

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG HÓA DÒNG KHÍ TRÊN THIẾT BỊ TUYỂN NỔI TANKCELL

RESEARCH, DESIGN, PRODUCTION OF GAS AUTOMATICAL SYSTEM ON
TANKCELL FLOTATION MACHINE

ThS. Trần Thị Hiến¹, ThS. Phạm Đức Phong¹, ThS. Lai Thị Vân Quyên²,
ThS. Nguyễn Mạnh Thắng²

¹Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim

²Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hoá

TÓM TẮT

Xu hướng lựa chọn thiết bị tuyển nổi tại các nhà máy chế biến khoáng sản ở Việt Nam hiện nay là máy tuyển nổi kiểu thùng trụ tròn. Đây là máy tuyển nổi cơ giới - khí nén có ưu thế vượt trội so với máy tuyển nổi truyền thống như nâng cao các chỉ tiêu công nghệ tuyển, tiết kiệm năng lượng và diện tích lắp đặt. Thực hiện Đề tài độc lập cấp Quốc gia “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi quặng kim loại màu kiểu thùng trụ tròn (Tankcell)” mã số: ĐTLĐCN.09/20 do Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim chủ trì thực hiện đã chế tạo thành công thiết bị tuyển nổi tankcell. Nhằm ứng dụng tự động hóa để vận hành ổn định đồng thời nâng cao hiệu quả sản xuất, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu, thiết kế chế tạo hệ thống tự động hóa dòng khí trên thiết bị tuyển nổi tankcell chế tạo, sau đây là kết quả thực hiện.

Từ khóa: Tự động hóa dòng khí; Máy tuyển nổi thùng trụ tròn.

ABSTRACT

The trend of choosing flotation equipment at mineral processing plants in Vietnam today is the round barrel flotation machine. This is a mechanized-pneumatic flotation machine that has outstanding advantages compared to traditional flotation machines such as improving the criteria of selection technology, saving energy and installation area. Implement national independent project "Research, design and manufacture of non-ferrous metal ore by tankcell flotation machine"- code ĐTLĐCN.09/20, which was performed by the National Institute of Mining - Metallurgy Science and Technology in charge of implementation has successfully built a tankcell flotation device. In order to apply automation for stable operation and improve production efficiency, the authors have researched, designed and manufactured a gas flow automation system on manufactured tankcell flotation equipment, after here is the execution result.

Keywords: Gas flow automation; Tankcell.

1. MỞ ĐẦU

Tuyển nổi là phương pháp làm giàu khoáng sản có tính vạn năng, có thể tuyển thu hồi hầu hết các loại khoáng sản, đặc biệt với các đối tượng quặng xâm nhiễm mịn và rất mịn. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ về thuộc tuyển nổi, sự phát triển của thiết bị tuyển nổi đã làm cho phương pháp này có tính chọn riêng cao hơn, năng suất và hiệu suất tuyển cao hơn. Xu thế ngày nay, các máy tuyển nổi ngày càng được tối ưu hóa về hình dáng, cấu tạo và mở rộng kích thước, đồng thời cùng với sự phát triển công nghệ thông tin đã gắn liền quá trình tự động hóa vào thiết bị để có thể điều chỉnh chính xác các thông số đầu vào, tăng mức độ tự động hóa nhằm tăng hiệu quả khuấy trộn, giảm tiêu hao năng lượng, tăng tỷ lệ thu hồi khoáng vật có ích...

Trên thế giới có nhiều loại máy tuyển nổi và sự khác biệt chính thể hiện ở phương pháp cấp khí và cấu trúc bánh khuấy. Theo phương pháp cấp khí, được chia thành hai loại: Máy tuyển nổi cơ giới tự hút và máy tuyển nổi cơ giới - khí nén. Máy tuyển nổi cơ giới tự hút là máy tuyển nổi mà bánh khuấy vừa có tác dụng tạo vùng chân không để hút khí và khuấy trộn bùn quặng với bóng khí. Ưu điểm chính của máy là không khí có thể được tự động hút mà không cần bổ sung máy bơm khí nén, quy trình vận hành đơn giản, tuy nhiên phạm vi điều chỉnh tốc độ hút khí hẹp và không thể kiểm soát chính xác lưu lượng khí. Máy tuyển nổi cơ giới - khí nén là loại máy tuyển nổi sử dụng máy bơm khí nén để cấp khí vào trong ngăn máy, bánh khuấy chỉ đóng vai trò khuấy trộn bùn quặng và phân tán bóng khí. Máy có ưu điểm: có thể điều chỉnh tương đối chính xác lưu lượng khí theo yêu cầu; khí được cánh quạt hút vào mà không cần tạo chân không nên yêu cầu vận tốc thấp và tiêu thụ năng lượng ít hơn.

