

NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ VIỆC SỬ DỤNG NƯỚC KHỬ KHOÁNG TẠI CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

Lê Văn Sỹ¹, Nguyễn Phan Anh¹, Vũ Minh Hùng¹, Nguyễn Hà Trung²

¹Đại học Dầu khí Việt Nam

²Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: sylv@pvu.edu.vn

Tóm tắt

Nước khử khoáng ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành sản xuất điện năng, hiệu suất của nhà máy nhiệt điện và phụ thuộc vào thông số công nghệ, quá trình vận hành. Việc nghiên cứu, đánh giá việc sử dụng nước khử khoáng giúp tiết kiệm chi phí sản xuất và nâng cao hiệu suất vận hành của các nhà máy nhiệt điện. Trong bài báo này, các tham số vận hành ảnh hưởng đến lượng nước khử khoáng sẽ được nhóm tác giả nghiên cứu và phân tích làm cơ sở cho việc phân tích quy hoạch thực nghiệm. Số liệu đầu vào tính toán là các dữ liệu quan trắc tại các nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam. Kết quả phân tích thống kê thực nghiệm xác định được các yếu tố ảnh hưởng đến lượng tiêu thụ nước khử khoáng, từ đó đề xuất các giải pháp tối ưu hóa lượng nước khử khoáng sử dụng tại các nhà máy nhiệt điện.

Từ khóa: Nước khử khoáng, quy hoạch thực nghiệm, nhiệt điện, tiêu thụ nước, môi trường nước.

1. Giới thiệu

Tại các nhà máy nhiệt điện, nước khử khoáng (hay thường gọi là nước Demin - DM) được sản xuất theo quy trình riêng và đảm bảo chất lượng theo quy chuẩn của nhà chế tạo turbine. Nước đầu vào để sản xuất nước Demin là nước thủy cục đã làm sạch hoặc nước ngầm được đưa vào hệ thống lọc, khử tạp chất và các khoáng chất có trong nước để đảm bảo nước có độ tinh khiết cao. Chi phí sản xuất nước Demin và lượng tiêu thụ chiếm một tỷ trọng tương đối lớn trong giá thành sản xuất điện. Mặc dù hệ thống này tuần hoàn nhưng lượng nước bù vào mỗi ngày cho hệ thống phụ thuộc rất nhiều vào thông số vận hành và công nghệ sử dụng. Việc nghiên cứu các thông số vận hành ảnh hưởng đến lượng thất thoát nước Demin và công nghệ turbine sẽ rất quan trọng nhằm giảm thiểu chi phí liên quan đến lượng nước Demin sử dụng trong các nhà máy nhiệt điện (than và khí).

Lượng nước làm mát của các nhà máy nhiệt điện rất lớn, trung bình 95 lít/kWh. Đối với các nhà máy nhiệt điện than yêu cầu khoảng 142 lít/kWh, trong khi các nhà máy điện hạt nhân với hệ thống làm mát tương tự cần

tới 175 lít/kWh. Tại Phòng Thí nghiệm Công nghệ Năng lượng Quốc gia Mỹ (NETL), các nhà khoa học đã thống kê được lượng nước làm mát cho các nhà máy nhiệt điện của Mỹ chiếm 39% lượng nước sạch được sử dụng trên phạm vi cả nước. Việc sử dụng nước cho lĩnh vực điện năng tại Mỹ xấp xỉ 1.100 lít/người/ngày, cao gấp 3 lần nước sinh hoạt được sử dụng trực tiếp trong dân cư (khoảng 378 lít/người/ngày) [1]. Ở Việt Nam, sau khi Nghị định số 154/2016/NĐ-CP ngày 16/11/2016 của Chính phủ về phí bảo vệ môi trường đối với nước thải có hiệu lực, các nhà máy điện được yêu cầu kê khai lượng nước ngọt và nước biển sử dụng làm mát bình ngưng. Các nhà máy điện phải trả một khoản phí tương đối lớn 1,2 - 1,5 tỷ đồng/tháng, chiếm hơn 1/3 quỹ lương của nhà máy [2]. Mỗi loại công nghệ turbine đều yêu cầu rõ về lượng nước Demin và chất lượng nước Demin theo từng nhà sản xuất. Lượng nước Demin cho 2 tổ máy công suất 500MW với hệ thống làm mát ướt, tuần hoàn kín thì yêu cầu chỉ 5% lượng nước khử khoáng, 83% lượng nước làm mát trên tổng lượng nước sử dụng trong nhà máy. Tuy nhiên, chi phí để sản xuất nước Demin cung cấp cho nhà máy chiếm trên 1,47% chi phí sản xuất 1kW điện năng [3]. Qua khảo sát ở một số nhà máy nhiệt điện của PVN, chi phí sản xuất nước Demin bình quân chiếm 1,16 - 1,27% trên 1kW điện năng. Lượng hao hụt do bốc hơi chiếm 75%, do xả blowdown chiếm 23%, do rò rỉ chiếm 2%. Lượng hao hụt là khác nhau đối với

tùng nhà máy do chủ yếu phụ thuộc vào chế độ vận hành và công nghệ của nhà máy [1]. Tìm hiểu chi tiết nguyên nhân gây hao hụt ở từng nhà máy nhiệt điện do quá trình vận hành giúp tìm ra nguyên nhân gây hao hụt, đưa ra phương án giảm thiểu hao hụt là một trong những nhiệm vụ quan trọng.

Trên thế giới có nhiều nghiên cứu về việc tối ưu hiệu quả sử dụng nguồn nước cho các nhà máy nhiệt điện [4 - 8], trong đó chú trọng vào đánh giá hiệu quả sử dụng nguồn nước làm mát bình ngưng [4 - 6]. M.Muthuraman [7] đã nghiên cứu phương pháp giảm lượng nước hóa hơi trong hệ thống làm mát bình ngưng của nhà máy nhiệt điện than 500MW của công ty NTPC (Ấn Độ) bằng cách giảm lượng nước cấp bù (nước make-up) dùng để bù lượng thất thoát do hóa hơi. Khi lượng nước hóa hơi giảm thì lượng xả blowdown cũng giảm tương ứng. Kết quả cho thấy tổng lượng nước tiết kiệm được khoảng 20 - 26m³/giờ. Ngoài ra, một số nghiên cứu quan tâm đến tối ưu lượng nước sử dụng làm mát bằng phương pháp thống kê thực nghiệm (DOE). Ramkumar [5] đã thực hiện nghiên cứu giảm lượng nước làm mát bằng sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt RSM (Response Surface Methodology) và trí tuệ nhân tạo ANN (Artificial Neural Network) khi phân tích các thông số vận hành. Tác giả đã xây dựng mô hình thực nghiệm để dự đoán nhiệt độ nước mát trong tháp làm lạnh với các biến về dòng chảy, dòng không khí, nhiệt độ nước và chiều cao xả là các biến phân tích. Kết quả cho thấy nhiệt độ nước ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất làm mát. Các tham số này đã được tối ưu để nâng cao khả năng vận hành. Ngoài ra, các nghiên cứu [8 - 12] cũng thực hiện cùng hướng nghiên cứu cho các điều kiện vận hành khác và cho kết quả khả quan.

Về mặt ảnh hưởng của công nghệ turbine, công nghệ làm mát khác nhau trong nhà máy nhiệt điện, Michael D.Rutkowski và cộng sự [1] thuộc Phòng Thí nghiệm Kỹ thuật Năng lượng Quốc gia (Mỹ) đã thực hiện nghiên cứu toàn diện về ảnh hưởng của công nghệ làm mát, công nghệ turbine điển hình, các dạng làm mát khác nhau cho các nhà máy điện than và khí tại Mỹ. Nhóm tác giả chỉ ra rằng nhu cầu về nước làm mát trong các nhà máy điện phụ thuộc vào loại hệ thống làm mát được sử dụng chứ không phải phụ thuộc nhiều vào loại nhiên liệu (than, dầu, khí đốt thiên nhiên, uranium, năng lượng mặt trời, sinh khối, năng lượng địa nhiệt). Trong số các nhà máy với cùng loại hệ thống làm mát, lượng nước tiêu thụ cho làm mát chủ yếu được xác định bởi hiệu suất các nhà máy điện đó và không phụ thuộc các loại nhiên liệu sử dụng [1].

