

VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ HƠI MỚI TỚI HIỆU SUẤT NHIỆT CỦA THIẾT BỊ TUABIN LOẠI 600 MW

Phạm Văn Tân¹, Nguyễn Đức Quyền², Lâm Tấn Lộc³

^{1,2}Khoa Năng lượng Nhiệt - Trường Cơ Khí - Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

³Công ty Nhiệt điện Duyên Hải, EVNGENCO1

E-mail: tan.phamvan@hust.edu.vn; quyen.nguyenduc@hust.edu.vn; loclt@tpcdyenhai.com.vn

Tóm tắt: Bài báo này giới thiệu về ảnh hưởng của thông số hơi đầu vào tuabin đến hiệu suất kinh tế kỹ thuật của tổ máy loại 600 MW trong nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam.

Từ khóa: nhiệt độ hơi mới, áp suất hơi mới, hiệu suất tuabin hơi, nhà máy nhiệt điện.

I. TỔNG QUAN, ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại Việt Nam, vấn đề vận hành nâng cao hiệu suất tổ máy tuabin hơi trong nhà máy nhiệt điện đốt than hiện nay là rất cấp thiết. Việc duy trì thích hợp thông số nhiệt của hơi ở đầu vào tuabin công suất lớn lại vận hành ở các chế độ liên tục thay đổi có ý nghĩa rất quan trọng xét trên góc độ về hiệu suất và tuổi thọ của chúng.

Thay vì được vận hành ở chế độ phụ tải nền ổn định theo định mức thiết kế để đảm bảo hiệu suất tổ máy cao, phù hợp với quán tính nhiệt lớn thì hiện nay tại các nhà máy nhiệt điện lại phải khá thường xuyên vận hành ở chế độ phụ tải thay đổi và không ổn định, thời gian vận hành ở các phụ tải thấp lại là đáng kể (Bảng 1). Những điều này làm cho hiệu suất của tổ máy giảm so với ở chế độ tính toán theo thiết kế, làm giảm cơ tính, tăng độ rã kim loại, tăng chi phí vận hành. Đặc biệt, khi tổ máy phải vận hành ở chế độ tải thấp hơn định mức nhiều, mặc dù tổ máy đã được thiết kế và hiệu chỉnh trong vận hành để xác lập các thông số nhiệt phù hợp cần duy trì nhưng trong thực tế thì hiệu suất nhiệt đạt được vẫn thấp hơn ở chế độ tính toán theo các điều kiện thiết kế, có thể thấp đi từ 1÷3%. Vì điều này nên truyền thống thì các nhà máy nhiệt điện than có công suất lớn thường được ưu tiên vận hành liên tục, ổn định ở chế độ tải quanh định mức.

Với nhiều yếu tố thực tế trong vận hành là những điều kiện ràng buộc như: nhiên liệu thay đổi, chế độ thay đổi tải dẫn đến khí động của dòng hơi trong tuabin thay đổi, chất lượng đáp ứng của hệ thống thiết bị đo lường điều khiển, điều kiện môi trường có thay đổi, nhiệt độ làm việc cao, tốc độ vòng quay lớn, v.v... nên để đáp ứng tốt tất cả các yêu cầu thay đổi trên cho kịp thời và đồng bộ với yêu cầu phải duy trì chất lượng và thông số hơi của tổ máy thích hợp ở

các chế độ phụ tải khác nhau là điều không dễ.

Ngày nay, với mức độ gia tăng công suất lắp mới và hòa lưới của các nguồn năng lượng tái tạo, với việc tham gia thị trường điện của các nhà máy nói chung trong hệ thống, đã buộc nhiều nhà máy nhiệt điện đốt than cũng phải vận hành ở chế độ dao động tải lớn và thường xuyên thay đổi theo sự điều động của hệ thống điện chung.

Tổ máy sau khi ổn định ở chế độ phụ tải mới, các thông số nhiệt động gồm: áp suất hơi mới, nhiệt độ hơi mới, nhiệt độ hơi tái nhiệt, nhiệt độ và áp suất hơi tại các cửa trích, v.v... sẽ phân bố lại và không phải lúc nào cũng duy trì được như ở điều kiện tính toán như khi thiết kế. Vì vậy, bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu, tính toán để đánh giá ảnh hưởng của thông số hơi mới tại đầu vào tuabin đến hiệu suất của tổ máy khi vận hành ở các chế độ thay đổi để góp phần đưa ra những kiến nghị hiệu chỉnh cần thiết trong việc quản lý thông số vận hành, góp phần đạt hiệu quả sản xuất điện cao hơn tại các nhà máy nhiệt điện than của Việt Nam.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Lĩnh vực công nghệ nhiệt điện than đã được biết đến từ đầu thế kỷ trước, được ứng dụng phổ biến rộng rãi trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Cơ sở lý thuyết, phương pháp luận, các công thức và cả những phần mềm tính toán đã được phát triển và chuẩn hóa, viết thành sách và phổ cập trong ứng dụng công nghiệp. Bên cạnh đó, nhiều tổ chức nghiên cứu, các Hiệp hội cơ khí như của Mỹ, Đức, Nga, Nhật Bản, Trung Quốc,... đã xây dựng thành các tiêu chuẩn để thuận tiện cho việc áp dụng trong thiết kế, chế tạo, lắp đặt, hiệu chỉnh và để đánh giá trong quá trình quản lý vận hành.