Với mục tiêu ứng dụng khoa học công nghệ vào thực tiễn sản xuất tại các doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản, nhằm nâng cao năng suất, hiệu quả làm việc của thiết bị tuyển nổi, Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim đã chủ trì thực hiện Đề tài: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi quặng kim loại màu kiểu thùng trụ tròn (Tankcell)”. Đây là công trình nghiên cứu lần đầu tiên ở Việt Nam, tiến hành một cách toàn diện từ xây dựng quy trình thiết kế, chế tạo đến xác lập thông số công nghệ trên máy tuyển nổi tankcell và áp dụng vào thực tiễn sản xuất. Theo các số liệu nghiên cứu và thực tế sản xuất, máy tuyển nổi tankcell có những ưu điểm vượt trội so với máy tuyển nổi truyền thống, đó là:

- Tạo ra sự tiếp xúc tối đa giữa hạt khoáng và bóng khí trong ngăn máy; đảm bảo bùn quặng ở trạng thái lơ lửng trong quá trình hoạt động và dễ dàng trở lại trạng thái này sau khi tắt máy; bóng khí được phân tán đều trong toàn bộ thể tích của ngăn máy; vùng khuấy trộn thấp hơn đảm bảo bùn quặng ở trạng thái lơ lửng, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình va chạm giữa hạt khoáng và bóng khí; vùng bùn quặng phía trên yên tĩnh nhằm giảm hiện tượng hạt khoáng bị rơi khỏi bóng khí; bề mặt ngăn máy rất yên tĩnh làm giảm tối thiểu sự rửa trôi của các hạt và ngăn máy hình trụ với mức cấp bùn thấp gần với cửa thoát để giảm thiểu sự tuần hoàn của bùn quặng.

- Thiết kế dạng thùng tròn cho phép giảm đáng kể chi phí năng lượng so với ngăn thùng vuông. Các ngăn dạng này có chi phí năng lượng riêng giảm nhiều lần so với ngăn thùng vuông truyền thống.

- Thiết kế thùng tròn cho phép thiết kế những ngăn máy có dung tích lớn. Trong hàng chục năm trước, ngăn máy tuyển nổi chỉ tăng

lên đến vài chục m³, nhưng khi chuyển sang ngăn dạng thùng trụ tròn, đến nay dung tích ngăn đã tăng đến vài trăm m³.

- Các ngăn thùng tròn với dung tích lớn cho phép giảm số lượng ngăn trong dãy ngăn máy (<10) và cho phép lắp đặt phân xưởng tuyển nổi ngoài trời với mặt bằng chiếm chỗ không lớn. Điều này làm giảm đáng kể chi phí đầu tư cơ bản về xây dựng nhà xưởng cũng như chi phí vận hành, bảo dưỡng.

- Thiết kế ngăn tròn được tối ưu hóa về thủy khí động học và dễ dàng tự động hóa. Sản phẩm của quá trình nghiên cứu:

Đề tài đã nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thành công máy tuyển nổi tankcell với các thông số kỹ thuật chính như sau: Dung tích làm việc: 8 m³; lưu lượng theo bùn đến 200 m³/giờ; lưu lượng khí nén: 4,3 m³/phút; áp suất khí nén: 25 kPa; công suất động cơ: 22 kW.