Nhìn chung, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của công nghệ turbine, công nghệ làm mát, điều kiện vận hành... đến hiệu quả làm mát bình ngưng và tối ưu hiệu quả làm mát bằng phương pháp thống kê thực nghiệm. Nghiên cứu và đánh giá hiệu quả sử dụng nước khử khoáng ở các nhà máy nhiệt điện chưa được chú trọng, mặc dù có ảnh hưởng đáng kể đến giá thành sản xuất điện năng.

Bài báo này đề cập đến việc nghiên cứu và đánh giá hiệu quả sử dụng nước khử khoáng do điều kiện vận hành ở các nhà máy điện than và điện khí do Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN) vận hành. Phương pháp thống kê thực nghiệm dựa trên mô hình Taguchi sẽ được áp dụng để phân tích ảnh hưởng của 4 thông số chính: nhiệt độ, sản lượng điện, lượng xả blowdown, lượng hóa hơi. Thời gian quan trắc đo mẫu trong thời gian 5 tháng liên tục qua các năm 2016 - 2019. Kết quả được phân tích sơ bộ và sử dụng phần mềm quy hoạch thực nghiệm để xây dựng hàm thực nghiệm. Hàm thực nghiệm này là cơ sở để tối ưu hóa lượng nước khử khoáng sử dụng trong mỗi dạng nhà máy.

2. Khảo sát và thiết kế quy hoạch thực nghiệm

2.1. Đối tượng khảo sát

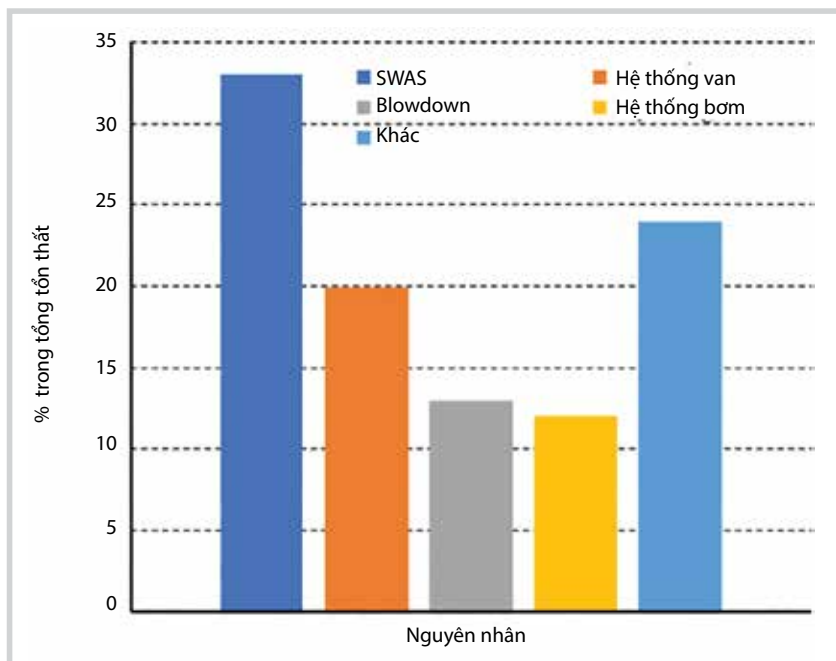
Hiện nay, PVN đang vận hành 5 nhà máy nhiệt điện sử dụng nguồn nguyên liệu chính là: khí thiên nhiên (Nhà máy Điện Nhơn Trạch 1, Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2, Nhà máy Điện Cà Mau 1, Nhà máy Điện Cà Mau 2) và than (Nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng 1). Công nghệ nhiệt điện sử dụng turbine khí chu trình kết hợp (CCGT) cho các nhà máy điện khí và công nghệ SubC cho nhà máy điện than. Công nghệ làm mát gồm làm mát trực lưu và tuần hoàn ướt (Bảng 1).

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bù nước Demin

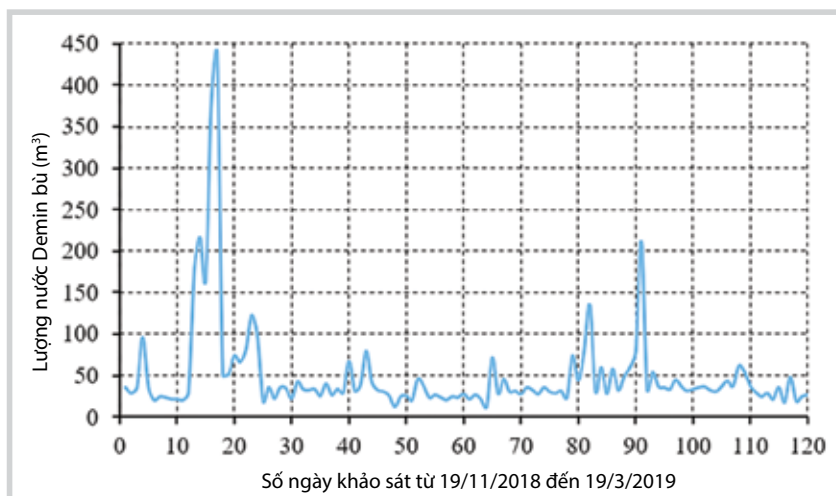
Để phân tích và đánh giá lượng thất thoát nước khử khoáng thì việc xác định sơ bộ các nhân tố ảnh hưởng là rất quan trọng. Các thông tin được nhóm tác giả khảo sát trực tiếp tại hiện trường; phỏng vấn các kỹ sư vận hành và cán bộ kỹ thuật để thống kê và loại trừ các nguyên nhân gây hao hụt nước Demin; đồng thời nghiên cứu công nghệ làm mát, công nghệ turbine. Trong các tài liệu công bố trước đây, Prabhakar [11, 12] cho rằng các nguyên nhân chính gây tổn thất nước Demin là từ hệ thống phân tích hơi (SWAS), rò rỉ qua van và đường ống, xả blowdown, bơm chân không hoặc bơm tràn và các nguyên nhân khác (Hình 1).

Bảng 1. Các nhà máy nhiệt điện được khảo sát

TT	Nhà máy	Công suất (MW)	Nguyên liệu	Công nghệ làm mát	Lưu lượng (m ³ /giây)	Turbine	Nước Demin (m ³ /ngày)
1	Nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng 1	2 × 600	Than	Trực lưu	2 × 23	SubC	600 × 2
2	Nhà máy Điện Cà Mau 1	2 × 750	Khí	Tuần hoàn ướt	2 × 0,7	CCGT	50 × 2
3	Nhà máy Điện Cà Mau 2						
4	Nhà máy Điện Nhơn Trạch 1	450	Khí	Trực lưu	12		400
5	Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2	750			63	60	



Hình 1. Các nguyên nhân gây tổn thất nước khử khoáng và tỷ trọng [3]



Hình 2. Lượng nước Demin cấp bù tại Nhà máy Điện Cà Mau 1

Kết quả khảo sát thực tế tại các nhà máy điện (Nhơn Trạch 1, Nhơn Trạch 2, Cà Mau 1, Cà Mau 2 và Vũng Áng 1) cho thấy tổn thất nước Demin từ quá trình khởi động được ghi nhận là một nguyên nhân cần được xem xét. Tuy nhiên, ở thời điểm hiện tại số liệu thu thập từ các nhà máy liên quan đến hao hụt nước khử khoáng khi khởi động lò hơi chưa đủ để phân tích chi tiết nên trong nghiên cứu này chưa đề cập [8 - 11]. Đây là quá trình không

thường xuyên nhưng tỷ trọng mất mát từ quá trình khởi động là không thể bỏ qua. Trong khuôn khổ giới hạn, số liệu thu được từ Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 sẽ được lấy đại diện để phân tích quy hoạch thực nghiệm. Các nhà máy khác sẽ áp dụng tương tự quá trình đánh giá và phân tích này.

