chất lượng điện năng trong lưới 6 kV các mỏ lộ thiên Quảng Ninh*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật. Trường Đại học Mỏ-Địa chất Hà Nội. Hà Nội.
- Nguyễn Xuân Nhì, 2017. *Nghiên cứu và đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng điện áp lưới điện 6kV của Công ty than Nam Mẫu - TKV*. Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật. Trường đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội.

ABSTRACT

The impact and measures to overcome of high-level harmonic components on the power supply system in mining enterprises

Pham Trung Son¹, Nguyen Dinh Tien²

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Hanoi University of Industry

This paper studies the impact of high-level harmonic components on power supply systems in mining enterprises. Based on the analysis and evaluation, the paper proposes measures to overcome to compensate the reactive power in the power supply system, as well as provide voltage stability on the node of load, high-level harmonic filter, balance electric current and voltage in the grid, saving energy, reducing production costs for the enterprises.

Key words: high-level harmonic, power rectifier, power quality, nonlinear, mine power supply system.

Khảo sát và đề xuất một số giải pháp hạn chế sóng hài của thiết bị điện tử công suất trong lưới điện 380V các dây chuyên sàng tuyển

Lê Xuân Thành^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Mở rộng và hiện đại hóa các thiết bị điện tử công suất và các thiết bị biến đổi trong mạng điện 380V của các xí nghiệp sàng tuyển ngoài việc đem lại những hiệu quả tích cực về vận hành lưới điện, còn đặt ra những vấn đề không nhỏ về đảm bảo độ sạch của lưới điện, tránh các nhiễu hạ áp do sóng hài. Bài báo thông qua khảo sát hiện trạng sử dụng thiết bị điện tử công suất trong lưới điện 380V các dây chuyên sàng tuyển sẽ tiến hành đánh giá mức độ ảnh hưởng của sóng hài. Các mô phỏng bằng MATLAB sẽ được so sánh với các kết quả thực nghiệm để từ đó đề xuất các tính toán thiết kế các thông số của bộ lọc nhằm hạn chế sóng hài và nhiễu do sóng hài về dưới mức độ vi phạm theo các tiêu chuẩn của IEC. Những kết luận và khuyến nghị sẽ là căn cứ để cải thiện hiện trạng vận hành trong các Công ty sàng tuyển than.

Từ khóa: lưới điện 380V, dây chuyên sàng tuyển, bộ lọc thụ động, sóng hài, MATLAB

5. Những ảnh hưởng cơ bản của sóng hài hạ áp gây ra bởi các thiết bị biến đổi tới lưới điện 380V các dây chuyên sàng tuyển

1.1 Các yêu cầu cơ bản đối với sóng hài trong lưới điện hạ áp

Những nghiên cứu về sóng hài trong lưới điện hạ áp đã được bắt đầu từ những năm 70 của thế kỷ trước. Tất cả các nghiên cứu đã được công bố trong các tài liệu của hội đồng điện thế giới (GOST 13109 97, 1997; IEC 61000 –series standards) đều chỉ ra rằng việc sử dụng các thiết bị điện tử công suất trong lưới hạ áp như: các bộ biến đổi điện tử công suất (AC-DC, DC-DC hay DC-AC), biến tần, các bộ tự động điều chỉnh tốc độ động cơ ADS, hoặc các bộ khởi động mềm là những nguyên nhân chính làm phát sinh sóng hài trong lưới điện. Khi lưới điện xuất hiện sóng hài, tùy theo mức độ và độ lớn của độ méo sóng hài THD mà lưới điện hạ áp có thể gặp những tác động tiêu cực sau (Lê Xuân Thành, 2015; Alexander Kusko và nnk, 2007; GOST 13109 97, 1997; Hamed. S.A. and B.J.Chalmers, 1990):

- + Tác động làm sai lệch hệ thống đo đếm các đại lượng điện, từ đó có thể làm hệ thống bảo vệ role tác động nhầm lẫn;
- + Làm giảm tuổi thọ của máy biến áp, các động cơ điện do hiệu ứng phát nóng phụ bề mặt (skin effect) và phát nóng điện môi;
- + Làm tăng phát nóng, giảm hiệu suất hay gây dao động hạ tần số cơ học
- + Có thể phá hủy hoặc hạn chế khả năng vận hành của các bộ tụ bù công suất phản kháng do làm xuất hiện hiện tượng cộng hưởng nối tiếp hoặc cộng hưởng song song;

Do những ảnh hưởng đáng kể nói trên mà các tổ chức quản lý và vận hành điện năng trên thế giới như IEC, IEE và Liên bang Nga quy định và kết luận (GOST 13109 97, 1997; IEC 61000 –series standards):

- + Độ méo sóng hài dòng điện trong tất cả các lưới điện không quá 5%.
- + Nguồn gây ra sóng hài trong lưới điện gồm: Các thiết bị điện tử công suất sử dụng các bộ biến đổi AC/DC, DC/DC; Các máy biến áp làm việc với mạch từ ở chế độ quá bão hòa từ.

Theo IEC 61000 (IEC 61000 –series standards), với tất cả các loại lưới điện, biến dạng riêng rẽ của từng thành phần hài không được vượt quá 3% và tổng méo sóng hài không được vượt quá 5%. Tiêu chuẩn chi tiết của độ méo sóng hài cho phép trong lưới hạ áp được nêu ở bảng 1.

Bảng 1. Giới hạn biến dạng sóng hài trong lưới điện

Hài lẻ phi bội của 3		Hài bậc lẻ bội của 3		Hài chẵn	
Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép
5	5	3	4	2	1,6
7	4	9	1,2	4	1
11	3	15	0,3	6	0,5

* Tác giả liên hệ

Email: lexuanthanh@humg.edu.vn

Hài lệ phi bội của 3		Hài bậc lệ bội của 3		Hài chẵn	
Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép
13	2,5	21	0,2	8	0,4
17	1,6	>21	0,2	10	0,4
19	1,2	X	X	12	0,2
23	1,2			>12	0,2
25	1,2			X	X
>25	$0,2 + 0,5(\frac{25}{h})$				

1.2. Thực trạng sử dụng các thiết bị biến đổi của các dây chuyền sàng tuyển

Trong những năm vừa qua, cùng với sự mở rộng của quy mô sản xuất, các thiết bị điện tử công suất cũng đã được sử dụng ngày càng nhiều trong hệ thống điện của các dây chuyền sàng tuyển. Với một dây chuyền sàng tuyển điển hình của công ty than Hòn Gai, thường sẽ có một số các thiết bị điện tử công suất cơ bản là khởi động mềm hoặc biến tần được đưa vào vận hành với mục đích tiết kiệm năng lượng. Thống kê sơ bộ các loại thiết bị điện tử công suất của một dây chuyền sàng tuyển điển hình được cho ở bảng 2. Thống kê số lượng thiết bị điện tử công suất của một số dây chuyền sàng tuyển các công ty than và tuyển than được cho ở bảng 3.

Rõ ràng rằng việc sử dụng khá nhiều các thiết bị điện tử công suất của các dây chuyền sàng tuyển hạ áp bên cạnh việc đem lại lợi ích lớn do giảm tổn thất điện năng, tất yếu sẽ gây ra những ảnh hưởng xấu do phát sinh sóng hài dòng điện. Những ảnh hưởng xấu này sẽ được phân tích kỹ hơn ở phần 2 của báo cáo.

Bảng 2. Thống kê hệ thống khởi động mềm và biến tần của các phân xưởng sàng tuyển Công ty tuyển than Hòn Gai

TT	Tên thiết bị	Loại TB điện tử công suất
1	Máy nghiền 55kW- sàng nghiền số 1	KĐM
2	Máy nghiền 30kW- sàng nghiền số 2	KĐM
3	Băng cấp liệu (L=25m) 18,5kW- sàng nghiền số 3	BT
4	Sàng rung (5500x1800) 22kW- sàng nghiền số 3	BT
5	Băng cám (L=24m) 55kW- sàng nghiền số 3	KĐM
6	Băng cấp liệu (L=12m) 15kW- sàng nghiền số 4	BT
7	Sàng rung (1800x4800) 22kW- sàng nghiền số 4	BT
8	Băng cám (L=23m) 55kW- sàng nghiền số 4	KĐM
9	Sàng rung (5300x1800) 22kW- sàng nghiền số 7	BT
10	Băng cám (B1000x L24m) 18,5kW- sàng nghiền số 7	BT
11	Sàng rung tách cám khô KT (4200x1300) 18,5kW - tuyển huyền phù tự sinh số 1	BT
12	Máy tuyển HPTS 11kW	BT
13	Bơm (BO1) 40kW - tuyển huyền phù tự sinh số 1	BT
14	Bơm (BO2) 22kW - tuyển huyền phù tự sinh số 1	BT
15	Băng cấp liệu (L=25m) 18,5kW - tuyển huyền phù tự sinh số 2	BT
16	Sàng rung tách cám khô (4200x1500) 18,5kW - tuyển huyền phù tự sinh số 2	BT
17	Máy tuyển HPTS 30kW - Tuyển HPTS số 2	BT
18	Bơm (BO1) 40kW - tuyển huyền phù tự sinh số 2	BT
19	Bơm (BO2) 40kW - tuyển huyền phù tự sinh số 2	BT

Bảng 3. Thống kê các thiết bị điện tử công suất trong dây chuyền sàng tuyển

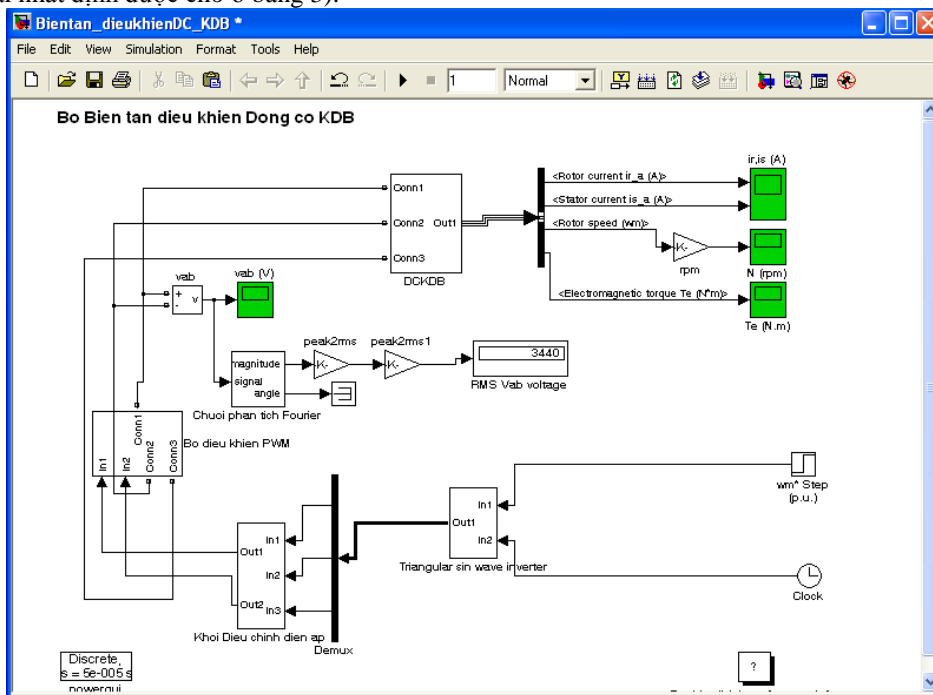
STT	Tên mỏ	Loại thiết bị	Cấp điện áp	Số lượng	Ghi chú
1	Cao Sơn	Biến tần	380V	15	02 biến tần trung áp
		Khởi động mềm	380V, 6kV	4	03 bộ KĐM trung áp
2	Cọc Sáu	Biến tần	380V, 6kV	48	01 biến tần trung áp
		Khởi động mềm	380V, 6kV	8	02 bộ KĐM trung áp
3	Núi Béo	Biến tần	380V	28	
		Khởi động mềm	380V	8	
4	TT Hòn Gai	Biến tần	380V	22	

STT	Tên mô	Loại thiết bị	Cấp điện áp	Số lượng	Ghi chú
		Khởi động mềm	380V	8	

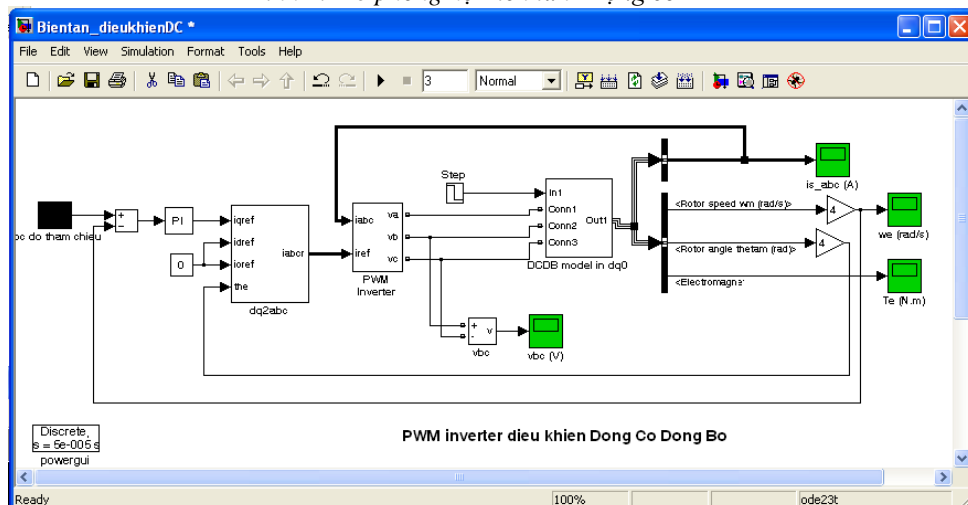
6. Hiện trạng sóng hài gây ra bởi các thiết bị biến đổi trong lưới điện hạ áp các dây chuyên sàng tuyển

Như đã phân tích ở bảng 3, hiện trạng các dây chuyên sàng tuyển có 2 loại thiết bị biến đổi điện hình là biến tần và khởi động mềm được sử dụng rộng rãi. Trong đó biến tần là loại thiết bị điện tử công suất chiếm ưu thế về số lượng. Như các nghiên cứu đã được thực hiện, ảnh hưởng của khởi động mềm là có, nhưng chỉ tồn tại trong thời gian hữu hạn khoảng 2s khi các động cơ khởi động (Lê Xuân Thành, 2015; Hamed. S.A. và B.J.Chalmers, 1990), do vậy dưới đây sẽ đi tập trung phân tích thực trạng của sóng hài gây ra bởi các biến tần.

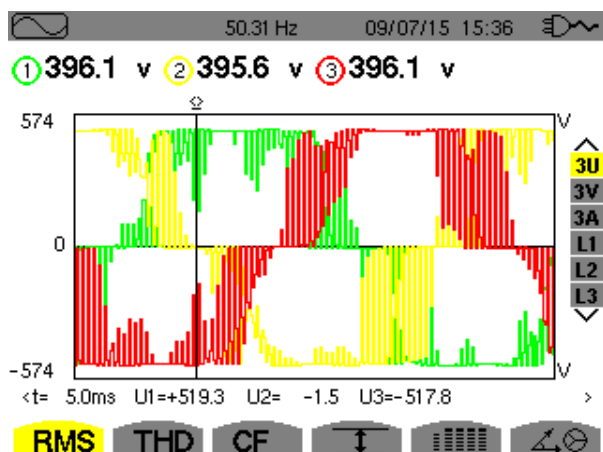
Để đánh giá ảnh hưởng của biến tần tới lưới điện hạ áp 380V, tính toán THD gây ra bởi biến tần, tiến hành mô phỏng hệ biến tần-động cơ không đồng bộ dựa trên môi trường MATLAB. Từ các mô phỏng được thể hiện trên hình 1 và 2 thu được các kết quả mô phỏng về độ méo THD của dạng sóng dòng điện, những kết quả này được tổng hợp ở bảng 3 và được so sánh với một số kết quả đo thực nghiệm ở hình 3, 4, và 5. Độ méo (dạng không sin của đường cong điện áp các biến tần gây ra với lưới điện tương ứng với một số tải nhất định được cho ở bảng 3).



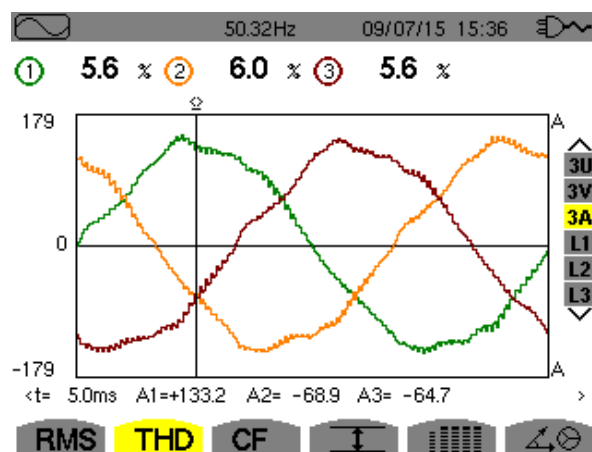
Hình 1. Mô phỏng hệ Biến tần -Động cơ KDB



Hình 2. Mô phỏng hệ biến tần PWM-Động cơ đồng bộ

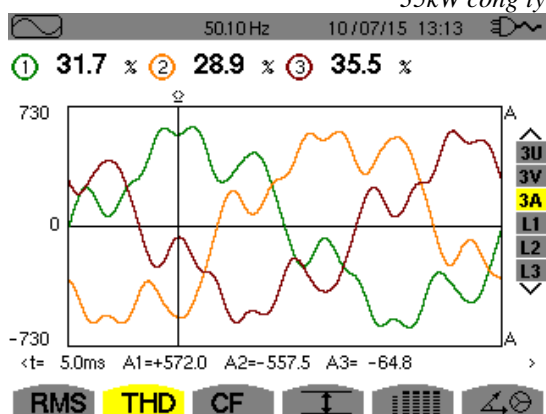


a) Dạng sóng điện áp

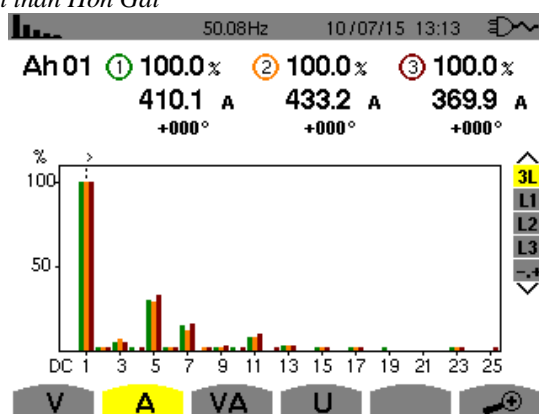


b) Độ méo của dòng điện

Hình 3. Kết quả đo thực nghiệm (sau biến tần) dạng sóng điện áp và dòng điện của biến tần bảng RC2-35kW công ty tuyển than Hòn Gai

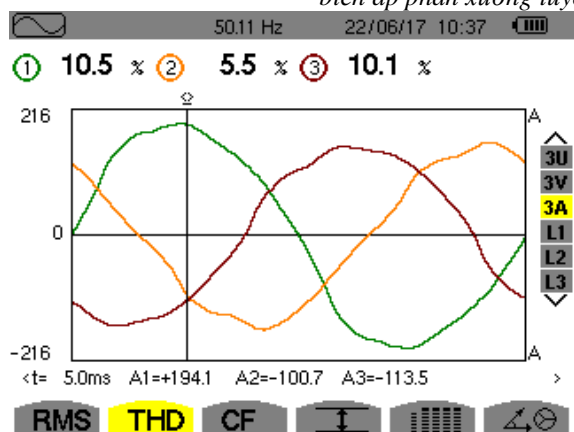


a) Dạng sóng dòng điện

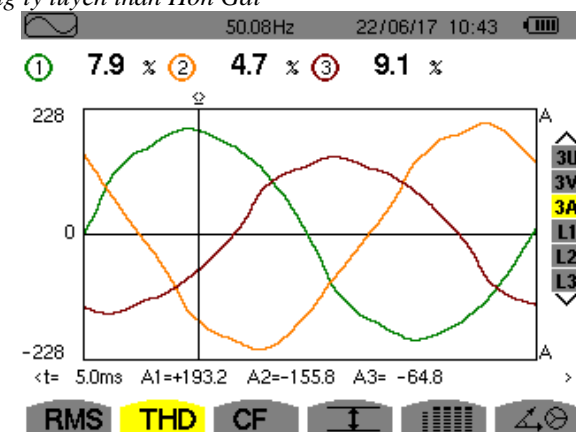


b) Phổ của hài

Hình 4. Kết quả đo thực nghiệm (trước biến tần) dạng sóng dòng điện và phổ của phía thứ cấp của máy biến áp phân xưởng tuyển công ty tuyển than Hòn Gai



a) Dạng sóng dòng điện

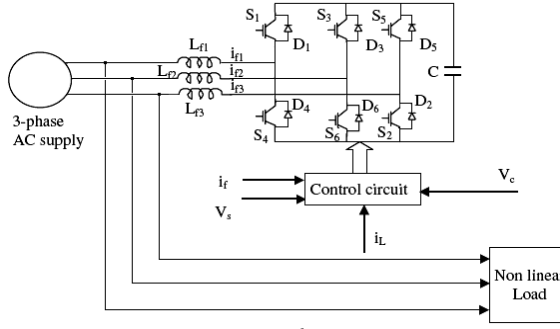


b) Dạng sóng dòng điện

Hình 5. Kết quả đo thực nghiệm (trước biến tần) dạng sóng dòng điện của 2 biến tần dây chuyển sang tuyến hạ áp công ty than Thống Nhất

7. Nghiên cứu, đề xuất một số giải pháp hữu hiệu giảm ảnh hưởng tiêu cực của sóng hài

Một trong những giải pháp hữu hiệu có thể loại bỏ méo dòng điện trong lưới điện là sử dụng các bộ lọc (tích cực và thụ động). Khi sử dụng các bộ lọc thụ động, cần tiến hành khảo sát hiện trạng vi phạm của sóng hài để từ đó có thể tính toán các giá trị và các phân tử của bộ lọc (Bhende C. N., S.Mishra, 2006; Chennai Salim, Benchouia Mohamed Toufik, 2011; Hamed. S.A. and B.J.Chalmers, 1990; Jidong Wang, 2009). Cấu trúc của bộ lọc được cho ở hình 6.



Hình 6. Cấu trúc chung của bộ lọc sử dụng để giảm sóng hài trong lưới điện hạ áp

Một trong những vấn đề chính khi thiết kế bộ lọc là cần tính toán và thiết kế các tham số của bộ điều khiển. Bộ điều khiển thông dụng thường dùng là bộ điều khiển PI (Lê Xuân Thành, 2014; Lê Thị Thu Uyên, 2011; Jidong Wang, 2009; Sing B. và nnk, 1998).

3.1. Tính toán các tham số của bộ điều khiển PI dùng cho mạch điều khiển bộ lọc

Hàm truyền của bộ điều khiển sử dụng bộ điều khiển PI được cho bởi biểu thức (Bhende C. N., S.Mishra, 2006; Chennai Salim, Benchouia Mohamed Toufik, 2011; Jidong Wang, 2009; Sing B và nnk, 1998; Chaoui A, 2008):

$$\frac{V_{dc}}{V_{dc-ref}} = \frac{(K_p + K_i / s) \cdot (V_s^2 / (V_{dc-ref} C_{dc} \cdot s))}{1 + (K_p + K_i / s) \cdot (V_s^2 / (V_{dc-ref} C_{dc} \cdot s))} \quad (1)$$

Phương trình trên có thể được phát triển dưới dạng (2):

$$\frac{V_{dc}}{V_{dc-ref}} = \frac{\frac{K_p V_s^2}{V_{dc-ref} \cdot C_{dc}} \cdot s + \frac{K_i}{V_{dc-ref} \cdot C_{dc}}}{s^2 + \frac{K_p V_s^2}{V_{dc-ref} \cdot C_{dc}} \cdot s + \frac{K_i V_s^2}{V_{dc-ref} \cdot C_{dc}}} \quad (2)$$

Phương trình đặc tính bậc hai của hệ thống điều khiển kín được suy ra từ (2) có dạng:

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_i V_s^2}{V_{dc-ref} \cdot C_{dc}}} \quad \xi = \frac{K_p V_s}{2\sqrt{K_i V_{dc-ref} C_{dc}}}$$

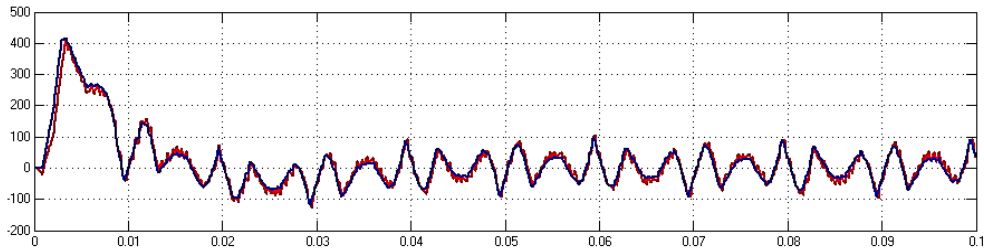
Khi đó có thể rút ra các hệ số K_p và K_i của bộ điều khiển theo các biểu thức và dòng điện bù của bộ lọc sẽ được tính theo (4).

$$K_p = \frac{2\xi K_i}{\omega_n}, \quad K_i = \frac{\omega_n^2 V_{dc-ref} C_{dc}}{V_s^2} \quad (4)$$

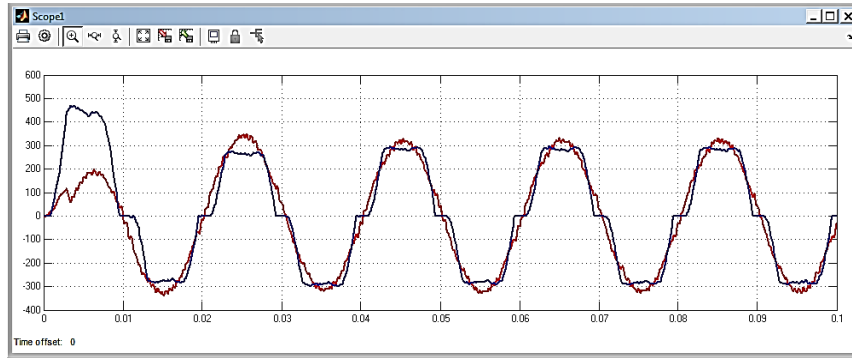
$$I_{sc} = K_p \Delta U_{dc} + K_i \int \Delta U_{dc} \cdot dt$$

3.2. Đánh giá hiệu quả của bộ lọc

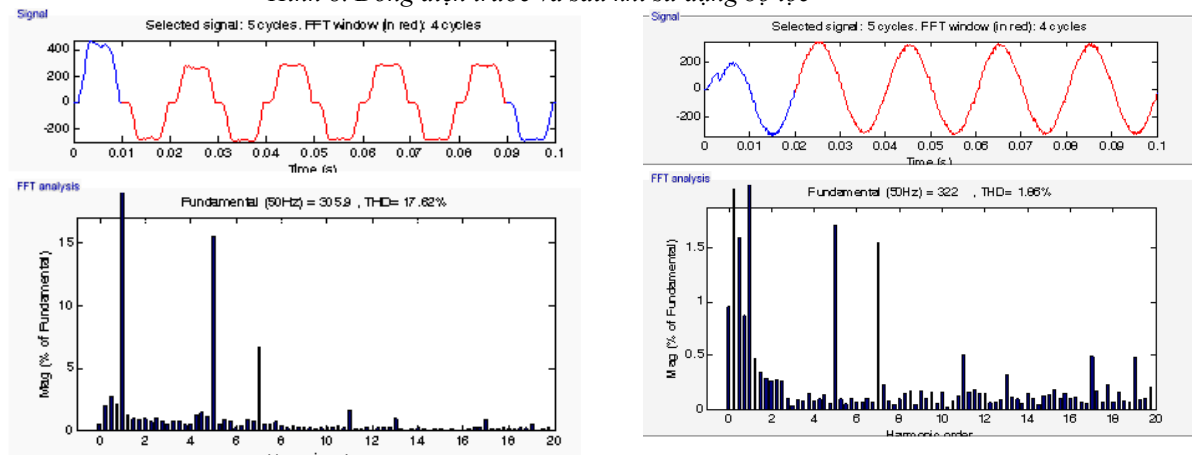
Thực hiện mô phỏng trên Matlab, các kết quả dòng điện và độ méo của hài khi sử dụng bộ lọc tích cực được cho ở hình 7, 8 và hình 9 (Lê Xuân Thành, 2015).



Hình 7. Dòng bù hài tạo bởi bộ điều khiển



Hình 8. Dòng điện trước và sau khi sử dụng bộ lọc



a) Trước khi lọc THD = 17,6%

b) Sau khi lọc THD = 1,86%

Hình 9. Dạng sóng và phổ dòng điện trước và sau khi có bộ lọc

Như vậy có thể thấy khi sử dụng bộ lọc, độ méo của sóng hài đã giảm đáng kể và nằm dưới ngưỡng quy định theo các tiêu chuẩn của Việt Nam và thế giới.

4. Kết luận và kiến nghị

Những nghiên cứu, khảo sát và đánh giá trong lưới điện hạ áp của các dây chuyền sàng tuyển cho thấy việc sử dụng rộng rãi và thiếu cân nhắc các biến tần là vấn đề cần nghiêm túc xem xét. Bên cạnh việc đem lại những hiệu quả rõ rệt về giảm tổn thất điện năng, các thiết bị này còn ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng điện năng, tăng phát sóng hài vào lưới hạ áp. Hầu hết các kết quả đo thực nghiệm đều cho thấy việc sử dụng các biến tần đều làm cho THD vượt quá giới hạn cho phép. Vì lý do đó với các nhà quản lý, vận hành lưới hạ áp các dây chuyền sàng tuyển cần:

- + Thực hiện đánh giá tổng quan về tình trạng ô nhiễm sóng hài gây ra bởi các biến tần và các thiết bị điện tử công suất;
- + Nếu xuất hiện những ảnh hưởng nghiêm trọng của sóng hài tới các phần tử khác của lưới, gây hỏng hóc hay thậm chí phá hủy các thiết bị, khi đó cần sử dụng các biện pháp loại trừ các sóng hài. Sử dụng các bộ lọc là một trong các giải pháp hiệu quả.
- + Trong trường hợp không quá cần thiết phải sử dụng biến tần, cần cân nhắc để thực hiện so sánh về kinh tế và kỹ thuật nhằm có kết luận đúng đắn về sử dụng các thiết bị dạng này

Tài liệu tham khảo

- Alexander Kusko, Sc.D., P.E; Marc T.Thompson, PhD., 2007. *Power quality in Electrical Systems*.
- Bhende C. N., S.Mishra, 2006. TS-fuzzy-controlled active power filter for load compensation. *IEEE, Transactions on Power Deliv*, 21, pp. 1459-1465.
- Chennai Salim, Benchouia Mohamed Toufik, 2011. Intelligent Controllers for Shunt Active Filter to Compensate Current Harmonics Based on SRF and SCR Control strategies, *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol3.
- Chaoui A., F.Krim, J.P.Gaubert, L. Rambault, 2008. DPC controlled three-phase active filter for power quality improvement, *Elvisier Electric Power and Energy Systems* 30
- GOST 13109 97, 1997. *Electric energy. Requirements for quality of electric energy in general purpose*

networks

Hamed. S.A. and B.J.Chalmers, 1990. Analysis of variable voltage thyristor controlled induction motors Proc. *Inst. Elect. Eng.*, pt.B, vol 137, no3

IEC 61000 –series standards

Jidong Wang, 2009. Simulation of three-phase three-wire shunt active power filter, *International Journal of Sciences and techniques of automatic Control & Computer engineering*, Volume 3,N°1, pp. 942-955.

Lê Xuân Thành, 2014. Ảnh hưởng của biến tần trực tiếp tới chất lượng điện năng của lưới trung áp 6kV các mỏ lộ thiên. *Tạp chí khoa học công nghệ Mỏ*, số 5.

Lê Xuân Thành, 2015. *Nghiên cứu nâng cao chất lượng điện năng mạng 6kV mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ-Địa chất.

Lê Thị Thu Uyên, 2011, *Ứng dụng bộ lọc tích cực để giảm sóng hài cho lưới điện nhà máy xi măng Tây Ninh*. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.

Sing B., K. Haddad, A. Chandra, 1998. A new control approach to three-phase active filter for harmonics and reactive power compensation. *IEEE,Trans. Power Syst.*13(1), pp. 133-138.

ABSTRACT

Power harmonic analysis caused by power electronic devices in 380V grids of coal processing factories: fact and solutions

Le Xuan Thanh¹

¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

In the process of enlarging and modernizing the coal processing system, many power electronic devices are utilized. They bring many advantages in the field of economic, operation, but they also create the disadvantages of uninusoidal matters. Base on the analysis the fact of power electronic utilization in 380V grids, the paper will estimate the impact of power harmonic on grid. The simulation implemented in Matlab will be compared with realtime measurements. Solution of using harmonic filter is suggested to make sure that grids' THD will be in the range of IEC standards. The recommendation at the conclusion part is also utilized to improve the operating situation of processing system

Keywords: 380V grids, coal processing system, passive filter, power harmonic, MATLAB

Giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên

Đinh Văn Thắng^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Với các mỏ khai thác lộ thiên, đặc điểm dễ nhận thấy nhất là mạng cung cấp điện có tổng chiều dài lớn phân bố rải rác khắp khai trường, kèm theo đó là có nhiều máy biến áp hạ áp tại các khu vực khai thác. Vấn đề được các nhà quản lý vận hành hệ thống điện mỏ đặt ra là phải nâng cao hiệu quả vận hành chúng nhằm đạt mục tiêu giảm tổn thất điện năng trong toàn hệ thống cung cấp điện mỏ.

Hầu hết các trạm biến áp khu vực khai trường mỏ lộ thiên đều sử dụng các máy biến áp điện lực thông thường, phù hợp với thiết kế, lắp đặt trạm biến áp công nghiệp với cấu hình hai hay nhiều máy biến áp làm việc song song. Khi sử dụng trong hệ thống cung cấp điện mỏ lộ thiên tại khai trường, chúng chỉ vận hành ở chế độ độc lập đơn lẻ, điều này dẫn đến hiệu quả sử dụng các vật liệu chế tạo máy biến áp không cao, đồng thời có thể làm tăng thêm tổn thất điện năng cho hệ thống cung cấp điện khi vận hành.

Với lý do trên, có thể nhận định rằng việc nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên bằng cách giảm thiểu tổn thất điện năng do các biến áp khai trường gây ra thông qua khảo sát, nghiên cứu biến động phụ tải điện trên khai trường khai thác mỏ lộ thiên là nhiệm vụ cần thiết để lựa chọn được chế độ vận hành tối ưu.

Để đáp ứng điều này, tác giả đưa ra phương pháp tiến hành nghiên cứu khảo sát biến động phụ tải điện khai trường mỏ lộ thiên là: 1- sử dụng phương pháp xác định hệ số thực nghiệm (liên quan đến thông số của các phụ tải điện theo công nghệ khai thác) và 2- sử dụng phương pháp khảo sát sử dụng số liệu thống kê dùng công cụ toán học lý thuyết xác suất thống kê cho kết quả nghiên cứu khảo sát phụ tải có độ chính xác cao hơn với biến động của phụ tải điện tại khai trường mỏ lộ thiên như một quá trình ngẫu nhiên.

Từ khóa: Giải pháp; trạm biến áp; biểu đồ phụ tải; vận hành tối ưu.

1. Mở đầu

Với các mỏ khai thác lộ thiên, đặc điểm dễ nhận thấy nhất là mạng cung cấp điện có tổng chiều dài lớn phân bố rải rác khắp khai trường, kèm theo đó là có nhiều máy biến áp hạ áp tại các khu vực khai thác. Vấn đề được các nhà quản lý vận hành hệ thống điện mỏ đặt ra là phải nâng cao hiệu quả vận hành chúng nhằm đạt mục tiêu giảm tổn thất điện năng trong toàn hệ thống cung cấp điện mỏ.

Đã có rất nhiều các nghiên cứu tập trung vào các giải pháp kinh tế quản lý vận hành nhằm mục tiêu hạn chế tổn thất điện năng trong hệ thống cung cấp điện như: nâng cấp điện áp, điều hòa biểu đồ phụ tải điện, đưa trạm biến áp gần hơn đến phụ tải, sử dụng thiết bị điện thế hệ mới có hiệu suất cao hơn, v.v...

Hầu hết các trạm biến áp khu vực khai trường mỏ lộ thiên đều sử dụng các máy biến áp điện lực thông thường, phù hợp với thiết kế, lắp đặt trạm biến áp công nghiệp với cấu hình hai hay nhiều máy biến áp làm việc song song. Khi sử dụng trong hệ thống cung cấp điện mỏ lộ thiên tại khai trường, chúng chỉ vận hành ở chế độ độc lập đơn lẻ, điều này dẫn đến hiệu quả sử dụng các vật liệu chế tạo máy biến áp không cao, đồng thời có thể làm tăng thêm tổn thất điện năng cho hệ thống cung cấp điện khi vận hành.

Với lý do trên, có thể nhận định rằng việc nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên bằng cách giảm thiểu tổn thất điện năng do các biến áp khai trường gây ra thông qua khảo sát, nghiên cứu biến động phụ tải điện trên khai trường khai thác mỏ lộ thiên là nhiệm vụ cần thiết để lựa chọn được chế độ vận hành tối ưu.

1. Nội dung nghiên cứu

1.1. Cơ sở

Để có được giải pháp thực hiện đủ tin cậy, cần tiến hành bước tìm hiểu phân tích các phương pháp nghiên cứu khảo sát biến động phụ tải điện trên khai trường khai thác mỏ lộ thiên đã được nhiều nhà

* Tác giả liên hệ

Email: dinhvanthang@humg.edu.vn

nghiên cứu sử dụng trước đây. Có hai phương pháp cơ bản để tiến hành nghiên cứu khảo sát biến động phụ tải điện khai trường mỏ lộ thiên là: 1- phương pháp xác định hệ số thực nghiệm (liên quan đến thông số của các phụ tải điện theo công nghệ khai thác) và 2- phương pháp khảo sát sử dụng số liệu thống kê dùng công cụ toán học lý thuyết xác suất thống kê.

Mục tiêu đặt được của việc nghiên cứu khảo sát phụ tải điện khai trường mỏ là xác định được phụ tải tính toán theo các điều kiện nung nóng, phụ tải điện trung bình trong một ca làm việc. Khi tính toán tổn thất điện năng trong máy biến áp sử dụng các số liệu trên thường dẫn đến sai lệch so với giá trị thực tế là giảm đi (do quá trình hiệu chỉnh đồ thị phụ tải tính toán). Để kết quả nghiên cứu khảo sát phụ tải có độ chính xác cao hơn, cần xem xét biến động của phụ tải điện tại khai trường mỏ lộ thiên như một quá trình ngẫu nhiên.

Để phân tích và xác định đặc điểm của biểu đồ phụ tải điện, sử dụng lý thuyết xác suất thống kê, còn phụ tải tính toán thì sử dụng phương pháp phương sai trung bình. Với phương pháp này, có thể xác định được công suất tính toán cho máy biến áp khai trường và điện năng tổn thất trong chúng.

Vấn đề giảm tổn hao sắt từ trong máy biến áp đã được cải thiện đáng kể khi sử dụng vật liệu thép vô định hình làm lõi từ máy biến áp. Để giảm tổn hao đồng trong máy biến áp, sử dụng hệ thống làm mát cưỡng bức cho máy.

1.2. Xác định phụ tải điện

Phụ tải điện của khu vực khai trường mỏ lộ thiên có thể được xây dựng dưới dạng biểu đồ phụ tải là đường cong trơn liên tục hay dạng bậc thang rời rạc theo từng khoảng thời gian nhất định (1h, 2h,...). Khi sử dụng biểu đồ phụ tải theo phương pháp phương sai bình quân cần phải lựa chọn khoảng thời gian Δt hợp lý sao cho sai số phép tính không vượt quá giới hạn cho trước.

Để thiết lập biểu đồ phụ tải điện khu vực khai trường theo dữ kiện xác suất ngẫu nhiên với hàm tham số thực nghiệm hiệu chỉnh tự động, khoảng thời gian Δt cần thỏa mãn điều kiện sau (Молодых А.В.):

$$\Delta t \leq (\pi/\alpha) \operatorname{tg}(\varepsilon\pi/2), \quad (1)$$

trong đó: ε - gia số sai số cho phép để xác định mức tán xạ của biểu đồ phụ tải;

α - hệ số suy giảm của hàm hiệu chỉnh tự động.

Mật độ phân bố dòng điện đối với phụ tải là máy xúc có thể biểu diễn ở dạng phân bố hỗn hợp do những nguyên nhân sau: chế độ không tải (động cơ chính máy xúc, máy biến áp tự dòng chưa được cấp điện);

Chế độ chờ làm việc (động cơ xúc bốc chưa hoạt động, máy biến áp tự dòng của máy xúc đã hoạt động);

Thực hiện công việc xúc bốc đất đá và than nguyên khai.

Với phụ tải điện khai trường mỏ lộ thiên là máy xúc, biểu thức mô tả biểu đồ phân bố phụ tải theo dạng ngẫu nhiên như sau (Молодых А.В.):

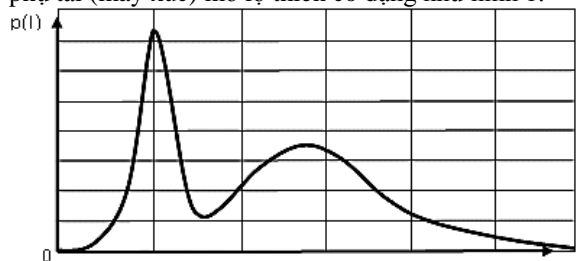
$$f(I) = A\delta(I) + B \frac{1}{\sigma' \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(I-M')^2}{2(\sigma')^2}} + C \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(I-M)^2}{2(\sigma)^2}} \quad (2)$$

trong đó: M' , σ' - kỳ vọng toán học và phương sai quân bình của phụ tải khi đang làm việc bình thường;

A , B , C - hệ số ứng với xác suất ở các chế độ không tải, chờ làm việc và đang hoạt động;

$\sigma(I)$ - delta hàm Di-rac.

Đồ thị mật độ phân bố phụ tải (máy xúc) mỏ lộ thiên có dạng như hình 1.



Hình 1. Biểu đồ mật độ phân bố phụ tải đặc trưng của máy xúc mỏ lộ thiên

Để nhận được đồ thị phụ tải của nhóm thiết bị trên khai trường mỏ lộ thiên, sử dụng phương pháp đồ thị giải tích tổng hợp các đồ thị phụ tải của từng thiết bị riêng lẻ (như hình 1) lại. Kỳ vọng toán học và phổ phân bố phụ tải ngẫu nhiên (Молодых А.В.) của khai trường mỏ lộ thiên được xác định theo biểu thức (3).

$$M \left(\sum_{i=1}^n I_i \right) = \sum_{i=1}^n (B_i M'_i + C_i M_i) ; \quad (3)$$

$$\sigma^2\left(\sum_1^n I_i\right) = \sum_1^n \sigma^2(I_i) = \sum_1^n [M_i^2(B_i - B_i^2) + M_i^2(C_i - C_i^2) + B_i \sigma_i^2 + C_i \sigma_i^2 - 2B_i C_i M_i^2 M_i^2] \quad (4)$$

Để đưa ra giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mở lộ thiên, cần phải xác định được lượng điện năng tổn thất do máy biến tiêu thụ tương ứng với điều kiện phụ tải biến thiên như đã xét.

Tổn thất điện năng hiệu dụng trong máy biến áp được tính theo công thức:

$$\Delta W_a = \left(P_0 + k_{th} S_{dm} \frac{i_{0\%}}{100} \right) T_{on} + \left(P_n + k_{th} S_{dm} \frac{u_{n\%}}{100} \right) T_{on} \sum_1^n \beta_i^2 p_i(\beta) \quad (5)$$

trong đó:

P₀ – tổn thất công suất không tải (tổn thất sắt từ)

P_n – tổn thất công suất ngắn mạch (tổn thất nhiệt Jun-len-xơ)

i₀% - dòng không tải của máy biến áp (tương đối)

u_n% - điện áp ngắn mạch của máy biến áp (tương đối)

β_i - hệ số mang tải của máy biến áp xét như biến ngẫu nhiên

k_{th} – hệ số ảnh hưởng tổn thất công suất do tải phản kháng sinh ra, có thể lựa chọn bằng 0,06 – 0,08

T_{on} – tổng thời gian đóng máy biến áp vào lưới điện

S_{dm} – dung lượng định mức của máy biến áp khu vực khai trường.

p_i(β) – mật độ phân bố xác suất hệ số mang tải β.

1.3. Luận giải kết quả

- Từ đây suy ra có thể đưa ra nhận định rằng tổn thất trong máy biến áp có thể giảm đến cực tiểu khi:
- Lựa chọn công suất của máy biến áp khu vực khai trường theo điều kiện phát nóng cho phép cần phải xét đến phụ tải ngẫu nhiên của máy biến áp ;
- Xác định trị số tổn thất ngắn mạch P_n tối ưu với các giá trị P₀ của máy biến áp được lựa chọn;
- Xác định trị số tổn hao không tải P₀ tối ưu của máy biến áp theo giá trị tổn hao ngắn mạch P_n;
- Xác định mối tương quan của hai đại lượng P₀ và P_n theo hiệu suất cực đại của máy biến áp η_{max};
- Phân tích mối quan hệ giữa P₀ và P_n và tìm trị tối ưu theo quan điểm tổn thất điện năng với các mẫu máy biến áp được chế tạo.

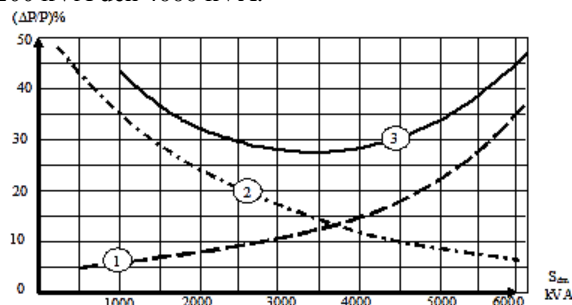
Biện pháp giảm tổn thất năng lượng trên dây quấn máy biến áp có thể thực hiện nhờ tăng tiết diện dây quấn sơ cấp và thứ cấp, điều này dẫn đến tăng kích thước của lõi thép và tăng tổn hao sắt từ.

Ở khai trường mở lộ thiên, phụ tải của máy biến áp khu vực không chỉ thay đổi theo số lượng các thiết bị nối với biến áp mà còn có thay đổi cả thời gian hoạt động của từng thiết bị, bởi vậy để xác định tỉ lệ tương quan tổn thất năng lượng ở chế độ tối ưu, ta xác định hệ số tổn thất điện năng tối ưu của máy biến áp với $k_{tu} = 1/\sqrt{P_n/P_0}$ thì (Камышан Н.Г., Молодых А.В. Изд. Электрика, 2001):

$$k_{tu}^2 = \frac{\sum_1^n \left[\left[\sum_1^n \beta_i^2 p_i(\beta) \right]_j^2 T_j^2 \right]}{\sum_1^n \left[\left[\sum_1^n \beta_i^2 p_i(\beta) \right]_j T_j^2 \right]} \quad (6)$$

trong đó: T_j – khoảng thời gian của mỗi biểu đồ phụ tải được xây dựng.