Hình 1. Thiết bị tuyển nổi tankcell 8 m³ chế tạo của Đề tài

Trong các yếu tố ảnh hưởng của thông

số thiết bị thì lưu lượng khí cấp vào máy tuyển nổi là quan trọng ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu công nghệ tuyển. Khi lưu lượng khí cấp vào máy tuyển nổi không ổn định, làm thay đổi số lượng và kích thước bóng khí, quá trình tiếp xúc giữa bóng khí và khoáng vật kỵ nước và không kỵ nước bị hỗn loạn, do vậy ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu công nghệ cũng như chất lượng sản phẩm.

Mục tiêu nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thống tự động hóa dòng khí trên máy tuyển nổi tankcell của Đề tài nhằm ổn định và kiểm soát chính xác lưu lượng khí cấp. Từ những thử nghiệm thành công trên thiết bị tuyển nổi tankcell chế tạo của Đề tài, đề xuất lắp đặt hệ thống tự động hóa dòng khí trên toàn bộ thiết bị tuyển nổi của nhà máy tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn và các nhà máy chế biến khoáng sản có sử dụng thiết bị tuyển nổi tương tự trong nước.

2. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP VÀ ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu, thiết kế hệ thống tự động hóa dòng khí cho máy tuyển nổi tankcell chế tạo của Đề tài. Cụ thể thiết kế các khối:

- + Khối xử lý trung tâm;
- + Khối đo lường;
- + Khối điều khiển và cảnh báo;
- + Khối nguồn nuôi.

- Chế tạo, kiểm định và thử nghiệm hệ thống tự động hóa dòng khí ở quy mô phòng thí nghiệm và quy mô công nghiệp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

-Nghiên cứu tài liệu, thu thập thông tin về hệ thống cấp khí cho máy tuyền nổi tankcell trên thế giới và Việt Nam.

- Phân tích, đánh giá và lựa chọn nguyên vật liệu chế tạo hệ thống tự động hóa dòng khí phù hợp với máy tuyền nổi tankcell chế tạo của Đề tài và yêu cầu công nghệ.