Việc kiểm tra sự phụ thuộc của lượng nước Demin tiêu thụ hàng ngày trong nhà máy được thực hiện qua các kiểm định phân phối, kiểm định ANOVA và các kiểm định bằng phương pháp đồ thị. Kết quả cho thấy có sự phụ thuộc của lượng nước Demin tiêu thụ tính theo sản lượng điện vào nhiệt độ môi trường. Tuy nhiên, chưa thể chỉ rõ được mối quan hệ này bởi vì trên lý thuyết và theo ý kiến của các chuyên gia công tác tại các nhà máy nhiệt điện lượng Demin tiêu thụ còn phụ thuộc vào sản lượng điện kế hoạch tháng/quý/năm.

Lượng nước Demin cấp bù ở Nhà máy Điện Cà Mau 1 dao động rộng từ 20 m³/ngày đến 436 m³/ngày. Thời gian khảo sát từ ngày 19/11/2018 đến ngày 19/3/2019 như Hình 2. Lượng nước cấp bù ở trên được thấy do thất thoát từ các nguyên nhân như: i) lượng nước thất thoát xả về blowdown: thu gom toàn bộ lượng nước - hơi nước không đạt chuẩn trong chu trình nước - hơi nước, đồng thời là các thất thoát từ van đường ống trong chu trình nước - hơi nước; ii) lượng nước - hơi nước thất thoát do phân tích, lấy mẫu để kiểm tra chất lượng nước vào lò hơi; iii) thất thoát do bay hơi; iv) thất thoát do một phần lượng nước khử khoáng được châm vào trong hệ thống

làm mát turbine khí, turbine hơi và hệ thống làm mát các thiết bị khác trong chu trình nước - hơi nước tuy nhiên việc châm này không thường xuyên và mất mát có thể tính là rất nhỏ.

Trong các thất thoát trên thì thất thoát do hơi là không thể đo được mà chỉ có thể quan sát được và cũng phụ thuộc vào nhiệt độ và độ ẩm không khí mới có thể ghi nhận và ước lượng lại được là nhiều hay ít. Thất thoát do hơi về mặt lý thuyết có thể tính toán được dựa vào chu trình hơi nước và trên lý thuyết cũng phụ thuộc vào sản lượng điện và nhiệt độ [9]. Tuy nhiên, việc tính toán thất thoát do hơi chỉ dựa trên quy trình vận hành mà cụ thể là nhiệt độ, áp suất và theo đó là trạng thái hơi bão hòa là chưa đủ vì còn phụ thuộc vào các thất thoát tại các van xả/đóng mở, dọc đường hơi và có sự biến thiên lớn khi xả lò, lò hơi bị rò rỉ. Do đó, lượng thất thoát do hơi chỉ có thể tính toán bằng cách loại bỏ hết các thất thoát nước trong chu trình nước - hơi nước ra khỏi lượng nước Demin tiêu thụ.

Thất thoát nước do lấy mẫu có thể được đo chính xác bằng 2 phương pháp: phương pháp cộng trung bình của lưu lượng chảy qua các vòi lấy mẫu; phương pháp đo thực nghiệm bằng cách lấy trung bình của tổng lưu lượng chảy qua tất cả các vòi. Kết quả đo cho thấy lượng nước lấy mẫu được thực hiện theo đúng quy trình quy định và lượng nước này tuy có khác nhau ở từng nhà máy phụ thuộc vào lượng nước Demin tiêu thụ và các quy chuẩn khác của vendor, nhưng là hằng số với thời gian. Do đó lượng nước Demin tiêu thụ/thất thoát không phụ thuộc vào lượng nước lấy mẫu hàng ngày, tuy nhiên lượng nước lấy mẫu cũng chiếm một tỷ trọng đáng kể khi tính toán thất thoát nước Demin tiêu thụ. Tóm lại, các yếu tố có thể đo được và gây ảnh hưởng đến lượng nước Demin tiêu thụ trong nhà máy bao gồm: nhiệt độ môi trường; sản lượng điện; lượng nước xả về blowdown; lượng thất thoát hơi.

2.3. Thiết kế quy hoạch thực nghiệm

Trong công nghiệp, để tính toán được sự ảnh hưởng của các yếu tố trên đến lượng nước Demin tiêu thụ thường hay sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm (DOE). Ưu điểm của phương pháp này là giúp xác định sự ảnh hưởng mà không cần phải tiến hành đầy đủ các thí nghiệm kiểm chứng. Có nhiều phương pháp quy hoạch thực nghiệm mà yêu cầu số lượng thực nghiệm phải tiến hành khác nhau, tuy nhiên số lượng thực nghiệm cần phải tiến hành sẽ không nhiều. Một số nghiên cứu trước đây sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt RSM kết hợp với trí tuệ nhân tạo [5], và phương pháp Taguchi để phân tích và tối ưu các yếu tố ảnh hưởng đến lượng nước sử dụng

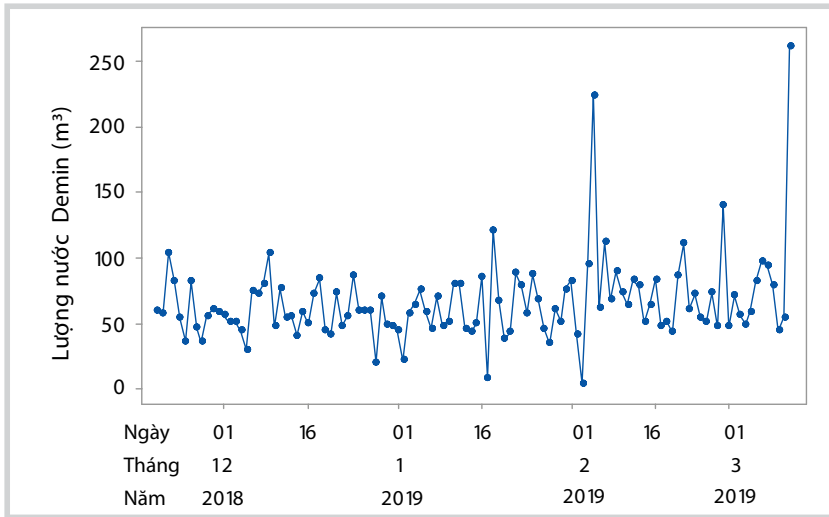
làm mát [4 - 8]. Nhìn chung, 2 phương pháp trên rất phù hợp cho việc phân tích thống kê một cách đơn giản và hiệu quả, dễ dàng áp dụng trong thực tiễn công nghiệp. Trong các phương pháp quy hoạch thực nghiệm nói trên, nghiên cứu này tập trung vào phương pháp Taguchi để kiểm tra sự ảnh hưởng của 4 yếu tố (nhiệt độ môi trường; sản lượng điện; lượng nước xả về blowdown; lượng thất thoát hơi) đến lượng nước Demin sử dụng. Thêm vào đó phương pháp này cũng cho phép tìm được phương án tối ưu khi vận hành để lượng nước Demin thất thoát là nhỏ nhất trong điều kiện vận hành ổn định của nhà máy.

