



NĂNG LƯỢNG - MỎ

Số 4/2023 (Số 39)

MECHANICAL ENGINEERING BULLETIN FOR MINING AND ENERGY INDUSTRIES

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

NHIỆT LIỆT CHÀO MỪNG KỶ NIỆM 42 NĂM NGÀY THÀNH LẬP VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

(01/7/1981 - 01/7/2023)



Kính Biểu!



CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG:

Trưởng Ban biên tập

ThS. Lê Thái Hà

BAN BIÊN TẬP:

TS. Đỗ Trung Hiếu – Phó Trưởng ban

ThS. Hứa Ngọc Sơn – Phó Trưởng ban

ThS. Nguyễn Chân Phương – Thư ký

TS. Lê Thùy Dương – Ủy viên Thường trực

TS. Lê Thanh Bình – Ủy viên

TS. Phùng Khắc Sỹ – Ủy viên

TS. Nguyễn Trọng Tài – Ủy viên

TS. Nguyễn Thu Hiền – Ủy viên

TS. Trần Ngọc Minh – Ủy viên

ThS. Trần Đức Thọ – Ủy viên

TÒA SOẠN:

Địa chỉ: Số 565 Nguyễn Trãi, P. Thanh Xuân
Nam, Q. Thanh Xuân, TP. Hà Nội

ĐT: (024) 3552 5553

Fax: (024) 3854 3154

Email: bantiniemm@gmail.com

Giấy phép xuất bản số 41/GP-XBBT

ngày 08/7/2022 của Cục Báo chí.

MỤC LỤC

Số 4/2023 (Số 39)

1- THƯ NGỎ

TIN TỨC

2- TKV TỔ CHỨC HỘI NGHỊ NGƯỜI LAO ĐỘNG NĂM 2023 THÀNH CÔNG TỐT ĐẸP

4- TẬP TRUNG CHỈ ĐẠO, ĐIỀU HÀNH HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH SẢN XUẤT, TIÊU THỤ, ĐÁP ỨNG THAN CHO NHIỆT ĐIỆN

6- 6 THÁNG ĐẦU NĂM, TKV SẢN XUẤT 20 TRIỆU TẤN THAN NGUYÊN KHAI

CƠ KHÍ

8- XÂY DỰNG CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT PHÁ HUỖ ĐẤT ĐÁ ĐỐI VỚI CHOÒNG PDC

ĐIỆN - TỰ ĐỘNG HÓA

11- NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN HỆ THỐNG LÀM MÁT BIẾN TẦN CÔNG SUẤT LỚN BẰNG CHẤT LỎNG TUẦN HOÀN

16- THIẾT KẾ, ÁP DỤNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN DỰ PHÒNG SIEMENS SIMATIC S7-300 SWR CHO KHẨU LỌC LÁ A11 PHẦN XỬ LÝ KẾT TINH LẠI TẠI NHÀ MÁY ALUMIN NHÂN CƠ

22- GIẢI PHÁP TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG ỨNG DỤNG BIẾN TẦN PHÒNG NỔ SỬ DỤNG CHO BĂNG TẢI THAN MỎ HẦM LÒ KHÔNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN TẢI TRỌNG

CÔNG NGHIỆP MỎ

27- NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÍNH AN TOÀN VÀ TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG THÔNG GIÓ MỎ HẦM LÒ

31- XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC TUYẾN TÍNH HỖ TRỢ LẬP KẾ HOẠCH SẢN XUẤT DÀI HẠN CHO CÁC MỎ ĐÁ VỚI XI MĂNG Ở VIỆT NAM

KHOA HỌC ỨNG DỤNG

40- XÂY DỰNG VĂN HÓA SỐ – CHÌA KHÓA CHUYỂN ĐỔI SỐ THÀNH CÔNG CHO DOANH NGHIỆP KHAI THÁC MỎ

Thư ngỏ

QUÝ ĐỘC GIẢ THÂN MẾN!

Ban biên tập Bản tin Khoa học Cơ khí Năng lượng - Mỏ xin gửi đến quý độc giả, quý khách hàng lời chào trân trọng, chúc các quý vị ngày càng thành đạt.

Quý vị đang cầm trên tay Bản tin Khoa học Cơ khí Năng lượng - Mỏ số 4/2023 (Số 39). Đây là số chào mừng 42 năm ngày thành lập Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin (IEMM). Viện được thành lập ngày 01/07/1981, là đơn vị nghiên cứu triển khai, tư vấn, thiết kế, chế tạo thực nghiệm về cơ khí, đưa các sản phẩm mới áp dụng vào sản xuất trong Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam và các ngành kinh tế khác. Trải qua chặng đường 42 năm xây dựng và phát triển, với biết bao khó khăn, biến động thăng trầm, nhiều lần thay đổi tên gọi, mô hình hoạt động, Viện đã từng bước lớn mạnh, vượt qua thử thách và dần khẳng định thương hiệu IEMM trong sự phát triển của ngành năng lượng - mỏ và của đất nước.

Những năm qua, hoạt động KH&CN của Ngành Công Thương nói chung và Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam nói riêng đã đạt được nhiều kết quả rất đáng khích lệ. Đối với Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin, hoạt động KH&CN không chỉ bó hẹp trong nghiên cứu công nghệ, chế tạo sản phẩm, mà còn được mở rộng và phát triển sang các lĩnh vực tư vấn thiết kế, dịch vụ thí nghiệm kiểm định, kiểm toán năng lượng, tư vấn giám sát các dự án đầu tư lớn. Nhiều kết quả nghiên cứu đã được ứng dụng thành công vào thực tiễn, đóng góp vào sự phát triển của Ngành, đáp ứng nhu cầu trong nước, từng bước thay thế sản phẩm ngoại nhập.

Ban biên tập Bản tin Khoa học Cơ khí Năng lượng - Mỏ luôn mong muốn mang đến cho quý độc giả những thông tin hữu ích về hoạt động KH&CN điển hình trong và ngoài Ngành, từ cơ chế chính sách của Nhà nước, các Bộ, Ngành đến những công trình tiêu biểu có tính ứng dụng cao được triển khai trong thực tế SXKD của các doanh nghiệp, mang lại hiệu quả kinh tế và đáp ứng yêu cầu của cơ chế thị trường.

Nhân dịp kỷ niệm 42 năm ngày thành lập Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin, Ban biên tập Bản tin Khoa học Cơ khí Năng lượng - Mỏ xin trân trọng cảm ơn sự hợp tác, đóng góp của quý độc giả, quý khách hàng trong những năm qua.

Kính chúc các quý vị và gia đình Sức khỏe - Hạnh Phúc - Thành Công!

Trân trọng!

Q. Viện trưởng – Trưởng Ban biên tập



Lê Thái Hà

TKV TỔ CHỨC HỘI NGHỊ NGƯỜI LAO ĐỘNG NĂM 2023 THÀNH CÔNG TỐT ĐẸP

Sáng 28/6/2023 tại Hà Nội, Tập đoàn tổ chức hội nghị người lao động năm 2023, Tham dự Hội nghị có các đồng chí lãnh đạo Đảng ủy Tập đoàn, HĐTV, Ban lãnh đạo điều hành, Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam cùng 686 đại biểu người lao động ưu tú đại diện cho các CNCB toàn Tập đoàn. Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐTV Ngô Hoàng Ngân; Tổng giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải và Chủ tịch Công đoàn TKV Lê Thanh Xuân chủ trì Hội nghị.



Toàn cảnh Hội nghị Người lao động năm 2023



*Tổng giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải
phát biểu tại Hội nghị*

Báo cáo kết quả thực hiện Nghị quyết người lao động, Thỏa ước lao động tập thể năm 2022,

Tổng Giám đốc Đặng Thanh Hải nhấn mạnh, mặc dù gặp nhiều khó khăn do xung đột vũ trang giữa Nga và Ucraina, nhu cầu năng lượng tăng, giá vật tư nguyên liệu biến động khó lường; bất ổn của thị trường tài chính toàn cầu; dịch bệnh Covid-19 hoành hoành, song phát huy truyền thống Kỷ luật và Đồng tâm của thợ mỏ, TKV đã đoàn kết, khắc phục mọi khó khăn, nỗ lực phấn đấu đã hoàn thành toàn diện các chỉ tiêu SXKD năm 2022 và được đánh giá là một năm thành công nhất từ trước tới nay. Doanh thu toàn Tập đoàn đạt 170,7 ngàn tỷ đồng, bằng 130% kế hoạch và bằng 123% so với thực hiện năm 2021; nộp ngân sách Nhà nước 21,61 ngàn tỷ đồng, tăng 3,51 ngàn tỷ đồng so với kế hoạch; lợi nhuận trước thuế hợp nhất toàn Tập đoàn (sau kiểm toán) đạt 10.396 tỷ đồng, tăng 6.896 tỷ

đồng so kế hoạch và tăng 4.673 tỷ đồng so với thực hiện năm 2021. Tổng Giám đốc nhấn mạnh, đạt được kết quả trên là do có sự chỉ đạo quyết liệt, thống nhất từ Tập đoàn đến các đơn vị thành viên và sự nỗ lực của hơn 94.000 lao động toàn Tập đoàn. Sản xuất kinh doanh tăng trưởng, với doanh thu đạt cao nhất kể từ khi thành lập. Lợi nhuận, nộp ngân sách Nhà nước vượt kế hoạch giao; cung cấp đủ và kịp thời than cho sản xuất điện và phân bón góp phần bình ổn giá cả thị trường trong khi giá than thế giới đang ở mức rất cao; đời sống vật chất và tinh thần của người lao động được cải thiện, nâng cao rõ rệt.

Đặc biệt, Tập đoàn đã làm tốt trách nhiệm của người sử dụng lao động thông qua thực hiện chế độ, chính sách đối với người lao động như đảm bảo ổn định việc làm, ổn định thu nhập, chế độ phúc lợi tiếp tục được duy trì và có mức tăng trưởng rất cao. Năm 2022, bình quân tiền lương toàn Tập đoàn đạt 16,8 triệu đồng/người/tháng, tăng 23,6% kế hoạch và tăng 15,4% so với thực hiện năm 2021; tiền lương bình quân Công ty mẹ đạt 18,7 triệu đồng/người/tháng, tăng 26,4% kế hoạch và tăng 20,1% so với thực hiện năm 2021. Tập đoàn đã thực hiện đầy đủ nghĩa vụ của doanh nghiệp trong công tác trích, nộp BHXH, BHYT, BHTN, kinh phí Công đoàn; thực hiện giải quyết chế độ ốm đau, thai sản, tai nạn lao động, bệnh nghề nghiệp cho người lao động theo đúng quy định của Pháp luật lao động. Tổng số tiền BHXH, BHYT, BHTN đã nộp cho Cơ quan BHXH 2.427 tỷ đồng. Hầu hết các đơn vị đã trích lập quỹ dự phòng tiền lương cho năm 2023 để ổn định tiền lương cho người lao động.

Bên cạnh việc đảm bảo lương, thu nhập, các chế độ bảo hiểm..., Tập đoàn cũng chú trọng đến công tác an toàn, vệ sinh lao động, cải thiện điều kiện làm việc cho người lao động thông qua việc đầu tư công nghệ mới cho sản xuất, đầu tư trang bị thiết bị an toàn tiên tiến nhằm giảm nhẹ cường độ lao động và đảm bảo an toàn lao động; tổ chức khám sức khỏe định kỳ, huấn luyện an toàn, thực hiện các chế độ tham quan, nghỉ mát, hỗ trợ đưa đón công nhân đi làm; thực hiện công tác an sinh xã hội... Người lao động cũng được tham gia các khoá đào tạo, bồi dưỡng nâng cao trình độ chuyên môn; được tham gia đối thoại, đóng góp ý kiến theo Quy chế dân chủ.



Bí thư Đảng ủy Tập đoàn, Chủ tịch HĐQT Ngô Hoàng Ngân phát biểu đánh giá về việc thực hiện Nghị quyết Hội nghị người lao động năm 2022 và hướng tới hoàn thành mục tiêu, nhiệm vụ chính trị năm 2023

Ghi nhận, đánh giá cao Ban lãnh đạo điều hành và tổ chức Công đoàn trong việc thực hiện nghiêm túc và thành công các mục tiêu và nhiệm vụ đề ra của Nghị quyết Hội nghị người lao động năm 2022, Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch HĐQT Tập đoàn Ngô Hoàng Ngân nhấn mạnh, tập thể cán bộ, người lao động TKV tiếp tục tăng cường sự đoàn kết, thống nhất trong công tác lãnh chỉ đạo của các cấp ủy Đảng, sự phối hợp hiệu quả giữa Đảng ủy Tập đoàn với Đảng ủy TQN, giữa Cơ quan chuyên môn và tổ chức Công đoàn các cấp trong thực hiện nhiệm vụ chung của TKV; làm tốt công tác dự báo thị trường để chủ động trong công tác điều hành sản xuất, tiêu thụ; đổi mới, sáng tạo, áp dụng công nghệ mới tiên tiến hiện đại; thúc đẩy tiến độ triển khai các dự án đầu tư trọng điểm, đồng thời đẩy mạnh các phong trào thi đua, phấn đấu hoàn thành toàn diện các chỉ tiêu kế hoạch SXKD năm 2023, thiết thực lập thành tích chào mừng các sự kiện lớn như: Kỷ niệm 60 năm thành lập tỉnh Quảng Ninh, 5 năm thành lập Ủy ban QLVNN tại doanh nghiệp, 55 năm Bác Hồ gặp mặt Đoàn Đại biểu CNCB ngành Than, 87 năm Truyền thống công nhân vùng mỏ - Truyền thống ngành Than...

Tại hội nghị, Tập đoàn đã tiến hành tôn vinh 10 doanh nghiệp tiêu biểu vì người lao động năm 2022 với tổng số tiền 1,3 tỷ đồng.

Theo <http://vinacomin.vn>

TẬP TRUNG CHỈ ĐẠO, ĐIỀU HÀNH HOÀN THÀNH KẾ HOẠCH SẢN XUẤT, TIÊU THỤ, ĐÁP ỨNG THAN CHO NHIỆT ĐIỆN

Sáng 30/6/2023, tại Trung tâm ĐHSX tại Quảng Ninh, Phó Tổng giám đốc Tập đoàn Phan Xuân Thủy chủ trì hội nghị điều hành sản xuất, tiêu thụ than tháng 7/2023.



Hội nghị điều hành sản xuất, tiêu thụ than tháng 7/2023

Dự hội nghị có đồng chí Vũ Anh Tuấn, Ủy viên Ban Thường vụ Tỉnh ủy, Bí thư Đảng ủy TQN, Phó TGD Tập đoàn; các Phó giám đốc Trung tâm ĐHSX tại Quảng Ninh; các Ban chuyên môn Tập đoàn; các đơn vị sản xuất, chế biến, tiêu thụ than...

Theo báo cáo của Ban SXT, các đơn vị đã bám sát kế hoạch SXKD và chỉ đạo điều hành sản xuất và tiêu thụ của Tập đoàn, cơ bản hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch chủ yếu tháng 6/2023 và 6 tháng đầu năm. Kết quả 6 tháng than nguyên khai sản xuất đạt trên 51% KH năm, trong đó các đơn vị đạt kết quả tốt như Than Đèo Nai đạt 64,75 KH năm; Than Hà Tu đạt 63% KH năm; Than Hòn Gai đạt 57,1% KH năm; Than Khe Chàm đạt 54,3% KH năm; Than Dương Huy đạt 53,2% KH

năm..., một số đơn vị đạt thấp như Than Cọc Sáu 35% KH năm; Than Cao Sơn 36,4% KH năm. Than tiêu thụ tháng 6 đạt 4,660 triệu tấn, đạt trên 100% KH tháng; lũy kế 6 tháng đạt 24,97 triệu tấn, đạt 53,74% KH năm; trong đó than cấp cho điện tháng 6 đạt 3,9 triệu tấn, bằng 107% KH tháng, lũy kế 6 tháng than tiêu thụ đạt 21,1 triệu tấn, bằng 54,4% KH năm. Các đơn vị chế biến, tiêu thụ đã tích cực sản xuất, pha trộn, chế biến các chủng loại than đáp ứng cho nhiệt điện, sản lượng than cấp cho điện tháng 6 vượt kế hoạch.

Kế hoạch 7/2023: Than sản xuất 3,280 triệu tấn; bốc xúc đất đá trên 11 triệu m³; đào lò 23.320 m; than tiêu thụ 4,713 triệu tấn. Các đơn vị tăng cường công tác kiểm tra, thực hiện tốt công tác ATLĐ, PCMB trong sản xuất lộ thiên và hầm lò.



Phó TGD Tập đoàn Vũ Anh Tuấn yêu cầu chấp hành nghiêm kỷ luật, kỷ cương điều hành, đẩy mạnh sản xuất, đáp ứng than cho tiêu thụ, không để thiếu than cho điện

Phát biểu tại hội nghị, Phó TGD Tập đoàn Vũ Anh Tuấn nhấn mạnh, trong các lĩnh vực sản xuất của TKV, sản xuất than có vai trò quan trọng, chiếm phần lớn doanh thu của Tập đoàn. Do vậy, để thực hiện hoàn thành các chỉ tiêu kế hoạch, công tác chỉ đạo điều hành tiếp tục được duy trì quyết liệt, đồng thời tùy theo tình hình cụ thể để chỉ đạo điều hành phù hợp, hiệu quả trong quá trình sản xuất, kinh doanh. Phó TGD Tập đoàn Vũ Anh Tuấn đề nghị các đơn vị tiếp tục phát huy những kết quả đạt được, sáng tạo, quyết liệt, chủ động hơn nữa, báo cáo kịp thời các khó khăn, vướng mắc để xử lý kịp thời, không để ách tắc sản xuất. Các Ban chuyên môn Tập đoàn, các Phó giám đốc Trung tâm ĐHSX tại Quảng Ninh nâng cao vai trò trách nhiệm, quyền hạn, chỉ đạo sát sao cơ sở; tăng cường công tác thông tin, trao đổi; chú trọng công tác ATLĐ, công tác ANTT, bảo vệ tài nguyên, ranh giới mỏ. Đồng thời, chấp hành nghiêm kỷ luật, kỷ cương điều hành, đẩy mạnh sản xuất, đáp ứng than cho tiêu thụ, đặc biệt không để thiếu than cho nhiệt điện.

Phát biểu kết luận hội nghị, Phó TGD Tập đoàn Phan Xuân Thủy ghi nhận, biểu dương



Phó TGD Tập đoàn Phan Xuân Thủy kết luận hội nghị

những nỗ lực, cố gắng của các đơn vị trong sản xuất, đáp ứng than cho tiêu thụ và cho điện, đóng góp vào kết quả chung của Tập đoàn, được Thủ tướng Chính phủ đánh giá cao. Phó TGD Tập đoàn Phan Xuân Thủy đề nghị các Ban chuyên môn Tập đoàn và các đơn vị thực hiện nghiêm các ý kiến chỉ đạo, quán triệt của Phó TGD Tập đoàn Vũ Anh Tuấn, chủ động, sáng tạo, quyết liệt trong chỉ đạo, điều hành, tích cực tháo gỡ khó khăn cho các đơn vị. Tập trung kiểm tra, kiểm soát, thực hiện tốt công tác ATLĐ, lưu ý an toàn bụi nước, khí, điện; chú trọng thực hiện các chỉ tiêu kỹ thuật công nghệ. Ban KCM chủ trì cùng Ban MT rà soát các phương án thoát nước bề mặt, điều chỉnh, xây dựng lại cho phù hợp, đảm bảo thoát nước lâu dài của 3 mỏ lộ thiên. Đảm bảo kỹ thuật cơ bản, an toàn lao động, an ninh trật tự trong sản xuất. Chỉ đạo, điều hành đẩy mạnh sản xuất, tăng cường quản lý chất lượng than hầm lò, công tác pha trộn, chế biến than, sản xuất tối đa than sạch từ sản phẩm ngoài than, hoàn thành kế hoạch SXKD tháng 7 sản xuất đạt 3,280 triệu tấn và phấn đấu đạt sản lượng cao hơn, đáp ứng đủ than cho nhiệt điện.

Theo <http://vinacomin.vn>

6 THÁNG ĐẦU NĂM, TKV SẢN XUẤT 20 TRIỆU TẤN THAN NGUYÊN KHAI

Sáng 10/7/2023, Tập đoàn tổ chức Hội nghị giao ban trực tuyến điều hành sản xuất tháng 7/2023 tại hai điểm cầu Hà Nội và Trung tâm Điều hành sản xuất tại Quảng Ninh. Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải chủ trì hội nghị.



Quang cảnh Hội nghị tại Hà Nội

Theo báo cáo của Ban Kế hoạch, tháng 6/2023, Tập đoàn sản xuất 3,15 triệu tấn than nguyên khai, than tiêu thụ 4,53 triệu tấn; đất bóc 13 triệu m³; đào lò 214.136 m, trong đó đào lò XDCB 536 m. Sản xuất khoáng sản Alumin quy đổi 125 nghìn tấn; tiêu thụ alumin 146,5 nghìn tấn. Tinh quặng đồng sản xuất 8.347 tấn; sản xuất điện: sản xuất và tiêu thụ điện 676 triệu kWh; sản xuất, tiêu thụ thuốc nổ: sản xuất 6.000 tấn; sản xuất, tiêu thụ Amon Nitrat: sản xuất 6.500 tấn, tiêu thụ 13.000 tấn.

Như vậy, 6 tháng đầu năm, Tập đoàn đã sản xuất 20 triệu tấn than nguyên khai, đạt 52% kế hoạch năm, bằng 91% so với cùng kỳ. Than sạch thương phẩm đạt 25 triệu tấn, bằng 51,5% kế hoạch và bằng 100% so với



Phó Tổng Giám đốc Phan Xuân Thủy phát biểu tại hội nghị

Có thể nói, với những nỗ lực cố gắng của CBCNV-NLĐ toàn Tập đoàn, các chỉ tiêu SXKD chính của TKV trong 6 tháng đầu năm

2023 vẫn tiếp tục được duy trì ổn định và có tăng trưởng so với cùng kỳ và đạt được nhiều kết quả tích cực. Doanh thu toàn Tập đoàn ước đạt 87.033 tỷ đồng, đạt 51,6 % kế hoạch năm, bằng 107% so với cùng kỳ 2022. Tổng giá trị thực hiện đầu tư Tập đoàn các công ty TKV 6 tháng năm 2023 ước đạt 3.705 tỷ đồng, bằng 68% so với kế hoạch đầu tư năm 2023 chính thức; lợi nhuận dự kiến đạt 2.500 tỷ đồng...

Tháng 7/2023, Tập đoàn đặt kế hoạch sản xuất 3,3 triệu tấn than nguyên khai; sản phẩm Alumina 119 ngàn tấn; 710 triệu kWh; sản xuất thuốc nổ 6.000 tấn, cung ứng 8.800 tấn...



Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải biểu dương kết quả đạt được trong tháng 6 và sáu tháng đầu năm 2023 của CNCB Tập đoàn

Phát biểu kết luận Hội nghị, Tổng Giám đốc Tập đoàn Đặng Thanh Hải biểu dương kết quả đạt được trong tháng 6 và sáu tháng đầu năm 2023 của CNCB Tập đoàn. Tổng Giám đốc nhấn mạnh, 6 tháng đầu năm TKV

luôn nhận được sự quan tâm của các đồng chí lãnh đạo Đảng, Nhà nước. Trong tháng công nhân, Phó chủ tịch nước Võ Thị Ánh Xuân đã về thăm và tặng quà động viên công nhân cán bộ ngành Than. Trong tháng 6, Thủ tướng Phạm Minh Chính cũng đã trực tiếp về thăm, kiểm tra sản xuất và làm việc với lãnh đạo Tập đoàn tại Quảng Ninh. Đặc biệt, TKV đã thực hiện cung cấp đủ than cho các nhà máy nhiệt điện. Triển khai nhiệm vụ tháng 7 và quý III/2023, Tổng Giám đốc nhấn mạnh, cần tiếp tục đẩy mạnh các phong trào thi đua, lao động sản xuất lập thành tích chào mừng Đại hội Công đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam lần thứ VI, nhiệm kỳ 2023-2028; chào mừng kỷ niệm 60 năm Ngày thành lập tỉnh Quảng Ninh (30/10/1963-30/10/2023). Phát huy kết quả thực hiện 6 tháng, cần tiếp tục đảm bảo an toàn trong tất cả các lĩnh vực; làm tốt các mặt công tác quản lý, quản trị nội bộ, công tác đầu tư, công tác tái cơ cấu, công tác tổ chức cán bộ; triển khai các chương trình ứng dụng CGH-TĐH-THH, chuyển đổi số nhằm tăng năng suất lao động, giảm giá thành, nâng cao hiệu quả SXKD. Đặc biệt, bám sát tình hình vận hành và sử dụng than của các nhà máy nhiệt điện để có sự chủ động trong việc điều hành tiêu thụ, chủ động trong điều hành sản xuất, nhập khẩu than để cung cấp than theo hợp đồng.

Theo <http://vinacomin.vn>

XÂY DỰNG CÔNG THỨC XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT PHÁ HUỖ ĐẤT ĐÁ ĐỐI VỚI CHÒONG PDC

TS. Nguyễn Tiến Hùng, ThS. Trương Văn Từ - Trường Đại học Mở - Địa Chất

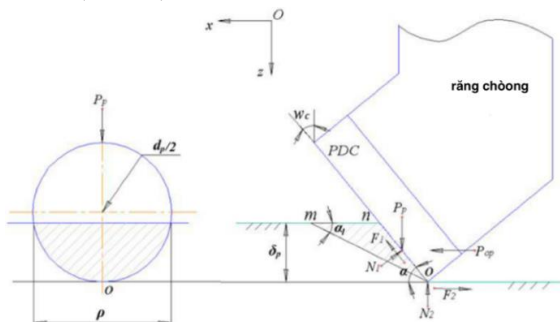
Tóm tắt: Hiện nay, chòong PDC được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong ngành công nghiệp khoan dầu khí do những ưu điểm vượt trội mà chúng mang lại. Về bản chất, chòong PDC là loại chòong lưỡi cắt được trang bị các răng PDC có bề mặt được chế tạo từ kim cương đa tinh thể. Chòong được sử dụng khoan trong đất đá mềm và dẻo dựa theo nguyên lý cắt vỡ và cho vận tốc cơ học khoan rất cao (lên đến 60-70 m/h). Hiện nay, chưa có công thức cụ thể để xác định công suất phá huỷ đất đá trong quá trình khoan đối với chòong PDC. Nhóm tác giả đã sử dụng các phương pháp phân tích lý thuyết, phân tích các lực tác dụng lên răng chòong trong quá trình chúng phá huỷ đất đá để xây dựng công thức xác định công suất phá huỷ đất đá cho chòong PDC. Việc xây dựng thành công công thức giúp chúng ta có thể xác định các thông số chế độ khoan hợp lý khi thi công khoan và có thể cải tiến thiết kế chòong PDC nhằm tiến tới hoàn thiện chúng.

Từ khóa: Chòong PDC, công suất phá huỷ đất đá, góc lắp đặt răng chòong, khoan.

1 Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Dựa theo kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả về mức độ ảnh hưởng của góc lắp đặt răng chòong PDC α tới nguyên lý và hiệu quả phá huỷ đất đá [1], trong đó chỉ ra rằng, đối với kiểu góc lắp đặt “âm” thì góc lắp đặt răng chòong tối ưu là 45-55°. Khi đó, chòong phá huỷ đất đá theo nguyên lý cắt vỡ, vận tốc cơ học khoan đạt cao trong khi mức độ mòn của răng chòong là thấp nhất. Tuy nhiên, việc đánh giá hiệu quả phá huỷ đất đá cần dựa vào chỉ tiêu công suất phá huỷ của chòong.