Trên hình 2 minh họa cho bài toán lựa chọn công suất của máy biến áp khu vực khai trường mở lộ thiên dựa theo tiêu chuẩn tổng tổn hao công suất trên máy biến áp tối thiểu, phạm vi công suất của máy biến áp cần lựa chọn từ 3200 kVA đến 4000 kVA.



Hình 2. Tổn thất công suất trong máy biến áp với các dung lượng định mức khác nhau
1- Tổn hao sắt từ; 2- Tổn hao đồng; 3- Tổng tổn hao

1.4. Xây dựng biểu đồ phụ tải thực nghiệm

Để xây dựng biểu đồ phụ tải của trạm biến áp khu vực khai trường mỏ lộ thiên, tiến hành lựa chọn khoảng thời gian phù hợp với công nghệ khai thác lộ thiên nhằm mục đích rời rạc hóa ghi thông tin mức tiêu thụ điện năng. Việc ghi thông tin điện năng tiêu thụ trong các khoảng thời gian (rời rạc hóa) được thực hiện nhờ các dụng cụ đo đếm điện năng điện tử. Các kết quả ghi nhận được sẽ được xử lý và xác định đặc điểm, tính chất ngẫu nhiên của phụ tải.

Trước tiên, tiến hành kiểm tra các số liệu qua trắc được về tính dị thường của số liệu đo với sự trợ giúp của hàm phân bố Student. Tổng hợp số liệu và kiểm tra tính đồng nhất của chúng theo tiêu chuẩn độ lệch phương sai χ^2 . Kết quả khảo sát thực nghiệm chứng minh rằng, với cùng một phụ tải (máy xúc) số liệu quan trắc được không đồng nhất ở các ngày làm việc khác nhau, điều này thể hiện rõ qua các hệ số A, B, C trong phương trình phân bố (2). Kết quả kiểm tra từng thành phần của phương trình phân bố điều kiện như nhau của các thông số M' , σ' , M'' , σ'' (2) cũng chỉ ra rằng chúng tương đối ổn định với dung sai nhỏ hơn cho phép. Ở phương trình phân bố (2), các tham số A, B, C liên hệ chặt chẽ với nhau và thỏa mãn điều kiện: $A + B + C = 1$ (Молодых А.В. Диссертаций кон. тех. наук.).

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho ra được đồ thị phân bố theo hàm xác suất thống kê và được kiểm tra độ tin cậy theo tiêu chuẩn độ lệch phương sai χ^2 của Pierson.

2. Kết luận

Để tiết kiệm điện năng, nâng cao hiệu quả vận hành trạm biến áp khai trường mỏ lộ thiên bằng cách giảm thiểu tổn thất điện năng do các biến áp khai trường cần khảo sát, nghiên cứu biến động phụ tải điện trên khai trường khai thác mỏ lộ thiên. Nội dung bài viết này trình bày một giải pháp có ý nghĩa thực tiễn trong việc tìm biện pháp giảm tổn thất truyền tải điện trong máy biến áp tại khu vực khai trường mỏ lộ thiên.

Với phương pháp đưa ra như trên có thể xác định được tỉ số tổn thất công suất không tải và ngắn mạch của máy biến áp khai trường mỏ ở chế độ vận hành tối ưu ứng với phụ tải thực tiễn của nó.

Tài liệu tham khảo

Молодых А.В. Разработка методов повышения эффективности эксплуатаций учасковых карьерных трансформаторных подстанций. Диссертаций кон. тех. наук., удк 621.42:622.271.3(043.3)

Камышан Н.Г., Молодых А.В. Формирование электрических нагрузок карьерных учасковых трансформаторных подстанций. Изд. Электрика, 2001, No2. С. 28 -30.

ABSTRACT

Solutions for improving the operational efficiency of open-pit mine substation transformers

Dinh Van Thang¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

For open pit mines, the most noticeable feature is the large total power supply network distributed throughout the site, accompanied by many low voltage transformers in the areas exploited.

For the reasons mentioned above, it can be seen that improving the efficiency of the open pit mine substation by minimizing the power loss caused by those transformations. Study on the change of load on the open-pit mine is the scientific basis to choose the optimal operating mode.

In response to this, the author proposes to conduct a survey on the variation of the extraction load for open-pit mines: 1- using the method of determining the experimental coefficient (related to the parameters of the mining technology), and 2- using the survey method by using statistic data and statistic theory of statistical probability for higher accuracy survey results. The fluctuation of the load at the open pit mine is a random process.

Key words: solution; substation; load chart; optimal operation.

Nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến hiệu quả làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha

Đỗ Như Ý^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Ngày nay với sự phát triển của khoa học công nghệ thì có rất nhiều các tải phi tuyến được kết nối lắp đặt trên hệ thống điện như: thiết bị điện tử công suất, cuộn cảm bão hòa, hồ quang điện... Sự xuất hiện của các tải phi tuyến làm cho dòng điện trên hệ thống bị méo không còn tuần hoàn (sin), điều này ảnh hưởng xấu đến quá trình làm việc của các thiết bị điện nói chung trong đó có động cơ điện không đồng bộ ba pha như tạo ra mômen phụ trên trục động cơ gây rung ồn, làm tăng tổn hao trong động cơ. Nội dung của bài báo đi nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến hiệu quả làm việc của động cơ không đồng bộ ba pha dựa trên phương pháp nghiên cứu phân tích điện từ trường và kiểm chứng trên phần mềm mô phỏng để từ đó có thể đưa ra được các giải pháp nâng cao hiệu quả làm việc của động cơ điện.

Từ khóa: Động cơ không đồng bộ, sóng hài, hiệu quả làm việc.

1. Hiện tượng méo dòng điện trong động cơ không đồng bộ ba pha

Xét trường hợp hệ dây quấn của động cơ không đồng bộ ba pha (ĐC KĐB) có các dây quấn đặt lệch nhau về không gian góc $2\pi/3$. Khi đặt dòng điện 3 pha đối xứng lệch nhau về thời gian góc $2\pi/3$, có biểu thức (Vũ Gia Hanh và nnk, 2001):

$$\begin{aligned} i_1 &= \sqrt{2}I \sin \omega t \\ i_2 &= \sqrt{2}I \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_3 &= \sqrt{2}I \sin \left[\omega t - \frac{4\pi}{3} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

trong đó:

I – dòng điện hiệu dụng, ω - vận tốc góc.

Dòng điện này sinh ra sức từ động (s.t.đ) của mỗi pha là các s.t.đ đập mạch có biểu thức như sau:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_{v=1,3,5} F_{fv} \sin \omega t \cdot \cos v\alpha \\ F_2 &= \sum_{v=1,3,5} F_{fv} \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cdot \cos v \left(\alpha - \frac{2\pi}{3} \right) \\ F_3 &= \sum_{v=1,3,5} F_{fv} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cdot \cos v \left(\alpha - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

trong đó:

α - là góc không gian, v -bậc của sóng, F_{fv} -là biên độ sóng bậc v .

Phân tích s.t.đ đập mạch bậc v của mỗi pha thành s.t.đ quay thuận và s.t.đ quay ngược, ta có:

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{F_{fv}}{2} \sin(\omega t - v\alpha) + \frac{F_{fv}}{2} \sin(\omega t + v\alpha) \\ F_2 &= \frac{F_{fv}}{2} \sin \left[\left(\omega t - v\alpha \right) + (v-1)\frac{2\pi}{3} \right] + \frac{F_{fv}}{2} \sin \left[\left(\omega t + v\alpha \right) - (v+1)\frac{2\pi}{3} \right] \\ F_3 &= \frac{F_{fv}}{2} \sin \left[\left(\omega t - v\alpha \right) + (v-1)\frac{4\pi}{3} \right] + \frac{F_{fv}}{2} \sin \left[\left(\omega t + v\alpha \right) - (v+1)\frac{4\pi}{3} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

* Tác giả liên hệ

Email: donhuy.hung@gmail.com

S.t.đ của dây quấn ba pha là tổng của tất cả các s.t.đ quay thuận và quay ngược, tổng hợp lại có ta có biểu thức (4) (Vũ Gia Hanh và nnk, 2001).

$$F_{(3)} = \sum_{v=6k \pm 1} \frac{3}{2} F_{fv} \sin(\omega t \pm v\alpha) \quad (4)$$

Khi dòng điện ba pha trong dây quấn bị méo (không sin) ta có thể phân tích dòng điện này thành các dòng điện thứ tự thuận I_1 , thứ tự ngược I_2 và thứ tự không I_0 theo phương pháp các thành phần đối xứng.

- Thành phần dòng điện đối xứng thứ tự thuận: I_{11}, I_{21}, I_{31} sẽ sinh ra s.t.đ của dây quấn ba pha:

$$F_{1(3)} = \sum_{v=6k \pm 1} \frac{3}{2} F_{1fv} \sin(\omega t \pm v\alpha) \quad (5)$$

- Thành phần dòng điện đối xứng thứ tự ngược: I_{12}, I_{22}, I_{32} sẽ sinh ra s.t.đ của dây quấn ba pha:

$$F_{2(3)} = \sum_{v=6k \pm 1} \frac{3}{2} F_{2fv} \sin(\omega t \pm v\alpha) \quad (6)$$

- Thành phần dòng điện thứ tự không $i_{01}=i_{02}=i_{03}=\sqrt{2}I_0\sin\omega t$, dòng điện này sinh ra trong dây quấn 3 pha các s.t.đ đập mạch cùng pha về thời gian và lệch nhau trong không gian một góc $2\pi/3$, có biểu thức:

$$F_{01} = F_{0fv} \sin \omega t \cos v\alpha$$

$$F_{02} = F_{0fv} \sin \omega t \cos\left(v\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (7)$$

$$F_{03} = F_{0fv} \sin \omega t \cos\left(v\alpha - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Theo (Vũ Gia Hanh và nnk, 2001) có thể chia sóng này thành các nhóm: $v=3k$, $v=6k \pm 1$, với trường hợp $v=6k \pm 1$ các s.t.đ đập mạch do dòng thứ tự không ở ba pha hình thành hệ vector lệch nhau góc không gian $2\pi/3$ và có tổng bằng không. Với $v=3k$ các s.t.đ do dòng thứ tự không ở 3 pha lệch nhau góc 2π trong không gian và có tổng:

$$F_{0(3)} = \sum_{v=3k} \frac{3}{2} F_{0fv} \sin \omega t \cos v\alpha \quad (8)$$

Qua phân tích ở trên ta thấy s.t.đ của ĐC KĐB ba pha khi dòng điện bị méo được phân tích thành: các s.t.đ quay thuận (5) ứng với $v=1, 7, 13, 19, \dots$, s.t.đ quay nghịch (6) ứng với $v=5, 11, 17, \dots$ các s.t.đ quay này tham gia trực tiếp và quá trình biến đổi năng lượng cơ điện làm ảnh hưởng đến dao động momen trên trục động cơ gây rung ồn có thể dẫn tới phá hỏng động cơ điện và các s.t.đ đập mạch (8) chủ yếu sinh ra từ trường tản gây tăng phát nóng trong động cơ điện. Đây chính là những hậu quả chính gây ra trong máy điện không đồng bộ khi làm việc ở dạng dòng điện bị méo.

Để đặc trưng cho mức độ méo của dòng điện sử dụng hệ số tổng độ méo THD dòng điện được xác định theo công thức (Ankush Raina, Anshu Khosla, 2016):

$$THD = \frac{\sum_{h>1}^{\infty} I_h^2}{I_1^2} \quad (9)$$

I_1 - dòng điện cơ bản bậc 1; I_h – thành phần dòng điện bậc cao thứ h ; $\omega_1=2\pi f_1$; $\omega_h=j.f_h$.

Giá trị hiệu dụng toàn phần được tính toán theo công thức sau:

$$I_{RMS} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} = I_1 \sqrt{1+THD} \quad (10)$$

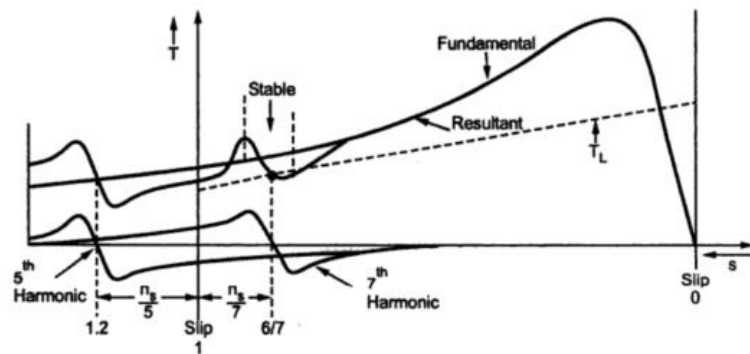
2. Ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến hiệu quả làm việc của ĐC KĐB ba pha

2.1. Sinh ra momen phụ gây rung ồn trong quá trình làm việc

Trong các sóng bậc cao thì sóng bậc 5 và bậc 7 có biên độ lớn và sinh ra momen phụ ảnh hưởng nhiều đến momen của máy điện (Vũ Gia Hanh và nnk, 2001), xét ảnh hưởng của hai loại sóng bậc cao này.

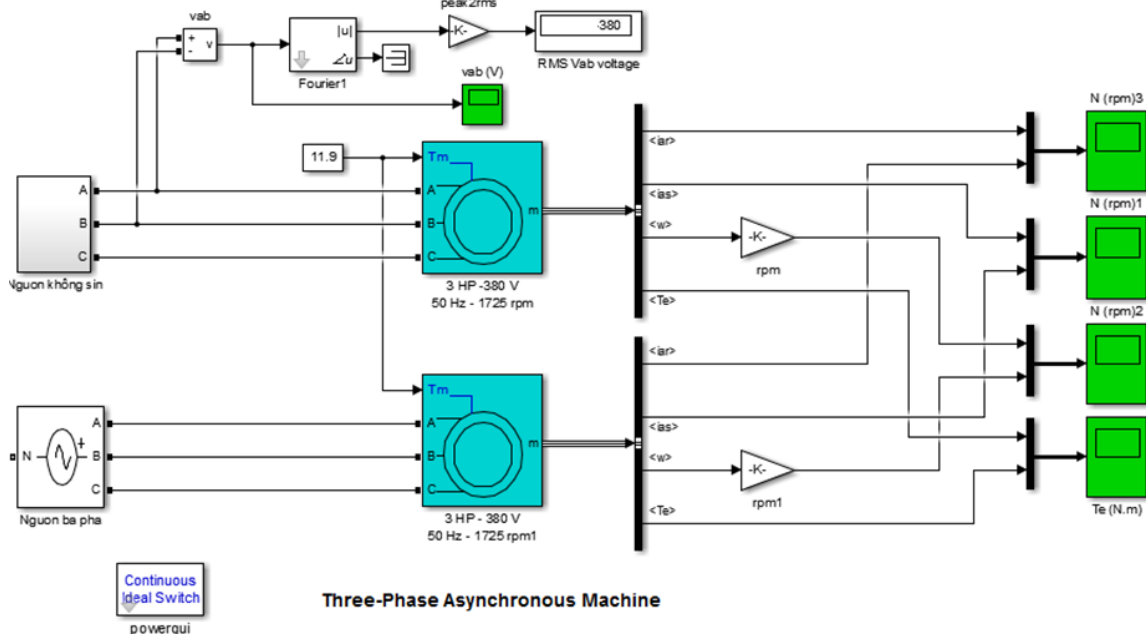
- Sóng bậc 7 quay thuận với tốc độ đồng bộ cho nên khi tốc độ máy trong khoảng $[0 \div 1/7n_1]$ (n_1 tốc độ sóng cơ bản) máy làm việc ở chế độ động cơ điện còn khi quay với tốc độ lớn hơn $1/7n_1$ máy làm việc ở chế độ máy phát.

- Ngược lại sóng bậc 5 quay ngược với tốc độ đồng bộ, ứng với tốc độ quay $[0 \div 1/5n_1]$ máy làm việc ở chế độ máy phát và làm việc ở chế độ động cơ điện khi làm việc ở tốc độ lớn hơn $1/5n_1$. Chính sự xuất hiện của các sóng bậc cao này làm cho tốc độ của động cơ điện bị thay đổi như hình 1 (Vũ Gia Hanh và nnk, 2001).



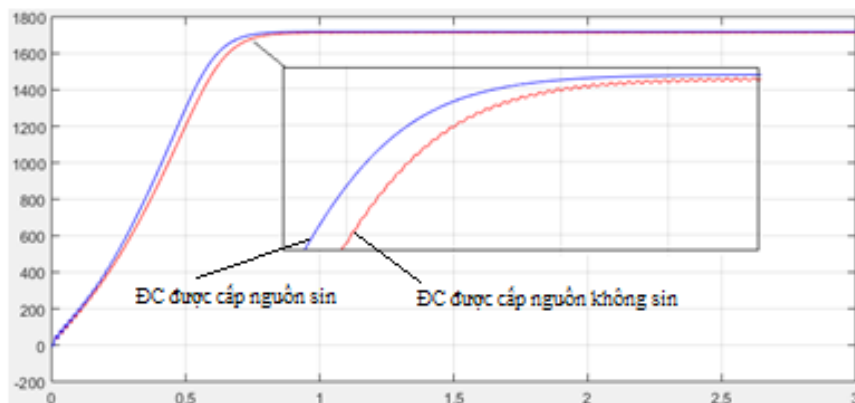
Hình 1. Ảnh hưởng của hài bậc 5 và bậc 7 nên đặc tính của động cơ

Những từ trường bậc cao này quay với tốc độ khác nhau sinh ra các momen phụ của máy điện tạo ra các momen hãm làm cho momen của máy điện giảm xuống rõ rệt ảnh hưởng đến sự làm việc của máy điện, nhất là trong quá trình mở máy của động cơ điện. Kiểm chứng cho sự phân tích ở trên có thể xây dựng sơ đồ mô phỏng ảnh hưởng của hiện tượng méo dòng điện đến mômen của động cơ trên sơ đồ Malab-simulink với hai động cơ giống nhau được cung cấp bởi hai nguồn sin và không sin (THD=9%) như hình 2.

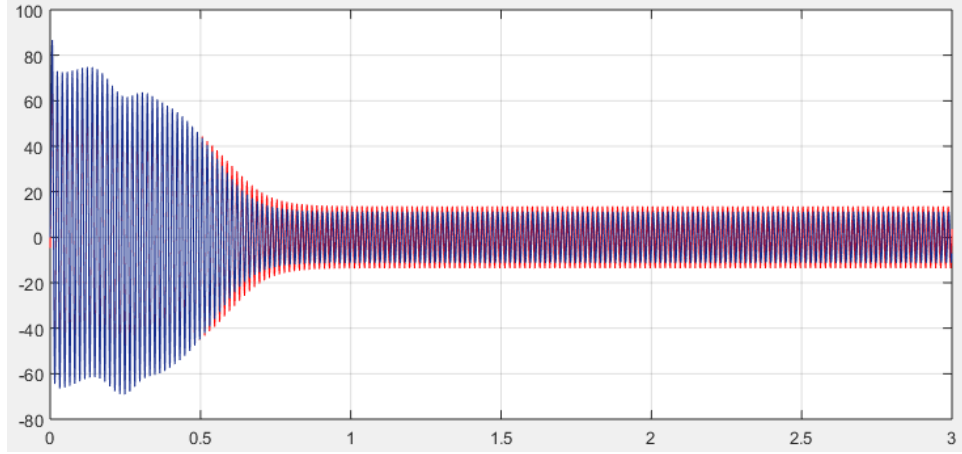


Hình 2. Sơ đồ mô phỏng Matlab

Khảo sát quá trình tăng tốc và dòng điện trong stator của hai động cơ thu được kết quả như hình 3 và hình 4.



Hình 3. Quá trình tăng tốc của động cơ



Hình 4. Dòng điện trong starto của động cơ

Kết quả mô phỏng thấy rằng, động cơ được cung cấp nguồn điện không sin có kết quả tăng tốc chậm hơn, tốc độ quay thấp hơn nhất là trong khoảng thời gian khởi động, tốc độ quay bị rung động không ổn định, dòng điện trên stator lớn hơn so với động cơ được cấp nguồn điện hình sin điều này làm tăng phát nóng trong động cơ. Kết quả trên sơ đồ mô phỏng hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu đưa ra trong phần 1.

2.2. Tăng phát nóng của ĐC KĐB ba pha

Dòng điện chạy qua động cơ điện bị méo làm gia tăng tổn hao trong động cơ so với khi nguồn điện là tín hiệu sin, bỏ qua một số thành phần tổn hao khác khi kể đến sự không sin của dòng điện thì tổn hao trong động cơ điện xác định theo công thức (Ankush Raina, Anshu Khosla, 2016):

$$\Delta P_{TH} = \Delta P_{FeH} + \Delta P_{CuH} \quad (11)$$

trong đó:

ΔP_{TH} – tổng tổn hao của động cơ; ΔP_{CuH} – tổn hao đồng trong động cơ; ΔP_{FeH} – tổn hao sắt trong động cơ.

Tổn hao ΔP_{CuH} trong động cơ so với khi động cơ được cấp dòng điện không bị méo (Donald W. Novotny, Syed A. Nasar, 1991):

$$\Delta P_{CuH} = (1 + THD^2) \Delta P_{Cu} \quad (12)$$

trong đó:

ΔP_{Cu} – tổn hao đồng trong động cơ khi được cấp dòng điện sin.

Tổn hao sắt từ ΔP_{FeH} trong động cơ do từ trễ và dòng xoáy tạo ra được xác định theo công thức (Ankush Raina, Anshu Khosla, 2016; Rukmi Dutta và nnk, 2013):

$$\Delta P_{FeH} = (k_e \cdot f \cdot B_m^2 + k_h \cdot f^2 \cdot B_m^2) G \quad (13)$$

trong đó:

B_m – trị số biên độ của từ cảm; f – tần số từ trường; G – khối lượng của mạch từ; k_e, k_h – hệ số tổn hao do từ trễ và dòng xoáy.

Bỏ qua ảnh hưởng của tần số, xét động cơ làm việc ở vùng tuyến tính của đường cong từ hóa khi đó từ trường chạy trong lõi thép cũng biến đổi theo dòng điện với độ méo THD. Tổn hao sắt từ trong động cơ khi dòng điện không sin so với dòng điện sin có thể tính theo biểu thức:

$$\Delta P_{FeH} = (1 + THD^2) \Delta P_{Fe} \quad (14)$$

trong đó:

ΔP_{Fe} – tổn hao sắt từ trong động cơ khi được cấp dòng điện sin.

Như vậy tổng tổn hao trong động cơ điện xác định theo công thức:

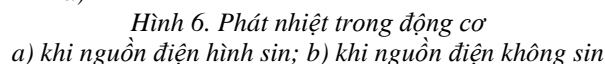
$$\begin{aligned} \Delta P_{TH} &= \Delta P_{CuH} + \Delta P_{FeH} = (1 + THD^2) \Delta P_T \\ K &= \frac{\Delta P_{TH}}{\Delta P_T} = 1 + THD^2 \end{aligned} \quad (15)$$

trong đó:

ΔP_T – tổng tổn hao của động cơ khi được cấp dòng điện sin; K – hệ số tổn hao.

Từ (15) nhận thấy rằng khi dòng điện không sin thì tổn hao trong động cơ điện tăng hơn so với khi dòng điện sin một hệ số K . Tổn hao này sẽ biến thành nhiệt nung nóng động cơ. Nghiên cứu quá trình phát nhiệt trong động cơ dựa vào phần mềm Motor-cad để khảo sát sự thay đổi nhiệt ứng với ĐC KĐB

Khảo sát quá trình phát nhiệt của động cơ khi được cấp nguồn điện hình sin và khi được cấp nguồn điện không sin có (THD=9%), kết quả phát nhiệt trong động cơ thu được như hình 6.



113

kết quả này hoàn toàn phù hợp với phân tích trước đó.

3. Kết luận

Qua việc phân tích đánh giá ở trên nhận thấy rằng khi ĐC KĐB ba pha làm việc dưới dòng điện không sin sẽ xuất hiện nhiều sóng bậc cao. Những từ trường bậc cao này quay với tốc độ khác nhau sinh ra các momen phụ của máy điện tạo ra các momen hãm làm ảnh hưởng đến sự làm việc của máy điện, nhất là trong quá trình mở máy sẽ phát sinh dao động trên trục động cơ gây rung ồn đồng thời làm tăng tổn hao gây tăng phát nóng trong động cơ ảnh hưởng đến chất lượng làm việc và có thể dẫn tới phá hỏng động cơ điện. Để hạn chế các ảnh hưởng này phải hạn chế ảnh hưởng của sóng điều hòa bậc cao để tăng hiệu quả làm việc của động cơ điện.

Tài liệu tham khảo

Ankush Raina, Anshu Khosla, 2016. *Effect of harmonics on performance characteristics of three phase induction motor*. International Journal of Scientific and Technical Advancements, Volume 2, Issue 4, pp. 221-226.

Donald W. Novotny, Syed A. Nasar, 1991. *High Frequency Losses in Induction Motors*. University of Wisconsin, 129tr.

Đỗ Như Ý, 2017. *Nghiên cứu ảnh hưởng của tải phi tuyến đến tổn hao máy biến áp trong mạng điện mô*. Tạp chí KHCN Mô, số 4, trang 1-4.

Nguyễn Văn Thắng, 2018. *Nghiên cứu hoàn thiện thiết kế và công nghệ chế tạo dây động cơ điện không đồng bộ 3 pha roto lồng sóc công suất đến 30kW*. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp nhà nước. Công ty Cổ phần Chế tạo Điện cơ Hà Nội, HEM.

Rukmi Dutta, Lester Chong, and Fazlur M. Rahman, 2013. *Analysis and experimental verification of losses in a concentrated wound interior permanent magnet machine*. Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 48, pp.221-248.

Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thu, Nguyễn Văn Sáu, 2001. *Máy điện tập 1*. NXB Khoa học và kỹ thuật. 327tr.

ABSTRACT

The impact of unsinusoidal currents to the operating efficiency of 3 phase induction motors

Do Nhu Y¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Going parallel with the development of technology in electrical engineering field, many nonlinear loads are connected to the power system. Those loads, such as electric power devices, saturated coil, arc furnace..., result to unsinusoidal currents in the system. It also have bad influence on electric apparatus, in general, and on induction motors, in specific. Some impacts are auxiliary torque on motor shaft which makes the motor vibrate and increase motor losses. Base on the electromagnet analysis, the paper shows the impact of unsinusoidal currents to the normal operation of 3 phase induction motors. The results are verified by simulation softwares to point out solutions for improving the motor operating efficiency

Keywords: Asynchronous motors, harmonics, efficiency of electric motors.

Ứng dụng Matlab để nghiên cứu và phân tích phổ tần số rung động cho máy khoan xoay cầu CBIII-250T trong công nghiệp khai thác mỏ

Đặng Văn Chí^{1,*}, Lê Ngọc Dùn²
¹ Trường Đại học Mở - Địa chất
² Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

TÓM TẮT

Trên các công trường khai thác khoáng sản ở nước ta hiện nay, quá trình khoan nổ mìn thường gặp phải các điều kiện địa chất không ổn định, tính chất cơ lý của đất đá liên tục thay đổi. Đó là một trong các nguyên nhân gây rung động cho máy khoan. Tác giả đã thực hiện việc khảo sát, đo và thu thập dữ liệu về độ rung trên máy khoan xoay cầu CBIII-250T. Quá trình đo rung động được đồng bộ hóa cùng với các tham số công nghệ khoan như tốc độ quay và lực ấn trên ty khoan. Đã ứng dụng phần mềm Matlab để nghiên cứu, phân tích phổ tần số rung động và xây dựng được quy luật tính điều chỉnh các tham số công nghệ quá trình khoan. Xác định được luật điều chỉnh tần số sẽ giúp người vận hành có những thông tin tin cậy để điều chỉnh hợp lý thông số chế độ khoan nhằm giảm thiểu độ rung cho máy, đồng thời nâng cao được hiệu quả, năng suất làm việc trong công tác khoan nổ mìn.

Từ khóa: rung động máy; máy khoan xoay cầu CBIII-250T; tốc độ quay ty khoan.

1. Đặt vấn đề

Khoan là một quá trình phức tạp và có nhiều tham số công nghệ ảnh hưởng đến hiệu quả quá trình khoan. Hiện nay ở các mỏ khai thác lộ thiên ở nước ta với các điều kiện địa chất rất phức tạp, tính chất cơ lý và độ cứng đất đá thay đổi. Đó là những nguyên nhân chính gây rung động trong quá trình khoan. Rung quá mức sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tuổi thọ của thiết bị khoan và máy khoan. Mặt khác chúng tạo ra rung lắc mạnh dẫn đến ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của người vận hành. Giới hạn về độ rung đã được các nhà sản xuất khuyến cáo nhằm đảm bảo độ bền, tuổi thọ cho máy khoan và sức khỏe cho người lao động.

Việc nghiên cứu phân tích rung động cho máy khoan xoay cầu CBIII-250T không chỉ có tính thời sự và mang ý nghĩa khoa học. Trên cơ sở đó có thể can thiệp vào hệ thống điều khiển máy khoan, lựa chọn được các thông số công nghệ làm việc hợp lý như tốc độ quay và lực ấn ty khoan sao cho phù hợp với độ cứng đất đá nhằm mục tiêu giảm độ rung cho máy trong quá trình khoan.

Rung động trong quá trình khoan có thể xem như một cơ chế để kiểm soát tốc độ quay và lực ấn mũi khoan. Trong một số máy hiện đại các nhà sản xuất đã tích hợp các thiết bị cảm biến đo độ rung. Thông tin về độ rung tức thời hay độ rung trung bình sẽ là thông số quan trọng để kiểm soát các thông số khoan và tối ưu hóa năng suất khoan.

2. Thực nghiệm đo độ rung và các tham số công nghệ khoan

2.1. Xác định vị trí đo và đối tượng đo

Đối tượng khảo sát là máy khoan xoay cầu CBIII-250T của Nga. Các thông số kỹ thuật cơ bản của máy được cho như bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật chính máy khoan CBIII-250T

TT	Các thông số cơ bản	Đơn vị	Giá trị định mức
1	Chiều sâu khoan tối đa	mét	32
2	Tốc độ quay ty khoan	vòng/phút	150
3	Ứng lực nén gương khoan	tấn	<30
4	Tốc độ ăn sâu mũi khoan	m/giờ	0-65
5	Tốc độ lên ty khoan	m/phút	<5

* Tác giả liên hệ

Email: dangvanchi1972@gmail.com

TT	Các thông số cơ bản	Đơn vị	Giá trị định mức
6	Áp lực nén khí	at	7
7	Độ dốc đường di chuyển tối đa	độ	10
8	Điện áp cung cấp	V	400
9	Công suất đặt	kVA	380

Tác giả đã tiến hành đo thực tế về độ rung, thu thập số liệu và tài liệu kỹ thuật trên máy khoan xoay cầu CBIII-250T tại Công ty CP than Cao Sơn (hình 1). Hiện nay loại máy khoan này đang được sử dụng khá phổ biến trên các công trường khai thác mỏ lộ thiên ở nước ta, đặc biệt tại các mỏ vùng Quảng Ninh do có nhiều đặc điểm và tính năng phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam. Máy dễ vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa, đặc biệt các xí nghiệp khai thác than có một đội ngũ cán bộ kỹ thuật có tay nghề, kinh nghiệm, được đào tạo chuyên môn tốt về điều khiển và vận hành loại máy này.



Hình 1. Máy khoan CBIII-250T trên Công ty CP than Cao Sơn

2.2. Thực hiện đo và thu thập số liệu đo

2.2.3. Đo rung động

Quá trình thực nghiệm đo độ rung tại hiện trường, nhóm tác giả nghiên cứu sử dụng Card NI-MyRIO-1900 của hãng National Instruments để thu thập dữ liệu. Giám sát bằng phần mềm LabVIEW [5] với các tính năng kết nối giám sát trực tuyến, truyền nhận dữ liệu không dây bằng sóng Wifi và kết quả đo được tự động ghi lại trên cơ sở dữ liệu Excel, xem bảng 2.

Bảng 2. Trích lược số liệu ghi độ rung dạng bảng cơ sở dữ liệu Excel

	A	B	C	D	E	F
1	Samples - X-Axis	Acceleration (g) - X-Axis	Samples - Y-Axis	Acceleration (g) - Y-Axis	Samples - Z-Axis	Acceleration (g) - Z-Axis
2	5706	-1.00391	5706	-0.0390625	5706	0.0429687
3	5707	-0.933594	5707	0.03125	5707	0.03125
4	5708	-0.96875	5708	0.0117187	5708	0.0976562
5	5709	-0.945312	5709	0.105469	5709	0.0664062
6	5710	-0.992187	5710	0.0195312	5710	0.0546875
7	5711	-0.9375	5711	0.0820312	5711	0.0390625
8	5712	-0.984375	5712	0.0546875	5712	0.0078125
9	5713	-0.992187	5713	0.136719	5713	0.203125
10	5714	-1.00781	5714	0.0234375	5714	0.0351562
11	5715	-0.980469	5715	0.144531	5715	0.238281
12	5716	-1.00391	5716	0.0507812	5716	0.0664062
13	5717	-0.972656	5717	0.183594	5717	0.28125
14	5718	-0.972656	5718	0.0078125	5718	-0.0507812
15	5719	-0.984375	5719	0.171875	5719	0.175781
16	5720	-0.972656	5720	0.0625	5720	0.152344
17	5721	-0.964844	5721	0.136719	5721	0.222656
18	5722	-1.01953	5722	0.0507812	5722	0.199219
19	5723	-0.941406	5723	0.046875	5723	0.0703125

Rung động trên máy khoan xoay cầu CBIII-250T được lấy trực tiếp trên cần khoan, vì đây là nơi xuất hiện và phát sinh các hiện tượng rung động do cần khoan chịu ảnh hưởng trực tiếp từ điều kiện địa chất, độ cứng của đất đá. Khi đó người ta gắn bộ đồ của Card NI_MyRIO tại vị trí trên cần khoan.

2.2.4. Đo thông số quá trình khoan

Tốc độ động cơ quay ty khoan được đo trực tiếp bằng Encoder gắn trên cần khoan và lực ấn ty khoan ghi lại bằng thiết bị đo trên bảng điều khiển trong Cabin máy khoan (hình 2).



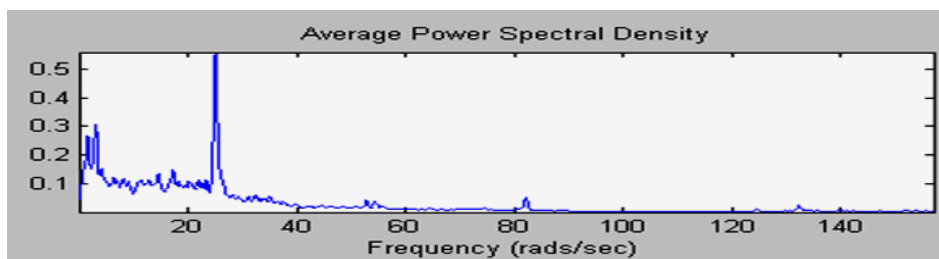
Hình 2. Bảng điều khiển - giám sát thông số quá trình khoan trong cabin

3. Xây dựng luật điều chỉnh tính tham số công nghệ quá trình khoan với tín hiệu rung

Để xây dựng mối quan hệ của tín hiệu rung với các tham số quá trình khoan, các tín hiệu cần được thu thập đồng bộ gồm: tín hiệu rung 3 trục x-y-z, tốc độ quay của ty khoan và lực ấn lên ty khoan. Quá trình khoan được điều khiển bằng tay, các thông số tốc độ quay và lực ấn ty khoan hoàn toàn dựa vào kinh nghiệm điều chỉnh của người vận hành máy khoan. Quá trình khoan yêu cầu người điều khiển cho máy chạy ở các tốc độ khác nhau với bước thay đổi nhỏ giữa 50vòng/phút đến 150vòng/phút. Các dải tần được ghi lại và thiết lập mối quan hệ giữa các tần số rung động cùng với các thông số khoan [2],[3]. Đây là cơ sở để lựa chọn được các tham số điều khiển tối ưu quá trình khoan dựa trên việc thu thập tín hiệu rung.

Trong khuôn khổ và phạm vi bài báo, tác giả chỉ giới thiệu quy luật điều chỉnh tính đối với tín hiệu rung trục y, các trục x,z được làm tương tự.

Tín hiệu rung trục y: xuất phát từ tín hiệu đo miền thời gian, qua xử lý FFT [4] của Matlab ta nhận được đồ thị phổ Spectrum (hình 3).



Hình 3. Đồ thị phổ FFT Spectrum trục y

Thông số quá trình khoan: tốc độ động cơ quay ty khoan được đo đồng bộ trực tiếp bằng Encoder và lực ấn ty khoan ghi lại bằng thiết bị đo trên bảng điều khiển trong cabin máy.

Độ cứng đất đá (tính chất cơ lý đất đá): di chuyển khoan ở các vị trí có độ cứng đất đá f khác nhau, số liệu do tài liệu địa chất công ty cung cấp. Kết quả được ghi lại ở bảng 3

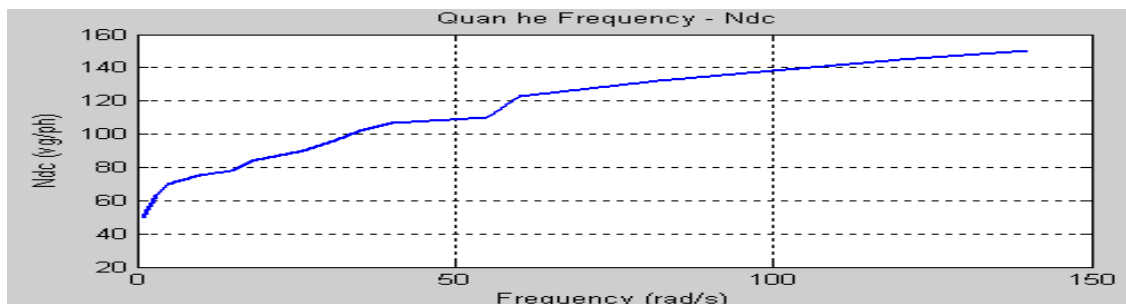
Bảng 3. Thông số quá trình khoan và tín hiệu rung trục Y

STT	Độ cứng đất đá f	Spectrum (FFT)		Amplitude (m/s ²)	Tốc độ quay ty khoan		Lực ấn ty khoan P (tấn)
		(rad/s)	(Hz)		(vòng/ph)	(Hz)	
1	16	1.0	0.16	0.1	50	0.84	11.5
2	15	3.0	0.48	0.15	63	1.06	10.0
3	14	5	0.8	0.3	70	1.17	9.2

STT	Độ cứng đất đá f	Spectrum (FFT)		Amplitude (m/s ²)	Tốc độ quay ty khoan		Lực ấn ty khoan P (tấn)
		(rad/s)	(Hz)		(vòng/ph)	(Hz)	
4	13	10	1.6	0.25	75	1.26	8.5
5	12	15	2.4	0.23	78	1.3	7.5
6	11	18	2.88	0.2	84	1.4	7.1
7	10	26	4.16	0.6	90	1.5	6.7
8	9	31	4.96	0.06	96	1.6	6.4
9	8	35	5.6	0.055	102	1.7	6.0
10	7	40	6.4	0.03	107	1.8	5.8
11	6	55	8.8	0.04	110	1.84	5.4
12	5	60	9.6	0.02	123	2.05	4.7
13	4	82	13.12	0.05	132	2.2	4.3
14	3	100	16	0.01	138	2.3	4.1
15	2	120	19.2	0.005	145	2.43	3.5
16	1	140	22.4	0.003	150	2.5	2.5

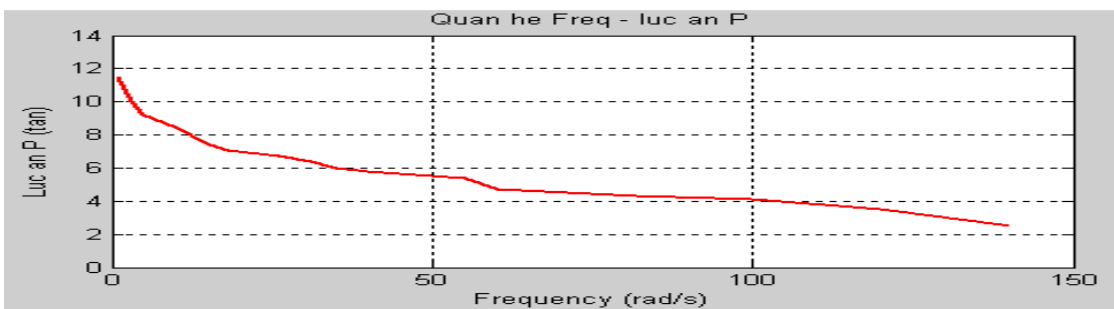
Đồ thị các quan hệ giữa độ cứng đất đá, phổ tần với thông số quá trình khoan xây dựng như trên các hình 4 đến hình 11.

- Quan hệ tần số (Frequency) và và tốc độ quay (N_{dc}): hình 4



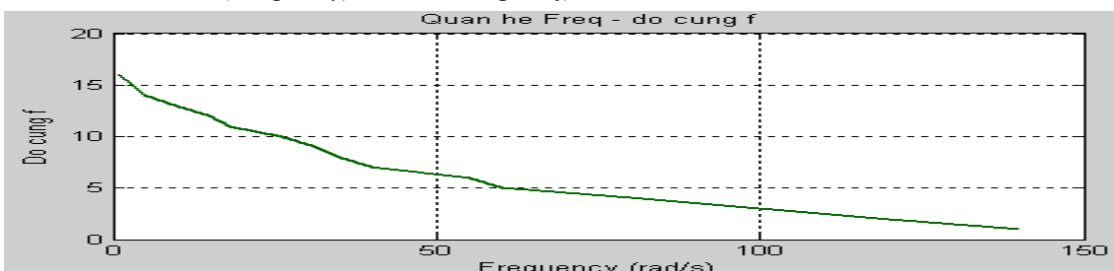
Hình 4. Quan hệ $F_{req} - N_{dc}$

- Quan hệ tần số (Frequency) và và lực ấn ty khoan (P): hình 5



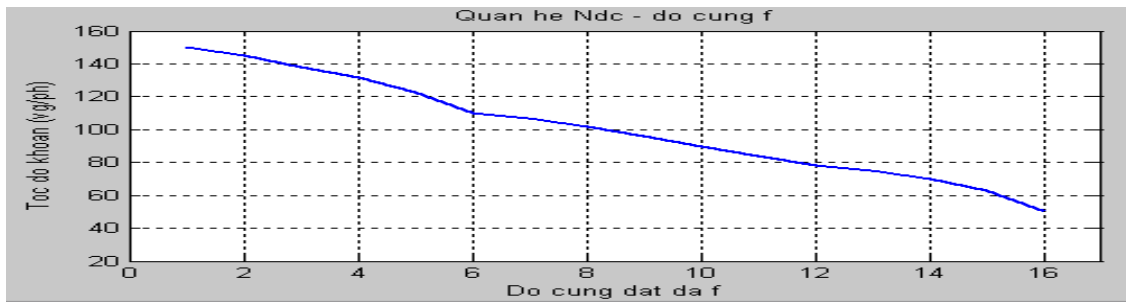
Hình 5. Quan hệ $Freq - P$

- Quan hệ tần số (Frequency) và và độ cứng đá (f):



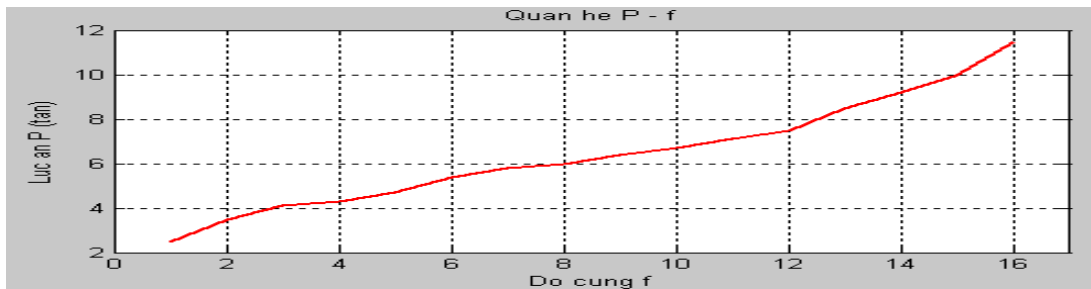
Hình 6. Quan hệ $Freq - f$

- Quan hệ tốc độ khoan N_{dc} và độ cứng đá (f):



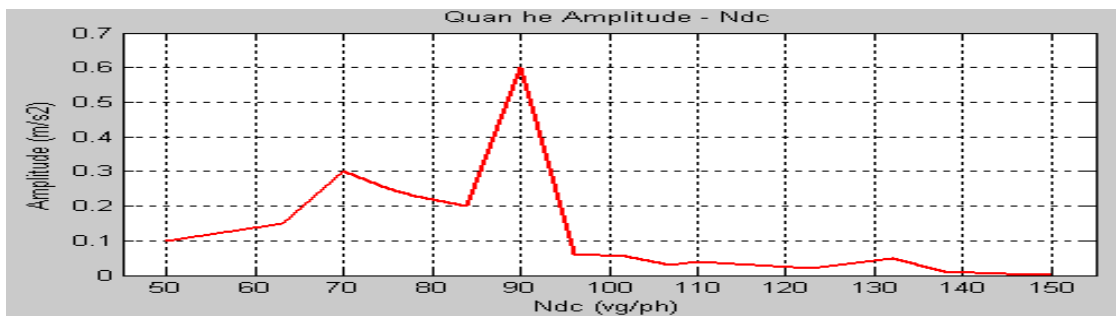
Hình 7. Quan hệ $N_{dc} - f$

- Quan hệ lực ấn ty khoan P và độ cứng đá (f):



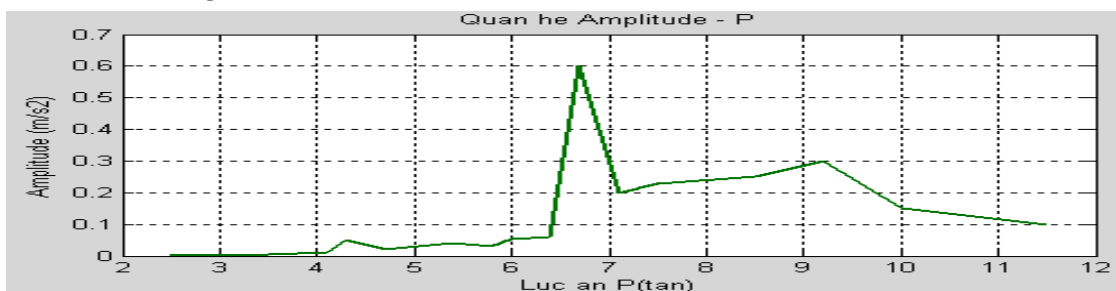
Hình 8. Quan hệ $P - f$

- Quan hệ biên độ phổ và tốc độ khoan N_{dc} :



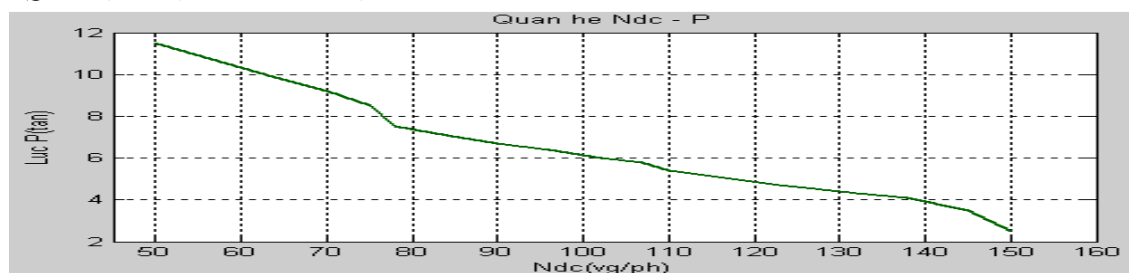
Hình 9. Quan hệ Amplitude - N_{dc}

- Quan hệ biên độ phổ và lực ấn khoan P :



Hình 10. Quan hệ Amplitude - P

- Quan hệ tốc độ khoan N_{dc} và lực ấn khoan P :



Hình 11. Quan hệ $N_{dc} - P$

4. Kết luận

- Từ các kết quả nghiên cứu đã xác định được các quy luật tĩnh điều chỉnh một số tham số công nghệ quá trình khoan như tốc độ quay ty khoan, lực ấn của ty khoan khi điều kiện về địa chất và độ cứng đất đá thay đổi. Giúp người vận hành có những thông tin tin cậy để điều chỉnh hợp lý thông số chế độ khoan nhằm giảm độ rung cho máy
- Đánh giá sơ bộ từ các số liệu đo nhận thấy khi gặp đất đá có độ cứng lớn thì tốc độ quay được điều chỉnh thấp xuống đồng thời tăng lực ấn ty khoan.
- Quan sát tín hiệu qua đồ thị FFT thấy biên độ rung lớn với phổ tần thấp. Ngược lại khi gặp đất đá mềm thì tốc độ quay được điều chỉnh tăng lên và đồng thời giảm lực ấn ty khoan, quan sát tín hiệu qua FFT thấy biên độ rung nhỏ với phổ tần cao.
- Đề xuất tiếp tục nghiên cứu ứng dụng các luật điều chỉnh vào hệ thống điều khiển các tham số quá trình khoan để đảm bảo sức khỏe cho người lao động, đồng thời nâng cao hiệu quả công tác khoan nổ mìn trong các xí nghiệp khai thác mỏ.