Bài báo này không trình bày cơ sở phương

pháp luận cơ bản đó mà sẽ trích dẫn các công thức liên quan đã được nêu rõ trong các bộ tiêu chuẩn để áp dụng khi tính toán cân bằng năng lượng-vật chất cho sơ đồ nhiệt tuabin.

Các dữ liệu, thông số nhiệt trên sơ đồ tuabin hơi được ghi nhận tại chế độ vận hành đang ổn định, ở đầu vào và ra khỏi các thiết bị chính trên sơ đồ, như thông số tại tuabin, tại các cửa trích, tại các bình gia nhiệt, bình ngưng, bơm cấp, v.v... để phản ánh khách quan về tổng thể đối tượng. Dữ liệu kỹ thuật cũng được lấy bằng cách trích xuất từ hệ thống đo đạc-điều khiển của tổ máy đã tự động lưu trữ. Các dữ liệu và thông tin kỹ thuật ở chế độ tính toán thiết kế tương ứng được trích dẫn từ hồ sơ thiết kế thiết bị.

Do đó, phương pháp nghiên cứu là sự kết hợp đa dạng gồm:

- Phương pháp lý thuyết, thiết lập và giải các phương trình cân bằng vật chất, cân bằng năng lượng theo sơ đồ nhiệt thực tế của tổ máy. Phân tích trên cơ sở khoa học chuyên ngành nhiệt động học hơi nước, theo các định luật bảo toàn năng lượng và cân bằng dòng chuyển động của môi chất theo mỗi quá trình diễn ra trong mỗi phần tử trên sơ đồ nhiệt;
- Phương pháp thống kê, truy xuất dữ liệu lịch sử vận hành tại các chế độ tương ứng trong quá khứ như được nêu tại Bảng 1. Loại bỏ các vùng dữ liệu không thỏa đáng, dữ liệu bị nhiễu, không tương ứng với chế độ vận hành đang nghiên cứu.
- Phương pháp thực nghiệm, so sánh, đối chiếu được dùng để kiểm chứng trên chính đối tượng nghiên cứu hoặc theo hồ sơ thiết kế của thiết bị với chế độ thí nghiệm tương tự.

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành khảo sát cấu hình hệ thống trên sơ đồ nhiệt, thu thập dữ liệu vận hành và truy xuất các dữ liệu lịch sử, thực hiện tại tổ máy S1 và S2 của Nhà máy nhiệt điện Duyên Hải 1, là loại tổ máy có công suất định mức 622 MW, thông số cận tới hạn, có mức tự động hóa cao, hiệu suất cao, hiện đại tại Việt Nam, việc truy xuất dữ liệu được thực hiện thuận tiện. Tổ máy sau khi được lắp đặt cũng đã được chạy thử, hiệu chỉnh các thông số đảm bảo tính đồng bộ và đạt điều kiện thiết kế.

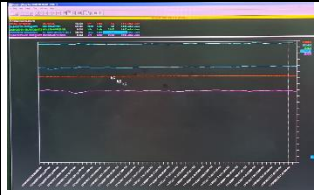
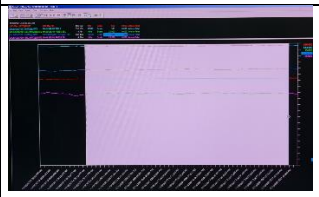
Nhóm nghiên cứu đã tiến hành các bước tính toán áp dụng theo phương pháp tính đã được nhà thiết kế sử dụng để tính toán kiểm tra các chỉ số

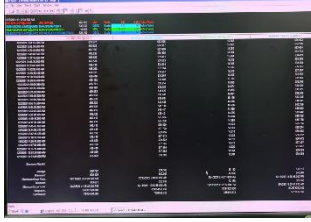
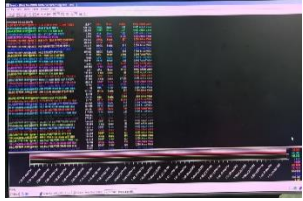
hiệt động chính trên các điểm nút của sơ đồ nhiệt, kiểm tra hiệu suất của tổ máy tại một số chế độ phụ tải điển hình đặc trưng mà áp dụng các giả định như trong tính toán thiết kế thì bài tính cho các kết quả đạt tương đương về các chỉ tiêu kỹ thuật nhiệt.