Phương pháp Taguchi được xây dựng dựa trên chất lượng của sản phẩm. Chất lượng trong trường hợp ở đây chính là sự vận hành ổn định của hệ thống thiết bị bao gồm toàn bộ các thiết bị và chu trình vận hành nước - hơi nước của nhà máy. Trái ngược với chất lượng là sự giảm thiểu (mất mát) thể hiện qua các biến đổi có tính hệ thống hoặc các hiện tượng không mong muốn xuất hiện làm ảnh hưởng đến chất lượng. Có thể tính toán được chất lượng thông qua mất mát và nếu thất thoát càng ít thì chất lượng càng cao. Trong trường hợp này là sự thất thoát của lượng nước Demin khi nhà máy vận hành ổn định.

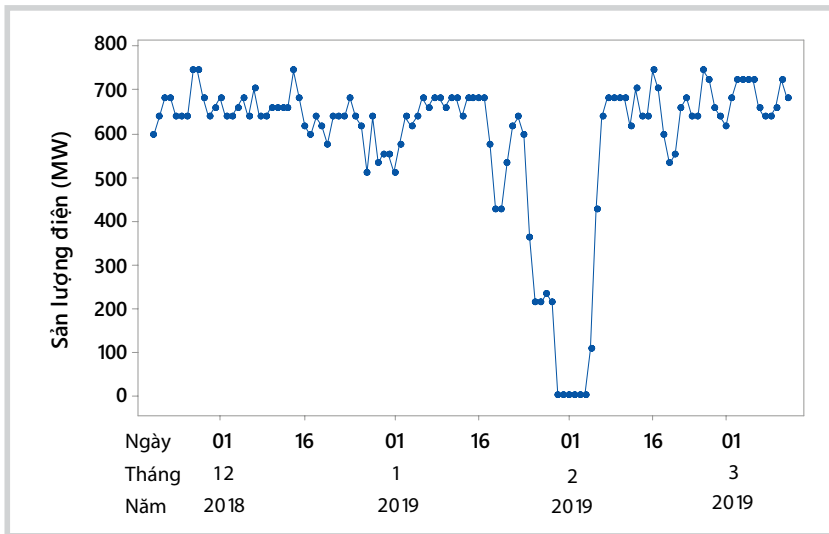
Bằng phương pháp thống kê đã được thực hiện ở phần trên có thể tính được giá trị trung bình của lượng nước tiêu thụ cũng như khoảng tin cậy 95% và các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất. Đây là phương pháp thống kê truyền thống. Kết quả của phương pháp phân tích truyền thống với các quy trình công nghiệp cho biết khoảng tin cậy để hệ thống vận hành ổn định, có nghĩa là nếu nằm trong khoảng này thì sự mất mát về chất lượng là chấp nhận được. Một ví dụ nữa là khi có sự thay đổi về sản lượng điện, có thể thấy nhu cầu về nước Demin tăng lên, nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép, nghĩa là sự mất mát là bằng 0. Tuy nhiên nếu tiếp tục tăng sản lượng điện thì sự mất mát này có thể trở nên đáng kể và sự phụ thuộc của lượng nước Demin tiêu thụ vào sản lượng điện không phải là hàm tuyến tính, bởi vì lượng tiêu thụ này còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác (như nhiệt độ) mà điều này không thể xác định được bằng các phương pháp thống kê truyền thống.

Bản chất của phương pháp Taguchi là người thực nghiệm/người vận hành phải giảm thiểu tối đa sự biến đổi của lượng nước Demin khi có sự tác động của các yếu tố gây biến đổi và phải tăng tối đa sự thay đổi đó bằng các yếu tố điều khiển.

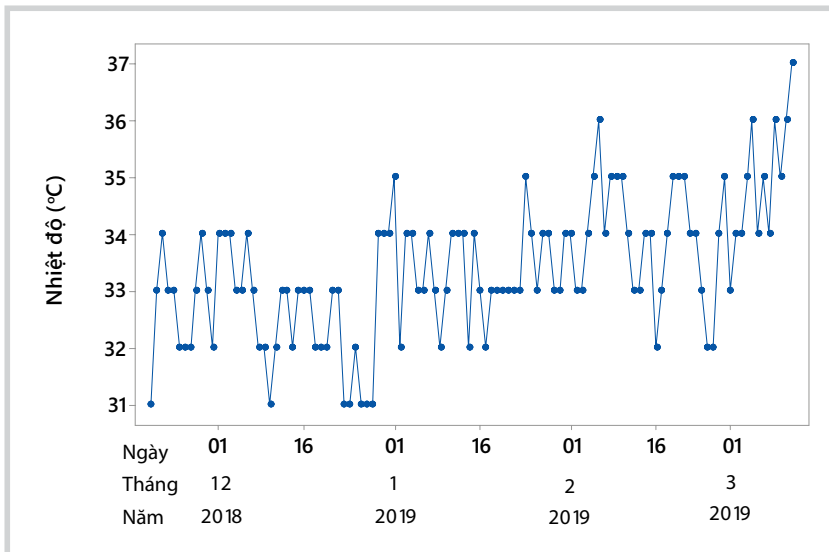
Các yếu tố gây biến đổi chính là các yếu tố nằm ngoài quyền kiểm soát của người vận hành, đó chính là nhiệt độ



Hình 3. Phân bố lượng nước Demin tiêu thụ tại Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 trong giai đoạn khảo sát



(a)



(b)

Hình 4. Phân bố của sản lượng điện (a) và nhiệt độ môi trường (b) tại Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 trong giai đoạn khảo sát

môi trường. Các yếu tố điều khiển ở đây là các yếu tố có thể kiểm soát và thay đổi được bởi người vận hành như: sản lượng điện; lượng nước xả từ blowdown và lượng thất thoát hơi, hoặc góc quay van để điều chỉnh lưu lượng, các công tác đóng mở và các yếu tố điều khiển khác. Mục tiêu của thử nghiệm để tăng chất lượng sẽ phải là thiết lập các thông số điều khiển tốt nhất trong quá trình sản xuất để tỷ số giữa yếu tố điều khiển và yếu tố gây biến đổi là lớn nhất, hay nói cách khác là để các yếu tố trong thực nghiệm đều được xem là yếu tố điều khiển.

Với đặc thù vận hành tại nhà máy nhiệt điện, thực nghiệm với yêu cầu tính đến các yếu tố ảnh hưởng nằm trong chu trình nước - hơi nước là không thể tiến hành được. Tuy vậy, quá trình thao tác vận hành của nhà máy được điều khiển tự động hóa và có sự giám sát của tổ vận hành với mục đích duy trì hoạt động ổn định của nhà máy. Và điều này lại thỏa mãn yêu cầu của quy hoạch thực nghiệm theo phương pháp Taguchi. Phân tích DOE được thực hiện tại Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 với số liệu thu thập được lấy trong 5 tháng (119 ngày) từ 19/11/2018 đến 18/3/2019 bao gồm lượng nước Demin tiêu thụ, sản lượng điện, lượng xả từ blowdown và dữ liệu về nhiệt độ môi trường cũng trong khoảng thời gian trên từ trạm quan trắc được đặt gần nhất với vị trí của nhà máy. Các thay đổi theo thời gian của các giá trị khảo sát trên được thể hiện trong các Hình 3 - 5.

Sau đó các bậc giá trị và khoảng lựa chọn của các yếu tố gây ảnh hưởng đến lượng hao hụt nước Demin được tính toán dựa trên biểu đồ phân phối (histogram) của từng yếu tố và phải phù hợp với yêu cầu của phương pháp lựa chọn Taguchi. Các giá trị này được thể hiện trong Bảng 2.