Nhằm xây dựng công thức xác định công suất phá huỷ đất đá của chòong PDC, nhóm tác giả đã xây dựng và nghiên cứu hệ lực tác động lên răng chòong trong quá trình chúng phá huỷ đất đá (hình 1).



Hình 1: Hệ lực tác động lên răng chòong PDC trong quá trình phá huỷ đất đá

Chiếu hệ lực tác động lên răng chòong lên trục Ox, ta có thể xác định lực tác động lên răng chòong theo phương ngang như sau:

$$P_{op} = F_2 - F_1 + N_1 \sin \alpha \quad (1)$$

Trong đó: P_{op} – lực tác động lên răng chòong theo phương ngang, N; F_2 – lực ma sát tác động lên đầu nhọn răng chòong, $F_2 = N_2 f$, N; F_1 – lực ma sát tác động lên mặt phẳng đầu răng chòong, $F_1 = N_1 f$, N; N_1 – phản lực tác động lên mặt phẳng đầu răng chòong, N; N_2 – phản lực tác động lên đầu nhọn răng chòong, N; f – hệ số ma sát giữa răng chòong và đất đá; α – góc lắp đặt răng chòong, độ. Suy ra:

$$P_{op} = N_2 f - N_1 f + N_1 \sin \alpha \quad (2)$$

Chiếu hệ lực tác động lên răng chòong lên trục Oz, có thể xác định phản lực N_2 dưới dạng:

$$N_2 = P_p - N_1 \cos \alpha - N_1 \sin \alpha \quad (3)$$

Trong đó: P_p – lực dọc trục tác động lên răng chòong, N.

Cộng phương trình (2) và (3) ta nhận được kết quả như sau:

$$P_{op} = P_p f + N_1 (\sin \alpha - 2f \cos \alpha - f^2 \sin \alpha) \quad (4)$$

Trong đó: Phản lực N_1 được xem là khả năng chống lại sự phá huỷ của đất đá và có thể xác định được theo công thức [2]:

$$N_i = \sigma_{ck} A_{ck} (1 + \operatorname{tg}\varphi) \quad (5)$$

Ở đây: σ_{ck} – giới hạn bền cắt của đất đá, MPa; A_{ck} – diện tích cắt đất đá, m².

Giả sử rằng, răng chòong PDC lắp đặt kiểu “góc âm” sẽ cắt đất đá theo hình khối Omn và theo phương của lực P_{op} (hình 1). Khối này dịch chuyển theo mặt phẳng Om và hai mặt phẳng còn lại của khối Omn, nơi mà chịu tác động của ứng suất cắt (trượt) σ_{ck} . Vì vậy, diện tích cắt đất đá được xác định là tổng diện tích của mặt cắt trên mặt phẳng Om (một nửa diện tích của hình elip có chiều dài trục là p) và hai mặt phẳng còn lại của khối Omn:

$$A_{ck} = \frac{\pi\sqrt{d_p}\delta_p^{3/2}\sin\alpha + 2\delta_p^2\sin(\alpha - \alpha_1)}{2\sin\alpha_1\sin\alpha} \quad (6)$$

Trong đó: α_1 – góc cắt, $\alpha_1 = \frac{\pi/4 - (\varphi + \theta_f - w_c)}{2}$;

φ – góc nội ma sát; θ_f – góc ma sát giữa răng chòong và một phần đất đá bị nghiền nát, $\theta_f = 8-13^\circ$ [3]; w_c – góc trước; d_p – đường kính của răng chòong, m; δ_p – độ ngập răng chòong, m.

Từ phương trình (5) và (6) ta thu được:

$$N_i = \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg}\varphi) \frac{\pi\sqrt{d_p}\delta_p^{3/2}\sin\alpha + 2\delta_p^2\sin(\alpha - \alpha_1)}{2\sin\alpha_1\sin\alpha} \quad (7)$$

Độ ngập răng chòong δ_p được xác định [1]:

$$\delta_p = \left(\frac{P_p}{2J\sigma_n (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{tg}\alpha)(1 + \operatorname{tg}\varphi)\sqrt{d_p}} \right)^{2/3} \quad (8)$$

Trong đó: $J = 1 + f \sin 2\alpha$; σ_n – giới hạn bền nén của đất đá, MPa.

Đặt $K = \sin\alpha - 2f\cos\alpha - f_2\sin\alpha$, từ các công thức (4) và (7), ta thu được như sau:

$$P_{op} = P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg}\varphi) \frac{\pi\sqrt{d_p}\delta_p^{3/2}\sin\alpha + 2\delta_p^2\sin(\alpha - \alpha_1)}{2\sin\alpha_1\sin\alpha} K \quad (9)$$

Như vậy, lực để quay chòong khoan sẽ được xác định theo công thức sau:

$$P_o = m i P_{op} = m i \left[P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg}\varphi) \frac{\pi\sqrt{d_p}\delta_p^{3/2}\sin\alpha + 2\delta_p^2\sin(\alpha - \alpha_1)}{2\sin\alpha_1\sin\alpha} K \right] \quad (10)$$

Trong đó: m – số lượng cánh chòong; i – số lượng

răng chòong.

Chia lực này cho bán kính của chòong ta thu được lực quay riêng tác động dọc theo cánh chòong như sau:

$$P_{orc} = \frac{2P_o}{D} \quad (11)$$

Mô men quay dM_{kp} tác động lên một răng chòong được xác định như sau:

$$dM_{kp} = P_{orc} R_i dR_i \quad (12)$$

Trong đó: R_i – khoảng cách từ răng chòong đến tâm chòong, m.

Như vậy, tổng mô men quay chòong sẽ là:

$$M_{kp} = m P_{orc} \int_0^{D/2} R_i dR_i = m P_{orc} \frac{D^2}{8} \quad (13)$$

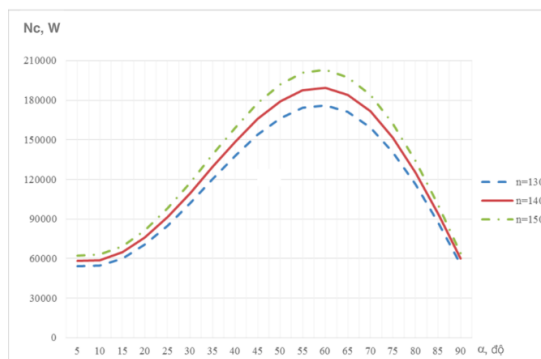
Công suất phá hủy đất đá của chòong sẽ được xác định như sau:

$$N_c = M_{kp} \omega = M_{kp} \frac{\pi n}{30} \quad (14)$$

$$N_c = \frac{\pi n D m^2}{120} \left[P_p f + \sigma_{ck} (1 + \operatorname{tg}\varphi) \frac{\pi\sqrt{d_p}\delta_p^{3/2}\sin\alpha + 2\delta_p^2\sin(\alpha - \alpha_1)}{2\sin\alpha_1\sin\alpha} K \right] \quad (15)$$

2 Kết quả và thảo luận

Dựa vào công thức (15), xây dựng biểu đồ theo dõi sự biến thiên của công suất phá hủy đất đá của chòong N_c hành thay đổi thông số góc lắp đặt răng chòong α và tốc độ quay chòong n (hình 2). Trong đó, giá trị các thông số được lựa chọn lần lượt như sau: Tải trọng chiều trục $P_z = 105\ 000$ N; $D = 0,311$ m; $d_p = 0,025$ m; $\sigma_n = 4$ MPa; $\sigma_{ck} = 1$ MPa; $m = 5$; $f = 0,1$.



Hình 2. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi của công suất phá hủy đất đá khi thay đổi góc lắp đặt răng chòong.

Qua biểu đồ biến thiên công suất phá huỷ đất đá khi thay đổi góc lắp đặt răng và tốc độ quay choòng, ta có thể rút ra một vài kết luận như sau:

- Khi $\alpha = 60^\circ$, công suất phá huỷ đất đá của choòng đạt giá trị cao nhất;

- Khi $\alpha = 45-55^\circ$, công suất phá huỷ đất đá nhỏ hơn 11% so với giá trị cực đại, trong khi đó giá trị vận tốc cơ học khoan đạt cực đại [1];

- Với công thức này, có thể thay đổi các thông số đầu vào như tải trọng lên choòng P_z , tốc độ quay choòng n , góc lắp đặt răng choòng α , đường kính choòng D , đường kính răng choòng d_p , độ bền đất đá σ_n , σ_{ck} , hệ số ma sát f nhằm tìm ra giá trị các thông số, chế độ hợp lý khi thi công khoan.

3 Kết luận và kiến nghị.

Từ những nghiên cứu bên trên, tác giả đưa ra một số những kết luận và kiến nghị như sau:

1) Việc xây dựng thành công công thức xác định công suất phá huỷ đất đá của choòng PDC dựa trên cơ sở và mô hình lý thuyết cho phép xác định thông số chế độ khoan tối ưu cho từng điều kiện cụ thể;

2) Công thức xác định công suất phá huỷ đất đá của choòng PDC cho phép cải thiện thiết kế choòng thông qua thông số góc lắp đặt răng choòng;

3) Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu và kiểm toán lại công thức bằng các số liệu đầu vào và đầu ra thực tế nhằm xác định hệ số thực nghiệm của công thức.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyen The Vinh, Nguyen Tien Hung.** Determining The Back Rake Angle of PDC Cutters for Drilling Through Heterogeneous Rock at Miocene and Oligocene Formations, Nam Rong - Doi Moi Reservoir. *Vol. 5, Journal of Mining and Earth Sciences, 2017, PP. 123-127.*
2. **Нескоромных В.В., Борисов К.И.** Аналитическое исследование процесса резания-скальвания горной породы долотом с резцами PDC // *Известия Томского политехнического университета. Томск: Томский политехнический университет, 2013. т. 323, № 1, с. 191-195.*
3. **Мори В., Фурментро Д.** Механика горных пород применительно к проблемам разведки и добычи нефти. *Перевод с французского и английского под ред. чл.-кор. РАН Н.М. Проскуракова. М.: Мир, 1994. 195 с.*

NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN HỆ THỐNG LÀM MÁT BIẾN TẦN CÔNG SUẤT LỚN BẰNG CHẤT LỎNG TUẦN HOÀN

*ThS. Phạm Văn Hiếu, TS. Đỗ Đức Trọng, ThS. Nguyễn Đức Minh, ThS. Hoàng Mạnh Thắng
Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin*

Mở đầu: Hiện nay, ngành công nghiệp mỏ trên thế giới và tại Việt Nam đang dần chuyển dịch theo hướng tự động hóa và tin học hóa quá trình khai thác. Việc ứng dụng các thiết bị tự động hóa không chỉ giúp tăng năng suất khai thác khoáng sản, mà còn giảm chi phí vận hành hệ thống, tăng độ an toàn cho hoạt động khai thác. Tuy nhiên, việc các thiết bị được lập trình tự động cũng đòi hỏi hiệu suất làm việc của hệ thống điều khiển điện-điện tử luôn ở mức cao. Khi làm việc trong điều kiện như vậy, vấn đề lớn nhất gặp phải với các thiết bị này là sự phát sinh nhiệt ra môi trường bên ngoài hoặc các thiết bị xung quanh. Trong các biến tần của hệ thống điều khiển, các mô-đun IGBT công suất lớn là một trong những thiết bị quan trọng nhất. Khi làm việc, các mô-đun IGBT này tỏa ra lượng nhiệt rất cao tùy theo công suất được sử dụng. Do đó, nếu không có biện pháp hiệu quả để tản nhiệt cho các mô-đun IGBT này, nhiệt lượng sinh ra từ các chip bán dẫn có thể làm đứt các dây dẫn liên kết hoặc mối hàn, từ đó khiến cho các mô-đun IGBT bị lỗi. Đặc biệt hơn đối với các thiết bị hoạt động trong môi trường khai thác mỏ hầm lò là nơi mà môi trường rất khắc nghiệt và nguy cơ xảy ra cháy nổ luôn ở mức rất cao. Điều này buộc các thiết bị điện phải được bố trí trong các tủ kín bằng kim loại chống cháy nổ để đảm bảo an toàn. Tuy nhiên, việc hạn chế bởi vỏ bảo vệ chống cháy nổ cũng khiến không gian xung quanh các thiết bị điện điện tử bị giới hạn rất nhiều. Việc này sẽ khiến khả năng tản nhiệt ra môi trường xung quanh của các thiết bị điều khiển bị giảm mạnh. Vì vậy, vấn đề tản nhiệt cho các thiết bị điều khiển cần được nghiên cứu và tính toán cụ thể hơn, đặc biệt là các biến tần phòng nổ công suất lớn trong mỏ hầm lò.

Từ khóa: *Biến tần, chất lỏng tuần hoàn, hệ số dẫn nhiệt, IGBT, không khí đối lưu, tấm tản nhiệt.*

1 Tổng quan về các phương pháp làm mát biến tần

Thực tế hiện nay, để làm mát biến tần, các phương pháp thông dụng nhất được sử dụng là làm mát bằng không khí đối lưu và làm mát bằng chất lỏng đối lưu. Nguyên lý chung của hai phương pháp làm mát trên là một vật có hệ số dẫn nhiệt cao (gọi là tấm tản nhiệt), thường được chế tạo từ đồng hoặc nhôm, tiếp xúc trực tiếp với vật phát ra nhiệt (các Diode bán dẫn hoặc IGBT...). Nhiệt được truyền cho tấm tản nhiệt có độ dẫn nhiệt tốt hơn và diện tích bề mặt lớn hơn vật phát ra nhiệt. Tiếp theo, tấm tản nhiệt được làm mát cưỡng bức bằng không khí đối lưu hoặc bằng chất lỏng đối lưu [1,2].

Phương pháp làm mát cưỡng bức tấm tản nhiệt bằng không khí đối lưu được thực hiện phụ thuộc vào việc giữ cho không khí lưu thông nhờ

đối lưu bằng cách cung cấp thêm các quạt gió cho tấm tản nhiệt (hình 1).



Hình 1: Biến tần làm mát bằng không khí do Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin thiết kế và chế tạo

Quạt gió giúp không khí lưu thông qua một không gian lớn hơn, từ đó cải thiện khả năng làm mát. Phương pháp được dùng cho hầu hết các thiết bị do có kết cấu đơn giản và không yêu cầu

mức độ tản nhiệt quá cao. Tuy nhiên, giải pháp này khó đáp ứng nhu cầu làm mát cho các thiết bị có công suất tiêu thụ trên 1.500 W do nhiều hạn chế về tính chất vật lý và thiết kế của thiết bị. So với chất lỏng (nước), độ dẫn nhiệt của không khí thấp hơn. So sánh khả năng tản nhiệt của nước và không khí được trình bày trong bảng 1. Có thể thấy, nước là môi chất dùng để làm mát rất hiệu quả, đặc biệt với các nguồn tỏa ra lượng nhiệt lớn. Ngoài ra, xét về mặt kinh tế, nước sạch rất rẻ so với các môi chất hóa học khác.

Bảng 1: So sánh các thông số vật lý của nước, không khí tại áp suất chuẩn và nhiệt độ 50 °C

Thông số vật lý	Nước	Không khí
Mật độ ρ (kg/m ³)	988	1093
Nhiệt dung riêng C_p (kJ/kg.K)	4,174	1,005
Độ dẫn nhiệt k (W/m.K)	0,648	0,0283
Độ nhớt động học ν ($\times 10^{-6}$ m ² /s)	0,556	17,95
Hệ số Prandtl	3,54	0,698

Đồng thời, với phương pháp làm mát cưỡng bức tản nhiệt bằng không khí, để đảm bảo cho biến tần làm việc bình thường, vỏ phòng nổ phải có kích thước lớn để lắp đặt hệ thống tản nhiệt. Khi công suất biến tần càng lớn, nhu cầu tản nhiệt càng lớn và kích thước của vỏ cũng tăng lên. Do đó, biến tần làm mát bằng không khí có công suất lớn thì kích thước vỏ sẽ rất lớn, gây khó khăn trong chế tạo và tốn kém chi phí vận hành.

Ngoài ra, một điểm nổi bật của biến tần làm mát bằng chất lỏng là tiết kiệm năng lượng hơn so với biến tần thông thường. Có thể hình dung hiệu quả làm việc của hai phương pháp trên thông qua lượng điện năng tiêu thụ để làm mát. Với biến tần 1.000 kW làm mát bằng không khí, để biến tần làm việc bình thường thì cần 6-9 kW điện cho hệ thống làm mát. Trong khi đó, với loại làm mát bằng chất lỏng có công suất tương tự, để hệ thống làm mát bằng nước hoạt động chỉ tốn khoảng 1,5 kW điện.

2 Nguyên lý làm mát biến tần bằng nước

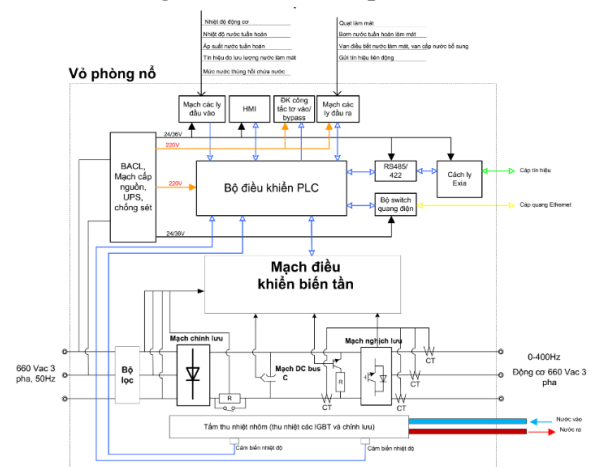
Phương pháp làm mát bằng chất lỏng hoạt động tương tự như bộ tản nhiệt trên các ô tô. Chất

lỏng được sử dụng có thể là nước sạch hoặc nước có thêm phụ gia giúp tăng độ dẫn nhiệt. Ngoài nước sạch thì thủy ngân hoặc dầu cũng có độ dẫn nhiệt cao, tuy nhiên thủy ngân rất độc hại với môi trường và sức khỏe của con người nên không được sử dụng cho hệ thống làm mát biến tần bằng chất lỏng. Bài báo này chỉ xét chất lỏng được sử dụng để làm mát biến tần là nước sạch.

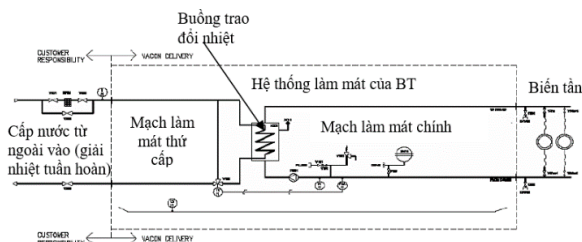
Với phương pháp làm mát bằng nước, nước có nhiệt độ khoảng 30 °C được bơm từ thùng chứa bằng máy bơm, qua bộ lọc, các van tiết lưu đến các ống dẫn bằng đồng chạy bên dưới bề mặt tấm tản nhiệt. Nguồn nhiệt từ các thiết bị phát nhiệt, ngoài một phần truyền ra không khí xung quanh, sẽ được truyền đến bề mặt tấm tản nhiệt, ống đồng rồi từ đó truyền vào nước tuần hoàn chạy trong ống. Nước sau khi bị làm nóng, dưới áp lực đẩy của bơm (khoảng 0,8 MPa) sẽ tiếp tục chảy qua ống dẫn ra ngoài tủ kín và đến mạch làm mát nước cưỡng bức bằng không khí (mạch làm mát thứ cấp). Tại đây, nước di chuyển qua bộ làm mát gồm các ống đồng xếp song song và so le nhau và được làm mát cưỡng bức bằng không khí từ quạt gió. Sau khi được làm mát, nước sẽ tiếp tục qua bộ lọc và trở về thùng chứa. Cứ như vậy, chu trình tiếp tục diễn ra [3-6].

3 Cấu trúc của biến tần làm mát bằng nước

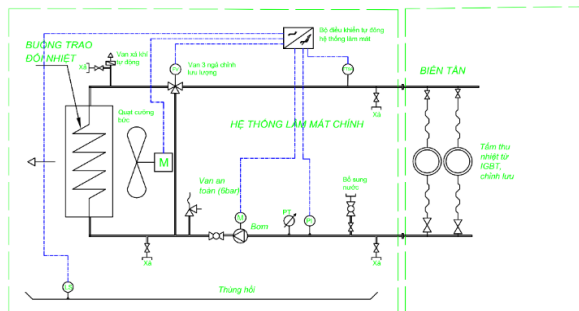
Như vậy, có thể phân chia cấu trúc biến tần làm mát bằng nước thành các phần như sau:



Hình 2: Sơ đồ cấu trúc biến tần



Hình 3: Sơ đồ P&ID hệ thống trao đổi nhiệt của biến tần làm mát bằng chất lỏng



Hình 4: Nguyên lý và mô hình làm mát bằng hệ thống trao đổi nhiệt sơ cấp nước-nước, thứ cấp cưỡng bức bằng không khí

- **Mạch làm mát chính:** Làm mát các thiết bị tòa nhiệt bằng nước mát bởi hiện tượng truyền nhiệt. Lưu lượng, áp suất của nước được kiểm soát bởi các cảm biến, sau đó các số liệu trên được chuyển về khối điều khiển trung tâm và cũng được hiển thị ra đồng hồ hiển thì áp suất đặt trên mạch. Đồng thời, một cảm biến giám sát nhiệt độ cũng được đặt ở đây để gửi tín hiệu đến khối điều khiển trung tâm. Khi nhận được các thông số trên, khối điều khiển trung tâm sẽ phân tích và tự động điều chỉnh nếu một trong các thông số vượt quá ngưỡng cho phép. Việc điều chỉnh này được thực hiện thông qua buồng trao đổi nhiệt bằng cách điều chỉnh van 3 ngã (FV11) để điều khiển nhiệt độ trong mạch chính cho phù hợp với với nhiệt độ yêu cầu (hình 4).

- **Mạch làm mát thứ cấp:** Làm mát cưỡng bức nước nóng từ mạch chính bằng không khí đối lưu;

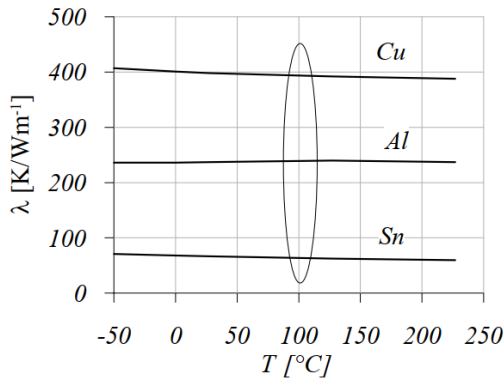
- **Khối điều khiển trung tâm:** Kiểm soát và điều khiển lưu lượng dòng chảy, nhiệt độ, áp suất và phát hiện rò rỉ thông qua các cảm biến. Khối điều khiển sẽ phát ra cảnh báo hoặc dừng hoạt

động căn cứ vào số liệu thu thập được từ các cảm biến và căn cứ vào các thông số cài đặt. Một phần của cảm biến rò (LS11) được đặt ở dưới chân của khối điều khiển, còn tất cả các sensor khác được đặt trong mạch chính. Việc giám sát nhiệt độ và dòng chảy trong mạch thứ cấp thuộc về người sử dụng. Khối điều khiển trung tâm biến tần chính là khối điều khiển, giám sát dòng chảy và nhiệt độ trong mạch chính và điều chỉnh tần số, điện áp của động cơ bơm làm mát (PU11). Khối này được lập trình để đọc tín hiệu từ các bộ phận công tắc lưu lượng (FTSA11), sensor áp suất (PT11), công tắc rò (LS11) và đưa ra tín hiệu điều khiển. Bên trong khối điều khiển chứa một card truyền thông. Kết nối truyền thông qua card này, người sử dụng có thể giám sát được tám thông số khác nhau của mạch sơ cấp: Nhiệt độ, áp suất, cảnh báo và các trạng thái đóng/cắt.

- **Các thiết bị đo lường:** Cập nhật và hiển thị giá trị của các thông số mỗi thành phần trong hệ thống bao gồm nhiệt độ, áp suất, tình trạng các thiết bị... Công tắc lưu lượng (FTSA11) đo tốc độ của dòng chảy bên trong ống. Tốc độ này thể hiện theo phần trăm dải lưu lượng đo. Công tắc lưu lượng cũng đo cả nhiệt độ trong đường ống và gửi ra dạng tín hiệu tương tự 4-20 mA tới van 3 ngã (FV11). Cả hai tín hiệu tương tự nhiệt độ và tín hiệu chuyển mạch đo tốc độ đều được gửi tới khối điều khiển. Tín hiệu tương tự đo nhiệt độ được dùng để kiểm soát nhiệt độ trong mạch chính và đồng thời phát ra tín hiệu cảnh báo nhiệt và tín hiệu bị ngắt khi vượt ngưỡng. Tín hiệu chuyển mạch đo tốc độ dùng để giám sát dòng chảy trong mạch sơ cấp và phát sinh tín hiệu cắt.

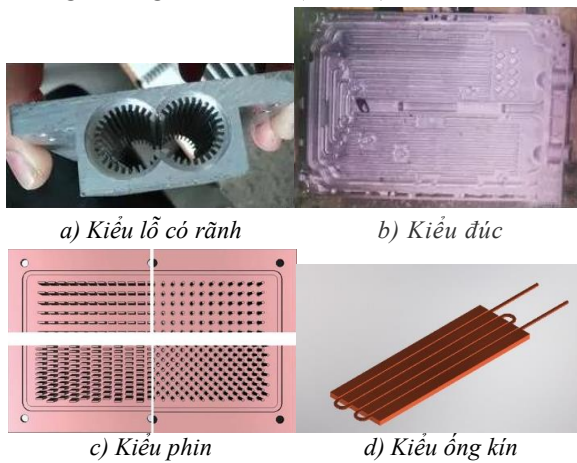
- **Về cấu trúc tấm tản nhiệt:** Là một tấm phẳng có kích thước hai chiều rất lớn so với chiều còn lại, được đặt tiếp xúc trực tiếp với thiết bị tỏa nhiệt. Có thể dùng thêm keo tản nhiệt để tăng hiệu quả tản nhiệt. Vật liệu chế tạo tấm tản nhiệt có thể sử dụng nhôm hoặc đồng hoặc các vật liệu làm từ cacbon. Tuy nhiên, xét về mức độ kinh tế và hiệu quả tản nhiệt thì vật liệu tản nhiệt làm

bằng đồng, sau đó là nhôm mang lại hiệu quả cao nhất với hệ số dẫn nhiệt cao (hình 5) [7, 8].



Hình 5: So sánh hệ số dẫn nhiệt một số kim loại dùng làm tấm tản nhiệt

Một khía cạnh khác cũng cần được chú ý khi thiết kế hệ thống làm mát bằng nước cho các biến tần là cấu trúc của tấm tản nhiệt ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả tản nhiệt của nó. Trên thực tế, các tấm tản nhiệt có thể được chế tạo bằng phương pháp đúc với các lỗ hoặc ống để cho nước làm mát chảy qua với các biên dạng và phương thức thực hiện khác nhau như khoan lỗ, đúc, gia công chế tạo... (hình 6).