Tài liệu tham khảo

- Đặng Văn Chí, 2017. *Kỹ thuật đo lường điện và các thuật toán đo phi điện*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- Nguyễn Quang Dũng, 2013. *Nghiên cứu rung động và biện pháp giảm rung động trong nền do khai thác hệ thống tàu điện ngầm*. LATTS kỹ thuật, chuyên ngành KT xây dựng công trình đặc biệt. Học viện KTQS – 2013.
- Lê Ngọc Dũng, Đặng Văn Chí. *Ứng dụng biến đổi Fourier nhanh để xác định tần số dao động riêng của máy khoan xoay cầu CBIII-250T*. Tạp chí công nghiệp Mỏ, số 6-2017
- Nguyễn Phùng Quang, 2004. *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, NXB Khoa học & kỹ thuật, Hà Nội.
- Edward A.Branscombe, 2010. *Investigation of Vibration Related Signals for Monitoring of Large Open_Pit Rotary Electric Blasthole Drills*. Queen's University Kingston, Ontario – Canada.
- Wolfgang Georgi, Ergun Metin 2006, “*Einfuehrung in LabVIEW*“ 2.,aktualisierte Auflage; Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- Эксплуатационная документация, 2003. ВБПРЯМИТЕЛЬ ТПЕ-200-460-У2.1*. Tài liệu kỹ thuật về máy khoan xoay cầu – Cty CP than Cao Sơn cung cấp.
- <http://www.ni.com/myrio/>.

ABSTRACT

Application of Matlab to study and analyze vibration frequency spectrum for CBIII-250T rotary drilling machine in mining industry

Dang Van Chi¹, Le Ngoc Dung²

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Dong Nai University of Technology

At present mining sites in Vietnam, drilling and blasting often encounters unstable geological conditions, the rock's mechanical properties change constantly. That is one of the causes of vibration for the drilling vehicle. The author has conducted a survey, measured and collected vibration data on the CBIII-250T rotary drilling machine. Vibration measurement is synchronized with drilling parameters such as rotational speed and drilling force. It then defines the static rules for adjusting the drilling process technology parameters. Static adjustment rules will assist the operator in adjusting drilling parameters to minimize vibration, improve efficiency and productivity in drilling and blasting operations.

Keywords: vibration machine; CBIII-250T rotary drilling machine; rotational speed of the drilling process

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC 3 trục cỡ nhỏ

Đặng Văn Chí ^{1,*}, Nguyễn Thế Lực ¹,
¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Máy phay CNC là một trong những thành tựu của tiến bộ khoa học kỹ thuật trên thế giới. Máy phay CNC ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong chế tạo máy, đặc biệt trong lĩnh vực cơ khí chính xác và tự động hóa quá trình sản xuất. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày các nội dung về: “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy phay CNC 3 trục” được thực hiện và hoàn thành tại Phòng thí nghiệm Tự động hóa - Trường Đại học Mở - Địa chất, Hà Nội. Kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công máy phay CNC 3 trục có ý nghĩa về mặt khoa học và thực tiễn. Có thể ứng dụng vào giảng dạy, đào tạo và thực hành môn học CNC cho chuyên ngành kỹ thuật điều khiển và tự động hóa. Sản phẩm có thể triển khai vào thực tiễn sản xuất một cách hiệu quả và thay thế sản phẩm cùng loại nhập khẩu.

Từ khóa: Máy phay CNC, Động cơ bước, Mach 3.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, khoa học kỹ thuật ngày càng phát triển, vì vậy việc ứng dụng các kỹ thuật tiên tiến vào sản xuất nhằm tạo ra những sản phẩm có năng suất, chất lượng cao và giá thành hạ ngày càng cấp thiết, đặc biệt với các nước đang phát triển như Việt Nam và chuẩn bị hội nhập thế giới.

Các nước có nền công nghiệp phát triển, tự động hóa quá trình sản xuất trong đó có ngành cơ khí chế tạo đã được thực hiện từ những năm trước đây. Một trong những vấn đề quyết định của tự động hóa ngành cơ khí chế tạo là kỹ thuật điều khiển số và công nghệ trên các máy điều khiển số. Các máy công cụ điều khiển số được dùng phổ biến ở các nước phát triển như máy CNC, trong những năm gần đây đã được nhập vào Việt Nam và được sử dụng rộng rãi ở các Công ty, Nhà máy và Xí nghiệp... Máy công cụ điều khiển số hiện đại (CNC) là các thiết bị điện hình trong sản xuất tự động và nó là đặc trưng cho ngành cơ khí tự động. Vậy để làm chủ được công nghệ thì ta phải làm chủ được kỹ thuật thiết kế và chế tạo CNC.

Ở Việt Nam, trong một số các Viện nghiên cứu, các Trường Đại học, Cao đẳng đã từng bước đưa vào giảng dạy môn học CNC. Tuy nhiên, còn quá nhiều rào cản về tài chính mà các phòng thí nghiệm, thực hành chưa được đầu tư cho nghiên cứu, thiết kế, chế tạo một cách thỏa đáng. Với thực trạng trên, nhóm nghiên cứu đề xuất nghiên cứu chế tạo máy phay CNC để nhằm phục vụ tốt hơn công tác giảng dạy và đào tạo môn học CNC của Bộ môn Tự động hóa - Khoa Cơ điện. Đồng thời kết quả nghiên cứu có thể triển khai chế tạo thành sản phẩm thương mại, hoàn toàn có khả năng đáp ứng yêu cầu thực tiễn sản xuất công nghiệp.

2. Thiết kế và chế tạo máy phay CNC 3 trục

2.1. Yêu cầu về thông số kỹ thuật và công nghệ của máy CNC

Vật liệu gia công: Nhôm, hợp kim nhôm, đồng, mica, phíp, gỗ, gỗ phíp,

Dụng cụ gia công: dao phay, đường kính trục lớn nhất $D_{\max} = 10\text{mm}$.

Động cơ trục chính: Tốc độ quay trục chính tối đa $\omega_{\max} = 24000$ vòng/phút.

Giới hạn hành trình di chuyển tối đa các trục: $L_x = 400\text{mm}$, $L_y = 600\text{mm}$, $L_z = 200\text{mm}$.

Khung máy: Sử dụng vật liệu kim loại (nhôm, thép) đảm bảo độ bền, cứng, vững, ổn định khi làm việc.

2.2. Nghiên cứu tính chọn thiết bị truyền động

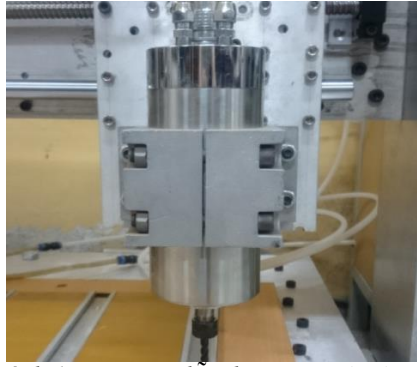
a. Động cơ dẫn động trục chính

Chọn động cơ 3 pha không đồng bộ (hình 1) với thông số kỹ thuật như sau:

$P = 1.5\text{kW}$; $f = 400\text{Hz}$; $U = 220\text{V}$; $I = 5\text{A}$; $\omega_{\text{dc}} = 0 \div 24000$ vòng/phút. (TS. Trần Văn Định, 2000).

* Tác giả liên hệ

Email: dangvanchi@humg.edu.vn



Hình 1. Động cơ dẫn động trục chính

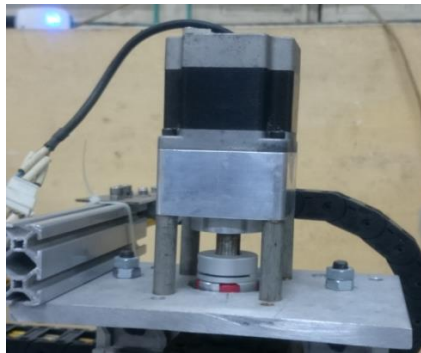
Điều chỉnh tốc độ động cơ trục chính bằng biến tần LS, loại SV022iC5-1 với thông số kỹ thuật như sau:

Thông số đầu vào: $U_1 = 200-230\text{Vac}$ (1 phase); $f_1 = 50\text{Hz}$ hoặc 60Hz

Thông số đầu ra: $U_2 = 0-230\text{Vac}$ (3 phase); $f_2 = 0-400\text{Hz}$; $P = 3\text{HP}/2.2\text{kW}$

b. Động cơ dẫn động cho 3 trục x, y, z

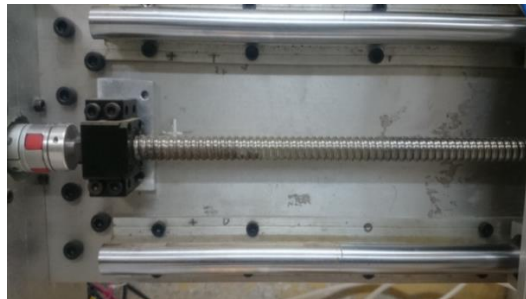
Để điều khiển dẫn động các trục x, y, z của máy CNC, có thể chọn các loại động cơ có khả năng điều khiển vị trí như: Động cơ Servo, động cơ một chiều hoặc động cơ bước (Trương Hữu Chí, Võ Thị Ry, 2007). Tuy nhiên nhóm tác giả đã lựa chọn động cơ bước (stepping motor) để dẫn động cho các trục do động cơ bước đáp ứng tốt các yêu cầu về điều khiển chính xác vị trí, có ưu điểm là không cần mạch phản hồi và giá thành thấp. (Nguyễn Quang Hùng, Trần Ngọc Bình, 2005; Marc McComb, 2007; Beckhoff New Automation Technology, 2010).



Hình 2. Động cơ dẫn động trục tọa độ

Lựa chọn động cơ bước 5 phase của hãng Autonic (hình 2) với thông số kỹ thuật: $U_{dm} = 1.45\text{V}$; $I_{dm} = 1.4\text{A/phase}$; 250 bước/1 vòng quay ($1,44^\circ/1\text{bước}$).

c. Bộ phận truyền động cơ khí biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến

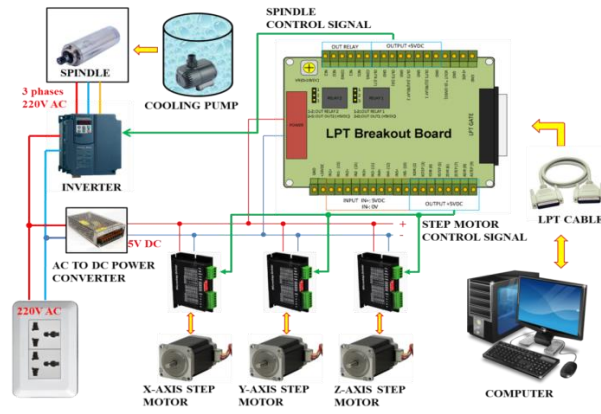


Hình 3. Vít me – đai ốc trên máy CNC

Đối với bộ truyền cơ khí biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến ta chọn bộ truyền vít me bi (hình 3). Với ưu điểm kết cấu cơ khí khừ khe hở giữa vít me và đai ốc, tạo sức căng ban đầu nhằm tăng độ cứng vững dọc trục, tạo ma sát nhỏ, hiệu suất cao và cũng sẵn có trên thị trường (Phan Hữu Phúc, 2000).

2.3. Nghiên cứu thiết kế hệ thống điều khiển

a. Thiết kế sơ đồ nguyên lý tổng quan hệ thống điều khiển



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý điều khiển hệ thống máy CNC 3 trục

Hệ thống điều khiển như hình 4 (Tạ Duy Liêm, 2001) gồm:

- Bộ nguồn và bo mạch điều khiển ghép nối máy tính.
- Cụm 3 driver điều khiển động cơ bước di chuyển ở các trục tọa độ với tính năng làm việc ổn định trong môi trường sản xuất công nghiệp khắc nghiệt. Đáp ứng nhanh và dễ dàng điều khiển trực tiếp từ máy tính thông qua phần mềm.
- Thiết bị điều khiển động cơ trục chính (SPINDLE): Biến tần LS-i5.
- Hệ thống bơm nước tuần hoàn để làm mát động cơ.
- Các bộ điều khiển động cơ (motor driver) nhận tín hiệu điều khiển từ bo mạch chính kết nối với máy tính thông qua dây cable.
- Hiện nay có 3 phương thức ghép nối máy tính được sử dụng đó là: Ghép nối thông qua khe cắm PCI, qua cổng USB hoặc cổng LPT.

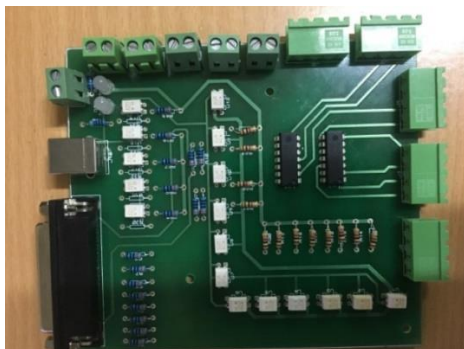
b. Thiết kế mạch LPT-BOB (Break Out Board)

Chức năng chính của mạch BOB là chuyển đổi tín hiệu điều khiển từ máy tính đến các MOTOR DRIVER và biến tần để điều khiển động cơ bước và SPINDLE. Ngoài ra mạch BOB cho phép kết nối các tín hiệu từ các cảm biến và các nút nhấn điều khiển đến máy tính.

Mạch BOB (hình 5) được thiết kế trên phần mềm Proteus. Các linh kiện sử dụng thông dụng như OPTO 521, IC 74HC04, cùng với một vài linh kiện cơ bản như điện trở, tụ điện,... (Kajal J. Madekar, Kranti R. Nanaware, Pooja R. Phadtare, Vikas S. Mane, 2016).

c. Thiết kế lắp đặt tủ điện điều khiển

Tủ điều khiển (hình 6) bao gồm toàn bộ các thiết bị điện điều khiển và các bo mạch điều khiển máy CNC cùng với khối nguồn. Tủ điều khiển có các giác kết nối tín hiệu điều khiển, kết nối nguồn theo tiêu chuẩn công nghiệp đảm bảo kết nối chắc chắn và ổn định khi làm việc lâu dài. Các nút bấm điều khiển, nút dừng khẩn cấp, đèn báo được bố trí trên bề mặt tủ điều khiển giúp cho thao tác vận hành điều khiển máy được thuận tiện, đảm bảo an toàn, chính xác.



Hình 5. Sản phẩm mạch BOB (Break Out Board) máy CNC



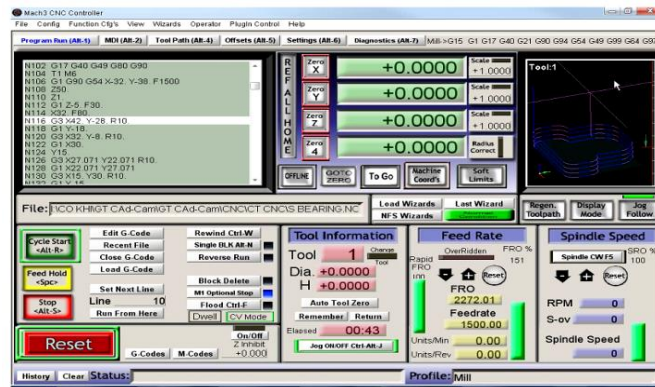
Hình 6. Các thiết bị trong tủ điều khiển máy CNC

2.2. Giao diện làm việc

Hiện nay có rất nhiều các phần mềm được sử dụng để điều khiển máy CNC. Phần mềm Mach3 của hãng ArtSoft được sử dụng khá phổ biến do tính đơn giản và hiệu quả mang lại. Phần mềm Mach 3 ban đầu được thiết kế dành cho những người chế tạo máy CNC tại nhà theo sở thích nhưng đã nhanh chóng trở thành phần mềm điều khiển linh hoạt trong công nghiệp (Phan Hữu Phúc, 2000). Phần mềm Mach 3 có thể kết nối với các bo mạch điều khiển máy thông qua ghép nối cổng LPT hoặc USB. Giao diện làm việc của phần mềm Mach 3 (hình 7) được thiết kế trực quan, thân thiện với người dùng, cho phép thiết đặt các thông số điều khiển và giám sát quá trình làm việc của máy CNC.

a. Chức năng và đặc điểm cơ bản của phần mềm Mach3

- Cho phép nhập trực tiếp các file dxf, bmp, jpg và hppl thông qua phần mềm LazyCam.
- Hiển thị G-code trực quan và tạo ra G-code thông qua LazyCam hoặc Wizards.
- Giao diện có thể tùy biến hoàn toàn theo ý thích người sử dụng.
- Tùy biến G-code và Macro bằng cách sử dụng VBscript.
- Điều khiển tốc độ trục chính (Spindle), các role đóng-cắt.
- Khả năng tạo ra xung điều khiển tốc độ động cơ bằng tay.
- Hiển thị video khi máy chạy, quan sát vị trí, hành trình chạy dao theo 3 trục
- Có khả năng dừng được với màn hình cảm ứng.

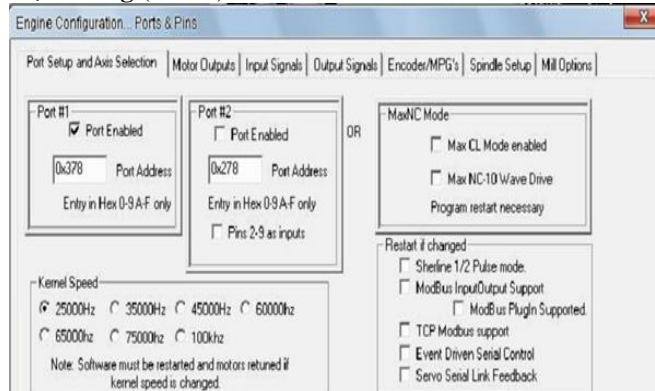


Hình 7. Giao diện Mach3 điều khiển và giám sát máy CNC

b. Thiết đặt các thông số

Để truyền tín hiệu từ Mach3 ra cổng LPT, trước hết ta phải hiệu chỉnh số chân và số cổng LPT trên phần mềm bằng cách:

Trên thanh Menu chọn **config** (hình 8).

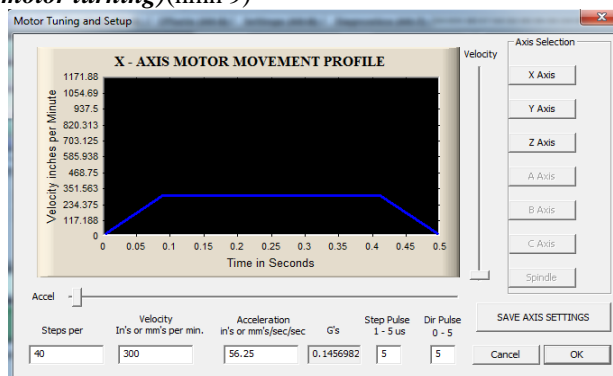


Hình 8. Màn hình thiết lập cấu hình PORTS and PINS

Trong hộp thoại gồm 7 tab với các function: (Beckhoff New Automation Technology, 2010).

- **Port setup and axis selection:** cho phép thiết lập số cổng LPT.
- **Motor output:** Tín hiệu xuất ra cho động cơ, cho phép ta chọn chân cấp xung điều khiển bước cho động cơ và chân cấp tín hiệu điều khiển chiều quay động cơ hay hướng di chuyển ở mỗi trục.
- **Input signals:** cho phép thiết lập chân tín hiệu ngõ vào (như các tín hiệu hành trình ...).
- **Output signals:** cho phép thiết lập chân tín hiệu ngõ ra (như đóng mở động cơ trục chính, bơm làm mát ...).
- **Encoder/MPG's:** Cho phép thiết lập chân tín hiệu Handle.

- **Spindle setup:** Cho phép cài đặt tín hiệu đóng mở trục chính, chọn chế độ làm mát...
 - **Mill option:** Các lựa chọn cho chế độ Mill như cài đặt khoảng cách an toàn cho trục Z...
- c. **Hiệu chỉnh Motor (motor turning)** (hình 9)



Hình 9. Hộp thoại cho phép hiệu chỉnh số xung di chuyển motor

- Để vít me dịch chuyển tịnh tiến một khoảng dài 1mm thì ta phải quy đổi tương đương số bước/vòng quay.
- **Steps per** là số bước để trục di chuyển 1 mm (nếu chọn đơn vị là mm).
- **Velocity Inches per Minute** là tốc độ dịch chuyển (mm/phút).
- Chọn thông số hợp lý phụ thuộc vào vít me.
- Chọn phương pháp điều khiển một bước, nửa bước hoặc vi bước và yêu cầu thiết bị gia công. Cuối cùng chọn nút MDI, nhập G-code vào Input để điều khiển máy.

3. Kết quả và thảo luận

Mô hình máy phay CNC 3 trục hoàn thiện được nhóm tác giả lắp đặt, tích hợp theo các thiết bị được lựa chọn và thiết kế ở trên (hình 10).



Hình 10. Mô hình máy phay CNC 3 trục hoàn thiện



Hình 11. Máy chạy thử nghiệm phay gỗ

Máy đã được chạy thử trên các chất liệu khác nhau cho kết quả đáp ứng các yêu cầu đặt ra về chất lượng, kỹ thuật và độ chính xác gia công. Đảm bảo về mặt thẩm mỹ quá trình gia công cơ khí (hình 11).

4. Kết luận

Đề tài nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy CNC 3 trục đã giải quyết và hoàn thành các nội dung theo yêu cầu và mục tiêu đặt ra.

Máy đã được chạy thử nghiệm trong phòng thí nghiệm Bộ môn Tự động hóa với các chất liệu khác nhau, đã đáp ứng được các yêu cầu thiết kế và đảm bảo chất lượng sản phẩm.

Thử nghiệm với các chức năng điều khiển khác nhau: chế độ điều khiển bằng tay, điều khiển tự động được đánh giá hệ thống hoạt động ổn định và làm việc tin cậy.

Sản phẩm của đề tài bước đầu là một công cụ học tập, giảng dạy thực hành hữu hiệu, hỗ trợ cho môn học lập trình CNC, đáp ứng tốt yêu cầu cơ bản không chỉ đào tạo kỹ sư ngành kỹ thuật điều khiển và tự động hóa mà còn có thể đáp ứng các yêu cầu thực hành cho kỹ sư chuyên ngành cơ khí chế tạo, máy và thiết bị Mô trong Khoa Cơ - Điện.

Có thể phát triển thành sản phẩm thương mại và chuyển giao công nghệ chế tạo cho các đơn vị sản

xuất công nghiệp, có thể triển khai ứng dụng thực tế.

Tài liệu tham khảo

- Trương Hữu Chí, Võ Thị Ry, 2007. *Cơ điện tử trong chế tạo máy*. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, Hà Nội.
- PGS.TS. Trần Văn Địch, 2000. *Công nghệ trên máy CNC*. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, Hà Nội.
- Tạ Duy Liêm, 2001. *Hệ thống điều khiển số cho Máy Công cụ*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Quang Hùng, Trần Ngọc Bình, 2005. *Động cơ bước kỹ thuật điều khiển và ứng dụng*. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật, Hà Nội.
- Phan Hữu Phúc, 2000. *CAD/CAM thiết kế và chế tạo có máy tính trợ giúp*. Nhà xuất bản Giáo dục - Hà Nội.
- Beckhoff New Automation Technology, 2010. *Application Note DK9222-0410-0014, Motion Control*.
- Kajal J. Madekar, Kranti R. Nanaware, Pooja R. Phadtare, Vikas S. Mane, 2016. *Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling*. International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 03 Issue: 02 | Feb-2016, e-ISSN: 2395 -0056.
- Marc McComb, 2007. *Introduction to Stepper Motor*. Microchip WebSeminars.

ABSTRACT

Research - Design and manufacture of small 3 axis CNC milling machine

Dang Van Chi¹, Nguyen The Luc¹
¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

CNC milling machine is one of the achievement of scientific progress in the world. It is widely used in manufacturing machine, especially in the field of precision mechanics and the automation of production process. In this article, the authors present contents and results of the project: "Research, design and manufacture of 3 axis CNC milling machine" which was done and completed at the Automation Laboratory – Ha Noi university of Mining and Geology. The result of this project is scientific knowledge. The 3-axis CNC milling machine model can also be used for teaching, training and practice CNC courses for engineering and automation. The product can be effectively putted in practice and replaced with the same imported product.

Keywords: CNC milling machine, step motor, Mach 3 software.

Tổng quan về sự phát triển và ảnh hưởng của kỹ thuật điều khiển tới hiệu quả nổ mìn

Đào Hiếu ^{1,*}
Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Những tiến bộ của khoa học và kỹ thuật điều khiển đang ngày càng thể hiện sự ảnh hưởng tới hiệu quả sản xuất công nghiệp nói chung và nổ mìn nói riêng. Nghiên cứu quá trình phát triển các phương pháp nổ mìn trên thế giới sẽ cho thấy vai trò của kỹ thuật điều khiển tới hiệu quả nổ. Bài báo hướng tới việc phân tích những kết quả nghiên cứu, những công trình đã được công bố về kỹ thuật nổ mìn ở Việt Nam và trên thế giới. Kết quả phân tích sẽ là cơ sở cho các định hướng nghiên cứu, xác định giải pháp phù hợp để phát triển công nghệ và kỹ thuật nổ mìn trong điều kiện khai thác mỏ ở Việt Nam.

Từ khóa: điều khiển nổ mìn, sóng rung động nổ mìn, công nghệ nổ mìn

1. Đặt vấn đề

Nổ mìn là sử dụng một lượng thuốc nổ để phá vỡ một kết cấu rắn chắc (đá, công trình xây dựng) trong một khoảng thời gian ngắn giúp tiết kiệm rất nhiều công sức lao động, từ đó đem lại hiệu quả kinh tế lớn. Khi một lượng chất nổ được kích nổ trong lỗ khoan, đất đá xung quanh sẽ bị nứt, tách ra và có thể bị di chuyển nếu có đủ điều kiện. Ở một khoảng cách nhất định từ điểm nổ, năng lượng giải phóng do nổ giảm đi, nên không gây rạn nứt hay di chuyển đất đá nữa mà tiếp tục lan truyền qua khối đá dưới dạng rung động đàn hồi. Sự rung động của mặt đất phát ra từ lỗ mìn với cường độ giảm dần và giảm xuống dưới mức có thể nhận thấy khi khoảng cách đủ xa. Ở mức độ cao, rung động trong đất đá sẽ làm hư hại các công trình xung quanh, nhưng nguy hiểm rình rập cho con người ở các công trình đó còn đáng lo ngại hơn. Ngoài rung động trong đất đá, nổ mìn còn gây ra các rung động, áp lực trong không khí, trong nước. Các rung động này cũng gây ảnh hưởng không nhỏ tới môi trường. Như vậy, rung động trong nổ mìn vừa là tác nhân tích cực nhưng cũng vừa là tác nhân tiêu cực.

Nắm rõ được dạng rung động do nổ mìn ở khu vực nổ, các thông số liên quan sẽ được tính toán và lựa chọn một cách hợp lý nhất, hiệu quả nổ sẽ gần với mong muốn nhất. Trên quan điểm về điều khiển, có thể thống kê các thông số liên quan đến hiệu quả của mỗi vụ nổ mìn thành hai nhóm. Một là các thông số không thể điều khiển; Hai là các thông số có thể điều khiển. Nhóm một bao gồm hiện trạng địa chất, tính chất cơ lý, kích thước, cấu trúc của đất đá ở khu vực nổ. Việc xác định những thông số này cũng chỉ là dự đoán bằng các phương pháp địa vật lý nên không mang tính chính xác tuyệt đối. Để điều khiển một vụ nổ mìn đạt được hiệu quả mong muốn phải nắm được thông số của nhóm một và tác động vào nhóm thứ hai, bao gồm: tổng lượng thuốc nổ; thời gian vi sai; phương pháp điều khiển nổ; phương pháp nổ; hướng nổ; kích thước lỗ khoan, khoảng cách giữa các lỗ và lượng thuốc mỗi lỗ; bố trí mạng lỗ mìn; kiểu loại búa (lắp lỗ mìn); phân bố thuốc nổ trong từng lỗ (Hồ Sĩ Giao và nhóm nghiên cứu, 2010). Trong đó, công nghệ điện tử có thể tác động trực tiếp tới hai thông số là thời gian vi sai và phương pháp điều khiển nổ.

Khi công nghệ điện tử phát triển, kết quả đo rung động càng chi tiết, thông số nhóm một thu được càng nhiều và sai số càng nhỏ. Cùng với đó, việc điều chỉnh các thông số nhóm hai chính xác hơn sẽ đem lại hiệu quả nổ cao hơn. Như vậy, nghiên cứu, phân tích chấn động nổ mìn và phát triển các hệ thống đo lường, điều khiển nổ chính là cơ sở cho việc nâng cao hiệu quả nổ mìn trong thời đại công nghệ ngày nay.

2. Sơ lược về lịch sử nghiên cứu, phát triển kỹ thuật điều khiển nổ mìn trên thế giới

2.1. Lịch sử nghiên cứu về rung động do nổ mìn

Việc nghiên cứu về chấn động nổ mìn trên thế giới đã được tiến hành từ rất lâu và ngày nay vẫn tiếp tục. Theo đó, sóng chấn động trong đất đá do nổ mìn bao gồm 3 thành phần cơ bản là compressive (P), shear (S) và rayleigh (R) (Langefors U, Kihlstrom B và Westerberg H, 1958). Trong một thử nghiệm khác, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm nổ thử 60 lần với mức độ khác nhau từ các khoảng cách

* Tác giả liên hệ

Email: dhieu.tdh@gmail.com; daohieu@humg.edu.vn

khác nhau. Quan sát, phân tích kết quả tác động lên một công trình được lựa chọn, nghiên cứu đã đi tới kết luận rằng vận tốc dao động của các phần tử đất đá chính là yếu tố gây phá hủy lớn nhất (T. D. Northwood, R. Crawford và A. T. Edwards, 1963). Năm 1971, nhóm tác giả Harry R. Nicholls, Charles F. Johnson, và Wilbur I. Duvall đã xuất bản cuốn sách ‘Blast Vibrations and Theirs Effects on Structures’. Có thể nói đây chính là tài liệu đầu tiên phân tích một cách đầy đủ những yếu tố đối với rung động nổ mìn. Tới năm 1984, cuốn sách ‘Blast vibration monitoring and control’ của Charles H. Dowding thực sự là một tài liệu rất cơ bản, đầy đủ và hữu ích đến tận ngày nay khi học tập, nghiên cứu về rung động nổ mìn đồng thời đề xuất các kỹ thuật tính toán và phương pháp nổ phù hợp. Bắt đầu từ tổng quan, những thiết bị sử dụng để nghiên cứu, những giới hạn rung động cho phép cho đến việc phân tích, dự đoán, sử dụng các phương pháp toán học khác nhau để nhằm mục đích cuối cùng là đưa ra những hướng dẫn tính toán và lựa chọn phù hợp cho các vụ nổ mìn.

Đến giai đoạn những năm gần đây, sự phát triển bùng nổ của công nghệ và kỹ thuật máy tính, những dự báo chấn động nổ mìn được áp dụng các máy móc công nghệ, phương pháp hiện đại hơn, tận dụng năng lực của máy tính. Sóng chấn động nổ mìn đo được có độ chính xác cao, từ đó những phân tích chi tiết hơn, những dự báo, tính toán cũng chính xác hơn (Charles E. Needham, 2010). Cuốn sách ‘Blast waves’ (Charles E. Needham, 2010), về cơ bản nội dung cũng tương tự như ‘Blast vibration monitoring and control’ (Charles H. Dowding, 1984). Nhưng khi những phân tích, những đường đặc tính có độ chính xác cao nhờ các thiết bị điện tử thì quy trình thực hiện được đề xuất cũng có một vài thay đổi so với trước đó. Việc tận dụng máy tính với các phương pháp phân tích hiện đại hơn còn được sử dụng ở nhiều nghiên cứu khác. Trong bài báo của mình Mohsen Hajihassani và nhóm nghiên cứu đã mô tả việc sử dụng phương pháp mạng nơron trong kỹ thuật điều khiển để dự báo rung động đất đá do nổ mìn tại mỏ đá granit ở Malaysia (Mohsen Hajihassani, Danial Jahed Armaghani, Aminaton Marto và Edy Tonnizam Mohamad, 2014). Kết quả cho thấy, phương pháp mới thu được thông tin dự báo chính xác hơn là phương pháp tính toán kiểu cũ. Trong khi đó, Avinash Teja và nhóm nghiên cứu của mình lại hướng đến nghiên cứu việc tận dụng tốc độ tính toán và đo lường của các thiết bị điện tử mới, nhằm ứng dụng phương pháp mới để tăng độ chính xác của việc đo sóng chấn động, hướng đến một kết quả phân tích đúng nhất có thể (V. V. S. Avinash Teja và nhóm nghiên cứu, 2016). Theo một hướng khác, một số nhà nghiên cứu lại muốn sử dụng khả năng xử lý tín hiệu của công nghệ máy tính để đánh giá, định lượng năng lượng của sóng chấn động mà mỗi vụ nổ mìn tạo ra. Giải pháp là sử dụng phần mềm máy tính và thiết bị máy đo chấn động điện tử để đo lường và phân tích. Từ đó đưa ra các kết luận về tỉ lệ năng lượng có ích và năng lượng lãng phí gây hại của mỗi vụ nổ. (Vedala Rama Sastry, Garimella Raghu Chandra, 2016).

Qua một số dẫn chứng tiêu biểu về những nghiên cứu được công bố theo hai giai đoạn trước và sau khi công nghệ kỹ thuật điện tử phát triển, có thể nhận thấy sự tiến bộ khá rõ rệt. Khi có sự xuất hiện của các thiết bị điện tử, công nghệ hiện đại hỗ trợ đo đạc và nghiên cứu, các kỹ thuật phân tích được áp dụng, các kết quả, dự báo có độ chính xác cao hơn, sóng chấn động được xem xét đến trên nhiều khía cạnh khác nhau, các tính chất của sóng tường minh hơn. Đó là cơ sở để điều khiển một cách chủ động theo nhiều hướng thông số khác nhau.

2.2. Quá trình phát triển của các thiết bị phục vụ công tác nổ mìn

Các thiết bị phục vụ nổ mìn trên thế giới ngày nay khá đa dạng và nhiều hãng sản xuất. Có thể thống kê thành các nhóm gồm máy đo, khảo sát thăm dò địa chấn và phần mềm mô phỏng, mô hình hóa khu vực nổ; máy đo và phân tích dữ liệu chấn động; máy kiểm tra mạng nổ; máy điều khiển nổ; thiết bị khởi nổ (kíp) và dây dẫn. Bảng 1 mô tả các thành phần thiết bị cơ bản được sử dụng trong các công nghệ nổ mìn đã và đang được áp dụng cho đến ngày nay.

Bảng 1. Bảng mô tả các thành phần thiết bị chính trong các công nghệ nổ mìn cơ bản

Thiết bị, tính năng	Công nghệ nổ mìn sơ khai	Công nghệ nổ mìn điện	Công nghệ nổ mìn phi điện	Công nghệ nổ mìn điện tử
Khảo sát địa chấn và mô hình hóa	Không	Có (sử dụng công nghệ điện tử)	Có (sử dụng công nghệ điện tử)	Có (sử dụng công nghệ điện tử)
Đo, phân tích chấn động	Không	Có (sử dụng công nghệ điện tử)	Có (sử dụng công nghệ điện tử)	Có (sử dụng công nghệ điện tử)
Kíp nổ và dây dẫn	Kíp thủy ngân, dây cháy chậm	Kíp điện (tức thời, vi sai), dây điện	Kíp phi điện (tức thời, vi sai), dây dẫn sóng nổ	Kíp điện tử, dây điện hoặc không dây
Kiểm tra mạng nổ	Không	Có (nguy hiểm)	Không	Có (an toàn)
Máy điều khiển khởi nổ	Không	Có (Gửi đi xung điện áp cao => nguy hiểm)	Có (Gửi đi sóng nổ)	Có (Gửi đi tín hiệu mã hóa => an toàn)

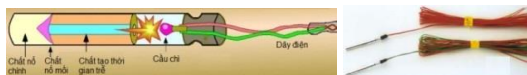
Nhóm thiết bị khảo sát địa chấn để mô hình hóa khu vực nổ là các thiết bị đo, phân tích chấn động. Chúng không đóng vai trò trực tiếp trong việc thực hiện các vụ nổ mìn. Tuy nhiên, từ những thông tin thu được, các thông số dữ liệu về hiện trạng địa chất, cấu trúc đất đá khu vực nổ được dự báo. Khi kỹ thuật và công nghệ điện tử phát triển, các thiết bị này càng hiện đại, dự báo chính xác hơn, các thông số thiết kế cho các vụ nổ mìn hợp lý hơn, hiệu quả nổ sẽ cao hơn.

Từ bảng 1, quan sát quá trình phát triển của thiết bị kíp nổ và dây dẫn, dễ dàng nhận thấy, sự phát triển của công nghệ điện tử và kỹ thuật điều khiển ảnh hưởng như thế nào tới sự phát triển của công nghệ nổ mìn và hiệu quả nổ mìn nói chung.

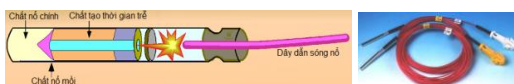
Sự phát triển của thiết bị điều khiển và kích nổ mìn bắt đầu từ dây cháy chậm với kíp nổ. Một kíp nổ hoàn chỉnh lần đầu tiên ra đời bởi phát minh của Alfred Nobel năm 1863 (hình 1). Năm 1875, Julius Smith phát minh ra phương pháp sử dụng điện để kích nổ, đây cũng là thời điểm kíp điện ra đời (hình 2). Do hạn chế của một số trường hợp sử dụng điện, năm 1907, dây truyền sóng nổ được sáng tạo bởi Louis L'heur, nhưng đi kèm với dây truyền sóng nổ phải là loại kíp sử dụng dây dẫn sóng nổ (hình 3). Từ thời điểm này cho đến tận những năm 1980 khi kỹ thuật và công nghệ còn chưa phát triển các thiết bị điều khiển và kích nổ không có nhiều thay đổi, các nhà nghiên cứu, chế tạo chú trọng vào việc tạo thời gian vi sai cho kíp nổ một cách chính xác nhất có thể (mili giây) bằng cách sử dụng các đoạn thuốc cháy chậm bên trong kíp. Khi công nghệ điện tử hiện đại bắt đầu phát triển (những năm 1980) cũng là lúc kíp điện tử ra đời (hình 4). Có thể nói bắt đầu từ thời điểm này, vai trò của công nghệ và các kỹ thuật điều khiển mới thực sự rõ nét, làm thay đổi lớn từ quy trình thực hiện cho đến hiệu quả vượt trội của mỗi vụ nổ mìn (ORICA Mining Services Germany).



Hình 1. Kíp nổ thông thường và dây cháy chậm



Hình 2. Kíp điện và cấu tạo kíp điện



Hình 3. Kíp phi điện



Hình 4. Kíp điện tử và cấu tạo kíp điện tử

So sánh ưu, nhược điểm giữa kíp điện, kíp phi điện và kíp điện tử để thấy rõ sự ảnh hưởng của công nghệ điện tử và kỹ thuật điều khiển tới hiệu quả nổ mìn được thể hiện (bảng 2).

Bảng 2. Ưu nhược điểm của kíp nổ điện, phi điện và điện tử (ORICA Mining Services Germany)

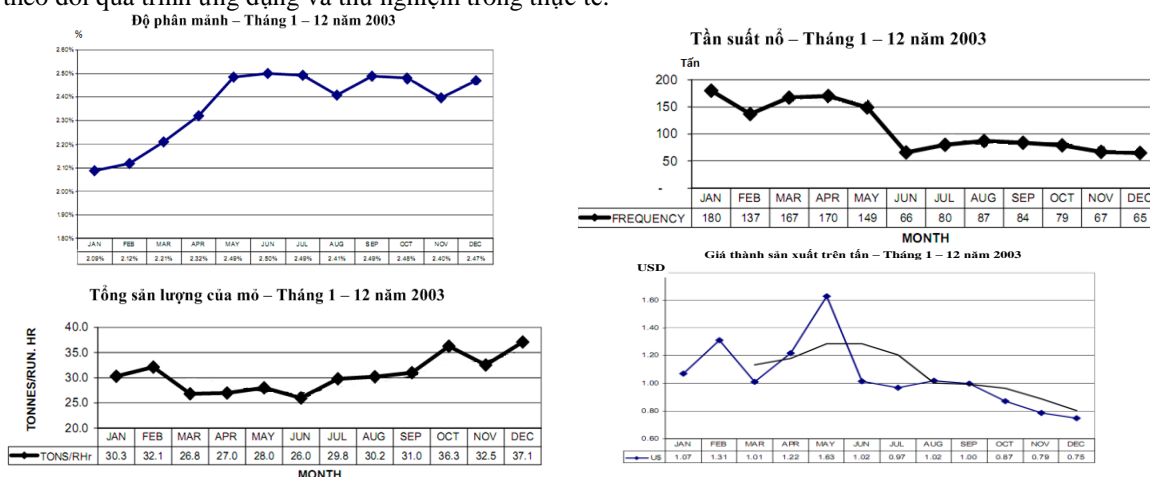
Chủng loại	Ưu điểm	Nhược điểm
Kíp điện (tức thời và vi sai)	Dễ thi công; Giá thành rẻ; Có thể kiểm tra mạng trước nổ	Độ an toàn thấp do kích nổ bằng điện áp cao; Không ứng dụng khi trời mưa, môi trường ẩm, có sét, khu vực điện cao thế, nhiều nhiễu điện từ; Số lượng kíp bị giới hạn. Giới hạn thời gian vi sai.
Kíp phi điện (tức thời và vi sai)	Dễ thi công; An toàn; Không có dòng xung nổ đi lạc; Không có hiện tượng mìn câm; Không giới hạn số lượng kíp	Không thể kiểm tra mạng trước nổ; Có trễ thời gian tại điểm nổ; Độ chính xác thời gian thấp. Giới hạn thời gian vi sai.
Kíp điện tử	An toàn; Điều khiển nổ chính xác; Không giới hạn thời gian vi sai; Khả năng phá vỡ cao; Mức chấn động thấp; Kiểm soát chính xác các thông số điều khiển.	Giá thành cao do công nghệ phức tạp. Người thi công cần có kỹ thuật. Số lượng kíp bị giới hạn.

Kíp điện (hình 2) được kích nổ bởi điện áp một chiều được gửi đến từ một máy kích điện áp (thường được gọi là máy nổ mìn trong lĩnh vực nổ mìn). Mức điện áp của máy nổ mìn (từ vài trăm đến hơn 1000 VDC) thể hiện số lượng tối đa kíp trong mạng mà mỗi máy này có thể kích nổ. Điện áp này được kích lên từ nguồn điện một chiều 12VDC của ắc quy. Chính việc gửi đi điện áp cao trên dây dẫn, nên quá trình kích nổ là rất nguy hiểm khi điều kiện không thuận lợi. Mặt khác, do cơ chế tạo ra một chênh lệch điện áp trên hai đầu kíp để kích nổ nên nếu ở môi trường có nhiễu điện từ có thể dẫn tới tích tụ năng lượng gây chênh áp trên 2 đầu dây của kíp, có thể dẫn tới nổ ngoài ý muốn, gây nguy hiểm rất lớn. Việc này cần phải được tránh tuyệt đối.

Kíp phi điện (hình 3) được kích nổ bởi thiết bị tạo sóng nổ. Sóng nổ được truyền tới kíp bằng dây truyền sóng nổ qua các thiết bị nối mạng. Kíp phi điện rất an toàn. Nhưng khả năng điều khiển lại rất hạn chế do hoạt động dựa trên các hợp chất hóa học; độ chính xác thấp do thiết bị nối mạng có độ trễ nhất định.

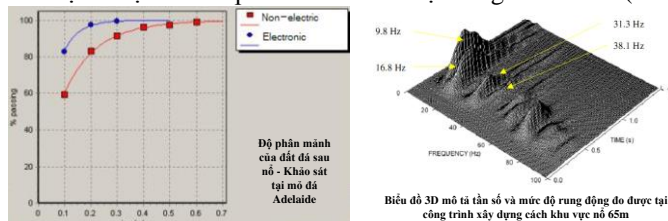
Kíp điện tử (hình 4) sử dụng một vi xử lý gắn bên trong kíp. Mọi hoạt động của kíp được kiểm soát và điều khiển một cách chính xác bởi vi xử lý này. Năng lượng kích nổ được tích lại trên tụ điện bên trong kíp, nó chỉ được giải phóng ra khi có tín hiệu cho phép từ vi xử lý, vì vậy thời điểm kích nổ kíp và khoảng thời gian trễ là hoàn toàn chính xác. Các kíp điện tử được kết nối với nhau và với thiết bị điều khiển nổ có thể bằng dây điện như kíp điện hoặc không dây (sử dụng sóng điện từ tần số cao). Thiết bị điều khiển nổ có thể giao tiếp, đặt thời gian vi sai, đặt chế độ làm việc và quản lý tới từng thành viên (kíp) trong mạng. Việc giao tiếp giữa các thành phần, thiết bị được mã hóa nên không bị nhiễu ảnh hưởng, do đó việc thi công, kiểm tra mạng nổ rất an toàn. Việc điều khiển nổ có độ chính xác cao giúp đảm bảo độ phân mảnh tốt, mức chấn động thấp và đặc biệt, tuyệt đối không có hiện tượng mìn cam.

Với sự hỗ trợ của công nghệ điện tử và kỹ thuật điều khiển hiện đại, hiệu quả thu được là rất cao. Sự chính xác của cả hệ thống dự báo, phân tích điện tử, và hệ thống điều khiển nổ điện tử đem đến hiệu quả vượt trội so với các công nghệ nổ mìn trước đó. Nhận định này đã được kiểm nghiệm qua nhiều báo cáo theo dõi quá trình ứng dụng và thử nghiệm trong thực tế.