Thực tế, khi tổ máy phải vận hành ở các chế độ tải khác nhau, với các điều kiện vận hành không thể duy trì được như điều kiện đầu vào của bài tính khi thiết kế, thì các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của tổ máy bắt đầu thay đổi xấu đi. Sự sai lệch các thông số nhiệt động học do các nguyên nhân khách quan của chính thiết bị, yếu tố phải đáp ứng huy động lưới và cũng có thể do cả các nguyên nhân chủ quan trong vận hành đã làm cho hiệu suất chu trình có sự suy giảm.

Để truy xuất được các dữ liệu lịch sử vận hành có tính đại diện cho một chế độ xác lập, đảm bảo độ tin cậy trong quá trình ghi nhận dữ liệu, quy trình xử lý, lựa chọn dữ liệu lưu trữ được chọn lọc như sau:

Bảng 1. Quy trình truy xuất, chọn lọc dữ liệu lịch sử tại tổ máy

Bước	Nội dung	Ảnh truy xuất, chọn lọc lấy dữ liệu
1	Truy xuất dữ liệu theo năm, sau đó chọn theo tháng, chọn theo tháng đại diện, chọn theo ngày, rồi chọn theo giờ. Thời gian ngắn nhất để chọn vùng lấy các dữ liệu trung bình là 30 phút. Từ các dữ liệu gốc cần truy xuất để nghiên cứu, căn cứ vào cùng khoảng thời gian, các dữ liệu khác sẽ được trích xuất và lấy trung bình	
2	Chọn dữ liệu theo mức phụ tải từ hệ thống huy động tương ứng. Trên cơ sở xác định các chế độ cần lấy dữ liệu là các yếu tố ảnh hưởng cần nghiên cứu (thông số nhiệt động học của dòng hơi tại đầu vào tuabin và mức tải)	
3	Chọn các bộ dữ liệu phù hợp theo định hướng nghiên cứu	

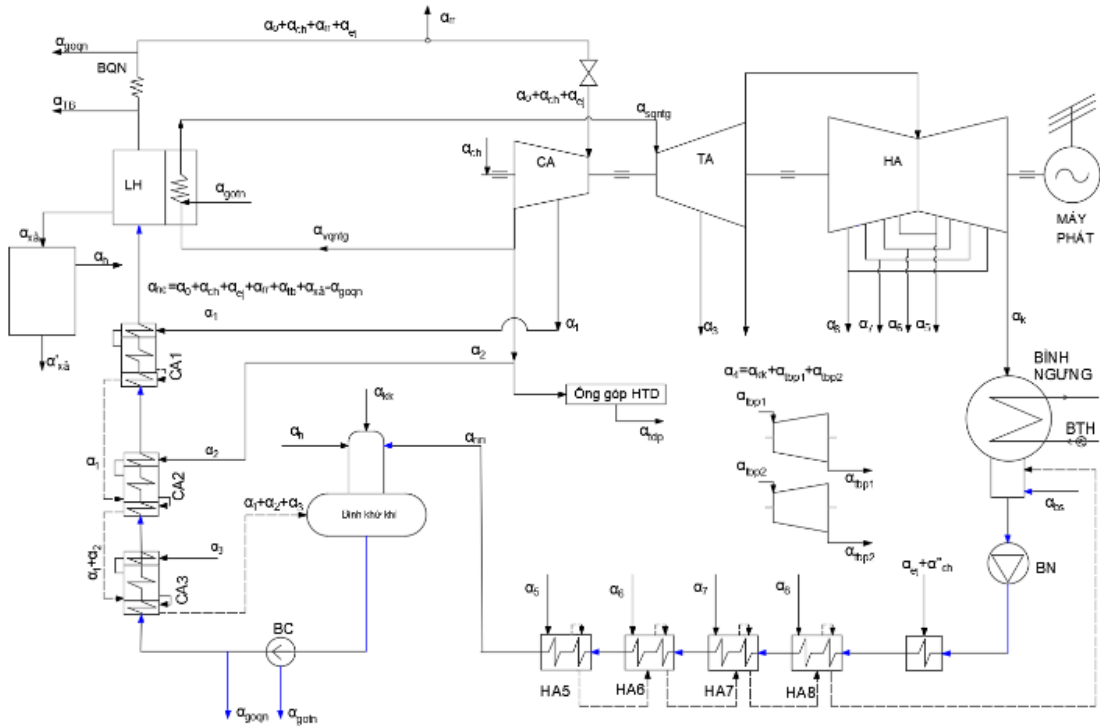
Bước	Nội dung	Ảnh truy xuất, chọn lọc lấy dữ liệu
4	Sử dụng các thuật toán trong excel để lấy giá trị trung bình các dữ liệu trong khoảng thời gian đã xác định ở trên, theo khoảng chia nhỏ để bắt được tối thiểu đạt trên 10 điểm ổn định nhất.	
5	Các thông số trung bình khác cũng cần thiết có được để sử dụng vào bài tính, để sử dụng khi đối chiếu, so sánh giúp quyết định việc loại bỏ sai số mà trong các quá trình tính trung gian sau này khi giải các phương trình cân bằng nhiệt-vật chất của sơ đồ nhiệt có thể phải dùng đến, có thể gặp sai lệch. Theo sơ đồ cân bằng nhiệt, cần làm rõ tất cả các thông số tại đầu vào/ra của mỗi loại đường vật chất tại các phần tử trên sơ đồ nhiệt: nhiệt độ, áp suất, độ khô, lưu lượng, entanpy (năng lượng nhiệt của dòng môi	

Bước	Nội dung	Ảnh truy xuất, chọn lọc lấy dữ liệu
	chất), chúng được truy xuất và lấy cùng 1 khung thời gian đã xác định.	