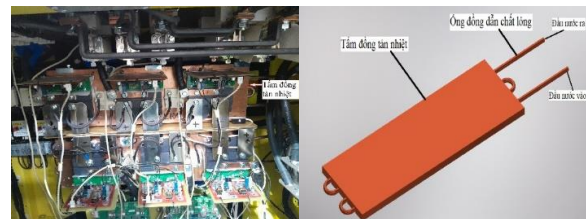


Hình 6: Các dạng cơ bản của tấm tản nhiệt

Các tấm tản nhiệt kiểu lỗ có rãnh và kiểu đúc có kết cấu phức tạp, chi phí gia công cao nên ít được sử dụng. Với kiểu phin, mặc dù hiệu quả tản nhiệt cao, tuy nhiên khó đảm bảo về khả năng làm kín nước, điều này đặc biệt quan trọng do môi trường làm việc của tấm tản nhiệt ở trong vỏ phòng nổ không được phép tiếp xúc với nước, sẽ

gây cháy nổ thiết bị. Kiểu ống kín là kiểu thông dụng nhất do kết cấu đơn giản, hiệu suất tản nhiệt cao và dễ gia công chế tạo.

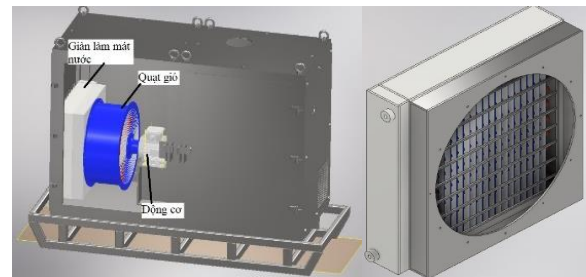
Xét về cấu trúc, biến tần có các thành phần IGBT, bộ chỉnh lưu, tụ lọc và các bộ phận điện khác khi lắp đặt trong vỏ phòng nổ sẽ phát sinh ra lượng nhiệt lớn, khi hoạt động hết công suất, lượng nhiệt do các thiết bị này tỏa ra có thể dao động từ 60-100 °C và gây nguy cơ cháy nổ rất cao. Việc làm mát nước từ mạch chính được thực hiện bên ngoài vỏ kín chống cháy nổ sẽ giúp hiệu quả lưu thông không khí làm mát tốt hơn.



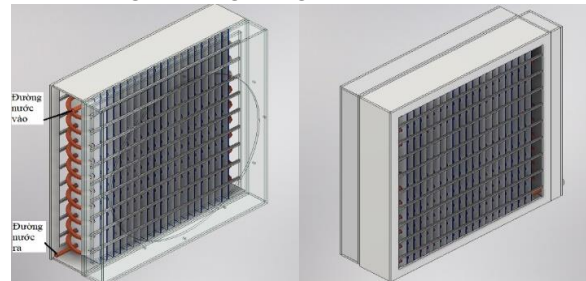
a) Hình ảnh thực tế b) Tấm đồng tản nhiệt làm mát IGBT bằng nước với ống nước làm mát

Hình 7: Cấu trúc hệ thống tản nhiệt và làm mát bằng nước

- Về cấu trúc hệ thống làm mát nước bằng không khí cưỡng bức (mạch làm mát thứ cấp):



a) Sơ đồ thiết bị khoang làm mát nước cưỡng bức bằng không khí b) Hình ảnh phía trước bộ làm mát nước



c) Kết cấu bộ làm mát nước cưỡng bức bằng không khí d) Hình ảnh phía sau bộ làm mát nước cưỡng bức

Hình 8: Kết cấu hệ thống làm mát nước cưỡng bức bằng không khí của biến tần

Hệ thống làm mát nước bằng không khí được bố trí độc lập với tủ biến tần phòng nổ. Việc này giúp tối ưu hóa kích thước tủ biến tần và tăng hiệu quả tản nhiệt của mạch làm mát thứ cấp. Trong hệ thống này, các thông số về lưu lượng nước trong ống, kết cấu của hệ thống ống dẫn và lưu lượng gió từ quạt làm mát là các yếu tố then chốt ảnh hưởng đến nhiệt độ của nước tại đầu ra của hệ thống (tức là hiệu suất của mạch làm mát thứ cấp).

4 Kết luận

Trên thực tế, việc lựa chọn phương pháp làm mát biến tần phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau xuất phát từ yêu cầu về nhiệt độ cần làm

mát, điều kiện sử dụng, khả năng cung cấp thiết bị và đảm bảo hiệu quả về kinh tế.

Tuy nhiên, khi xét về hiệu quả làm mát thì biến tần làm mát bằng chất lỏng đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu trên nếu so sánh với biến tần làm mát bằng không khí, đồng thời giúp tiết kiệm năng lượng do giảm thất thoát điện trên các thiết bị điện-điện tử công suất lớn.

Biến tần làm mát bằng chất lỏng sử dụng trong môi trường khai thác hầm lò sẽ có kích thước nhỏ hơn nhiều so với loại làm mát bằng không khí (có thể giảm đến 70%), độ bền cao hơn, công suất lớn hơn, tiết kiệm chi phí và năng lượng hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Bùi Hải, Dương Đức Hồng, Hà Mạnh Thư.** Thiết bị trao đổi nhiệt. *Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001, 469 tr.*
2. **Hoàng Đình Tín.** Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt. *Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001, 596 tr.*
3. **Bahman A.S., Blaabjerg F.** Optimization Tool for Direct Water Cooling System of High Power IGBT Modules. *18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe), Karlsruhe, Germany, 2016, PP. 1-10.*
4. **Shinichiro Adachi, Akihiro Odaka, Fumio Nagaune, Peter Dietrich, Akio Toba, Akira Nishiura.** Direct Liquid Cooling Technology of IGBT Modules for Electric and Hybrid Vehicles. *PCIM Europe 2012 conference, PP. 825-832.*
5. **Tuma Phillip.** Passive 2-Phase Liquid Techniques to Control Temperatures in Microelectronics and Power Systems. *2010.*
6. **Gnielinski V.** New Equations for Heat and Mass Transfer in Turbulent Pipe and Channel Flow. *Int. Chem. Eng., 1976, Vol. 16, PP. 359-368.*
7. **Rohsenow W.M., Hartnett J.P., Ganic E.N.** Handbook of Heat Transfer Applications. *McGraw-Hill, New York, 1985.*
8. **Chen Y.Y., Li Y.B.** Thermal Analyses of Power Electronics Integrated with Vapour Chamber Cooling. *Automot. Innov., 3, 2020, PP. 328-335.*

THIẾT KẾ, ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN DỰ PHÒNG SIEMENS SIMATIC S7-300 SWR CHO KHÂU LỌC LÁ A11 PHÂN XƯỞNG KẾT TINH TẠI NHÀ MÁY ALUMIN NHÂN CƠ

*ThS. Nguyễn Quốc Tính, KS. Nguyễn Hùng Sơn, KS. Lê Văn Quyền
Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin*

Tóm tắt: Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam hiện đang có hai tổ hợp nhà máy nhôm bauxite Tân Rai và Nhân Cơ với dây chuyền sản xuất tương đối hiện đại, hầu hết đã được tự động hóa. Dưới áp lực về an toàn lao động và sản lượng nên các tổ hợp này luôn phải đòi hỏi độ sẵn sàng, ổn định cao của các khâu sản xuất, trong đó có hệ thống điều khiển (HTĐK). Tại khu vực A11, Phân xưởng Kết tinh, Nhà máy Alumin Nhân Cơ, cụm máy lọc lá đang được vận hành từ một tủ điều khiển A-11PLC0001 với nhiều bất cập. Các sự cố trong thời gian qua liên quan đến HTĐK dẫn đến dừng cụm máy lọc, gây ảnh hưởng đến hoạt động của toàn bộ dây chuyền nhà máy. Nhằm hạn chế tối đa việc dừng sản xuất do sự cố của HTĐK ở khu vực này, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu và áp dụng mô hình HTĐK dự phòng Siemens SIMATIC S7-300 SWR. Các sự cố dừng máy, bất cập trong vận hành đã được tính đến và đưa ra giải pháp khắc phục. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu và áp dụng, cho thấy những hiệu quả tích cực trong thực tế.

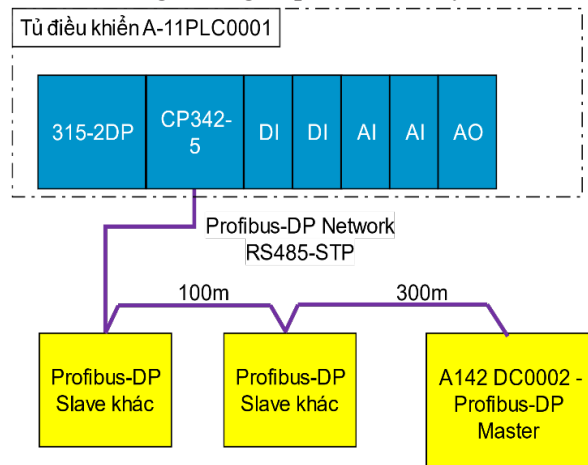
Từ khóa: Điều khiển dự phòng, mạng truyền thông công nghiệp, nhà máy Alumin Nhân Cơ, S7-300 Software Redundancy.

1 Đặt vấn đề

Khu A11, Phân xưởng Kết tinh, Nhà máy Alumin Nhân Cơ là khu tiếp nhận dung dịch thô từ khu A08 và sửa vôi cấp từ khu tôi vôi A02, Phân xưởng Nguyên liệu hòa tách, gồm có các thiết bị chính là 4 máy lọc lá kiểu đứng (3 máy chạy, 1 máy dự phòng). Cụm máy lọc lá sử dụng chung một HTĐK PLC S7-300 (tủ điều khiển A-11PLC0001). Khi có sự cố xảy ra trong HTĐK của khu vực này thì cụm lọc lá (gồm cả 4 máy) dừng hoạt động, ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất chung của toàn bộ nhà máy [1-2].

Để có giải pháp cải tạo, nâng cấp HTĐK khu A11 phù hợp, trước hết cần phân tích đặc điểm HTĐK cụm máy lọc lá nguyên bản của phân xưởng với sơ đồ cấu trúc như hình 1. Toàn bộ lưu trình công nghệ của cụm máy lọc được thực hiện bởi bộ điều khiển PLC Siemens SIMATIC S7-300 với CPU 315-2DP và các module I/O. Bộ điều khiển sử dụng một module truyền thông CP342-5 được cấu hình ở dạng Profibus-DP Slave. Module này liên tục cập nhật dữ liệu đầu vào từ Profibus-DP Master HTĐK DCS

Honeywell ở cấp cao hơn. Tham số đầu vào bao gồm các lệnh chạy chu trình, bộ thời gian của chu trình nạp, xả liệu tác động trực tiếp đến các bơm, van của cụm máy lọc. Nếu không tính đến sự hư hỏng của module I/O, cơ cấu chấp hành thì các tình huống dẫn đến hệ thống dừng làm việc được liệt kê như trong bảng 1, theo đó, cấu trúc HTĐK hiện tại không thể đáp ứng được nhu cầu sản xuất liên tục trong trường hợp có sự cố xảy ra.



Hình 1: Cấu trúc HTĐK cụm máy lọc lá trước khi cải tạo

Bảng 1: Các tình huống sự cố

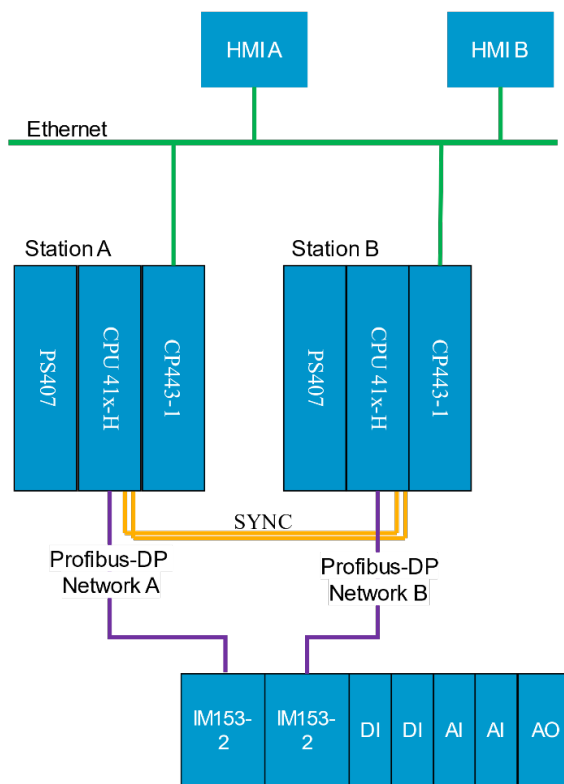
STT	Tình huống sự cố hoặc nhu cầu sản xuất	Hiện tượng xảy ra
1	Hư hỏng module CPU 315-2DP	HTĐK dừng hoạt động
2	Hư hỏng module CP342-5	- HTĐK dừng hoạt động, CPU ở trạng thái STOP; - Bộ tham số đặt (Setpoint) bị xóa, các chu trình lọc dừng hoạt động
3	Hư hỏng kết nối đến Profibus-DP Master	Bộ tham số đặt (Setpoint) bị xóa, các chu trình lọc dừng hoạt động
4	Vận hành tại chỗ đơn động để kiểm tra, bảo dưỡng thiết bị	Không vận hành tại chỗ hoặc thay đổi tham số công nghệ được
5	Sửa chữa, thay thế module CPU hoặc CP	HTĐK dừng hoạt động
6	Hư hỏng nguồn cấp DC24V cho HTĐK	HTĐK dừng hoạt động
7	Có chạm chập tín hiệu analog điều khiển biến tần cho các bơm cấp liệu	Bơm dừng làm việc dẫn đến cụm máy lọc không còn tác dụng

Các tình huống 1-3, 5-7 đều dẫn đến cụm máy dừng hoạt động. Nhu cầu vận hành tại chỗ trong tình huống 4 cũng không thực hiện được.

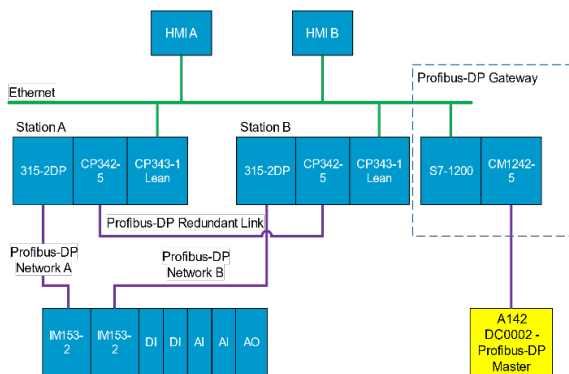
2 Chọn lựa cấu trúc HTĐK có tính năng dự phòng phù hợp

Xuất phát từ những hạn chế của HTĐK đang sử dụng của cụm máy lọc lá, cần thiết phải tính toán, lựa chọn một HTĐK có cấu trúc dự phòng nhằm đảm bảo khả năng sẵn sàng, vận hành liên tục của dây chuyền. Việc sử dụng HTĐK có cấu trúc dự phòng cho phép hệ thống vẫn có thể vận hành khi xảy ra một hoặc một vài lỗi tại cùng một thời điểm. Tiêu chí lựa chọn dựa trên nền tảng phân cứng sẵn có, đảm bảo cân bằng về kỹ thuật và chi phí đầu tư.

Nghiên cứu các cấu hình HTĐK có tính dự phòng của Siemens SIMATIC PLC S7-300/S7-400H, nhận định có 2 giải pháp khả thi: Giải pháp thứ nhất (hình 2) sử dụng phần cứng S7-400H [3]; và giải pháp thứ hai (hình 3) sử dụng phần cứng S7-300 [4]. Các cấu trúc HTĐK dự phòng dựa trên cấu hình tiêu chuẩn do Siemens đề xuất và đều giải quyết được hạn chế của HTĐK A11 hiện tại. Tuy nhiên, chúng có những đặc điểm kỹ thuật và chi phí đầu tư khác nhau.



Hình 2: Cấu trúc HTĐK dự phòng S7-400H



Hình 3: Cấu trúc HTĐK dự phòng S7-300

Bảng 2: So sánh đặc điểm của các cấu trúc HTĐK dự phòng S7-400H và S7-300

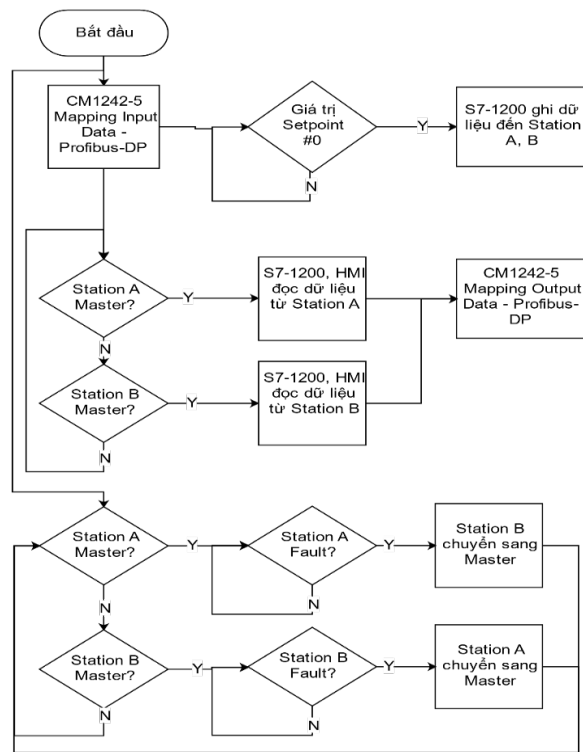
STT	Đặc điểm so sánh cấu trúc HTĐK	S7-400H	S7-300
1	Thời gian chuyển mạch khi có sự cố	Nhanh	Trung bình
2	Chi phí đầu tư và bảo trì	Rất cao	Thấp
3	Độ phức tạp khi lập trình	Đơn giản	Phức tạp
4	Tận dụng được phần cứng hiện có	Không	Có
5	Khả năng cung cấp vật tư nhanh chóng	Không	Có

Về cơ bản, HTĐK dự phòng S7-400H sử dụng các module đồng bộ (phần cứng) để đồng bộ dữ liệu giữa 2 CPU, kết nối với nhau bởi cặp dây quang (Fiber-Optic Cables), cho phép thời gian chuyển mạch khi có sự cố nhanh nhất. Công tác lập trình cũng khá đơn giản do phần mềm sẽ là duy nhất trên cả 2 CPU. Các tình huống chuyển đổi, đồng bộ dữ liệu do phần cứng lỗi của CPU đảm nhiệm. Khác với cấu trúc này, các CPU trong cấu trúc S7-300 được đồng bộ với nhau bằng phần mềm thực thi trong chương trình của nó, thông qua Redundant Link (Profibus-DP, Ethernet hoặc MPI). Bởi vậy, cấu trúc này có tên là S7-300 Software Redundancy (SWR). Nhược điểm đáng lưu ý nhất của cấu trúc S7-300 SWR là thời gian chuyển mạch khi có sự cố, tương đương với vòng quét của khối thực thi OB1, nhỏ hơn 150 ms. Thời gian này là đủ nhanh và trong thời gian chuyển mạch, các trạng thái đầu ra được giữ nguyên nên hoàn toàn không ảnh hưởng đến hoạt động của dây chuyền sản xuất. Cân nhắc trên các ưu, nhược điểm của 2 cấu trúc HTĐK dự phòng đề xuất, nhóm tác giả lựa chọn cấu hình HTĐK dự phòng sử dụng S7-300 SWR.

Quan sát hình 1 và 3, nhận thấy hầu hết các phần cứng hiện tại của HTĐK A11 đều được tận dụng. Để giúp các CPU 315-2DP (Station A) và CPU 315-2DP (Station B) giao tiếp với Profibus-DP Master (thuộc HTĐK cấp trên), một PLC S7-1200 được sử dụng đóng vai trò như S7/Profibus-DP Gateway. Ngoài ra, 2 thiết bị giao diện (HMI) A và B cũng được thiết kế và lập trình để tự động kết nối đến Station A hoặc Station B tùy thuộc Station nào đang ở chế độ vận hành (Master). Lưu đồ thuật toán của các hoạt động chuyển trạng thái này được thể hiện như hình 4. Các bước thiết kế phần cứng và phần mềm cho HTĐK dự phòng đã chọn được trình bày ở phần kế tiếp.

3 Thiết kế phần cứng và phần mềm cho HTĐK được lựa chọn

Phần cứng chính của HTĐK được liệt kê như bảng 3. Toàn bộ các module hiện có đều được sử dụng, giảm tối đa chi phí đầu tư.



Hình 4: Lưu đồ thuật toán chuyển trạng thái của HTĐK dự phòng S7-300 SWR

Bảng 3: Danh mục phần cứng chính trong HTĐK dự phòng S7-300 SWR

STT	Phần cứng	Số lượng
Station A		
1	CPU 315-2DP 6ES7 315-2AH14-0AB0 v3.3	01
2	CP342-5 6GK7 342-5DA03-0XE0 v6.0	01
3	CP343-1 Lean 6GK7 343-1CX10-0XE0 v3.0	01
Station B		
1	CPU 315-2DP 6ES7 315-2AH14-0AB0 v3.3	01
2	CP342-5 6GK7 342-5DA03-0XE0 v6.0	01
3	CP343-1 Lean 6GK7 343-1CX10-0XE0 v3.0	01
Remote I/O		
1	SIMATIC DP, ET 200M Red. Bundle Consisting of: 2x IM 153-2HF (6ES7153-2BA10-0XB0), 1x bus module in/in (6ES7195-7HD10-0XA0)	01
2	SIMATIC DP, Bus module for ET 200M 6ES7195-7HB00-0XA0	03
3	DI32 x 2, DO32 x 1, AI8 x 2, AO4 x 1	
S7-1200 Profibus-DP Gateway		
1	SIMATIC S7-1200, CPU 1211C 6ES7211-1AE40-0XB0	01
2	Communication module CM 1242-5 6GK7242-5DX30-0XE0	01
Thiết bị giao diện (HMI)		
	Weintek MT809xXE	02

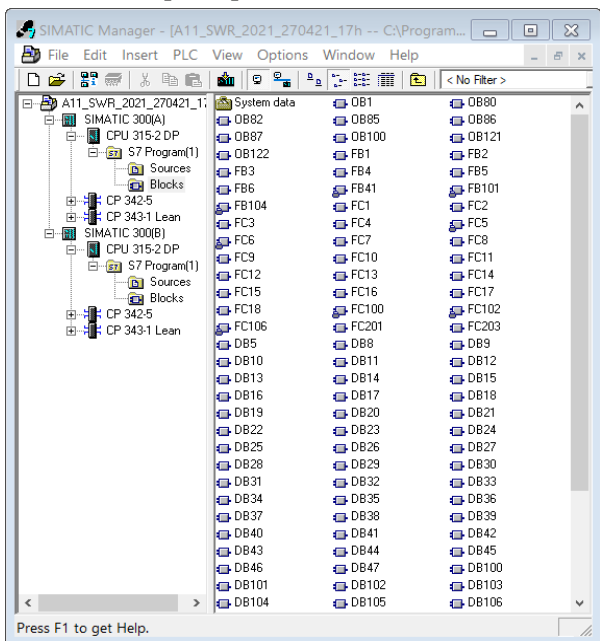
Phần mềm thực thi và cấu hình hệ thống được thực hiện trên phần mềm lập trình Siemens SIMATIC Step7 Manager v5.6 (với cụm S7-300 SWR) như hình 5a và TIA portal v16 (với S7-1200), cụ thể như mô tả bên dưới. Ban đầu, tiến hành cấu hình Network cho hệ thống như hình 5b:

- Thiết lập Redundant Link sử dụng Profibus-DP qua cặp module CP342-5 với địa chỉ

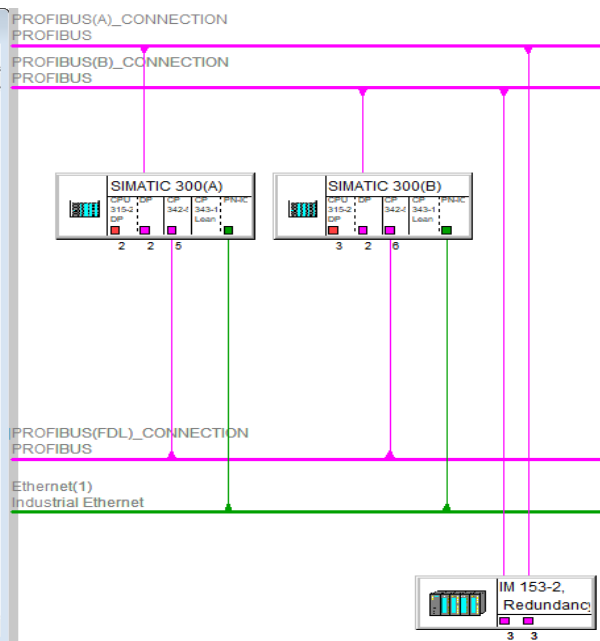
tương ứng là 5,6. Tốc độ đồng bộ 1.5 Mbps;

- Thiết lập mạng Profibus-DP A, B kết nối từ Station A, B đến trạm Remote I/O sử dụng cặp module ET200M IM153-2. Đồng thời khai báo các module tín hiệu trên trạm Remote I/O này;

- Thiết lập mạng Ethernet kết nối từ Station A, B đến các HMI A, B và Gateway S7-1200. Mạng Ethernet được cung cấp thông qua các module CP343-1 LEAN.



(a)



(b)

```

CALL OF FC 100 'SWR_START' FOR INITIALISATION

CALL "SWR_START"
AG_KENNUNG := 'A' // PLC-Classification: A for Station A
DB_WORK_NO := DB1 // Work DB for SWR
DB_SEND_NO := DB2 // Send DB for SWR
DB_RCV_NO := DB3 // Receive DB for SWR
MPI_ADR := 2 // MPI-address of other station
LADDR := 256 // Base address of CP
VERB_ID := 1 // Connection no. of redundancy coupling FDL
DP_MASTER_SYS_ID := 1 // Identification of DP-mastersystem (HW-conf)
DB_COM_NO := DB5 // Instance-DB of FB 101
DP_KOMMUN := 1 // Identification of DP-master 1-Intergrated
ADR_MODUS := 1 // Interval for CPU I/Q addressing
FAA_FIRST := 0 // Address of first redundant outputbyte
FAA_LAST := 11 // Address of last redundant outputbyte
MB_NO := 2 // First flagbyte used within redundant user
MB_LEN := 50 // Amount of flagbytes used within redundant
IEC_NO := 100 // First instance DB used for redundant iec
IEC_LEN := 14 // Amount of instance DBs used within redund
DB_NO := 8 // First DB used within redundant user progr
DB_NO_LEN := 40 // Amount of DBs used within redundant user
SLAVE_NO := 3 // Profibus address of first used DP-slave (
SLAVE_LEN := 1 // Amount of used DP-slaves
SLAVE_DISTANCE := 1 // Configuration of IM 153-2 interface
DB_A_B_NO := DB200 // Send DB for non redundant data from Stati
DB_A_B_NO_LEN := W#16#0 // Amount of used data bytes within Send DB
DB_B_A_NO := DB201 // Receive DB for non redundant data from St
DB_B_A_NO_LEN := W#16#0 // Amount of used data bytes within Send DB
RETURN_VAL := MW100 // Block return value
EXT_INFO := MW102 // Extended information
    
```

```

CALL "SWR_START" FC100 -- Initialisation function
AG_KENNUNG := 'B'
DB_WORK_NO := DB1
DB_SEND_NO := DB2
DB_RCV_NO := DB3
MPI_ADR := 2
LADDR := 256
VERB_ID := 1
DP_MASTER_SYS_ID := 1
DB_COM_NO := DB5
DP_KOMMUN := 1
ADR_MODUS := 1
FAA_FIRST := 0
FAA_LAST := 11
MB_NO := 2
MB_LEN := 50
IEC_NO := 100
IEC_LEN := 14
DB_NO := 8
DB_NO_LEN := 40
SLAVE_NO := 3
SLAVE_LEN := 1
SLAVE_DISTANCE := 1
DB_A_B_NO := DB200
DB_A_B_NO_LEN := W#16#0
DB_B_A_NO := DB201
DB_B_A_NO_LEN := W#16#0
RETURN_VAL := MW100
EXT_INFO := MW102
    
```

(c)

Hình 5: Lập trình và cấu hình HTĐK dự phòng trên Step7 Manager

Các thiết lập khác cho HMI A, B và Gateway S7-1200 khá đơn giản và không trình bày chi tiết trong phạm vi bài báo này. Kế tiếp, thiết kế phần mềm thực thi cho các trạm PLC Station A, B. Các thiết kế này phải thực hiện chặt chẽ, chính xác theo yêu cầu của Siemens [4]:

- Lập trình HTĐK hoạt động theo cấu trúc dự phòng bởi lệnh gọi FC100 trong khối OB100 như hình 5c;

- Cấu hình Station là “A”;

- Cấu hình chính xác thông tin về vùng nhớ I/O, các khối DB, địa chỉ phần cứng tham gia;

- Trong khối chương trình chính OB1, bố trí phần chương trình chạy trong lệnh gọi đồng bộ dữ liệu FB101;

- Thực hiện lại các bước trên cho Station B.