Hình 5. Kết quả khảo sát việc sử dụng thiết bị nổ mìn điện tử tại mỏ đồng Mufulira thuộc Zambia (Raphael Banda, 2003)

Trong hội thảo lần thứ 3 về khai thác kim loại ở Nam Mỹ, Raphael Banda đã công bố một khảo sát tại mỏ đồng Mufulira thuộc Zambia. Trong báo cáo kết quả một năm khai thác từ tháng 1 tới 12 năm 2003 (bắt đầu chuyển sang sử dụng hệ thống nổ điện tử từ tháng 3) cho thấy, khi việc áp dụng hệ thống mới đi vào ổn định, độ phân mảnh trong mỗi vụ nổ tăng, tần suất nổ giảm, tổng sản lượng của mỏ tăng trong khi giá thành khai thác giảm mạnh mặc dù chi phí ban đầu cho hệ thống là khá lớn (hình 5).



Hình 6. Kết quả thử nghiệm kíp nổ điện tử tại Australia (David Miller và Drew Martin, 2007)

Năm 2007, nhóm kỹ sư về công nghệ nổ mìn David Miller và Drew Martin thuộc hãng dịch vụ Mỏ Orica đã tiến hành thử nghiệm hệ thống nổ điện tử và so sánh hiệu quả với công nghệ nổ hiện tại đang được sử dụng tại các mỏ thuộc các khu vực phía Tây, Bắc và Nam Australia. Kết quả thử nghiệm đã đi tới một số kết luận khi sử dụng kíp nổ điện tử: tăng độ phân mảnh (tại mỏ đá Adelaide: lượng vận tải tăng 23%, lưu lượng nghiền tăng 18%, tỉ lệ đá quá cỡ giảm 43%, do đó, tổng chi phí khai thác giảm 13%); tránh được thiệt hại tới các cấu trúc xung quanh; có thể điều khiển được cả chấn động trong không khí và trong đất đá. Các kết luận này được mô tả bằng các biểu đồ đo đạc của nhóm, thể hiện ở hình 6.

Ngoài ra còn những kết quả khảo sát thực tế khác nữa đều cho thấy những lợi ích tương tự, như, báo cáo của Glenn Kiernan tại hội thảo về trao giải thưởng Caernarfon tháng 7/2011 ở New Zealand; bài báo của Manoj Lalwani và Suresh Menon về hiệu quả và thực trạng sử dụng các hệ thống này tại Ấn Độ, và nhiều báo cáo tại các khu vực khai thác khác nhau trên thế giới.

Từ những nhận định cho đến những khảo sát thực tế đều thấy khi công nghệ phát triển, các phương pháp và kỹ thuật điều khiển được áp dụng (công nghệ điện tử - hệ vi xử lý và máy tính cùng với các thuật

toán điều khiển) đã không chỉ là ảnh hưởng mà sẽ còn là yếu tố chính, dẫn dắt sự phát triển trong tương lai với các lĩnh vực công nghiệp nói chung và nổ mìn nói riêng trên thế giới.

3. Quá trình nghiên cứu và ứng dụng công nghệ trong nổ mìn ở Việt Nam

Có thể kể tới một vài nghiên cứu tiêu biểu về nổ mìn ở Việt Nam đã được công bố. Năm 2008, tài liệu giới thiệu những vấn đề về nguyên tắc tính toán lượng thuốc nổ, những phương pháp điều khiển mức độ đập vỡ đất đá bằng nổ mìn, nổ mìn khi khai thác xuống sâu trong khai thác mỏ (Nhữ Văn Bách, 2008) được xuất bản. Theo đó là luận án tiến sỹ nghiên cứu các thông số của cấu trúc lượng thuốc trong lỗ khoan, các thông số nổ mìn nhằm nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá và bảo vệ môi trường ở một số mỏ lộ thiên Việt Nam (Lê Ngọc Linh, 2009). Năm tiếp theo, chuyên gia hàng đầu về nổ mìn ở Việt Nam tiếp tục xuất bản tài liệu nổ hóa học-lý thuyết và thực tiễn (Nhữ Văn Bách, 2010). Và gần đây là công trình khoa học thực hiện việc nghiên cứu lý thuyết kết hợp thực nghiệm về mối quan hệ của các yếu tố ảnh hưởng đến chỉ tiêu thuốc nổ, đề xuất phương pháp xác định chỉ tiêu thuốc nổ hợp lý nhằm đảm bảo mức độ đập vỡ đất đá tối ưu cho một số mỏ khai thác đá vật liệu xây dựng của Việt Nam (Nguyễn Đình An, 2016). Để nâng cao hiệu quả nổ mìn ở Việt Nam, các nghiên cứu này tập trung chủ yếu vào đối tượng thuốc nổ và các thông số liên quan đến thuốc nổ. Do đó, các công nghệ điều khiển nổ còn đang dừng lại ở một mức độ giới hạn. Theo khảo sát tại các mỏ khai thác, các công ty Hóa chất Mỏ và các chuyên gia về nổ mìn, ở Việt Nam hiện nay các vụ nổ mìn chủ yếu sử dụng hai công nghệ chính là nổ mìn điện và phi điện.

Ứng dụng công nghệ mới đáng kể nhất ở Việt Nam hiện nay đến từ nhóm các hệ thống khảo sát khu vực nổ và dự báo chấn động nổ. Đó là hệ thống máy địa vật lý với phần mềm mô hình hóa và mô phỏng khu vực nổ Shapematrix. Đó còn là hệ thống máy đo chấn động Micromate và phần mềm phân tích sóng chấn động Blastmate có ứng dụng trí tuệ nhân tạo (vtv1,28/7/2018).

Sự vắng mặt của hệ thống các thiết bị điều khiển và kích nổ điện tử ở Việt Nam hiện nay là bởi công nghệ chế tạo trong nước còn chưa chủ động. Mọi thiết bị phải nhập khẩu, dẫn đến chi phí vận hành và sử dụng còn cao. Điều đó chỉ ra rằng, đang có một nhu cầu cấp thiết cho việc nghiên cứu để đưa công nghệ điện tử, áp dụng kỹ thuật vi xử lý vào các thiết bị điều khiển nổ mìn phù hợp với điều kiện Việt Nam.

4. Kết luận

Vai trò và mức độ ảnh hưởng của công nghệ và kỹ thuật điều khiển hiện đại lên hiệu quả mỗi vụ nổ mìn là điều đã được thấy rõ. Mức độ hoàn thiện và ứng dụng công nghệ cho nổ mìn trên thế giới và ở Việt Nam cũng đã được chỉ ra. Công nghệ kỹ thuật mới đang phát triển từng ngày. Điều kiện về kinh tế và môi trường ngày càng đòi hỏi các yêu cầu cao hơn. Tất cả cho thấy tính cấp thiết và ý nghĩa của việc cần phải sớm nghiên cứu phát triển và hoàn thiện công nghệ mới cho nổ mìn ở Việt Nam. Cần ứng dụng được các công nghệ nổ mìn tiên tiến của thế giới nhưng phù hợp với điều kiện Việt Nam. Các định hướng ban đầu có thể kể tới như : Nghiên cứu phần mềm phân tích sóng chấn động và tính toán thời gian vi sai cho vụ nổ kế tiếp; Nghiên cứu chế tạo thiết bị điều khiển nổ điện tử cho công nghệ nổ mìn điện; Nghiên cứu chế tạo hệ thống điều khiển nổ điện tử với kích nổ điện tử; Nghiên cứu chế tạo thiết bị đo sóng chấn động và phần mềm dự báo rung động nổ;... Và xa hơn là hoàn thiện toàn bộ các hệ thống thiết bị công nghệ và phần mềm nhằm tối ưu hiệu quả nổ mìn ở Việt Nam, để có thể tương đương với công nghệ và hiệu quả nổ mìn trên thế giới.

Tài liệu tham khảo

Alan B. Richards, Adrian J. Moore. *Blasting technology: Mesurement- Assessment-Control*. A lecture of blast vibration course by TERROCK Consulting Engineers, Astralia. 87 pages.

Nguyễn Đình An, 2016. *Nghiên cứu xác định chỉ tiêu thuốc nổ nhằm đảm bảo mức độ đập vỡ đất đá hợp lý cho một số mỏ khai thác vật liệu xây dựng của Việt Nam*. LATS kỹ thuật, Hà nội.

Nhữ Văn Bách, 2008. *Nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá bằng nổ mìn trong khai thác mỏ*. NXB GTVT. 147 trang.

Charles h. Dowding, 1984. *Blast vibration monitoring and control*. Evanston, Illinois, USA. 280 pages.

David Miler, Drew Martin, 2007. *A review of the benefits being delivered using electronic delay detonator in the quarry industry*. Orica Quarry Services, Germany. 15 pages.

GLENN KIEMAN, 2011. *Electronic and non electronic detonators and new blast-hole loading techniques-you decide*. Caernarfon Award Submission, Inline Drilling Ltd Katikati, New Zealand. 33 pages.

Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung, 2010. *Nổ hóa học, lý thuyết và thực tiễn*. NXB Khoa học và kỹ thuật. 663 trang.

IME, 2017. *Electronic Blast Initiation Systems (EBIS) Guideline. General User Information for*

Mining, Quarrying and Construction Applications, Institute of Maker of Explosives, 1212 New York Ave, N.W. 24 pages.

Langefors U, Kihlstrom B, Westerberg H, 1958. *Ground Vibrations in Blasting*. Water Power, September, pages 335-38. October, pages 390-95, November, pages 421, 424.

Langefors U, Kihlstrom B, 1976. *The Modern Technique of Rock Blasting*. A Halsted press book, John Wiley & Sons. New York- London- Sydney- Toronto. 440 pages.

Manoj Lalwani, Suresh Menon, 2016. *Electronic delay detonators-benefits and growth prospects in India*. Recent Advances in Rock Engineering (RARE 2016), Published by Atlantis Press. Pages 424 – 428.

Marilena Cardu, Alessandro Giraudi, Pierpaolo Oreste, “Review of the benefits of electronic detonators”, (2013), R. Esc. Minas, Ouro Preto, 66(3), pages 375-382, jul. set.

Mohsen Hajihassani, Danial Jahed Armaghani, Aminaton Marto, Edy Tonnizam Mohamad, 2015. *Ground vibration prediction in quarry blasting through an artificial neural network optimized by imperialist competitive algorithm*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, August 2015, Volume 74, Issue 3, pp 873–886.

Lê Ngọc Ninh, 2009. *Nghiên cứu các thông số của cấu trúc lượng thuốc trong lỗ mìn nhằm nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá và bảo vệ môi trường ở một số mỏ lộ thiên Việt Nam*. LATs kỹ thuật, Hà nội.

ORICA Mining Services. Initiation-Systems. *European Shotfirer Standard Education for Enhanced Mobility*, a lecture by ORICA Mining Services Germany. 156 pages.

Raphael Banda, 2003. *Electronic delay detonator – a unique solution to pertinent mining problems*. The Third Southern African Conference on Base Metals, The South African Institute of Mining and Metallurgy. Pages 315 – 320.

Srdan Kostic, Nebojsa Vasovic, Igor Franovic, Andreja Samcovic, Kristina Todorovic, 2014. *Assessment of blast induced ground vibrations by artificial neural network*. 12th Symposium on neural network application in electrical engineering, university of Belgrade, Serbia, November, p25-27.

T. D. Northwood, R. Crawford, A. T. Edwards, 1963. *Blasting vibrations and building damage*. *The Engineer*, Vol. 215, No. 5601, May 31, 1963, pages 973-978.

Vedala Rama Sastry, Garimella Raghu Chandra, 2016. *Signal processing computation based Seismic energy estimation of blast induced ground vibration waves*. IEEE International Conference On Recent Trends in Electronics Information Communication Technology, May 20-21, 2016, India. Pages 216-220.

VTV1, 28/7/2018, Chương trình Quốc gia số - cách mạng công nghiệp 4.0.

V V S Avinash Teja, S Venkata Chaitanya, Uday Akula, Pathipati Srihari, V R Sastry, 2016. *Blast vibration signal analysis using S-transform*. IEEE International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) – 2016. Pages 4182-4186.

ABSTRACT

A review of the development and impact of control techniques on blasting efficiency

Dao Hieu¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

The advancements in sciences and techniques have increasingly a strong influence on industrial production in general and blasting in particular. Research on the development of blasting methods in the world will show the role of techniques to blasting. The paper aims to analyze the research results and published papers on blasting techniques in Vietnam and in the world. The results of the analysis will be the basis for research orientations and appropriate solutions for the development of blast technologies and blast techniques in mining conditions in Vietnam.

Keywords: blasting control, blast vibration, blasting technology

Decision support system for small hydropower systems

Nguyen Duc Khoat^{1,*}, Ha Van Thuy¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

ABSTRACT

In this paper, we consider a decision support system for small hydropower systems with the implementation of more advanced rescheduling, control and forecasting in small hydroelectric system. This model is being designed to address both current and future needs of small hydroelectric system toward improving productivity and minimizing cost through information flow between each component in the operation.

Keywords: Real time rescheduling, Control system, Genetic Algorithm

1. Introduction

Since the early 1970s, decision support systems (DSS) technology and applications have evolved significantly. Many technological and organizational developments have made an impact on this evolution. Initially, DSSs possessed limited database, modeling and user interface functionality, but technological innovations enabled the development of more powerful DSS functionality (J. P. Shim, 2002). DSSs are, in fact, computer technology solutions that can be used to support complex decision making and problem solving. Decision making is the study of how decisions are actually taken, and how they can be better, or more successfully taken (B. Roy, 1993).

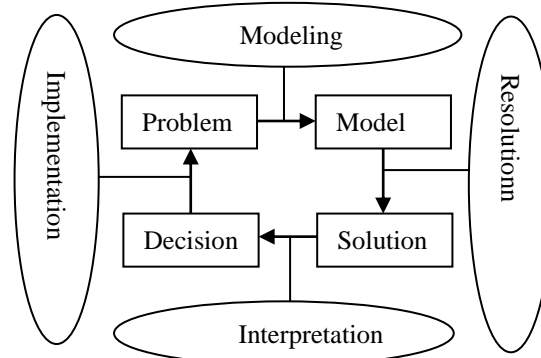


Fig. 1 DSS decision-making

In a DSS decision-making process (Fig. 1), once the problem is recognized, it is defined in terms that facilitate the creation actors and of the concerned entities, the definition of the decision horizon, of the parameters and the constraints, and also the criteria formalization. The resolution stage imposes a choice of an exact or a heuristic algorithmic approach. A set of decision proposals is then established through the interpretation stage and presented to the concerned actors. The final implementation stage consists in applying the operational decisions, supervising their impacts, taking corrective actions, and validating the decisions. Carlsson and Turban in (C. Carlsson, 2002) state that modern support systems research is focused on the theory and application of intelligent systems, and soft computing in management. This includes processes of problem solving, planning, and decision making. The context for this research ranges from strategic management, business process re-engineering, effective collaboration, improved user-computer interfaces, and mobile and electronic commerce to production, marketing, and financial management. The methodologies that are used may be analysis or system-oriented, action research or case-based, or they may be experimentally or empirically focused. An emerging common denominator for many field studies, favored in DSS, is the design and use of intelligent (expert systems, multi-agent

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenduckhoat@humg.edu.vn

systems, etc.) and/or soft computing systems (evolutionary algorithms, fuzzy logic, etc.). Moreover, in the architectures of DSSs, the complexity reduction tools should not curb the combinatorial capabilities of the system (I. A. Meystel, 2001). For instance, when dealing with a DSS, such as on production scheduling systems (PSS), the modeling approaches and the resolution tools are based on the study and the analysis of concrete cases coming from real problems. Hence, we consider the combined task which includes “satisfaction needs cooperation needs computational complexity reduction,” as the major capability of such a DSS

The following qualities of DSS architecture can be measured:

- Complexity Reduction: Traditionally, assignment and scheduling decisions are made separately at different levels of the PTS framework. The combining of such decisions presents additional complexity and new problems. This complexity should be evaluated and, if possible, reduced.
- Multi-model Systems: Multi-model techniques provide intelligent systems designers with approaches to perform simultaneously structural and parameter identification. Until now, we have not known how many models an intelligent DSS should have.
- Multi-cooperation Systems: Multi-cooperation methods (FL, EA, agents) have applications in many real-world contexts because humans are forced to choose among solutions that vary in performance with respect to multiple competing objectives. The degree of cooperation of an intelligent DSS is still unknown.
- Functionality Increase: For example, in the case of PSS, increase in functionality, model generation, and planning specification interaction and performance along each of these directions may need to be compromised to satisfy specifications. Definitely, an ability to evaluate functionality would be an advantage, but the list of specifications is often unknown.
- Intelligence Degree (I. A. Meystel, 2001): A measure of intelligence is presumed to be known. Key ingredients for intelligent systems are knowledge representation structures and methods to adapt these structures.
- Autonomy Degree: The main idea is to produce multidimensional partitions of the DSS and then to assign actions to each of them. A measure of autonomy is presumed for the DSS for each partition (model, method) to decide their own courses of actions.
- Increase in success probability (I. A. Meystel, 2001): The DSS success evaluation depends on the ability to specify it. In nature, intelligence evolution can be demonstrated as the development of the survival tools.

In the paper, we begin Section II by show components of the DSS for small hydropower system and then some conclusions are finally shown in Section III.

2. Decision support system for small hydropower systems

The structure of the system includes the following (Fig. 2):

2.1. Hydro-turbine governing module

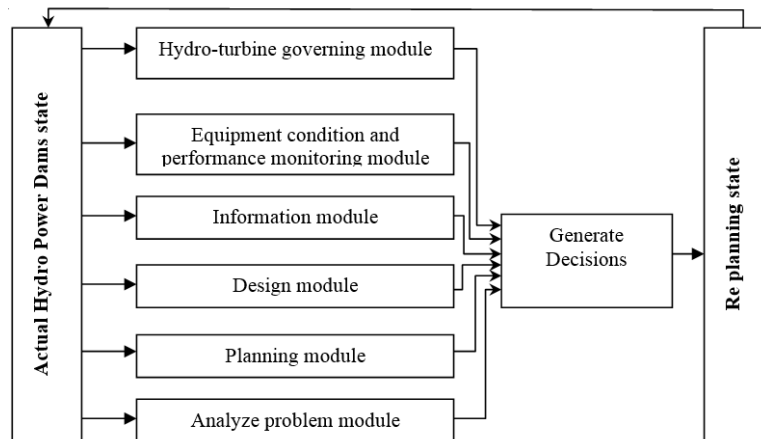


Fig. 2. DSS decision- making process for small hydro power systems

In governor module, digital controller is used in turbine governing system. This is also generally PID controller. Digital control hardware running an application programme accomplishes the required control function with this system. Digital controllers used for turbine governing system are very flexible and can be used for functions not directly related to the turbine governing control function.

Present day practice is to use digital governing control system in hydroelectric units. The major advantages of microprocessor based system over the earlier analogue governors (based on solid state electronic circuitry) are higher reliability, self diagnostic feature, modular design, flexibility of changing control functions via software, stability of set parameters, reduced wiring and easy remote control through optical fiber cables. Microprocessor based governor control system are capable of carrying out the following control functions in addition to speed control during idle run, operating in isolated grid; interconnected operation and islanding operation.

2.2. Equipment condition and performance monitoring

The current vision in the present work offer monitoring and reporting of three sets of parameters: those related to equipment condition, those related to its performance (load carried, speed...) and those derived by digital manipulation of the first two. The first are of help with failure prevention and diagnostics, the second allow accurate production and performance reporting, while the last are normally designed to facilitate performance analysis.

2.3. Information Module

This module contains a set of programs for the creation of databases on the dams and also for continuous updating of the geological, survey, and technological data (Claudio J.C. Blanco, 2008).

The geological section of the database is intended for the storage of primary geological information and integration of the data. The primary geological information includes core-sample data on bed intersections and intersections of weather forecast, obtained from geological rifts and trenches. The survey section of the database includes information from performance monitoring module. The technological section of the databases is intended for the storage of information on the technical potential of the dams, the parameters of all the technological systems used in the dams or considered as options at the design stage.

2.4. Design Module

This module contains the basic programs required for determining the order and boundaries of the hydropower generator, the output level, and scheduling. The reserves and rate of removal are calculated, with differentiation over the levels, terraces, technologically uniform parcels, and beds, and appropriate parameters of the production system are determined.

In this module, digital controller is used in turbine governing system. This is also generally PID controller. Digital control hardware running an application programme accomplishes the required control function with this system. Digital controllers used for turbine governing system are very flexible and can be used for functions not directly related to the turbine governing control function. The major advantages of microprocessor based system over the earlier analogue governors (based on solid state electronic circuitry) are higher reliability, self diagnostic feature, modular design, flexibility of changing control functions via software, stability of set parameters, reduced wiring and easy remote control through optical fiber cables. Microprocessor based governor control system are capable of carrying out the following control functions in addition to speed control during idle run, operating in isolated grid; interconnected operation and islanding operation.

2.5. Planning Module

This module addresses the following geological, survey, and technological problems: taking account of the movement of resources, preparing accounting documents, analyzing tacheometric survey recordings, calculating production volumes, automatic recoding of the current position of the workings on the survey documentation, calculation of the water reserves in storage, planning the output volumes and the contours of the generator working, and so on.

2.6. Analyze Problem Module

This module basically consists of programs for graphical work: making charts and plans of the workings. Graphical operations may be performed both in a graph plotter and using a printer.

The six components of systems described above lays a firm foundation of the DSS for hydropower systems, but to make it a reality several technologies need further development. Between those are:

- The need for all the monitoring, turbines control, hydraulic pressure supply system to be integrated in a one coherent whole;
- Eliminate or reduce the need for operator interference into overall system operation;
- Effective and efficient processing of voluminous data.

- Traditional flow control governor with mechanical hydraulic actuator is complex demanding maintenance and high first cost. Further performance requirements of stability and sensitivity i.e. deadband, dead time and dashpot time especially for interconnected units may not be met by mechanical governors.
- Electronic and Digital flow control governors can take up plant control functions.
- Cost of speed control and automation with analog flow governors, unit control and protection systems are high. These systems require attended operation and are mostly based on large capacity hydro units.
- This makes most of the units very costly and uneconomical to operate.
- The manpower as available is unskilled and further adequate supervision is not feasible.
- Load factors for stand-alone micro hydros are usually low affecting economic viability.
- Flow Control Turbine Governors are expensive and not recommended for small hydro units in micro hydro range. Electronic load control governing system with water cooled hot water tanks as ballast loads for unit size up to 100 kW are cost effective. This makes a saving of about 40% on capital cost. If the thyristor control (ELC) is used then the alternator needs to be oversized up to 2% on kVA to cope with the higher circulating current induced. Accordingly, in case of small units up to 100 kW size elimination of flow control governors using load actuator with digital speed controller make these units economically viable and properly designed will eliminate continuous attendance requirement.
- Data storage function can be added to the Digital Governors control system with hard disk (i.e. PC).
- The dummy loads in the Shunt Load Governors (ELC) can be useful load system or can be used for supplying domestic energy needs.
- Digital generation controllers were evolved to take care of speed control, unit control and automation, unit protection and even generation scheduling and have been successfully in operation for over ten years.
- Dedicated PC based systems for complete generation control can be easily adopted for data acquisition and storage at a nominal cost and can also be adopted to SCADA system.
- Manual back up and or redundant control system is required.

3. Conclusions

In our paper, we present a decision support system for small hydropower systems that provide hydro power equipment operator with information required to optimize dams performance in terms of power efficiency and effectiveness. Shows for the development of the DSS for small hydropower systems, some work are needed for integrated all components in a one coherent one.

References

- J. P. Shim, M. Warkentin, J. F. Courtney, D. J. Power, R. Sharda, and C. Carlsson, "Past, present, and future of decision support technology," J. Dec. Support Syst., vol. 33, no. 2, pp. 111–126, June 2002.
- B. Roy and D. Bouyssou, *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*: ECONOMICA, 1993.
- C. Carlsson and E. Turban, "DSS: directions for the next decade," J.Dec. Support Syst., vol. 33, no. 2, pp. 105–110, June 2002.
- I. A. Meystel, "The tools of intelligence: Are we smart enough to handle them?," in *Proc. European Workshop Intelligent Forecasting, DiagnosisControl*, Santorini, Greece, June 24–28, 2001, pp. 2–4.
- Claudio J.C. Blanco, Yves Secretan, André L. Amarante Mesquita, "Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective" *Energy for Sustainable Development* • Volume XII No. 3, pp.13-21, September 2008

ABSTRACT

Decision support system for small hydropower systems

Nguyen Duc Khoat¹, Ha Van Thuy¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

In this paper, we consider a decision support system for small hydropower systems with the implementation of more advanced rescheduling, control and forecasting in small hydroelectric system. This model is being designed to address both current and future needs of small hydroelectric system toward improving productivity and minimizing cost through information flow between each component in the operation.

Keywords: Real time rescheduling, Control system, Genetic Algorithm.

Chuyển đổi giữa góc tính toán và góc điều khiển của Robot Công nghiệp

Nguyễn Đức Khoát ^{1,*}, Phạm Minh Hải ¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến một ví dụ thực tiễn trong điều khiển Robot Rascal thông qua việc chuyển đổi góc tính toán trong bài toán động học ngược sang góc điều khiển thực tế trên Robot. Một ví dụ minh họa trong phòng thí nghiệm sử dụng thuật toán này cũng được trình bày.

Từ khóa: Động học Robot, Robot Rascal, Robot công nghiệp

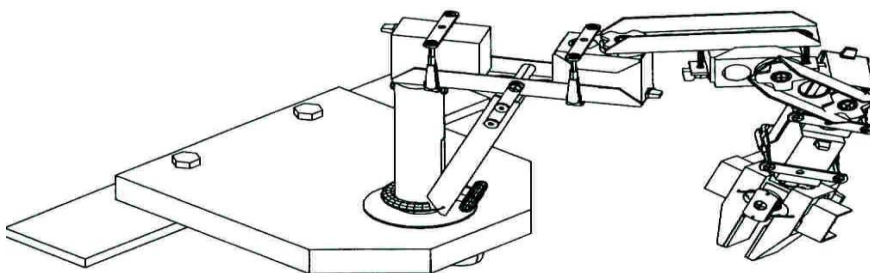
1. Đặt vấn đề

Bài toán điều khiển Robot được xác định thông qua giải các phương trình động học thuận và nghịch. Khi quy đạo chuyển động để gắp vật là xác định. Tuy nhiên việc giải các phương trình trên rất khó giải trực tiếp, và vấn đề này cũng xảy ra đối với hầu hết các tay máy robot. Vì thế, cần phải xây dựng các thuật toán hiệu quả có hệ thống để giải quyết dựa vào cấu trúc động học đặc biệt của từng tay máy. Trong khi vấn đề động học thuận luôn có lời giải duy nhất, bằng cách thay các giá trị góc tính toán của từng biến khớp vào các phương trình động học thuận, thì vấn đề động học ngược có thể không có lời giải. Chọn nghiệm cho bài toán động học ngược phụ thuộc vào yếu tố toán học và công nghệ. Ví dụ, chuyển động của khớp quay có thể bị giới hạn nhỏ hơn một vòng quay 360° đưa đến việc không phải tất cả nghiệm của phương trình động học đều có được vị trí vật lý thật tương ứng trên tay máy.

Chính vì lý do này bài báo đề cập đến một ví dụ thực tiễn trong điều khiển Robot Rascal thông qua việc chuyển đổi góc tính toán trong bài toán động học ngược sang góc điều khiển thực tế trên Robot được trình bày trong phần 2. Cuối bài báo là phần kết luận.

2. Bài toán điều khiển Robot Rascal

Mô hình nghiên cứu được thực hiện tại phòng thí nghiệm Bộ môn Tự động hóa. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng Robix-6, có cấu trúc kỹ thuật mô tả như trong Hình 1 (Robix Rascal Project Book, 2005).



Hình 1. Cấu trúc kỹ thuật Robix-6

Robot Rascal với các đường liên kết có thể tháo rời và lắp đặt tùy theo từng bài toán đặt ra, các khớp quay liên kết sử dụng động cơ servo với bước điều khiển từ $-1400 \div +1400$.

2.1. Động học thuận Robot Rascal

Để thực hiện bài toán điều khiển Robot, việc xác định các tham số về hệ tọa độ các khớp giữ vai trò quan trọng. Bộ tham số này được xác định thông qua các bước sau:

- **Bước 1:** Xác định các trục khớp và đặt tên tương ứng $Z_0 \dots Z_{n-1}$.

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenduckhoat@humg.edu.vn

- **Bước 2:** Xác lập hệ tọa độ nền. Đặt gốc của hệ tọa độ này tại bất kỳ điểm nào trên trục z_0 . Các trục x_0 và y_0 được chọn thỏa qui tắc tam diện thuận. Lặp $i = 1, \dots, n-1$ lần thực hiện bước 3 đến bước 5.

- **Bước 3:** Xác định các gốc O_i là giao điểm của đường vuông góc chung giữa z_i và z_{i-1} với z_i . Nếu z_i giao với z_{i-1} , đặt O_i tại giao điểm này. Nếu z_i song song với z_{i-1} , đặt O_i tại bất kỳ vị trí nào trên z_i sao cho thuận tiện.

- **Bước 4:** Xác định x_i dọc theo đường vuông góc chung giữa z_{i-1} và z_i đi qua O_i , hoặc theo hướng vuông góc với mặt phẳng tạo bởi z_{i-1} và z_i nếu z_{i-1} và z_i giao nhau.

- **Bước 5:** Xác định y_i thỏa qui tắc tam diện thuận.

- **Bước 6:** Xác định hệ tọa độ tác động cuối $o_n x_n y_n z_n$. Giả sử khớp n là khớp quay, đặt $z_n = a$ dọc theo hướng z_{n-1} . Xác định gốc O_n bất kỳ trên z_n sao cho tuân thủ quy tắc bàn tay phải, thường là tâm của bộ kẹp hay tại đầu dụng cụ mà tay máy phải mang. Đặt $y_n = s$ theo hướng kẹp và đặt x_n theo $s \times a$. Nếu dụng cụ kẹp không đơn giản thì đặt x_n và y_n tạo thành tam diện thuận.

- **Bước 7:** Lập bảng tham số DH cho các khâu trên robot

o a_i : khoảng cách theo phương x_i từ O_i đến giao điểm của các trục x_i và z_{i-1} .

o d_i : khoảng cách theo phương z_{i-1} từ O_{i-1} đến giao điểm của các trục x_i và z_{i-1} , d_i thay đổi khi khớp i là khớp trượt.

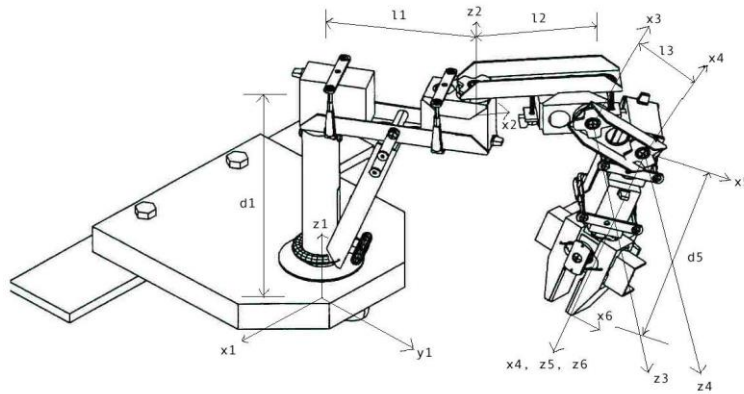
o α_i : là góc quay quanh trục x_i từ z_{i-1} đến z_i .

o θ_i : là góc quay quanh trục z_{i-1} từ x_{i-1} đến x_i .

- **Bước 8:** Từ các ma trận biến đổi thuần nhất A_i bằng cách thay các tham số trên vào.

- **Bước 9:** Tính $T_n^0 = A_1 \dots A_n$. Ma trận này cho ta biết được vị trí và hướng đối với hệ tọa độ nền của tay kẹp gắn trên khâu cuối.

Căn cứ các bước từ 1-6, tham số các hệ tọa độ của bài toán được xác định và mô tả trong hình vẽ 2



Hình 2. Bộ tham số Denavit-Hartenberg

Với các tham số hệ tọa độ xác định, bộ các tham số DH của ma trận thuần nhất được xác định theo Bảng 1.

Bảng 1. Bộ tham số Denavit-Hartenberg

I	l_i (cm)	d_i (cm)	a_i (radians)	θ_i (radians)
1	9.8	15.7	0	$\theta_1 + \pi/2$
2	9.6	0	$\pi/2$	θ_2
3	6	0	0	θ_3
4	0	0	$\pi/2$	$\theta_4 + \pi/2$
5	0	11	0	θ_5

Ma trận thuần nhất Q_{PB} thể hiện mối quan hệ giữa các khớp của Robot được xác định:

$$Q_{PB} = \begin{bmatrix} -0.25 \cos(\zeta) - 0.25 \cos(\varepsilon) + 0.25 \cos(\lambda) + 0.5 \sin(\delta) - 0.5 \sin(\gamma), \\ 0.25 \sin(\varepsilon) - 0.25 \sin(\zeta) - 0.25 \sin(\eta) + 0.25 \sin(\lambda) + 0.5 \cos(\gamma) + 0.5 \cos(\delta), \\ -0.5 \sin(\alpha) - 0.5 \sin(\rho), \\ -5.5 \sin(\alpha) - 5.5 \sin(\rho) - 3 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) - 3 \sin(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3) - 9.6 \sin(\theta_1 + \theta_2) - 9.8 \sin(\theta_1) \\ 0.25 \sin(\eta) + 0.25 \sin(\lambda) - 0.25 \sin(\varepsilon) - 0.25 \sin(\zeta) + 0.5 \cos(\gamma) - 0.5 \cos(\delta), \\ -0.25 \cos(\lambda) + 0.25 \cos(\eta) + 0.25 \cos(\zeta) - 0.25 \cos(\varepsilon) + 0.5 \sin(\delta) + 0.5 \sin(\gamma), \\ 0.5 \cos(\rho) + 0.5 \cos(\alpha), \\ 5.5 \cos(\rho) + 0.5 \cos(\alpha) + 3 \cos(\theta_1 + \theta_2 - \theta_3) + 3 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + 9.6 \cos(\theta_1 + \theta_2) + 9.8 \cos(\theta_1) \\ 0.5 \cos(\theta_3 + \theta_4 - \theta_5) + 0.5 \cos(\theta_3 + \theta_4 + \theta_5), \\ -0.5 \sin(\theta_3 + \theta_4 - \theta_5) + 0.5 \sin(\theta_3 + \theta_4 + \theta_5), \\ \sin(\theta_3 + \theta_4), \\ 15.7 + 11 \sin(\theta_3 + \theta_4) + 6 \sin(\theta_3) \\ 0, 0, 0, 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

với:

$$\begin{aligned} \alpha &= \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4; \rho = \theta_1 + \theta_2 - \theta_3 - \theta_4; \gamma = \theta_1 + \theta_2 - \theta_5 \\ \delta &= \theta_1 + \theta_2 + \theta_5; \varepsilon = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5; \zeta = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 - \theta_5 \\ \eta &= \theta_1 + \theta_2 - \theta_3 - \theta_4 + \theta_5; \lambda = \theta_1 + \theta_2 - \theta_3 - \theta_4 - \theta_5 \end{aligned}$$

2.2. Động học ngược Robot Rascal

Với ma trận Q_{PB} , việc điều khiển Robot chuyển động theo các góc tính toán cần được chuyển đổi sang góc điều khiển động cơ bước thực tế của Robot. Rascal với cấu hình gấp vật trong phòng thí nghiệm được điều khiển bởi 6 động cơ Servo với vị trí điều khiển mặc định từ -1400 đến $+1400$ tương ứng với các góc điều khiển lớn nhất và nhỏ nhất trong bảng 2. Từ các vị trí điều khiển thực tế này việc chuyển đổi giữa góc tính toán ở bài toán động học thuận và góc điều khiển (bước điều khiển) được thể hiện tại Bảng 2.

Bảng 2. Tham số chuyển đổi góc điều khiển

Động cơ	Góc điều khiển lớn nhất	Góc điều khiển nhỏ nhất	Hệ số chuyển đổi thực (bước điều khiển/độ)	Hệ số chỉnh (góc 0^0 và vị trí ban đầu của khớp)
1	77	-73	-18.6666	37.3333
2	85	-89	-16.0919	-32.1800
3	87	-84	-16.3742	24.5614
4	83	-88	16.3742	40.9356
.	81	-100	-15.4500	-145.0000

Trong bài toán động học ngược Robot Rascal việc từ quỹ đạo làm việc của robot xác định lại các góc điều khiển tương ứng được tác giả thực hiện qua đoạn chương trình điều khiển chuyển động các khớp:

```
invert 1, 2, 3 on; invert 4, 5, 6 off
accdec all 200; maxspd all 25;
minpos all -1500; maxpos all 1500;
macro zpos; move all to 0; end
macro top; move 1, 4 to -280, 2, 5 to 100, 3, 6 to 250; end;
macro mid; move 1, 4 to 200, 2, 5 to 1100, 3, 6 to 750; end;
macro bot; move 1, 4 to 735, 2, 5 to maxpos, 3, 6 to 1000; end;
macro squat; top; mid; bot; mid; end;
macro rrub; move 1 to -280, 2 to 100, 3 to 250, 4 to 735, 5 to maxpos, 6 to 1000;
end;
macro lrub; move 1 to 735, 2 to maxpos, 3 to 1000, 4 to -280, 5 to 100, 6 to 250;
end;
macro rub; rrub; lrub; end;
```

```

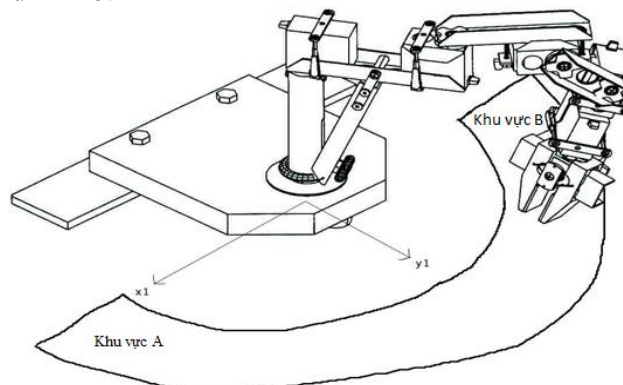
macro rrock; move 1 to 1335, 2 to maxpos, 3 to maxpos, 4 to -578, 5 to -118, 6 to -
1096; end;
macro lrock; move 1 to -578, 2 to -118, 3 to -1096, 4 to -1335, 5 to maxpos, 6 to
maxpos; end;
macro rlean; move 1 to 1019, 2 to 94, 3 to 241, 4 to -1328, 5 to 94, 6 to 244; end;
macro llean; move 1 to -1328, 2 to 94, 3 to 244, 4 to 1019, 5 to 94, 6 to 241; end;
macro aframe;
move 1, 4 to 450, 2, 5 to 660, 3, 6 to -403; wait 3
move 1, 4 to 650, 2, 5 to 860, 3, 6 to -603; wait 10
move 1, 4 to 850, 2, 5 to 1060, 3, 6 to -803;
end;
macro manipulate;
squat 3; rub 3; mid; rrock; mid; lrock; mid;
top; llean; top; rlean; mid; aframe;
end;
zpos wait 20
top
wait 10
manipulate

```

2.3. Kết quả điều khiển

Bài toán điều khiển đặt ra:

- Di chuyển tay máy gấp vật từ vùng A chuyển sang vùng B.
- Với đoạn chương trình trong bài toán động học ngược vùng làm việc (quỹ đạo chuyển động) của Robot được xác định như Hình 3.

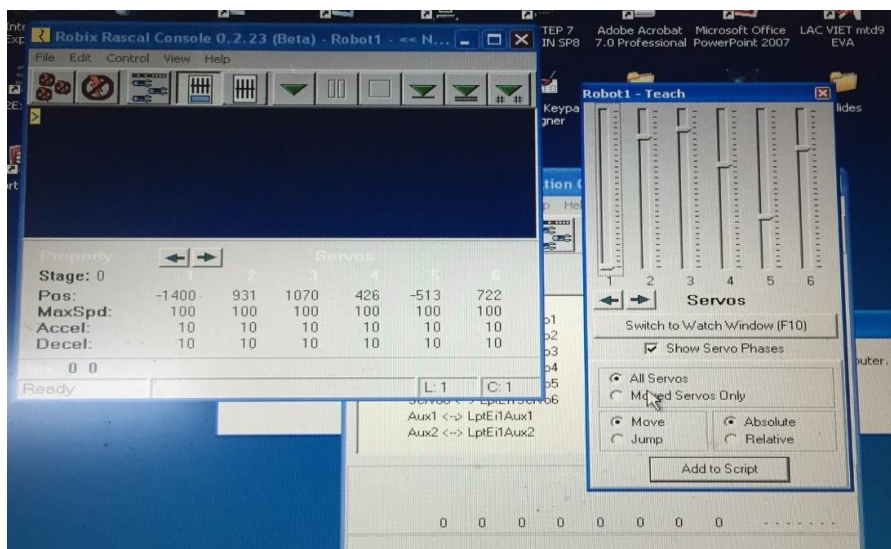


Hình 3. Vùng làm việc của Robot

Bài toán gấp vật và di chuyển một vật từ khu vực A sang khu vực B được thực hiện với các tham số điều khiển các khớp cho ở Hình 4, Hình 5.



Hình 4. Điều khiển Robot gấp vật



Hình 5. Phản hồi tham số góc điều khiển và bước điều khiển

3. Kết luận

Trong bài toán điều khiển Robot, việc xác định và đặt các hệ tọa độ thể hiện mối quan hệ giữa các khớp của Robot từ đó xác định bộ tham số DH, cũng như quỹ đạo chuyển động để giải quyết bài toán động học ngược giữ một vai trò hết sức quan trọng. Bài báo trình bày thuật toán chuyển đổi góc chuyển động của các khớp sang bước điều khiển của động cơ bước cũng như một ví dụ minh họa. Bài toán đặt ra tiếp theo là việc xây dựng bộ điều khiển tự động điều chỉnh tham số bám theo quỹ đạo làm việc cho trước thông qua bài toán nhận dạng và xử lý ảnh để điều chỉnh góc và bước điều khiển.

Tài liệu tham khảo

Desk@robix.com, www.Robix.com 'Robix Rascal Project Book', 2005

ABSTRACT

Converting between the computational angle and the actual control angle on the industrial robot

Nguyen Duc Khoat¹, Pham Minh Hai¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

This paper discusses a practical example in controlling Rascal robot through converting the computational angle in the inverse kinematics domain into the actual control angle on the robot. An illustrated example in the lab using this algorithm is also presented.

Keywords: Robot Kinematic, Rascal Robot, Industrial Robot

Điều khiển phối hợp dựa trên tín hiệu DC bus cho hệ DC Microgrid

Phạm Thị Thanh Loan^{1,*}

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Thiết bị lưu trữ điện năng (energy storage systems- ESS) trong lưới điện siêu nhỏ một chiều (DC microgrid) là thành phần quan trọng quyết định tới sự ổn định của hệ thống. Để tránh hiện tượng nạp hoặc xả quá mức cho phép của ESS, bài báo đề xuất sử dụng một sách lược điều khiển phối hợp với phương pháp điều khiển mới dựa trên điện áp DC bus theo các trạng thái khác nhau của điều kiện nạp. Phương án sử dụng bộ điều khiển thứ cấp để triệt tiêu độ lệch điện áp gây ra bởi bộ điều khiển sơ cấp cũng được trình bày trong bài báo. Các thuật toán và phương thức thực hiện bộ điều khiển dựa trên tín hiệu điện áp bus cũng như tính khả thi của giải pháp đề xuất được thể hiện thông qua kết quả mô phỏng thời gian thực cho một hệ DC microgrid với các trường hợp khác nhau.

Từ khóa: DC microgrid, điều khiển sơ cấp, điều khiển thứ cấp, lưu trữ điện năng, năng lượng tái tạo

Đặt vấn đề

Vấn đề về ô nhiễm môi trường và sự giảm dần nhiên liệu hóa thạch đã thúc đẩy phát triển lưới điện sử dụng nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió. Một trong những hệ được sử dụng phổ biến hiện nay trong các khu vực vùng xa hay hải đảo là hệ lưới điện nhỏ (microgrid). Khái niệm về microgrid được giới thiệu đầu tiên vào năm 2002 như một hệ phân phối điện nhỏ của tương lai (Lasseter, 2002). Microgrid là một mạng lưới độc lập, có khả năng hoạt động ở hai chế độ: chế độ nối lưới hoặc chế độ ắc đảo. Các thành phần chính trong một microgrid bao gồm các nguồn năng lượng tái tạo (renewable energy sources - RES), bộ lưu trữ năng lượng (energy storage systems - ESS) và các phụ tải cục bộ (Dragičević, Lu, Vasquez, & Guerrero, 2016). So với hệ lưới điện nhỏ xoay chiều (AC microgrid), hệ lưới điện nhỏ một chiều (DC microgrid) có nhiều ưu điểm hơn về mặt điều khiển, hiệu suất, độ tin cậy cũng như tiết kiệm số lượng bộ chuyển đổi ac/dc (Lotfi & Khodaei, 2017). Do đó, DC microgrid có ứng dụng rộng rãi trong hệ thống cấp điện cho các tòa nhà hoặc các trung tâm dữ liệu.

Trong các hệ microgrid nối lưới thì có thể sử dụng hoặc không sử dụng các bộ ESS. Tuy nhiên đối với hệ microgrid làm việc ở chế độ ắc đảo thì việc sử dụng bộ ESS là bắt buộc nhằm mục đích cân bằng giữa công suất phát của các nguồn năng lượng tái tạo và công suất tiêu thụ của tải. Vai trò của ESS có thể thay đổi phụ thuộc vào trạng thái chia sẻ năng lượng. ESS làm việc như nguồn nhận năng lượng khi công suất từ các nguồn tái tạo nhiều hơn công suất tiêu thụ của tải. Ngược lại, ESS làm việc như nguồn phát năng lượng khi công suất tiêu thụ của tải cao hơn công suất phát ra từ các nguồn năng lượng tái tạo. Như vậy, sự dao động công suất phát và công suất tiêu thụ sẽ dẫn đến hiện tượng nạp/ xả của ESS. Do đó, trạng thái nạp/xả (SoC) của ESS cũng được xem xét trong khi điều khiển hệ thống để tránh tình trạng nạp quá hoặc xả quá mức cho phép.

Bài báo này giới thiệu một chiến thuật điều khiển dựa trên tín hiệu DC bus cho hệ DC microgrid làm việc ở chế độ ắc đảo. Cấu trúc đề xuất bao gồm 2 mạch vòng điều khiển: mạch vòng điều khiển sơ cấp và mạch vòng điều khiển thứ cấp. Mạch vòng sơ cấp có nhiệm vụ điều khiển công suất phát và công suất tiêu thụ cục bộ theo cấu trúc phi tập trung dựa vào tín hiệu điện áp DC bus. Ở đây, điện áp bus được điều chỉnh như một hàm của SoC. Sai lệch của điện áp bus sẽ xuất hiện khi ESS sắp được nạp đầy, SoC ở trạng thái cao và công suất của tải tiêu thụ nhỏ hơn công suất phát của nguồn năng lượng tái tạo. Khi đó, mạch vòng thứ cấp phát huy tác dụng nhằm loại trừ sai lệch điện áp này.