Trên cơ sở phương pháp luận đã nêu, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thu thập, truy xuất dữ liệu quá khứ của các thông số vận hành gồm bộ các thông số nhiệt trên sơ đồ tổ máy tại hai chế độ phụ tải điển hình là 100%RO tương ứng 622 MW và 75%RO tương ứng 466 MW, với các kịch bản dữ liệu được truy xuất như trong Bảng 2.

Bảng 2. Các kịch bản thu thập dữ liệu tại hai chế độ tải khác nhau

tt	Chế độ phụ tải	Nhiệt độ hơi mới	Áp suất hơi mới	Nhiệt độ hơi tái nhiệt	Các dữ liệu khác truy xuất đồng bộ
1	Phụ tải 622 MW	Cố định	Cố định	Thay đổi	x
2		Cố định	Thay đổi	Cố định	x
3		Thay đổi	Cố định	Cố định	x
4	Phụ tải 466 MW	Cố định	Cố định	Thay đổi	x
5		Cố định	Thay đổi	Cố định	x
6		Thay đổi	Cố định	Cố định	x



Hình 1. Sơ đồ nhiệt nguyên lý của tổ máy 622 MW Nhiệt điện Duyên Hải 1

Chú thích: LH - Lò hơi; BQN - Bộ quá nhiệt; CA - Tuabin cao áp; TA - Tuabin trung áp; HA - Tuabin hạ áp; BTH - Bơm tuần hoàn; BN - Bơm ngưng; HA - Bình gia nhiệt hạ áp; BC - Bơm cấp; CA - Bình gia nhiệt cao áp; α - Tỷ lệ tương đối đặc trưng cho dòng môi chất; HTD - Hơi tự dùng; TB - Thổi bụi.

Các chỉ số: goqn - Giảm ôn quá nhiệt; gotn - Giảm ôn tái nhiệt; ch - Chèn; rr - Rò rỉ; ej - Ejector; sqntg - Sau quá nhiệt trung gian; k - Bình ngưng; bs - Bỏ sung; tbp - Tuabin phụ; nn - Nước ngưng; h - Hơi; kk - Khử khí; tdp - Tự dùng; nc - Nước cấp; các chỉ số là số thể hiện tỷ lệ trích tương đối của môi chất nước hoặc hơi nước.

Với việc chọn các chế độ phụ tải tương đối ổn định, chú trọng đến các thông số nhiệt động học đầu ra của thiết bị này và đầu vào của thiết bị kế tiếp nhằm đảm bảo tính tin cậy của dữ liệu. Các chế độ khác nhau được lựa chọn để nghi nhận thông số cho bài tính được nghiên cứu phải đảm bảo đạt độ khác biệt, về nhiệt độ là không nhỏ hơn 2 °C, về áp suất là không nhỏ hơn 3 bar, nhằm đảm bảo nhận diện rõ các chế độ độc lập và phản ảnh được sự khác biệt cần thiết đủ bù cho các sai số ngẫu nhiên trong đo đạc và trong thuật toán lặp phải. Các dữ liệu trung bình được truy xuất để so sánh và đối chiếu là lấy trong dải thời gian vận hành ổn định đủ dài để có ý nghĩa và tin cậy cao.

Với mỗi kịch bản nêu trong Bảng 2 sẽ thu được một bộ dữ liệu theo thời điểm và các giá trị trung bình trong một khoảng thời gian ổn định ở phụ tải đó để thực hiện vào bài tính cân bằng sơ đồ nhiệt cho tổ máy S2-622 MW của Nhà máy Nhiệt điện Duyên Hải 1.

Một số phương trình cân bằng năng lượng chính được sử dụng trong quy trình tính toán này gồm:

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt cao áp số 1:

$$\alpha_1 \cdot (i_1 - i_{CA1}^{nd}) \cdot \eta_{CA1} = \alpha_{nc} \cdot (i_{CA1}^r - i_{CA1}^v) \quad (1)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt cao áp số 2:

$$[\alpha_2 \cdot (i_2 - i_{CA2}^{nd}) + \alpha_1 \cdot (i_{CA1}^{nd} - i_{CA2}^{nd})] \cdot \eta_{CA2} = \alpha_{nc} \cdot (i_{CA2}^r - i_{CA2}^v) \quad (2)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt cao áp số 3:

$$[\alpha_3 \cdot (i_3 - i_{CA6}^{nd}) + (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot (i_{CA2}^{nd} - i_{CA3}^{nd})] \cdot \eta_{CA3} = \alpha_{nc} \cdot (i_{CA3}^r - i_{CA3}^v) \quad (3)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt hạ áp số 5:

$$\alpha_5 \cdot (i_5 - i_{HA5}^{nd}) \cdot \eta_{HA5} = \alpha_{nn} \cdot (i_{HA5}^r - i_{HA5}^v) \quad (4)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt hạ áp số 6:

$$[\alpha_6 \cdot (i_6 - i_{HA6}^{nd}) + \alpha_5 \cdot (i_{HA5}^{nd} - i_{HA6}^{nd})] \cdot \eta_{HA6} = \alpha_{nn} \cdot (i_{HA6}^r - i_{HA6}^v) \quad (5)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt hạ áp số 7:

$$[\alpha_7 \cdot (i_7 - i_{HA7}^{nd}) + (\alpha_5 + \alpha_6) \cdot (i_{HA6}^{nd} - i_{HA7}^{nd})] \cdot \eta_{HA7} = \alpha_{nn} \cdot (i_{HA7}^r - i_{HA7}^v) \quad (6)$$

Phương trình tính toán cân bằng bình gia nhiệt hạ áp số 8:

$$[\alpha_8 \cdot (i_8 - i_{HA8}^{nd}) + (\alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7) \cdot (i_{HA7}^{nd} - i_{HA8}^{nd})] \cdot \eta_{HA8} = \alpha_{nn} \cdot (i_{HA8}^r - i_{HA8}^v) \quad (7)$$

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Với phương pháp luận đã nêu ở mục 2, trong phạm vi bài báo này chỉ xét các kịch bản được xây dựng tại Bảng 2, ứng với các chế độ khác nhau về nhiệt độ và áp suất hơi mới, tại 2 chế độ phụ tải 622 MW và 466 MW. Các dữ liệu khác truy xuất đồng bộ được lấy là các giá trị trung bình trong cùng khoảng thời gian rộng hơn tương ứng nhưng vẫn đảm bảo tổ máy đang ổn định.

Bảng 3. Kết quả tính toán kiểm tra sai lệch công suất điện tổ máy tại chế độ 466 MW

TT	Điểm	D _i [kg/s]	h _i [kJ/kg]	N _i [kW]	Chú thích
1	0'	396,09	-		$N_i = h_i \left(D_{0'} - \sum_{j=1}^{i-1} D_j \right)$
2	1	25,70	262,39	103.816	
3	2	22,54	112,84	41.750	
4	3	17,66	138,17	48.009	
5	BKK + TBP	44,24	222,70	73.453	
6	5	9,33	219,99	62.838	
7	6	9,52	109,78	30.335	
8	7	9,50	114,44	30.534	
9	8	16,65	114,04	29.344	
10	BN	241,15	230,10	55.383	
11	Tổng công suất dòng hơi sinh ra trong tuabin N _i [kW]			475.462	Thoả mãn
12	Kiểm tra công suất phát điện của tổ máy W _E = N _i · η _m · η _g			466.000	

Bảng 4. Thông số cân bằng hơi và nước của tổ máy tại chế độ tính 466 MW

Điểm	Thiết bị	Thông số hơi trích					Thông số bão hòa tại BGN				Thông số nước ngưng/cấp					Nước động	
		t_v (oC)	Độ khô x	p_v (bar)	S_v (kJ/kg.K)	i_v (kJ/kg)	p_{bgn} (bar)	t' nước bh	t'' hơi bh	t_{b} (oC)	TD (oC)	ĐC (oC)	t'_{a} (oC)	p'_{a} (bar)	i'_{a} (kJ/kg)	t_{a} (oC)	i_{a} (kJ/kg)
0	Trước van STOP	538		139,3	6,53	3429,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0'	Tuabin	538		139,3	6,53	3429,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	GNCA1	385,9		47,15	6,63	3167,2	45,74	1127,0	2797,5	258,4	-1,7	5,6	260,1	159,23	1134,4	236,8	1022,5
2 ^{nc}	GNCA2	323,6		29,47	6,65	3054,4	28,59	995,8	2803,1	231,2	0	5,6	231,2	162,23	998,8	208,2	889,9
2'	QNTG	538		26,32	7,40	3545,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	GNCA3	470,9		16,92	7,43	3407,7	16,41	864,2	2793,6	202,6	0	5,6	202,6	165,23	870,3	174,3	738,4
4'	BKK	360,8		7,91	7,45	3185,0	7,67	713,5	2766,6	168,7	-	-	168,7	10,67	713,6	-	-
4''	TBP2	360,8		7,91	7,45	3185,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	GNHA5	248,5		2,95	7,52	2965,1	2,86	554,6	2722,7	131,9	2,8	5,6	129,1	13,67	543,4	117,4	492,7
6	GNHA6	191,6		1,72	7,54	2855,3	1,67	480,7	2698,0	114,6	2,8	5,6	111,8	16,67	470,0	99,3	416,0
7	GNHA7	131,7		0,92	7,57	2740,8	0,89	404,1	2669,9	96,5	2,8	5,6	93,7	19,67	393,8	80,8	338,2
8*	GNHA8	78,7	0,994	0,45	7,59	2626,8	0,44	326,4	2639,6	78,0	2,8	5,6	75,2	22,67	316,5	45,3	189,8
K*	BN	40,3	0,926	0,075	7,68	2396,7	0,07	166,4	2573,0	39,7	-	-	39,7	-	166,4	-	-
	TBP1	360,8		7,91		3185,0											