Bất cứ sự sai khác nào về dữ liệu đã khai báo đều dẫn đến 2 PLC Station A, B không đồng bộ với nhau, mất khả năng chạy ở chế độ dự phòng.

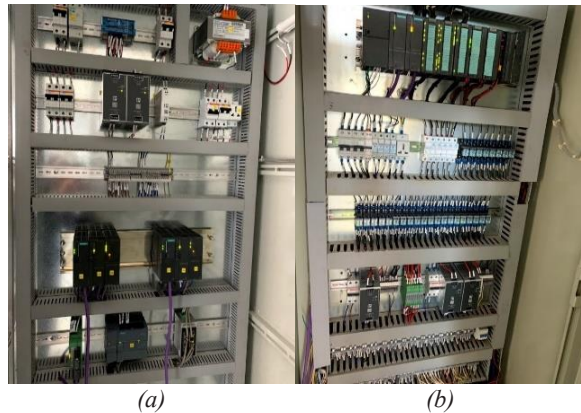
Khi hệ thống hoạt động ở chế độ SWR, chương trình cung cấp cho người dùng 2 thông tin quan trọng là Status Word và Control Word [4]. Các dữ liệu này cần thiết phải sử dụng nhằm kiểm soát trạng thái làm việc của Station (Đang chạy – Master hoặc Đang dự phòng – Standby), trạng thái của kết nối Redundant Link, trạng thái các Profibus-DP Slave..., cũng như điều khiển ngắt/kích hoạt chế độ dự phòng.

PLC S7-1200 trong hệ thống được thiết kế và lập trình như 1 gateway chuyển đổi giao thức S7 Connection – Profibus-DP Slave. Phần chương trình này được thực hiện theo thuật toán đã mô tả trên hình 4. Các HMI A, B trong hệ thống bản thân không có sẵn tính năng hoạt động ở chế độ dự phòng (Redundancy), nhóm tác giả đã xây dựng thêm một số script để HMI có thể tự nhận dạng Station Master/Standby. Thời gian chuyển mạch kết nối chỉ vài trăm ms hoàn toàn phù hợp và đáp ứng với nhu cầu giám sát, vận hành tại chỗ phục vụ sản xuất.

Kết quả triển khai trong thực tế tại Khu A11, Phân xưởng Kết tinh được trình bày tiếp theo.

4 Kết quả áp dụng trong thực tế

Theo thiết kế ban đầu, các module CPU, module mở rộng được bố trí trên cùng rack trong một tủ điều khiển. Sau khi cải tạo, các module CPU 315-2DP, CP342-5, CP343-1 Lean (thuộc Station A, B) và gateway S7-1200 được tách độc lập ra tủ riêng (hình 6a). Các module IM153-2, I/O giữ nguyên tại tủ điều khiển cũ (hình 6b).



Hình 6: Tủ điều khiển chính (a) và tủ I/O (b)

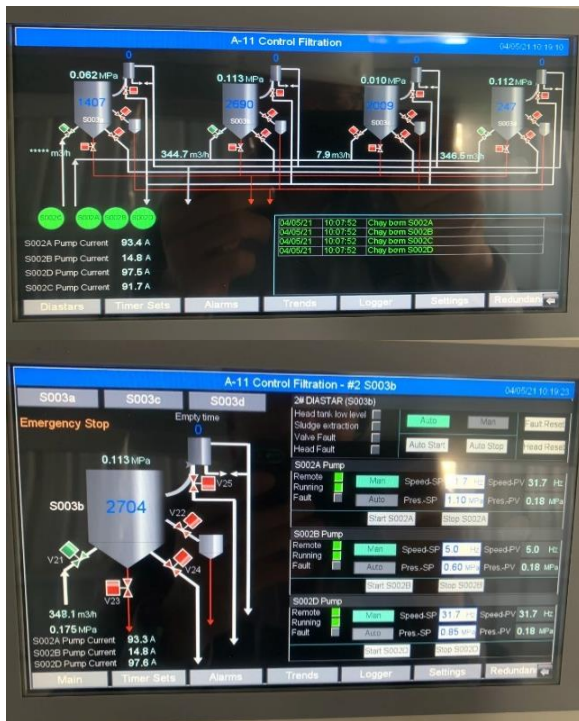
Tủ I/O và tủ điều khiển chính đều được trang bị hệ nguồn 24VDC song song kết hợp các bộ cách ly tín hiệu nhằm hạn chế tối đa ảnh hưởng do sự cố nguồn điện và chập chập tín hiệu ngoài hiện trường.

Phía ngoài cánh tủ, 2 thiết bị giao diện người dùng (HMI) được bố trí cạnh nhau (hình 7) với khả năng tự động chuyển kết nối đến module CPU đang vận hành chính (Station Master).



Hình 7: Cụm 2 thiết bị giao diện HMI

Giao diện vận hành trên HMI được bố trí theo các trang tương ứng cho phép giám sát tổng quan cụm máy lọc cũng như chi tiết từng máy lọc (hình 8), cho phép thiết lập các thông số, chế độ thao tác trực quan, đơn giản.



Hình 8: Giao diện vận hành chính của HMI

Sau khi các thiết bị đã được lắp đặt hoàn thiện, kết nối và hiển thị đúng như thiết kế, để kiểm tra khả năng chạy dự phòng của các module trong hệ thống, nhóm tác giả đã thực hiện giả lập các tình huống sự cố xảy ra trong thực tế. Kết quả thử nghiệm như bảng 4 cho thấy, HTĐK đã hoạt động đúng tiêu chí thiết kế, đáp ứng tốt nhu cầu sản xuất.

5 Kết luận

HTĐK dự phòng Siemens SIMATIC S7-300 SWR cho cụm máy lọc lá của Khu A11, Phân xưởng Kết tinh đã được Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin bàn giao, hướng dẫn vận

Bảng 4: Các tình huống sự cố giả lập kiểm tra hoạt động của hệ thống

STT	Tình huống sự cố giả lập	Hiện tượng xảy ra
1	Ngắt kết nối Profibus-DP từ hệ thống DCS Honeywell đến tủ điều khiển cụm máy lọc	HTĐK hoạt động bình thường, bộ tham số vận hành máy được giữ nguyên
2	Ngắt kết nối S7 Connection của PLC trung gian S7-1200 đến các PLC S7-300	HTĐK hoạt động bình thường, HMI tự động chuyển kết nối đến PLC S7-300 Master mới
3	Ngắt kết nối đồng bộ (SYNC) giữa 2 PLC S7-300 hoặc cắt nguồn cấp/dừng hoạt động một PLC S7-300	HTĐK và HMI còn lại hoạt động bình thường
4	Cắt nguồn cấp cho 1 HMI	HTĐK hoạt động bình thường
5	Hư hỏng 1 module CPU 315-2DP và 2 module CP342-5 đóng vai trò SYNC dữ liệu	HTĐK hoạt động bình thường
6	Hư hỏng 1 nguồn cấp DC24V	HTĐK hoạt động bình thường
7	Có chạm chập tín hiệu analog điều khiển biến tần cho các bơm cấp liệu	Các tín hiệu còn lại vẫn kết nối bình thường

hành cho công ty Alumin Nhân Cơ từ tháng 04/2021. Trong suốt thời gian qua, hệ thống đã làm việc ổn định với đúng tiêu chí thiết kế, góp phần đảm bảo hoạt động sản xuất liên tục, an toàn của dây chuyền nhà máy. Giải pháp được áp dụng đã đảm bảo tối ưu về chi phí đầu tư và hiệu quả mang lại. Với thời gian dừng máy và thi công rất ngắn (chỉ 24h), kết quả thực hiện của nhóm tác giả đã dành được sự ghi nhận và đánh giá cao của chủ đầu tư, chứng tỏ năng lực của Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin trong lĩnh vực điều khiển, tự động hóa phục vụ các nhà máy than, khoáng sản của Tập đoàn TKV.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quyết định QĐ1227. Quy trình vận hành phân xưởng kết tinh. Công ty nhôm Đắk Nông, 18/07/2019.
2. Báo cáo Phương án sửa chữa số 297/PA-DNA. Công ty nhôm Đắk Nông, 04/02/2021.
3. Siemens SIMATIC Fault - Tolerant Systems S7-400H System Manual.
4. Siemens SIMATIC S7-300/S7-400 Software Redundancy for SIMATIC S7 Function Manual.

GIẢI PHÁP TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG ỨNG DỤNG BIẾN TẦN PHÒNG NỔ SỬ DỤNG CHO BĂNG TẢI THAN MỎ HÀM LÒ KHÔNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN TẢI TRỌNG

ThS. Phạm Văn Hiếu – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin

Tóm tắt: Trên thế giới, biến tần ngày càng được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp đã đóng vai trò quan trọng góp phần cải thiện công nghệ sản xuất, tiết kiệm năng lượng và nâng cao chất lượng sản phẩm. Hiện nay, khai thác hầm lò ngày càng xuống sâu, chi phí khai thác tăng cao, trong khi yêu cầu về an toàn, hiệu quả sản xuất ngày càng tăng lên. Tuy nhiên, việc áp dụng biến tần vào sản xuất của các mỏ than vẫn còn hạn chế do chưa thấy rõ hiệu quả của việc sử dụng biến tần. Những câu hỏi luôn được các mỏ đặt ra như: Áp dụng biến tần để làm gì? Áp dụng vào chỗ nào? Mang lại lợi ích gì? Tại sao lại tiết kiệm được năng lượng? Tiết kiệm được bao nhiêu?... Bài báo này sẽ phân nào giải thích những thắc mắc trên thông qua một số giải pháp ứng dụng biến tần để tiết kiệm năng lượng.

Từ khóa: Biến tần, động cơ, mômen, PLC, tốc độ, tải trọng, tần số.

1 Biến tần và nguyên lý hoạt động

Các động cơ điện chuyển đổi năng lượng điện thành cơ năng theo nguyên lý từ trường quay. Đặc điểm của động cơ điện là tốc độ quay cố định theo tần số cấp nguồn và có mômen cố định. Tuy nhiên ở hầu hết các lĩnh vực, nhu cầu về thay đổi tốc độ động cơ rất cần thiết và ngày càng nhiều. Do đó, tốc độ động cơ cố định không còn phù hợp.

Biến tần là thiết bị có thể điều khiển được tốc độ của nhiều loại động cơ như mô tơ điện, động cơ dây quấn hoặc động cơ không đồng bộ nên được sử dụng rộng rãi, nhằm: Điều khiển tốc độ quay của quạt để thay đổi luồng không khí trong các hệ thống điều hoà không khí cỡ lớn (cho các toà nhà); điều chỉnh luồng nước và hoá chất trong công nghiệp chế biến (bằng cách thay đổi tốc độ bơm);... Biến tần cũng được sử dụng trong các ngành công nghiệp có môi trường phức tạp và khó khăn hơn như: Xử lý nước và nước thải; chế biến giấy; đào đường hầm tuy-nen; khoan dầu và khai thác mỏ...

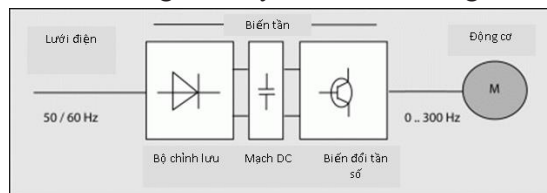
Nguyên lý hoạt động của biến tần: Tốc độ quay của động cơ được điều chỉnh bằng cách thay đổi tần số của nguồn điện cấp cho động cơ. Điện áp ba pha từ mạng lưới cấp vào động cơ tạo ra từ trường quay thông qua cuộn dây Stato trong động cơ. Rôto của động cơ quay theo từ trường quay

đó. Biến tần có nhiệm vụ chuyển tần số lưới điện thành điện áp có dải tần số 0-300 Hz hoặc cao hơn cấp cho động cơ để điều khiển tốc độ động cơ tỉ lệ với tần số. Các bộ phận chính của biến tần như hình 1, bao gồm:

- *Khối chỉnh lưu:* Biến tần được cấp nguồn từ lưới điện thông qua bộ chỉnh lưu. Bộ chỉnh lưu có thể đơn hướng hoặc hai hướng. Khi dùng đơn hướng, biến tần tăng tốc và chạy động cơ bằng cách lấy năng lượng từ lưới điện. Nếu chỉnh lưu hai hướng, biến tần có thể lấy năng lượng quay cơ khí từ động cơ, xử lý nó và gửi trả về lưới điện;

- *Khối mạch DC:* Mạch DC lưu giữ năng lượng điện từ bộ chỉnh lưu để cấp cho biến tần sử dụng. Trong hầu hết các biến tần, năng lượng này được lưu giữ bằng tụ điện công suất lớn;

- *Khối biến đổi tần số:* Khối có nhiệm vụ lấy năng lượng từ mạch DC và cấp cho động cơ. Biến tần sử dụng kỹ thuật điều chế để tạo ra điện áp ba pha xoay chiều cấp ra động cơ, có tần số thay đổi được theo nhu cầu sử dụng. Tần số điện áp cấp ra cao tức là động cơ chạy nhanh hơn và ngược lại.



Hình 1: Sơ đồ khối bên trong biến tần

2 Ưu điểm của biến tần

Biến tần cho phép người sử dụng thay đổi được tốc độ động cơ trên giải rộng, tạo ra rất nhiều lợi thế trong điều khiển tiến trình, giảm ứng suất hệ thống và tiết kiệm được năng lượng:

- *Điều chỉnh tốc độ, có nghĩa là:*

- + Vận hành trơn tru hơn;
- + Điều khiển gia tốc;
- + Vận hành ở các tốc độ khác nhau phù hợp với từng tiến trình;

+ Điều khiển bù theo những yêu cầu biến đổi của tiến trình;

+ Cho phép vận hành chậm lại để phục vụ cho công việc lắp đặt, hiệu chỉnh;

- + Thay đổi tốc độ sản xuất;
- + Cho phép định vị chính xác;
- + Điều khiển mômen, ứng suất.

- *Giảm ứng suất hệ thống, có nghĩa là:*

+ Giảm dòng khởi động, cho phép sử dụng cầu đấu nguồn và cầu chì nhỏ hơn, giảm hiện tượng tải tối đa cho mạng điện;

+ Giảm sóc cơ khí khi khởi động và dừng.

- *Tiết kiệm năng lượng:* Giúp các động cơ tiêu tốn ít năng lượng hơn so với chế độ chạy tốc độ cố định. Ứng dụng cho quạt và bơm có thể tiết kiệm 20-50% điện năng.

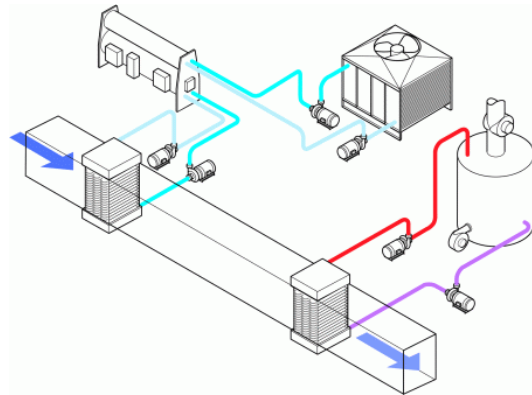
3 Một số ứng dụng điển hình của biến tần

3.1 Ứng dụng biến tần trong hệ thống HVAC tiết kiệm năng lượng

Thị phần lớn nhất trong tiêu thụ điện năng đó là hệ thống sưởi, thông gió và điều hoà không khí cho các toà nhà (Viết tắt là hệ thống HVAC). Ở châu Âu và Bắc Mỹ, tỷ lệ này là 40%. Với giá thành năng lượng ngày càng cao và liên quan đến lượng CO₂ đang ở ngưỡng cảnh báo toàn cầu thì điều cốt yếu là tiến tới sử dụng các thiết bị tiết kiệm năng lượng trong các hệ thống HVAC. Tiềm năng về tiết kiệm năng lượng là rất lớn. Nhân tố chính để bắt đầu tìm kiếm khả năng tiết kiệm đó là chi phí trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống HVAC, nơi mà chi phí cho năng lượng chiếm tới 90%, chứ không phải là chi phí

đầu tư ban đầu của hệ thống.

Những thành phần chính của hệ thống HVAC gồm có quạt, bơm và máy nén (hình 2).



Hình 2: Các thành phần chính của hệ thống HVAC

3.1.1 Bơm và quạt

Sử dụng biến tần để điều khiển bơm và quạt, không sử dụng lá chắn, van tiết lưu, hay van on/off để điều khiển sẽ tiết kiệm năng lượng đáng kể nếu yêu cầu đầu ra thấp hơn định mức hoạt động của bơm và quạt trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống.

Khi không áp dụng biến tần, động cơ bơm và quạt của hệ thống HVAC luôn hoạt động hết công suất và khi cần thay đổi yêu cầu đầu ra thì hệ thống điều chỉnh lá chắn gió để giảm lượng gió, điều chỉnh van để giảm lưu lượng nước, trong khi năng lượng điện tiêu tốn vẫn không giảm đi, thậm chí còn tăng lên. Với biến tần, nó điều khiển tốc độ bơm và quạt bằng cách thay đổi năng lượng cấp nguồn chứ không sử dụng vật cản gió hoặc cản luồng nước, cũng giống như giảm tốc độ ô tô bằng cách giảm ga chứ không dùng phanh, do đó sẽ tiết kiệm được xăng. Thời gian thu hồi vốn của một biến tần thường là một năm hoặc nhỏ hơn.

Những ưu điểm khác của biến tần ngoài tiết kiệm năng lượng khi điều khiển bơm và quạt:

- Đường đặc tính điều khiển rất trơn tru, làm giảm ứng suất cho cơ cấu cơ khí của bơm và quạt, cho đường dẫn khí và nước;

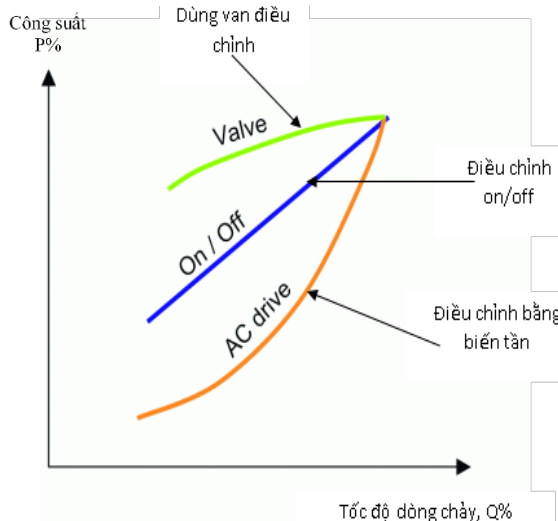
- Giảm lưu lượng bằng cách giảm tốc độ

động cơ chứ không sử dụng lá chắn gió, van tiết lưu nên giảm được tiếng ồn đáng kể;

- Điều chỉnh, thay đổi hệ thống HVAC dễ dàng hơn nhiều nếu sử dụng biến tần.

3.1.2 Máy nén

Máy nén trong hệ thống HVAC thường sử dụng trong máy làm mát nước. Sử dụng biến tần cho máy nén có thể tiết kiệm đáng kể so với kiểu điều khiển on/off truyền thống. Khi không áp dụng biến tần thì hệ thống máy nén luôn hoạt động với công suất tối đa. Khi đạt đến nhiệt độ làm mát thì ngắt đi và lặp lại. Khi áp dụng biến tần, nó điều khiển tốc độ máy nén theo nhu cầu, do đó tiết kiệm được năng lượng.



Hình 3: Biểu đồ so sánh công suất tiêu tán năng lượng điện khi điều khiển bằng biến tần so với điều khiển bằng van tiết lưu và bằng điều khiển on/off

Những lợi ích khác ngoài tiết kiệm năng lượng:

- Giảm được số lần khởi động và dừng, do đó giảm được độ mài mòn của máy nén;
- Giảm ứng suất cho đường ống và các chuyển động cơ khí khi tăng tốc hoặc giảm tốc;
- Giảm độ ồn;
- Có thể sử dụng được máy nén tốc độ cao.

3.2 Ứng dụng biến tần điều khiển băng tải than để tiết kiệm năng lượng

Công tác vận chuyển than trong khai thác

hầm lò chủ yếu thông qua hệ thống các máng cào và băng tải. Hiện nay, đa số các mỏ than ở Việt nam không sử dụng biến tần cho băng tải. Các động cơ luôn chạy với tốc độ định mức không đổi trong khi thực tế lượng than ra không phải lúc nào cũng đều nhau, lúc băng đầy tải, lúc băng non tải và lúc băng không tải. Hiện tượng băng non tải (tùy mức độ nhiều hay ít) diễn ra là phổ biến.

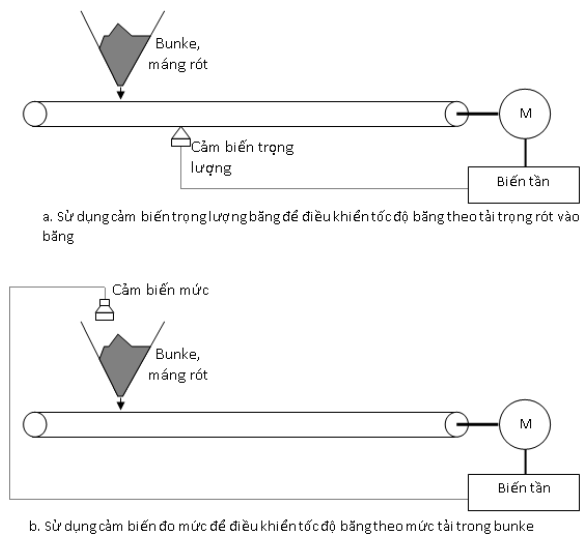
Bài toán đặt ra để giải quyết nhu cầu thực tế trong hoạt động vận chuyển than, đất đá bằng băng tải của quá trình khai thác mỏ là tốc độ và mômen của động cơ thay đổi được, phụ thuộc vào tải mà động cơ phải mang. Khi áp dụng biến tần, công suất mà biến tần phát ra sẽ phù hợp với công suất tải, do đó không bị lãng phí điện năng khi băng hoạt động với tải thấp. Đồng thời, băng tải vận hành hết sức mềm mại, tăng độ bền cơ học, kéo dài tuổi thọ cho dây băng.

Bảng 1. Công suất biến tần phụ thuộc tần số và điện áp

STT	Tần số - Điện áp	Công suất biến tần (%)
1	50 Hz - 380 V	100
2	40 Hz - 274 V	60
3	30 Hz - 228 V	40
4	20 Hz - 152 V	30
5	10 Hz - 76 V	15

Để giải quyết bài toán tiết kiệm năng lượng cho băng tải, mô hình điều khiển tốc độ băng tải theo tải thông dụng hiện nay là sử dụng cảm biến trọng lượng để đo tải trọng của sản phẩm trên tấm băng hoặc sử dụng cảm biến đo mức của bunke cấp liệu vào băng làm tín hiệu phản hồi về biến tần để thay đổi tốc độ băng (hình 4).

Tốc độ băng tải thường được chia thành các mức khác nhau theo tín hiệu phản hồi về, thường là 3, 4, 5 hoặc 6 mức. Kết quả mang lại là khả quan, tuy nhiên, việc tiết kiệm được còn phụ thuộc vào thực tế, tức là hiện tượng băng non tải hơn công suất định mức của động cơ xảy ra nhiều hay ít và thường xuyên hay không.



Hình 4: Một số mô hình điều khiển theo tải phổ biến để tiết kiệm năng lượng hiện nay

4 Giải pháp tiết kiệm năng lượng ứng dụng biến tần phòng nổ sử dụng cho băng tải than mỏ hầm lò không sử dụng cảm biến tải trọng

Việc điều khiển tốc độ băng theo tải như trình bày ở trên là rất phổ biến và hiệu quả. Tuy nhiên, sử dụng các cảm biến tải trọng và cảm biến đo mức sẽ tốn chi phí đầu tư lớn và khó triển khai trong điều kiện mỏ hầm lò Việt Nam, do: Các thiết bị phải đáp ứng được các tiêu chuẩn an toàn phòng nổ; môi trường làm việc rất khắc nghiệt, đòi phải có độ bền tốt; chi phí lắp đặt, bảo trì, sửa chữa cũng nhiều hơn nhiều so với ngoài mặt bằng.

Qua quá trình khảo sát thực tế và tham khảo ý kiến một số chuyên gia các hãng sản xuất biến tần, tác giả đã nghiên cứu và đề xuất một ứng dụng mới của biến tần áp dụng cho các băng tải vận chuyển than ở Việt Nam. Đó là giải pháp sử dụng biến tần điều khiển tốc độ băng tải mà không sử dụng đến các cảm biến tải trọng hoặc đo mức phản hồi về, giải quyết được bài toán tiết kiệm năng lượng trong khi giảm chi phí đầu tư ban đầu cũng như các chi phí lắp đặt, bảo trì, sửa chữa.

Ưu điểm của giải pháp:

- Không cần sử dụng đến cảm biến tải trọng, do đó tiết kiệm được chi phí đầu tư thiết bị;

- Lắp đặt dễ dàng, chi phí bảo trì không đáng kể.