Trong đó với yếu tố (A) Nhiệt độ có 6 bậc giá trị và các yếu tố còn lại (B), (C),

(D) có cùng 3 bậc giá trị là thấp, trung bình và cao. Ma trận thực nghiệm theo phương pháp Taguchi được thể hiện trong Bảng 3.

Dựa trên ma trận thực nghiệm, tiến hành 18 thực nghiệm theo yêu cầu về các bậc giá trị tương ứng trong từng hàng của ma trận. Ứng với mỗi loại

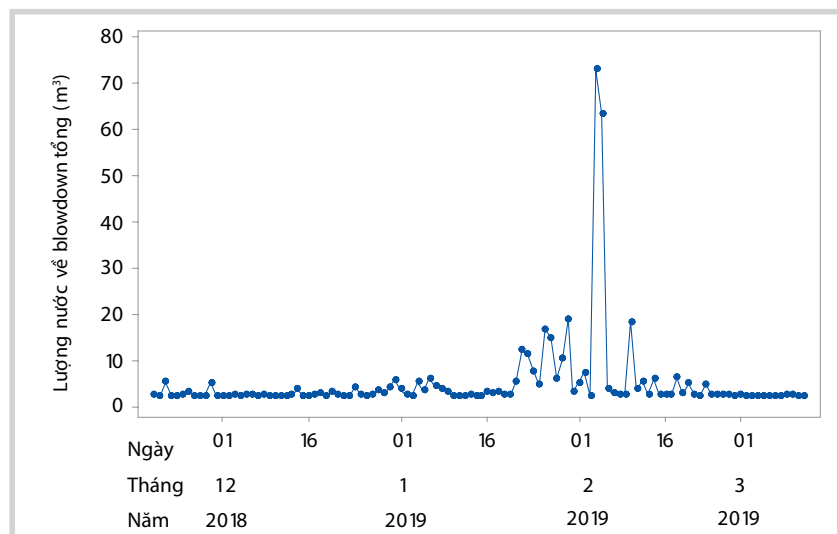
thực nghiệm sẽ tiến hành lập lại các thí nghiệm đó để lấy giá trị trung bình của lượng nước Demin. Chỉ cần trích xuất từ dữ liệu thực tế về lượng nước Demin tiêu thụ. Ma trận thực nghiệm Taguchi được xây dựng trên sơ đồ 4 x 3. Bởi vì mục đích của thực nghiệm là để xác định giá trị nhỏ nhất của lượng nước Demin tiêu thụ nên sẽ chọn tỷ số S/N (the signal to noise ratio) là nhỏ nhất (the smaller is better). Thêm vào đó khi xử lý phân tích, kiểm tra mối quan hệ phụ thuộc giữa các yếu tố A, B, C, D lẫn nhau (biểu diễn dưới dạng AB, AC, AD, BC, BD và CD) cũng được tiến hành.

3. Kết quả và thảo luận

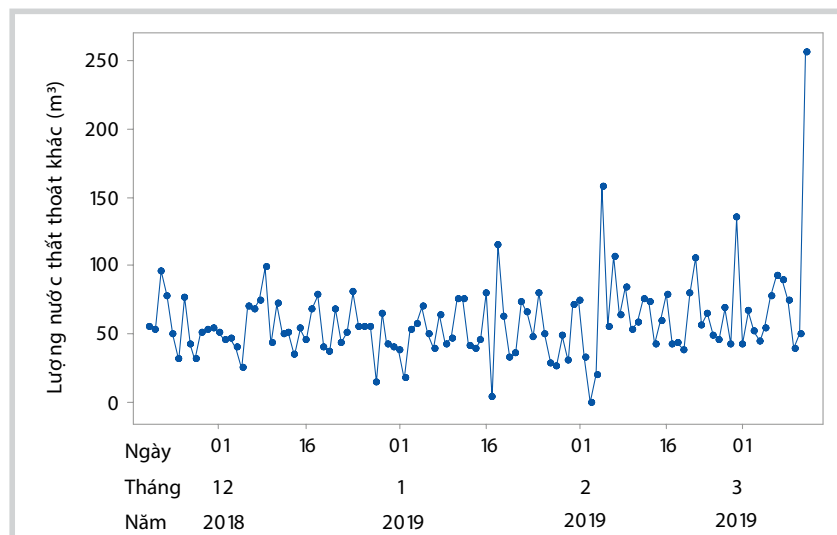
Kết quả phân tích quy hoạch thực nghiệm theo phương pháp Taguchi cho thấy không có sự ảnh hưởng chung của các yếu tố A, B, C, D mà cụ thể là AB, AC, AD, BC, BD và CD đến lượng nước Demin tiêu thụ.

Để đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố đến lượng nước Demin tiêu thụ, sử dụng 2 giá trị phản hồi đó là giá trị kỳ vọng toán và tỷ số S/N. Giá trị P-values được dùng để xác định độ ảnh hưởng của các yếu tố có mang ý nghĩa thống kê hay không và theo mức độ nào và dùng các hệ số để xác định mức độ ảnh hưởng.

Với số liệu thu được từ Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 trích xuất ra tương ứng với ma trận thực nghiệm cho thấy giá trị của các P-value < 1. Cụ thể là đối với tỷ số S/N, chỉ có giá trị P-value của



(a)



(b)

Hình 5. Phân bố lượng nước xả blowdown (a) và lượng thất thoát hơi (b) tại Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 trong giai đoạn khảo sát

Bảng 2. Các bậc giá trị và khoảng lựa chọn của các yếu tố

Yếu tố	Bậc giá trị						Độ lớn của khoảng	
	Bậc	1	2	3	4	5		6
(A) Nhiệt độ	Giá trị	31	32	33	34	35	36	1
	Bậc	(1) Mức thấp		(2) Mức trung bình		(3) Mức cao		
(B) Sản lượng điện	Giá trị	530		640		750		110
	Bậc	(1) Mức thấp		(2) Mức trung bình		(3) Mức cao		
(C) Lượng nước xả blowdown	Giá trị	2		2,5		3		0,5
	Bậc	(1) Mức thấp		(2) Mức trung bình		(3) Mức cao		
(D) Thất thoát hơi	Giá trị	40		50		60		10
	Bậc	(1) Mức thấp		(2) Mức trung bình		(3) Mức cao		

Bảng 3. Ma trận thực nghiệm Taguchi

TT	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	1	2
5	2	2	2	3
6	2	3	3	1
7	3	1	2	1
8	3	2	3	2
9	3	3	1	3
10	4	1	3	3
11	4	2	1	1
12	4	3	2	2
13	5	1	2	3
14	5	2	3	1
15	5	3	1	2
16	6	1	3	2
17	6	2	1	3
18	6	3	2	1

Bảng 4. Kết quả phân tích ANOVA cho tỷ số S/N

Nguồn	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	S	R-Sq	R-Sq(adj)
A	5	2,6247	2,6247	0,5249	0,51	0,761	1,0140	81,40%	80,13%
B	2	0,4036	0,4036	0,2018	0,20	0,827			
C	2	0,5763	0,5763	0,2881	0,28	0,765			
D	2	23,3966	23,3966	11,6983	11,38	0,009			
Sai số dư	6	6,1690	6,1690	1,0282					
Tổng	17	33,1702							