1. Nguyên tắc hoạt động của DC Microgrid ở chế độ ắc đảo

Với chế độ ắc đảo, ESS đóng vai trò chính để điều chỉnh cân bằng công suất. Nếu ESS không được nạp đầy, RES sẽ hoạt động tại điểm công suất cực đại (maximum power point - MPP) để tận dụng hết công suất của nguồn năng lượng tái tạo. Khi ESS nạp gần đầy (SoC rất cao), ESS sẽ hạn chế công suất nạp dựa vào trạng thái SoC đồng thời RES giảm công suất để cân bằng giữa công suất phát và tiêu thụ,

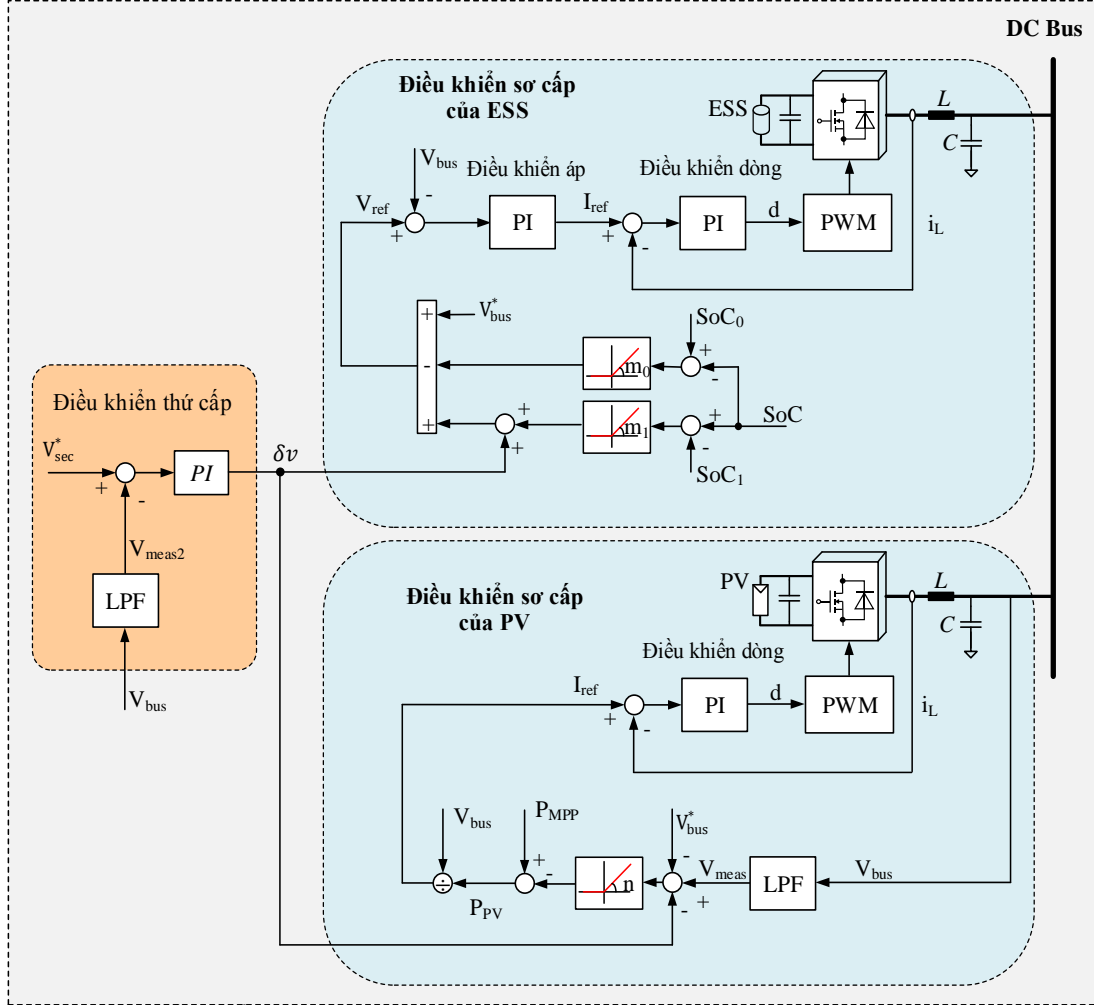
* Tác giả liên hệ

Email: thanhloanbkhn@gmail.com

ESS bắt đầu xả và RES quay lại làm việc tại MPP. Nếu SoC quá thấp, ESS sẽ hạn chế xả công suất để tránh tình trạng xả cạn kiệt của ESS. Do đó hoạt động phối hợp của hệ DC microgrid sẽ được thực hiện thông qua việc điều chỉnh công suất từ ESS và RES tùy theo trạng thái của SoC.

2. Chiến thuật điều khiển phối hợp sơ cấp sử dụng tín hiệu điện áp DC bus

Cấu trúc điều khiển phối hợp giữa RES và ESS dựa trên tín hiệu điện áp bus và trạng thái SoC được trình bày trên Hình 1. Ở đây ESS là khối master được làm việc ở chế độ điều khiển điện áp (voltage control mode – VCM) để điều chỉnh điện áp DC bus. Điện áp DC bus được điều chỉnh phụ thuộc vào trạng thái SoC của khối ESS. Trong khi đó, RES được coi như thành phần slave, làm việc ở chế độ điều khiển dòng điện (current control mode – CCM) để cung cấp công suất cho hệ thống nhiều nhất có thể.



Hình 1. Điều khiển phối hợp giữa RES và ESS dựa trên tín hiệu điện áp bus và trạng thái SoC

3. Điều khiển ESS dựa trên SoC

ESS điều khiển điện áp DC bus dựa trên điều kiện SoC với hai loại: điều khiển với SoC mức cao và SoC mức thấp. Điều khiển với SoC mức cao thuộc vòng điều chỉnh sơ cấp, được xây dựng bằng cách kết hợp ESS và RES như Hình 2. Trong khi điều khiển với SoC mức thấp là sự tổ hợp giữa ESS và tải.

Giá trị điện áp bus được xác định theo ba phạm vi của SoC như sau:

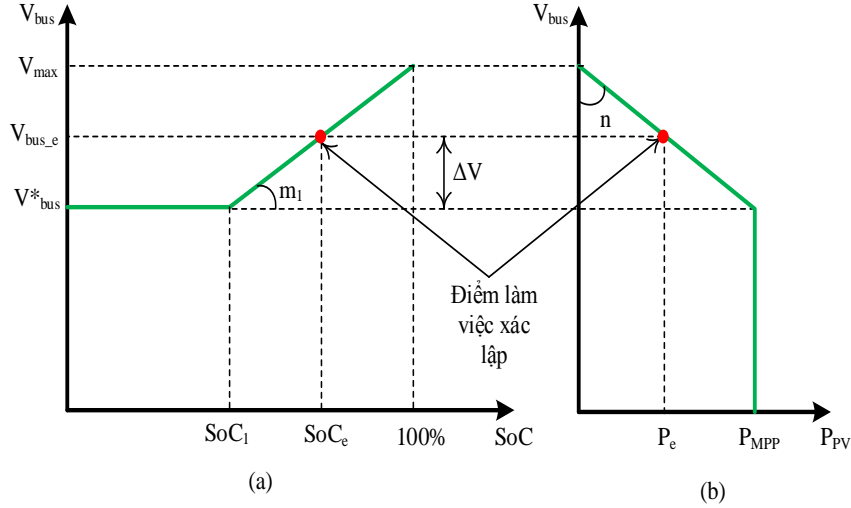
$$\begin{cases} V_{bus} = V_{bus}^* & \text{nếu } SoC_0 \leq SoC \leq SoC_1 \\ V_{bus} = V_{bus}^* + m_1 (SoC - SoC_1) & \text{nếu } SoC > SoC_1 \\ V_{bus} = V_{bus}^* - m_0 (SoC_0 - SoC) & \text{nếu } SoC < SoC_0 \end{cases} \quad (5)$$

Hệ số tăng giảm m_1, m_0 được xác định như sau:

$$m_1 = \frac{V_{max} - V_{bus}^*}{100\% - SoC_1} \quad (2)$$

$$m_0 = \frac{V_{bus}^* - V_{min}}{SoC_0} \quad (3)$$

Trong đó, V_{bus} và V_{bus}^* là điện áp DC bus và điện áp danh định của DC bus tương ứng; V_{max} và V_{min} là ngưỡng điện áp cao và thấp của DC bus; SoC_1 và SoC_0 là ngưỡng cao và thấp của SoC. Trong bài báo này, thiết bị RES (slave) - là tấm pin mặt trời (photovoltaic – PV) được kết nối với một đường DC bus.



Hình 2. Điều khiển phối hợp sơ cấp giữa ESS và PV

Như trên hình 2, khi $SoC_0 \leq SoC \leq SoC_1$, ESS hoạt động như bộ VCM lý tưởng điều chỉnh điện áp đầu ra tại giá trị định mức.

Khi $SoC > SoC_1$, ESS điều khiển điện áp đầu ra tăng dần với độ dốc m_1 để đưa tín hiệu cho PV để giảm lượng công suất phát từ PV. Khi $SoC < SoC_0$, nghĩa là ESS đang ở trạng thái xả cạn, ESS điều khiển điện áp đầu ra của nó giảm dần với độ dốc của m_0 , các tải có mức độ ưu tiên thấp sẽ được cắt bỏ để đảm bảo cân bằng năng lượng.

4. Điều khiển PV dựa trên tín hiệu DC bus

Trong trường hợp SoC cao, giá trị điện áp DC bus được phối hợp để điều khiển PV, như hình 2b. Ở giá trị định mức của điện áp bus, chế độ điều khiển dòng điện thông thường được sử dụng để giữ công suất đầu ra tại điểm công suất cực đại (P_{MPP}). Khi điện áp DC bus tăng liên tục, công suất của PV sẽ bị giảm theo sự tăng của điện áp này theo một độ dốc nhất định (hình 3b). Giá trị điện áp bus phản hồi phản ánh điều kiện SoC của ESS: điện áp phản hồi càng cao thì công suất phát ra của PV càng thấp. Nếu công suất hấp thụ của ESS đủ thấp để duy trì SoC ở ngưỡng SoC_e thì điện áp bus sẽ ổn định tại V_{bus_e} , và công suất từ PV sẽ được giảm xuống giá trị P_e . Công suất phát ra của PV được biểu diễn như sau:

$$\begin{cases} P_{PV} = P_{MPP} & \text{nếu } V_{meas} \leq V_{bus}^* \\ P_{PV} = P_{MPP} - n \cdot (V_{meas} - V_{bus}^*) & \text{nếu } V_{meas} > V_{bus}^* \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Độ dốc được định nghĩa: } n = \frac{P_{MPP}}{V_{max} - V_{bus}^*} \quad (5)$$

$$V_{meas} \text{ là điện áp DC sau khi đã qua bộ lọc thông thấp: } V_{meas} = \frac{1}{\tau s + 1} V_{bus} \quad (6)$$

Trong đó τ là hằng số thời gian của bộ lọc thông thấp.

Giả sử ESS đang làm việc trong giải $SoC_1 < SoC < 100\%$, thay (3) vào (2a) ta có:

$$P_{PV} = P_{MPP} - \frac{n}{\tau s + 1} \cdot V_{bus} + n \cdot V_{bus}^* \quad (7)$$

Kết hợp (1) và (7), công suất đầu ra của PV ở ngưỡng cao SoC là:

$$P_{PV} = P_{MPP} + \frac{n\tau s}{\tau s + 1} \cdot V_{bus} - nm_1 \cdot (SoC - SoC_1) \quad (8)$$

5. Điều khiển phối hợp thứ cấp

Như đã thể hiện trong hình 2, chỉ dựa vào điện áp DC bus có thể điều khiển phối hợp sơ cấp giữa ESS và PV mà không cần tới truyền thông số giữa các khối đó. Do đó hệ thống trở nên đơn giản và tin

cây hơn. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là tạo ra độ lệch điện áp bus ΔV ở trạng thái xác lập. Bộ điều khiển thứ cấp được thêm vào hệ thống nhằm triệt tiêu ΔV và cải thiện chất lượng điện áp DC bus (hình 3).

Hình 3a là đáp ứng thứ cấp của ESS. Khi $SoC < SoC_1$, điện áp bus được điều chỉnh bởi bộ điều khiển sơ cấp. Trong giải $SoC > SoC_1$, đặc tính $V_{bus} - SoC$ được quyết định bởi đáp ứng sơ cấp theo chiều dịch xuống làm cho điện áp DC bus của lưới điện tiến về giá trị định mức. Ta có thể thay đổi điện áp V_{bus} ở công thức (1) bằng cách thêm δV , do đó khi $SoC > SoC_1$, (1) được viết thành:

$$V_{bus} = V_{bus}^* + m_1 \cdot (SoC - SoC_1) + \delta V \text{ nếu } SoC > SoC_1 \quad (9)$$

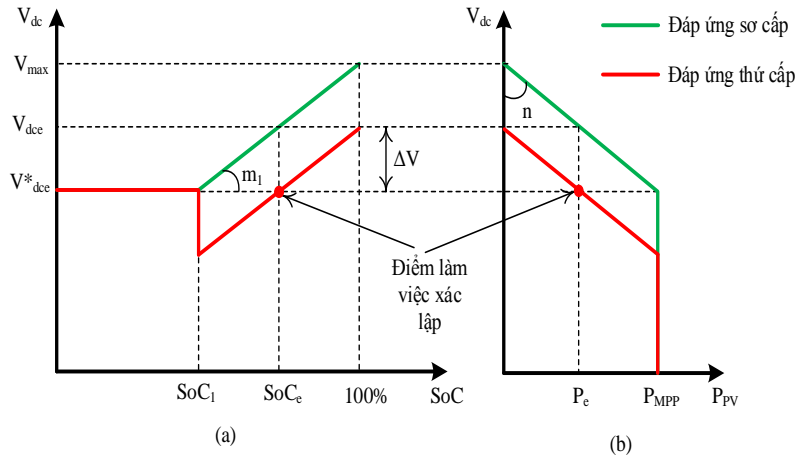
Trong đó δV được tạo thành từ bộ điều khiển thứ cấp sẽ được điều chỉnh bởi bộ điều khiển PI:

$$\delta V = G_{sec}(s) \cdot (V_{sec}^* - V_{meas2}) = \left(k_{psec} + \frac{k_{i sec}}{s} \right) \cdot (V_{sec}^* - V_{meas2}) \quad (10)$$

$$V_{meas2} = \frac{1}{\tau_2 s + 1} \cdot V_{bus} \quad (11)$$

Để duy trì điện áp đầu ra của DC bus ở mức danh định, giá trị điện áp DC bus trong khối PV cũng phải được điều chỉnh phối hợp như thể hiện trên hình 3b. Công suất đầu ra của PV được điều chỉnh như công thức (12).

Thay vì sử dụng V_{bus}^* như là điện áp ngưỡng, ở đây δV được thêm vào cùng V_{bus}^* để điều chỉnh công suất đầu ra của khối PV. Với cách này, sau khi dịch chuyển cả hai đường đặc tính của ESS và PV xuống dưới, điện áp DC bus có thể được điều chỉnh tại giá trị định mức trong trạng thái xác lập ở ngưỡng $SoC > SoC_1$, và đồng thời đảm bảo công suất đầu ra của PV giảm xuống tới ràng buộc cho phép của ESS.



Hình 3. Điều khiển phối hợp thứ cấp giữa ESS và PV

$$\begin{cases} P_{PV} = P_{MPP} & \text{nếu } V_{meas} \leq V_{bus}^* + \delta V \\ P_{PV} = P_{MPP} - n \cdot (V_{meas} - V_{bus}^* - \delta V) & \text{nếu } V_{meas} > V_{bus}^* + \delta V \end{cases} \quad (12)$$

Điều khiển slave mức sơ cấp nhằm điều chỉnh công suất đầu ra của PV theo sự thay đổi của điện áp bus từ khối ESS. Khi điện áp bus lớn hơn giá trị định mức, công suất đầu ra của PV được điều khiển bởi 2a. Quán tính của PV được thiết kế tương ứng với hằng số thời gian của bộ lọc thông thấp và hệ số dốc n như trong 2b. Vì quan hệ của bộ điều khiển PV sơ cấp là $P_{PV} - V_{dc}$, giá trị công suất đặt của PV nên được chuyển sang giá trị dòng điện: $I_{ref} = \frac{P_{PV}}{V_{dc}}$ (13)

Giá trị đặt của dòng điện này có thể được đưa đến vòng điều khiển trong CCM. Trong bộ điều khiển sơ cấp của PV, hằng số thời gian τ nên được chọn lớn hơn nhiều so với thời gian điều chỉnh vòng trong để loại bỏ ảnh hưởng lẫn nhau giữa các vòng điều khiển.

6. Kết quả mô phỏng

Để kiểm nghiệm cấu trúc điều khiển đề xuất, một hệ DC microgrid như hình 1 được xây dựng và mô phỏng trên Matlab-Simulink. Lưới điện ở đây được sử dụng trong chế độ ốc đảo, bao gồm một ESS, một PV, một tải một chiều.

Trong hình 1, các bộ biến đổi điện tử công suất là các bộ DC/DC được sử dụng để nối các nguồn năng lượng với DC bus. Các khối ESS và PV được điều khiển theo chế độ VCM và CCM tương ứng trên toàn bộ giải hoạt động của SoC . Hệ thống đảm bảo tính tin cậy cao khi chỉ sử dụng tín hiệu điện áp DC bus mà không sử dụng bất kỳ truyền thông số nào.

Để đơn giản, ta sử dụng tải hằng số với công suất 140 W. Đáp ứng của hệ thống với các ngưỡng khác nhau của **SoC** như sau:

Hình 4 mô tả kết quả của điều khiển phối hợp giữa ESS, PV và tải khi không có bộ điều khiển thứ cấp.

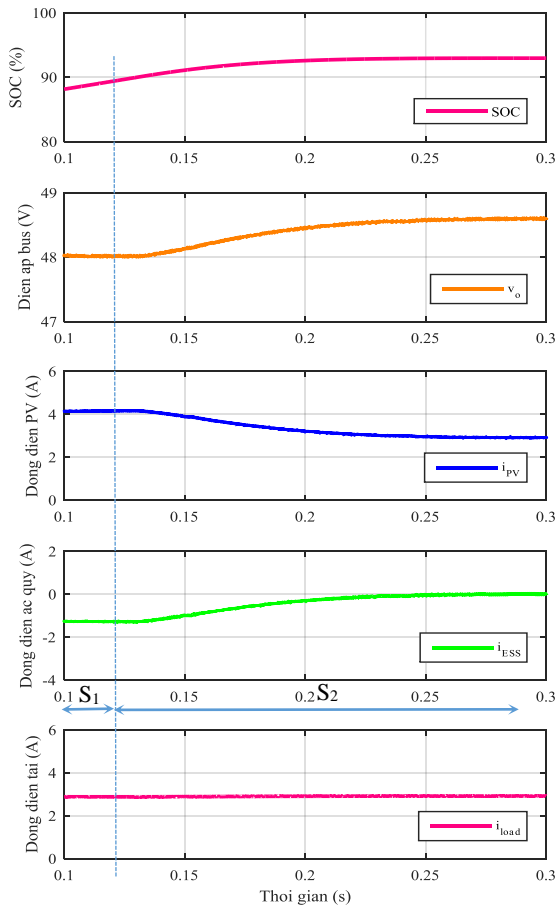
- Khoảng S_1 : ngưỡng **SoC** của ESS (hình 4a) thấp hơn ngưỡng cao 90%. Hệ thống hoạt động ở chế độ bình thường, tại đó PV làm việc tại điểm MPP với công suất đầu ra 200W (hình 4c). Do công suất tải là 140 W (hình 4e) nên công suất dư thừa của PV sẽ được nạp vào ESS (hình 4d). Ở trường hợp này, điện áp bus được giữ cố định tại giá trị định mức 48V (hình 4b).

- Khoảng S_2 : ngưỡng **SoC** bằng ngưỡng cao (90%), bộ điều khiển phối hợp sơ cấp sẽ làm việc. Điện áp bus được nâng lên mức 48.6V bởi ESS. Có thể thấy, ESS được nạp gần đầy nên không có nhu cầu nạp với dòng điện lớn, do đó công suất nạp có thể được giảm về 0 (hình 4e). Để đảm bảo cân bằng năng lượng giữa đầu cấp và đầu tiêu thụ, công suất của khối PV cần được giảm xuống (hình 4c). Tuy nhiên, kết quả cho thấy độ lệch điện áp là 0.6V vì tác động của bộ điều khiển phối hợp sơ cấp.

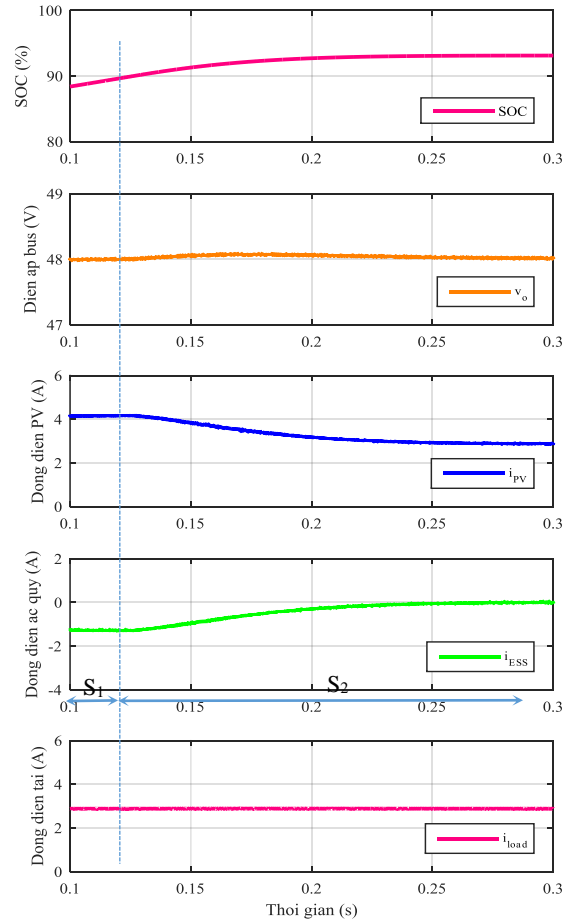
Hình 5 mô tả kết quả của điều khiển phối hợp giữa ESS, PV và tải khi có bộ điều khiển thứ cấp. Khác với kết quả ở hình 4b, kết quả ở hình 5b cho thấy điện áp DC bus được giữ ổn định ở mức danh định 48 V mặc dù SoC vượt ngưỡng cao (90%).

Hình 6 thể hiện kết quả mô phỏng ở trường hợp ngưỡng thấp của **SoC**. Có 2 ngưỡng hoạt động của tải được sử dụng khi mô phỏng.

- Khoảng S_1 : Phía tải tiêu thụ yêu cầu công suất 230W (hình 6e), trong khi đó PV chỉ phát ra công suất 100W (hình 6c). Trong khoảng thời gian này, ESS xả công suất (hình 6d) để bù vào lượng công suất thiếu hụt. Khi đó **SoC** giảm dần theo hình 6a. Do SoC trong khoảng này nhỏ hơn ngưỡng thấp (30%) nên điện áp DC bus cũng giảm dần theo tỷ lệ ở công thức (1). Khi này điện áp DC bus giảm từ 48 V về 46,7 V. Khoảng S_2 : Công suất tải giảm xuống còn 105 W. Do công suất phát của PV là 100 W nên ESS chỉ phải bù một lượng nhỏ để giúp cân bằng giữa công suất phát và công suất tiêu thụ. Khi này SoC của ESS rất nhỏ (khoảng 10%) nên lượng công suất phát ra từ ESS không đủ lớn để nâng điện áp DC bus ở mức danh định. Do vậy điện áp DC bus chỉ ổn định ở mức 46,7 V.



Hình 4. Kết quả khi không có điều khiển thứ cấp



Hình 5. Kết quả khi có điều khiển thứ cấp

7. Kết luận

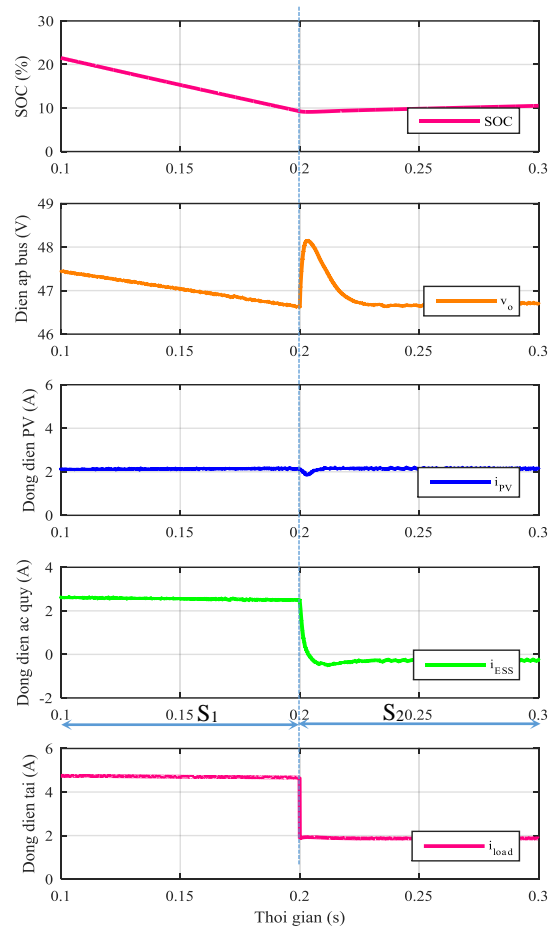
Bài báo đề xuất một cấu trúc điều khiển phối hợp giữa ESS, PV và tải dựa trên tín hiệu điện áp DC bus. Trong mức điều khiển sơ cấp, thành phần ESS thực hiện tạo tín hiệu điện áp bus bằng cách điều chỉnh điện áp bus ở các ngưỡng khác nhau. Bằng phương pháp này, việc điều khiển phối hợp cho lưới điện một chiều ở chế độ ắc đảo được thực hiện ở tất cả các ngưỡng **SoC** khác nhau của ESS. Bộ điều khiển thứ cấp được thêm vào để loại trừ độ lệch điện áp ở chế độ xác lập. Các kết quả mô phỏng từ Matlab cho lưới điện một chiều với các ngưỡng **SoC** đã khẳng định tính đúng đắn của giải pháp được sử dụng trong bài báo.

Tài liệu tham khảo

Dragičević, T., Lu, X., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2016). DC Microgrids #x2014;Part I: A Review of Control Strategies and Stabilization Techniques. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(7), 4876–4891.

Lasseter, R. H. (2002). MicroGrids. In *2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.02CH37309)* (Vol. 1, pp. 305–308 vol.1).

Lotfi, H., & Khodaei, A. (2017). AC Versus DC Microgrid Planning. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 8(1), 296–304.



Hình 6. Kết quả khi thay đổi tải ở SoC thấp

ABSTRACT

Coordinated Control Based on Bus-Signaling for DC Microgrids

Pham Thi Thanh Loan¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Energy storage systems (ESS) in DC microgrids are important components for the system stability. To avoid overcharging or deep discharging of the ESS, the paper proposes a coordinated control strategy with a new control method based on the DC bus voltage according to the different conditions of the state of the charge (SoC). The use of the secondary control which eliminates the voltage deviation caused by the primary control is also presented in the paper. The algorithms and methods of implementing the controller based on the bus voltage signal as well as the feasibility of the proposed solution are validate by real-time simulation results for a DC microgrid system with the different cases.

Keywords: DC microgrid, Primary control, Secondary Control, energy storage systems, renewable energy

Mô phỏng điều khiển kích từ máy phát cho hệ truyền động điện máy xúc EKG bằng chỉnh lưu Thyristor

Khổng Cao Phong^{1,*}, Lưu Hồng Quân²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, ² Trường Đại học công nghệ Đồng Nai

TÓM TẮT

Máy xúc điện EKG được sử dụng ở nước ta hiện nay hầu hết vẫn sử dụng hệ thống truyền động Máy phát – Động cơ (hệ Ward Leonard) với bộ điều khiển dùng khuếch đại từ. Tuy nhiên trong xu hướng phát triển của thế giới các hệ truyền động máy xúc này đang được thay thế bằng các hệ Bộ biến đổi điện tử công suất – Động cơ. Nội dung bài báo thực hiện việc phân tích nguyên lý hoạt động của hệ truyền động điện máy xúc EKG hiện tại ở nước ta và nghiên cứu phương án cải tạo hệ truyền động máy xúc với bộ điều chỉnh kích từ máy phát bằng chỉnh lưu thyristor thay thế cho bộ khuếch đại từ. Mô hình mô phỏng của hệ thống với phương án nghiên cứu được thực hiện trên Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng cho thấy khả năng, ưu điểm của việc thực hiện điều khiển hệ thống với bộ chỉnh lưu thyristor; Mô hình mô phỏng có thể sử dụng để phân tích các vấn đề điều khiển máy xúc với bộ chỉnh lưu thyristor để tìm các giải pháp làm cơ sở để nghiên cứu triển khai thử nghiệm thực tế.

Từ khóa: Máy xúc điện EKG; Matlab Simulink; Điều khiển truyền động điện; Hệ máy phát động cơ.

Đặt vấn đề

Máy xúc là phương tiện có vai trò hết sức quan trọng trong lĩnh vực xây dựng cơ sở hạ tầng cũng như trong công nghiệp khai khoáng. Từ những thế hệ máy xúc thủy lực đầu tiên xuất hiện năm 1882 (ritchiewiki.com), máy xúc đã được các nhà sản xuất liên tục nghiên cứu phát triển và sử dụng cho đến ngày nay. Đến khoảng những năm 1900 thì một số dạng truyền động điện đã được đưa vào sử dụng trong máy xúc và đến năm 1925 thì hệ thống truyền động máy phát - động cơ (Ward Leonard) được đưa vào sử dụng cho hầu hết các cơ cấu truyền động của máy xúc điện (Ylitolva, 2011). Từ đó cho tới nay các hệ thống máy xúc được với hệ thống truyền động Ward Leonard được phát triển và ứng dụng rất nhiều các máy xúc điện được nhập khẩu từ Liên xô cũ và Nga hiện nay với hệ thống truyền động điện Ward Leonard.

Cùng với sự phát triển của lĩnh vực điện tử công suất và kỹ thuật vi xử lý, ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất vào trong điều khiển truyền động điện nói riêng cũng như trong điều khiển truyền động điện máy xúc nói chung đang là xu hướng được các công ty, các nhà nghiên cứu thực hiện trong khoảng 20 năm trở lại đây. Việc ứng dụng điện tử công suất và số hóa cho các hệ truyền động Ward Leonard cũng nằm trong xu hướng này (F. Vaccaro, M. Janusz, K. Kühn, 1992). Nhiều ứng dụng triển khai đã được thực hiện với việc sử dụng bộ biến đổi điện tử công suất thay thế một phần hay toàn bộ phần điều khiển truyền động (Rathmann, 2009). Trong các nghiên cứu ứng dụng đó có việc nghiên cứu đề xuất thay thế các mạch kích từ cho hệ thống truyền động Ward Leonard trên máy xúc bằng các chỉnh lưu thyristor và băm xung áp một chiều dùng IGBT (ABB, 1999) (Enkhbayar, 2015) (TMGEIC, 2009). Ở Việt Nam vào đầu những năm 2000 một số công ty khai thác mỏ cũng đã nhập các thế hệ máy xúc EKG-10 với các hệ thống truyền động sử dụng chỉnh lưu Thyristor và hệ thống điều khiển dùng vi điều khiển PIC (Nguyễn, 2010).

Số lượng máy xúc điện EKG sử dụng hệ thống truyền động Ward Leonard ở nước ta hiện nay còn khá lớn. Trong đó, hầu hết các máy xúc này đều có trạng thái cơ khí tương đối tốt, tuy nhiên hệ thống điều khiển truyền động (chủ yếu dùng khuếch đại từ) đã lỗi thời hiệu quả làm việc thấp (Phong, Khong; Quan, Luu, 2016). Để tận dụng số lượng máy xúc này thì việc cải tạo hệ thống truyền động điện như trong các đề xuất (Enkhbayar, 2015) (TMGEIC, 2009) (Phong, Khong; Quan, Luu, 2016) là mang tính khả thi. Tuy nhiên để có thể triển khai áp dụng vào thực tế các máy xúc điện hiện nay đòi hỏi phải có sự nghiên cứu tìm hiểu và nắm vững được đặc điểm của hệ thống hiện tại. Do đó trong nội dung bài báo này các tác giả thực hiện việc tìm hiểu và xây dựng mô hình mô phỏng cho hệ truyền động máy xúc điện hiện tại với bộ

* Tác giả liên hệ

Email: khongcaophong@humg.edu.vn

chính lưu thyristor thay thế cho khuếch đại từ; đưa ra cấu trúc điều khiển thực hiện đặc tính máy xúc. Mô hình mô phỏng sẽ hỗ trợ trong việc nghiên cứu khả năng triển khai cũng như thử nghiệm các thuật toán điều khiển.

Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Yêu cầu truyền động và hệ thống truyền động máy xúc EKG

a. Yêu cầu truyền động máy xúc

Theo (Wikipedia), ở máy xúc điện, các cơ cấu truyền động chính bao gồm:

- Cơ cấu nâng hạ: dùng để điều khiển kéo tay gầu di chuyển lên theo phương thẳng đứng;
- Cơ cấu vào ra: dùng để di chuyển tay gầu theo phương ngang;
- Cơ cấu quay và di chuyển: dùng để xoay máy xúc từ vị trí xúc tới vị trí xả tải hoặc tạo truyền động cho bánh xích di chuyển vị trí máy xúc;
- Cơ cấu đóng mở đáy gầu: dùng để đóng mở gầu để xúc và xả tải.

Trong đó thường thì ba cơ cấu đầu thực hiện việc phối hợp với nhau để thực hiện các chu kỳ xúc của máy gồm: Xúc; quay; xả tải; chờ về. Với đặc điểm làm việc của máy xúc là liên tục thay đổi tải trọng và thường xuyên gặp phải các trường hợp tải vượt quá giới hạn làm việc đòi hỏi các hệ truyền động của máy xúc phải có khả năng tự bảo vệ trong các trường hợp này. Đặc tính làm việc này của máy xúc được thể hiện như trên *Hình 1* (DCS, 2009) (Nguyễn, 2010). Trên đặc tính đó xác định các giới hạn về cơ và điện của động cơ và máy phát. Hệ thống điều khiển phải phối hợp với nhau để hệ truyền động hoạt động trong giới hạn cơ và điện này. Đặc tính được chia làm các vùng làm việc như sau:

Vùng 1: là vùng động cơ làm việc tự do trong giới hạn thông số điện là điểm công suất làm việc cực đại cho phép (tương ứng với điện áp giới hạn của máy phát và động cơ). Trong vùng này điện áp và dòng điện của động cơ thường nằm trong giới hạn định mức cho phép.

Vùng 2: là vùng khi dòng điện vượt quá giá trị định mức (khoảng 58% của dòng điện cắt I_c), lúc này hệ thống điều khiển phải thực hiện điều chỉnh giảm điện áp máy phát để đảm bảo công suất không vượt quá giới hạn cho phép. Nếu dòng điện phản ứng của máy phát và động cơ tiếp tục tăng đến giới hạn (I_c) thì hệ thống thực hiện điều khiển gim giá trị dòng tại đây. Trong vùng làm việc này để tránh hiện tượng quá nhiệt của động cơ thì giá trị dòng điện hiệu dụng theo chu kỳ 5 phút không được vượt quá giá trị dòng định mức của động cơ.

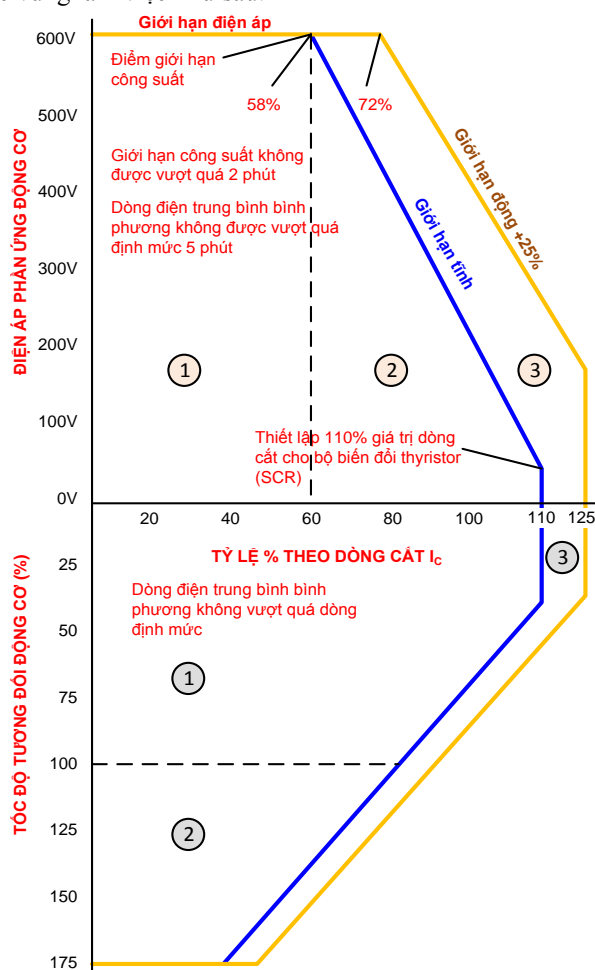
Vùng 3: là vùng giới hạn động là vùng cho phép làm việc quá công suất 25% so với vùng giới hạn công suất tĩnh. Tương ứng với vùng giới hạn động thì khi dòng điện vượt quá giá trị 72% so với dòng điện cắt hệ thống sẽ thực hiện điều chỉnh giảm giới hạn điện áp để đảm bảo giới hạn công suất không quá 125% giá trị cho phép. Thời gian làm việc quá công suất của hệ thống cũng không được vượt quá 2 phút.

Bên phía đặc tính cơ – điện của hệ truyền động cũng được chia thành 3 vùng.

Vùng 1: là vùng làm việc với từ thông động cơ định mức với tốc độ làm việc tối đa là 100% tốc độ định mức. Trong vùng làm việc này động cơ làm việc với giới hạn điện như trình bày ở trên.

Vùng 2: là vùng làm việc trên tốc độ định mức (100-175%) bằng việc điều chỉnh giảm kích từ động cơ. Trong vùng này động cơ làm việc với giới hạn dòng điện hiệu dụng của động cơ bằng dòng định mức.

Vùng 3: là vùng làm việc với giới hạn vượt quá giới hạn tĩnh 25%.



Hình 1. Giới hạn cơ – điện của hệ truyền động máy xúc

Xác định cấu trúc hệ thống điều khiển truyền động điện thay thế cho máy xúc EKG

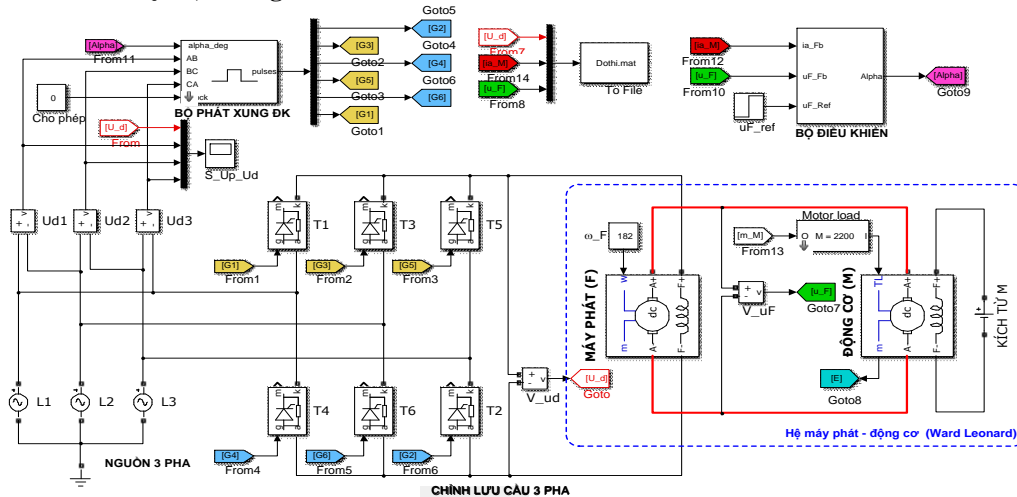
Để có thể nghiên cứu các tính chất của hệ thống điều khiển truyền động Ward Leonard với kích từ bằng chỉnh lưu thyristor, mô hình mô phỏng như trên *Hình 3* được nhóm tác giả xây dựng. Mô hình được xây dựng để khảo sát khả năng điều khiển hệ thống ở chế độ làm việc nâng tải với tốc độ dưới tốc độ định mức. Trong mô hình này gồm có máy phát và động cơ được sử dụng có thông số kỹ thuật gần tương đương công suất của máy phát, động cơ trên máy xúc EKG-8N với thông số kỹ thuật cơ bản như sau:

- + Công suất định mức (P_{dm}): 250HP (190kW)
- + Điện áp định mức (U_{dm}): 500V
- + Tốc độ quay định mức (n_{dm}): 1750v/ph
- + Kích từ định mức (U_{kt}): 300V

Trong đó động cơ điện một chiều được điều chỉnh mô men quán tính có tính tới chuyển động của gầu xúc và vật liệu theo công thức bảo toàn động năng (1). Khi đó động năng của gầu xúc và vật liệu khi chuyển động nâng sẽ có động năng tương đương với động năng của vật có mô men quán tính quy đổi quay với tốc độ động cơ:

$$J_{qd} \frac{\omega_d^2}{2} = m_g \frac{v_g^2}{2} \Rightarrow J_{qd} = m_g \frac{v_g^2}{\omega_d^2} \quad (1)$$

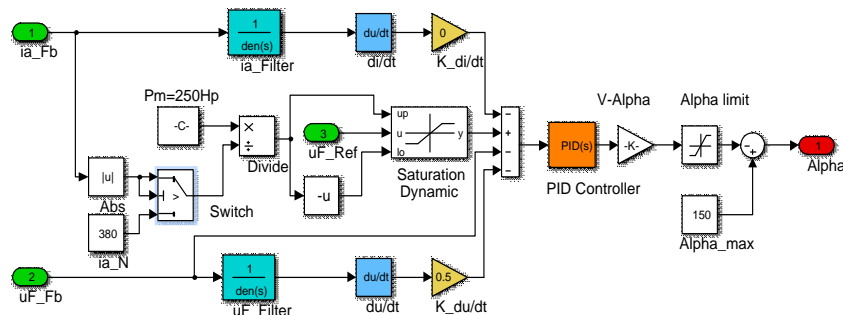
Trong đó: khối lượng gầu và vật liệu được xác định trung bình là $m_g=10000\text{kg}$; vận tốc nâng của gầu tối đa là $v_g=0,95\text{m/s}$; tốc độ quay động cơ quy đổi về tốc độ góc $\omega_d=83,7\text{rad/s}$. Mô men quán tính quy đổi xác định được là $J_{qd}=1,2882\text{kgm}^2$.



Hình 3. Mô hình mô phỏng hệ thống điều khiển

Kích từ của động cơ được cấp bởi một nguồn áp bằng điện áp định mức cố định (chế độ làm việc nâng tải, tốc độ động cơ trong vùng định mức). Kích từ của máy phát được cấp bởi chỉnh lưu cầu ba pha thyristor. Các van thyristor được điều khiển bởi bộ phát xung dựa vào tín hiệu đồng pha và góc điều khiển alpha được tính toán và điều chỉnh bởi bộ điều khiển.

Bộ điều khiển thực hiện nhận các tín hiệu từ hệ thống bao gồm tín hiệu điều khiển điện áp máy phát uF_ref ; tín hiệu phản hồi điện áp máy phát u_F ; tín hiệu phản hồi dòng điện phần ứng động cơ và máy phát được lấy từ tín hiệu ra của động cơ ia_M . Dựa vào các tín hiệu này bộ điều khiển được xây dựng để thực hiện các đặc tính yêu cầu của máy xúc như đã đề cập ở 0. Cấu trúc của bộ điều khiển được trình bày trên *Hình 4*.



Hình 4. Mô hình mô phỏng bộ điều khiển cho hệ thống truyền động máy xúc

Cấu trúc bộ điều khiển được nhóm tác giả xây dựng dựa trên phân tích yêu cầu của đặc tính máy xúc và cấu trúc của bộ điều khiển khuếch đại từ trên máy xúc EKG. Trong đó tín hiệu điều khiển chủ đạo là tín hiệu đặt của điện áp máy phát u_F_Ref . Tín hiệu này được so sánh với tín hiệu phản hồi điện áp u_F_Fb để điều chỉnh góc điều khiển alpha. Để tạo ra tín hiệu góc điều khiển alpha phù hợp thì giá trị điều chỉnh điện áp được biến đổi thành góc điều khiển tương ứng. Với góc điều khiển từ $0-90^\circ$ thì điện áp bị điều chỉnh từ 500-0V nên hệ số tỉ lệ V-Alpha được xác định bằng 90/500. Bộ giới hạn góc điều khiển alpha nhằm đảm bảo góc điều khiển không vượt quá góc điều khiển cho phép với chỉnh lưu thyristor.

Nhằm nâng cao độ cứng đặc tính cơ của hệ trong vùng điều khiển định mức nhóm tác giả sử dụng bộ điều khiển PID để điều chỉnh giá trị điện áp máy phát.

Để đảm bảo động cơ làm việc với công suất nằm trong giới hạn định mức khi dòng điện vượt quá giá trị định mức (58% của dòng điện cắt) theo yêu cầu của đặc tính máy xúc, trong bộ điều khiển thực hiện cấu trúc giới hạn điện áp điều khiển cho máy phát u_{F_ref} như ở (2).

$$\begin{cases} \text{if } |i_{a_Fb}| > i_{a_N} \text{ then } -\frac{P_N}{i_{a_N}} \leq u_{F_ref} \leq \frac{P_N}{i_{a_N}} \\ \text{else } -\frac{P_N}{i_{a_Fb}} \leq u_{F_ref} \leq \frac{P_N}{i_{a_Fb}} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó: i_{a_Fb} là tín hiệu dòng điện phản hồi từ động cơ; i_{a_N} là dòng điện định mức động cơ; P_N là công suất định mức của động cơ.

Để tạo các phản hồi âm mềm dòng điện và điện áp như các cuộn KĐ4, KĐ5 trong bộ điều khiển dùng khuếch đại từ của máy xúc EKG, bộ điều khiển sử dụng các phản hồi âm giá trị đạo hàm của tín hiệu điện áp và dòng điện động cơ (i_{a_Fb} , u_{F_Fb}). Tuy nhiên các đạo hàm này có đáp ứng rất mạnh với nhiễu của hệ thống do việc đóng cắt của các van thyristor làm cho chất lượng điều khiển không đảm bảo (khi thực hiện với mô hình mô phỏng). Trong thực tế các phản hồi mềm này được sử dụng để chống lại các dao động dòng và áp do hàm truyền đặt của hệ thống thay đổi mạnh với các vị trí của gầu xúc và các dao động cơ khí của hệ thống gây ra trong quá trình làm việc. Các dao động này thường có tần số dao động thấp (vài Hz). Vì vậy để loại bỏ các tác động của nhiễu trong cấu trúc điều khiển, bộ lọc thông thấp bậc nhất. Tần số cắt (f_c) được lựa chọn cho bộ lọc thông này là 5Hz do đó hằng số thời gian của bộ lọc được xác định bởi (3).