Nhược điểm:

- Do phản hồi tải trọng của băng tải thông qua việc tham chiếu dòng điện của biến tần nên mang tính tương đối, không phản ánh chính xác tải thực của băng tải;

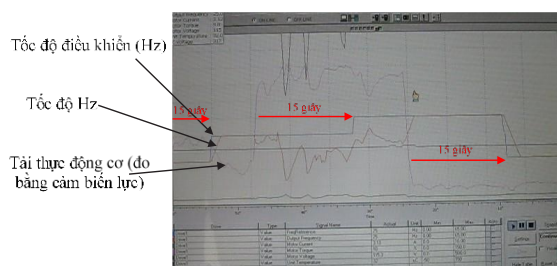
- Cần khảo sát để chọn mức tải điều chỉnh tốc độ cho phù hợp và thường chỉ ổn định hoạt động với ba mức tải trọng khác nhau và cần có khoảng cách phân biệt tải rõ ràng để tránh hiện tượng chuyển mức điều chỉnh tốc độ tải liên tục gây mất ổn định điều khiển.

Trong thực tế các tuyến vận tải chính ở mỏ than Việt Nam, thời gian chạy non tải nhiều, do đó các mức tải khi phân thành ba mức chạy “tải rất ít hoặc không tải”, “non tải” và “đầy tải” cũng đã góp phần tiết kiệm đáng kể điện năng tiêu thụ. Do đó, trong giải pháp này, biến tần được thiết lập để hoạt động với ba cấp tốc độ để có mức phân biệt về tải trọng rõ ràng. Tốc độ thay đổi sau khi tải thực tế vượt ngưỡng liên tục trong khoảng 15 giây. Tham số trễ này có vai trò quan trọng trong việc xác lập mức tải ổn định hiện tại của băng tải thông qua biến dòng điện để loại trừ tải trọng ảo và tải trọng ngắn hạn của băng. Giá trị thời gian trễ này được lựa chọn dựa trên thực nghiệm, thực tế có thể thay đổi dài hơn hoặc ngắn đi tùy theo đối tượng áp dụng cụ thể. Việc cài đặt cho biến tần sử dụng chức năng này được thực hiện trên các menu như với các chức năng khác. Ở chế độ này, biến tần sẽ tự động chạy theo một chương trình riêng cho băng tải được định trước, có thể thay đổi giới hạn phân cấp tốc độ theo tải cho từng cấp. Chẳng hạn, có thể đặt tốc độ băng như sau:

- Khi mômen $\geq 80\%$ thì tần số dòng điện là 50 Hz – chế độ đầy tải;

- Khi $20\% < \text{mômen} < 80\%$ thì tần số dòng điện là 40 Hz – chế độ non tải;

- Khi mômen $\leq 20\%$ thì tần số dòng điện là 20 Hz – chế độ tải rất thấp hoặc không tải.



Hình 5: Kết quả ứng dụng biến tần điều khiển tốc độ băng tải theo tải (mô hình thực nghiệm biến tần và bộ tạo tải giả động cơ 3 pha 15 kW/380 V)

Biểu đồ trên cho thấy, sau tải tăng ổn định trong 15 giây, bộ điều khiển tăng tốc độ biến tần từ mức không tải lên mức non tải. Khi tải vọt lên mức cao nhất, sau khoảng 15 giây tốc độ biến tần tăng lên mức đầy tải 50 Hz. Khi tải lại giảm xuống mức thấp nhất, sau 15 giây tốc độ biến tần hạ xuống mức non tải.

5 Kết luận

Với giải pháp điều chỉnh tốc độ biến tần theo tải như đã trình bày ở trên, tuy việc điều chỉnh chỉ

đạt ba mức tải khác nhau, không trơn tru như sử dụng cảm biến trọng lực, nhưng đã mang lại những hiệu quả nhất định:

- Tiết kiệm điện năng đáng kể khi tình trạng thời gian chạy non tải và không tải kéo dài;
- Chi phí lắp đặt rẻ hơn nhiều so với cảm biến trọng lực, chi phí bảo trì không đáng kể;
- Tăng độ bền, tuổi thọ cho dây băng và cơ cấu cơ khí do tự điều tiết hạ tốc độ khi non tải;

Vì số lượng đầu vào, ra sử dụng rất ít (1 đầu ra tương tự, 1 đầu vào tương tự, 1 đầu ra DO và 2 đầu vào DI) nên đối với biến tần phòng nổ hiện có ở các mỏ hầm lò Việt Nam, có thể dễ dàng tích hợp thêm bộ điều khiển nhỏ hoặc sử dụng bộ điều khiển PLC (Programmable Logic Controller) hiện có của mỏ để thực hiện bài toán điều khiển thay đổi tốc độ băng tải theo tải mà không cần tín hiệu phản hồi từ bên ngoài (như cảm biến trọng lực, mức), tiết kiệm tối đa chi phí đầu tư, lắp đặt mà vẫn đảm bảo được bài toán tiết kiệm năng lượng, rất tiện lợi khi sử dụng trong mỏ hầm lò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo kiểm toán năng lượng Công ty Than Dương Huy - TKV. *Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin, 2017.*
2. **Jordan H.E.** Energy-Efficient Electric Motors and Their Applications. *USA, 1994.*
3. Inverter Energy Saving Course Materials. *Mitsubishi Corporation, 2016.*

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÍNH AN TOÀN VÀ TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG THÔNG GIÓ MỎ HÀM LÒ

NCS. Nguyễn Bá Ngọc, GS.TS. Sun Chen Liang

Trường Đại học Kỹ thuật công trình Liêu Ninh (Trung Quốc)

Tóm tắt: Hiện nay, khai thác hầm lò vùng Quảng Ninh đóng vai trò rất lớn trong sản xuất than. Hầu hết các mỏ đang và sẽ mở rộng quy mô sản xuất theo hướng tăng độ sâu và công suất. Trong quy trình công nghệ khai thác, thông gió là một khâu quan trọng không thể thiếu. Bài báo này đưa ra các chỉ tiêu đánh giá an toàn chủ yếu của hệ thống thông gió mỏ hầm lò, xây dựng mô hình đánh giá tính an toàn và chỉ ra các biện pháp tương ứng cần được thực hiện theo các mức độ khác nhau, từ đó đề xuất phương án cụ thể để có thể từng bước hỗ trợ tối ưu hóa hệ thống thông gió, đảm bảo tốt hơn cho quá trình vận hành an toàn và ổn định.

Từ khóa: An toàn mỏ, chỉ tiêu đánh giá, hệ thống thông gió, tối ưu hóa.

1 Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển không ngừng của ngành công nghiệp mỏ, vấn đề tiềm ẩn khả năng xảy ra tai nạn trong các lĩnh vực khai thác, vận tải... cũng sẽ tăng lên. Qua phân tích nguyên nhân tai nạn cho thấy, số lượng các vụ có liên quan đến hệ thống thông gió mỏ không hề nhỏ. Là thành phần cấu thành chủ yếu của mỏ than hầm lò, hệ thống thông gió có thể liên tục cung cấp lượng gió sạch vào trong các đường lò, đồng thời đẩy lưu lượng gió thải và khí độc ra ngoài, bảo đảm an toàn cho công nhân làm việc và an toàn sản xuất. Trong quá trình khai thác, hệ thống thông gió là yếu tố then chốt đảm bảo chắc chắn và an toàn, có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả và lợi ích của hoạt động sản xuất. Do đó, các công ty khai thác than cần phải thường xuyên thực hiện công tác đánh giá hiệu quả, an toàn của hệ thống thông gió và tích cực chủ động tối ưu hóa khả năng làm việc của nó, đồng thời cần phải quan tâm đúng mức đến nó trong quá trình thiết kế và lập kế hoạch xây dựng nhằm thiết kế, xây dựng, quản lý và tiến hành kiểm soát chặt chẽ các liên kết khác, từ đó việc khai thác mỏ than hầm lò sẽ có tính an toàn và hiệu quả cao hơn.

2 Chỉ tiêu đánh giá tính an toàn của hệ thống thông gió mỏ hầm lò

Mỗi một hệ thống thông gió đều có đầy đủ chỉ tiêu tối ưu hóa riêng biệt. Do đó, trong quá

trình tối ưu hóa hệ thống và đánh giá phương án tối ưu, cần tuân thủ chặt chẽ các chỉ tiêu tối ưu hóa hiện có. Như vậy, tác động của từng chỉ tiêu đánh giá đến hệ thống thông gió mới có thể được phản ánh chính xác, giúp sàng lọc nhanh chóng và chính xác phương án phù hợp nhất, hướng tới sắp xếp, định lượng hóa nhân tố quan trọng của từng chỉ tiêu đánh giá. Các phương pháp thường được sử dụng để lựa chọn các chỉ số tối ưu hóa chủ yếu bao gồm: Xây dựng phần mềm tính toán; ý kiến chuyên gia; khảo sát chuyên gia... Trong quá trình khai thác thực tế, các chỉ tiêu chính để đánh giá mức độ an toàn của hệ thống thông gió mỏ như sau:

- Áp lực gió tồn tại trong hệ thống thông gió mỏ càng lớn, xác suất và lưu lượng gió rò rỉ phát sinh càng lớn, độ khó của việc triển khai quản lý hệ thống thông gió an toàn càng cao, càng có khả năng tiềm ẩn nguy cơ phát sinh sự cố tự cháy nổ;

- Thông qua sử dụng các lỗ tích tụ như các lỗ thông gió mỏ có thể thu được sức cản thông gió của mỗi đường lò, từ đó thu được tổng sức cản thông gió trong mỏ;

- Xác định số lượng quạt có đáp ứng được yêu cầu hay không, đáng quan tâm là đối với trạm quạt dự phòng không thể tồn tại bất cứ vấn đề sự cố hỏng hóc nào, nhất thiết phải định kỳ kiểm tra, bảo dưỡng, đảm bảo khi trạm quạt chính bị sự cố, trạm quạt dự phòng có thể được nhanh chóng đưa

vào hoạt động thay thế, duy trì ổn định hoạt động của hệ thống thông gió mỏ;

- Ở giai đoạn vận hành bình thường của hệ thống thông gió mỏ, tiến hành ghi chép chi tiết số lần phát sinh sự cố đối với trạm quạt chính hằng năm, nếu giá trị nằm trong mức tiêu chuẩn, tức hệ thống thông gió đáp ứng tiêu chuẩn yêu cầu;

- Đối với lập kế hoạch, tiến hành quan sát tần suất dừng hoạt động của trạm quạt chính ngoài dự kiến, xác định việc đó có hay không phù hợp khi hệ thống thông gió hoạt động bình thường;

- Đối với việc tiến hành quan sát lưu lượng gió rò rỉ bên ngoài, so sánh lưu lượng gió rò rỉ với lưu lượng gió thải của quạt hút chính, căn cứ theo tỷ số tính toán rò rỉ gió bề mặt ngoài, nếu như kết quả tính toán nằm trong phạm vi hiệu quả hợp lệ, tức là đạt tiêu chuẩn;

- Tình trạng điểm hoạt động của quạt thông gió chính hợp lý mới có thể đảm bảo quạt thông gió hoạt động bình thường;

- Đối với việc tiến hành quan sát mức độ phức tạp của mạng lưới thông gió trong hệ thống thông gió sẵn có, mức độ phức tạp càng cao, tức khả năng phòng chống tai nạn và mức độ ổn định càng kém, càng cần phải tiến hành tối ưu hóa đối với tính an toàn;

- Việc tiến hành kiểm tra thiết bị điều tiết thông gió thông qua các tiêu chuẩn chất lượng liên quan để xác định đạt tiêu chuẩn hay không, nếu như kết quả và tiêu chuẩn kiểm tra của thiết bị điều tiết thông gió lắp đặt trong hệ thống thông gió không phù hợp, tức là không đạt tiêu chuẩn, cần tiến hành tiếp tục đi sâu vào tối ưu hóa;

- Đối với việc tiến hành kiểm tra tỷ số giữa lưu lượng thông gió yêu cầu của mỏ với lưu lượng thông gió yêu cầu lý thuyết, xác định có đáp ứng phạm vi tỷ lệ theo tiêu chuẩn yêu cầu hay không, nếu như tỷ lệ thấp hơn tỷ lệ tiêu chuẩn, tức là không đạt chuẩn, cần tiếp tục tiến hành cải tiến thiết kế.

Tiến hành kiểm tra năng lực phòng chống tai nạn vốn có của hệ thống thông gió. Môi trường

hoạt động khai thác mỏ dưới lòng đất có tính ổn định tương đối không cao, rất dễ phát sinh sự cố khai thác, mà khả năng phòng chống sự cố mỏ của hệ thống thông gió ảnh hưởng trực tiếp đến tính an toàn của các hoạt động khai thác. Do vậy, hệ thống thông gió cần phải đồng thời có khả năng phòng ngừa tai nạn vốn có và giảm tại nạn, nên chỉ tiêu chủ yếu bao hàm: Tính ổn định của phương pháp và hình thức thông gió; tỷ lệ đảm bảo điều kiện của việc lắp đặt thiết bị phòng chống tai nạn; tính linh hoạt và độ tin cậy của hệ thống thông gió hồi; thời gian lưu thông của tuyến đường phòng tránh tai nạn [1].

Thông qua việc triển khai quản lý chặt chẽ hệ thống thông gió và tiến hành kiểm tra an toàn kịp thời, có thể nâng cao hoạt động hiệu quả và ổn định của hệ thống thông gió, trong đó, các chỉ tiêu chủ yếu được sử dụng để triển khai kiểm tra an toàn hệ thống thông gió bao gồm: Thiết bị thông gió có đạt tiêu chuẩn hay không; kiểm tra thông gió có đủ tiêu chuẩn hay không; các quy định liên quan có được thực hiện đầy đủ, hiệu quả hay không,...

Đối với tính hiệu quả và kinh tế của thông gió mỏ hầm lò, chỉ tiêu này chủ yếu bao gồm: Chi phí điện; hiệu suất tổng thể; tỷ lệ lưu lượng gió hiệu quả của quạt chính.

3 Mô hình đánh giá tính an toàn của hệ thống thông gió mỏ hầm lò

Các chỉ tiêu lượng hóa toàn diện của hệ thống thông gió mỏ hầm lò có thể phản ánh đầy đủ tính hiệu quả, ổn định và an toàn của hệ thống thông qua tiến hành phân bổ định lượng của các đối tượng để đánh giá, các giá trị đánh giá của hệ thống thông gió dưới đây:

$$S = 100 \sum_{i=1}^n a_i f_i \quad (1)$$

Trong đó: S – giá trị đánh giá toàn diện; a_i – tỷ lệ định lượng của chỉ tiêu đánh giá; f_i – hàm giá trị của chỉ tiêu đánh giá; n – số chỉ tiêu đánh giá.

Có thể chia các giá trị đánh giá của hệ thống thông gió thành 04 loại a, b, c, d c như bảng 1:

Bảng 1: Đánh giá cấp độ hệ thống thông gió và đối sách an toàn

Mức đánh giá từng cấp độ	Giá trị	Ý nghĩa đánh giá	Biện pháp an toàn cụ thể
a	$S=100$	Tương đối an toàn	Cần duy trì
b	$80 < S < 100$	Tương đối tốt	Làm tốt công tác dự báo sớm
c	$60 < S < 80$	Bình thường	Cần thực hiện các biện pháp khai thác liên quan
d	$S < 60$	Tương đối nguy hiểm	Cần điều chỉnh và sửa chữa

Căn cứ theo tình trạng đánh giá mức độ an toàn hiện có của hệ thống thông gió và dựa trên các vấn đề tồn tại, hướng đến thực hiện các hoạt động khai thác, thúc đẩy tính an toàn của hệ thống thông gió để có thể nâng cao hơn nữa.

4 Phương án thiết kế tối ưu hóa của hệ thống thông gió mỏ hầm lò

Khi lựa chọn phương án tối ưu hóa, yếu tố cốt lõi cần phải chú ý là vấn đề an toàn của con người, sau đó là giảm chi phí sản xuất mà vẫn đảm bảo chắc chắn điều kiện an toàn. Tuy nhiên, do tính chất hoạt động khai thác nằm ở động thái thay đổi liên tục, hệ thống thông gió ban đầu chắc chắn sẽ chịu ảnh hưởng. Ảnh hưởng này có hai mặt, nhưng đại đa số là ảnh hưởng không có lợi. Do đó, để giảm thiểu nguy cơ tai nạn tiềm ẩn, tăng cường mức độ an toàn sản xuất, có thể lựa chọn phương án tối ưu hóa hệ thống thông gió tốt nhất. Dưới đây là một vài phương án tối ưu hóa được áp dụng trong hoạt động khai thác.

4.1 Thiết lập có hệ thống hệ thống thông gió mỏ

Đối với thực trạng của từng chỉ tiêu cần xử lý, hệ thống thông gió mỏ hầm lò hoàn toàn có thể phân ánh được. Ví dụ, trong các mỏ khai thác lâu năm, chiều dài của các tuyến thông gió tương đối lớn, dẫn tới sức cản hệ thống các mạng lưới thông gió xuất hiện rải rác không hợp lý. Do đó, cần phải giám sát mạng lưới thông gió theo thời gian thực và quản lý chặt chẽ dựa trên điều kiện thực tế. Khi lực cản của hệ thống thông gió tồn tại tương đối lớn và áp lực gió do quạt chính tạo ra thấp hơn các quạt khác, cần phải giảm lực cản

của hệ thống thông gió là điem vào, tiến hành kiểm tra chặt chẽ đối với mạng lưới hệ thống thông gió và bảo dưỡng kịp thời, đồng thời tiến hành thu dọn triệt để các vật cản trở tồn tại trong đường gió hồi chính để cải thiện hiệu quả và điều kiện thông gió [2].

4.2 Tăng cường năng lực ứng biến của hệ thống thông gió mỏ

Tăng cường năng lực ứng biến của hệ thống thông gió mỏ từng khu vực khai thác, các tuyến băng trong mỏ hầm lò được chọn sử dụng đều có cơ cấu, thiết bị chuyên tải kết nối, một khi tuyến băng tải phát sinh sự cố cháy sẽ nhanh chóng lan sang các khu vực khai thác khác. Để phòng ngừa đám cháy lan rộng, đường gió hồi nhất thiết phải tự mình tiến hành tốt công tác, kiểm tra và khắc phục hiệu quả của tối ưu hóa bất cứ lúc nào. Ngoài ra, trong quá trình khai thác, hai trạm quạt được bố trí trong khu vực khai thác cần phải được triển khai liên hợp hoạt động chung dựa trên tính ổn định và hiệu quả của hệ thống thông gió, cố gắng đến mức cao nhất đảm bảo rằng hai trạm quạt vận hành nằm trong khu vực thông gió riêng biệt để giảm nhiễu lẫn nhau và phải triển khai tốt công tác liên kết gió chung ở mỗi góc, thúc đẩy hoạt động nhịp nhàng của hai trạm quạt gió, phát huy tối đa hiệu quả của chúng.

4.3 Tăng cường quản lý tổng thể và từng bộ phận các thiết bị thông gió mỏ hầm lò

Trong mỏ hầm lò, các thiết bị thông gió được lắp đặt thông thường gồm quạt chính, quạt cục bộ, quạt dự phòng, tường chắn gió, cửa gió... Mục đích của tăng cường quản lý nhằm ngăn ngừa vấn đề phát sinh rò rỉ gió trong quá trình sử dụng và thúc đẩy hệ thống thông gió duy trì độ ổn định tương đối cao, có thể giải quyết thông qua tăng độ cao của tường chắn gió, cửa gió, hoặc nâng cao độ kín hơn nữa, đồng thời giảm thiểu thiết bị điều tiết lưu lượng gió và xây dựng nhà chứa gió, giúp quản lý hệ thống thông gió.

Tổng thể cũng là do từng bộ phận cấu thành, khu vực cũng đóng vai trò cực kỳ quan trọng

trong phát huy hoạt động sản xuất. Cần thực hiện khai thác từng bước để giảm thiểu ảnh hưởng của quạt cục bộ đối với hoạt động của toàn bộ hệ thống thông gió và gián tiếp ảnh hưởng đến công nhân khai thác. Quạt thông gió chính sử dụng trong mỏ than hầm lò nhất thiết phải duy trì vận hành ổn định. Lựa chọn quạt hướng trục và đảm bảo điểm hoạt động nằm trong vùng hiệu suất cao và có mức dư thừa đủ. Ngoài ra, cần tăng cường duy trì mức độ bảo dưỡng hệ thống thông gió, thực hiện các biện pháp hiệu quả để duy trì và bảo dưỡng đường gió hồi, đảm bảo vận hành hiệu quả xuyên suốt từ đầu đến cuối.

4.4 Quản lý thông tin hệ thống thông gió thông qua mạng máy tính

Trong quá trình xây dựng, hiện đại hóa mỏ than, việc hoàn thiện quản lý thông tin hệ thống thông gió hoàn chỉnh là vấn đề then chốt, có thể triển khai thông qua mạng máy tính bố trí hệ thống giám sát và điều khiển trong ứng toàn bộ hoạt động toàn thời gian, sử dụng mạng máy tính để trình bày đồ họa, biểu đồ liên quan khác nhau, ví dụ như mạng lưới thông gió mỏ... Như vậy, có thể bố trí lưu lượng gió, hướng lưu thông gió, vị trí thông gió... với khả năng quan sát trực quan hơn, quản lý có hiệu quả hơn. Bên cạnh đó, mạng máy tính tạo cơ sở dữ liệu thông tin hiệu quả, kiểm tra và đo đạc nghiêm ngặt áp lực gió, lưu lượng gió và các thông số cơ bản khác. Đối với tình trạng các thiết bị bị hư hỏng, tiến hành ghi chép nhật ký sử dụng và tình trạng giám sát của các dụng cụ đo lường thông gió. Ngoài ra, còn cần ghi chép chi tiết về hiệu quả hoạt động, công suất động cơ điện, hiệu suất...

4.5 Thiết kế các chỉ tiêu tham số tối ưu hóa

Trong quá trình khai thác, các chỉ tiêu tối ưu hóa cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Cần đánh giá toàn diện và chính xác về mức độ an toàn của hệ thống thông gió;
- Cần có các tiêu chuẩn độc lập, như vậy mới có thể thực hiện đánh giá và phân tích toàn diện;
- Kết quả đánh giá cần bao gồm 03 nguyên tắc: Tính kinh tế; tính khả thi; và tính an toàn của hệ thống thông gió, dựa trên điều kiện của 03 nguyên tắc trên lựa chọn phương án tốt nhất;
- Các thông số cần thiết phải dễ lấy để tiện cho việc xử lý dữ liệu đơn giản hơn và giảm thiểu sai số khi tính toán;
- Tất cả các chỉ tiêu đánh giá cần phải có một tiêu chuẩn độc lập để tiến hành so sánh đối chiếu.

5 Kết luận

Đối với hoạt động khai thác than hầm lò, hệ thống thông gió là yếu tố then chốt bảo đảm chắc chắn về sự an toàn cho hoạt động sản xuất. Hệ thống thông gió không chỉ có ảnh hưởng nhất định đến phương hướng và mức độ lưu lượng gió trong vùng gió, mà còn ảnh hưởng đến độ an toàn của toàn bộ hoạt động sản xuất và chất lượng thông gió mỏ than. Nếu hệ thống thông gió không thể vận hành bình thường và có hiệu quả, chắc chắn sẽ dẫn tới phát sinh các sự cố mất an toàn. Để tránh các nguy cơ tiềm ẩn, cần thực hiện tốt công tác kiểm tra, đo đạc trước đó, lấy phòng ngừa là yếu tố trọng tâm, thực hiện các biện pháp khai thác hợp lý, có hiệu quả để ứng phó với các loại nguy cơ tiềm ẩn, giảm thiểu phát sinh sự cố, đảm bảo an toàn cho công nhân, thúc đẩy sự phát triển khai thác bền vững của doanh nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Cao Khải.** Tối ưu hóa chế độ làm việc của quạt gió chính ở mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh. *Luận án tiến sĩ, Hà Nội, 2018.*
2. **Địch Đông Huy.** Nguy cơ tiềm ẩn và biện pháp cải thiện thông gió an toàn mỏ than hầm lò [J]. *Tạp chí năng lượng và tiết kiệm năng lượng Trung Quốc 2019(11), tr. 33-35.*
3. **Trương Bá Kiệt.** Chiến lược tối ưu hóa hệ thống thông gió mỏ hầm lò [J]. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật, 2018(25), tr: 77-79.*
4. **Lưu Phổ Long.** Tối ưu hóa hệ thống thông gió và kỹ thuật xử lý hơi ngạt trong công tác cơ giới hóa đồng bộ [J]. *Tạp chí than Trung Quốc, 2019(8), tr:88-90.*

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC TUYẾN TÍNH HỖ TRỢ LẬP KẾ HOẠCH SẢN XUẤT DÀI HẠN CHO CÁC MỎ ĐÁ VÔI XI MĂNG Ở VIỆT NAM

*TS. Trần Đình Bảo, TS. Nguyễn Đình An, Lê Đình Phiệt
Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: Trong môi trường kinh doanh có tính cạnh tranh cao hiện nay, tiết kiệm chi phí nguyên liệu là một vấn đề lớn trong sản xuất xi măng. Một trong những giải pháp giúp giảm thiểu chi phí nguyên liệu đầu vào là trung hòa đá vôi tại mỏ. Trong bài báo này, mô hình lập trình tuyến tính mới được xây dựng để giải quyết vấn đề lập kế hoạch sản xuất dài hạn nhằm giảm thiểu chi phí nguyên liệu thô trong khai thác mỏ đá vôi cung cấp cho nhà máy xi măng. Rất nhiều các ràng buộc bao gồm các yêu cầu về phối trộn, trữ lượng mỏ, sản lượng mỏ, công suất nhà máy xi măng, chi phí khai thác, chi phí mua phụ gia được tích hợp trong mô hình, đã được giải quyết bằng công cụ CPLEX của Matlab. Ngoài ra, hiệu quả của mô hình so với phương pháp truyền thống được xác định trên kết quả thực nghiệm tại mỏ đá vôi Lèn Áng cung cấp cho nhà máy xi măng Vạn Ninh - Việt Nam. Việc sử dụng mô hình mang lại những hiệu quả đáng kể trong phối trộn nguyên liệu thô thông qua trung hòa đá vôi tại mỏ để đạt chất lượng mong muốn.

Từ khóa: Đá vôi, kế hoạch sản xuất, Lèn Áng, mô hình toán học, xi măng.

1 Mở đầu

Nhìn chung, sản xuất xi măng đòi hỏi bốn hoạt động chính như sau:

- Khai thác và nghiền nguyên liệu thô từ các mỏ đá;
- Tiền phối trộn và pha trộn để phát triển hỗn hợp nguyên liệu thô từ các mỏ đá và các phụ gia điều chỉnh được mua từ thị trường theo yêu cầu về chất lượng;
- Chế biến hỗn hợp nguyên liệu thô để tạo clinker;
- Nghiền clinker để sản xuất các sản phẩm cuối cùng của xi măng.

Đá vôi là nguyên liệu chính để sản xuất xi măng vì thành phần khoáng hóa của đá vôi thỏa mãn về chất lượng và số lượng các oxit như CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃. Tuy nhiên, trong đá vôi cũng tồn tại một số hợp chất gây hại cho quá trình sản xuất xi măng cũng như chất lượng sản phẩm như MgO, SO₃, K₂O, Na₂O, TiO, P₂O₅, và Cl,... Ngoài ra, chất lượng của đá vôi trên các tầng khai thác tại mỏ là không đồng nhất. Để kiểm soát chất lượng, đá vôi sau khi khai thác và nghiền được

trộn với nhau hoặc với các nguyên liệu điều chỉnh như đá sa thạch, đất sét, tro bay, quặng sắt,... mua từ thị trường. Do đó, chi phí nguyên liệu để sản xuất xi măng sẽ bao gồm chi phí khai thác đá vôi và chi phí mua nguyên liệu điều chỉnh.