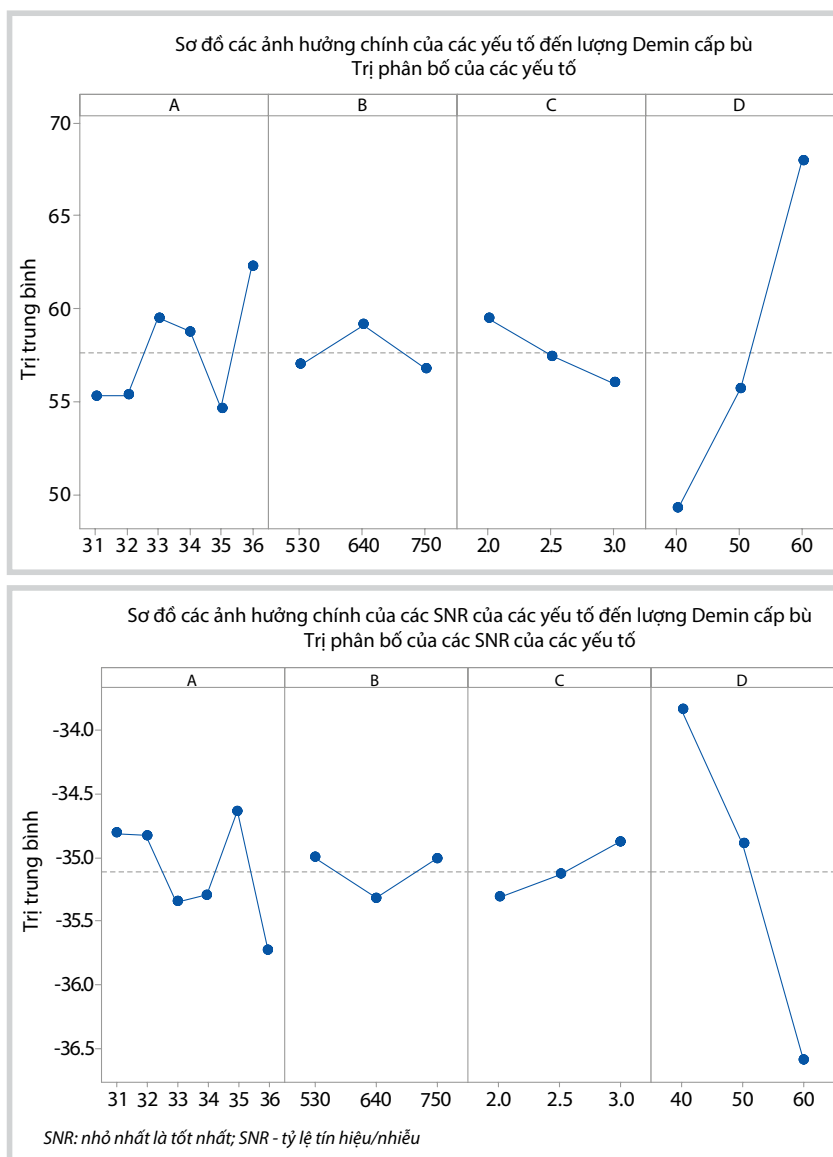
Bảng 5. Kết quả phân tích ANOVA cho kỳ vọng toán học của các ảnh hưởng

Nguồn	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	S	R-Sq	R-Sq(adj)
A	5	136,28	136,28	27,26	0,57	0,724	6,9229	81,61%	80,90%
B	2	20,46	20,46	10,23	0,21	0,814			
C	2	36,72	36,72	18,36	0,38	0,697			
D	2	1082,90	1082,90	541,45	11,30	0,009			
Sai số dư	6	287,56	287,56	47,93					
Tổng	17	1563,92							

D là $0,009 < 0,05$ thể hiện mức độ ảnh hưởng mang tính thống kê, điều này dễ hiểu bởi thất thoát do bay hơi là không thể tính được và do đó là phần trừ đi của lượng nước xả blowdown, lượng nước phân tích mẫu từ lượng nước Demin tiêu thụ.

Giá trị tuyệt đối của hệ số lấy từ Bảng 5 cho thấy giá trị trung bình của các đặc trưng phản hồi từ các yếu tố. Trong bảng cũng có xếp bậc dựa trên trị số thống kê Delta dùng để thể hiện độ lớn của sự ảnh hưởng. Trị số thống kê Delta

được lấy bằng giá trị ảnh hưởng lớn nhất trừ đi giá trị nhỏ nhất của các bậc giá trị. Ngoài ra các hệ số mô hình chỉ rõ hơn mức độ ảnh hưởng của từng bậc giá trị. Kết quả thực nghiệm cho thấy đối với cả chỉ số S/N và giá trị trung bình thất thoát hơi luôn gây ra ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo đó là ảnh hưởng của nhiệt độ rồi đến lượng xả blowdown và cuối cùng ít ảnh hưởng nhất trong 4 yếu tố trên là sản lượng điện.