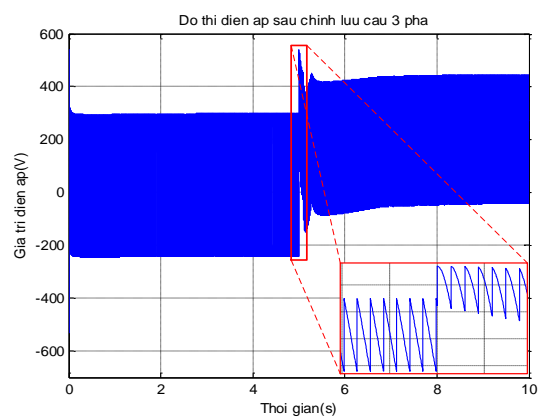
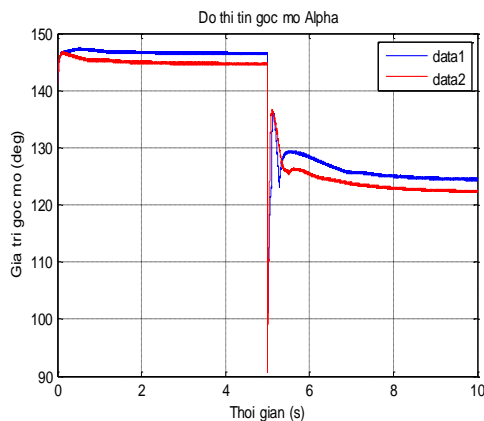
$$\tau = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{10\pi} = 0,0318 \quad (3)$$

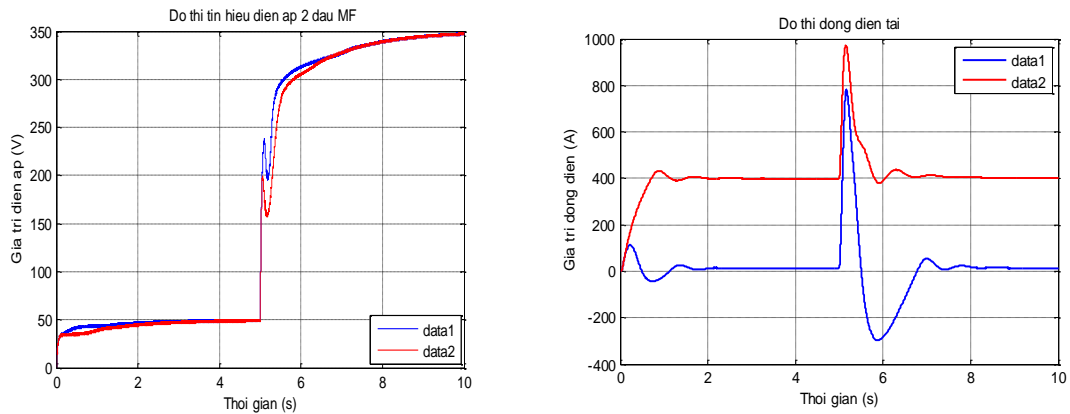
Hệ số phản hồi âm mềm dòng điện và điện áp được điều chỉnh bởi các bộ khuếch đại $K_{di/dt}$ và $K_{du/dt}$.

Kết quả mô phỏng và thảo luận

Để kiểm tra khả năng điều khiển với bộ điều khiển kích từ bằng chỉnh lưu thyristor, đầu tiên việc kiểm tra khả năng điều khiển và ổn định điện áp được mô phỏng. Trong đó điện áp đặt ban đầu là 50V và được tăng lên 350V sau 5s. Giá trị tải đặt vào với 2 trường hợp: Động cơ chạy không tải; Động cơ chạy với tải xấp xỉ định mức (1000Nm).

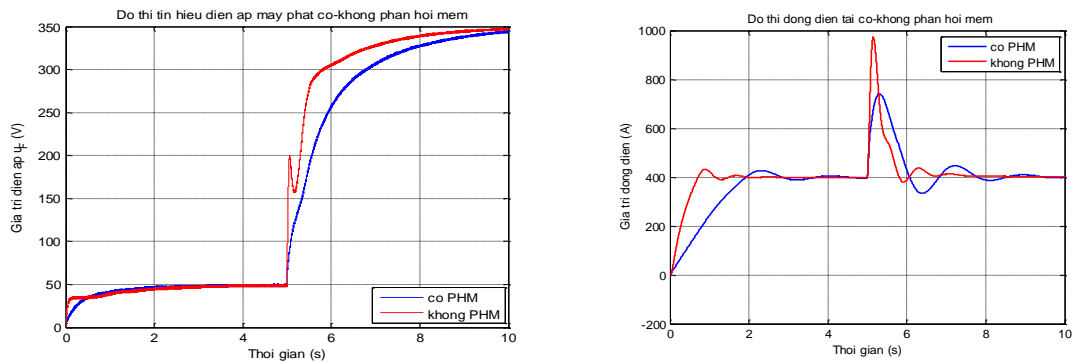
Kết quả mô phỏng được thể hiện trên Hình 5 với các đồ thị: Góc điều khiển chỉnh lưu (Alpha); Điện áp đầu ra chỉnh lưu (u_d); Điện áp đầu ra máy phát (u_F); Dòng điện phản ứng động cơ (i_a). Các đường đồ thị màu xanh (data 1) là kết quả khi động cơ không có tải và đường đồ thị màu đỏ (data 2) là kết quả khi động cơ mang tải.





Hình 5. Các kết quả mô phỏng với: Động cơ không tải (xanh); Động cơ có tải định mức (đỏ)

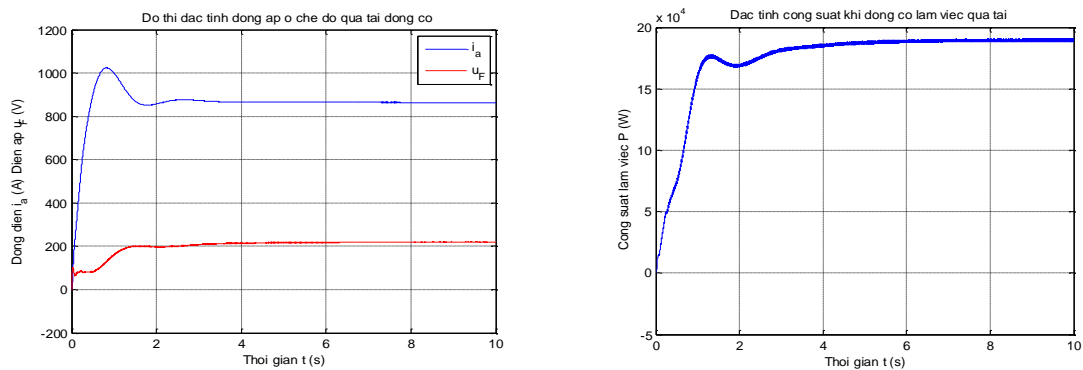
Các kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống điều khiển truyền động máy xúc với bộ kích từ chỉnh lưu thyristor có khả năng đáp ứng được yêu cầu ổn định điện áp máy phát tạo được độ cứng đặc tính cơ trong vùng làm việc định mức.



Hình 6. Khảo sát đặc tính của các phản hồi mềm điện áp và dòng điện

Để khảo sát tác dụng của các phản hồi mềm điện áp và dòng điện, các hệ số phản hồi mềm trong bộ điều khiển được lần lượt thiết lập với các giá trị là: 0,5 cho phản hồi mềm điện áp; 0,1 cho phản hồi dòng điện. Kết quả mô phỏng được thể hiện trên Hình 6 với đường màu đỏ là chưa có phản hồi mềm và đường màu xanh là khi có phản hồi mềm. Kết quả mô phỏng cho thấy phản hồi mềm có tác dụng chống lại các biến thiên đột ngột của điện áp, dòng điện trên hệ thống, giảm các giá trị dòng đỉnh. Tuy nhiên các phản hồi này cũng làm đáp ứng của hệ thống chậm hơn.

Để kiểm tra khả năng thực hiện đặc tính khi quá dòng của động cơ ở mô phỏng tiếp theo thực hiện cho động cơ làm việc quá tải với mô men cần là 2000Nm. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trên Hình 7 với: Đồ thị dòng điện, điện áp động cơ, máy phát và Đồ thị công suất tiêu thụ của hệ. Kết quả mô phỏng cho thấy khi gặp tải nặng ($i_a > 58\% I_c$) hệ thống tự điều chỉnh giảm điện áp để đảm bảo công suất không vượt quá P_{dm} . Do đó với giá trị điện áp đặt là 350V nhưng khi quá tải điện áp bị điều chỉnh giảm xuống khoảng 200V và công suất duy trì trong khoảng 190kW (250Hp).



Hình 7. Đặc tính dòng, áp, công suất động cơ khi quá tải

Kết luận

Bằng việc nghiên cứu các yêu cầu của truyền động điện máy xúc theo xu hướng hiện đại kết hợp với việc phân tích hệ thống điều khiển truyền động điện cũ trên máy xúc EKG, bài báo đã đề xuất cấu trúc điều khiển truyền động mới với kích từ máy phát dùng chỉnh lưu thyristor. Mô hình đề xuất đã được mô phỏng để kiểm chứng bằng Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng cho thấy với cấu trúc có thể thay thế cho bộ điều khiển dùng khuếch đại từ thực hiện các khả năng:

- + Điều chỉnh ổn định điện áp tạo đặc tính cơ có độ cứng tốt trong vùng làm việc với dòng điện dưới định mức;

- + Có khả năng mềm hóa đặc tính dòng điện điện áp để giảm hiện tượng dao động;

- + Thực hiện hệ thống mềm hóa của máy xúc khi dòng làm việc

Cấu trúc mô hình nếu được triển khai sẽ gọn hơn so với hệ thống điều khiển cũ, giảm thiểu các việc đấu nối dây khi kết hợp với các bộ điều khiển điện tử và điện tử số hiện đại.

Để có thể triển khai cấu trúc vào cải tạo cho các máy EKG hiện tại thì các nội dung nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện là:

- + Xây dựng mô hình và mô phỏng với hệ điều khiển đầy đủ bao gồm cả đảo chiều và điều chỉnh kích từ động cơ để hệ làm việc trên tốc độ định mức.

- + Xây dựng cấu trúc để thực hiện ghim dòng làm việc tại giá trị cắt I_c .

- + Xác định thuật toán tính và bảo vệ hệ thống theo giá trị hiệu dụng theo thời gian.

- + Triển khai thử nghiệm hệ thống với mô hình thực.

Tài liệu tham khảo

ABB. (1999). *Revamp of an Electric shovel with variable frequency drives in IGBT technology*. Pena Colorada, Mexico: ABB project report.

DCS, D. &. (2009). Excavator electrical control system: Safety enhancements of digital drive regulator controls. *Presentation*. USA: MEMSA.

Enkhbayar, G. (2015). RESEARCH BY IMPROVING THE EFFICIENCY. *ПОКОЛЕНИЕ БУДУЩЕГО: Взгляд молодых ученых*, (pp. 196-199). Кypск.

F. Vaccaro, M. Janusz, K. Kühn. (1992). Digital Control of a Ward Leonard Drive. *AFRICON'92 Proceedings*, (pp. 123-127). Ezulwini Valley, Swaziland, Swaziland : IEEE.

Nguyễn, L. (2010). Xây dựng bộ điều khiển truyền động cho máy xúc EKG - 10. Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam: Đại học Mỏ - Địa chất.

Phong, Khong; Quan, Luu. (2016). A suggestion for renovating main drive system of electric shovel excavators - EKG in Vietnam mining industry. *International Conference on Advances in Electro-mechanics for Mining and Geo-resources Development*. Hanoi, Viet Nam: HUMG.

Rathmann, B. (2009). *Refurbishment of the electrical installation of EKG 5A shovel excavator in Karsdorf, Germany*. Cottbus, Germany: ABB Special print.

ritchiewiki.com. (n.d.). Retrieved from Hydraulic Excavator: http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Hydraulic_Excavator

TMGEIC. (2009). DC-EXX IGBT Exciter-Based MG Set excavator drive overview and field experience. *Annual meeting Clearwater Florida*. Florida: MEMSA.

V.Q Hồi, N.V Chất, N. T. L. Anh. (1999). *Trang bị điện - điện tử máy công nghiệp dùng chung*. Hà Nội: Nhà xuất bản giáo dục.

Wikipedia. (n.d.). Retrieved 08 03, 2018, from Power shovel: https://en.wikipedia.org/wiki/Power_shovel

Ylitolva, K. (2011). *WARD LEONARD CONTROL SYSTEM. Thesis*. Achen, Achen, Germany: Hochschule Achen, CENTRAL OSTROBOTHNIA, UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES.

ABSTRACT

Simulate rope shovel EKG drive control with thyristor rectifier for generator excitation

Khong Cao Phong¹, Luu Hong Quan²

¹ Hanoi University of Mining and Geology, ² Dongnai University

EKG rope shovels have been imported and use in Vietnam since 1960s with Ward Leonard and magamp drive system. In the trend of electric rope shovel technique, the drive systems are replaced by

power electronic converters. This paper give a suggestion for obsolate drives of old EKG shovels. That is using thyristor rectifier instead of magnetic amplifier in order to control excitation of the generator. The working principle of EKG rope shovel and modern excavator characteristic is analysis to implemented in the suggesting system. A Matlab simulink model was used to verify the control agorithm. The simulation results show that the thyristor rectifier can work with the shovel system. The simulation model can be used to analysis the control problems before implementing the suggested system in reality.

Keywords: Electric rope shovel EKG, Matlab Simulink; Control of drive; Ward Leonard system.

Nghiên cứu chế tạo nguyên mẫu thiết bị thử nổ phá hủy bằng xung điện

Khổng Cao Phong^{1,*}, Đào Hiếu¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Xung dòng điện với dòng điện lớn giải phóng trong thời gian ngắn có thể tạo ra các vụ nổ. Ưu điểm của các dạng nổ này là dễ dàng khống chế được mức năng lượng, tạo ra các vụ nổ phù hợp, giảm bớt các chấn động ảnh hưởng tới các công trình xung quanh. Do đó nổ bằng xung điện đã được nghiên cứu và phát triển mạnh ở nhiều nước trên thế giới. Nội dung bài báo trình bày việc nghiên cứu chế tạo nguyên mẫu thiết bị nổ bằng xung điện dùng để nghiên cứu thử nổ ở quy mô phòng thí nghiệm. Kết quả thu được là thiết bị nổ xung điện với điện áp lên tới 900V, có khả năng điều chỉnh năng lượng nổ tới 1500J. Các vấn đề thiết kế, thử nghiệm của thiết bị sẽ được trình bày trong nội dung bài báo.

Từ khóa: Xung dòng điện; Thiết bị nổ điện; Nổ plasma; Thiết bị thử nổ

1. Đặt vấn đề

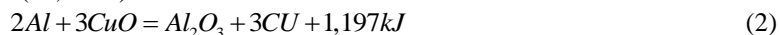
Dòng điện khi được giải phóng trong một thời gian ngắn (xung dòng điện) trong một vùng khí có thể gây ion hóa chất khí đó và hình thành một vùng plasma. Khi vùng plasma được hình thành sẽ gây giãn nở mạnh vùng khí xung quanh giải phóng năng lượng tạo ra hiện tượng nổ. Các xung dòng điện cũng có thể mang năng lượng với công suất lớn đủ khả năng phá vỡ hoặc làm biến dạng liên kết của các vật liệu. Với đặc điểm đó của xung dòng điện, nhiều nghiên cứu ứng dụng tác dụng của xung dòng điện đã được nghiên cứu và áp dụng vào trong thực tế.

Với khả năng phá vỡ liên kết của các phân tử của các loại vật liệu, xung điện công suất lớn được nghiên cứu sử dụng trong việc phá vỡ cấu trúc của các khối đá như ở trong các nghiên cứu của (V.A. Vizir, B. M. Kovalchuk, A.V. Kharlov, E.V. Kumpyak, V.V. Chervyakov, N.G. Shubkin, N.V. Tsoy, V.B. Zorin, V.N. Kiselev, and V.V. Chupin, 2010) (VOITENKO Nikita, YUDIN Artem, 2016) hay trong báo cáo của (Milles, 2015). Hay nghiên cứu sử dụng xung điện để phân tách các khoáng trong mạch đá mẹ (S.H. Cho and B. Mohanty, M. Ito, Y. Nakamiya and S. Owada, S. Kubota, Y. Ogata, A. Tsubayama, M. Yokota and K. Kaneko, 2006).

Năng lượng công suất lớn của xung dòng điện cũng được nghiên cứu để kích thích trong các phản ứng nổ kim loại như phản ứng nổ nhôm với nước (Al/H₂O).



Trong đó năng lượng E được xác định khoảng 7,5MJ/kg (hơn hai lần so với thuốc nổ công nghiệp). Hay phản ứng giữa nhôm với đồng oxit (Al, CuO).



Các phản ứng nổ này đang được đánh giá là có khả năng thay thế cho các loại thuốc nổ truyền thống với các ưu điểm: không gây tiếng ồn; không gây ô nhiễm không khí; giá thành thấp; độ an toàn cao; dễ dàng xác định và khống chế năng lượng nổ. Hướng nghiên cứu này được thể hiện trong (M. Loeffler, H.A. Wieland, 2001). Bên cạnh việc nghiên cứu các ứng dụng nổ kim loại cũng đã được thương mại hóa bởi các công ty trong hiệp hội nghiên cứu về nổ Plasma của Hàn quốc (KAPRA & ASSOCIATES, 2017).

Trong lĩnh vực sản xuất bột nano, các xung điện công suất lớn được sử dụng để phân rã các dây kim loại thành các hạt kim loại cỡ nhỏ (nano) trong các môi trường khác nhau. Các nghiên cứu này có thể nói đến: Nghiên cứu chế tạo bột nano bằng phương pháp nổ dây dẫn trong môi trường khí gas (Zou Xiao-Bing, Mao Zhi-Guo, Wang Xin-Xin, and Jiang Wei-Hua, 2013); Sản xuất bột nano bằng nổ dây dẫn và sản xuất bột nano ứng dụng trong môi trường (Nazarenko, 2007) (O.B. Nazarenko, A.P. Ilyin, 2008); Sản xuất bột nano bằng dây nhôm trong môi trường chân không (G. S. Sarkisov, S. E. Rosenthal, K. R.

* Tác giả liên hệ

Email: khongcaophong@humg.edu.vn

Cochrane, K. W. Struve, C. Deeney, and D. H. McDaniel, 2005). Các xung điện plasma liên tục cũng được sử dụng để phá vỡ các cấu trúc kim loại của phôi trong các máy cắt dây thực hiện việc gia công theo chương trình với độ chính xác cao.

Một ứng dụng khác của xung điện công suất lớn là dùng năng lượng của xung điện để gia nhiệt tức thời cho vật liệu kim loại. Với nhiệt lượng đó, các vật liệu kim loại bị giảm độ cứng dễ dàng cho việc gia công tạo hình dạng mong muốn (P SARKARA, S CHATURVEDI, RAJ KUMAR, RAJESH KUMAR, D LATHI, A SHYAM and J SONARA, 2000).

Cùng với các nghiên cứu ứng dụng thì các nghiên cứu chế tạo các thiết bị cũng như việc đo đạc và kiểm chế các xung điện công suất lớn cũng được các nhóm nghiên cứu trên thế giới triển khai thực hiện. Với các giải pháp chủ yếu là thực hiện tích trữ năng lượng điện vào một hệ thống tụ điện dung lượng lớn và giải phóng nhanh trực tiếp qua các vật thể hoặc thông qua máy biến áp tăng áp (VOITENKO Nikita, YUDIN Artem, 2016).

Qua các thông tin đã trình bày ở trên cho thấy, xung điện công suất lớn được nghiên cứu ứng dụng vào trong rất nhiều lĩnh vực nhờ khả năng giải phóng năng lượng trong thời gian ngắn (công suất cao). Các nhóm nghiên cứu trên thế giới vẫn tiếp tục thực hiện các nghiên cứu nhằm tối ưu cho việc chế tạo các thiết bị phát xung công suất lớn hay nghiên cứu ứng dụng đặc tính của xung điện công suất lớn trong thực hiện các tác vụ đặc biệt.

Trong các nghiên cứu về tác động của nổ mìn thì việc nghiên cứu về tác động phá hủy các kết cấu đất đá, công trình là hết sức cần thiết. Các nghiên cứu này cho phép xác định được các vị trí tác động, năng lượng nổ hợp lý để phá vỡ các kết cấu vật liệu có độ cứng và biến dạng khác nhau nhằm nâng cao hiệu quả, giảm giá thành cho công tác nổ mìn trong thực tế. Tuy nhiên việc thực hiện các thí nghiệm này trong điều kiện phòng thí nghiệm thông thường ở các trường học như ở các phòng thí nghiệm Bộ môn khai thác lộ thiên Trường đại học Mở - Địa chất, Viện Xây dựng các công trình đặc biệt Đại học Lê Quý Đôn là hết sức khó khăn. Sự khó khăn này nằm trong việc quản lý các vật liệu cháy nổ đòi hỏi phải có các hệ thống trang thiết bị bảo quản và có sự kiểm tra giám sát rất ngặt nghèo của cơ quan quản lý. Ngoài ra thực hiện kiểm chế năng lượng các vụ thử đòi hỏi phải có sự cân đo lường thuốc rồi mìn nổ rất phức tạp.

Từ vai trò, ý nghĩa của các xung điện công suất lớn ở trên, nhóm nghiên cứu đã thực hiện việc tìm hiểu cấu trúc, nghiên cứu chế tạo một thiết bị tạo xung điện công suất lớn trong quy mô phòng thí nghiệm. Sản phẩm thu được là một máy tạo xung nổ phục vụ cho công tác nghiên cứu về xung điện cũng như thực hiện các nghiên cứu về nổ xung điện phá vỡ các kết cấu bê tông thạch cao trong điều kiện phòng thí nghiệm không được phép sử dụng vật liệu nổ. Nội dung bài báo sẽ trình bày công tác nghiên cứu chế tạo thiết bị và việc thử nghiệm thiết bị trong việc tạo xung nổ plasma.

2. Xác định cấu trúc và thiết kế thiết bị

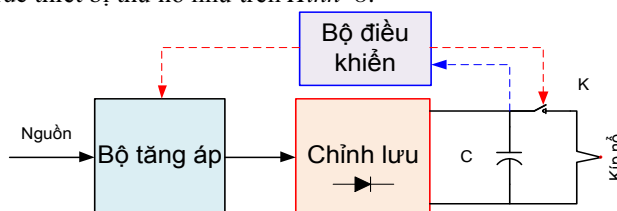
2.1. Yêu cầu thiết kế thiết bị thử nổ phá hủy bằng xung điện

Từ yêu cầu thực tế tại các Phòng thí nghiệm mà nhóm nghiên cứu thực hiện tìm hiểu, bài toán thiết kế thiết bị thử nổ bằng xung điện cần phải chế tạo được thiết bị có khả năng sau:

- Có khả năng thực hiện các vụ nổ đến 1500J (tương đương khoảng 400mg thuốc nổ công nghiệp);
- Có khả năng điều chỉnh năng lượng nổ theo mong muốn với bước chỉnh là 10J;
- Thiết bị nhỏ gọn, dễ dàng triển khai thử nghiệm.

2.2. Xác định cấu trúc hệ thống máy thử nổ phá hủy bằng xung điện

Sau khi nghiên cứu, phân tích nguyên lý từ các tài liệu (V.A. Vizir, B. M. Kovalchuk, A.V. Kharlov, E.V. Kumpyak, V.V. Chervyakov, N.G. Shubkin, N.V. Tsoy, V.B. Zorin, V.N. Kiselev, and V.V. Chupin, 2010) (S.H. Cho and B. Mohanty, M. Ito, Y. Nakamiya and S. Owada, S. Kubota, Y. Ogata, A. Tsubayama, M. Yokota and K. Kaneko, 2006) (M. Loeffler, H.A. Wieland, 2001) và các tài liệu khác, nhóm đã lựa chọn cấu trúc thiết bị thử nổ như trên Hình 8.



Hình 8. Sơ đồ cấu trúc thiết bị thử nổ bằng xung điện

Nguyên lý hoạt động của hệ thống: Sau khi đặt giá trị năng lượng cần thử, Bộ điều khiển thực hiện đóng điện cho bộ tăng áp cấp cho chỉnh lưu diode. Điện áp đầu ra của chỉnh lưu được nạp cho tụ điện C được nạp cho đến khi điện áp nạp đạt giá trị năng lượng được tính toán. Khi năng lượng đạt giá trị đặt Bộ

điều khiển sẽ chờ tín hiệu kích từ người sử dụng để điều khiển đóng Contactor K giải phóng nhanh năng lượng điện tạo ra xung dòng điện công suất lớn qua điện cực thử để tạo ra hiện tượng nổ plasma.

2.3. Thiết kế máy thử nổ bằng xung điện

Để thực hiện việc tích trữ năng lượng cho việc tạo xung dòng điện công suất lớn, cấu trúc hệ thống nêu trên sử dụng tụ điện. Năng lượng tích lũy trong tụ điện được xác định là:

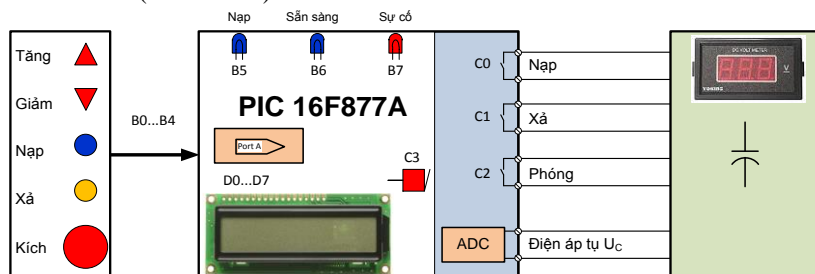
$$W = \frac{1}{2} CU^2 \quad (3)$$

Trong đó: W - Năng lượng tích trữ (J-Joule); C - Điện dung của tụ (F-Farad); U - Hiệu điện thế trên tụ (Volt).

Với hệ thống thực hiện, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các tụ điện một chiều EPCOS 450V/470uF. Năng lượng tích trữ trên một tụ được tính theo là $W=47,5875J$. Để tích trữ năng lượng tối đa là 1500J theo yêu cầu của thiết bị thì số lượng tụ đã được sử dụng là 35 bộ.

Bộ tăng áp được sử dụng trong thiết bị là máy biến áp xoay chiều có thông số là: 220/350VAC; 100VA.

Contactor ngắn mạch điện áp trên tụ qua kíp tạo ra xung dòng điện công suất gây nổ là CONTACTOR LS 3P 150A / COIL 220V (MC-150a).



Hình 9. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển hệ thống máy thử nổ bằng xung điện

Bộ điều khiển cho hệ thống máy thử nổ bằng xung điện (Hình 9) được thiết kế dựa trên nền tảng là chip vi điều khiển PIC 16F877A.

Giao diện giao tiếp sử dụng bao gồm các tín hiệu vào: Tăng; Giảm; Nạp; Xả và Kích. Trong đó các nút Tăng, Giảm được sử dụng để cài đặt thông số năng lượng cho mỗi lần thử (điều chỉnh theo bước 10J). Tín hiệu từ nút Nạp dùng để khởi động quá trình nạp năng lượng vào tụ theo thông số cài đặt. Quá trình nạp năng lượng sẽ kết thúc khi năng lượng tích trữ trong tụ đạt giá trị đặt. Nút xả dùng để giải phóng năng lượng dư thừa trong tụ trong các trường hợp năng lượng dư thừa của các vụ thử còn nhiều hoặc dùng để hủy quá trình thử nổ. Nút Kích nổ sẽ được kích hoạt sau khi kết thúc quá trình nạp với năng lượng tích trữ đã đạt giá trị mong muốn của người vận hành. Khi có tín hiệu Kích Contactor K sẽ được điều khiển đóng lại giải phóng năng lượng trong tụ điện C qua điện cực thử tạo ra xung dòng điện công suất lớn gây hiện tượng nổ plasma.

Giao diện hiển thị của bộ điều khiển bao gồm: Ba đèn LED trạng thái; Một Còi chip và Một màn hình hiển thị LCD. Các đèn LED dùng để chỉ thị các trạng thái hoạt động: Nạp; Sẵn sàng và Sự cố trong quá trình hoạt động của thiết bị. Còi chip dùng để chỉ thị các trạng thái Khởi động, Nạp, Kết thúc quá trình Nạp của hệ thống bằng âm thanh. Màn hình LCD dùng để hiển thị các thông tin giao tiếp từ hệ thống với người dùng thông qua các message.

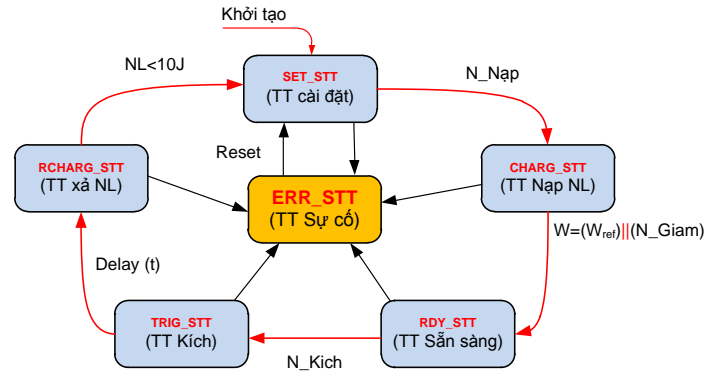
Các tín hiệu điều khiển hệ thống bao gồm các tín hiệu điều khiển quá trình Nạp năng lượng cho tụ; quá trình Xả năng lượng trên tụ và quá trình giải phóng năng lượng trên tụ qua điện cực thử. Thông tin điện áp trên tụ (tỉ lệ với năng lượng nạp) được đọc về từ hệ thống thông qua 1 kênh ADC của vi điều khiển. Ngoài ra nhóm thiết kế còn sử dụng một đồng hồ Volt kế điện từ để hiển thị trực tiếp điện áp nạp trên tụ điện.

2.4. Thiết kế chương trình điều khiển cho máy thử nổ bằng xung điện

Chương trình điều khiển cho máy thử nổ bằng xung điện được xây dựng với thuật toán điều khiển thể hiện dưới dạng giản đồ trạng thái như Hình 10. Nội dung thực hiện của chương trình diễn giải như sau:

Sau khi được cấp nguồn chương trình sẽ thực hiện việc khởi tạo với việc thiết lập các trạng thái cổng vào/ra số và tương tự; Thiết lập trạng thái đảm bảo an toàn. Sau đó chương trình sẽ tự động chuyển sang trạng thái cài đặt (SET_STT).

Ở trạng thái SET_STT, chương trình cho phép người sử dụng thiết lập thông số cho xung điện với tham số chính là mức năng lượng nạp cho hệ thống. Để xác nhận giá trị năng lượng cài đặt, người sử dụng sẽ bấm vào nút Nạp. Khi đó, trạng thái SET_STT này kết thúc và chuyển sang trạng thái Nạp (CHAR_STT).



Hình 10. Giản đồ trạng thái chương trình điều khiển máy thử nổ phá hủy bằng xung điện

Ở trạng thái CHARG_STT, hệ thống cung cấp điện cho bộ tăng áp và chỉnh lưu để thực hiện việc nạp điện áp vào hệ thống tụ điện C. Trạng thái Nạp sẽ kết thúc khi năng lượng được nạp bằng năng lượng đặt ($W=W_{ref}$) hoặc có tín hiệu từ nút bấm N_Giam (Nút được quy định để dừng quá trình nạp khi người vận hành mong muốn). Kết thúc trạng thái Nạp chương trình sẽ chuyển sang trạng thái Sẵn sàng chờ việc thực hiện phóng xung dòng điện (RDY_STT).

Trạng thái RDY_STT chỉ là trạng thái chờ tín hiệu kích cho quá trình giải phóng năng lượng điện trên tụ từ nút Kích (N_Kích). Khi có tín hiệu này hệ thống sẽ chuyển sang trạng thái Kích (TRIG-STT).

Trong trạng thái TRIG_STT hệ thống thực hiện việc đóng Contactor K để giải phóng năng lượng trên hệ thống tụ điện C qua điện cực trong khoảng thời gian 500ms. Sau thời gian trễ, hệ thống tự động chuyển về trạng thái xả (RCHARG_STT) để giải phóng nốt năng lượng dư thừa qua điện trở xả. Quá trình xả sẽ kết thúc và chuyển về trạng thái SET_STT khi năng lượng dư thừa dưới 10J.

Ở tất cả các trạng thái làm việc của hệ thống, các hiện tượng bất thường có thể kiểm soát được bởi bộ điều khiển như: thời gian nạp, xả quá lâu; Năng lượng tồn thất quá lớn trong quá trình chờ kích hoạt... Chương trình điều khiển sẽ tự động chuyển về trạng thái lỗi (ERR_STT). Ở trạng thái này chương trình sẽ thực hiện việc xả bỏ năng lượng trên hệ thống tụ thông qua điện trở xả và hiển thị trạng thái lỗi tương ứng trên LCD. Trạng thái này sẽ được loại bỏ khi có tín hiệu Reset từ người sử dụng.

3. Kết quả mô phỏng và thảo luận

Triển khai các thiết kế vào chế tạo thiết bị thực, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thành công thiết bị thử nổ bằng xung điện. Trên hình Hình 11 là hình ảnh của thiết bị đã được chế tạo tại Phòng thí nghiệm của Bộ môn Tự động hóa Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Sử dụng sản phẩm thu được nhóm đã thực hiện thử tạo các xung điện công suất lớn và đo lường các thông số dòng điện và điện áp đầu ra của thiết bị. Thiết bị đo được sử dụng là Oscilo GW INSTEK GDS-1052-U hai kênh 20MHz đo trực tiếp thông số điện áp và đo xung dòng điện thông qua điện áp trên điện trở shunt. Thông số thực hiện thử như sau:

- Năng lượng nạp: 30J
- Điện trở shunt: 0.03Ω

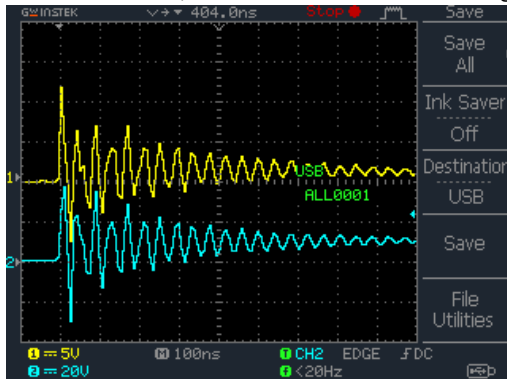
Thông số đo lường của oscilloscope:

- Thời gian: 100ns/div;
- Kênh 1 (vàng – đo dòng): 5V/div;
- Kênh 2 (xanh – đo điện áp): 20V/div.

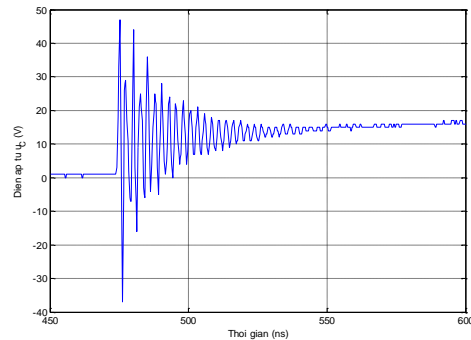


Hình 11. Sản phẩm thiết bị thử nổ bằng xung điện

Kết quả thử nghiệm được thể hiện trên hình *Hình 12* với ảnh chụp màn hình oscilloscope và kết quả sóng điện áp vẽ bằng Matlab từ dữ liệu oscilloscope. Tính toán kết quả thu được trên oscilloscope với điện trở shunt cho thấy dòng điện cực đại tạo ra từ thiết bị thử nổ bằng xung điện có thể tạo xung dòng khoảng 1866A. Kết quả cho thấy khả năng tạo xung dòng điện của thiết bị tuy nhiên dạng sóng dòng điện và điện áp thu được có hiện tượng dao động không phải là đặc tính phóng điện của tụ dạng đường cong hyperbol như kỳ vọng *Hình 13 a*. Sau khi phân tích mạch điện của thiết bị, nhóm tác giả nhận định hiện tượng này xuất hiện là do thiết bị không sử dụng một tụ điện duy nhất mà sử dụng nhiều tụ điện song song để tích trữ năng lượng. Do đó việc kết nối giữa các tụ điện sẽ xuất hiện các thành phần điện trở, điện cảm. Hiện tượng dao động xuất hiện do có ảnh hưởng của điện cảm của dây cáp điện từ máy đến điện cực thử và điện trở, điện cảm của các mạch điện giữa các tụ điện trong hệ thống.



a. Trên màn hình oscilloscope



b. Hình ảnh vẽ bằng Matlab

Hình 12. Kết quả đo điện áp và dòng điện chạy qua điện cực thử

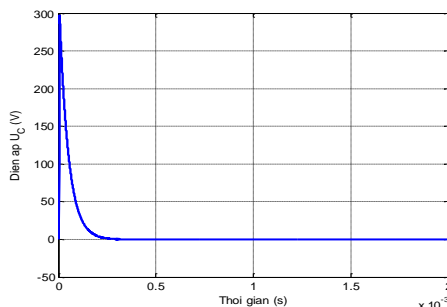
Để kiểm chứng lại nhận định trên, nhóm nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng hiện tượng phóng điện của máy thử nổ phá hủy bằng xung điện dựa trên sơ đồ nguyên lý của thiết bị. Kết quả thu được là với hệ thống tích trữ năng lượng gồm nhiều tụ điện và có tính đến thành phần điện trở, điện cảm trong mạch tạo ra các mạch RLC song song với nhau khi phóng điện sẽ tạo ra hiện tượng dao động như *Hình 13 b*. Như vậy hiện tượng dao động của sóng dòng điện và điện áp trên thiết bị là đúng với lý thuyết.

Với các kết quả thu được, nhóm đã thực hiện chế tạo và chuyển giao các thiết bị cho: Phòng thí nghiệm bộ môn Khai thác lộ thiên, Trường đại học Mở - Địa chất; Phòng thí nghiệm của Viện Xây dựng các công trình đặc biệt Đại học Lê Quý Đôn. Tại các Phòng thí nghiệm này, thiết bị đã được sử dụng để thử nghiệm phá hủy các mẫu thạch cao và cho các kết quả tốt phục vụ cho việc nghiên cứu nổ mìn.

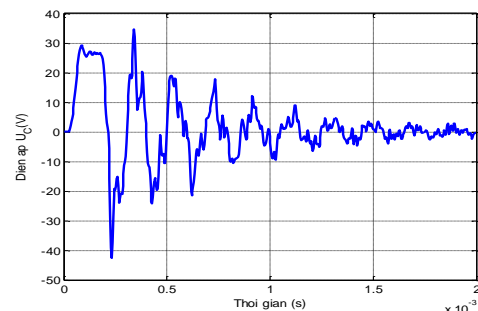
4. Kết luận

Trong nội dung đã được trình bày của bài báo, các tác giả đã thể hiện việc nghiên cứu, thiết kế chế tạo nguyên mẫu thiết bị thử nổ phá hủy bằng xung điện. Kết quả đạt được là sản phẩm thiết bị thực tế. Các thử nghiệm cho thấy thiết bị hoạt động tốt và có kết quả hoạt động giống như phân tích nguyên lý trên mô hình lý thuyết. Sản phẩm đã được sử dụng vào các Phòng thí nghiệm nghiên cứu của hai trường đại học. Sản phẩm thu được mở ra cho nhóm nghiên cứu và các đồng nghiệp trong và ngoài Trường một số hướng nghiên cứu mới trong việc chế tạo thiết bị thử nổ bằng xung điện cũng như công nghệ nổ dùng xung điện. Các hướng phát triển tiếp theo có thể là:

- Nghiên cứu chế tạo các thiết bị thử nổ có khả năng tạo nhiều xung dòng điện công suất lớn với thời gian vi sai.
- Nghiên cứu thử nghiệm công nghệ nổ bột kim loại với thiết bị thử nổ bằng xung điện.



a. Phân tích coi mạch chỉ có RC đơn giản



b. Phân tích mạch gồm nhiều mạch RLC song song

Hình 13. Kết quả mô phỏng hiện tượng phóng điện của thiết bị

Tài liệu tham khảo

- G. S. Sarkisov, S. E. Rosenthal, K. R. Cochrane, K. W. Struve, C. Deeney, and D. H. McDaniel. (2005). *Nanosecond Electrical Explosion of Thin Aluminum Wire in Vacuum: Experimental and Computational Investigations*. Physical Review E 71(4 Pt 2):046404; DOI: 10.1103/PhysRevE.71.046404.
- KAPRA & ASSOCIATES. (2017). *Pulse plasma rock fragmentation technology*.
- M. Loeffler, H.A. Wieland. (2001). *Electrical Wire Explosions as a Basis for Alternative Blasting Techniques?* International Conference on Pulsed Power Applications. Gelsenkirchen.
- Milles, U. (2015). *Electric impulses fragment hard rock*. Karlsruhe: FIZ Karlsruhe · Leibniz Institute for Information Infrastructure GmbH.
- Nazarenko, O. (2007). *Nanopowders produced by electrical explosion of wires*. Proceedings of European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6). Copenhagen.
- O.B. Nazarenko, A.P. Ilyin. (2008). *Nanopowders production by electrical explosion of wires: environmental applications*. Proceedings of the 3rd Environmental Physics Conference. Aswan, Egypt.
- P SARKARA , S CHATURVEDI, RAJ KUMAR, RAJESH KUMAR, D LATHI, A SHYAM and J SONARA. (2000). *Operation of a capacitor bank for plasma metal forming*. PRAMANA journal of physics; vol. 55, Nos 5&6 Nov. & Dec, 941-945.
- S.H. Cho and B. Mohanty, M. Ito, Y. Nakamiya and S. Owada, S. Kubota, Y. Ogata, A. Tsubayama, M. Yokota and K. Kaneko. (2006). *Dynamic fragmentation of rock by high-voltage pulses*. The 41st U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS). Colorado.
- V.A. Vizir, B. M. Kovalchuk, A.V. Kharlov, E.V. Kumpyak, V.V. Chervyakov, N.G. Shubkin, N.V. Tsoy, V.B. Zorin, V.N. Kiselev, and V.V. Chupin. (2010). *High-Voltage Pulsed Generator for Dynamic Fragmentation of Rocks*. The Review of scientific instruments.
- VOITENKO Nikita, YUDIN Artem. (2016). *Mobile Electric-Discharge Blasting Unit for Splitting off and Destruction of Rocks and Concrete*. Key Engineering Materials 685:705-709. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.685.705.
- VOITENKO Nikita, YUDIN Artem. (2016). *Mobile Electric-Discharge Blasting Unit for Splitting off and Destruction of Rocks and Concrete*. Key Engineering Materials DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.685.705.
- Zou Xiao-Bing, Mao Zhi-Guo, Wang Xin-Xin, and Jiang Wei-Hua. (2013). *Nanopowder production by gas-embedded electrical explosion of wire*. Chinese Physical Society and IOP Publishing Ltd.

ABSTRACT

Research on prototype manufacturing for destructure explosion testing with hight impulse current

Khong Cao Phong ¹, Dao Hieu ¹
Hanoi University of Mining and Geology

A large currents released in a short period of time can create explosions. The advantages of these types of explosives are: easily control the energy levels; create the appropriate explosions; and reduce vibration that affect the surrounding buildings. Therefore, electrical current pulse has been studied and developed in many countries around the world. The paper presents a research and development of an electric explosive prototype which can be used for experimental blasting research on the laboratory. The result is an electric blasting device with a voltage up to 900V, and can adjust the pulse power up to 1500J. Design issues, testing of equipment will be presented in the article content.

Keywords: Hight power current pulse; Electric blasting equipment; Plasma blasting.

Hệ thống quan trắc nước thải công nghiệp tự động trên nền tảng IoT

Vũ Thị Quyên^{1,*}, Phạm Ngọc Minh¹, Đặng Mạnh Chính¹, Vũ Tiên Sinh¹, Trần Vĩnh Phú²

¹ Viện Công nghệ thông tin – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

² Công ty TNHH nước và vệ sinh môi trường Việt Nam - VESA

TÓM TẮT

Vấn đề ô nhiễm môi trường luôn là một chủ đề được quan tâm hàng đầu hiện nay, không chỉ ở trong nước mà cả thế giới. Đặc biệt là tình trạng ô nhiễm nước thải ngày càng gia tăng và gây ra những hậu quả nghiêm trọng. Trước tình hình đó, việc xây dựng hệ thống xử lý nước thải quan trắc tự động là cần thiết. Một phần của hệ thống đó là trạm quan trắc nước thải đang phổ biến ở nước ta hiện nay. Các trạm này không chỉ đưa ra thông số đánh giá tình trạng nước thải của các khu công nghiệp mà còn cả các sông, hồ chứa nước. Bước vào thời đại công nghiệp 4.0, việc xây dựng một hệ thống trạm quan trắc nước thải tự động kết hợp Internet of Thing (IoT) là xu thế tất yếu và phù hợp với quá trình phát triển hiện nay. Trạm quan trắc sẽ cập nhật dữ liệu liên tục lên sever và app trên điện thoại. Những người chuyên trách sẽ có thể theo dõi các thông tin mọi lúc, mọi nơi. Bài báo sẽ trình bày hệ thống trạm quan trắc nước thải công nghiệp tự động trên nền tảng IoT.

Từ khóa: Hệ thống quan trắc môi trường; Quan trắc nước thải công nghiệp tự động; Hệ thống quan trắc nước thải trên nền tảng IoT.

1. Đặt vấn đề

Theo Nghị định số 38/2015/NĐ-CP ngày 24 tháng 4 năm 2015 của Chính phủ về quản lý chất thải và phế liệu. Số/Ký hiệu 38/2015/NĐ-CP Ngày ban hành 24/04/2015. Theo Thông tư số 35/2015/TT-BTNMT ngày 30 tháng 6 năm 2015 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về bảo vệ môi trường khu kinh tế, khu công nghiệp, khu chế xuất, khu công nghệ cao. Số/Ký hiệu 35/2015/TT-BTNMT Ngày ban hành 30/06/2015 Và theo Chỉ thị số 25/CT-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Về một số nhiệm vụ, giải pháp cấp bách về bảo vệ môi trường Số/Ký hiệu 25/CT-TTg Ngày ban hành 31/08/2016 quy định rằng, tất cả các khu kinh tế, khu công nghệ cao, khu công nghiệp, và cụm công nghiệp và nhà máy nằm ngoài khu công nghiệp xả thải trực tiếp ra Môi trường (có công suất xả thải trên 1,000 m³/ngày đêm) phải lắp đặt hệ thống Quan trắc nước thải. Các trạm quan trắc chất lượng nước thải tự động phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật kết nối để truyền dữ liệu tự động, liên tục về cơ quan quản lý nhà nước về môi trường khi cơ quan này yêu cầu.

Định kỳ theo thời gian quy định, nước thải sau xử lý được bơm từ hố gas thoát nước thải vào trạm quan trắc tự động. Các thiết bị quan trắc sẽ đo đạc và chuyển dữ liệu vào bộ thu tín hiệu, các dữ liệu được truyền về trạm điều khiển (Trạm Trung tâm) đặt tại Trung tâm Quan trắc các ban ngành theo đường cáp quang/GPRS để xử lý theo các tình huống như nhắc nhở người quản lý trạm xử lý nước thải, thông báo cho cán bộ quản lý của Chi cục BVMT, Trung tâm Quan trắc, điều khiển lấy mẫu tự động và lưu mẫu.

Từ năm 2014, nước ta đã bước đầu đã xây dựng các hệ thống quan trắc nước thải tự động, liên tục và giám sát tập trung.

Sau đây, chúng tôi sẽ giới thiệu về “Hệ thống quan trắc nước thải công nghiệp tự động trên nền tảng IoT” do phòng kỹ thuật điều khiển và hệ thống nhúng kết hợp với công ty TNHH nước và vệ sinh môi trường Việt Nam – VESA.