Sản lượng xi măng thế giới ước tính khoảng 4.100 triệu tấn và có xu hướng tăng cao do nhu cầu xây dựng. Việt Nam nằm trong số 10 nước sản xuất xi măng lớn nhất thế giới [1]. Trữ lượng đá vôi của Việt Nam theo báo cáo ước tính khoảng 11 tỷ tấn, có chất lượng tốt đáp ứng mọi tiêu chuẩn để sản xuất xi măng [2]. Để sản xuất một tấn xi măng cần khoảng 1,6 tấn nguyên liệu thô [3]. Điều đó có nghĩa là nếu tiết kiệm chi phí nguyên liệu cho mỗi tấn là 1 đô la sẽ dẫn tới tổng tiết kiệm tích lũy là hàng tỷ đô la. Do đó, việc giảm chi phí nguyên liệu là chìa khóa cho hiệu quả sản xuất xi măng.

Một số công nghệ như phân tích hóa “ướt”, phân tích X-ray sử dụng máy tính để kiểm soát quá trình đã được áp dụng để giám sát chất lượng và khối lượng nguyên liệu thô [4]. Những công nghệ giám sát này cho phép các máy tính tác

động đến việc ra quyết định trong quá trình sản xuất nhưng ít khi đóng một vai trò tương tự trong khai thác đá vôi và những nguyên liệu khác để chế biến bởi vì một khi đá vôi đã đưa vào hệ thống nghiền thì không thể loại bỏ ra được [5]. Điều này có nghĩa rằng, nếu đá vôi có chất lượng kém được đưa vào hỗn hợp nguyên liệu thì cần phải đưa thêm phụ gia điều chỉnh. Do đó, chi phí mua nguyên liệu điều chỉnh phải được đưa vào trong giá thành nguyên liệu đầu vào.

Trên quan điểm tiết kiệm chi phí, việc trộn nguyên liệu thô nên được thực hiện ở giai đoạn khai thác. Tại đó, đá vôi có thể khai thác một cách chọn lọc để phối trộn với nguyên liệu điều chỉnh trong kho dự trữ với chi phí tối ưu. Những nhiệm vụ này có thể được thực hiện bởi kế hoạch sản xuất dài hạn và ngắn hạn của mỏ. Kế hoạch dài hạn đóng vai trò trong việc định hướng tất cả các kế hoạch ngắn hạn để đạt được hoạt động kinh tế chung. Ở mức độ kế hoạch ngắn hạn, cần phải nắm rõ hầu hết những thông tin về thân khoáng sản, giá trị kinh tế và điều kiện sản xuất. Đồng thời, thời gian quy định cho kế hoạch ngắn hạn là khá ngắn (một tuần hoặc ba tháng). Như vậy, bất kỳ thay đổi hoặc kết quả lập kế hoạch có thể được kiểm tra và cập nhật để phản ánh cho các điều kiện thực tế khai thác mỏ. Trong hoạt động xuất xi măng, quá trình trộn tại kho dự trữ được thực hiện trong thời gian ngắn. Do đó, kế hoạch sản xuất ngắn hạn đóng vai trò quan trọng để đạt được các yêu cầu về khối lượng và chất lượng cho kho dự trữ.

Hiện nay, phương pháp “Thử và sai” sử dụng bảng tính MS Excel hoặc chương trình Computer Aided Design (CAD) được áp dụng để phát triển quá trình pha trộn nguyên liệu thô thông qua kế hoạch sản xuất ngắn hạn [6-7]. Do số lượng các yếu tố để xem xét là lớn nên phương pháp này không phù hợp cho việc lập kế hoạch tối ưu mỏ dài hạn [8]. Tuy nhiên, những vấn đề này có thể được giải quyết một cách hiệu quả bởi các hoạt động kỹ thuật nghiên cứu sử dụng mô hình toán

học để tìm kế hoạch sản xuất tối ưu của mỏ. Phần lớn các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào kế hoạch sản xuất ngắn hạn và phối trộn nguyên liệu thô áp dụng cho việc khai thác quặng kim loại. Các nghiên cứu có hiệu quả gần đây có thể kể đến bao gồm [9-13].

Giải pháp cho vấn đề lập kế hoạch sản xuất ngắn hạn của mỏ đá cung ứng nguyên liệu cho nhà máy xi măng khác so với quặng kim loại [14,15] do đầu vào cơ bản cho hai vấn đề đều là các khối và mục tiêu của quá trình phối trộn. Trong các hoạt động khai thác các khoáng sàng quặng kim loại bằng phương pháp lộ thiên, mỗi khối được gán một giá trị kinh tế dương hoặc âm tương ứng với quặng hoặc đất đá thải. Trong khi, đối với hoạt động khai thác đá vôi, mỗi khối được gán giá trị định lượng tương ứng với phần trăm hàm lượng của mỗi thành phần hóa học cần thiết cho sản xuất xi măng. Mục tiêu pha trộn các nguyên liệu có chất lượng tốt và kém trong quá trình khai thác lộ thiên là đạt được hàm lượng yêu cầu của một chất kim loại thông qua nhiều quá trình trong nhà máy. Tuy nhiên, mục đích pha trộn nguyên liệu thô trong sản xuất xi măng là đạt được hàm lượng yêu cầu của nhiều thành phần hóa học được đưa vào trong lò xi măng.

Một vài phương pháp để lập kế hoạch hoạt động mỏ đá vôi được giới thiệu trong tài liệu tham khảo [16], tác giả đã đưa ra một mô hình chương trình tuyến tính lớn để mô tả quá trình sản xuất xi măng từ khi khai thác mỏ đá đến khi thành sản phẩm bán ra thị trường. Bằng việc đưa các thành phần của clinker và tối ưu hoá lập lịch kế hoạch của mỏ đá và đưa chúng vào mô hình, thực hiện tối ưu hóa đồng để tối đa hóa giá trị hiện tại ròng (NPV), tuổi thọ của mỏ hoặc tối ưu hóa quá trình sản xuất. Tài liệu [17] phát triển một mô hình tuyến tính cho việc lập kế hoạch sản xuất ngắn hạn nhiều giai đoạn cho các hoạt động khai thác mỏ đá phục vụ sản xuất xi măng. Mô hình này cố gắng giảm thiểu chi phí nguyên liệu

thô phát triển trong kho phối trộn phụ thuộc vào số lượng và chất lượng yêu cầu. Tài liệu [18] cũng giới thiệu các kỹ thuật lập trình để xây dựng các kế hoạch khai thác thay thế cho mỏ, đảm bảo về mặt hình học (góc dốc) và giới hạn về công suất của nhà máy xi măng. Tài liệu [19] giới thiệu một mô hình tuyến tính số nguyên cho việc lập kế hoạch sản xuất ngắn hạn của các mỏ đá phục vụ cho các nhà máy xi măng. Đầu vào cơ bản của mô hình là những block khai thác mỏ, mỗi block đã được gán một biến số nguyên (0-1). Mô hình sẽ đề xuất trình tự khai thác các block này sao cho đảm bảo khối lượng và chất lượng phối trộn yêu cầu và thỏa mãn với chi phí là nhỏ nhất có thể.

Trong bài báo này, nhóm tác giả phát triển mô hình tuyến tính mới, là công cụ để lập kế hoạch sản xuất ngắn hạn cho các mỏ đá khai thác phục vụ sản xuất xi măng. Mô hình này có những đặc điểm khác so với các nghiên cứu trước đây như sau:

- i) Mô hình xem xét đến trữ lượng đá vôi sẵn sàng để khai thác của mỏ.
- ii) Mô hình xem xét đến sản lượng khai thác của mỏ đá cũng như công suất nhà máy xi măng.
- iii) Mô hình có tính linh hoạt cao, cho phép đánh giá, lựa chọn kế hoạch thích hợp thông qua việc dễ dàng sửa đổi các công thức lập trình tuyến tính.

Mô hình sẽ là một công cụ tốt kết nối hoạt động khai thác mỏ với các quá trình tiếp theo trong nhà máy xi măng và góp phần phát triển bền vững nguồn tài nguyên nguyên liệu.

2 Các yêu cầu phối trộn nguyên liệu thô trong sản xuất xi măng

Đá vôi sau khi khai thác tại mỏ được đưa vào các kho dự trữ để chuẩn bị phối trộn hoặc được trộn trong các silo. Mục tiêu của lập kế hoạch sản xuất ngắn hạn trong các mỏ đá vôi xi măng là khai thác được càng nhiều hỗn hợp thô càng tốt, đảm bảo về số khối lượng và chất lượng của nhà máy chế biến. Về cơ bản, có ba yêu cầu cho hỗn

hợp thô như sau:

i) Phần trăm hàm lượng hóa học của nguyên liệu thô phải nằm trong giới hạn chấp nhận được: $14,00 \leq \text{SiO}_2 \leq 15,00$; $2,70 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 3,40$; $1,65 \leq \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 2,17$; $40,00 \leq \text{CaO} \leq 42,00$; $35,00 \leq \text{LOI} \leq 40,00$; $0,00 \leq \text{MgO} \leq 2,00$; $0,00 \leq \text{N}_2\text{O} \leq 0,50$; $0,00 \leq \text{K}_2\text{O} \leq 0,50$ [20].

ii) Tỷ lệ cân bằng của các oxit silic (SiO_2), nhôm (Al_2O_3) và sắt (Fe_2O_3) phải đạt được. Các chỉ số, modul silic (SR), hệ số bão hòa đá vôi (LSF) và modul nhôm (AM) thể hiện trong các phương trình (1)-(3) sẽ giúp đạt được sự cân bằng của các oxit chính:

$$2,29 \leq \text{SR} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \leq 2,60 \quad (1)$$

$$0,845 \leq \text{LSF} = \frac{\text{CaO}}{2,8\text{SiO}_2 + 1,18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65\text{Fe}_2\text{O}_3} \leq 0,90 \quad (2)$$

$$1,15 \leq \text{AM} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \leq 2,00 \quad (3)$$

(iii) Hỗn hợp thô được đưa vào lò nung để sản xuất ra “clinker”. Clinker là hỗn hợp khoáng chất bao gồm alite ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), ký hiệu “ C_3S ”, belite ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), ký hiệu “ C_2S ”, aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), ký hiệu “ C_3A ”, và brownmillerite ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), ký hiệu “ C_4AF ”. Phần trăm của các thành phần khoáng chất tổng hợp này cũng tạo ra sự cân bằng của các oxit CaO, SiO_2 , Al_2O_3 và Fe_2O_3 trong hỗn hợp thô như các phương trình (4)-(7) dưới đây [20]:

$$0,30 \leq \text{C}_3\text{S} = 4,071\text{CaO} - 7,60\text{SiO}_2 - 6,78\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,43\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,35 \quad (4)$$

$$0,15 \leq \text{C}_2\text{S} = -3,071\text{CaO} + 8,6\text{SiO}_2 + 5,068\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,079\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,2 \quad (5)$$

$$0,5 \leq \text{C}_3\text{S} = 2,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,692\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,8 \quad (6)$$

$$0,5 \leq \text{C}_4\text{AF} = 3,043\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 0,8 \quad (7)$$

3 Mô hình toán tuyến tính

3.1 Đầu vào của mô hình toán tuyến tính

Theo tính chất, dữ liệu đầu vào cho mô hình lập kế hoạch sản xuất là không chắc chắn. Tuy nhiên, trong việc lập kế hoạch ngắn hạn, dữ liệu

đầu vào bao gồm mô hình khối địa chất, hàm lượng, chi phí, giá cả, tỉ lệ thu hồi và các ràng buộc trong khai thác thực tế, dựa trên các điểm ước tính tốt nhất hiện có tại thời điểm tối ưu hóa [20]. Mô hình có thể được chạy lại nếu có sự thay đổi hoặc nhập mới. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với thực tế ngành khai thác mỏ, trong đó dữ liệu mới được cập nhật hàng năm, hàng tháng, hàng tuần để giảm thiểu sự thiếu chắc chắn. Trong kế hoạch sản xuất ngắn hạn, thành phần hóa học của một khối hoặc một khu vực có thể biết từ các lỗ khoan thăm dò trong khu vực khai thác mỏ hoặc bằng cách phân tích phối lấy từ các lỗ khoan nổ mìn.

3.2 Các công thức toán học của mô hình tuyến tính

Các chỉ số, các thông số, các biến, hàm mục tiêu và các ràng buộc của mô hình được xác định dưới đây:

3.2.1 Các chỉ số

- + q – chỉ số mỏ đá, $q = 1, \dots, Q$;
- + b – chỉ số tầng khai thác, $b = 1, \dots, B$;
- + a – chỉ số chất phụ gia thêm vào (đá sa thạch, quặng sắt, tro bay, ...), $a = 1, \dots, A$;
- + p – chỉ số giai đoạn, trong đó $p = 1, \dots, P$;
- + c – chỉ số thành phần hóa học (Cao, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, C₃S, C₂S, C₃A, C₄AF,...), $c = 1, \dots, C$.

3.2.2 Các thông số

- + g_{cbqp} – thành phần hóa học (%) c của tầng b tại mỏ q trong giai đoạn p ;
- + g_{cap} – thành phần hóa học (%) c trong chất phụ gia a trong giai đoạn p ;
- + $g_{cp}^{\min}, g_{cp}^{\max}$ – giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của thành phần hóa học (%) c trong giai đoạn p ;
- + $M_{bqp}^{\min}, M_{bqp}^{\max}$ – khối lượng (tấn) nhỏ nhất và lớn nhất của nguyên liệu thô khai thác được tại tầng b tại mỏ q trong giai đoạn p ;
- + $M_{ap}^{\min}, M_{ap}^{\max}$ – khối lượng (tấn) nhỏ nhất và lớn nhất của chất phụ gia a cần phải mua trên thị trường trong giai đoạn p ;

- + O^{\min}, O^{\max} – công suất (tấn) nhỏ nhất và lớn nhất của xưởng pha trộn;
- + $E_{bqp}^{\min}, E_{bqp}^{\max}$ – công suất khai thác (tấn) nhỏ nhất và lớn nhất của tầng b tại mỏ q trong giai đoạn p ;
- + S^{\min}, S^{\max} – công suất (tấn) nhỏ nhất và lớn nhất của kho dự trữ trong giai đoạn p ;
- + σ – hàng tồn kho (tấn) của kho dự trữ;
- + I_p – khối lượng tồn ban đầu (tấn) của kho dự trữ tại thời điểm cuối kỳ giai đoạn trước p ;
- + I_0 – khối lượng tồn kho ban đầu (tấn) của kho dự trữ;
- + C_{bqp} – chi phí (đồng/tấn) nguyên liệu thô từ tầng b tại mỏ q trong giai đoạn p ;
- + C_{ap} – chi phí (đồng/tấn) của chất điều chỉnh a mua tại thị trường trong giai đoạn p .

3.2.3 Các biến

- + X_{bqp} – khối lượng (tấn) của nguyên liệu thô được khai thác tại tầng b tại mỏ q giai đoạn p ;
- + Y_{ap} – khối lượng (tấn) chất điều chỉnh a mua tại thị trường trong giai đoạn p ;
- + Z_p – khối lượng (tấn) nguyên liệu thô chuyển từ kho dự trữ s tới trạm phối trộn o trong giai đoạn p .

3.2.4 Hàm mục tiêu

$$\text{Minimise } \sum_{p=1}^P \left(\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B C_{bqp} B_{ijkt} X_{bqp} + \sum_{a=1}^A C_{ap} Z_p \right) \quad (8)$$

3.2.5 Các ràng buộc

$$M_{bqp}^{\min} \leq X_{bqp} \leq M_{bqp}^{\max}, \forall p, q \quad (9)$$

$$M_{ap}^{\min} \leq Y_{ap} \leq M_{ap}^{\max}, \forall p, a \quad (10)$$

$$E_{bqp}^{\min} \leq E_{bqp} \leq E_{bqp}^{\max}, \forall p, b, q \quad (11)$$

$$O^{\min} \leq Z_p \leq O^{\max}, \forall p \quad (12)$$

$$S^{\min} \leq I_p \leq S^{\max}, \forall p \quad (13)$$

$$Z_p \leq I_{p-1} - \sigma, \forall p = 2, \dots, T \quad (14)$$

$$Z_1 \leq I_0 + \sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} - \sigma, \quad (15)$$

$$I_p = I_0 + \sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} - Z_p, \forall p = 2, \dots, T, q, b \quad (16)$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{cbqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{cap} Z_{ap}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p, c \quad (17)$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(SiO_2) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(SiO_2) ap} Z_{ap}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (18)$$

$$\left[\begin{array}{l} \sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap} \\ + \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \end{array} \right] \leq g_{cp}^{\max}, \forall p$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(CaO) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(CaO) ap} Z_{ap}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (19)$$

$$\left[\begin{array}{l} 2,80 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(SiO_2) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(SiO_2) ap} Z_{ap} \right] \\ + 1,18 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \\ + 0,65 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \end{array} \right] \leq g_{cp}^{\max}, \forall p$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (20)$$

$$\frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap}}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\left[\begin{array}{l} 4,071 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(CaO) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(CaO) ap} Z_{ap} \right] \\ - 7,600 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(SiO_2) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(SiO_2) ap} Z_{ap} \right] \\ - 6,718 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \\ - 1,430 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \end{array} \right]}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (21)$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\left[\begin{array}{l} 2,650 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \\ - 1,692 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \end{array} \right]}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (22)$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{\left[\begin{array}{l} -3,071 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(CaO) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(CaO) ap} Z_{ap} \right] \\ + 8,600 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(SiO_2) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(SiO_2) ap} Z_{ap} \right] \\ + 5,068 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Al_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Al_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \\ - 1,079 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right] \end{array} \right]}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (23)$$

$$g_{cp}^{\min} \leq \frac{3,043 \left[\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B g_{(Fe_2O_3) bqp} X_{bqp} + \sum_a^A g_{(Fe_2O_3) ap} Z_{ap} \right]}{\sum_{q=1}^Q \sum_{b=1}^B X_{bqp} + \sum_a^A Z_{ap}} \leq g_{cp}^{\max}, \forall p \quad (24)$$

Mục tiêu của mô hình đề xuất được đưa ra theo (8) là giảm thiểu tổng chi phí quặng nguyên liệu thô từ hai nguồn chính. Ràng buộc (9) và (10) đảm bảo rằng khối lượng nguyên liệu thô sẵn có được di chuyển từ các tầng của mỏ đá và khối lượng chất điều chỉnh phải nằm trong giới hạn tối đa và tối thiểu cho phép. Ràng buộc (11) giữ khối lượng nguyên liệu thô từ mỗi tầng trong khả năng của thiết bị hoạt động trên tầng đó. Ràng buộc này cũng buộc mô hình phải loại bỏ vật liệu thải hoặc khai thác tầng sau khi đáp ứng các yêu cầu về kho dự trữ. Ràng buộc (12)-(16) đảm bảo luồng nguyên liệu từ kho dự trữ đến trạm phối trộn. Ràng buộc (12) đáp ứng công suất lớn nhất và nhỏ nhất của trạm phối trộn. Theo ràng buộc này, tổng khối lượng của nguyên liệu thô được đưa vào trạm phối trộn sẽ không được lớn hơn công suất tối đa của trạm phối trộn. Ngoài ra, lượng này không được nhỏ hơn lượng yêu cầu tối thiểu của trạm phối trộn. Ràng buộc (13) yêu cầu khối lượng tồn của kho dự trữ phải lớn hơn công suất của kho dự trữ nguyên liệu phối trộn và nhỏ hơn công suất của kho dự trữ. Ràng buộc (16) giới thiệu khối lượng hàng tồn cân đối của kho dự trữ trong ròng nguyên liệu. Ràng buộc (7)-(24) được áp dụng để kiểm soát chất lượng nguyên liệu thô. Ràng buộc (17) đảm bảo phần trăm hàm lượng yêu cầu tối thiểu của CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O... Phương trình (18)-(20) tương ứng với các ràng buộc của là hệ modul silic, hệ số bão hòa đá vôi và modul nhôm.

4 Áp dụng mô hình trong công tác lập kế hoạch tại mỏ đá vôi Lèn Áng cung cấp nguyên liệu cho nhà máy xi măng Vạn Ninh

4.1 Dữ liệu đầu vào

Mô hình đề xuất đã được áp dụng cho hoạt động khai thác đá vôi xi măng ở tỉnh Quảng Bình, Việt Nam. Nhà máy xi măng hoạt động dựa trên nguồn nguyên liệu khai thác từ mỏ đá vôi và mỏ sét. Mỏ đá vôi khai thác đồng thời năm tầng, khối lượng và chất lượng thành phần hóa trên từng tầng, chi phí khai thác đá vôi từ mỏ đá bao gồm

chi phí khoan, nổ mìn, xúc bốc và vận chuyển. Các chi phí này thay đổi theo các tầng khác nhau phụ thuộc chủ yếu vào khoảng cách vận tải giữa các vị trí bốc-dỡ trên một tầng và với trạm nghiền được thể hiện tại bảng 1. Mỏ sét bao gồm một tầng được khai thác bằng máy xúc thủy lực gầu

ngược, khối lượng, chất lượng thành phần hóa cũng như chi phí cho việc cung cấp đất sét từ mỏ này được thể hiện trong bảng 1. Chất phụ gia sử dụng sa thạch, tro bay và quặng được mua từ thị trường. Khối lượng, chất lượng và chi phí của các chất điều chỉnh được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đầu vào của mô hình toán tuyến tính lập kế hoạch khai thác cho mỏ đá vôi xi măng Lèn Áng

Giai đoạn	Vị trí khai thác		Khối lượng (tấn)		Thành phần hóa (%)								Chi phí (đ/tấn)
			Tối thiểu	Tối đa	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	LOI	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	
1	Mỏ đá	Tầng 1	1000	2500	48,20	3,25	1,78	1,12	44,05	0,98	0,34	0,21	21.735
		Tầng 2	3000	4500	45,50	5,50	1,00	1,25	44,23	1,86	0,21	0,34	24.426
		Tầng 3	3000	4000	50,50	2,46	1,70	0,20	44,15	2,54	0,21	0,32	27.048
		Tầng 4	1000	2500	51,05	2,60	0,82	1,05	43,08	2,79	0,35	0,15	28.842
		Tầng 5	1000	2500	43,50	9,56	1,45	1,05	41,91	1,50	0,45	0,25	29.187
	Mỏ sét	Tầng 1	1500	3000	9,89	51,50	11,34	5,15	17,67	2,50	0,56	0,29	74.934
	Phụ gia	Sa thạch	400	1100	0,72	75,00	9,97	5,06	7,63	1,09	0,15	0,44	17.388
		Tro bay	0	500	2,56	60,50	13,56	6,25	16,43	1,75	0,15	0,18	19.941
		Quặng sắt	0	150	1,98	28,09	12,69	36,24	17,83	1,43	0,78	0,22	374.187
2	Mỏ đá	Tầng 1	2000	3000	48,00	3,50	1,83	1,21	43,15	1,05	0,32	0,29	19.113
		Tầng 2	2500	3500	50,50	5,50	0,99	1,36	43,24	1,34	0,45	0,31	21.528
		Tầng 3	4000	5000	50,50	2,00	1,50	0,30	44,00	2,90	0,19	0,32	27.600
		Tầng 4	1500	2500	51,05	2,60	0,95	1,25	41,91	3,05	0,28	0,25	26.841
		Tầng 5	1000	2500	45,01	9,50	1,99	1,36	42,05	1,99	0,45	0,25	30.015
	Mỏ sét	Tầng 1	1500	3000	10,18	51,50	11,89	5,00	17,89	3,06	0,27	0,19	74.934
	Phụ gia	Sa thạch	400	1500	0,79	75,00	10,30	5,35	7,50	1,23	0,35	0,35	17.388
		Tro bay	0	500	2,63	59,50	13,25	6,15	16,25	1,44	0,24	0,24	19.941
		Quặng sắt	0	150	1,98	29,50	12,69	36,13	17,96	0,93	0,41	0,41	374.187
3	Mỏ đá	Tầng 1	1500	4000	47,50	2,85	1,84	1,02	44,05	0,99	0,27	0,27	22.839
		Tầng 2	3000	4000	51,00	5,50	1,25	1,45	44,24	1,80	0,25	0,25	23.736
		Tầng 3	4000	5000	50,50	2,10	1,50	0,30	44,56	2,50	0,24	0,24	26.151
		Tầng 4	2000	3000	52,00	2,64	0,85	1,24	41,32	2,99	0,30	0,30	28.842
		Tầng 5	1500	2000	45,38	9,50	1,99	1,05	41,07	2,99	0,30	0,25	29.187
	Mỏ sét	Tầng 1	1500	4000	10,18	50,50	11,89	5,15	18,00	2,36	0,27	0,19	74.934
	Phụ gia	Sa thạch	500	2000	0,80	75,00	10,40	5,48	7,32	1,23	0,35	0,35	17.388
		Tro bay	0	400	2,63	59,23	13,25	6,25	16,88	1,44	0,24	0,24	19.941
		Quặng sắt	0	200	2,00	29,50	12,75	36,12	18,23	0,93	0,41	0,41	374.187

4.2 Giải quyết mô hình

Mô hình tuyến tính được ứng dụng để tối ưu hóa kế hoạch sản xuất cho 3 giai đoạn của mỏ. Công suất nhà máy xi măng khoảng 1,25 triệu tấn/năm. Để giải quyết vấn đề này, tác giả sử dụng công cụ CPLEX phiên bản 12.10 được chạy trên chương trình Matlab. Phần mềm Matlab cũng được sử dụng để chuẩn bị các ma trận ràng

buộc, các biến và hàm mục tiêu. Matlab cũng được sử dụng để gọi bộ giải để chạy mã và giải mô hình mô hình tuyến tính. Phần code của thuật toán được chạy trên máy tính Dell Precision M4800 lõi tứ kép tốc độ 2,70 GHz với 32 GB RAM. Các yêu ràng buộc đối với vấn đề lập kế hoạch khai thác mỏ đá vôi xi măng được tóm tắt trong bảng 2.

Bảng 2. Các ràng buộc đối với vấn đề lập kế hoạch khai thác dài hạn mỏ đá vôi xi măng

Chỉ số	Giới hạn ràng buộc (%)	
	Giới hạn dưới	Giới hạn trên
CaO (%)	40,00	41,00
SiO ₂ (%)	14,00	15,00
Al ₂ O ₃ (%)	2,70	3,40
Fe ₂ O ₃ (%)	1,65	2,17
LOI	35,00	41,00
MgO	0,00	2,00
Na ₂ O	0,00	0,50
K ₂ O	0,00	0,50
Hệ số bão hòa vôi (LSF)	0,845	0,90
Mô đun silicat (SR)	2,60	2,90
Mô đun aluminat (AM)	1,50	2,00
C ₃ S (%)	30,00	35,00
C ₂ S (%)	15,00	20,00
C ₃ A (%)	5,00	8,00
C ₄ AF (%)	5,00	8,00

Giải pháp tối ưu có được đã giảm thiểu chi phí nguyên liệu thô cho ba giai đoạn sản xuất là 1.132.017.450 đ. Chi phí cung cấp nguyên liệu thô trong các giai đoạn 1, 2 và 3 lần lượt là 387.351.510 đ, 369.688.200 đ và 374.977.740 đ. Lịch kế hoạch khai thác tối ưu đảm bảo cung cấp 15.000 tấn hỗn hợp thô cho nhà máy xi măng trong từng thời kỳ, do đó chi phí cho mỗi tấn hỗn hợp thô trong các giai đoạn 1, 2 và 3 lần lượt ở mức 25.823,434 đ, 24.645,88 đ và 24.998,516 đ. Bên cạnh đó đáp ứng đồng thời các yêu cầu về

khối lượng và chất lượng của các thành phần hóa. Bảng 3 thể hiện lịch kế hoạch khai thác tối ưu đã đáp ứng được các ràng buộc về khối lượng và chất lượng của các thành phần hóa.

