

MỤC LỤC

PHỤ TRÁCH TẠP CHÍ
TS. TẠ NGỌC HẢI

ỦY VIÊN PHỤ TRÁCH TRỊ SỰ
KS. TRẦN VĂN TRẠCH

ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP
TS. NGUYỄN BÌNH

PGS.TS. PHÙNG MẠNH ĐẮC
TSKH. ĐINH NGỌC ĐĂNG
TS. NGHIÊM GIA

PGS.TS. NGUT. HỒ SĨ GIAO
GS.TS. NGND. VÕ TRỌNG HÙNG
TS. NGUYỄN HỒNG MINH

GS.TS. NGUT. VÕ CHÍ MỸ
PGS.TS. NGUYỄN CẢNH NAM

KS. ĐÀO VĂN NGÂM

TS. ĐÀO ĐẮC TẠO

GS.TS. NGND. TRẦN MẠNH XUÂN

TÒA SOẠN

Số 655 Phạm Văn Đồng
Bắc Từ Liêm - Hà Nội

Điện thoại: 36649158; 36649159

Fax: (844) 36649159

Email: tccongnghiepmo@gmail.com

Website: http://vinamin.vn

Tạp chí xuất bản với sự cộng tác của:

Trường Đại học Mỏ - Địa chất;

Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim;

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomim;

Viện Dầu khí

Giấy phép xuất bản số:

376/GP-BTTTT

của Bộ Thông tin và Truyền thông

ngày 13/7/2016

Ảnh Bìa 1: Trạm quạt gió chính Công ty than Thống Nhất (Ảnh Ngọc Kiên)

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

* Nộp lưu chiếu: Tháng 4 năm 2022

TIN NỔI BẬT

❖ Tổng Bí thư Nguyễn Phú Trọng thăm công nhân ngành than

KHAI THÁC MỎ

❖ Ứng dụng mô phỏng số để xác định áp lực nổ cần thiết nhằm tạo khe nứt giữa các lỗ khoan trong nổ mìn tạo biên Mỏ đồng Sin Quyền

XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM VÀ MỎ

❖ Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài chất dính kết đến biến dạng và lực dọc trục trong thân neo

❖ Ổn định các đường lò dưới sâu trong đá yếu sử dụng hệ thống neo hai mức

TUYỂN VÀ CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

❖ Quá trình tuyển nổi graphit kỵ nước trong dung dịch muối điện ly

CƠ KHÍ VÀ CƠ ĐIỆN MỎ

❖ Bảo vệ chạm đất một pha bằng cách so sánh song song các mức trở cực đại dòng thứ tự không và cảnh báo chạm đất

❖ Phân tích ứng suất biến dạng nhân tử hữu hạn (FEM) để thiết kế các bộ phận của máy nghiền bột điện mỏ

ĐÀO VÀ GIẢI PHÁP PHÒNG NGỪA Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG

❖ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ sinh học và giải pháp phòng ngừa khí khai thác via trên dưới khu mỏ moong lộ thiên đã kết thúc khai thác

❖ Nghiên cứu công nghệ lắp đặt và đánh giá hiệu quả chống bụi của thiết bị hút bụi dạng ướt trong quá trình đào lò ở mỏ than Vàng Danh

❖ Đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường và đề xuất giải pháp quản lý môi trường cho Công ty cổ phần Than Hà Tu-Vinacomim

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

❖ Nghiên cứu ứng dụng ảnh vệ tinh để bổ sung, cập nhật độ sâu cho hải đồ ở các vùng ven biển của Việt Nam

❖ Nghiên cứu xác định mối quan hệ giữa hoạt động khai thác than và biến động lớp phủ khu vực Cẩm Phả

KINH TẾ, QUẢN LÝ

❖ Vận dụng công cụ phân tích dữ liệu của Microsoft Excel để phân tích giá than của Việt Nam

TIN TỨC, SỰ KIỆN

❖ Thủ tướng Phạm Minh Chính làm việc với Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam

❖ Công ty Cổ phần Than Mông Dương- Kỷ niệm 40 năm ngày thành lập

❖ Tin ngành mỏ Việt Nam

❖ Tin ngành mỏ thế giới

CNM 4

Phạm Văn Hòa và nkk 5

Đào Việt Đoàn 11

Trần Tuấn Minh và nkk 16

Nhữ Thị Kim Dung, Trần Văn Được 24

Đinh Văn Thắng 30

Đỗ Như Ý 34

Vũ Trung Tiến 39

Đào Văn Chi và nkk 47

Trần Thị Thanh Thủy và nkk 53

Dương Văn Phong, Phạm Ngọc Quang 62

Lê Thị Thu Hà 68

Nguyễn Thị Bích Ngọc, Đồng Thị Bích 76

Đức Khải 84

Ngọc Kiên 85

CNM 87

CNM 96



ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN (FEM) ĐỂ THIẾT KẾ NAM CHÂM ĐIỆN DÙNG TRONG THIẾT BỊ ĐIỆN MỎ

Trường Đại học Mỏ
Email: donhuy@hu

TÓM TẮT

Nam châm điện là bộ phận quan trọng trong thiết bị điện từ dùng để tạo ra lực hút điện từ cho thiết bị điện làm việc. Hiện nay việc tính toán thiết kế nam châm điện thường dùng phương pháp giải tích hay phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) để giải các phương trình vi phân bậc cao rất hiệu quả và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật. Trong bài báo này, tác giả trình bày phương pháp sử dụng phần tử hữu hạn để phân tích điện từ trường do nam châm điện tạo ra. Kết quả phân tích và mô phỏng giúp cho người thiết kế trong việc hiệu chỉnh thông số để tối ưu hóa thiết kế nam châm điện dùng trong thiết bị điện mỏ.

Từ khóa: cơ cấu điện từ, nam châm điện, phương pháp phần tử hữu hạn (FEM)

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các thiết bị điện mỏ như aptomat, khởi động từ.v.v. sử dụng nam châm điện là một bộ phận chính để tạo ra lực hút điện từ trong quá trình làm việc. Để các thiết bị điện mỏ có kích thước tối ưu, nhỏ gọn mà vẫn đảm bảo làm việc tin cậy thì việc tính toán thiết kế nam châm điện là một khâu quan trọng trong việc tính toán thiết kế thiết bị điện mỏ.

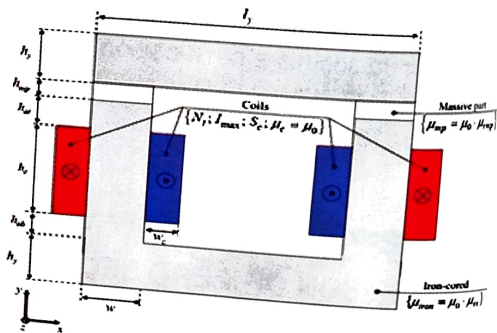
Hiện nay việc tính toán thiết kế nam châm điện thường được tính theo phương pháp giải tích hay còn gọi là phương pháp mạch từ tương đương. Phương pháp này sử dụng rất nhiều hệ số kinh nghiệm và hệ số kết cấu của mạch từ [1]. Nhược điểm của phương pháp này là khi kết cấu của nam châm điện phức tạp hoặc khi mạch từ bị bão hòa thì việc tính toán điện từ trường sẽ khó khăn, độ chính xác không cao ngoài ra sử dụng phương pháp giải tích không xác định được phân bố của từ trường trong mạch từ và không gian.v.v. gây khó khăn trong việc tối ưu hóa thiết kế nam châm điện.

Phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method - FEM) dùng để giải các phương trình vi phân bậc cao rất hiệu quả và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật như phân tích cơ học, phân tích nhiệt, và phân tích điện từ trường. Việc áp dụng phương pháp FEM kết hợp với mô phỏng số trong thiết kế nam châm điện khắc phục những hạn chế của phương pháp giải tích sẽ giúp ích nhiều cho người thiết kế trong việc hiệu chỉnh và tối ưu hóa công tác thiết kế thiết bị điện mỏ [2].

