

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA MẬT ĐỘ DÒNG ĐIỆN ĐẾN HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC LÀM MÁT BÌNH NGỪNG CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ TRUNG TÂM WATER-COOLED CHILLER BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN PHÂN

A STUDY ON INFLUENCE OF CURRENT DENSITY ON PERFORMANCE OF CONDENSER COOLING WATER TREATMENT FOR COOLING TOWERS OF WATER-COOLED CHILLER BY ELECTROCHEMICAL METHOD

Lê Minh Nhật¹, Dương Huỳnh Minh Nhật²

¹ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam

² Trường Cao đẳng Kỹ Nghệ II, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 21/3/2021, ngày phản biện đánh giá 2/4/2021, ngày chấp nhận đăng 20/4/2021

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả xử lý nước làm mát bình ngưng của hệ thống điều hòa không khí trung tâm water chiller giải nhiệt nước bằng phương pháp điện phân. Trong nước làm mát bình ngưng luôn có chứa các ion kim loại Ca^{2+} và Mg^{2+} (nước cứng) dẫn đến tạo thành lớp cặn bám trên bề mặt bên trong các đường ống của bình ngưng làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt dẫn đến giảm hệ số COP của hệ thống. Do đó, cần thiết phải xử lý nước làm mát bình ngưng để làm giảm các ion kim loại này đến mức cho phép trong suốt thời gian vận hành nhằm tăng hiệu suất truyền nhiệt của bình ngưng và nâng cao hệ số COP của hệ thống. Trong nghiên cứu này, hệ thống xử lý nước làm mát bình ngưng kết nối với tháp giải nhiệt của hệ thống chiller được lắp đặt trong khuôn viên xưởng Nhiệt - Điện Lạnh, trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh để thực hiện các thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng hiệu quả làm giảm độ cứng tổng của nước làm mát bình ngưng đạt được cao nhất là 95% tương ứng với giá trị mật độ dòng điện là $80 A/m^2$. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến chỉ số TDS và chỉ số pH của nước làm mát bình ngưng cũng được phân tích.

Từ khóa: xử lý nước; điện hóa; tháp giải nhiệt; bình ngưng; mật độ dòng điện.

ABSTRACT

The paper presents the results of evaluating the effect of current density on the efficiency of cooling water treatment of condenser of cooling towers in water-cooled chiller system by the electrolysis method. The cooling water of the condenser always contains metal ions Ca^{2+} and Mg^{2+} (hard water), which is the cause of the scale formation on the inner surface of tubes of the condenser leads to reduce the efficiency of heat exchange and coefficient of performance (COP) of the water-cooled chiller system. Therefore, it is necessary to treat this cooling water to reduce these metal ions to obtain the required water quality during operation time to increase the heat transfer efficiency of the condenser and improving the system's COP. In this study, an electrochemical cooling water treatment system was designed and installed on the campus of Ho Chi Minh City University of Technology and Education for experiments. The results revealed that the highest efficiency value of the total hardness removal is 95% corresponding to the current density value of $80 A/m^2$. Besides, the effect of current density on the TDS index and pH index also analyzed.

Keywords: water treatment; electrochemical; cooling tower; condenser; current density.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay do sự phát triển kinh tế nên các hệ thống điều hòa không khí (HTĐHKK) trung tâm water chiller giải nhiệt nước được lắp đặt càng nhiều trong các khách sạn, resort và các khu công nghiệp. Trong hệ thống water chiller sử dụng thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước, nhiệt sẽ được thải ra môi trường nhờ trao đổi nhiệt giữa nước và không khí trong tháp giải nhiệt. Các cation như canxi, magiê trong nước sẽ được tích lũy và nồng độ tăng theo thời gian là nguyên nhân chính tạo nên độ cứng của nước, gây ra nhiều vấn đề trong hệ thống làm mát như: chất rắn kết tủa của các muối ít tan tạo thành vảy cặn trên bề mặt truyền nhiệt, tăng trở nhiệt và sau đó giảm hiệu quả truyền nhiệt của thiết bị, lâu ngày có thể gây tắc nghẽn hệ thống [1-4]. Abdel-Shafy và các cộng sự [5] trình bày nghiên cứu xử lý nước xả đáy của tháp giải nhiệt bằng công nghệ điện phân sử dụng thanh điện cực Magiê. Zhihao Lu và cộng sự [6] đã thực hiện quá trình điện hóa xung để làm giảm sulfide trong nước thải thành phố, đã đạt được tỷ lệ thành công cao 93.2%. Các vật liệu làm cực dương cũng ảnh hưởng đến các tham số hoạt động của hệ thống xử lý nước dùng công nghệ điện phân [7]. Nhóm tác giả đã xác định được mật độ dòng điện tối ưu là 6 mA/cm². Hao và cộng sự [8] đã đánh giá và phân tích các công nghệ xử lý nước tuần hoàn ở Trung Quốc. Nghiên cứu đã chỉ ra ưu nhược điểm của các công nghệ xử lý nước tuần hoàn và kết luận rằng phương pháp xử lý nước điện phân có nhiều ưu điểm vượt trội nhưng cần tiếp tục nghiên cứu cải tiến hiệu suất và chi phí vận của phương pháp này. Cơ chế hình thành cấu cặn ở cực âm khi xử lý nước bằng phương pháp điện phân đã được nghiên cứu bởi Geng và các cộng sự [9]. Trong nghiên cứu này mật độ dòng điện được chọn là 1 mA/cm² để đánh giá sự hình thành cấu cặn ở bề mặt cực âm. Lei và cộng sự [10] cũng nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến khả năng loại bỏ cấu cặn trong nước bởi phương pháp điện phân.