Mô hình toán đã tạo ra giải pháp khai thác khả thi và thỏa mãn các ràng buộc về yêu cầu chất lượng của các thành phần hóa cũng như các chỉ số trong sản xuất xi măng trên cơ sở chất lượng các thành phần hóa của đá vôi, đất sét và chất phụ gia với giá thành nhỏ nhất.

Phương pháp xây dựng hàm mục tiêu về chi phí giá thành khai thác và nguyên liệu khoáng cần thiết trong trung hòa tại từng tầng khai thác trên mỏ đá từ đó lập kế hoạch khai thác trong ngắn hạn cho mỏ đảm bảo ổn định chất lượng các nguyên liệu khoáng cung cấp cho nhà máy xi măng. Các kết quả này có thể được vận dụng và áp dụng cho các mỏ đá có điều kiện chất lượng đá vôi phân bố phức tạp và không đồng đều. Quá trình lập kế hoạch khai thác trong ngắn hạn giúp ta lựa chọn hệ thống khai thác hợp lý nhằm tăng số lượng gương xúc và trung hòa trong quá trình khai thác mỏ đá vôi. Vì vậy, trong khai thác mỏ đá xi măng hàm mục tiêu là trung hòa chất lượng đá nguyên liệu đủ hàm lượng các nguyên liệu khoáng và sản lượng theo yêu cầu.

Bảng 3. Kết quả tối ưu hóa kế hoạch khai thác mỏ đá vôi xi măng

Vị trí		Khối lượng (tấn)			Hàm lượng (%)			
		Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3	Chỉ số	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3
Mỏ đá	Tầng 1	1500	3354	1500	CaO	40,25	40,17	40,20
	Tầng 2	4632	3330	4244	SiO ₂	14,41	14,66	14,84
	Tầng 3	3000	1500	3000	Al ₂ O ₃	3,26	3,40	3,34
	Tầng 4	1500	2416	1805	Fe ₂ O ₃	1,71	1,77	1,78
	Tầng 5	1500	1500	1500	LOI	38,34	37,57	37,84
Mỏ sét	Tầng 1	386	377	232	MgO	2,00	1,72	2,00
Sản lượng mỏ		12132	12100	12049	Na ₂ O	0,32	0,31	0,27
Phụ gia	Sa thạch	2082	2123	2319	K ₂ O	0,27	0,29	0,26
	Tro bay	400	400	400	Mô đun silicat	2,90	2,83	2,90
	Quặng sắt	0	0	0	Hệ số bão hòa vôi	0,89	0,89	0,88
Tổng khối lượng nguyên liệu thô		15000	15000	15000	Mô đun aluminat	1,91	1,92	1,87
					C ₃ S	30,00	30,77	30,00
					C ₃ A	15,00	15,00	16,07
					C ₂ S	5,76	6,01	5,82
					C ₄ AF	5,19	5,40	5,42

5 Kết luận

Đá vôi là nguyên liệu chính để sản xuất xi măng do thành phần khoáng hóa của đá vôi thỏa mãn về chất lượng và số lượng các oxit như Cao, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Sự tồn tại của một nhà máy xi măng phụ thuộc rất nhiều vào sự trung hòa chính xác của các nguồn nguyên liệu thô để tạo ra sản phẩm cuối cùng có chất lượng chấp nhận được.

Tối ưu hóa kế hoạch khai thác mỏ đá vôi xi măng là một thách thức đối với ngành khai thác mỏ. Trái ngược với cách tiếp cận “Thử và sai” thủ công, nghiên cứu này đã cố gắng đóng góp một giải pháp tối ưu cho vấn đề tối ưu hóa phức

tạp và quy mô lớn.

Nghiên cứu này đã phát triển một mô hình toán tuyến tính hỗ trợ cho các kỹ sư mỏ dễ dàng hơn trong việc lập kế hoạch khai thác các mỏ đá vôi nguyên liệu xi măng. Phương pháp được trình bày trong nghiên cứu này đã chứng minh khắc phục những nhược điểm liên quan đến phương pháp “Thử và sai”. Mô hình toán được phát triển giúp kỹ sư khai thác mỏ giải quyết một số vấn đề như: Tạo ra sự phối hợp nhịp nhàng giữa nhà máy xi măng và mỏ đá vôi nguyên liệu; kiểm soát tốt hơn chất lượng của đá vôi nguyên liệu cũng như số lượng phụ gia cần mua; giảm thiểu chi phí nguyên liệu thô để sản xuất xi măng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2016-cemen.pdf>.
2. Vietnam Cement Production Plant. *Vietnam National Cement Coporation, Vietnam, 2000*.
3. **Austin George T.** Shreve's Chemical Process Industries, *5th Edition, McGraw Hill Book Company New York, 1984*.
4. **Labahn Kohlhaas.** Cement Engineer's Handbook. *Bauverlag GmbH, Wiesbaden and Berlin, 1983, PP.117-118*.
5. **Mark E. Gershon.** Mathematical Programming Applied to Cement Plant and Quarry Operations. *Applied mathematics and computation 16, 1985, PP. 165-176*.
6. **Baumgartner W.** Latest Innovations in Quarry Design and Management. *International Cement Review, 1989*.
7. **Baumgartner W., Honerkamp M.** Quarry Engineering Design, A Further Step in Computerized Raw Materials Management. *International Cement Review, 1992*.
8. **Asad M.W.A.** Development of Optimum Blend/Minimum Cost Scheduling Algorithm for Cement Quarry Operations. *Ph.D. Dissertation, Colorado School of Mines, USA, 2001*.
9. **Ramazan S., Dagdelen K., Johnson T.B.** Fundamental Tree Algorithm in Optimizing production Scheduling for Open Pit Mine Design. *Mining Technology: IMMTransactions Section A, 114(1), 2005, PP. 45-54*.
10. **Abrishamifar S. Amir.** ORE Extraction and Blending Optimization Model in Poly-Metallic Open PIT Mines By Chance Constrained One-Sided Goal Programming. *J. Ind. Eng. Int 7.15, 2011, PP. 60-67*.
11. **Eivazy H., Askari-Nasab H.** A Mixed Integer Linear Programming Model for Short-Term Open Pit Mine Production Scheduling. *Mining Technology. Vol 121, 2012, PP. 97-108*.
12. **Gholamnejad J., Kasmaee S.** Optimum Blending of Iron Ore From Choghart Stockpiles by Using Goal Programming. *Journal of Central South University 19.4.2012, PP. 1081-1085*.
13. **Eivazy H., Amin Mousavi, et al.** Comparative Analysis of Three Metaheuristics for Short-Term Open Pit Block Sequencing. *Journal of Heuristics, Vol 2, 2016, PP. 1-32*.

14. **Dagdelen K., Asad M.W.A.** Optimum Cement Quarry Scheduling Algorithm. *Proceedings of the 30th Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry*, 2002.
15. **Srinivasan S., Whittle W.** Combined Pit and Blend Optimization. *Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Annual Meeting, Phoenix, Arizona, 1996.*
16. **Gershon Mark E.** Mathematical Programming Applied to Cement-Plant and Quarry Operations. *Applied Mathematics and Computation* 16.2.1985, PP. 165-176.
17. **Asad M.W.A.** Implementing A Blending Optimization Model for Short-Range Production Planning of Cement Quarry Operation. *Journal of Mining Science* 46.5.2010, PP. 525-535.
18. **Asad Mohammad Waqar Ali.** Multi-Period Quarry Production Planning through Sequencing Techniques and Sequencing Algorithm. *Journal of Mining Science* 44.2.2008. PP. 206-217.
19. **Rehman Safi Ur, Mohammad Waqar Ali Asad.** A Mixed-Integer Linear Programming (Milp) Model for Short-Range Production Scheduling of Cement Quarry Operations. *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 27.03.2010, PP. 315-333.
20. **Rehman S., Asad M.W.A., Khattak I.** A Managerial Solution to Operational Control of the Raw Materials Blending Problem in Cement Manufacturing Operations. *Proceedings CICM-1, Lahore, Pakistan, 2008.*

XÂY DỰNG VĂN HÓA SỐ - CHÌA KHÓA CHUYỂN ĐỔI SỐ THÀNH CÔNG CHO DOANH NGHIỆP KHAI THÁC MỎ

TS. Giang Quốc Khánh, ThS. Bùi Công Viên, KS. Bùi Duy Khuông

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

TS. Hoàng Thị Bến – Trường Đại học Ngoại Thương

Tóm tắt: Văn hóa doanh nghiệp được xem như giá trị cốt lõi, là linh hồn của thương hiệu, là yếu tố khác biệt và nền tảng của sự phát triển bền vững của mỗi doanh nghiệp. Văn hóa số là văn hóa doanh nghiệp, được hình thành và phát triển trong quá trình chuyển đổi số của doanh nghiệp. Xây dựng văn hóa số được coi là chìa khóa của chuyển đổi số thành công, nó giúp doanh nghiệp tạo ra và hoàn thiện nguồn nhân lực số với sự đồng lòng, quyết tâm cao, tư duy đột phá sáng tạo, tạo ra các sáng kiến số, để sẵn sàng tiếp thu các phản hồi, đón nhận các thách thức, để biến chúng thành cơ hội mới, từ đó đưa doanh nghiệp có bước tiến vững chắc lên vị thế cao hơn trên thị trường. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày các kết quả nghiên cứu về: Xây dựng khái niệm chuyển đổi số doanh nghiệp khai thác mỏ và những lợi ích mang lại cho doanh nghiệp; phân tích vai trò quyết định của xây dựng văn hóa số đến thành công của chuyển đổi số; đặc biệt, những giải pháp đồng bộ và lộ trình các bước cụ thể được đề xuất, để giúp các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam nhận thức rõ tầm quan trọng, hoàn thiện quy trình xây dựng văn hóa số, tạo nền tảng vững chắc cho chuyển đổi số thành công.

Từ khóa: Cách mạng công nghiệp 4.0, chuyển đổi số, doanh nghiệp khai thác mỏ, văn hóa số.

1 Chuyển đổi số mang lại lợi ích gì cho các doanh nghiệp khai thác mỏ?

Chuyển đổi số bắt nguồn từ sự kết hợp giao thoa của các nền tảng công nghệ hiện đại trong thời đại của “Cuộc cách mạng công nghiệp 4.0” như: Điện toán đám mây (Cloud Computing); dữ liệu lớn (Big Data); Internet kết nối vạn vật (Internet of Things – IoT); trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence – AI); tự động hóa và người máy (Automation and Robotics) [7].

Chuyển đổi số trong các doanh nghiệp khai thác mỏ là việc tích hợp, ứng dụng các nền tảng công nghệ kỹ thuật số tiên tiến vào tất cả các lĩnh vực (quản lý, lập kế hoạch, thăm dò, khai thác, vận tải, chế biến và làm giàu khoáng sản, hợp tác, kêu gọi đầu tư, bán hàng, chăm sóc khách hàng,...) và các công đoạn của dây chuyền sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp, nhằm tối ưu hóa hoạt động, kiểm soát hiệu quả của từng quy trình, giảm chi phí - tăng lợi nhuận, phân phối chuỗi giá trị, tăng khả năng cạnh tranh, mức độ an toàn trong lao động, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển khai thác bền vững nguồn tài

nguyên khoáng sản có ích [7].

Tốc độ chuyển đổi số của các doanh nghiệp ngành khai thác mỏ nói chung, được đánh giá là chậm hơn so với những ngành công nghiệp khác. Nguyên nhân chính có thể được kể ra như: Do quy mô lớn và mức độ phức tạp của các quy trình sản xuất; chi phí lớn cho việc hiện đại hóa công nghệ khi chuyển đổi số; văn hóa doanh nghiệp kiểu truyền thống ăn sâu qua nhiều năm tạo ra sức ì lớn; phần lớn lực lượng lao động còn thiếu các kỹ năng số,...

Qua nghiên cứu kết quả của việc chuyển đổi số trong các doanh nghiệp khai thác mỏ lớn của Nga, Australia, Đức, Nam Phi,... có thể thấy những lợi ích chính của chuyển đổi số mang lại cho các doanh nghiệp thuộc ngành này như:

1) Nâng cao hiệu quả hoạt động dự báo, lập lịch trình và điều phối khai thác

Dựa vào công nghệ kỹ thuật số thông minh, để tổng hợp phân tích, xác định xu hướng, điều chỉnh dự báo và lập lịch trình sản xuất kinh doanh, giúp giảm thời gian và nâng cao độ chính xác của các hoạt động này. Ngoài ra, nhờ các bộ

cảm biến và bộ phát tín hiệu về tình trạng kỹ thuật máy móc, thiết bị, nhà xưởng (tài sản cố định), chất lượng sản phẩm, số lượng hàng xuất bán, tồn kho,... liên tục chuyển dữ liệu đến trung tâm xử lý dữ liệu theo thời gian thực, sẽ giúp cho nhà quản lý doanh nghiệp cải thiện khả năng dự đoán chính xác các hư hỏng của thiết bị, chủ động trong việc lập kế hoạch cho các công việc sửa chữa bảo dưỡng hoặc đầu tư thay mới, cũng như hoạch định các chiến lược kinh doanh mới cho doanh nghiệp.

2) Giảm chi phí

Chi phí khai thác đã tăng lên rất nhiều trong năm gần đây do việc tăng giá cả của nguyên-nhiên vật liệu, tiền công lao động, nhiều loại thuế phí mới, điều kiện khai thác xuống sâu khó khăn, hệ số bóc đất đá lớn, cung đường vận tải tăng,... Công nghệ mới sẽ giúp giảm chi phí bằng cách tối ưu hóa các quy trình hoạt động và giảm lãng phí trong từng khâu của quá trình sản xuất kinh doanh. Kết quả nghiên cứu của McKinsey dự đoán rằng đến năm 2025, việc chuyển đổi số trong các doanh nghiệp ngành khai thác toàn cầu sẽ giúp giảm chi phí thêm 17% [1].

3) Cải thiện hiệu quả công tác tìm kiếm, thăm dò

Công nghệ kỹ thuật số tiên tiến giúp cho việc tìm kiếm các vỉa than, quặng mới đạt hiệu quả cao hơn (độ chính xác của việc tìm kiếm cao hơn, chi phí thấp hơn và thời gian ngắn hơn) so với phương pháp khoan thăm dò địa chất truyền thống. Ứng dụng công nghệ chụp cắt lớp điện cải thiện khả năng tìm kiếm, thăm dò các mỏ khoáng sản thay vì phụ thuộc vào việc “khoan mù” để lấy mẫu lõi. Điều này có thể mang lại lợi ích to lớn về lợi nhuận, vì theo ước tính riêng chi phí cho công tác khoan chiếm khoảng 55% tổng chi phí thăm dò [2].

4) Giảm tác động tiêu cực từ sự biến động của thị trường

Công nghệ “cặp song sinh kỹ thuật số” (Digital Twins) có thể giúp hỗ trợ việc chạy mô phỏng các kịch bản hoàn toàn tương tự như trong

môi trường sản xuất kinh doanh thực, để các nhà điều hành doanh nghiệp khai thác mỏ có thể tránh hoặc chuẩn bị trước những giải pháp hữu hiệu để vượt qua những bất ổn lớn trong kinh doanh, nâng cao sự chống chịu và sức cạnh tranh của doanh nghiệp.

5) Giảm mức độ rủi ro đối với sức khỏe người lao động

Đặc trưng của ngành khai thác mỏ truyền thống là nguy hiểm, vất vả và độc hại. Lao động trong ngành có nguy cơ cao mắc các bệnh nghề nghiệp, thương tật, thậm chí là tử vong do tai nạn. Chuyển đổi số sẽ giúp cho doanh nghiệp khai thác mỏ giảm được số lượng lao động trực tiếp trong những khu vực khai thác nguy hiểm, nâng cao được mức độ an toàn, bằng cách triển khai các máy móc và dây chuyền tự động hóa điều khiển từ xa với hệ thống các cảm biến và thiết bị giám sát, cảnh báo sớm hiện đại (hình 1) [8].



Hình 1: Các công nhân vận hành máy khai thác trong trung tâm điều khiển trên mặt đất

6) Nâng cao năng suất lao động, chuỗi giá trị

Máy móc khai thác tự động sẽ giúp nâng cao năng suất lao động, do khả năng làm việc liên tục, hiệu suất làm việc không phụ thuộc vào thời điểm trong ca hoặc thời gian làm việc ngày đêm như khi con người trực tiếp làm công việc khai thác. Máy móc hiện đại góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm, do đó giá trị sản phẩm được nâng lên qua mỗi công đoạn, làm tăng chuỗi giá trị của doanh nghiệp.

7) Giảm tác động tiêu cực đến môi trường, góp phần thúc đẩy khai thác bền vững

Chuyển đổi số thành công trong các doanh nghiệp khai thác mỏ sẽ mang lại những tiến bộ trong việc lập kế hoạch khai thác, việc lập và triển khai kế hoạch quản lý chất thải mỏ, góp phần giúp doanh nghiệp có thể đạt được các mục tiêu như: Không gây tác động xấu tới nguồn nước, đất, không khí, hệ sinh thái động-thực vật; không gây ra tiếng ồn, mùi khó chịu; không làm ảnh hưởng tới cảnh quan hình thái khu vực; và đặc biệt không gây hại tới sức khỏe người lao động và cộng đồng dân cư xung quanh;... góp phần bảo vệ môi trường và thúc đẩy khai thác bền vững.

8) Tạo ra môi trường làm việc tốt, góp phần thu hút nguồn nhân lực số chất lượng cao

Như đã phân tích, chuyển đổi số thành công sẽ giúp cho doanh nghiệp tăng năng suất lao động, giảm chi phí, tăng lợi nhuận, tạo ra môi trường lao động hiệu quả, an toàn và tiện nghi,... Chính việc này sẽ đảm bảo nâng cao thu nhập, thu hút và giữ chân được những người lao động có trình độ tay nghề cao tiếp tục công tác, công hiến phát triển doanh nghiệp.

9) Liên lạc được cải thiện



Hình 2: Trung tâm thu thập, xử lý dữ liệu và quản lý hoạt động sản xuất của doanh nghiệp khai thác mỏ thực hiện chuyển đổi số

Công nghệ có thể mang lại nhiều lợi ích cho

các công ty khai thác mỏ, những người cần duy trì đường dây liên lạc liên tục với công nhân, người giám sát mỏ và những công nhân trực tiếp vận hành máy móc trong dây chuyền khai thác. Điều này đã giúp cho cấp lãnh đạo doanh nghiệp nhanh chóng, dễ dàng giao nhiệm vụ cho cấp dưới, liên tục giám sát quá trình thực hiện và kết quả đạt được. Chiều ngược lại, những điểm tồn tại trong các khâu, quá trình sản xuất kinh doanh ngay lập tức cấp dưới có thể báo cáo cho cấp quản lý cao hơn để kịp thời chỉ đạo khắc phục, cải tiến (hình 2).

Như vậy, việc chuyển đổi số trong giai đoạn Cách mạng công nghiệp 4.0, được xác định là xu hướng tất yếu của thời đại và sẽ mang lại nhiều lợi ích to lớn cho các doanh nghiệp kinh doanh nói chung, cũng như cho các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam nói riêng. Chuyển đổi số trong một doanh nghiệp sẽ liên quan đến nhiều thay đổi sâu rộng, bao gồm các giá trị truyền thống, cấu trúc tổ chức, quy trình quản lý, các nguồn lực và văn hóa,... của tổ chức đó.

2 Xây dựng văn hóa số quyết định thành công chuyển đổi số doanh nghiệp khai thác mỏ

Văn hóa số của doanh nghiệp là một hệ thống các giá trị, thái độ, niềm tin, chuẩn mực và quy tắc hành vi được mọi người trong doanh nghiệp cùng chấp nhận, hỗ trợ và được lan tỏa trong phạm vi doanh nghiệp bắt đầu bởi nhóm chuyển đổi kỹ thuật số. Nó giống như đời sống tinh thần và tính cách của một con người, chi phối đến tình cảm, cách suy nghĩ và hành vi của mỗi người lao động trong việc theo đuổi và thực hiện các mục đích, đồng thời là phần quyết định đến sự thành bại về lâu dài của doanh nghiệp. Những thành phần chính cấu thành của văn hóa doanh nghiệp gồm: Tầm nhìn; sứ mệnh; giá trị cốt lõi; và triết lý kinh doanh. Biểu hiện của văn hóa doanh nghiệp thể hiện qua các yếu tố thuộc hai 2 nhóm chính là: Nhóm yếu tố hữu hình (đồng phục, khẩu hiệu, nghi thức, nội quy, quy định, slogan, tập san nội bộ, các hoạt động văn hóa

cộng đồng,...); và nhóm yếu tố vô hình (khả năng lãnh đạo, tinh cảm, thái độ, tác phong-phong cách, thói quen, nếp nghĩ,... của những con người trong doanh nghiệp).

Văn hóa doanh nghiệp là kết quả của cách thức hoạt động và vận hành của một doanh nghiệp. Văn hóa số là văn hóa doanh nghiệp, được hình thành trên lộ trình chuyển đổi số của doanh nghiệp, khi doanh nghiệp ứng dụng các công nghệ vào trong quá trình hoạt động sản xuất kinh doanh. Công nghệ làm tác động và thay đổi cách thức liên kết trong và giữa các bộ phận, niềm tin và thái độ của mỗi nhân sự đối với tổ chức chung. Họ tư duy, hành động và hợp tác trong môi trường công nghệ mới và từ đó tạo nên các giá trị văn hóa doanh nghiệp mới. Với văn hóa số, doanh nghiệp sẽ tạo ra nguồn nhân lực với những giá trị quan trọng nổi bật như: Tư duy đột phá tạo ra nhiều ý tưởng mới; có khả năng tự thích ứng với thay đổi của tổ chức; sẵn sàng tiếp thu các phản hồi để biến khó khăn thành cơ hội mới; chia sẻ hợp tác với nội bộ và khách hàng,... giúp doanh nghiệp luôn tạo lợi thế cạnh tranh trên thị trường trong dài hạn. Văn hóa số bao gồm tập hợp của bảy thuộc tính chính (hình 3) [3].



Hình 3: Những thuộc tính cơ bản của văn hóa số

- *Sự đổi mới*: Tăng cường ủng hộ các cá nhân, phòng ban, tổ chức trong doanh nghiệp thực hiện các hoạt động sáng tạo, chấp nhận rủi ro có thể gặp phải, suy nghĩ phá cách để khám

phá những ý tưởng mới;

- *Ra quyết định theo hướng dữ liệu*: Sử dụng dữ liệu trong thời gian thực, dữ liệu tích hợp từ nhiều nguồn khác trong Big Data và phân tích định lượng các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật, để đưa ra quyết định kinh doanh, thay thế cách thức ra quyết định kiểu cảm tính;

- *Sự hợp tác*: Việc tạo ra các nhóm chức năng chéo, liên bộ phận để tối ưu hóa các quy trình quản lý của doanh nghiệp; làm việc trong môi trường mở, tất cả các phòng ban đều liên quan tới nhau, có thể hỗ trợ, giúp đỡ nhau trong công việc;

- *Văn hóa mở*: Mức độ hợp tác với các mạng bên ngoài như nhà cung cấp bên thứ ba, công ty khởi nghiệp hoặc khách hàng;

- *Tư duy đầu tiên – kỹ thuật số*: Tư duy trong đó các giải pháp kỹ thuật số là con đường mặc định về phía trước;

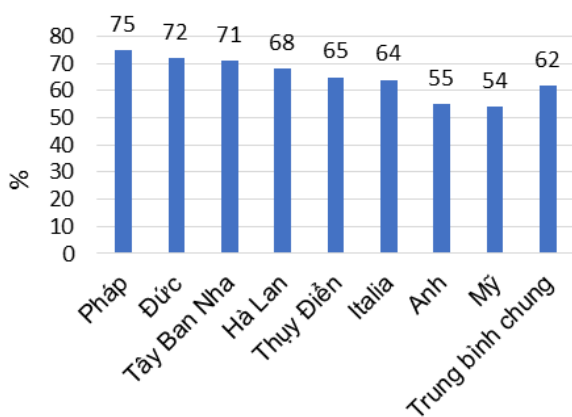
- *Nhanh nhẹn và linh hoạt*: Tốc độ, tính năng động của việc ra quyết định và khả năng của doanh nghiệp để thích ứng với các nhu cầu và công nghệ đang thay đổi nhanh chóng;

- *Lấy khách hàng làm trung tâm*: Lấy khách hàng làm trung tâm là công cụ quan trọng nhất để giành chiến thắng trong thời đại kỹ thuật số [5]. Việc sử dụng các giải pháp kỹ thuật số để mở rộng cơ sở dữ liệu khách hàng, chuyển đổi trải nghiệm khách hàng và đồng thời tạo ra các sản phẩm mới phù hợp với nhu cầu, xu hướng của khách hàng.

Theo chuyên gia chiến lược về công nghệ, nhà phân tích ngành kỹ cựu Dion Hinchcliffe, chuyển đổi số là quá trình mà doanh nghiệp tự thay đổi, tự làm mới toàn diện là “quá trình biến sâu thành bướm”. Đây là một nhiệm vụ khổng lồ, mà doanh nghiệp thay đổi mọi thứ từ cơ sở vật chất như mua công nghệ mới, xây dựng cơ sở hạ tầng hay thiết lập quy trình quản lý, sản xuất kinh doanh mới,... Theo Giáo sư Phan Văn Trường (Hệ sinh thái Cây Nền) “Văn hóa doanh nghiệp có tác động mạnh như cơn say tín ngưỡng. Nó ảnh hưởng tới mọi hành động hàng ngày, dẫn dắt

gần như máy móc mọi phản ứng, làm cho người không tuân thủ có cảm giác tội lỗi” [5]. Vì vậy, để mọi cá nhân cùng chung niềm tin, đồng lòng và gắn kết trong quá trình chuyển đổi số, doanh nghiệp phải chú trọng việc xây dựng văn hóa số cho tổ chức của mình.

Việc đầu tư nâng cấp trang thiết bị công nghệ tiên tiến, hiện đại có thể diễn ra nhanh chóng, thuận lợi chỉ cần doanh nghiệp có đủ nguồn lực tài chính. Tuy nhiên, sẽ là không đủ nếu chỉ có nguồn lực tài chính nhằm xây dựng một hệ thống các giá trị, thái độ, chuẩn mực và quy tắc hành vi mới cho người lao động trong doanh nghiệp (văn hóa số). Việc xây dựng văn hóa số được xác định là khó khăn lớn nhất trong quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp nói chung, cũng như của các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam nói riêng. Trong một cuộc khảo sát với 1700 các lãnh đạo cao cấp, nhà quản lý và nhân viên tại hơn 340 doanh nghiệp của 8 quốc gia có nền công nghệ phát triển hàng đầu năm 2017 [3], trung bình có tới 62% những người được khảo sát nhận định rằng văn hóa là rào cản số một trong chuyển đổi số (hình 4 [3]).