2. Hệ thống trạm quan trắc nước thải tự động - liên tục VS - WMS

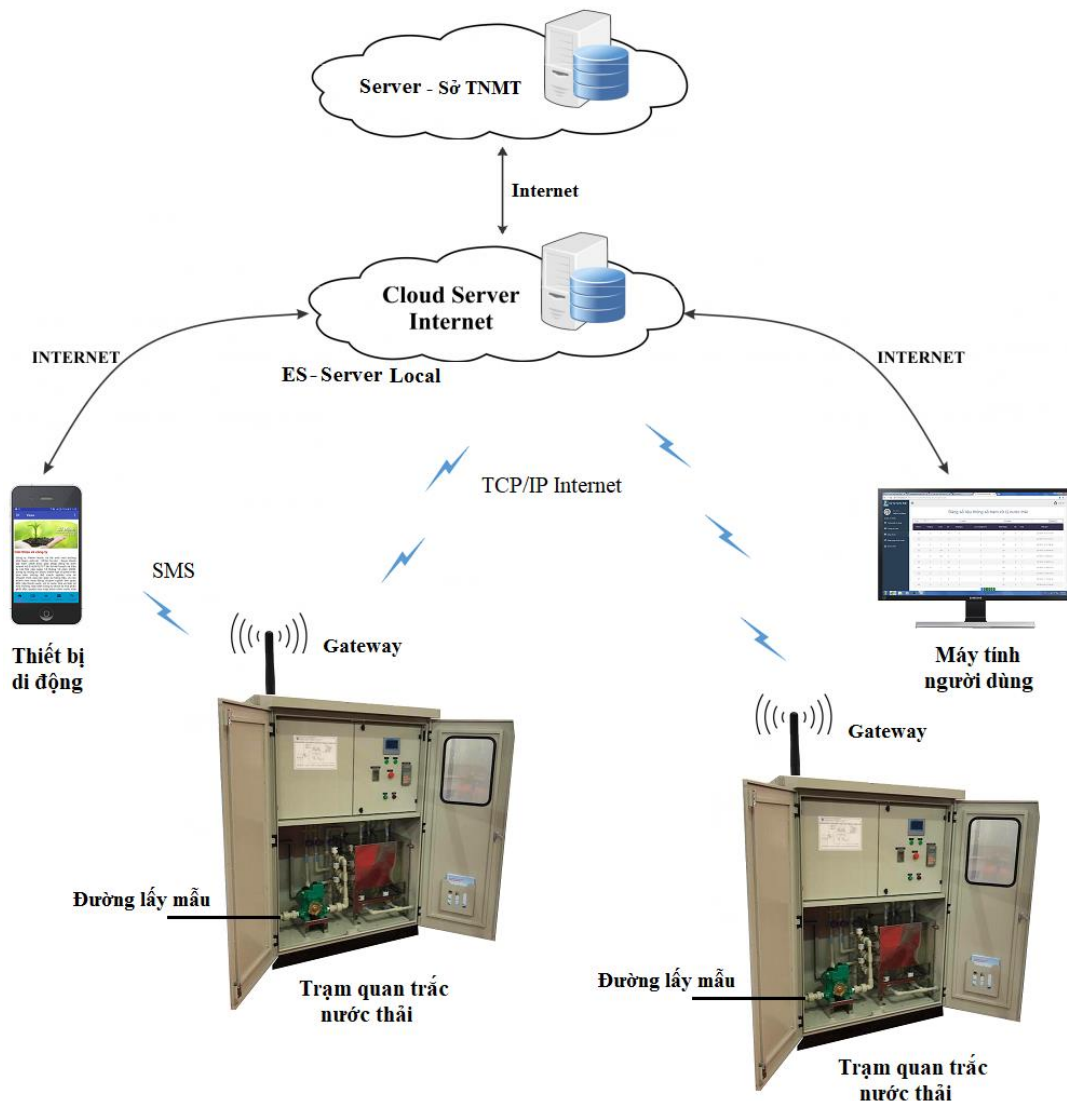
2.1. Nguyên lý hoạt động

Hệ thống quan trắc nước thải tự động liên tục VS-WMS (VESA Wastewater Monitoring System) định kỳ theo thời gian quy định, nước thải sau xử lý được bơm từ hố gas thoát nước thải vào trạm quan trắc tự động. Một trạm có 5 đường hút nước lấy mẫu về bình mẫu đặt trong trạm cho phép quan trắc được tối đa 5 khu vực nước thải khác nhau. Các thiết bị quan trắc sẽ đo đạc và chuyển dữ liệu vào bộ thu tín hiệu, các dữ liệu được truyền về trạm điều khiển (Trạm Trung tâm) đặt tại Trung tâm Quan trắc các ban ngành theo

* Tác giả liên hệ

Email: vtquyen@iot.ac.vn

đường cáp quang/GPRS để xử lý theo các tình huống như nhắc nhở người quản lý trạm xử lý nước thải, thông báo cho cán bộ quản lý của Chi cục BVMT, Trung tâm Quan trắc, điều khiển lấy mẫu tự động và lưu mẫu.



Hình 1. Hệ thống quan trắc nước thải tự động - liên tục VS-WMS

2.2. Các thông số cần quan trắc

Các chỉ tiêu cơ bản bao gồm: COD (Nhu cầu Oxy hóa học), TSS (Tổng chất rắn lơ lửng), pH. Ngoài các chỉ tiêu cơ bản trên, trạm quan trắc còn đo được hầu hết các thông số đánh giá chất lượng nước, ví dụ như Độ màu, Nitơ, Phospho, Clor dư, Ammoniac, Photphat, Nitrate, TDS, DO và kim loại nặng...

Bảng 1. Các thông số đo của trạm quan trắc

STT	Thông số	Đơn vị	Giải đo	Sai số
1	pH	pH	2 - 12	±0.5%
2	Oxi hòa tan DO	mg/l	0 - 25	±1%
3	Lưu lượng	m ³ /h		
4	Nhiệt độ	oC	0 - 100	±0.5%
5	Tổng chất rắn lơ lửng TSS	mg/l	0 - 30.000	±1%
6	COD online	mg/l	0 - 10.000	±0.5%

- DO là từ viết tắt của Dissolved Oxygen có nghĩa là lượng oxy hoà tan trong nước cần thiết cho sự hô hấp của các sinh vật nước (cá, lưỡng thể, thủy sinh, côn trùng v.v...) chúng được tạo ra do sự hòa tan từ khí quyển hoặc do sự quang hợp của tảo. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hoà tan ô xy vào nước là nhiệt độ, áp suất khí quyển, dòng chảy, địa điểm, địa hình. Giá trị DO trong nước phụ thuộc vào tính chất vật lý,

hoá học và các hoạt động sinh học xảy ra trong đó. Nồng độ oxy tự do trong nước nằm trong khoảng 8 – 10 ppm. Khi nồng độ DO thấp, các loài sinh vật nước giảm hoạt động hoặc bị chết. Phân tích DO cho ta đánh giá mức độ ô nhiễm nước và kiểm tra quá trình xử lý nước thải

- COD là từ viết tắt của Chemical Oxygen Demand – nhu cầu oxy hóa học. Đây là lượng oxy cần thiết để oxy hoá các hợp chất hoá học trong nước bao gồm cả vô cơ và hữu cơ. COD là lượng oxy cần để oxy hoá toàn bộ các chất hoá học trong nước. COD là tiêu chuẩn quan trọng để đánh giá mức độ ô nhiễm của nước (nước thải, nước mặt, nước sinh hoạt) vì nó cho biết hàm lượng chất hữu cơ có trong nước là bao nhiêu. Hàm lượng COD trong nước cao thì chứng tỏ nguồn nước có nhiều chất hữu cơ gây ô nhiễm.

- TSS là từ viết tắt của turbidity & suspended solids - là tổng rắn lơ lửng. Thường đo bằng máy đo độ đục (turbidimeter). Độ đục gây ra bởi hiện tượng tương tác giữa ánh sáng và các chất lơ lửng trong nước như cát, sét, tảo và những vi sinh vật và chất hữu cơ có trong nước. Các chất rắn lơ lửng phân tán ánh sáng hoặc hấp thụ chúng và phát xạ trở lại với cách thức tùy thuộc vào kích thước, hình dạng và thành phần của các hạt lơ lửng và vì thế cho phép các thiết bị đo độ đục ứng dụng để phản ánh sự thay đổi về loại, kích thước và nồng độ của các hạt có trong mẫu....

- PH là đại lượng đặc trưng cho tính acid hay kiềm trong nước.

2.3. Các thành phần của hệ thống

Hệ thống quan trắc nước thải tự động - liên tục VS-WMS (xem hình 1) cho phép quan trắc các thông số chất lượng nước thải công nghiệp từ 3- 6 thông số tùy theo nhu cầu của khách hàng. Trong đó, hệ thống gồm các thành phần chính sau:

- Trạm quan trắc chất lượng nước thải VS–AquaPanel có khả năng giám sát được tới đa 5 khu vực xử lý nước thải độc lập khác nhau bao gồm:

- Module thu thập dữ liệu đo Dataloger: CPU (PLC S7 1200) và các module vào/ra
- Module hiển thị dữ liệu HMI.
- Module lấy mẫu nước thải: bình mẫu, các bơm chức năng, hệ thống van cấp, xả.
- Bộ thiết bị đo với tới đa 6 đầu đo thông số: pH, Oxi hòa tan DO, Lưu lượng, Nhiệt độ, TSS, COD.
- Module kết nối truyền thông gateway tích hợp chuẩn kết nối công nghiệp Modbus 232 nhận dữ liệu từ PLC, sau đó dữ liệu được mã hóa truyền lên server qua kết nối internet không dây.

Phần mềm thu thập và quản lý cơ sở dữ liệu trên máy chủ đám mây VS–AquaServer (Cloud Server): thu thập, lưu trữ, cảnh báo, báo cáo thống kê và phân tích đánh giá chất lượng nước thải

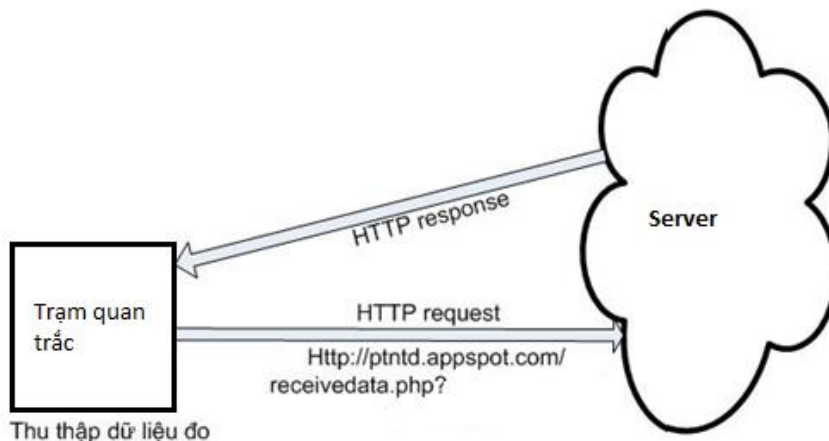
Phần mềm ứng dụng trên thiết bị cầm tay VS–AquaViewer (AppMobile): Hỗ trợ người dùng giám sát chất lượng nước thải từ xa qua mạng internet.

Kết nối dữ liệu giữa trạm điều hành với server qua mạng internet

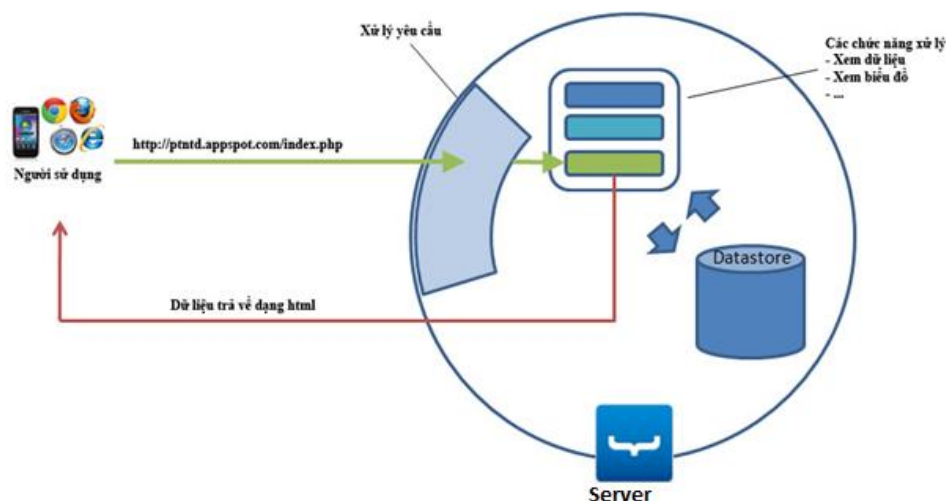
Trạm đo có các chức năng thu thập dữ liệu từ các cảm biến, thiết bị chấp hành, sau đó gửi một yêu cầu http request qua mạng internet (có thể là một request dạng GET với các thông số đo được gắn vào đường dẫn của Http Request, ví dụ như `?pH=5.0&DO=20&...`; hoặc cũng có thể là một request dạng POST với các thông số đo được gửi đi nằm trong message body của HTTP Request) tới server để cập nhật dữ liệu.

Server sẽ xác định script xử lý nào được chạy để xử lý request bằng cách so sánh URL của request với mẫu URL trong tệp cấu hình của ứng dụng. Máy chủ sẽ chạy đoạn script tương ứng với dữ liệu request và đưa dữ liệu request vào môi trường biến và luồng dữ liệu vào chuẩn. Đoạn script sẽ thực hiện các hành động thích hợp với request được gửi đến, chuẩn bị dữ liệu trả lời và đưa dữ liệu này vào luồng dữ liệu ra chuẩn.

Một HTTP request gửi đến bao gồm các HTTP headers được gửi đi bởi client. Vì mục đích bảo mật một vài headers sẽ được cải thiện hoặc sửa bởi cá proxy trung gian trước khi nó có thể đến với ứng dụng.



Hình 2. Mô hình cập nhật dữ liệu lên App Engine



Hình 3. Mô hình trình diễn dữ liệu đến người sử dụng

3. Kết quả

- Trạm quan trắc chất lượng nước thải VS–AquaPanel
 - Thu thập dữ liệu từ thiết bị đo pH, DO, Lưu lượng, Nhiệt độ, TSS, COD.
 - Điều khiển hệ thống bơm van để lấy mẫu vào bình đo các thông số.
 - Lưu trữ thông tin qua thẻ nhớ.
 - Có thể truyền dữ liệu đo qua internet về máy chủ đám mây Server Cloud (tùy theo phiên bản).
 - Cài đặt các thông số điều khiển hệ thống
 - Hiện thị các thông số đo pH, DO, Lưu lượng, Nhiệt độ, TSS, COD và trạng thái hoạt động của thiết bị trên màn hình giao diện HMI
 - Trạm có thể tự động nhắn tin SMS các thông số đo pH, DO, Lưu lượng, Nhiệt độ, TSS, COD tới số điện thoại được đăng ký (tùy theo phiên bản)
 - Người dùng có thể nhắn tin yêu cầu tới trạm quan trắc để lấy dữ liệu đo tức thời (tùy theo phiên bản)
 - Trạm sẽ tự động nhắn tin cảnh báo vượt ngưỡng của thông số đo tới số điện thoại đã đăng ký (tùy theo phiên bản).
- Phần mềm thu thập và quản lý cơ sở dữ liệu trên máy chủ đám mây VS–AquaServer

<http://embedded.com.vn/xulynuocthai/backend/bangsolieu/bangsolieu.php>

Thứ tự	Công ty	Trạm	pH	DO(mg/L)	Lưu lượng(m³/s)	Nhiệt độ(°C)	TSS	COD	Thời gian
55	0	1	14	5	2	30	3	7	2018-07-19 11:19:49
54	0	1	14	5	2	30	3	7	2018-07-19 11:19:47
53	0	1	3	5	2	30	3	7	2018-07-19 11:08:00
52	0	99	3	5	2	30	3	7	2018-07-12 09:44:58
51	0	99	3	5	2	30	3	7	2018-07-12 09:44:57
50	0	1	14	5	2	30	3	7	2018-07-12 09:23:14
49	0	1	14	5	2	30	3	7	2018-07-12 09:22:52
48	0	1	3	5	2	30	3	7	2018-07-12 09:16:35
47	0	1	3	5	2	30	3	7	2018-07-11 14:44:30
46	0	1	3	5	2	30	3	7	2018-07-06 17:59:58

Hình 4. Hệ thống sever của quan trắc nước thải tự động - liên tục VS–WMS

- Thu thập dữ liệu online từ các trạm quan trắc nước thải qua internet;

- Hiển thị online thời gian thực các dữ liệu đo;
- Lưu dữ liệu lên cơ sở dữ liệu của máy chủ đám mây Server Cloud;
- Tạo báo cáo thống kê dữ liệu đo theo ngày/tháng/năm;
- Cài đặt cấu hình đo cho các trạm quan trắc nước thải;
- Vẽ biểu đồ dữ liệu đo theo số liệu thống kê;
- Cảnh báo ngưỡng các thông số đo theo giá trị đặt trước;
- Phân tích đánh giá và hỗ trợ ra quyết định về chất lượng nước thải theo yêu cầu của cơ quan chức năng.

- Phần mềm ứng dụng trên thiết bị cầm tay VS–AquaViewer;
- Đọc dữ liệu online từ máy chủ đám mây Server Cloud;
- Hiển thị online thời gian thực các dữ liệu đo trên giao diện mobile;
- Hiển thị dữ liệu thống kê dạng bảng;
- Hiển thị biểu đồ, đồ thị số liệu đo;
- Cảnh báo ngưỡng các thông số đo theo giá trị đặt trước.



Hình 5. Giao diện App điện thoại

4. Kết luận

Trên đây là hệ thống trạm quan trắc nước thải tự động trên nền tảng IoT. Qua quá trình hoạt động, hệ thống đã góp phần xác định các thay đổi hoặc diễn biến chất lượng môi trường (qua các thông số) liên tục theo thời gian và không gian.

- Giúp xác định nhanh/phát hiện sớm các vấn đề về chất lượng môi trường (có bị ô nhiễm không? ô nhiễm gì? ô nhiễm như thế nào?)
 - Cung cấp số liệu liên tục, tức thời, thời gian thực phục vụ quản lý và bảo vệ môi trường.
- Các đầu đo chịu được điều kiện khắc nghiệt của môi trường.

Lời cảm ơn

Xin chân thành cảm ơn phòng Kỹ thuật điều khiển và Hệ thống nhúng - Viện Công nghệ thông tin – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã hợp tác cùng công ty TNHH nước và vệ sinh môi trường Việt Nam – VESA đã cùng xây dựng hệ thống này.

Xin chân thành cảm ơn đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam: “Nghiên cứu và tích hợp chuẩn kết nối công nghiệp cho thiết bị Gateway dùng cho hệ thống điều khiển công nghiệp”, VAST01.07, 2018-2019, đã tài trợ cho bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- http://cem.gov.vn/VN/TINTRANGCHU_Content/tabid/330/cat/115/nfriend/3750371/language/vi-VN/Default.aspx
- http://hoithaoqmtt.cem.gov.vn/Portals/0/tailieuhoinghi/lan5/1.%20CEM_Hien%20trang%20cong%20n ghe%20QMTT_19.6.2014.pdf
- http://cem.gov.vn/portals/0/Baocao_PhongQTrac_5.pdf?&tabid=150

ABSTRACT

Automatic industrial waste water monitoring system using IoT

Vu Thi Quyen^{1,*}, Pham Ngoc Minh¹, Dang Manh Chinh¹, Vu Tien Sinh¹, Tran Vinh Phu²

¹ *Institute of Information Technology - Vietnam Academy of Science and Technology*

² *VietNam Water and Environmental Sanitation Company Limited – VESA*

The problem of environmental pollution is always a top priority topic, not only within the country but also around the world. Especially the pollution of waste water becomes more seriously and causes dangerous consequences. Facing this situation, building an automatic waste water monitoring and treatment system is necessary. Part of that system is the wastewater monitoring station - which is popular in our country today. These stations not only provide the current condition of industrial wastewater but also the rivers and reservoirs. In the industrial age of 4.0, building a system of automatic wastewater monitoring stations using Internet of Thing (IoT) is inevitable trend and accordant with the current development process. The monitoring station updates the data continuously to the sever and app on the phone. Specialists are able to track information anytime, anywhere. This article will present an automatic industrial wastewater monitoring station system using IoT.

Keywords: Environmental monitoring system, automatic industrial wastewater monitoring, IoT-based wastewater monitoring system.

Nghiên cứu nâng cao chất lượng hệ thống tự động điều chỉnh có kết hợp thuật toán tác động nhanh, bộ điều khiển PID và mô-đun điều chỉnh tự động dành cho đối tượng điều khiển nhiệt

Nguyễn Chí Tình^{1,*}, Kuzishchin Viktor Fedorovich²,
Merzlikina Elena Igorevna³, Hoàng Văn Va⁴; Võ Thị Cẩm Thùy⁵

^{1,*} Bộ môn Tự động hóa xí nghiệp Mỏ và Dầu khí, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, Việt Nam

^{2,3,4} Bộ môn Hệ thống tự động điều khiển các quá trình nhiệt, Viện Năng lượng Nhiệt và Hạt nhân,
Trường Đại học Năng lượng Moscow, Liên Bang Nga

⁵ Bộ môn Đo lường và Điều khiển, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bài báo này sẽ được xem xét hệ thống tự động điều chỉnh lai, hệ thống mà kết hợp với thuật toán tác động nhanh nhất, thuật toán PID và mô-đun điều chỉnh tự động. Đã đưa ra những khó khăn, những vấn đề sẽ gặp phải khi mà thực hiện hệ thống này trong thực tế (như là cần thiết sự tồn tại và chu kỳ làm mới mô hình của đối tượng, có thể sẽ có đặc tính tự dao động của quá trình quá độ, sự tồn tại thời gian trễ trong đối tượng điều khiển v.v.). Tiếp theo đã đưa ra những cách khắc phục những khó khăn này, đưa ra được công thức cho việc xác định tham số dự đoán và thực hiện phân tích tính hiệu quả của hệ thống này giành cho đối tượng nhiệt, đồng thời so sánh chất lượng hệ thống này với phương pháp điều khiển truyền thống.

Từ khóa: Hệ thống tự động điều chỉnh, thuật toán tác động nhanh nhất, nguyên tắc cực đại Pontryagin, bộ điều khiển PID, đường chuyển đổi, mô-đun điều chỉnh tự động, dự báo, bộ gia nhiệt.

1. Đặt vấn đề

Nâng cao chất lượng làm việc của Hệ thống tự động điều chỉnh (HTĐ) là nhiệm vụ cấp bách. Có một số cách để giải quyết vấn đề này, một trong số đó là việc áp dụng thuật toán tác động nhanh nhất (TĐN), thuật toán được giới thiệu cụ thể trong tài liệu [Ротач, 2007; Аракелян và Пикина, 2003]. Thuật toán này hiện nay đang được áp dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học và kỹ thuật khác nhau và được một số tác giả trên thế giới nghiên cứu và công bố trong tài liệu [Аракелян và Пикина, 2003; Hans, 2007; Kevin, 2013; Dilmurat, 2018], nhưng trong thực tế việc triển khai HTĐ với thuật toán TĐN thì người thực hiện phải đối mặt với một số khó khăn. Đặc biệt những khó khăn này khi áp dụng thực tế thuật toán này cho đối tượng điều khiển nhiệt, đối tượng mà có thời gian trễ. Những khó khăn này, cũng như những cách có thể giải quyết những vấn đề nêu trên sẽ được xem xét trong bài báo này.

Khi HTĐ làm việc với thuật toán TĐN, cần thực hiện tính toán đường chuyển đổi của tác động điều khiển, mà điều này thì đòi hỏi phải có mô hình của đối tượng điều khiển. Mô hình cần được nhận biết đủ chính xác và làm mới theo định kỳ, điều này được đề xuất để đưa vào HTĐ mô-đun điều chỉnh tự động của bộ điều chỉnh (ANR) [Kuzishchin và Tsarev, 2014], mô-đun mà dùng để xác định các tham số của mô hình đối tượng đã cho.

Đặc trưng của các đối tượng nhiệt là sự tồn tại của thời gian trễ. Để thuật toán TĐN hoạt động chính xác thì trong những trường hợp này cần sử dụng khối dự báo, hiệu quả sử dụng của khối dự báo này cần phải được đánh giá và theo khả năng có thể đạt được kết quả tốt hơn.

Đồng thời cũng do ảnh hưởng của thời gian vòng quét biến đổi điều chỉnh của bộ điều khiển, các cảm biến đo lường, sự không chính xác của mô hình đối tượng điều khiển và những nhân tố khác trong hệ thống thực với thuật toán TĐN, chính vì thế mà quá trình điều chỉnh cuối cùng sẽ có thể xuất hiện sự tự dao động, điều này thường là không mong muốn cho hệ thống điều chỉnh.

Trong bài báo này sẽ được xem xét những phương pháp loại bỏ những khó khăn này thông qua việc sử dụng HTĐ có cấu trúc lai, và sẽ được nghiên cứu sự hiệu quả của HTĐ này, được thực hiện trên ngôn ngữ C++ nhờ chương trình Borland C++ và đã phát triển thực hiện trên bộ điều khiển PLC của OWEN.

* Tác giả liên hệ

Email: tinhtdh2004@gmail.com

2. Giải quyết vấn đề

Trong bài báo này sẽ được xem xét việc áp dụng thuật toán TĐN cho các hệ thống điều khiển nhiệt độ cho bộ gia nhiệt bằng điện để điều khiển công suất của bộ gia nhiệt, nhờ sử dụng bộ điều biến độ rộng xung (PWM). Trong các hệ thống này, thường thực hiện các thay đổi đầu vào, hơn nữa sẽ yêu cầu thời gian tối thiểu của quá trình quá độ kết hợp với lượng quá điều chỉnh tối thiểu nhất. Tín hiệu điều khiển được giới hạn, tức là trong trường hợp này các mức công suất của bộ gia nhiệt được giới hạn tương đối so với trạng thái cân bằng của thiết bị.

Trong trường hợp này, bộ truyền động (PWM) có thể được xem như một khâu kết tỷ lệ, được đưa vào bao hàm trong đối tượng điều khiển. Để nhanh chóng có được và cập nhật mô hình của đối tượng, khối ANR được đưa vào HTĐ, bộ mà sẽ hoạt động theo một trong các thuật toán điều chỉnh tự động nhanh của các bộ điều chỉnh [Kuzishchin và Tsarev, 2014 ; Kuzishchin, Merzlikina và Van Va Hoang, 2017], được mô tả bên dưới.

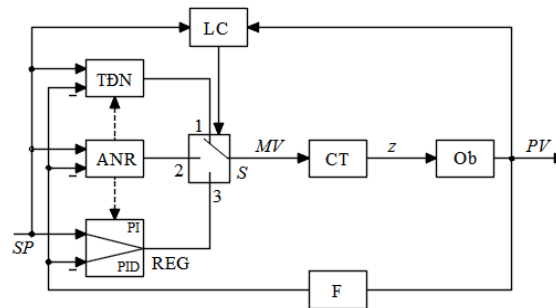
Để loại bỏ khả năng tự dao động sẽ được áp dụng HTĐ có cấu trúc lai, cũng được mô tả bên dưới, để hoạt động của HTĐ này với các đối tượng với trễ, thì một bộ dự báo được đưa vào trong cấu trúc của hệ thống.

Cần đánh giá khả năng hoạt động và hiệu quả của hệ thống được đề xuất, cũng như để so sánh chất lượng của các quá trình quá độ với chất lượng hoạt động của HTĐ điển hình thường với bộ điều khiển PID. Ngoài ra, cần phải xác định khi nào việc áp dụng hệ thống như vậy là có hiệu quả, và cũng để đánh giá sự phù hợp của việc áp dụng hoặc ngăn cấm sự đảo chiều của tác động điều chỉnh trong hoạt động của thuật toán TĐN. Đối với khối dự báo, cần thực hiện các khuyến nghị về lựa chọn hệ số dự báo (k_{pr}) và đưa ra sự phụ thuộc của nó vào các tính chất của đối tượng điều khiển.

3. Cấu trúc và nguyên tắc hoạt động của HTĐ lai

Để áp dụng thực tế sẽ được đề xuất HTĐ, sơ đồ HTĐ được trình bày trong hình 1.

Ở đây: TĐN - thuật toán tác động nhanh nhất, ANR - điều chỉnh tự động của bộ điều khiển, REG – Bộ điều khiển, PI – bộ điều khiển PI, PID – bộ điều khiển PID, LC – cơ cấu logic, CT – cơ cấu truyền động, Ob – đối tượng điều khiển, S – bộ chuyển đổi, SP – đầu vào, MV – tác động điều chỉnh, PV – biến điều chỉnh, z – đầu ra của cơ cấu truyền động, F – bộ lọc.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của hệ thống lai điều chỉnh

HTĐ này sẽ được xem xét cho trường hợp điều khiển công suất của bộ gia nhiệt bằng phương pháp PWM, vì vậy khi chuyển đổi của tác động điều khiển (tức là công suất gia nhiệt) trong quá trình làm việc của TĐN, nó ngay lập tức sẽ nhận giá trị mới, còn những giới hạn mà bắt buộc áp đặt cho tín hiệu điều khiển trong trường hợp này được thể hiện ở mức công suất của phân tử gia nhiệt đối với trạng thái cân bằng của nó.

Sẽ được xem xét trường hợp, khi mà tác động điều chỉnh MV là một biến tương tự, các giá trị giới hạn trên và dưới (P_{MAX} và P_{MIN}). Cơ cấu truyền động (CT) sẽ được xem là một khâu kết tỷ lệ mà bao hàm trong thành phần của đối tượng điều khiển. Tiếp theo, hoạt động của HTĐ sẽ được xem xét khi hoạt động đầu vào thay đổi.

Những chức năng mà được thực hiện bởi các khối riêng lẻ trong HTĐ lai sẽ được phân bố như sau. Nhiệm vụ chính của sự điều chỉnh (ổn định biến điều chỉnh PV khi tác động của nhiễu) tại một giá trị không đổi của đầu vào SP sẽ được thực hiện bởi khối REG với sự trợ giúp của hoạt động điều chỉnh MV = y_{reg} (bộ chuyển đổi S lúc này ở vị trí số 3).

Nếu như hoạt động đầu vào được việc thay đổi từ vị trí SP1 sang vị trí SP2, với $|\Delta SP| = |SP2 - SP1| > \sigma_{cp}$, trong đó σ_{cp} là ngưỡng hoạt động của thuật toán TĐN, lúc này sẽ thay thế khối REG bằng khối TĐN (bộ chuyển đổi S chuyển sang vị trí số 1) được đưa vào hoạt động, nhiệm vụ mà được thực hiện chuyển

đổi tối ưu từ vị trí ban đầu của đầu vào $SP1$ sang vị trí mới $SP2$ dựa trên nguyên lý cực đại của Pontryagin [2]. Khi mà trong quá trình này biến PV sẽ tiếp cận dần đến vị trí đầu vào mới và sẽ bắt đầu thực hiện điều kiện $|\varepsilon| < \sigma_{ot}$ (trong đó $\varepsilon = SP - PV$ gọi là giá trị sai lệch điều chỉnh, σ_{ot} là ngưỡng ngắt sự hoạt động TĐN), điều khiển của tác động điều chỉnh sẽ được quay trở lại khối REG. Chuyển từ khối TĐN sang khối REG và ngược lại sẽ thực hiện tự động nhờ khối logic LC.

Như thể hiện trong hình 1, khi hoạt động đầu vào được thay đổi, thuật toán điều chỉnh PI sẽ hoạt động, vì phân của tín hiệu theo đầu vào không được thực hiện (tức là tín hiệu đầu vào chỉ đi qua khối P và I trong bộ điều chỉnh PID). Điều này được thực hiện để ngăn chặn tín hiệu đầu ra của bộ điều chỉnh (μ) không bị vượt lố (nhảy vọt) trong khi đầu vào bị thay đổi.

Khối ANR [Kuzishchin và Tsarev, 2014] sẽ được đưa vào hoạt động nhờ thao tác trực tiếp của người điều chỉnh theo định kỳ (bộ chuyển đổi S sẽ ở vị trí số 2) trong bước điều chỉnh HTĐ và trong quá trình hoạt động của hệ thống (nếu cần). Khối này sẽ phục vụ để tính giá trị của các thông số của bộ điều chỉnh và các tham số của mô hình đối tượng cần thiết cho hoạt động của TĐN.

Để giảm sự ảnh hưởng của tín hiệu nhiễu tần số đến biến điều chỉnh trong bộ điều khiển đã được cấp cho đầu vào của thuật toán điều chỉnh thông qua bộ lọc đầu vào (F) với hàm truyền đạt có dạng:

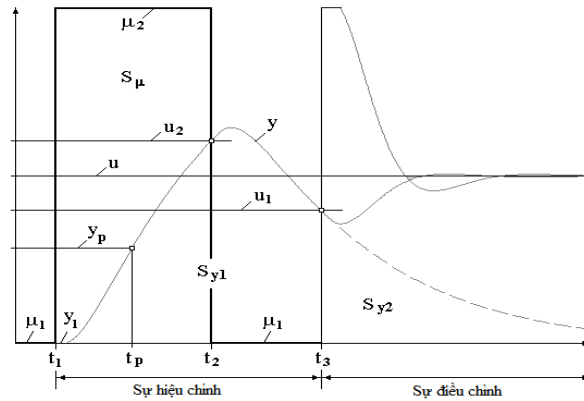
$$W_{inf}(s) = \frac{1}{(T_{inf} \cdot s + 1)} \quad (1)$$

ở đây T_{inf} – thời gian cố định của bộ lọc đầu vào. Trong trường hợp này $T_{inf} = 2$ s. Có tính toán đến bộ lọc đầu vào, lúc này hàm truyền đạt của đối tượng làm việc có dạng bậc ba.

4. Mô tả sự làm việc của khối ANR

Như đã trình bày ở trên, trong thành phần của HTĐ đã cho bao gồm khối ANR, nhiệm vụ của khối này là làm mới mô hình đối tượng theo chu kỳ và phù hợp với điều đó thì sẽ tính toán lại tham số của thuật toán điều chỉnh. Trong trường hợp này sẽ ứng dụng thuật toán hiệu chỉnh tự động nhanh gọi là ANR-1, thuật toán này được mô tả cụ thể trong tài liệu [Kuzishchin và Tsarev, 2014].

Chúng ta sẽ xem xét cụ thể hơn thuật hiệu chỉnh tự động này, thuật toán mà làm việc căn cứ vào đáp ứng của đối tượng điều khiển trên dạng xung hình chữ nhật. Khi xác định các tham số của mô hình toán học của đối tượng và tính toán các thông số của bộ điều chỉnh, bộ chuyển đổi S được hiển thị trong hình. 1, sẽ được ở vị trí số 2 (tức là, bộ điều chỉnh P được tắt và mô-đun ANR sẽ hoạt động). Trong mô-đun ANR được đưa vào thành phần role, trong Hình. 2 đã cho thấy ngưỡng chuyển đổi trên và dưới của nó (u_1 và u_2). Trước khi bắt đầu hoạt động của ANR-1, hệ thống phải ở trạng thái ổn định, có thể được coi là một nhược điểm của phương pháp này. Tại thời điểm bật ANR-1, tác động điều chỉnh sẽ được chuyển từ μ_1 sang μ_2 và sẽ được chuyển trở lại khi giá trị đầu ra đạt ngưỡng chuyển đổi trên. Đã nhận được các đồ thị của quá trình quá độ khi ANR-1 hoạt động và được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Những đồ thị của các quá trình khi hiệu chỉnh tự động theo thuật toán ANR-1

Trong đó: u – tín hiệu đầu vào; y – đại lượng được điều chỉnh; u_1 và u_2 – những ngưỡng chuyển đổi trên và dưới; μ_1 – mức dưới; μ_2 – mức trên; S_μ – diện tích dưới đồ thị $y(t)$; S_{y1} – diện tích dưới đồ thị $y(t)$ trong đoạn thời gian $[t_1; t_3]$; S_{y2} – diện tích dưới đồ thị $y(t)$ trong đoạn thời gian $[t_3; \infty]$; (y_p, t_p) – tọa độ của điểm uốn.

Tiếp theo, thông qua dữ liệu đã nhận được (diện tích S_{y1} và S_{y2} , tọa độ của điểm uốn .v.v.), nhờ sự trợ giúp của thuật toán ANR-1 [Kuzishchin và Tsarev, 2014] sẽ được tính toán tham số của mô hình đối tượng, hàm truyền đạt của mô hình có dạng:

$$W_{ob}(p) = \frac{K_{ob} \cdot \exp(-p \cdot \tau)}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)} = \frac{K_{ob} \cdot \exp(-p \cdot \beta \cdot T_1)}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (n \cdot T_1 \cdot p + 1)} \quad (2)$$

ở đây: K_{ob} – hệ số truyền đạt, T_1, T_2 – những hằng số thời gian, τ – thời gian trễ của mô hình đối tượng, các hệ số $n = T_2/T_1$ và $\beta = \tau/T_1$.

Sau khi có được tham số của mô hình đối tượng, ANR-1 tiếp tục thực hiện tính toán tham số tối ưu hiệu chỉnh của bộ điều chỉnh PID, hàm truyền đạt của bộ điều chỉnh này được mô tả như sau:

$$W_r(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \cdot \frac{1}{(T_f \cdot p + 1)^2}\right), \quad (3)$$

ở đây: K_p – hệ số truyền đạt; T_i – hằng số thời gian tích phân; T_d – hằng số thời gian vi phân; $T_f = T_d/K_f$; sẽ được lựa chọn $K_f = 8$. Dạng bộ điều chỉnh PID này được sử dụng rộng rãi trong chuỗi bộ điều khiển công nghiệp, ví dụ như trong bộ điều khiển Remikont của viện nghiên cứu NIITeplopribor, Kontrast của Công ty Volmag, PLC của OWEN.v.v.

Các tham số tối ưu của thuật toán PID được tính toán giới hạn về tần số của dao động $M = 1.4$, phương pháp được mô tả trong [Porač, 2007], phép tính được sử dụng điều kiện tối ưu gián tiếp, dưới dạng các yêu cầu cho đặc tính tần số toàn phần của hệ thống điều chỉnh khép kín trong vùng lân cận của tần số cộng hưởng; như vậy sẽ nhận được rằng biên độ tại một điểm cho trước là 1.4, và giá trị pha là -90° .

Đây là phương pháp cho phép xác định 4 tham số của mô hình đối tượng (2) không phụ thuộc lẫn nhau và hoạt động tốt khi sử dụng trong HTĐ với bộ truyền động, cái mà được điều khiển bởi tín hiệu tương tự, tuy nhiên phương pháp này đòi hỏi những điều kiện ứng dụng cụ thể, điều kiện này được mô tả trong tài liệu [Kuzishchin và Tsarev, 2014; Kuzishchin, Merzlikina và Van Va Hoang, 2017].

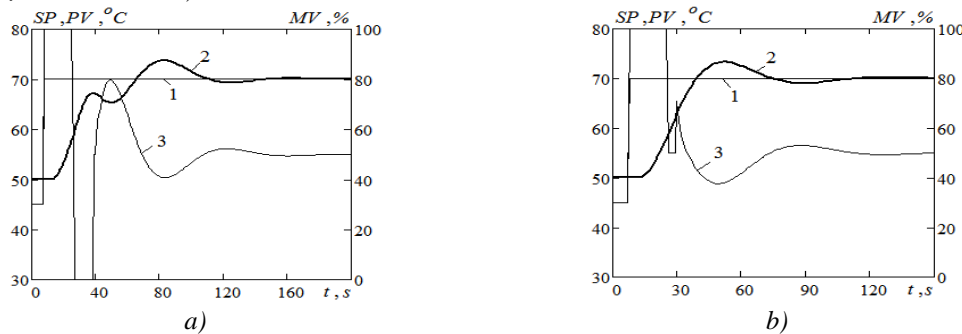
Sau này những tính toán sẽ được thực hiện giành cho đối tượng dạng (2) với các tham số: $K_{ob} = 1$ °C/%US (unified signal); $T_1 = 16$ s; $T_2 = 32$ s; $\tau = 6$ s. Tham số của mô hình đối tượng mà nhận được nhờ sự trợ giúp của thuật toán ANR-1: $K_{mob} = 0.99$ °C/%US; $T_{1m} = 16.54$ s; $T_{2m} = 31.3$ s; $\tau_m = 5.8$ s; những tham số hiệu chỉnh của bộ điều khiển PID với bộ lọc bậc hai khi D được đưa vào (xem công thức (2)): $K_p = 4.26$ %US/°C; $T_i = 26.6$ s; $T_d = 9.2$ s.

5. Loại bỏ tự dao động trong HTĐ với thuật toán TĐN

Trong thực thể mô hình của đối tượng được biết không hoàn toàn chính xác. Ngoài ra khoảng thời gian của vòng quét biến điều chỉnh có thể đạt đến 0.5 giây (s) và có thể lớn hơn nữa. Để loại bỏ những xung động có thể của tín hiệu ở đầu ra của bộ đo, thì tín hiệu này thường được cho qua bộ lọc làm phẳng (khối F trong hình 1). Những nhân tố đã chỉ ra có thể là những nguyên nhân bắt đầu xuất hiện tự dao động trong HTĐ với thuật toán TĐN. Ngoài ra sự xuất hiện tự dao động là khả năng giảm vùng không nhạy cảm của role, trên cơ sở mà thực hiện thuật toán TĐN và sự không chính xác của sự dự báo.

Như vậy, khi làm việc với thuật toán TĐN, cần phải hạn chế số lần chuyển đổi và thực hiện các biện pháp để ngăn chặn sự xuất hiện của các tự dao động. Để thực hiện điều này trong hệ thống đã cho, khi biến điều chỉnh tiếp cận giá trị đầu vào đã đặt, sẽ thực hiện chuyển sang sự điều chỉnh bằng PID. Trong trường hợp này, có hai phương án có thể hoạt động của thuật toán TĐN: hoặc là làm việc với sự cho phép đảo chiều của tác động điều chỉnh (theo định lý Feldbaum, xem trong tài liệu [Porač, 2007; Аракелян và Пикина, 2003]), hoặc là với việc cấm đảo chiều (phương án được đưa ra trong bài báo này). Khi cấm sự đảo chiều sẽ thực hiện chỉ có một lần chuyển đổi của hoạt động điều chỉnh trong khuôn khổ hoạt động của thuật toán TĐN, sau đó, khi giá trị điều chỉnh tiếp cận giá trị đầu vào, hệ thống sẽ chuyển sang điều chỉnh PID. Ví dụ các quá trình quá độ trong HTĐ đã được xem xét khi được thay đổi đầu vào tới 20 °C, kết quả được thể hiện trong hình 3.

trong đó: 1- tín hiệu đầu vào (SP), 2- đại lượng đầu ra của HTĐ (PV), 3- tác động điều chỉnh (tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển MV).



Hình 3. Quá trình quá độ trong HTĐ lai với sự cho phép đảo chiều (a) và với sự cấm đảo chiều (b)

Sự chuyển sang điều chỉnh bằng PID sẽ được thực hiện nếu như sai lệch điều chỉnh đi vào trong vùng cho phép (vùng không cảm nhận của rơ le) hoặc là tốc độ thay đổi biến đầu ra PV đã đạt đến giá trị cho phép ($0.2 \cdot |V_{pv_max}|$), ở đây $V_{pv} \approx dPV/dt$.

Như chúng ta thấy từ hình. 3 thì đồ thị quá trình quá độ, với việc cấm đảo chiều trở nên ít dao động hơn, thấy rõ thời gian của quá trình quá độ giảm đáng kể (từ 103 giây trong hệ thống với ngược 69 giây trong hệ thống mà không đảo chiều) và độ lệch động của giá trị đầu ra giảm phần nào (từ 3.7 °C trong hệ thống đảo chiều giảm xuống đến 3.3 °C trong một hệ thống không có đảo chiều), cho thấy sự hữu ích của phương pháp này.

6. Lựa chọn hệ số dự báo k_{pr}

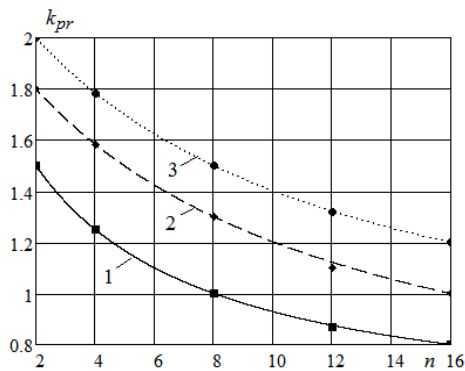
Nếu như HTĐ với thuật toán TĐN sẽ làm việc với đối tượng có thời gian trễ, thì trong thành phần của hệ thống cần đưa vào khối dự đoán, như một quy tắc, một thuật toán dự đoán tuyến tính được sử dụng. Trong hoạt động của TĐN, một đường chuyển đổi được tính toán bằng cách sử dụng biến trạng thái theo dạng tiêu chuẩn $\{x_{1k}; x_{2k}\}$, được xác định thông qua các biến trạng thái ở dạng bình thường $\{x_1; x_2\}$, những biến này được tính toán thông qua các biến PV và SP bằng cách sử dụng các công thức sau:

$$\begin{aligned} x_1 &= PVF - SP + (\tau \cdot V_{PV}) \cdot k_{pr}; \\ x_2 &= V_{PV}, \end{aligned} \quad (4)$$

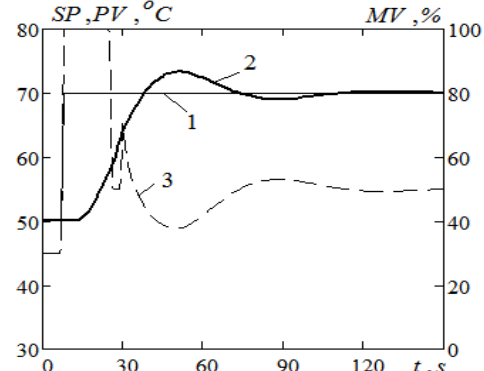
ở đây k_{pr} - hệ số dự đoán, hệ số này được điều chỉnh khi hệ thống được xác lập, PVF – biến PV , biến mà được truyền qua bộ lọc F (xem hình 1), V_{PV} – tốc độ thay đổi của biến PVF .

Giá trị của hệ số dự đoán k_{pr} phụ thuộc vào các thuộc tính của đối tượng và sau này sẽ được đề xuất thích hợp để có được các mối liên hệ tính toán tự động của hệ số này theo các tham số của mô hình đối tượng mà thu được từ ANR.

Dựa trên mô phỏng của hệ thống đang được xem xét với một số đối tượng của biểu mẫu (1), phương pháp tìm kiếm đã tìm thấy các giá trị tối ưu của hệ số dự báo. Mô hình được thực hiện cho các đối tượng có các tham số sau: $K_{ob} = 1 \text{ } ^\circ\text{C} / \%$ US; $T_1 = 16 \text{ s}$; $n = T_2 / T_1 = [2; 4; 8; 12; 16]$ và $\beta = \tau / T_1 = [0.2; 0.4; 0.8]$. Các đồ thị của sự phụ thuộc thu được được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Đồ thị phụ thuộc giá trị k_{pr} từ những tham số của mô hình đối tượng n và β ; $1 - \beta = 0.2$; $1 - \beta = 0.4$; $1 - \beta = 0.8$.