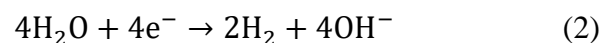
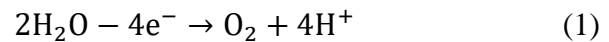
Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về ứng dụng công nghệ điện phân để xử lý nước nhưng chưa có nghiên cứu cho xử lý nước bình ngưng của các hệ thống điều hòa không khí trung tâm water chiller giải nhiệt nước ở điều kiện Việt Nam. Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả của xử lý nước làm mát bình ngưng của hệ thống HTĐHKK trung tâm water chiller bằng phương pháp điện phân. Chất lượng nước làm mát sau khi xử lý đạt yêu cầu của TCXDVN 232:1999 [18].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

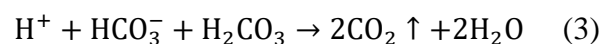
2.1 Lý thuyết điện phân nước

Quá trình điện phân khử nước thành các khí hydro và ion hydroxit OH^- ở bề mặt điện cực (cực âm), từ đó tạo ra một môi trường kiềm cục bộ tại cực âm làm tăng độ pH trong vùng lân cận của bề mặt điện cực, gây ra sự kết tủa $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$ xảy ra ở điện cực. Quá trình phản ứng điện phân nước xảy ra như bên dưới [3, 11-14].

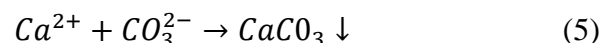
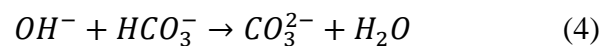
Phản ứng điện cực dương và điện cực âm của quá trình oxy hóa và khử nước được biểu thị như công thức (1) và (2):



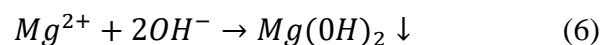
Trong nước cứng có chứa ion bicarbonate một phản ứng thứ cấp xảy ra ở cực dương:



Trong nước cứng có chứa ion bicarbonate và ion canxi hai phản ứng thứ cấp xảy ra ở cực âm:



Trong nước cứng có chứa ion Mg, phản ứng xảy ra ở cực âm:



Các ion hydroxyl có tính di động tương đối hạn chế và ở nồng độ rất cao trên bề mặt catốt phản ứng với ion bicarbonate để tạo

thành ion carbonate ở nồng độ cao gây ra kết tủa canxi cacbonat nhanh chóng trên cực âm, tương tự với ion Magie. Ngoài ra, phần lớn các cặn sẽ bám vào cực âm, dẫn đến việc vô hiệu cực này và làm tăng điện trở [15, 16]. Do đó, cần phải làm giảm các vảy từ bề mặt cực âm thường xuyên để đảm bảo hiệu quả xử lý nước.

Chu kỳ nhiệm vụ xung γ , tần số f và chu kỳ t có liên quan với nhau và được tính như công thức (7) và (8) [15-17]:

$$\gamma = \frac{t_{on}}{t} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad (7)$$

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1}{t_{on} + t_{off}} \quad (8)$$

Ở đây t_{on} là thời gian bộ nguồn cung cấp bật, điện áp và cường độ dòng điện cung cấp dưới dạng biên độ không đổi, còn t_{off} là thời gian nguồn cung cấp ngắt.

Mật độ dòng điện là đại lượng đặt trưng cho cường độ dòng điện đi qua diện tích bản cực và được xác định như công thức sau [19]:

$$\delta = \frac{I}{S} \quad (A/m^2) \quad (9)$$

Trong đó I (A) cường độ dòng điện và S (m^2) là diện tích bản cực.