Hình 6. Các ảnh hưởng chính đến lượng nước Demin bù

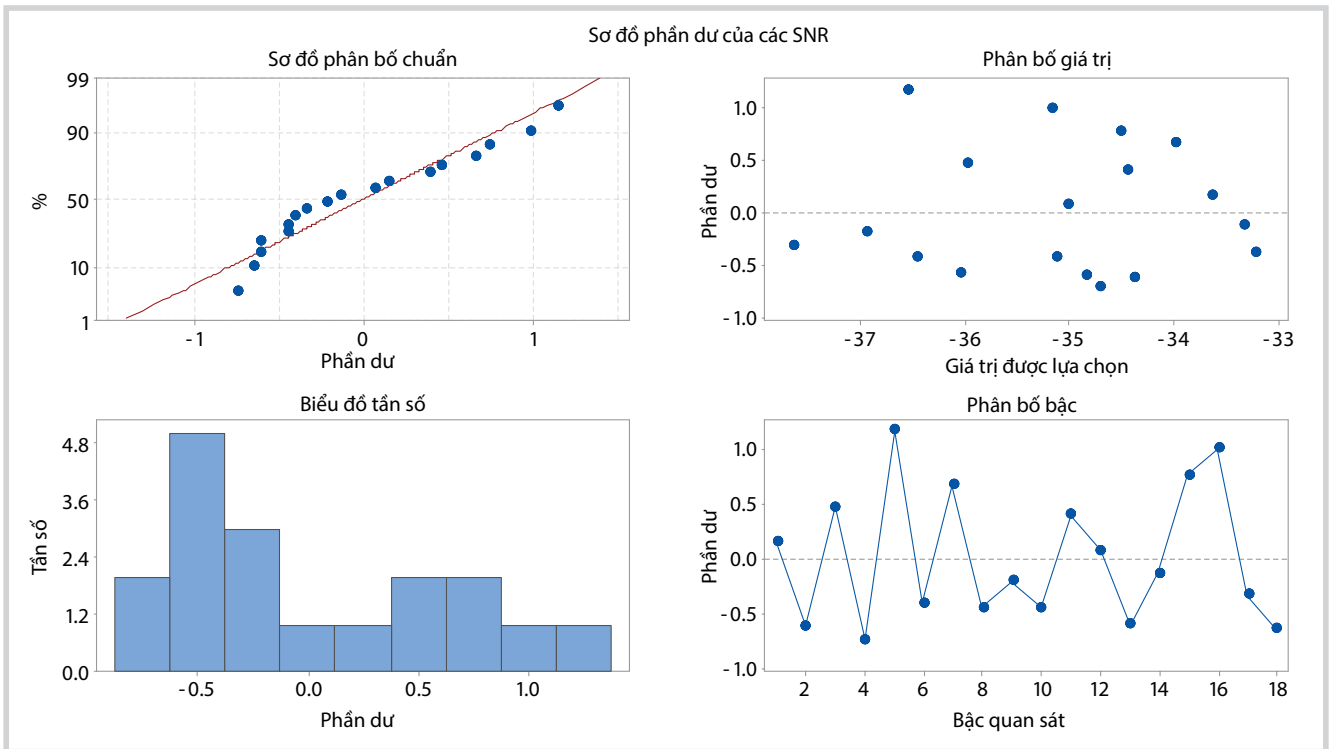
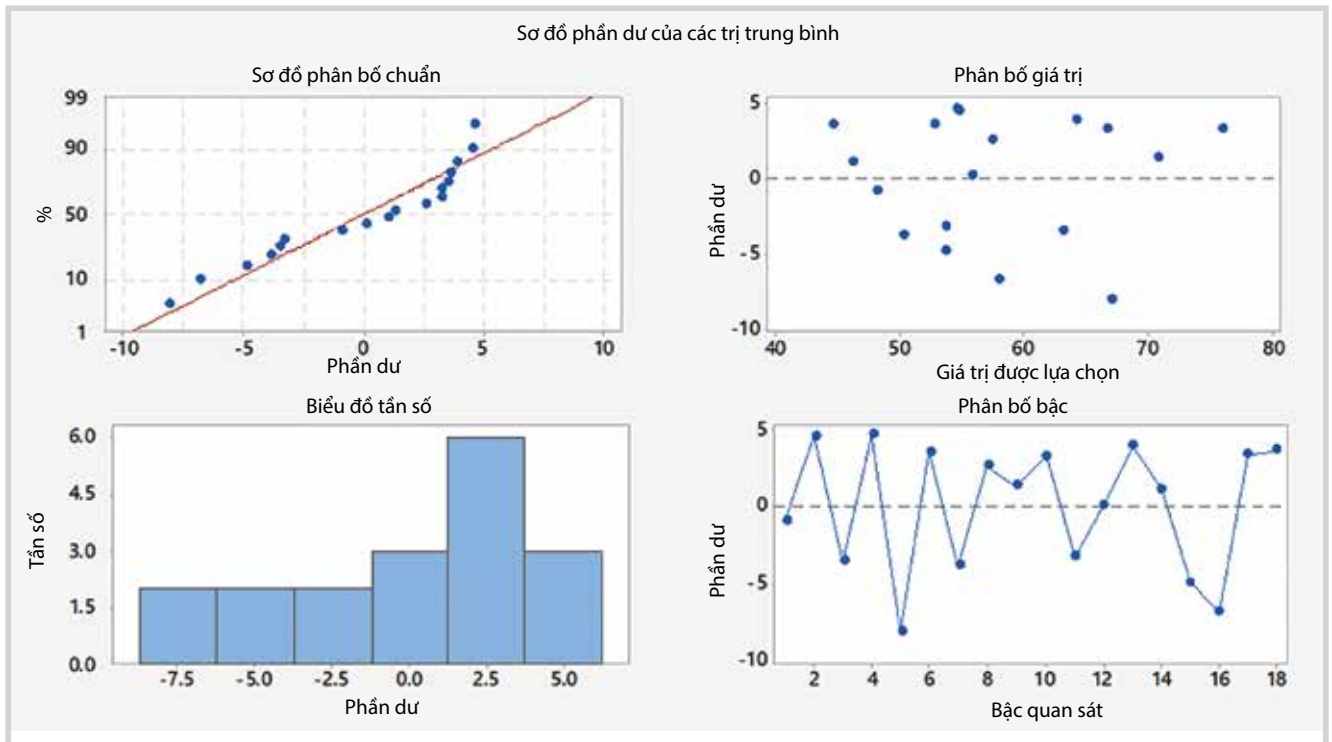
Trong thực nghiệm này mục đích mong muốn đạt được thất thoát lượng nước Demin là thấp nhất tương ứng với việc giá trị kỳ vọng toán là nhỏ nhất. Quan sát Hình 6 cho thấy giá trị nhỏ nhất của kỳ vọng toán đạt được ở: A - bậc 5 (35°C); B - bậc 3 (750); C - bậc 3 (3,0); D - bậc 1 (40) và cũng tương tự như vậy đối với tỷ số S/N, giá trị nhỏ nhất tìm thấy được ở điểm trên. Có thể dễ dàng thấy được mối quan hệ này trên đồ thị các ảnh hưởng chính đến kỳ vọng toán và tỷ số S/N.

Sử dụng module quy hoạch thực nghiệm trong DOE có thể dự đoán về chỉ số S/N và giá trị trung bình của lượng nước Demin tiêu thụ tại những bậc giá trị cụ thể của các yếu tố. Bảng 6 là kết quả từ việc dự đoán tại các bậc giá trị ghi nhận giá trị nhỏ nhất của kỳ vọng toán và tỷ số S/N.

Có thể kết luận ở điều kiện nhiệt độ 35°C, để đạt được công suất tối đa là 750MW, với lượng nước xả về blowdown là 3m³/ngày và lượng thất thoát hơi trong chu trình nước - hơi nước là 40m³ thì lượng nước Demin tiêu thụ của nhà máy sẽ là thấp nhất và đạt giá trị là 43,8m³. Với giá trị này

thì lượng nước thất thoát do lấy mẫu được nhà máy cung cấp là 2,88m³ chiếm 6,5% lượng nước Demin tiêu thụ. Trong khi đó lượng nước thất thoát do lấy mẫu đo đạt được từ Nhà máy Điện Cà Mau 1 là 13,84m³ chiếm 27,7% lượng Demin tiêu thụ trung bình của nhà máy (50m³). Lượng nước thất thoát do lấy mẫu ở Nhà máy Điện Nhơn Trạch 1, Nhà máy Điện Cà Mau 2 và Nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng 1 cũng lần lượt là 13,42m³, 13,84m³, 24m³ cho thấy có sự dao động và chiếm tỷ trọng lớn trong lượng nước Demin tiêu thụ. Các kết quả phân tích quy hoạch thực nghiệm tại các nhà máy nhiệt điện được tổng hợp trong Bảng 7.

Có thể thấy là với cùng công nghệ turbine hơi SST5-5000, chu trình nước và hơi nước của Siemens thì lượng nước khử khoáng tiêu thụ ở Nhà máy Điện Cà Mau 1 & 2 và Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 theo thiết kế lần lượt là 50 và 60m³/ngày ứng với sản lượng điện là 750MW. Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 đi vào vận hành từ năm 2010 với công nghệ điều khiển tiên tiến giúp cho việc vận hành của nhà máy luôn ở trạng thái vận hành ổn định. Kết quả thu được từ quy hoạch thực nghiệm cũng cho thấy với sản lượng điện vận hành ổn định là 750MW thì lượng Demin tiêu thụ thực tế là 43,8m³/ngày. Trong khi đó, Nhà máy Điện Cà Mau 1 - 2 với sản lượng điện vận hành ở mức thấp hơn so với thiết kế là 300 và 400MW, lượng Demin tiêu thụ tương ứng là 21,3 và 22,9m³/ngày. Công nghệ được sử dụng ở Nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng 1 cũng cho thấy với sản lượng điện là 1.000MW thì lượng Demin tiêu thụ nhỏ nhất, hay nói cách khác là lượng Demin tiêu thụ khi hệ thống vận hành ổn định không xảy ra sự cố là 937,7m³/ngày. Trong khi đó với số liệu thiết kế 1.200MW thì lượng Demin tính toán được từ chu trình nước - hơi nước là 1.200m³/ngày. Nhà máy Nhiệt điện Vũng Áng 1 sử dụng turbine hơi TC4F-36 của Toshiba vận hành ở áp suất hơi 167



Hình 7. Mô tả phần dư của mô hình hồi quy

Bảng 6. Giá trị dự đoán tại các bậc giá trị

Tỷ số S/N	Giá trị trung bình	Giá trị thiết lập			
		A	B	C	D
-33,0223	43,7833	35	750	3	40