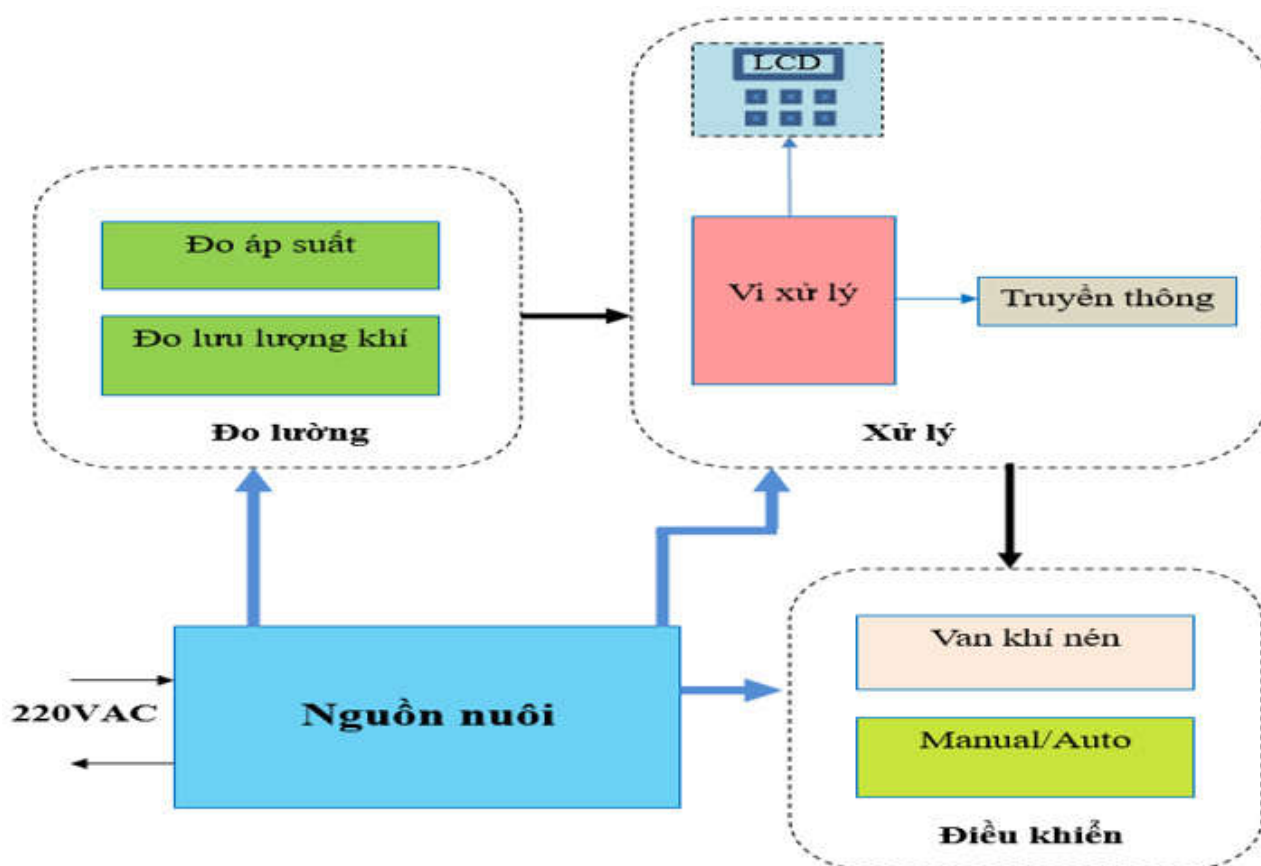
2.3. Địa điểm nghiên cứu

Công tác nghiên cứu, thiết kế chế tạo máy tuyền nổi tankcell được triển khai tại Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim; Nghiên cứu, thiết kế chế tạo hệ thống tự động

hóa dòng khí được thực hiện tại Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hoá; Công tác thực nghiệm thiết bị tankcell chế tạo và hệ thống tự động hóa dòng khí được triển khai tại Nhà máy tuyền quặng chì kẽm Chợ Điền, thuộc Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên - Vimico.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Hệ thống có chức năng đo lường, hiển thị, truyền thông, đưa ra tín hiệu điều khiển van và các cảnh báo, cho phép người sử dụng có thể đặt các thông số như đặt điểm đặt lưu lượng, truy cập các số liệu đo tại chỗ và từ xa... Từ yêu cầu về chức năng, sơ đồ khối tổng quát của hệ thống (Hình 2) bao gồm các khối sau:



Hình 2. Sơ đồ khối của hệ thống tự động hóa dòng khí



NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI

- Khối nguồn nuôi: có chức năng cung cấp nguồn cho toàn bộ hệ thống.

- Khối đo lường: Đo đạc các thông số dòng khí (lưu lượng, áp suất, nhiệt độ).

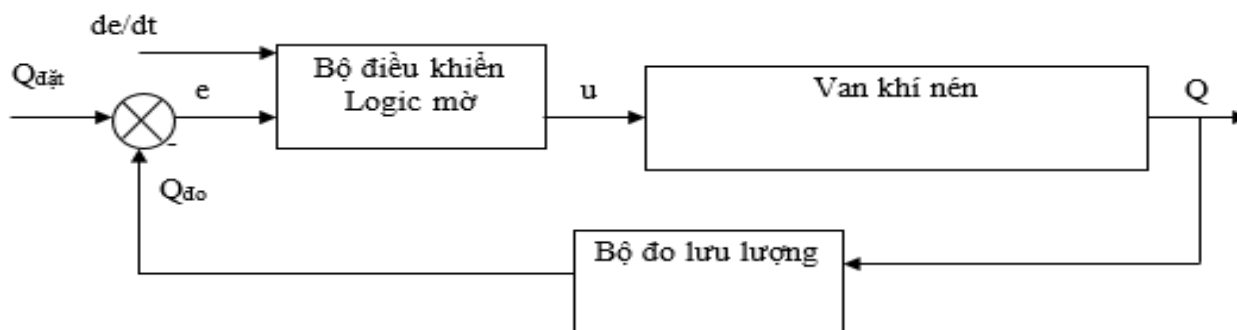
- Khối xử lý trung tâm: có chức năng thu thập dữ liệu đo, đưa ra các tín hiệu điều khiển, giao tiếp với người sử dụng và truyền thông giám sát từ xa.

- Khối điều khiển: Nhận tín hiệu từ khối

xử lý để điều khiển van khí nén.