Hiệu suất xử lý nước là hiệu suất làm giảm độ cứng tổng, được tính như sau [20]:

$$R = \frac{C_{vào} - C_{ra}}{C_{vào}} \times 100\% \quad (10)$$

Trong đó R (%) là hiệu suất làm giảm độ cứng tổng, còn $C_{vào}$ (mg/l) là nồng độ ban đầu và C_{ra} (mg/l) là nồng độ sau xử lý.

2.2 Phương pháp thí nghiệm

Một thiết bị xử lý nước làm mát bình ngưng của hệ thống điều hòa không khí trung tâm water chiller giải nhiệt nước bằng phương pháp điện phân lắp đặt trong khuôn viên xưởng Nhiệt - Điện Lạnh của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Sơ đồ nguyên lý và thực nghiệm được thể hiện như hình 1 và 2.

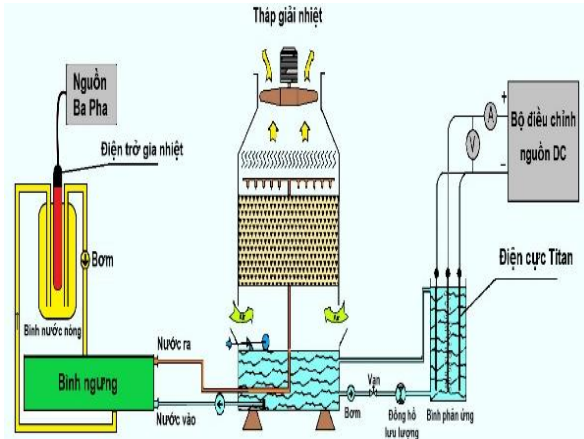
Hệ thống này bao gồm bộ điều khiển điện áp nguồn một chiều, một tháp giải nhiệt, một bình ngưng, bề phản ứng điện phân, các thiết bị đo lường và điều khiển. Tháp giải

nhiệt có công suất 5 RT. Bề phản ứng dạng hình trụ có thể tích 2 lít, đường kính bề phản ứng được chọn phù hợp kích thước của điện cực dạng lưới (10x10 cm) sao cho nước trong bể có thể ngập đủ diện tích phản ứng mong muốn. Thông số kỹ thuật: đường kính 15 cm, chiều cao bể 20 cm, chiều cao ngập nước là 11.3 cm, bên trong có các điện cực được làm dạng lưới titan, diện tích phản ứng là 145 cm^2 mỗi bản cực, cực dương được phủ lớp chì đioxit (PbO_2). Các điện cực được lắp đặt song song nhau, một cực dương và hai cực âm xen kẽ, khoảng cách mỗi cực là 2 cm [3, 18-19]. Bộ nguồn được kết nối có thể hoạt động ở chế độ một chiều không đổi (không xung) và chế độ xung một chiều, các thông số có thể điều chỉnh như điện áp, cường độ dòng điện, tần số, chu kỳ nhiệm vụ xung độc lập. Trước và khi kết thúc mỗi lần chạy, các điện cực được rửa kỹ bằng nước, nhúng vào dung dịch HCl (5%) và rửa sạch bằng nước máy. Mẫu nước ban đầu được sử dụng trong nghiên cứu này được lấy trực tiếp từ tháp giải nhiệt và có độ cứng tổng (quy về $CaCO_3$) 280 mg/l, pH 7.5; tổng chất rắn hòa tan (TDS) 403 mg/l. Để có được mẫu nước có thông số như trên thì nước lấy từ nguồn nước của xưởng Nhiệt lạnh thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, hệ thống được chạy liên tục 8h/ngày trong vòng 1 tuần để độ cứng tổng đạt được giá trị 280 mg/l. Sau đó toàn bộ nước trong hệ thống được rút ra để vào bể chứa lớn. Để có đủ nước thí nghiệm, hệ thống được chạy trong 2 tuần sau đó 2 mẫu nước được hòa trộn chung làm một và để lắng đọng trong 1 giờ. Tất cả thí nghiệm đều sử dụng 1 mẫu nước và kiểm tra độ cứng tổng, TDS, pH trước mỗi thí nghiệm để đảm bảo các trạng thái nước ban đầu là như nhau.

Nước sau khi được xử lý phải đáp ứng tiêu chuẩn về độ cứng tổng $CaCO_3$ (bé hơn 240 mg/l) của TCXDVN 232:1999 [20].