Hình 5. Những quá trình quá độ trong HTĐ với thuật toán TĐN và bộ điều khiển PID khi $k_{pr} = 1,86$

Sự phụ thuộc thu được bằng cách thực hiện xấp xỉ công thức gần đúng cho việc lựa chọn k_{pr}

$$k_{pr} = A \cdot (1 - D) + B \cdot D, \quad (5)$$

Ở đây, $A = 0.5 + 6/(n+4)$; $B = 0.55 + 16.66/(n+9.45)$; $C = 2.01 - 0.2/(\beta + 0.06)$; $D = 1.88 \cdot C - 2.2$.

Phù hợp với (5) được sử dụng trong mô hình HTĐ với thuật toán TĐN và bộ điều khiển PID trong công việc này. Đối với đối tượng đang được xem xét, $k_{pr} = 1.86$, quá trình quá độ cho trường hợp xem xét trong HTĐ này được thể hiện trong hình. 5.

trong đó: 1- tín hiệu đầu vào (SP), 2- đại lượng đầu ra của HTĐ (PV), 3- tác động điều chỉnh (tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển MV).

Trong Bảng 1 để so sánh, các chỉ số về chất lượng của các quá trình quá độ với sự thay đổi hệ số dự báo đã được trình bày ở trên.

Bảng 1. Các thông số về chất lượng của HTĐ với TĐN và bộ điều khiển PID khi thay đổi k_{pr}

HTĐ	Thời gian điều chỉnh (t_{per} , s)	Sự quá điều chỉnh (σ)
$k_{pr} = 1.5$	95	3.3
$k_{pr} = 1.86$	68	3.3
$k_{pr} = 2.5$	75	4.3

Như đã thấy từ bảng trên, khi thay đổi hệ số dự đoán thì chất lượng của quá trình quá độ sẽ thay đổi. Với sự trợ giúp của công thức tính toán tham số dự đoán thì nhận được chất lượng điều chỉnh tốt nhất giành cho đối tượng đã xem xét.

7. Kết luận

Theo kết quả của nghiên cứu đã cho thấy tính hiệu quả của hệ thống lai này, khi được sử dụng thay đổi đầu vào nhờ mô-đun TĐN với chuyển đổi cuối cùng sang sự điều chỉnh bằng PID, thu được sự phụ thuộc tính toán cho tham số dự báo để tăng hiệu quả của mô-đun dự đoán, và cũng cho thấy rằng để loại bỏ tự dao động thì nên chuyển từ TĐN sang thuật toán PID khi đạt được điều kiện nhất định. Bên cạnh đó, đã chỉ ra rằng hữu ích của sự loại bỏ đảo chiều của tác động điều chỉnh để tăng chất lượng điều chỉnh.

Đã thành công tạo ra chương trình tổng hợp từ xác định tham số của đối tượng, tham số điều chỉnh PID và tăng chất lượng điều chỉnh cho HTĐ lai. Các kết quả thu được có thể được sử dụng trong phần mềm của các bộ điều khiển để cải thiện hệ thống tự động điều chỉnh cho các quá trình nhiệt.

Kết quả ANR đã được Công ty OWEN tại Liên Bang Nga tiếp nhận và đã tạo ra thư viện PID_reg2, thư viện này có thể được làm quen tại trang www.owen.ru. Ngoài ra kết quả của TĐN đã được nhận và sẽ tạo ra thư viện cho bộ điều khiển PLC của OWEN.

Tài liệu tham khảo

- Аракелян Э.К., Пикина Г.А., 2003. *Оптимизация и оптимальное управление*. М.: Издательство МЭИ.
- Dilmurat M. Azimov, 2018. *Analytical solutions for extremal Space trajectories*. Butterworth-Heinemann. 330 pp.
- Hans P. Geering, 2007. *Optimal control with engineering applications*. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 131 pp.
- Kevin W. Cassel, 2013. *Variational methods with applications in science and engineering*. Cambridge University Press 32 Avenue of the Americas, New York, NY 10013-2473, USA. 409 pp.
- Ротач В.Я., 2007. *Теория автоматического управления*. Учебник для вузов. М.: Изд. дом МЭИ.
- V. F. Kuzishchin and V. S. Tsarev, 2014. *Algorithms for accelerated automatic tuning of controllers with estimating the plant model from the plant response to an impulse disturbance and under self-oscillation conditions*. © Springer, Volume 61, Issue 4, pp 281–290.
- V. F. Kuzishchin, E. I. Merzlikina, Van Va Hoang, 2017. *PID-controller with predictor and auto-tuning algorithm: Study of efficiency for thermal plants*. © Springer, Volume 64, Issue 9, pp 694–702.

ABSTRACT

Study of equality of the automatic control system is integrated with the maximal rapid response algorithm, PID-controller and an autotuning modul for thermal control plants

Nguyen Chi Tinh ¹, Kuzishchin Viktor Fedorovich ²,
Merzlikina Elena Igorevna ³, Hoang Van Va ⁴, Vo Thi Cam Thuy ⁵
¹ Hanoi University of Mining and Geology
^{2,3,4} National Research University "Moscow Power Engineering Institute"
⁵ Hanoi University of Industry

This paper considers a hybrid control system with the maximal rapid response algorithm, PID-algorithm and an autotuning module; some difficulties connected with the practical implementation of the system are described. The difficulties are the transport delay in the control plant, the possible self-oscillatory transient process, the plant model that must be accurate enough and periodically renewed. The ways how to overcome these difficulties are offered and the system efficiency for thermal plants is analyzed.

Keywords: automatic control systems, maximal rapid response algorithm, Pontryagin maximum principle, PID-controller, switching curve, autotuning, prediction, electric heater.

Nghiên cứu, chế tạo bộ xử lý tín hiệu số cho cổng dò kim loại trên công nghệ FPGA trong hệ thống mạng kiểm soát an ninh có điều khiển, giám sát từ xa

Nguyễn Trung Trục^{1,*}, Trương Xuân Thắng¹, Hoàng Anh Điệp¹
Viện Khoa học và Công nghệ Bộ công an

TÓM TẮT

Cổng dò kim loại là thiết bị thường được sử dụng trong quá trình kiểm tra an ninh tại các sân bay. Chúng phát hiện các vật thể kim loại trên người khi đi qua máy dò với số vùng phát hiện khác nhau, có thể từ 1, 2, 6, 12, 18 và 33 vùng trên cơ thể, số vùng phát hiện càng lớn thì vị trí của vật kim loại trên người càng chính xác hơn hỗ trợ việc xác định, tiết kiệm thời gian. Bài báo này mô tả việc xây dựng, thiết kế và triển khai hệ thống mạng các cổng dò phát hiện kim loại được nghiên cứu, tích hợp bộ xử lý tín hiệu số DSP trên cơ sở công nghệ FPGA phục vụ cho công tác kiểm soát an ninh.

Từ khóa: FPGA - Mạch tích hợp cỡ lớn dùng cấu trúc mảng phần tử logic; DSP - Bộ xử lý tín hiệu số; PI – Cuộn dây cảm ứng xung

1. Đặt vấn đề

Các thể hệ cổng từ cũ do Bộ công an Việt Nam sản xuất dựa trên nền công nghệ cảm biến analog và chip vi điều khiển, quá trình xử lý tín hiệu cảm biến trên từng vùng rất phức tạp và nhiều tạp nhiễu do môi trường ảnh hưởng tới quá trình vận hành hệ thống (hay báo giả). Từ yêu cầu thực tiễn trong công tác của Ngành công an, việc nghiên cứu, tích hợp bộ xử lý tín hiệu số DSP theo công nghệ FPGA nhằm nâng cấp, cải tiến để đảm bảo tính ổn định và khả năng chống nhiễu cho thiết bị cao hơn, cũng như có thể thực hiện biến đổi các tác vụ một cách linh hoạt trong phần mềm. Với thiết kế theo công nghệ kỹ thuật số, thiết bị có thể hoạt động theo mô hình mạng kết nối nhiều cổng từ về trung tâm quản lý, lưu trữ tập trung và điều khiển độ nhạy từ xa.



Hình 1. Sơ đồ mô hình hệ thống mạng kết nối nhiều cổng từ phát hiện kim loại

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

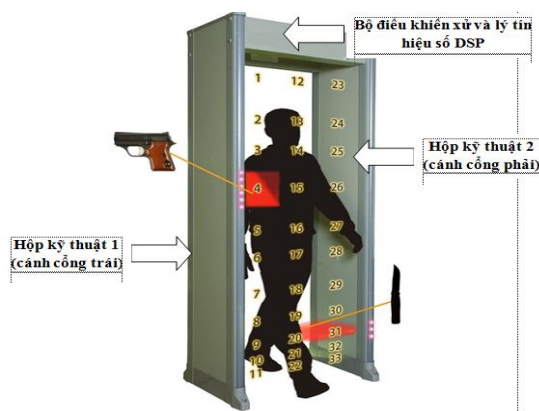
2.1. Cấu tạo, nguyên lý hoạt động của cổng từ dò kim loại theo vùng

Cổng từ dò kim loại hoạt động theo nguyên lý cảm ứng điện từ dùng để phát hiện kim loại theo vùng. Cấu tạo chung của Cổng dò kim loại gồm 2 phần: một bộ điều khiển và hai hộp kỹ thuật (còn được gọi là các cánh cổng). Ngoài ra, còn có thêm các thiết bị phụ trợ để cảnh báo. Bộ điều khiển và nguồn cung cấp có chức năng chính là nhận các thông tin từ hai hộp kỹ thuật gửi về sau đó sẽ xử lý, tùy theo chương trình lập trình cài đặt sẵn và đưa ra các phản ứng khác nhau trên từng vùng nhận tín hiệu của hộp kỹ thuật. Hầu hết các phản ứng của bộ điều khiển được đưa ra các thiết bị cảnh báo là đèn thông báo khu vực phát hiện, hỗ trợ cho người sử dụng xác định vị trí. Hai hộp kỹ thuật (hộp cánh) lắp các bộ thu - phát chứa các cuộn

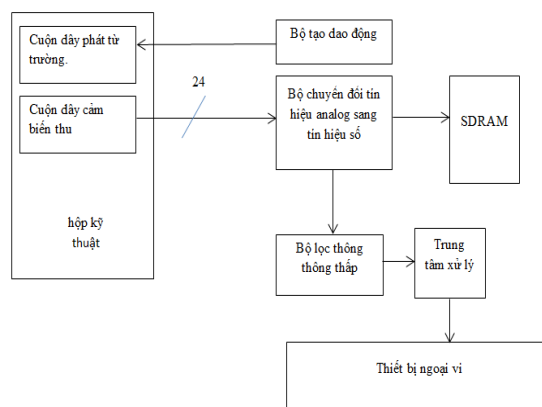
** Tác giả liên hệ*

Email: trucrui76@gmail.com

dây cảm biến thu/phát từ trường xung quanh 2 cánh để tương tác với các phần tử kim loại nằm trong vùng kiểm tra. Thiết bị cảnh báo là loa, đèn Led lắp đặt ở mặt trước hộp kỹ thuật... Hiện nay các công dò kim loại hiện đại tích hợp thêm tính năng phụ như: Mật khẩu điều khiển, phím điều khiển tiện lợi và có (remote) điều khiển từ xa...



Hình 2. Cấu tạo chung cổng từ dò kim loại theo vùng



Hình 3. Sơ đồ khối cổng từ phát hiện kim loại

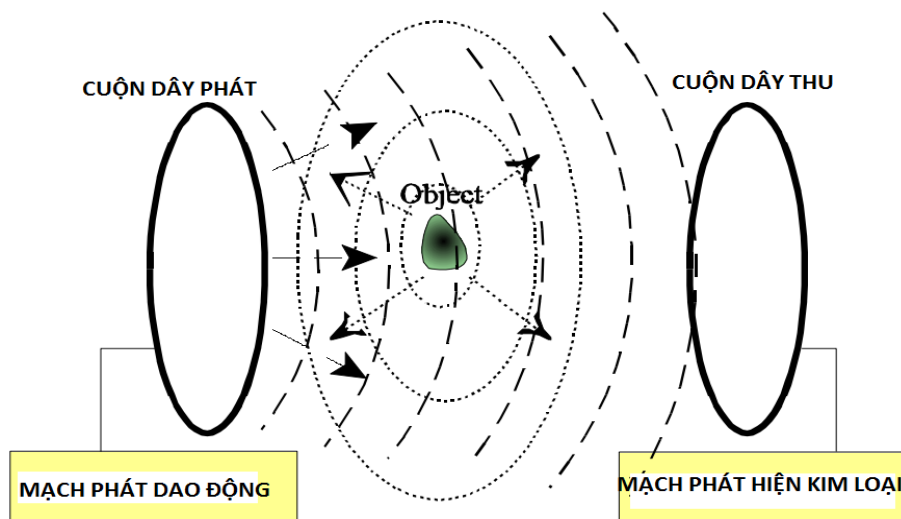
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình hóa phương pháp nghiên cứu cổng từ dò kim loại theo vùng được phân ra làm các khối như hình 3.

Giải thích các khối chức năng trong sơ đồ khối cổng từ phát hiện kim loại :

Hộp kỹ thuật: Cổng từ dò kim loại theo vùng chứa các cuộn dây cảm biến thu/phát từ trường xung quanh 2 cánh để tương tác với các phần tử kim loại nằm trong vùng kiểm tra. Với mỗi cánh cổng từ sẽ có 11 cuộn dây thu (tương đương với 11 Zone) và 1 cuộn dây phát.

Bộ tạo dao động: Tạo ra dòng điện xung cường độ cao, ngắn (độ rộng xung hẹp) qua cuộn dây phát. Mỗi xung tạo ra một từ trường ngắn. Khi xung kết thúc, từ trường đảo ngược cực và tắt rất đột ngột, dẫn đến một dòng điện cực mạnh với biên độ xung ngắn. Sự tăng đột biến này kéo dài vài micro giây (phần triệu giây) và làm phát sinh một dòng điện xung chạy qua cuộn dây thu. Dòng tiếp theo này được gọi là xung phản xạ và chỉ kéo dài 30 micro giây. Một xung phát khác sau đó được gửi tiếp và quá trình này lặp lại. Cổng từ dò kim loại thông thường sẽ phát 100 xung mỗi giây, nhưng con số này có thể khác nhau rất nhiều dựa trên nhà sản xuất và mô hình, từ khoảng 25 xung/giây đến trên 1.000.



Hình 4. Nguyên lý hoạt động của cảm biến phát hiện kim loại

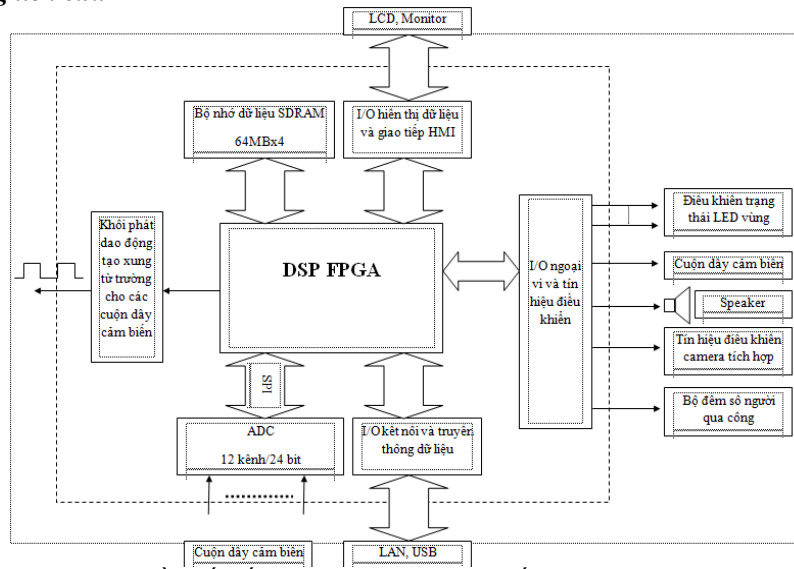
Bộ chuyển đổi tín hiệu analog sang tín hiệu số: Biến đổi tín hiệu analog của cuộn dây cảm biến thu thành tín hiệu số để sử dụng trong quá trình xử lý thuật toán lọc thông thấp.

Bộ lọc thông thấp: Dùng để lọc các tín hiệu với tần số thấp và đưa vào trung tâm xử lý.

Trung tâm xử lý: Xử lý các tín hiệu từ các 22 cuộn dây cảm biến vật thể kim loại trong vùng từ trường, đưa ra các tín hiệu cảnh báo theo từng vùng tương ứng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu



Hình 5. Sơ đồ thiết kế bo mạch xử lý tín hiệu số lập trình cho chip FPGA

Khối vào ra I/O ngoại vi và tín hiệu điều khiển: Dùng để đưa ra các tín hiệu cảnh báo bằng Led trên hai cánh, một tín hiệu đầu vào đếm số người đi qua công từ, một đầu tín hiệu kết nối với loa cảnh báo và các tín hiệu tích hợp mở rộng ngoại vi khác.

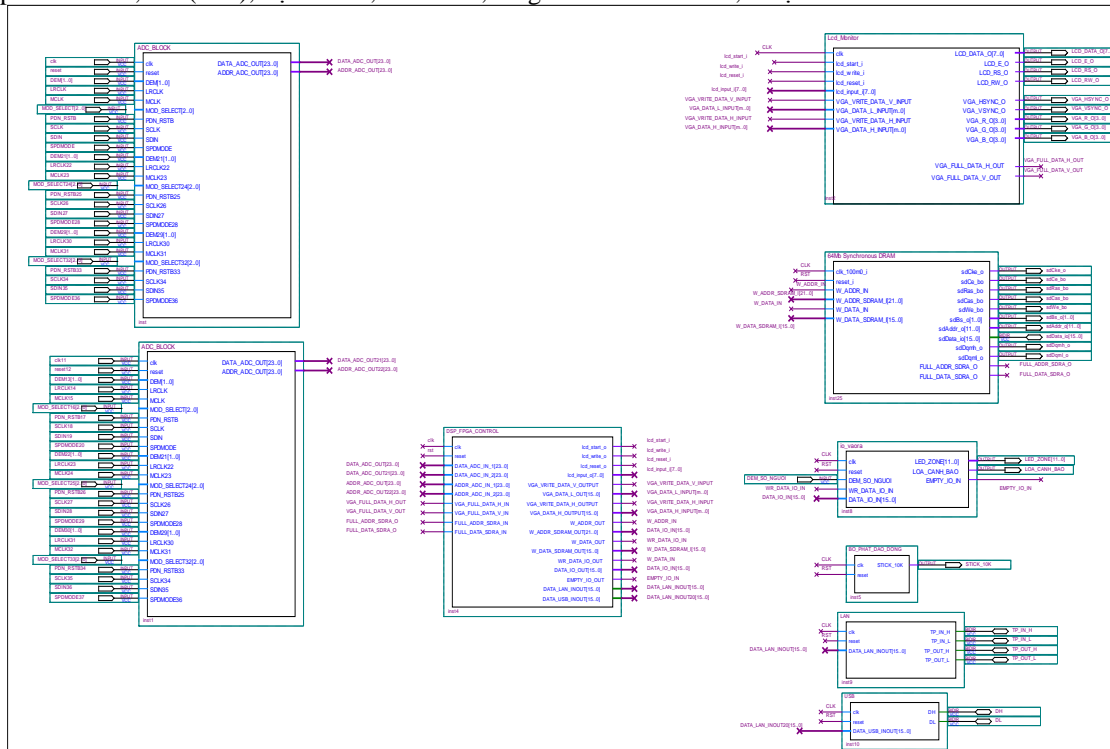
Khối hiển thị dữ liệu và giao tiếp HMI: Kết nối với màn hình monitor thông qua cổng kết nối VGA và màn hình hiển thị LCD 16x2.

Khối truyền thông: Hai cổng giao tiếp UART truyền dữ liệu, cổng kết nối mạng Ethernet LAN.

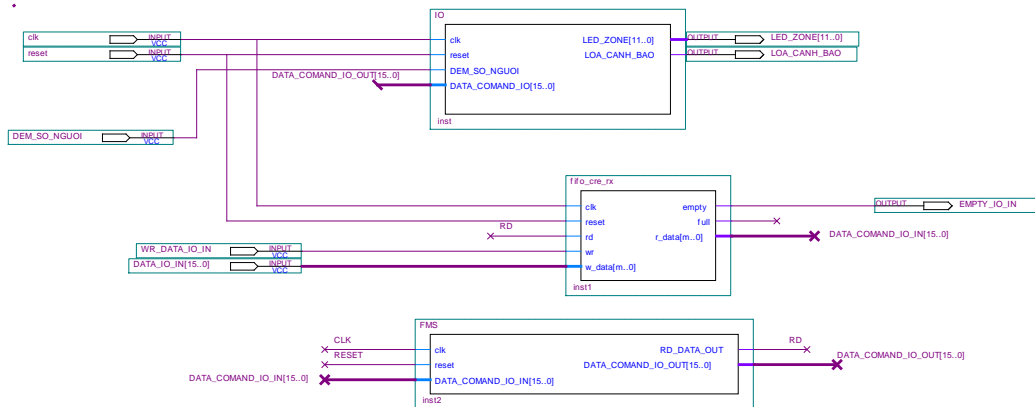
Khối ADC-Zone: Sử dụng ADC 12 kênh TLC320AD77C của hãng texas- instruments với độ phân giải 24bit, tốc độ lấy mẫu 96khz.

SDRAM 64Mbit: Lưu các giá trị lấy mẫu từ khối ADC thông qua khối DSP-FPGA

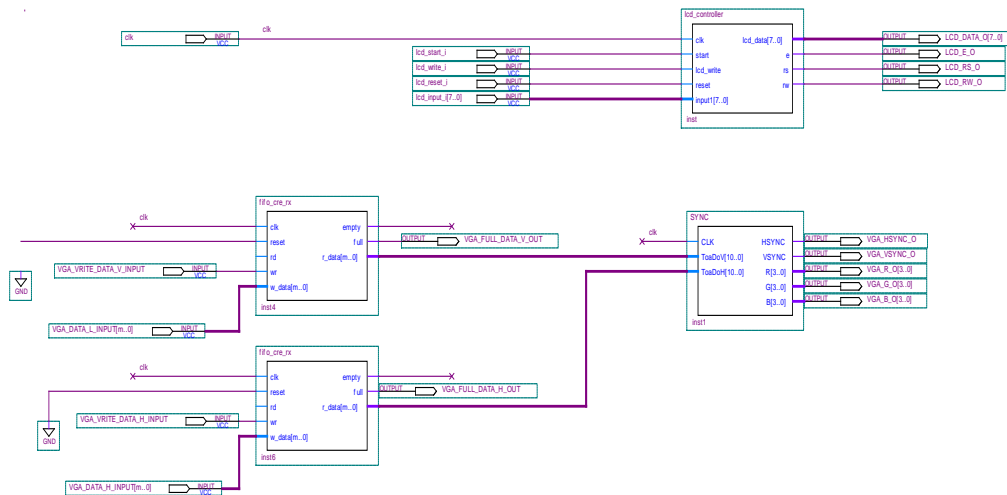
Khối DSP-FPGA: Sử dụng chip Altera Stratix® IV GX FPGA (EP4SGX230C2/EP4SGX530C2), số phần tử: 228,000 (LEs), bộ nhớ 17,133 Kbits, tổng số chân 744 I/Os, 8 bộ PLL.



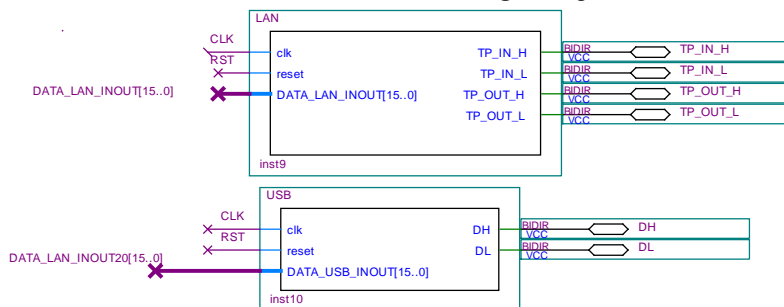
Hình 6. Sơ đồ thiết kế tổng quan trên chip DSP theo công nghệ FPGA



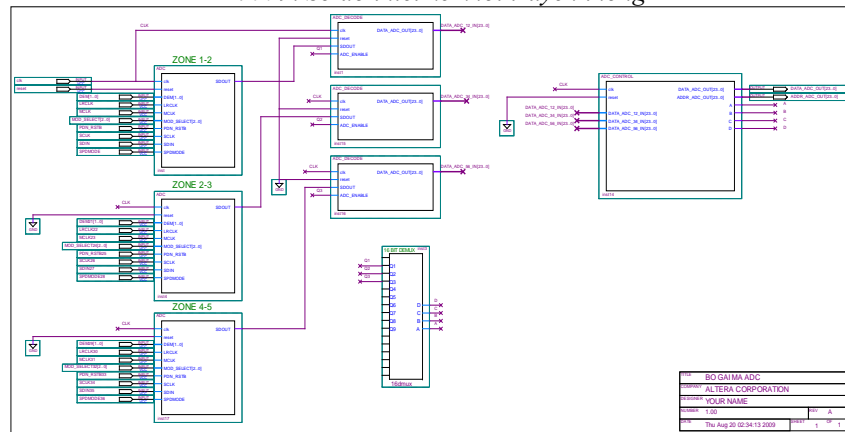
Hình 7. Sơ đồ thiết kế khối IO



Hình 8. Sơ đồ thiết kế khối giao tiếp



Hình 9. Sơ đồ thiết kế khối truyền thông



Hình 10. Sơ đồ thiết kế khối ADC



Hình 14. Ứng dụng cổng từ phát hiện kim loại theo vùng kết hợp với máy soi chiếu hành lý Xray trong hệ thống mạng kiểm soát an ninh

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn Tăng Cường, Phan Quốc Thắng, Trần Văn Hợp, *Cấu trúc các hệ xử lý tín hiệu số*, 2002, Học Viện kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- Tổng Văn On, *Nguyên lý mạch tích hợp ASIC lập trình được*, 2004, NXB Thống kê.
- Hoàng Minh Công, *Giáo trình cảm biến công nghiệp*, 2004, Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- Trung tâm Khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia, *Giáo trình thiết kế mạng LAN WAN*, 2004, Viện công nghệ thông tin.
- Tổng Văn On, *Thiết kế mạch số với VHDL và Verilog*, tập 1,2, 2004, NXB Lao động xã hội.
- Nguyễn Việt Kính, Trịnh Anh Vũ, *Thông tin số*, 2007, NXB Giáo dục Hà Nội
- Nguyễn Trọng Quế, Nguyễn Thị Lan Hương, Phạm Thị Ngọc Yến, *Cơ sở kỹ thuật đo*, 2009, NXB KHKT.
- Ths Huỳnh Minh Ngọc, *Đo lường và điều khiển bằng máy tính*, 2009, Trường ĐH công nghiệp Tp HCM.
- Phạm Thị Ngọc Yến, *xử lý tín hiệu, hệ thống tuyến tính, lọc số và DSP*, 2010, NXB KHKT.
- Lê Chí Kiên, *Giáo trình đo lường cảm biến*, 2013, NXB ĐH Quốc gia Tp HCM.
- Jonh G.Proaki, Dimistris G.Manolakis, *Digital Signal Processing*, 1999, Prentice – Hall international Inc.
- Roger Lipsett & Carl Schaefer, *VHDL Hardware Description and Design*, 2003, Kluwer Academic Publishers, United States of America.
- Peter J.Ashenden, *The VHDL CookBook*, 2003, University of Adelaide.
- Volnei A.Pedroni, *Circuit Design With VHDL*, 2010, Altera Corporation.
- Altera Corporation, *MAX + PLUS II, getting started, AHDL, Verilog HDL*, 2010, Altera Corporation.
- <http://www.electronickits.com/gold/>.
- <http://www.fpga4fun.com/>.
- <http://www.seas.upenn.edu/>.
- <http://mikro.e-technik.uni-ulm.de/vhdl/>.

ABSTRACT

Research and manufacture of digital signal processor for metal detector gate on FPGA technology in network security control and remote monitoring system

Nguyen Trung Truc¹, Truong Xuan Thang¹, Hoang Anh Diep¹

¹ Institute of Science and Technology Ministry of Public Security

Walk Through Metal Detectors are normally associated with the security searches we encounter at airports. They detect metallic objects on people passing through the detector with different numbers of detection zones, i.e. 1, 2, 6, 12, 18 and 33 zones on body, the greater number of detection's zones the more accurate the location of metallic object on the person can be determined, saving operator time. This paper describes the design, implementation, and deployment of Walk-Through Metal Detectors network, that researched and integrated Digital Signal Processing Based on FPGAs technology for security control work.

Keywords: FPGA - Field-Programmable Gate Array, DSP - Digital Signal Processor, PI – Pulse Induction

Giám sát các thông số cho trạm bơm thoát nước trong công nghiệp Mỏ

Uông Quang Tuyền^{1,*}, Phạm Minh Hải¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Vấn đề thoát nước trong công nghiệp Mỏ là vấn đề được các công ty sản xuất hết sức quan tâm. Để đáp ứng yêu cầu về an toàn, hệ thống thoát nước cho mỏ than cần phải được điều khiển bằng hệ thống tự động có giám sát các thông số một cách chặt chẽ. Bài báo này tập trung vào việc xây dựng hệ thống điều khiển và giám sát các thông số cho mô hình hệ thống thoát nước mỏ trong phòng thí nghiệm khoa Cơ - Điện. Các dữ liệu về lưu lượng, áp suất và trạng thái hoạt động của hệ thống được thu thập từ các cảm biến và hiển thị trên giao diện người-máy. Qua đó, người điều hành có thể đưa ra các phương án điều khiển cho hệ thống bơm, đảm bảo an toàn cho người và thiết bị cũng như quá trình sản xuất không bị gián đoạn. Kết quả trên mô hình thực nghiệm là cơ sở để xây dựng các hệ thống điều khiển và giám sát cho các hệ thống thoát nước mỏ trong thực tế.

Từ khóa: SCADA; Thoát nước mỏ; Thu thập dữ; Supervisory Control; Data Acquisition

5. Đặt vấn đề

Hệ thống SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong tất cả các lĩnh vực công nghiệp nhằm thực hiện điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu của các quá trình công nghệ. Trong công nghiệp Mỏ, hệ thống bơm thoát nước mỏ đã được tự động hóa rất hiện đại và áp dụng thành các sản phẩm thương mại. Các hệ thống này có thể được tích hợp với các hệ thống quan trắc và kiểm soát nước mỏ, đồng thời có khả năng truyền tải thông tin theo thời gian thực từ xa qua internet [Siemens, WinCC Professional V14 SP1, System Manual, 03/2017, Online help printout]. Tuy vậy, giá thành cũng như chi phí bảo dưỡng của các hệ thống này thường rất cao nên rất khó áp dụng và duy trì vận hành ở Việt Nam. Điển hình như mỏ than Mạo Khê là mỏ được đầu tư hệ thống quan trắc nước mỏ và tự động hóa hầm bơm đầy đủ, đồng bộ và hiện đại nhất ngành than. Nhưng hoạt động quan trắc nước mỏ và điều khiển hầm bơm tự động cũng ngừng hoạt động sau khi các dự án kết thúc [Viện KHCN Mỏ: “NC thiết kế, xây dựng hệ thống quan trắc nước mỏ tự động cho các mỏ khai thác than hầm lò”; Đề tài NCKH và PTCN cấp Tập đoàn; Hà Nội 2015.]

Bên cạnh các hệ thống thiết bị thương mại thì việc nghiên cứu tự động hóa cho các trạm bơm mỏ hầm lò vẫn được các nhà khoa học thực hiện nghiên cứu xây dựng và phát triển để phù hợp với thực tế khác nhau của các mỏ như ở các tài liệu [C.E. Marr: “Pumps and pumping, remote operation and monitoring”, The international Journal of Mine Water, Vol.7, No.2, June 1988, pp.33 46; Wu Jing, Chen Guojie: “Design of coal mine underground drainage pump monitoring and controlling system based on PLC and touch screen”, MEC conference, Jilin, Aug. 2011]. Ở Việt Nam, năm 2015 Viện KHCN Mỏ cũng đã nghiên cứu và phát triển hệ thống SCADA cho các mỏ hầm lò. Tuy nhiên việc thực hiện đến nay còn hạn chế: thiếu các trạm quan trắc mực nước ngầm, các thiết bị còn thô sơ chưa đồng bộ...

Bài báo này trình bày các yêu cầu và kiến trúc hệ SCADA áp dụng cho các trạm bơm thoát nước mỏ ở Việt Nam. Dựa trên các yêu cầu và kiến trúc đó, các phần tử tự động, cảm biến sẽ được lựa chọn. Chương trình điều khiển, giao diện giám sát HMI (Human Machine Interface) và cơ sở dữ liệu được phân tích và đánh giá bằng thực nghiệm trên mô hình hệ thống thoát nước Mỏ trong phòng thí nghiệm.

2. Xây dựng hệ SCADA cho trạm bơm thoát nước Mỏ

2.1. Cơ sở lý thuyết

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) đề cập đến việc kết hợp giữa điều khiển xa và thu thập dữ liệu. Hệ thống SCADA ghi nhận những dữ liệu từ các cảm biến và các thiết bị hiện trường. Sau đó nó chuyển dữ liệu đến trung tâm giám sát điều khiển quá trình. Hệ SCADA được coi là một hoặc nhiều thiết bị hiển thị dữ liệu. Những quá trình được điều khiển bởi hệ thống tự động là sự kết

* Tác giả liên hệ

Email: uqtuyentdh@gmail.com

hợp giữa con người, máy tính, truyền thông và các giao thức. Hệ thống tự động được sử dụng để tăng hiệu quả quá trình điều khiển bởi việc giảm chi phí cao cho nhân công bằng hệ máy tính với chi phí thấp hơn. Những hệ thống tự động đó thường được đề cập đến như hệ thống điều khiển quá trình (PCS – Process Control System) hay là hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA) (Khin Thu Zar Win, Hla Myo Tun; Design and Implementation of SCADA System Based Power Distribution for Primary Substation (Control System); International Journal of Electronics and Computer Science Engineering 254).

Một hệ thống SCADA bao gồm: thiết bị hiển thị hiện trường, hệ thống truyền thông, máy tính trung tâm, giao diện người-máy HMI (Human Machine Interface)

2.2. Mô hình trạm bơm thoát nước mở tại phòng thí nghiệm khoa Cơ - Điện và vị trí lắp cảm biến trong mô hình



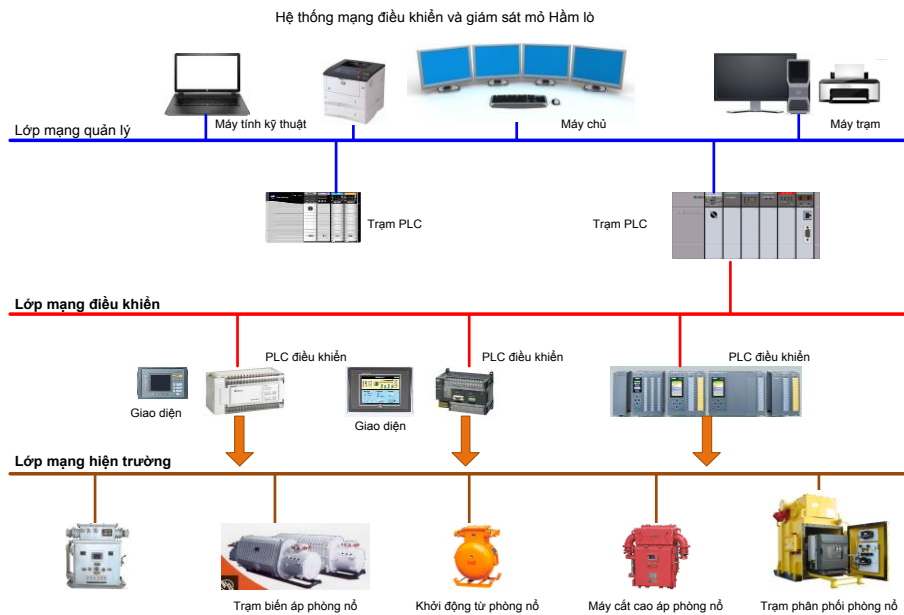
Hình 1. Mô hình trạm bơm thoát nước mở trong phòng thí nghiệm



Hình 2. Vị trí lắp đặt các cảm biến lưu lượng và áp suất

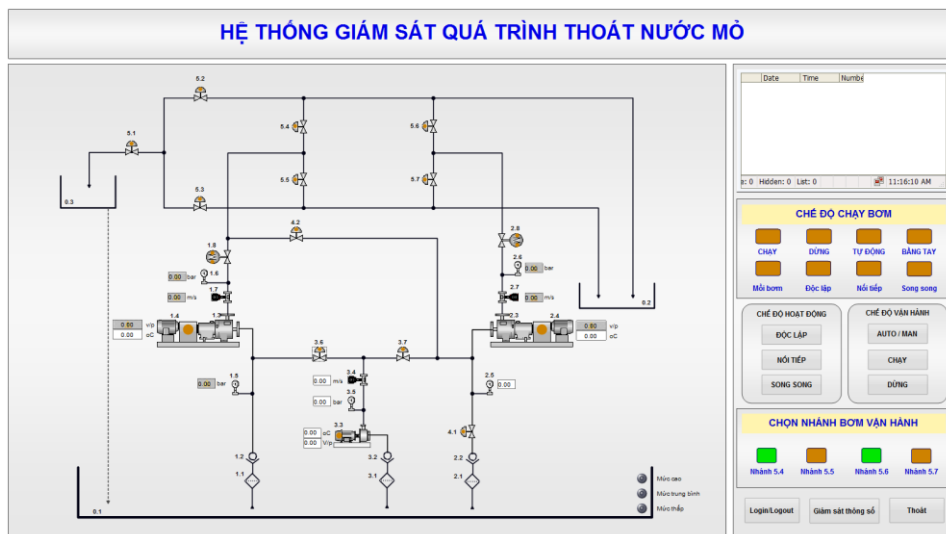
2.3. Mô hình SCADA cho hệ thống thoát nước mở

Trên cơ sở nghiên cứu các hệ thống thoát nước mở hiện tại và xây dựng nên cấu hình mạng SCADA cho hệ thống; để nghiên cứu và thử nghiệm tác giả đã áp dụng hệ thống đó trên mô hình trong phòng thí nghiệm của khoa Cơ - Điện, trường Đại học Mở - Địa chất.



Hình 3. Mô hình mạng SCADA cho hệ thống thoát nước mỏ

Hệ thống SCADA sử dụng phần mềm thiết kế giao diện giám sát điều khiển WinCC professional kết hợp với bộ điều khiển PLC S7-1500 thực hiện việc thu thập dữ liệu từ các cảm biến lưu lượng, áp suất và thực hiện điều khiển bơm và van trong mô hình. Với hệ thống này ngoài việc thu thập dữ liệu, người vận hành có thể điều khiển cho hệ thống hoạt động mà không cần phải đến hiện trường.



Hình 4. Giao diện điều khiển hệ thống thoát nước mỏ

Hệ thống hoạt động hoàn toàn tự động với các yêu cầu của bài toán thoát nước. Khi nước trong moong dâng cao với lưu lượng nhỏ thì quá trình bơm sẽ tự động điều chỉnh tần số cho bơm để bơm hoạt động liên tục và vẫn đảm bảo an toàn khi thoát nước cho mỏ. Trong quá trình đó nếu mức nước tiếp tục dâng lên thì hệ thống sẽ điều chỉnh tăng tần số cho bơm chạy nhanh hơn. Nếu khi bơm đạt tốc độ định mức mà nước vẫn cứ dâng lên cao thì hệ thống tự động bật thêm bơm thứ hai vào hoạt động.

Trong quá trình một bơm hoạt động nếu xảy ra sự cố ở bơm đang hoạt động, hệ thống sẽ tự động ngắt bơm đó khỏi hệ thống và đưa bơm dự phòng vào hoạt động đảm bảo quá trình bơm được liên tục.

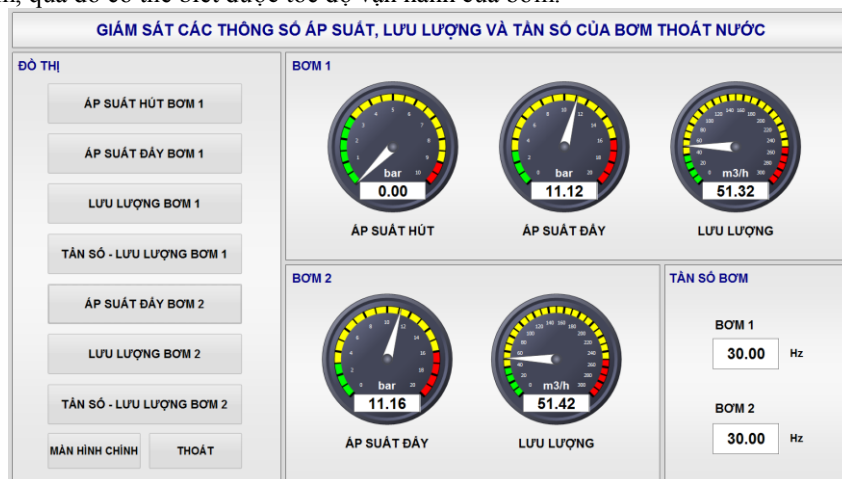
Một hệ thống tự động không thể thiếu các phân tử: cảm biến lưu lượng, cảm biến áp suất, bơm chính, bơm môi, van điều khiển và biến tần,...

2.4. Thu thập dữ liệu về lưu lượng và áp suất

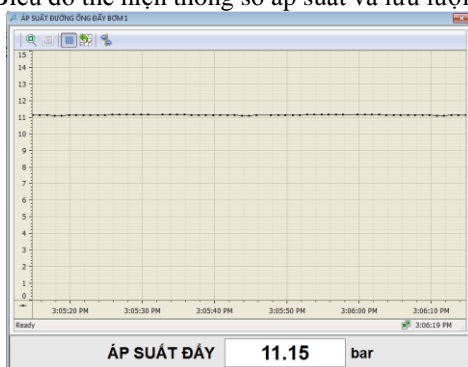
Trong quá trình vận hành hệ thống thoát nước mỏ những thông số như áp suất, lưu lượng, tốc độ bơm, nhiệt ổ trục của bơm liên tục được giám sát và theo dõi. Mọi sự thay đổi của các thông số trên đều được

lưu trữ và hiển thị lên trên giao diện giám sát của hệ thống. Khi có một sự cố nào đó thì thể hiện cảnh báo trên màn hình giao diện và lưu trữ lại lỗi đó để báo cáo.

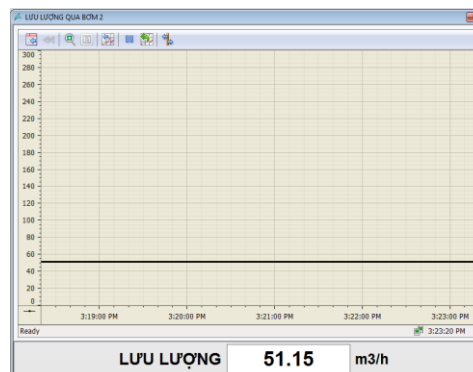
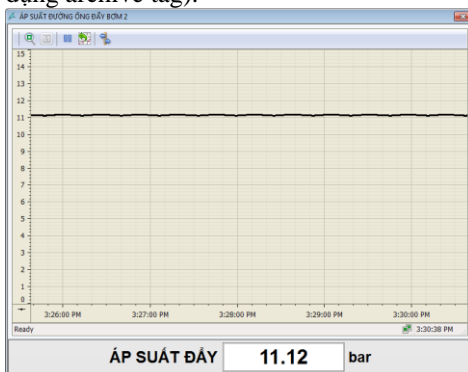
Trong mô hình bơm thoát nước trong phòng thí nghiệm khoa Cơ - Điện, các thông số như tốc độ bơm, nhiệt độ trực chưa được lắp đặt nên trong phạm vi bài báo này đề cập đến việc giám sát thông số về lưu lượng và áp suất của hệ thống. Từ đó tác giả đưa ra giao diện giám sát các thông số áp suất hút, áp suất đẩy, lưu lượng của các bơm hoạt động trong mô hình. Trên giao diện này có thể theo dõi được tần số hoạt động của bơm, qua đó có thể biết được tốc độ vận hành của bơm.



Hình 5. Giám sát các thông số lưu lượng, áp suất và tần số hoạt động của hệ thống bơm thoát nước mở
Biểu đồ thể hiện thông số áp suất và lưu lượng của Bơm 1 khi cho Bơm chạy ổn định với tần số 30Hz



Biểu đồ thể hiện thông số áp suất và lưu lượng của Bơm 2 khi cho Bơm chạy ổn định với tần số 30Hz
(Sử dụng archive tag).



3. Kết luận

Hệ thống giám sát các thông số này thu thập nhanh các thông số của quá trình, hiển thị một cách chính xác diễn biến bằng đồ thị các thông số về áp suất, lưu lượng trong quá trình hoạt động của bơm. Khi có những thay đổi về mức nước moong, sự cố bơm hay sự cố van sẽ được hệ thống ghi lại và cảnh báo cho người dùng đồng thời tự động đưa dự phòng vào làm việc. Trong quá trình vận hành người vận hành có thể thay đổi các giá trị tần số trong khoảng cho phép để thay đổi tốc độ của bơm giúp cho việc thoát nước

được nhanh chóng và an toàn. Hệ thống đáp ứng được các yêu cầu về tự động điều khiển các bơm vận hành theo mức nước, theo thời gian, và theo yêu cầu thực tế của mỏ.

Đề áp dụng vào thực tiễn trong mỏ thì cần bổ sung các cảm biến đo mức nước trong moong chứa nước để dự đoán được tốc độ dâng lên của nước từ đó chỉnh định lại chương trình điều khiển theo đúng các tham số thực tế.

Tài liệu tham khảo

Carke G, Rynders D, Wright E, *Practical Modern SCADA Protocols*, Elsevier journal of process plants, 2003

C.E. Marr: “*Pumps and pumping, remote operation and monitoring*”, The international Journal of Mine Water, Vol.7, No.2, June 1988, pp.33 46

Khin Thu Zar Win, Hla Myo Tun; *Design and Implementation of SCADA System Based Power Distribution for Primary Substation (Control System)*; International Journal of Electronics and Computer Science Engineering 254

Siemens, WinCC Professional V14 SP1, System Manual, 03/2017, Online help printout

Viện KHCN Mỏ: “*NC thiết kế, xây dựng hệ thống quan trắc nước mỏ tự động cho các mỏ khai thác than hầm lò*”; Đề tài NCKH và PTCN cấp Tập đoàn; Hà Nội 2015.

Wu Jing, Chen Guojie: “*Design of coal mine underground drainage pump monitoring and controlling system based on PLC and touch screen*”, MEC conference, Jilin, Aug. 2011

ABSTRACT

Monitoring parameters for drainage pumping stations in the mining industry

Uong Quang Tuyen¹, Pham Minh Hai¹

Hanoi University of Mining and Geology, Viet Nam

Drainage in the mining industry is a matter of great concern for the manufacturing companies. To meet the safety requirements, the coal drainage system needs to be controlled by an automated system that monitors the parameters closely. This paper focuses on the construction of a control and monitoring system for the mine drainage system model in the Department of Mechanical and Electrical Engineering. Data on the flow, pressure and operating state of the system are collected from the sensors and displayed on the human-machine interface. As a result, the operator can provide control options for the pump system, ensuring safety for personnel and equipment as well as uninterrupted production. The experimental model results are the basis for control and monitoring a real mine drainage systems.

Keywords: SCADA; The mine drainage system; Supervisory Control; Data Acquisition