Hệ thống sử dụng thiết bị đo lưu lượng hoạt động dựa theo nguyên lý đo siêu âm, van điện điều khiển tuyến tính, 2 cửa (1 cửa vào, 1 cửa ra) cho việc điều khiển dòng khí nén cấp cho thùng tuyến.

Phần xử lý trung tâm của hệ thống được nhúng trên vi điều khiển PIC18F45K22. Đề tài lựa chọn thuật toán điều khiển logic mờ để điều khiển lưu lượng khí cấp vào máy tuyến. Mô hình điều khiển được chỉ ra trong Hình 3:



Hình 3. Mô hình điều khiển.

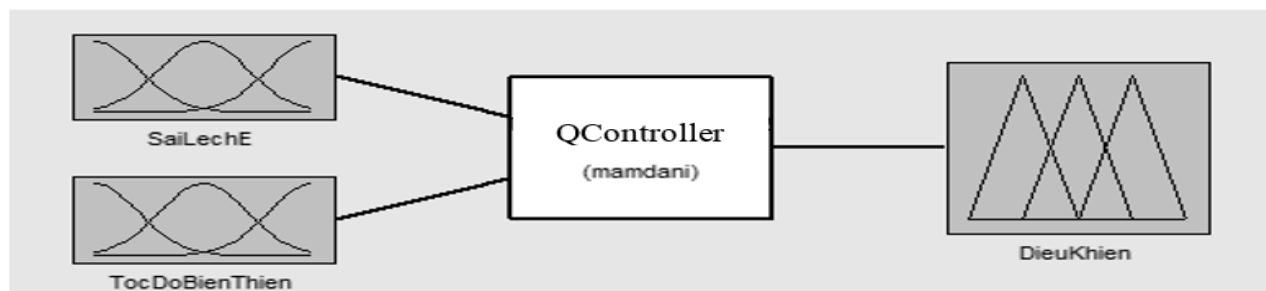
Bộ điều khiển mờ có hai đầu vào và một đầu ra.

- Đầu vào e là sai lệch giữa lưu lượng thực tế đo được ở trong hệ thống Q_{do} do bộ đo lưu lượng gửi tới với lưu lượng do người sử dụng đặt $Q_{đặt}$ từ bàn phím.

$$e = Q_{do} - Q_{đặt}$$

- Đầu vào tốc độ biến thiên lưu lượng de/dt .

- Đầu ra u là điện áp ra dùng để điều khiển van khí nén (được chuyển đổi qua bộ DAC-Digital to Analog Converter).



Hình 4. Mô hình bộ luật điều khiển mờ

Mờ hóa các đầu vào, ra được cho trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng mờ hóa các đầu vào, ra:

Đầu vào sai lệch lưu lượng e	Đầu vào biến thiên lưu lượng de/dt	Đầu ra điều khiển
Miền giá trị vật lý: $-3 \text{ m}^3/\text{phút} \div 3 \text{ m}^3/\text{phút}$; Giá trị ngôn ngữ: AN, AI, BK, DI, DN; - AN: Âm nhiều; - AI: Âm ít; - BK: Bằng không; - DI: Dương ít; - DN: Dương nhiều; Hàm liên thuộc dạng tam giác trimf.	Miền giá trị vật lý: $-1 \text{ m}^3/\text{phút} \div 1 \text{ m}^3/\text{phút}$; Giá trị ngôn ngữ: CN, CI, KD, NI, NN; - CN: Chậm nhiều; - CI: Chậm ít; - KD: Không đổi; - NI: Nhanh ít; - NN: Nhanh nhiều; Hàm liên thuộc dạng tam giác trimf.	Miền giá trị vật lý: $0 \div 4096$; Giá trị ngôn ngữ: GN, GI, NC, TI, TN; - GN: Giảm nhiều; - GI: Giảm ít; - NC: Như cũ; - TI: Tăng ít; - TN: Tăng nhiều; Hàm liên thuộc dạng tam giác trimf.