Bảng 7. Kết quả quy hoạch thực nghiệm tại các nhà máy nhiệt điện

Tính chất	Cà Mau 1	Cà Mau 2	Nhơn Trạch 1	Nhơn Trạch 2	Vũng Áng 1
Nhiệt độ (°C)	27	29	33	35	31
Sản lượng điện (MW)	300	400	235	750	1.000
Xả blowdown (m ³ /ngày)	4	2	85	3	200
Thất thoát hơi (m ³ /ngày)	6	30	310	40	900
Lượng Demin tiêu thụ nhỏ nhất (m ³ /ngày)	21,3	22,9	342,1	43,8	937,7
Sản lượng điện thiết kế (MW)	750	750	450	750	2 × 600
Lượng Demin tiêu thụ theo thiết kế (m ³ /ngày)	50	50	400	60	2 × 600

bar và nhiệt độ hơi là 538°C. Nhà máy Điện Nhơn Trạch 1 sử dụng công nghệ turbine hơi của GE tiêu thụ một lượng lớn nước Demin theo thiết kế là 400 m³/ngày, sản lượng điện thiết kế là 450MW. Với sản lượng điện là 235MW theo tính toán của phương pháp quy hoạch thực nghiệm dựa trên số liệu vận hành thực tế của nhà máy thì lượng Demin tiêu thụ là 342,1m³/ngày. So sánh với Nhà máy Ashuganj 400MW (nằm ở phía Đông của Bangladesh) chu trình hỗn hợp, cùng công nghệ của GE, với lượng Demin tiêu thụ là 11 m³/giờ cho công suất 225MW tương đương với 264 m³/ngày [13]. Các tính toán của quy hoạch thực nghiệm cho ra con số chính xác của lượng Demin tiêu thụ ứng với thời điểm vận hành ổn định và không xảy ra sự cố, đồng thời cũng chỉ ra được yếu tố ảnh hưởng về mặt công nghệ đến lượng Demin tiêu thụ này.

4. Kết luận

Quá trình phân tích quy hoạch thực nghiệm theo dữ liệu vận hành của Nhà máy Điện Nhơn Trạch 2 rút ra kết luận như sau:

- Kết quả trích xuất từ ảnh hưởng của các biến khảo sát chính đến lượng nước Demin (Hình 6) cho thấy sự ảnh hưởng của nhiệt độ là đáng kể. Mức ảnh hưởng từ 55 - 63%. Nhiệt độ trên 36°C có ảnh hưởng rất lớn đến lượng nước Demin tiêu thụ.
- Lượng nước Demin tiêu thụ trên sản lượng điện có sự phụ thuộc vào sản lượng điện và phân bố theo tháng đạt giá trị lớn nhất từ tháng 2 - 4 và thấp nhất là vào tháng 7.
- Lượng nước Demin nhỏ nhất có thể đạt được dựa trên số liệu từ nhà máy là 43,8m³/ngày, số này khá sát với giá trị thiết kế của nhà máy (50m³/ngày) với cùng công suất là 750MW.
- Ảnh hưởng đến lượng nước Demin tiêu thụ xếp theo thứ tự: thất thoát hơi → nhiệt độ → xả blowdown → sản lượng điện.

Từ kết luận trên, cần chú ý trong công tác vận hành

nhà máy theo các phương án sau:

- Tổn thất do khởi động lò hơi: Tối ưu hóa quá trình vận hành, hạn chế thấp nhất số lần phải khởi động lò hơi; huấn luyện, nâng cao tay nghề kỹ sư vận hành quá trình khởi động lò hơi.
- Giảm tổn thất nước - hơi nước từ hệ thống phân tích (SWAS): Huấn luyện đội ngũ kỹ thuật viên định kỳ về công tác phân tích mẫu và tầm quan trọng của nước khử khoáng; cân nhắc việc đóng hệ thống lấy mẫu nước sau khi lấy mẫu xác định thời gian mở van trước khi lấy mẫu nước lần kế tiếp để bảo đảm độ chính xác và tránh tổn thất nước khử khoáng.
- Giảm tổn thất nước - hơi nước qua hệ thống van (binh chứa và đường ống): Sử dụng kết hợp hệ thống van tự động với các điều khiển mức trong bình chứa; tổng kiểm tra định kỳ hệ thống van và bình chứa ít nhất 4 lần/năm; kiểm tra và phát hiện sớm các bất thường trong báo cáo hao hụt nước khử khoáng hằng ngày để xử lý kịp thời nếu có sự cố; kiểm tra định kỳ hệ thống đường ống; đối với các đường ống hơi cao áp, công ty cần phải có kế hoạch bảo trì hằng năm.
- Hệ thống blowdown: Thiết kế tái sử dụng nước từ bồn blowdown.
- Hệ thống bơm: Kiểm tra định kỳ, gia cố các đầu nối, đầu xả và điểm có nguy cơ rò rỉ nước khử khoáng trên bơm.

Tài liệu tham khảo

1. Gary J.Stiege, James R.Longanbach, Michael D.Rutkowski. *Power plant water usage and loss study*. The United States Department of Energy National Energy Technology Laboratory. 2007.
2. Tạp chí Năng lượng Việt Nam. *Nước tuần hoàn trực lưu nhà máy nhiệt điện: “Đóng thuế môi trường là vô lý”*. 28/11/2012.

3. Ana Delgado, Howard J. Herzog. *A simple model to help understand water use at power plants*. Massachusetts Institute of Technology. 2012.
4. R. Ramkumar, A. Ragupathy. *Optimization of cooling tower performance with different types of packings using Taguchi approach*. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2015; 37: p. 929 - 936.
5. Ramkumar Ramakrishnan, Ragupathy Arumugam. *Optimization of operating parameters and performance evaluation of forced draft cooling tower using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN)*. Journal of Mechanical Science and Technology. 2012; 26(5): p. 1643 - 1650.
6. Mustafa Bahadır Özdemir. *Optimization of process parameters of ground source heat pumps for space heating applications with Taguchi method*. Journal of Polytechnic. 2018; 21(4): p. 991 - 998.
7. M. Muthuraman. *Reduction in power plant specific water consumption*. International Power Plant O & M Conference. 2016.
8. Ram Kumar, Ragupathy Arumugam. *Optimization of cooling tower performance analysis using Taguchi method*. Thermal Science. 2013.
9. Central Electricity Authority New Delhi. *Report on minimisation of water requirement in coal based thermal power stations*. 2012.
10. T. Sudhakar, B. Anjaneya Prasad, K. Prahlada Rao. *Implementation of Six Sigma for improved performance in power plants*. Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2015; 12(5), p. 15 - 23.
11. Himanshu Kumar, Anurag Singh. *DM make up water reduction in power plants using DMAIC methodology a Six Sigma approach*. International Journal of Scientific and Research Publications. 2014; 4(2).
12. Prabhakar Kaushik, Dinesh Khanduja. *Application of Six Sigma DMAIC methodology in thermal power plants: A case study*. Total Quality Management. 2009; 20(2): p. 197 - 207.
13. Environmental Impact Assessment. *Bangladesh: Power system expansion and efficiency improvement investment program (Tranche 3)*. Ashuganj 400MW Combined Cycle Power Plant (East). 2016.

STUDYING AND EVALUATING THE USE OF DEMINERALISED WATER IN THERMAL POWER PLANTS

Le Van Sy¹, Nguyen Phan Anh¹, Vu Minh Hung¹, Nguyen Ha Trung²

¹Petrovietnam University

²Hanoi University of Science and Technology

Email: sylv@pvu.edu.vn

Summary

Demineralised water directly affects the cost of electricity production and the efficiency of the thermal power plant and depends on a lot of technological parameters and plant operation process. Researching and evaluating the use of demineralised water help save production costs and improve the efficiency of thermal power plants' operation. In this paper, the operational parameters affecting the amount of demineralised water were studied and analysed as the basis for the DOE analysis. The data input was investigated at the thermal power plants in Vietnam. The results of empirical statistical analysis identify the factors that influence the consumption of demineralised water, from which recommendations are made for measures to optimise the amount of demineralised water used in each plant.

Key words: Demineralised water, DOE, thermal power plant, water consumption, water environment.