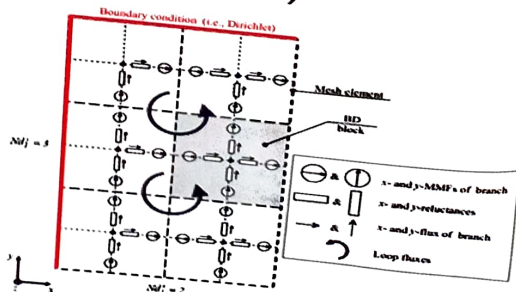
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp giải tích

Kết cấu nam châm điện thường gặp trong thiết bị điện mỏ có hình dạng như Hình H.1 [1]



a)



b)

H.1. Kết cấu nam châm điện (a) và mạch từ thay thế (b)

Theo [1] lực hút điện từ tại một khe hở không khí của nam châm điện được xác định theo các công thức:

$$F = \frac{1}{2\mu_0} B^2 S = \frac{1}{2\mu_0} B_{\delta m}^2 \sin^2(\omega t) \cdot S$$

$$F = \frac{1}{2S\mu_0} \Phi_{\delta m}^2 \sin^2(\omega t)$$

$$F = \frac{1}{2} \frac{\Phi_{\delta m}^2}{G^2} \frac{dG}{d\delta} \sin^2(\omega t)$$

trong đó: F - lực điện từ; B_δ - là từ cảm tại khe hở không khí;

Φ_δ - là từ thông qua tiết diện S của bề mặt cực từ;

G - từ dẫn tương đương của mạch từ;

μ₀ - từ thẩm không khí.
 Trong công thức trên, lực hút điện từ được tính toán khi đã xác định được biên độ từ cảm tại khe hở không khí B_{δm} và biên độ từ thông Φ_{δm}. Hai giá trị này có thể được tính toán giải tích bằng phương pháp mạch từ tương đương.

Khi áp dụng phương pháp giải tích để giải các thông số B_{δm} và Φ_{δm} cần có các giả thiết sau: Coi khe hở không khí là đủ nhỏ để bỏ qua từ trường tản; Bỏ qua từ trường rò; Coi vật liệu dẫn từ có đặc tính B-H tuyến tính; Bỏ qua tổn thất từ trễ và tổn thất dòng điện xoáy v.v. Những giả thiết này làm cho các kết quả tính toán theo phương pháp giải tích có độ chính xác không cao hoặc sẽ cho các kết quả sai khi nam châm điện làm việc ở vùng bão hòa mạch từ.

2.2. Phương pháp phân từ hữu hạn

Phân bố từ trường trong mạch từ và không gian xung quanh cơ cấu điện từ là nghiệm của phương trình Poisson viết cho trường điện từ của mô hình nam châm điện. Mô hình này được xây dựng dựa trên định luật Maxwell – Ampe. Theo phương trình Maxwell - Faraday viết cho trường hợp của nam châm điện ở trạng thái xác lập như sau [3],[4]:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} \tag{1}$$

trong đó: \vec{J} - mật độ dòng điện một chiều chảy trong cuộn dây nam châm điện, A/m²;
 \vec{H} - cường độ từ trường, H/m.

Cường độ từ trường \vec{H} có liên hệ với mật độ từ thông \vec{B} như biểu thức.

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} \tag{2}$$

trong đó: μ₀ - độ từ thẩm của chân không;
 μ_r - độ từ thẩm tương đối của môi trường dẫn từ.

Trong trường điện từ, \vec{B} được tính toán qua đại lượng vector từ thế \vec{A} như sau:

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A} \tag{3}$$

Thay (2) và (3) vào (1), ta thu được phương trình.