Ghi chú: GNCA - gia nhiệt cao áp; QNTG - Quá nhiệt trung gian; BKK - Bình khử khí; TBP - Tuabin phụ; GNHA - Gia nhiệt hạ áp; BN - Bình ngưng; BGN - Bình gia nhiệt; bh - Bão hòa; nc - Nước cấp; nd - Nước động.

Bảng 5. Tóm tắt kết quả tính hiệu suất sơ đồ nhiệt tuabin tại chế độ 466 MW

TT	Tên đại lượng	Đơn vị tính	Công thức (Ký hiệu)	Giá trị
1	Công suất dòng hơi chính	kW	$Q_{\text{ROM}} = D_{\text{qn}} \cdot (i_0 - i_{\text{nc}}) + D_{\text{goqn}} \cdot (i_0 - i_{\text{nc}})$	913.012
2	Công suất dòng hơi tái nhiệt	kW	$Q_{\text{Rh}} = D_{\text{tn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t'_{\text{tn}}) + D_{\text{gotn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t_{\text{gotn}})$	173.185
3	Công suất dòng hơi tự dùng (trích hơi đi thổi bụi)	kW	$Q_{\text{AxST}} = D_{\text{tb}} \cdot (t_{\text{tb}} - t_{\text{nc}})$	6.705
4	Công suất dòng nước xả lò	kW	$Q_{\text{rBd}} = D_{\text{xa}} \cdot (t_{\text{xa}} - t_{\text{nc}})$	966
5	Công suất nhiệt hữu ích của lò	kW	$Q_{\text{rO}} = Q_{\text{ROM}} + Q_{\text{Rh}} + Q_{\text{AxST}} + Q_{\text{rBd}}$	1.093.869
6	Tiêu hao nhiệt cho tuabin	kW	$Q_{\text{TB}} = D_{\text{TB}} \cdot i_0 - D_{\text{nc}} \cdot i_{\text{nc}} + D_{\text{tn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t'_{\text{tn}}) - D_{\text{goqn}} \cdot i_{\text{goqn}} - D_{\text{gotn}} \cdot i_{\text{gotn}} + D_{\text{bs}} \cdot i_{\text{bs}} + D_{\text{h}} \cdot i_{\text{h}} - D_{\text{tdp}} \cdot i_{\text{tdp}} - (D_{\text{ch}}^{\text{H}} + D_{\text{ej}}^{\text{H}}) \cdot i_0 - D_{\text{xi}} \cdot i_{\text{xi}} - D_{\text{xi}} \cdot i_{\text{xi}}$	1.071.010
7	Suất tiêu hao nhiệt thô của sơ đồ nhiệt tuabin	kJ/kWh	$HR_{\text{TB}} = 3600 \cdot Q_{\text{TB}} / W_e$	8.274
8	Hiệu suất thô của sơ đồ nhiệt tuabin	%	$\text{Eff}_{\text{TB}} = W_e / Q_{\text{TB}}$	43,51

Bảng 6. Tóm tắt kết quả tính hiệu suất sơ đồ nhiệt tuabin tại chế độ 622 MW

TT	Tên đại lượng	Đơn vị tính	Công thức (Ký hiệu)	Giá trị
1	Công suất dòng hơi chính	kW	$Q_{\text{ROM}} = D_{\text{qn}} \cdot (i_0 - i_{\text{nc}}) + D_{\text{goqn}} \cdot (i_0 - i_{\text{nc}})$	1.195.721
2	Công suất dòng hơi tái nhiệt	kW	$Q_{\text{Rh}} = D_{\text{tn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t'_{\text{tn}}) + D_{\text{gotn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t_{\text{gotn}})$	235.114
3	Công suất dòng hơi tự dùng (trích hơi đi thổi bụi)	kW	$Q_{\text{AxST}} = D_{\text{tb}} \cdot (t_{\text{tb}} - t_{\text{nc}})$	8.875
4	Công suất dòng nước xả lò	kW	$Q_{\text{rBd}} = D_{\text{xa}} \cdot (t_{\text{xa}} - t_{\text{nc}})$	1.429
5	Công suất nhiệt hữu ích của lò	kW	$Q_{\text{rO}} = Q_{\text{ROM}} + Q_{\text{Rh}} + Q_{\text{AxST}} + Q_{\text{rBd}}$	1.441.139
6	Tiêu hao nhiệt cho tuabin	kW	$Q_{\text{TB}} = D_{\text{TB}} \cdot i_0 - D_{\text{nc}} \cdot i_{\text{nc}} + D_{\text{tn}} \cdot (t''_{\text{tn}} - t'_{\text{tn}}) - D_{\text{goqn}} \cdot i_{\text{goqn}} - D_{\text{gotn}} \cdot i_{\text{gotn}} + D_{\text{bs}} \cdot i_{\text{bs}} + D_{\text{h}} \cdot i_{\text{h}} - D_{\text{tdp}} \cdot i_{\text{tdp}} - (D_{\text{ch}}^{\text{H}} + D_{\text{ej}}^{\text{H}}) \cdot i_0 - D_{\text{xi}} \cdot i_{\text{xi}} - D_{\text{xi}} \cdot i_{\text{xi}}$	1.409.671
7	Suất tiêu hao nhiệt thô của sơ đồ nhiệt tuabin	kJ/kWh	$HR_{\text{TB}} = 3600 \cdot Q_{\text{TB}} / W_e$	8.159
8	Hiệu suất thô của sơ đồ nhiệt tuabin	%	$\text{Eff}_{\text{TB}} = W_e / Q_{\text{TB}}$	44,12