Các thí nghiệm được thực hiện riêng biệt trong bể phản ứng với các giá trị mật độ dòng điện trong phạm vi từ 20-100 A/m^2 ở hai chế độ có xung một chiều và không có xung và các giá trị $f = 1kHz$, $\gamma = 0,7$. Các thí nghiệm được thực hiện với thời gian 100 phút cho

mỗi lần. Sau thời gian điện phân 20 phút, tiến hành lấy mẫu dung dịch và để trong nhiệt độ phòng 10 phút, sau đó xác định thông số độ cứng tổng (quy về CaCO_3), chỉ số pH, chỉ số TDS để phân tích và đánh giá.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước làm bình ngưng bằng phương pháp điện phân

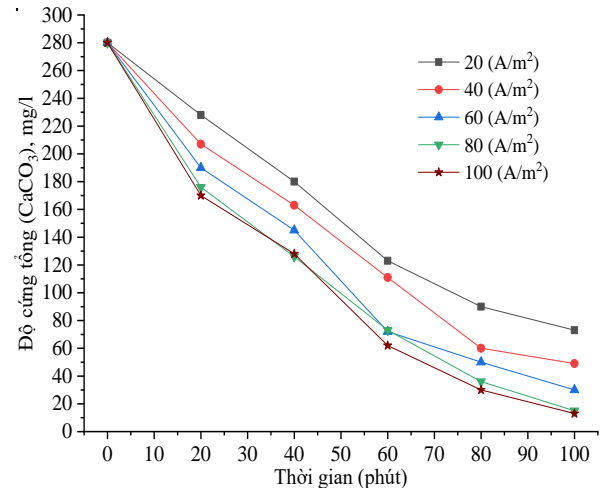


Hình 2. Các thiết bị trong hệ thống

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Hình 3 thể hiện sự ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến độ cứng tổng (CaCO_3) theo thời gian. Khi mật độ dòng điện nằm trong khoảng 20 A/m^2 , 40 A/m^2 , 60 A/m^2 , 80 A/m^2 , 100 A/m^2 và thời gian thí nghiệm là 100 phút, kết quả cho thấy rằng độ cứng tổng (CaCO_3) giảm nhanh chóng theo thời gian. Lý do ban đầu khi nồng độ các ion cứng trong nước cao, phản ứng xảy ra nhanh dẫn đến sự sụt giảm độ cứng tổng nhanh chóng trong sáu mươi phút đầu, sau đó nồng độ ion cứng giảm dần dẫn đến phản ứng điện cực không còn mạnh và sự sụt giảm độ cứng tổng giảm theo. Có thể thấy

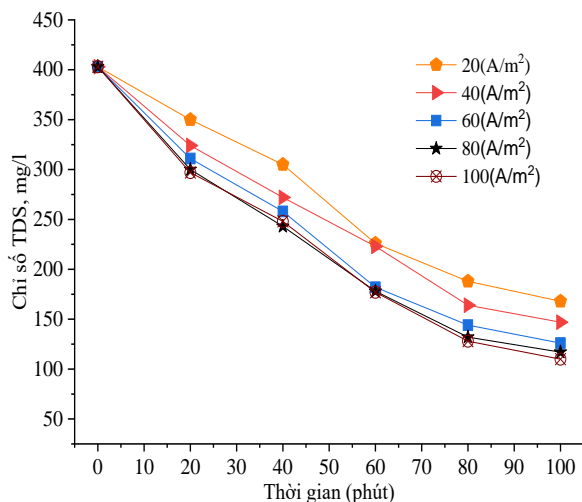
sự khác biệt lớn ở các giá trị mật độ dòng điện khác nhau, mật độ dòng điện càng lớn thì sự sụt giảm độ cứng tổng càng mạnh. Ở giá trị mật độ dòng điện là 100 A/m^2 , sự sụt giảm độ cứng tổng là lớn nhất và có xu hướng chững lại từ thời điểm 80 phút, độ cứng thấp nhất tại 100 phút là 13 mg/l CaCO_3 .



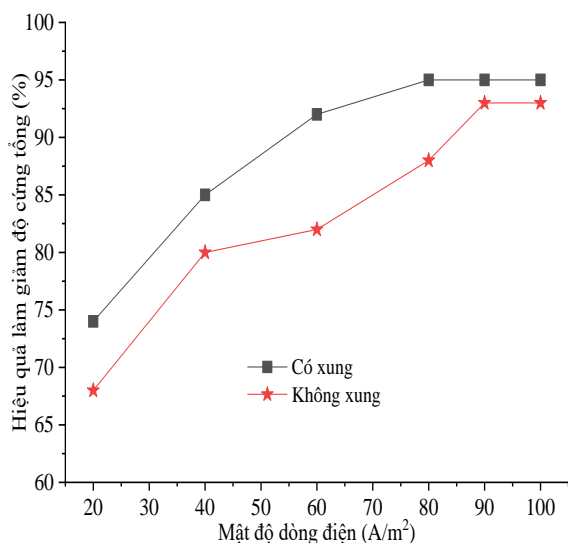
Hình 3. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến độ cứng tổng (CaCO_3) theo thời gian