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \nabla \times \vec{A} \right) = \vec{J} \tag{4}$$

Phương trình (4) có dạng tổng quát của phương trình Poisson, có thể được diễn giải trong mô hình phân tích ứng với hệ tọa độ Oxyz như sau:

$$\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \left(\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2} \right) + J = 0 \tag{5}$$

Giải (5), tìm được \vec{A} , sau đó dựa vào (2) và (3) để tính được mật độ từ thông B và cường độ từ trường H như sau:

$$\vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} + B_z \vec{k} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \vec{i} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \vec{j} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \vec{k} \tag{6}$$

Điện áp đặt vào hai cực cuộn dây và điện trở một chiều của cuộn dây, có thể xác định được mật độ dòng điện từ các phương trình:

$$U = R_{dc} i + L \frac{di}{dt}; I_{dc} = \frac{U}{R_{dc}} \tag{7}$$

- trong đó: U - điện áp đặt vào 2 cực cuộn dây;
- R_{dc} - điện trở của cuộn dây ;
- L - điện cảm của cuộn dây;
- I_{dc} - dòng điện trong cuộn dây;
- S_{dq} - tiết diện cuộn dây; .

Phương pháp FEM là một kỹ thuật giải phương trình (5) để xác định vector từ thế \vec{A} , từ đó tính toán được từ cảm \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} theo các công thức (3) và (2), qua đó xác định phân bố từ trường trong không gian với độ chính xác cao. Tiếp theo, lực từ của nam châm điện sẽ được tính theo công thức ứng suất Maxwell [3] hoặc dựa theo phương pháp năng lượng như sau:

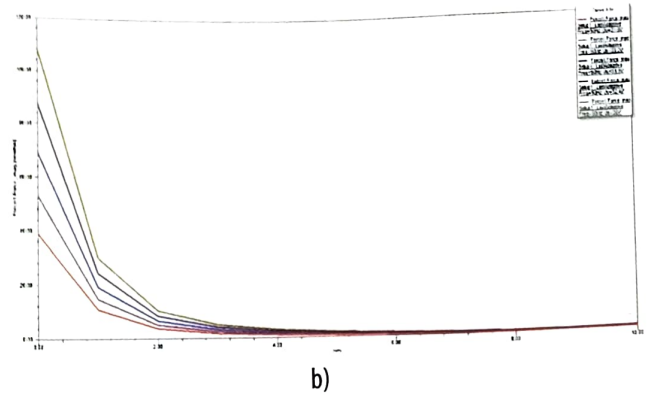
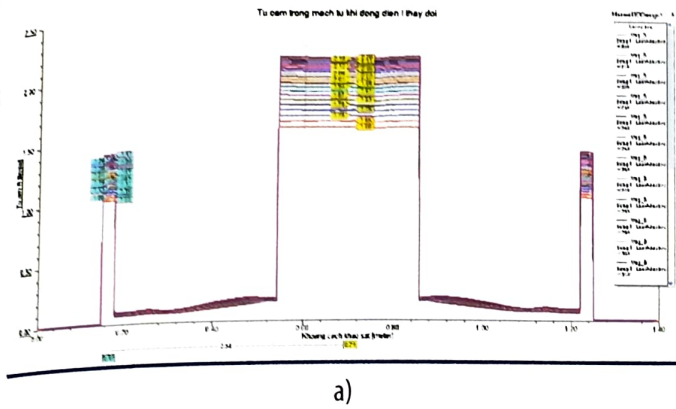
$$F_{av} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F_{inst} d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{dW(i, \delta)}{d\delta} d(\omega t)$$

- trong đó F_{av} - lực từ trung bình;
- F_{inst} - lực từ tức thời;
- W(i, s) - năng lượng của từ trường;
- δ - là độ dài khe hở không khí.

Việc tính toán bằng phương pháp FEM không cần phải đưa ra các giả thiết giống như phương pháp giải tích. Ngoài ra còn có thể khảo sát phân bố điện từ trường trong mạch từ và không khí xung quanh của mạch từ qua đó giúp tối ưu việc thiết kế nam châm điện trong các thiết bị điện mỏ.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khi chế tạo nam châm điện đã sử dụng thép CT0 để làm mạch từ, đặc tính dẫn từ (theo catalog