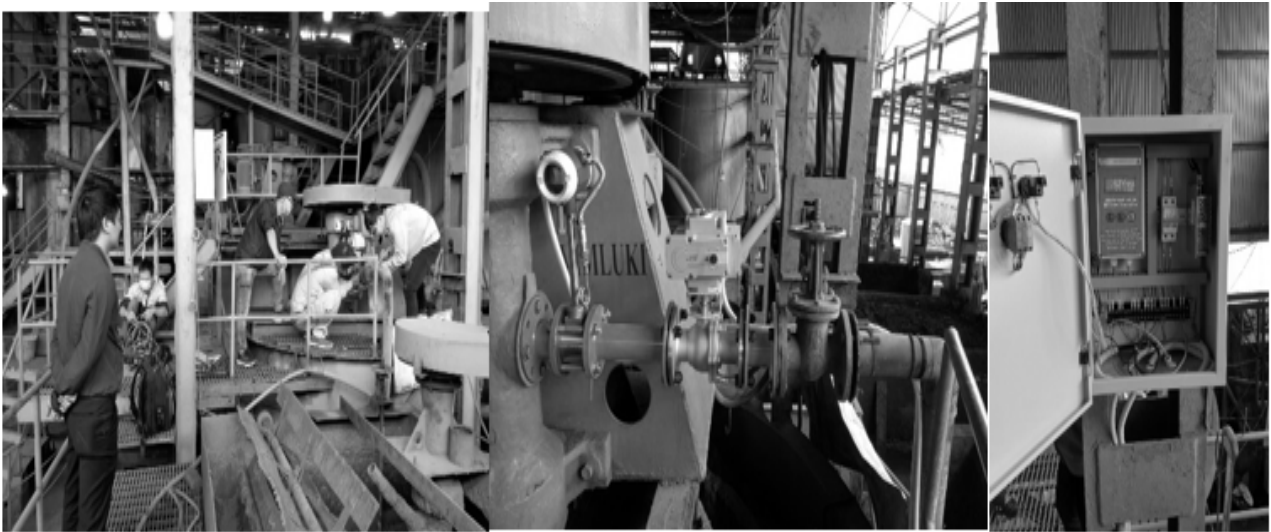
Sau khi mờ hóa, luật hợp thành sử dụng là Max-Min. Bảng 2 mô tả bộ luật điều khiển.

Bảng 2. Bảng luật điều khiển:

de/dt e	AN	AI	BK	DN	DI
CN	TN	TI	TI	GI	GN
CI	TI	TI	NC	GI	GI
KD	TN	NC	NC	NC	GN
NI	TI	TI	NC	GI	GI
NN	TN	TI	GI	GI	GN

Giải mờ lựa chọn phương pháp điểm trọng tâm. Kết quả giải mờ chính là giá trị đầu vào của bộ DAC dùng cho điều khiển van khí nén.

Kết quả chế tạo, thử nghiệm: Thiết bị tuyển nổi tankcell 8 m³ và hệ thống đo lường, điều khiển khí nén đã chế tạo được lắp đặt ở khâu tuyển tinh kẽm II trong dây chuyền tuyển quặng chì kẽm Chợ Điền, tỉnh Bắc Kạn (Hình 5).



Hình 5. Lắp đặt hệ thống đo lường, điều khiển khí nén



Hình 6. Chạy thử nghiệm thiết bị và hệ thống đo lường, điều khiển khí nén

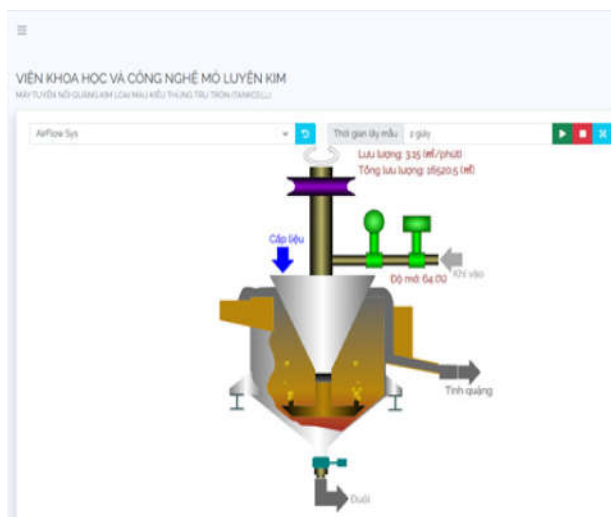
Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống thiết bị đo lường và điều khiển khí nén hoạt động ổn định, sai số lưu lượng khí được mô phỏng bằng cách điều tiết bằng van thủ công có sẵn lắp trước hệ thống cho thấy van tiết lưu của hệ thống đã làm việc đúng theo thiết kế. Thông số lưu lượng khí tối ưu ở mức 3,15