Hình 4 thể hiện sự ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến chỉ số (tổng chất rắn hòa tan) TDS theo thời gian. Khi mật độ dòng điện nằm trong khoảng 20 A/m^2 , 40 A/m^2 , 60 A/m^2 , 80 A/m^2 , 100 A/m^2 và thời gian thí nghiệm là 100 phút, kết quả cho thấy rằng chỉ số TDS giảm nhanh từ giá trị ban đầu 403 mg/l đến giá trị nhỏ hơn 220 mg/l trong khoảng 60 phút. Mật độ dòng điện càng lớn thì sự giảm chỉ số TDS càng nhanh. Ở giá trị mật độ dòng điện là 100 A/m^2 , chỉ số TDS sụt giảm lớn nhất từ 403 mg/l xuống còn 110 mg/l . Đối với nước làm mát hệ thống giải nhiệt chiller thì chỉ số TDS càng thấp thể hiện càng ít sự có mặt của các ion kim loại trong nước bao gồm cả ion nước cứng như Ca^{2+} , Mg^{2+} . Bên cạnh đó, có thể thấy rằng, ở trường hợp đường 40 A/m^2 tại thời điểm 60 phút, sự sụt giảm chỉ số TDS ít hơn các đường khác có thể là do một trong ba nguyên nhân (khuyết tán, chuyển điện tích ion vào điện cực, sự kết tinh trên bề mặt điện cực). Mặc dù cùng áp dụng một điều kiện thí nghiệm như nhau, tuy nhiên quá trình di chuyển của từng ion không thể nào giống nhau trong các tất cả thí nghiệm vì vậy kết quả tại thời điểm đó có sự

khác biệt tuy nhiên vẫn có cùng xu hướng giảm và kết quả cuối cùng cũng phù hợp với những mật độ dòng điện khác nên sự bất thường ở đường 40 A/m² tại thời điểm 60 phút là có thể chấp nhận.



Hình 4. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến chỉ số (tổng chất rắn hòa tan) TDS theo thời gian



Hình 5. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả làm giảm độ cứng tổng theo thời gian

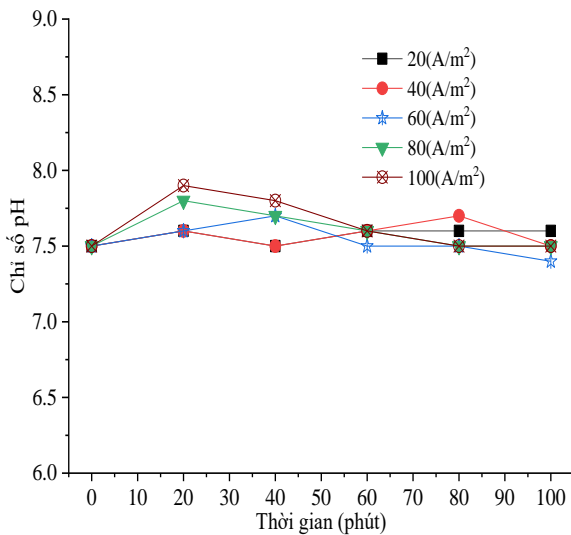
Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả làm giảm độ cứng tổng theo thời gian được thể hiện như hình 5. Từ đồ thị có thể thấy rằng đối với trường hợp có xung thì hiệu quả làm giảm độ cứng tổng tăng nhanh và đạt đến 95% khi mật độ dòng điện tăng từ 20 A/m² đến 80 A/m² và sau đó gần như không đổi khi mật độ dòng điện tiếp tục tăng.

Trong khi đó với trường hợp không có xung thì hiệu quả làm giảm độ cứng tổng tăng nhanh và đạt đến 93% khi mật độ dòng điện tăng từ 20 A/m² đến 90 A/m² và sau đó gần như không đổi khi mật độ dòng điện tiếp tục tăng. Có thể giải thích rằng theo cơ chế điện phân, nhiều OH⁻ được tạo ra trên cực âm và điện hóa ion được tăng cường cùng với sự gia tăng mật độ dòng điện, dẫn đến các ion cứng hơn tạo thành kết tủa trên bề mặt cực âm. Sau đó tốc độ kết tủa tăng tương đối chậm. Điều này được cho là do các phản ứng kết tủa của Ca²⁺ và Mg²⁺ dần bị hạn chế bởi giới hạn chuyển khối của Ca²⁺, Mg²⁺, HCO³⁻ và OH⁻ [16]. Hiệu quả kết tủa có xu hướng tiệm cận khi mật độ dòng điện lớn hơn ở chế độ có xung là 80 A/m², và không có xung là 90 A/m² có thể suy đoán nguyên nhân là các phản ứng kết tủa của Ca²⁺ và Mg²⁺ bị hạn chế bởi giới hạn chuyển khối.