Dựa trên sơ đồ nhiệt thực tế của tổ máy, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lập bảng tổng hợp thông số và lập các hệ phương trình cân bằng nhiệt-vật chất để tính toán ở chế độ theo thiết kế. Hiệu suất sơ đồ nhiệt tuabin được tính theo bộ dữ liệu tại thời điểm tổ máy được kiểm tra nghiệm thu kỹ thuật (TEST PERFORMANCE) nhằm để kiểm chứng sự đúng đắn của sơ đồ và phương pháp tính cũng như các bước giải các phương trình cân bằng. Các hệ số dùng trong tính toán được hiệu chỉnh thông qua các bước lập cục bộ để đảm bảo kết quả tính toán không sai lệch sau các bước tính. Trên cơ sở đó sẽ áp dụng các công thức và logic tính toán này để tính cho các chế độ có bộ thông số khác nhau cần nghiên cứu đã truy xuất được từ lịch sử vận hành thực tế.

Bảng 3, 4, 5 và 6 dưới đây trích kết quả tính toán cân bằng nhiệt-vật chất tại chế độ tải 75%RO và 100%RO, bài tính thực hiện theo các điều kiện thông số sơ đồ nhiệt như ở chế độ tính toán khi thiết kế nhưng có kể tới các tiêu thụ hơi phụ trợ dùng và có tính tới lượng rò rỉ thất thoát hơi trong thực tế.

Bảng 7. Suất tiêu hao nhiệt tuabin theo thông số vận hành thực, ở nhiệt độ hơi mới khác nhau

Nhiệt độ hơi mới vào tuabin (°C)	Suất tiêu hao nhiệt thô của tuabin tại chế độ 622 MW vận hành thực tế tại áp suất hơi trước van CV = 158,7 bar (kJ/kWh)	Suất tiêu hao nhiệt thô của tuabin tại chế độ 466 MW vận hành thực tế tại áp suất hơi trước van CV = 146,3 bar (kJ/kWh)
538	8.166	8.248
535	8.192	8.281
532	8.221	8.318
529	8.251	8.356
526	8.285	8.398

Bảng 8. Suất tiêu hao nhiệt tuabin theo thông số vận hành thực, ở áp suất hơi mới khác nhau

Áp suất hơi mới trước van CV tại chế độ 100%RO (và 75%RO) (bar)	Suất tiêu hao nhiệt thô của tuabin tại chế độ 622 MW vận hành thực tế tại nhiệt độ hơi mới = 537 °C (kJ/kWh)	Suất tiêu hao nhiệt thô của tuabin tại chế độ 466 MW vận hành thực tế tại nhiệt độ hơi mới = 534 °C (kJ/kWh)
158,2 (148,3)	8.169	8.276
155,1 (145,2)	8.185	8.294
152,0 (142,1)	8.203	8.314
148,6 (138,4)	8.222	8.337
145,2 (134,8)	8.243	8.362

Bảng 7 dưới đây trích kết quả tính toán suất tiêu hao nhiệt thô của sơ đồ nhiệt tuabin thực tế vận hành tại chế độ tải 100%RO và 75%RO tính ở các chế độ có nhiệt độ hơi mới to khác nhau, khác chế độ theo thiết kế.

Bảng 8 dưới đây trích kết quả tính toán suất tiêu hao nhiệt thô của sơ đồ nhiệt tuabin thực tế vận hành tại chế độ tải 100%RO và 75%RO tính ở các chế độ có áp suất hơi mới po trước van CV khác nhau, khác chế độ theo thiết kế.