m³/phút, độ mở van 64%. Ở chế độ này, sản phẩm quặng tinh kẽm thu được sau quá trình tuyển đạt hàm lượng 52,66% Zn, thực thu kẽm đạt 92,63%. Chi tiết kết quả thử nghiệm trình bày tại Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm hệ thống đo lường, điều khiển khí trên thiết bị tankcell chế tạo:

TT	Tên sản phẩm	Hàm lượng, %		Thực thu, %	
		Zn	Pb	Zn	Pb
1	Quặng tinh chì	5,98	50,75	1,71	86,11
2	Quặng tinh kẽm	52,66	1,09	92,63	11,41
3	Quặng thải	0,48	0,04	5,67	2,48
4	Quặng nguyên khai	7,26	1,22	100,00	100,00

Các kết quả đo lường và điều khiển của hệ thống được giám sát từ xa trên WEB và các số liệu sẽ được lưu lại phục vụ cho công tác đánh giá chất lượng sản phẩm sau quá trình tuyển.



Hình 7. Trang WEB giám sát hệ thống đo lường, điều khiển khí nén

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công hệ thống tự động hóa dòng khí trên máy tuyển nổi tankcell. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống thiết bị đo lường và điều khiển khí nén hoạt động ổn định, sai số lưu lượng khí được mô phỏng bằng cách điều tiết bằng van thủ công có sẵn lắp trước hệ thống cho thấy van tiết lưu của hệ thống đã làm việc

đúng theo thiết kế. Thông số lưu lượng khí tối ưu ở mức 3,15 m³/phút, độ mở van 64%. Sản phẩm của quá trình tuyển sau khi lắp đặt thiết bị tuyển nổi tankcell và hệ thống đo lường, tự động hóa dòng khí là quặng tinh kẽm đạt hàm lượng >52%, thực thu kẽm cao hơn 0,5% so với kết quả tuyển trên thiết bị hiện nay tại nhà máy.

Kết quả thử nghiệm thành công hệ thống đo lường, tự động hóa dòng khí trên thiết bị tuyển nổi tankcell chế tạo của Đề tài mở ra phương hướng ứng dụng trên toàn bộ thiết bị tuyển nổi của Nhà máy tuyển quặng chì kẽm Chợ Điện, tỉnh Bắc Kạn và các nhà máy chế biến khoáng sản có sử dụng thiết bị tuyển nổi tương tự trong nước.

Ngày nhận bài: 02/12/2021

Ngày phản biện: 15/12/2021

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Thuyết minh đề tài và Hợp đồng thực hiện đề tài độc lập cấp quốc gia số 09/2020/HĐ-ĐTĐL.CN-CNN của đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy tuyển nổi quặng kim loại màu kiểu thùng trụ tròn (Tankcell). Mã số: ĐTĐL.CN.09/20”, ngày 02 tháng 03 năm 2020 giữa Bộ Khoa học và Công nghệ và Viện Khoa học và Công nghệ Mô - Luyện kim.
- [2]. Trần Thị Hiền và Nhóm nghiên cứu (2021); Báo cáo nội dung “Lắp ráp máy tuyển nổi tankcell vào dây chuyền tuyển nổi Pb-Zn Chợ Điện, Bắc Kạn và chạy thu hồi sản phẩm quặng tinh Zn trên thiết bị chế tạo”, Viện Khoa học và Công nghệ Mô - Luyện kim; Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa.
- [3]. Trần Thị Hiền và Nhóm nghiên cứu (2021); Báo cáo nội dung “Nghiên cứu, tính toán thiết kế hệ thống tự động hóa dòng khí”, Viện Khoa học và Công nghệ Mô - Luyện kim; Viện Nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hoá.