Hình 5 cũng cho thấy rằng hiệu quả làm giảm độ cứng tổng của trường hợp có xung luôn cao hơn trường hợp không có xung khoảng 10%. Điều này là do ở chế độ có xung hỗ trợ đáng kể trong việc giảm bớt vấn đề tốc độ chuyển khối (lớp khuếch tán) trong quá trình điện hóa. Bởi vì trong chế độ nguồn một chiều không đổi, phản ứng điện hóa xảy ra ở giao diện điện cực/dung dịch sẽ hình thành lớp khuếch tán trên bề mặt điện cực và phát triển theo thời gian làm cho các chất trong dung dịch khó đi vào lớp giao diện điện cực/dung dịch, cản trở tốc độ phản ứng trong một số trường hợp. Trong chế độ xung, lớp khuếch tán hình thành và sau đó biến mất do sự ngắt kết nối của nguồn điện, sau đó tất cả các loại chất trong dung dịch được chuyển trộn vào bề mặt điện cực/dung dịch. Nguồn điện được cung cấp tuần tự một lần nữa, dẫn đến việc khởi động lại phản ứng điện hóa, được lặp lại định kỳ theo cách này [17, 21].

Hình 6 thể hiện sự ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến chỉ số pH theo thời gian. Khi mật độ dòng điện tăng trong khoảng 20 A/m² đến 100 A/m² và thời gian thí nghiệm là 100 phút thì chỉ số pH của nước làm mát dao động nhẹ trong khoảng: 7.4 - 7.9. Điều này do trong thời gian phản ứng chỉ số pH dao

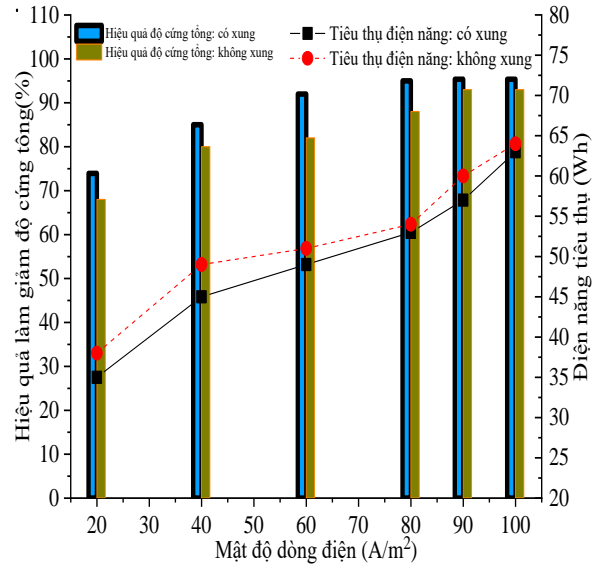
động do sự hình thành và mất đi của các ion H^+ và OH^- . Các giá trị này là trung tính nên không làm ảnh hưởng đến sự ăn mòn của hệ thống giải nhiệt. Có thể thấy rằng, sự thay đổi của pH không theo quy luật, bởi vì bản chất của quá trình phản ứng này chính là sự điện phân nước sinh ra các H^+ và OH^- làm ảnh hưởng đến pH, mà sự điện phân của nước mất đi rất nhanh chóng ngay sau khi ngưng phản ứng (lấy mẫu để đo chỉ số). Thêm vào đó quá trình điện phân áp dụng tần số làm xáo trộn sự xuất hiện, mất đi của các ion kết hợp với quá trình kết tinh của mỗi ion trên điện cực là không giống nhau nên có sự thay đổi pH dao động nhẹ trong khoảng 7.4÷7.9. Cơ bản quá trình điện phân cho ra lượng ion H^+ và OH^- là bằng nhau nên pH sẽ ở mức trung tính trong khoảng 7.