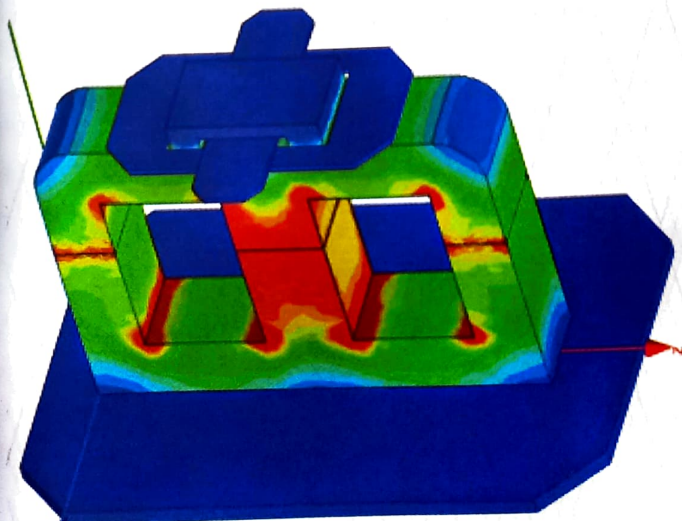
H.5. Thay đổi từ trường trên cực từ (a) và lực điện từ tại khe hở không khí (b)

lực cản đàn hồi của cơ cấu lò xo.

Trong mạng điện mô điện áp đặt trên cuộn hút nam châm điện của công tắc tơ cho phép giảm tới 65%. Khảo sát khi điện áp đặt trên cuộn dây của nam châm điện tới 65% điện áp định mức thì phân bố từ trường trên cực từ và lực điện từ sinh ra trên khe hở không khí của nam châm điện thu được như trên Hình H.5.

Việc thay đổi điện áp đặt trên cuộn dây dẫn tới từ cảm trên cực từ giảm đi và lực điện từ sinh ra trên khe hở không khí cũng bị giảm. Khi điện áp trên cuộn dây giảm xuống còn 65% điện áp định mức thì từ cảm sinh ra trên cực từ chính và cực từ bên có giá trị tương ứng $B_{max1} = 1.3$ (T), hai cực từ bên có từ cảm là $B_{max2} = 0,85T$ điều này dẫn tới lực từ sinh ra trên khe hở không khí bị suy giảm lực điện từ lớn nhất sinh ra trên khe hở không khí đạt 39N.

Sử dụng phương pháp FEM, có thể khảo sát được sự phân bố từ trường trên cực từ. Kết quả phân bố từ trường trên cực từ được chỉ ra trên Hình H.6.



Kết quả phân tích từ trường trong mạch từ nhận thấy rằng:

- Điểm tập trung lớn nhất là trên mạch từ chính ở giữa, mạch từ bên cạnh có mức độ tập trung từ trường thấp hơn như vậy có thể thiết kế mạch từ bên cạnh nhỏ hơn mạch từ ở giữa để tối ưu hóa vật liệu làm mạch từ nam châm điện;

- Một số điểm trên mạch từ có từ trường tập trung lớn. Đó là các điểm ở góc mạch từ đưa đến mạch từ ở những điểm này có thể bị bão hòa sớm. Do vậy, để tránh bị bão hòa mạch có thể thiết kế mạch từ nam châm điện có dạng vát góc để giảm bớt hiện tượng bão hòa mạch từ.

5. KẾT LUẬN

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn FEM để phân tích từ trường của nam châm điện sử dụng trong thiết bị điện mô đã đưa ra được những kết quả định tính và định lượng về phân bố từ trường trên cực từ của nam châm điện, lực điện từ trên khe hở không khí. Kết quả phân tích này sẽ giúp cho người thiết kế trong việc hiệu chỉnh thông số của nam châm điện từ đó tối ưu hóa thiết kế nam châm điện sử dụng trong các thiết bị điện mô.

Mô hình phân tích và phương pháp nghiên cứu trình bày trong bài báo này có thể áp dụng mở rộng đối với các nam châm điện có kết cấu mạch từ phức tạp, hoạt động ở nhiều chế độ khác nhau kể cả chế độ bão hòa mạch từ. Áp dụng phương pháp FEM trong tính toán thiết kế nam châm điện sẽ mang lại hiệu quả cao, nâng cao độ tin cậy và tối ưu hóa vật liệu được sử dụng □