Hình 4: Kết quả khảo sát nhận định văn hóa là rào cản số một trong chuyển đổi số

Trong quá trình nghiên cứu, chúng tôi nhận thấy một số nguyên nhân chính khiến cho văn hóa số được coi là rào cản số một trong quá trình chuyển đổi số của các doanh nghiệp:

- Ban lãnh đạo doanh nghiệp lơ là, đánh giá

thấp hoặc hiểu sai tầm quan trọng của văn hóa số, trong việc lập kế hoạch chuyển đổi số;

- Văn hóa và cách làm việc kiểu truyền thống đã ăn sâu vào tiềm thức người lao động, tạo thành nếp nghĩ, thói quen, cách làm đến mức rất khó tạo ra sự thay đổi. Theo giáo sư Deborah Ancona (Trường Quản lý MIT Sloan): “Nhân viên thường sẽ phản đối vì họ vẫn coi những hành vi cũ là then chốt đối với sự thành công của họ và là trọng tâm của con người họ, trong khi coi những quy tắc mới là rủi ro” [3];

- Thiếu tầm nhìn rõ ràng và quyết tâm từ lãnh đạo doanh nghiệp: Nhận thức, tư duy và sự quyết tâm của người đứng đầu là một trong yếu tố cốt lõi trong quá trình chuyển đổi số. Hầu hết những người lãnh đạo ở doanh nghiệp không quá hiểu rõ về các nền tảng công nghệ kỹ thuật số mới, đặc biệt sẽ càng khó khăn hơn ở những lãnh đạo lớn tuổi, tư duy không thực sự cởi mở để đón nhận những điều mới, nên họ không muốn hoặc không dám mạo hiểm loại bỏ hoàn toàn cách làm cũ, thoát ra khỏi vùng an toàn để đón nhận một cách thức làm việc hoàn toàn mới. Chính điều này, có thể tạo ra sự mất kết nối, cản trở sự phát triển của văn hóa kỹ thuật số trong doanh nghiệp;

- Hầu hết các sáng kiến nhằm thay đổi hành vi có tỷ lệ thành công rất thấp, có thể vì những lý do như: Nhân viên không được trao quyền để tiếp nhận những thách thức mới, họ không được cung cấp tài chính, tạo điều kiện về thời gian, cũng như cơ sở vật chất để học hỏi chuyên môn hay kỹ năng mới, họ không được khuyến khích để phá vỡ nền tảng hiện tại để xây dựng mô hình mới, họ lo lắng về việc lãnh đạo không chấp nhận, thậm chí đưa ra hình phạt đối với những thất bại khi thực hiện sáng kiến đổi mới,...

Ngành công nghiệp khai thác than của Việt Nam có lịch sử hình thành và phát triển lâu đời (đến nay đã hơn 183 năm kể từ ngày 10/01/1840, với sự kiện Vua Minh Mạng cho phép mở mỏ khai thác than tại núi Yên Lãng, xã Đông Triều, nay thuộc phường Yên Thọ, thị xã Đông Triều,

tỉnh Quảng Ninh), với mô hình doanh nghiệp, phương thức quản lý, sản xuất kinh doanh kiểu truyền thống đã ăn sâu vào tiềm thức của nhiều lớp cán bộ, công nhân viên của Ngành. Mặt khác, lực lượng lao động chính trong các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam, phần lớn xuất thân từ những vùng nông thôn thuộc các tỉnh lân cận của Quảng Ninh, nên còn mang nặng ảnh hưởng của văn hóa nông nghiệp, văn hóa công nghiệp chưa được hình thành rõ nét, số lao động đã được đào tạo từ trình độ đại học và trên đại học còn thấp, việc cập nhật các kỹ năng số chậm và yếu, nên việc xây dựng nền văn hóa số sẽ càng khó khăn, mất nhiều thời gian, chi phí và công sức. Vì vậy, để đảm bảo cho chuyển đổi số trong các doanh nghiệp khai thác của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) diễn ra thành công theo đúng kế hoạch thì việc nghiên cứu xây dựng các giải pháp chiến lược toàn diện và lộ trình các bước cụ thể để xây dựng văn hóa số trong các doanh nghiệp của TKV là nhiệm vụ vô cùng cấp thiết.

3 Đề xuất giải pháp và lộ trình các bước xây dựng văn hóa số áp dụng cho các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam

Tạo ra một nền văn hóa kỹ thuật số là một nhiệm vụ không lồ. Đó là một nỗ lực kéo dài nhiều năm đòi hỏi sự kiên nhẫn, bền bỉ và cảnh giác thường xuyên. Như Giám đốc Nhân sự của một công ty công nghiệp hàng đầu thế giới đã nói: “Tôi nghĩ với quy mô, độ phức tạp và môi trường làm việc của chúng tôi, chúng tôi sẽ thấy rằng nó sẽ kéo dài hơn 5 năm”. Peter Vrijssen, Giám đốc Nhân sự của DSM, một công ty y tế, dinh dưỡng và vật liệu đa quốc gia của Hà Lan, đồng ý rằng “Điều đó phụ thuộc vào nhu cầu của tổ chức, nhưng từ 4 đến 5 năm nếu bạn thực sự muốn hoàn thành công việc” [6].

3.1 Nghiên cứu đề xuất các giải pháp đồng bộ cho việc xây dựng văn hóa số

Để tạo ra một nền văn hóa mới, các doanh nghiệp cần phải kết hợp giữa các phương pháp

tiếp cận linh hoạt hai chiều, từ cấp lãnh đạo cao nhất đến các cấp nhân viên bên dưới trong doanh nghiệp và theo chiều ngược lại, nhằm thu hút, trao quyền và truyền cảm hứng cho mỗi nhân viên tự thay đổi và cùng cộng tác, quyết tâm xây dựng nền một văn hóa mới cho doanh nghiệp. Bên cạnh đó, để thành công thì không thể thiếu các giải pháp toàn diện và một lộ trình các bước thực hiện hợp lý. Thông qua quá trình nghiên cứu kinh nghiệm từ một số doanh nghiệp nước ngoài và tính đặc thù truyền thống riêng của các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam, nhóm tác giả đề xuất nhóm các giải pháp toàn diện để xây dựng một nền văn hóa số như sau:

1) Triển khai các tác nhân thay đổi và trao quyền cho nhân viên để thúc đẩy văn hóa kỹ thuật số

Các doanh nghiệp khai thác mỏ cần xác định và khuyến khích những nhân viên có thể là tác nhân thay đổi hoặc “đại sứ kỹ thuật số”, chứng minh cho những người khác thấy rằng các hành vi mới không phải là rủi ro. Nestlé là công ty sử dụng đáng kể các tác nhân thay đổi kỹ thuật số. Công ty đã thành lập “Nhóm tăng tốc kỹ thuật số” tại trụ sở chính ở Vevey (Thụy Sĩ) để chiêu mộ những tài năng hàng đầu từ các quốc gia khác nhau đến với Nestlé. Mục tiêu là phát triển chuyên môn kỹ thuật số của họ trong thời gian tám tháng và sau đó đưa họ trở lại các thị trường địa phương của Công ty. Mô hình này đã lan truyền mạnh mẽ và hiện đã có khoảng 26 trung tâm trong số này đã được thiết lập tại các thị trường địa phương.

2) Thiết kế các chỉ số đánh giá hoạt động quan trọng (KPI) tập trung vào hành vi thay vì chỉ đánh giá thành công hay thất bại

Theo Giáo sư Deborah Ancona từ Trường MIT's Sloan [3]: “Các tổ chức cần phải tránh xa cách đánh giá truyền thống về một cá nhân hoặc một thử nghiệm. Một thử nghiệm không nên được đánh giá dựa trên sự thành công hay thất bại của nó mà dựa trên những gì nó đã dạy cho tổ chức. Nhân viên nên được đánh giá không chỉ

dựa trên sự thành công hay thất bại của họ, mà phải dựa trên mục tiêu việc họ áp dụng các hành vi mới đối với tổ chức”.

Phương pháp đánh giá hoạt động của nhân viên bằng chỉ số đánh giá hiệu quả công việc KPI (Key Performance Indicator) kiểu truyền thống có thể khiến họ thất bại và tạo ra sức ì lớn, do họ lo sợ sẽ làm sai hay kết quả đạt được không tốt, việc này sẽ kìm hãm nhân viên tạo ra và thực thi các hành vi kỹ thuật số mới, tạo trở lực lớn đối với việc chuyển đổi văn hóa doanh nghiệp. Như một cách nói nôm na khác, mà nhiều nhân viên trong các tổ chức ở Việt Nam thường dùng là “làm nhiều thì sai nhiều, làm ít thì sai ít và không làm thì không sai”, đã thể hiện rõ tâm lý sợ sai, sợ thất bại, sợ bị kỷ luật khi thực hiện đổi mới. Do đó, các doanh nghiệp khai thác mỏ cần phải nhanh chóng thay đổi nhận thức, phương pháp đánh giá nhân viên, trong đó cần hướng đến việc khen thưởng các hành vi kỹ thuật số tích cực, tạo động lực cho họ bước ra khỏi “vùng an toàn”, để chủ động đón nhận hay phát huy hết khả năng sáng tạo ra và thực hiện những hành vi kỹ thuật số mới cho doanh nghiệp.

3) *Làm cho thay đổi văn hóa kỹ thuật số trở nên hữu hình*

Nếu việc chuyển đổi văn hóa số chỉ dựa trên những tuyên bố về tầm nhìn và sứ mệnh chung chung của doanh nghiệp thì sẽ ít có ý nghĩa đối với nhân viên và họ sẽ có xu hướng tự tách mình ra khỏi quá trình chuyển đổi này. Lãnh đạo và quản lý cần phải chuyển tầm nhìn kỹ thuật số chung chung thành các kết quả kinh doanh hấp dẫn và hữu hình, để nhân viên có thể dễ dàng thấy được lợi ích họ sẽ nhận được, hiểu được lý do của sự thay đổi và tự cảm thấy trách nhiệm phải hoàn thành tốt vai trò hiện tại của mình trong doanh nghiệp. Như Magnus Egeberg, Phó chủ tịch cấp cao tại Nets Group, một công ty giải pháp thanh toán, giải thích: “Ban lãnh đạo phải sắc bén và rõ ràng trong việc truyền đạt lý do tại sao lại thực hiện thay đổi và minh bạch về mục tiêu, giúp cho

mọi nhân viên thấy rõ được bức tranh toàn cảnh với những gam màu tươi sáng hơn” [3].

Mặt khác, người quản lý đóng một vai trò quan trọng, như một điểm tiếp xúc quan trọng giữa lãnh đạo cấp cao và phần lớn còn lại của doanh nghiệp. Một giám đốc điều hành cấp cao của một công ty bảo hiểm hàng đầu ở Mỹ đã nhận định về vấn đề này như sau: “Tôi nghĩ rằng các nhà quản lý cấp trung đóng một vai trò quan trọng, vì họ là những người thực sự giúp biến văn hóa thành hiện thực. Họ đưa ra tầm nhìn cấp cao và sau đó chia nhỏ nó thành những kết quả có ý nghĩa” [3].

4) *Sử dụng các công cụ cộng tác để tăng tính minh bạch và tiếp cận với nhân viên*

Mạng xã hội nội bộ sẽ góp phần thúc đẩy sự hợp tác của nhân viên và giúp kết nối các bộ phận dưới cùng và trên cùng của một doanh nghiệp. Một giám đốc điều hành cấp cao của một công ty sản phẩm tiêu dùng đa quốc gia đã nhận định: “Các tổ chức giúp mọi thứ diễn ra nhanh chóng là những tổ chức có hệ thống chia sẻ thông minh và ý thức chia sẻ mạnh mẽ trên cơ quan”. Áp dụng bài học này, các doanh nghiệp khai thác mỏ cần có các giải pháp thành lập mới hoặc hoàn thiện mạng xã hội nội bộ (các fanpages, blogs hay các groups,...), biến chúng trở nên lôi cuốn, hấp dẫn hơn như một món ăn tinh thần không thể thiếu của mọi nhân viên, là kênh thông tin hai chiều hữu ích giữa ban lãnh đạo doanh nghiệp với toàn thể nhân viên, giúp cho nhân viên kịp thời nắm bắt các chỉ đạo, tuyên truyền từ cấp trên, đồng thời ban lãnh đạo doanh nghiệp cũng dễ dàng nắm bắt được các ý kiến đóng góp, thắc mắc, tâm tư, nguyện vọng của người lao động.

5) *Đầu tư vào các kỹ năng kỹ thuật số quan trọng*

Theo Đại học Cornell, kỹ năng kỹ thuật số là “khả năng tìm kiếm, đánh giá, sử dụng, chia sẻ và tạo ra nội dung bằng cách sử dụng công nghệ thông tin và Internet”. Các kỹ năng kỹ thuật số quan trọng trong thời cách mạng công nghiệp 4.0 như: Marketing kỹ thuật số (Digital Marketing);

phân tích dữ liệu (Data Analysis); lập trình (Program); điện toán đám mây (Cloud Computing); và trí tuệ nhân tạo (AI). Việc thiếu các kỹ năng kỹ thuật số là một trong những rào cản hàng đầu đối với việc chuyển đổi từ văn hóa doanh nghiệp truyền thống sang văn hóa số.

6) *Thực hiện cách tiếp cận tư duy hệ thống để thay đổi văn hóa*

Rất khó để chuyển đổi văn hóa bằng cách sử dụng cách tiếp cận thay đổi tuyến tính. Nghĩa là, để khởi động một nền văn hóa đổi mới chỉ bằng cách thiết lập một trung tâm đổi mới mà không có sự hỗ trợ của nhiều hành vi bổ sung, một tư duy đổi mới và hợp tác sâu rộng giữa các bộ phận của doanh nghiệp, hoặc các phương pháp hợp tác để làm việc với các công ty khởi nghiệp thì quá trình chuyển đổi văn hóa sẽ khó đạt được tiến độ và hiệu quả như doanh nghiệp mong muốn. Cần phải có cách tiếp cận tư duy hệ thống, để thúc đẩy những thay đổi về văn hóa. Cách tiếp cận này xoay quanh việc thực hiện nhiều thay đổi cùng một lúc, giống như các vòng tròn sóng cùng dao động trong môi trường thống nhất toàn doanh nghiệp, khiến cho các hành vi kỹ thuật số được giao thoa và phát triển mạnh mẽ.

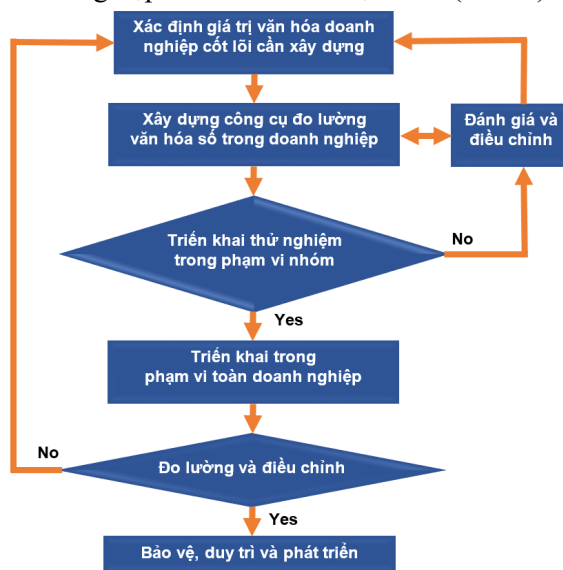
7) *Đặt ra tầm nhìn rõ ràng và phải có sự đi đầu, tham gia tích cực của lãnh đạo*

Thay đổi văn hóa doanh nghiệp trước hết cần bắt đầu từ hành động thay đổi của cấp lãnh đạo. Lãnh đạo doanh nghiệp cần xác định giá trị cốt lõi văn hóa mới, biến các giá trị này thành thói quen, nếp nghĩ và cách làm của cá nhân một cách rõ ràng, tạo động lực lan tỏa các giá trị mới tốt đẹp và phù hợp vào tổ chức của mình. Như Melissa Hartmann, Trưởng bộ phận Chiến lược Kỹ thuật số, IAG, Sydney nói: “Trách nhiệm của lãnh đạo là phải làm gương cho nền văn hóa mà chúng tôi mong muốn, quá trình này sẽ là thất bại nếu chúng tôi không thấy được giá trị. Nó cần phải bắt đầu từ đó và nếu được thực hiện tốt, nó sẽ tạo cơ hội cho phần còn lại của tổ chức áp dụng và tham gia với cách tiếp cận đó” [3].

Tuy nhiên, điều này nói thì dễ hơn làm. Như Tom Goodwin, EVP, Trưởng bộ phận Đổi mới của Zenith Media nói: “Có rất nhiều nhà lãnh đạo làm rất tốt khi nói về văn hóa kỹ thuật số, nhưng chỉ có một số ít thực sự tham gia trực tiếp vào quá trình chuyển đổi với vai trò tiên phong, duy trì làm gương để truyền cảm hứng”.

3.2 *Xây dựng lộ trình các bước hiện thực hóa các giải pháp*

Thông qua việc nghiên cứu phân tích thành công của quá trình chuyển đổi văn hóa số của một số doanh nghiệp sản xuất kinh doanh nói chung, doanh nghiệp khai thác mỏ lớn ở nước ngoài, nhóm tác giả đề xuất sơ đồ lộ trình các bước cơ bản của lộ trình xây dựng văn hóa số cho các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam (hình 5).



Hình 5: Sơ đồ các bước cơ bản của lộ trình xây dựng văn hóa số trong doanh nghiệp

* *Xác định giá trị văn hóa số cần xây dựng*: Theo Harvard Business Review, giá trị cốt lõi là bộ nguyên tắc ứng xử, hình thành nên niềm tin ngầm định của tổ chức. Giá trị cốt lõi là động lực từ bên trong dẫn dắt cá nhân & hoạt động quản trị [3]. Để xây dựng văn hóa số, bước đầu tiên cần thực hiện đó là xác định những giá trị văn hóa số cốt lõi cần đạt được. Khi có các giá trị cốt lõi đầy chính là lúc doanh nghiệp cần soạn thảo cẩm

nang nội bộ, truyền thông nội bộ và quan trọng hơn là cần lãnh đạo phải truyền cảm hứng cho cả hệ thống. Tuy mỗi doanh nghiệp đã tồn tại những giá trị văn hóa đặc trưng, nhưng trong bước này, doanh nghiệp nên tự đặt ra và trả lời câu hỏi: Trong môi trường chuyển đổi số doanh nghiệp hướng tới, các hành vi của từng cá nhân trong tổ chức sẽ biến đổi ra sao và làm cách nào để đảm bảo nhân sự sẽ thể hiện hành vi theo đúng những gì tổ chức kỳ vọng? Trả lời câu hỏi này, doanh nghiệp đã tạo dựng cho mình điểm bắt đầu, chính là những nền tảng thiết lập văn hóa số như xác định các đặc điểm văn hóa số rõ ràng, xây dựng các bước dịch chuyển từ xây dựng nhận thức đến những hành vi văn hóa số mới cho doanh nghiệp của mình.

* *Xây dựng công cụ đo lường văn hóa số trong doanh nghiệp*: Đo lường văn hóa doanh nghiệp là đo lường chỉ số văn hóa doanh nghiệp, giá trị cốt lõi, cảm nhận của các bên ra sao về môi trường văn hóa doanh nghiệp của mình. Đo lường văn hóa doanh nghiệp là việc làm định kỳ cần thiết hằng năm, để doanh nghiệp hiểu hơn từ góc độ các bên liên quan cảm nhận về mình, đó là nhân viên, lãnh đạo, đối tác hay cả khách hàng. Từ đó, sẽ tiếp bước cho những kế hoạch truyền thông và các hoạt động cho năm sau. Ngoài ra để những nỗ lực xây dựng văn hóa số doanh nghiệp không trở nên vô nghĩa, các nhà quản lý cần theo dõi 3 chỉ số quan trọng [5]:

- Chỉ số nhân viên nghỉ việc ETR (Employee Turnover Rate);
- Chỉ số đo lường sự gắn kết của nhân viên ENPS (Employee Net Promoter Scores);
- Chỉ số hài lòng của nhân viên ESI (Employee Satisfaction Index).

Đo lường văn hóa số sẽ giúp cho doanh nghiệp nhìn nhận, đánh giá lại kết quả việc xây dựng các giá trị cốt lõi, từ đó tìm ra những điểm hạn chế để điều chỉnh.

* *Thử nghiệm trên cấp độ nhóm*: Sau khi đã xác định những giá trị văn hóa số cần xây dựng,

doanh nghiệp cần thử nghiệm trên nhóm. Nhóm thử nghiệm cần có đủ các thành viên đại diện từ đa tầng lớp nhân sự, từ cấp lãnh đạo cao nhất đến nhân viên, đặc biệt trong đó, các lãnh đạo cấp cao với vai trò là những người tiên phong dẫn dắt, tích cực tuân thủ và lan tỏa mạnh mẽ các giá trị mới. Trong quá trình thử nghiệm, các hành vi mới và giá trị văn hóa số sẽ được thực hiện hàng ngày. Quá trình thử nghiệm được đo lường và thảo luận để đánh dấu lại các điểm chuẩn, đồng thời, xác định người sẽ chịu trách nhiệm và hoàn thiện lộ trình cho bước lan tỏa giá trị văn hóa số sau đó.

* *Triển khai trong phạm vi toàn doanh nghiệp*: Sau khi thử nghiệm thành công các giá trị văn hóa ở cấp độ nhóm đạt kết quả tốt, những giá trị này sẽ được lan tỏa, triển khai mở rộng rãi trên phạm vi toàn bộ doanh nghiệp. Mặc dù đã được thử nghiệm thành công và đúc rút kinh nghiệm trong quá trình đó, nhưng quá trình lan tỏa mở rộng vẫn sẽ gặp nhiều thách thức. Tổ chức càng lớn thì càng nhiều thách thức hơn, do tổ chức lớn thường có nhiều nền văn hóa pha trộn. Lúc này, cấp lãnh đạo sẽ như “ngọn đuốc” soi sáng và mở đường tiên phong trong quá trình triển khai lan tỏa mở rộng và thống nhất các giá trị văn hóa số trong doanh nghiệp.

* *Đo lường và điều chỉnh, bảo vệ và duy trì các giá trị văn hóa số*: Khi đã thực hiện lan tỏa mở rộng các giá trị văn hóa số trong phạm vi toàn bộ doanh nghiệp, các kết quả đã đạt được cần phải được đo lường theo định kỳ hằng quý, hằng năm, để từ đó, tiếp tục đánh giá và điều chỉnh các giá trị văn hóa số cốt lõi cho phù hợp, nhằm đạt được mục tiêu dài hạn của tổ chức. Với những giá trị văn hóa số phù hợp đã đạt được, doanh nghiệp cần thiết lập những quy tắc nhằm bảo vệ, duy trì thường xuyên và phát triển chúng.

4 Kết luận và kiến nghị

1) Nhóm tác giả đã xây dựng được khái niệm mới về chuyển đổi số doanh nghiệp khai thác mở trong thời kỳ của “Cuộc cách mạng công nghiệp

4.0”, bên cạnh đó, đã tổng hợp phân tích những lợi ích chính mang lại cho các doanh nghiệp này khi thực hiện chuyển đổi số thành công. Những kết quả này, sẽ góp phần làm phong phú thêm kho tàng kiến thức chuyên môn về văn hóa số và chuyển đổi số doanh nghiệp công nghiệp thuộc lĩnh vực khoa học kinh tế ứng dụng.

2) Văn hóa số là văn hóa doanh nghiệp, được hình thành và phát triển với những thuộc tính mới trong quá trình doanh nghiệp thực hiện chuyển đổi số, là yếu tố được xem như then chốt quyết định đến tốc độ, sự thành công hay thất bại của quá trình chuyển đổi số cũng như sự tồn tại, phát triển của doanh nghiệp về lâu dài trong nền kinh tế mới (nền kinh tế số) với nhiều cơ hội to lớn, nhưng cũng tiềm ẩn nhiều bất ổn, rủi ro.

3) Kết quả đạt được của nghiên cứu này đã

đề xuất ra một nhóm gồm 7 giải pháp đồng bộ và sơ đồ lộ trình các bước cụ thể, nhằm cung cấp những công cụ đặc lực và phương pháp hữu hiệu giúp cho các doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam trong việc chuẩn bị, lập kế hoạch và thực hiện việc xây dựng thành công nền văn hóa số doanh nghiệp, tạo nền tảng vững chắc cho công cuộc chuyển đổi số của các doanh nghiệp này.

4) Bài báo còn cung cấp những kiến thức mới, bài học kinh nghiệm quốc tế về chủ đề văn hóa doanh nghiệp, văn hóa số, việc xây dựng nền văn hóa số và chuyển đổi số trong doanh nghiệp khai thác mỏ. Vì vậy, bài báo có thể được sử dụng như một tài liệu tham khảo cho việc giảng dạy và nghiên cứu khoa học của sinh viên, giảng viên và nhà nghiên cứu các đề tài thuộc lĩnh vực khoa học kinh tế ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Lyutyagin D.V., Yashin V.P., Zabaikin Y.V., Yakunin M.A.** Features and Trends of the Digital Transformation of the Russian Mining Industry, in Russian. *Economy: Yesterday, today, tomorrow*, 9 (7A), 2019, PP. 147-159. URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2019-7/16-lyutyagin.pdf>.
2. **Thu Hà L.T.** Vốn cho đầu tư phát triển than của TKV: Thực trạng và giải pháp. 2019. URL: <http://nangluongvietnam.vn/news/vn>.
3. The Digital Culture Challenge: Closing the Employee-Leadership Gap. *Capgemini Digital Transformation Institute, London, UK, 2018*. URL: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/sites/30/2017/08/DTI_DigitalCulture_Infographic.pdf.
4. **Swati Kamath.** Digital Culture Series. Characteristics of Digital Culture, 2019. URL: <https://knolskape.com/blog/characteristics-of-digital-culture/>.
5. **Hà Đ.T.** Đo lường văn hoá doanh nghiệp – yếu tố không thể sao chép. 2020. URL: <https://plato.edu.vn/cafe-thuong-hieu/kien-thuc-thuong-hieu/do-luong-van-hoa-doanh-nghiep-yeu-to-khong-the-sao-chep.html>.
6. BCG-Review - Digital Future of the Nordgold Mining Enterprise: Digital Gold is the Key to Competitiveness; Digital Enrichment; Urgent Need for Digital Twin Technology; Analytical Revolution. *Boston Consulting Group, 2020*. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1680151671&tld=ru&lang=ru&name=BCG-Review-September-2020.pdf>.
7. **Khánh G.Q., Duyên V.T., Hòa L.T., Bén H.T.** Chuyển đổi số trong doanh nghiệp khai thác mỏ Việt Nam – xu hướng, thuận lợi, thách thức và giải pháp thực hiện. *Hội thảo Khoa học Chuyển đổi số doanh nghiệp mỏ. NXB Công Thương, 2022*.
8. Digital Transformation in the Mining Industry, in Russian. *RTC, 2020*. URL: <https://rct-global.com/ru/2020/10/digitisation-in-mining/#>.



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

VIETNAM NATIONAL COAL - MINERAL INDUSTRIES HOLDING CORPORATION LIMITED

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

VINACOMIN INSTITUTE OF MINING & ENERGY MECHANICAL ENGINEERING



VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

Địa chỉ: 565 Nguyễn Trãi - Thanh Xuân Nam - Thanh Xuân - Hà Nội

Tel: 024.38545224 Fax: 024.38543154

Website: iemm.com.vn