Hình 6. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến chỉ số pH của nước làm mát theo thời gian

Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến tiêu thụ điện năng theo thời gian của thiết bị xử lý nước làm mát bằng điện phân được thể hiện như hình 7. Qua hình 7 cho thấy rằng khi mật độ dòng điện tăng trong khoảng 20 A/m² đến 100 A/m² thì điện năng tiêu thụ của thiết bị xử lý nước làm mát bằng điện phân đối với trường hợp có xung tăng từ 35 Wh đến 63Wh còn trường hợp không có xung tăng từ 38 Wh đến 64Wh. Sự điện năng tiêu thụ cả hai trường hợp là hợp lý bởi vì khi muốn tăng giá trị mật độ dòng điện thì phải tăng cường độ dòng điện của nguồn cấp dẫn đến sự gia tăng điện năng tiêu thụ. Ngoài ra,

xung cũng tiêu tốn ít điện năng hơn so với không có xung. Có thể giải thích rằng chế độ cung cấp điện gián đoạn do có thời gian ngắt xung có thể làm giảm điện năng tiêu thụ [21].



Hình 7. Ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến tiêu thụ điện năng theo thời gian của thiết bị xử lý nước điện phân

Như đã thấy ở hình 5 và hình 7, đối với trường hợp có xung thì tại mật độ dòng điện 80 A/m² thì hiệu quả làm giảm độ cứng tổng đạt được là 95% tương ứng với tiêu thụ điện năng của thiết bị xử lý nước điện phân là 54Wh và khi mật độ dòng điện tiếp tục tăng thì điện năng tiêu thụ tăng trong khi hiệu quả làm giảm độ cứng tổng không đổi. Đối với trường hợp không có xung thì tại mật độ dòng điện 90 A/m² thì hiệu quả làm giảm độ cứng tổng đạt được là 93% tương ứng với tiêu thụ điện năng của thiết bị xử lý nước điện phân là 60 Wh và khi mật độ dòng điện tiếp tục tăng thì điện năng tiêu thụ tăng trong khi hiệu quả làm giảm độ cứng tổng không đổi. Điều này là do mật độ dòng điện tăng quá cao, các gốc hydroxyl được tạo ra trên vùng lân cận điện cực đang dần tiến đến bão hòa và do đó hiệu quả của việc tăng mật độ dòng điện lên hiệu suất làm giảm độ cứng tổng không thay đổi [17]. Hệ thống xử lý nước làm mát bình ngưng kết nối với tháp giải nhiệt của hệ thống chiller được lắp đặt trong khuôn viên xưởng Nhiệt - Điện Lạnh, trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh để thực hiện các thí nghiệm

4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu này, một hệ thống xử lý nước làm mát bình ngưng của hệ thống điều hòa không khí trung tâm water chiller được lắp đặt trong khuôn viên xưởng Nhiệt - Điện Lạnh, trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh để đánh giá đánh giá ảnh hưởng của mật độ dòng điện đến hiệu quả xử lý nước làm mát bình ngưng bằng phương pháp điện phân của hệ thống này. Chất lượng nước làm sau xử lý nằm trong tiêu chuẩn cho phép TCXD 232:1999. Kết quả đạt được như sau:

- Ở giá trị mật độ dòng điện là 100A/m^2 , giá trị nhỏ nhất của sự sụt giảm độ cứng tổng (CaCO_3) là 13 mg/l sau 100 phút xử lý nước làm mát.

- Chỉ số TDS của nước làm mát đạt được nhỏ nhất là 110 mg/l tại giá trị mật độ dòng điện là 100A/m^2 .

- Hiệu quả làm giảm độ cứng tổng đối với trường hợp có xung là 95% tại mật độ dòng điện 80 A/m^2 và tiêu thụ điện năng của thiết bị điện phân là 54Wh.

- Hiệu quả làm giảm độ cứng tổng đối với trường hợp không có xung là 93% tại mật độ dòng điện 90 A/m^2 và tiêu thụ điện năng của thiết bị điện phân là 60 Wh.

- Khi mật độ dòng điện tăng trong phạm vi từ 20 A/m^2 đến 100 A/m^2 thì chỉ số pH của nước làm mát dao động nhẹ trong khoảng: $7.4 \div 7.9$.