IV. KẾT LUẬN

Khi so sánh các thông số nhiệt của hơi mới tại chế độ thay đổi tải khác nhau và đặt trong các điều kiện vận hành thực khác với khi tính toán thiết kế, kết luận rút ra được là suất tiêu hao nhiệt của chu trình đều tăng và tăng khá mạnh hơn ở các chế độ càng non tải. Các thông số này có ý nghĩa quan trọng trong vận hành kinh tế tổ máy. Hiệu suất của tuabin tại các chế độ tải thấp sẽ bị giảm so với giá trị định mức đến 2,0 - 2,5% tùy mức độ xa rời chế độ tính toán thiết kế, dẫn đến những tổn thất về kinh tế là không nhỏ. Việc duy trì ổn định các thông số nhiệt động của hơi vào tuabin cũng là điều kiện quyết định do nó có ảnh hưởng trực tiếp đến các thông số cửa trích, độ ẩm cuối và suất tiêu hao nhiệt của tuabin. Hơn nữa, nếu chịu tần suất thay đổi tải của tổ máy khá nhiều còn dẫn đến mỏi vật liệu, giảm cơ tính của kim loại. Điều này cũng có nghĩa là nếu chịu tần suất cao có thể chỉ trong vòng sau 4-5 năm vận hành, các thiết bị nhiệt trong nhà máy nhiệt điện sẽ tăng suất sự cố phải dừng tổ máy. Từ đó cũng đặt ra nhu cầu phải sớm có các biện pháp bảo trì phòng ngừa có dự đoán đối với các thiết bị nhiệt.

Với nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu mới tập trung truy xuất các dữ liệu trong quá khứ vận hành khi xem xét sự ảnh hưởng của các thông số nhiệt ở đầu vào thiết bị tuabin. Các đánh giá mới dừng lại ở việc tính toán chỉ ra sự suy giảm hiệu suất nhiệt của sơ đồ tuabin ở hai chế độ phụ tải cụ thể được thấy là thường huy động vận hành trong hơn một năm qua.

Với các kết quả nghiên cứu này chưa đề cập hết được các chế độ tải thấp hơn, cũng như chưa đề cập đến các dải thông số khác xa nhiều hơn so với khi tính thiết kế. Nên có thể tiếp tục được nghiên cứu bổ sung để có bức tranh phản ảnh đối tượng đầy đủ hơn, có thêm các dữ liệu về sự suy giảm chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật, nhằm bổ sung thông

tin để đơn vị quản lý vận hành tham khảo, đưa ra các quyết định phù hợp hơn.

Với các nhà máy nhiệt điện đốt than công suất lớn, thông số cận hoặc trên tới hạn, việc duy trì chạy ở phụ tải gần định mức, ổn định được dài nhất có thể vẫn là bài toán cần xem xét trên nhiều khía cạnh cân nhắc khác hoặc cũng có thể xem xét việc tập trung vận hành một vài tổ máy công suất lớn ở chế độ tải nền, thay vì các tổ máy đều vận hành ở chế độ non tải. Điều này cũng đặt ra một việc là cần đánh giá lại sự sẵn sàng mang tải của các tổ máy từ trạng thái lạnh, cần nghiên cứu tối

ưu hóa vận hành phân bố phụ tải của tổ hợp các tổ máy trong hệ thống hoặc trong một cụm nhiệt điện than để đáp ứng được nhu cầu thay đổi phụ tải nhanh của lưới điện nhưng không chịu thiệt hại lớn về hiệu suất và tuổi thọ.

Các số liệu và kết quả tính toán mà bài báo này có được là do sự đóng góp, hỗ trợ của Đề tài nghiên cứu khoa học Mã số 01-2021-BKHN-KT, được cấp kinh phí bởi Tổng Công ty Phát điện 1 ký với Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ môn Nhiệt điện - ĐHBK HN. Chuyên đề bình ngưng, tập 1 và 2 (1979)
- [2] Luận văn Thạc sỹ khoa học. Phạm Văn Tân. Chế độ làm việc tối ưu cho bình ngưng nhà máy nhiệt điện (2002)
- [3] Richard.E.Putman. Steam surface condensers, ASME press, New york (2001)
- [4] Nguyễn Công Hân, Nguyễn Quốc Trung, Đỗ Anh Tuấn. Nhà máy nhiệt điện, tập 1 và 2. NXB KHKT (2006)
- [5] ASME-PTC6. Steam Turbine Performance Test Code, ASME press (2008)
- [6] ASME-PTC46. Overall Plant Performance Test Code, ASME press (2008)

ABOUT THE EFFECT OF LIVE STEAM PARAMETERS TO THE PERFORMANCE OF 600 MW STEAM TURBINES

Pham Van Tan¹, Nguyen Duc Quyen², Lam Tan Loc³

^{1,2}Department of Thermal Energy Engineering, School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology

³Duyen Hai Thermal Power Plant, EVNGENCO1

E-mail: tan.phamvan@hust.edu.vn; quyen.nguyenduc@hust.edu.vn; loclt@tpcduyenhai.com.vn

ABSTRACT

This paper introduces the influence of inlet main steam parameters on the performance of the 600 MW steam turbines in Vietnamese coal-fired power plants.

Keywords: *main steam temperature, main steam pressure, steam turbine efficiency, thermal power plant.*