Tóm lại, các chỉ số như độ cứng tổng, TDS, pH đều nằm trong giới hạn cho phép của TCXD 232:1999, do đó đã chứng minh được tính ưu việt của phương pháp điện phân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Colin Frayne, Cooling water treatment Principles and Practice, *Chemical Publishing Co., Inc*, New York, pp.30-31, 1999.
- [2] Herbert W. Stanford III, HVAC Water Chillers and Cooling Towers - *Fundamentals, Application, and Operation, Second Ed, Taylor & Francis Group, LLC*, pp.205-206, 2012.
- [3] R. Rungvavmanee and C. Phalakornkule, Reduction of Langelier index of cooling water by electrolytic treatment with stainless steel electrode, *Water SA*, Vol. 38 No. 5, 2012.
- [4] C. Gabriellia, G. Maurina, H. Francy-Chaussonb, P. Theyrb, T. T. M. Tran and M. Tlili, Electrochemical water softening: principle and application, *Desalination*, 201, pp.150–163, 2006.
- [5] H.I. Abdel-Shafy, M.A. Shoeib and M.A. El-Khateeb, Electrochemical treatment of industrial cooling tower blowdown water using magnesium-rod electrode, *Water resources and Industry*, 23, pp.100121, 2020.
- [6] Zhihao Lu, Jiali Tang, María de Lourdes Mendoza, Dingming Chang, Lankun Cai and Lehua Zhang, Electrochemical decrease of sulfide in sewage by pulsed power supply, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 745, pp.37–43, 2015.
- [7] Y. Guo, Z. Xu, S. Guo, S. Chen, H. Xu, X. Xu, X. Gao and W. Yan, Selection of anode materials and optimization of operating parameters for electrochemical water descaling, *Separation and Purification Technology*, 745, pp. 118-304, 2021.
- [8] X. Hao, X. Zhicheng, G. Yiei, G. Siyuan, X. Xing, G. Xian, W. Liangtian and Y. Wei, Research and application progress of electrochemical water quality stabilization technology for recirculating cooling water in China: A short review, *Journal of Water Process Engineering*, 37, pp. 101-433, 2020.
- [9] M. Geng, S. Zhong, G. Wang, P. Cui and D. Chen, Research on the influence of circulating cooling water on electrochemical scale inhibition, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 052021, 514, 2020.

- [10] Y. Lei, M. Saakes, R. D. V. D. Weijden and C. J. N. Buisman, Effects of current density, bicarbonate and humic acid on electrochemical induced calcium phosphate precipitation, *Chemical Engineering Journal*, 342, pp. 350-356, 2018.
- [11] D. Hasson, V. Lumelsky, G. Greenberg, Y. Pinhas and R. Semiat, Development of the electrochemical scale removal technique for desalination applications, *Desalination*, 230, pp.329–342, 2008.
- [12] O. Devos, C. Gabrielli, M. Tlili and Tribollet, Nucleation-Growth Process of Scale Electrodeposition: Influence of Supersaturation, *Journal of the Electrochemical Society*, 150 (7) C494-C501, 2008.
- [13] A. H. Becker, J. J. Cohen and A. D. Zdunek, Electrochemical Cooling Water Treatment: A New Strategy for Control of Hardness, Scale, Sludge and Reducing Water Usage. *ASHRAE*, Vol. 115, Part 1, 2009.
- [14] H. Jin, Y. Yu, L. Zhang, R. Yan and X. Chen, Polarity reversal electrochemical process for water softening, *Separation and Purification Technology*, 2018.
- [15] J. Wang, J. Yao, L. Wang, Q. Xue, Z. Hu and B. Pan, Multivariate optimization of the pulse electrochemical oxidation for treating recalcitrant dye wastewater, *Separation and Purification Technology*, 230, 115851, 2020.
- [16] J. Wei, X. Zhu and J. Ni. Electrochemical oxidation of phenol at boron-doped diamond electrode in pulse current mode. *Electrochimica Acta*, 56, pp. 5310–5315, 2011.
- [17] L. Jiania, X. Zhichenga, X. Haoa, Q. Dana, L. Zhengweib, Y. Weia and W. Yu, Pulsed electrochemical oxidation of acid Red G and crystal violet by PbO₂ Anode. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8, 103773, 2020.
- [18] R. Rungvavmanee, K. Sayjun, K. Berpant and C. Phalakornkule, Electrolytic treatment with aluminum anodes for reuse of cooling tower water, *TIChE International Conference 2011*, paper code: cr028, 2011.
- [19] N. D. Mu'azu, M. Al-Yahya and A. M. Al-Haj-Ali. Specific energy consumption reduction during pulsed electrochemical oxidation of phenol using graphite electrodes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4, pp. 2477-2486, 2016.
- [20] Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXD 232:1999 về hệ thống thông gió, điều hòa không khí và cấp lạnh - Chế tạo lắp đặt và nghiệm thu.
- [21] Meijie Ren, Yonghui Song, Shuhu Xiao, Ping Zeng, Jianfeng Peng. Treatment of berberine hydrochloride wastewater by using pulse electro-coagulation process with Fe electrode. *Chemical Engineering Journal*, 169, pp. 84–90, 2011.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Lê Minh Nhựt

Khoa Cơ Khí Động Lực, Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Email: nhutlm@hcmute.edu.vn