

Nghiên cứu giải pháp cải tiến hệ thống tua bin tăng áp khí xả để nâng cao hiệu suất của các động cơ Wärtsilä RT-flex khi làm việc liên tục ở chế độ tải thấp

Phan Cao An Trường

Viện Hàng hải

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

truong.phan@ut.edu.vn

Nguyễn Duy Tân

Viện Hàng hải

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

tan.nguyen@ut.edu.vn

Tóm tắt – Các động cơ 2 kỳ của hãng Wärtsilä được tối ưu hóa khi hoạt động với phụ tải trong phạm vi trên 60% công suất định mức. Động cơ vẫn có thể làm việc liên tục ở các chế độ tải thấp đến 10% công suất định mức, tuy nhiên cần bảo dưỡng đặc biệt trong khi vận hành. Bài báo nhằm giới thiệu giải pháp cải tiến hệ thống tua bin tăng áp khí xả để nâng cao hiệu suất của các động cơ Wärtsilä RT-flex khi khai thác động cơ liên tục ở các chế độ tải thấp hơn 60% tải của động cơ.

Từ khóa – Động cơ Wärtsilä RT-flex, chế độ tải thấp, hoạt động liên tục ở chế độ tải thấp, ngắt tua bin tăng áp khí xả, giải pháp cải tiến khi động cơ hoạt động ở chế độ tải thấp.

I. GIỚI THIỆU

Các động cơ của hãng Wärtsilä được tối ưu hóa khi hoạt động trong phạm vi tải trên 60% công suất định

mức (CMCR). Động cơ làm việc liên tục dưới phạm vi này sẽ ảnh hưởng đến các điều kiện khai thác tối ưu. Khi tải nằm trong khoảng từ 60 đến 65% CMCR, các thông số làm việc của động cơ ở giới hạn bình thường. Động cơ vẫn có thể làm việc liên tục ở các chế độ tải thấp hơn, nhưng sẽ ảnh hưởng đến thông số khai thác và các chi tiết của động cơ. Trong phạm vi tải từ 40 đến 60% CMCR, tùy thuộc vào loại động cơ, hiệu suất của tua bin (turbine) tăng áp khí xả vẫn còn khá thấp trong khi đó quạt gió phụ đã được ngắt do áp suất gió nạp tăng. Tại các chế độ tải thấp, động cơ làm việc với tỷ lệ không khí / nhiên liệu thấp hơn, dẫn đến nhiệt độ khí xả cao hơn. Đây là phạm vi hoạt động đặc biệt không thuận lợi.



Hình 1. Động cơ Wärtsilä 8RT-flex68-D, 2 kỳ, 8 xi lanh, công suất 21.910 KW, 95 vòng/phút.

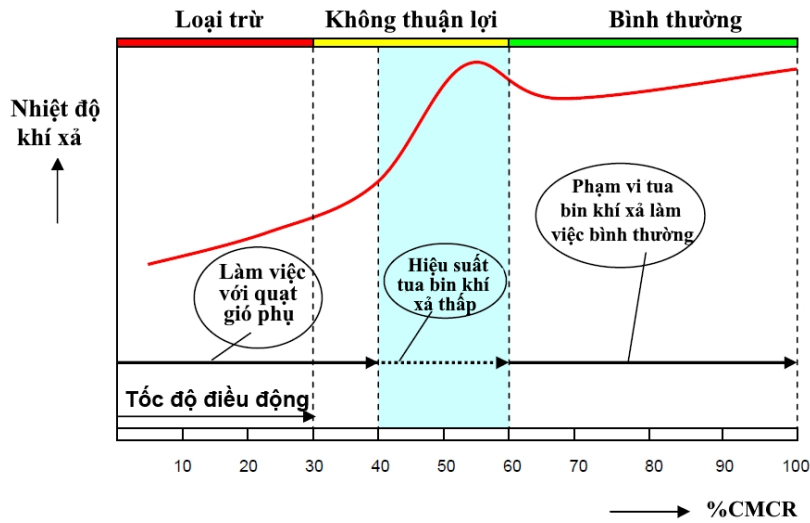
Động cơ hoạt động liên tục trong phạm vi “tải rất thấp” có thể dẫn đến nguy cơ “ăn mòn nguội” gia tăng do nhiệt độ buồng đốt thấp, tăng hình thành cấu cặn và gây tắc nghẽn động cơ...

Các động cơ Wärtsilä RT-flex phù hợp hơn khi hoạt động liên tục ở các chế độ “tải thấp” hoặc “tải rất

thấp” nhờ vào hệ thống phun nhiên liệu điện tử kiểu Common Rail, cho phép áp suất phun cao hơn và lựa chọn ngắt phun nhiên liệu ở mức tải rất thấp, do đó ngăn chặn việc đóng cặn các bon quá mức và gây tắc bần ở hệ thống tăng áp.

Một điều đáng quan tâm trong quá trình động cơ làm việc liên tục ở chế độ tải thấp chính là sự tích tụ của nhiên liệu chưa cháy và dầu bôi trơn trong đường

ống góp khí xả và chúng có thể bốc cháy khi tải của động cơ tăng trở lại. Điều này có thể gây hư hỏng nặng cho tua bin tăng áp khí xả do vượt tốc đột ngột [1].



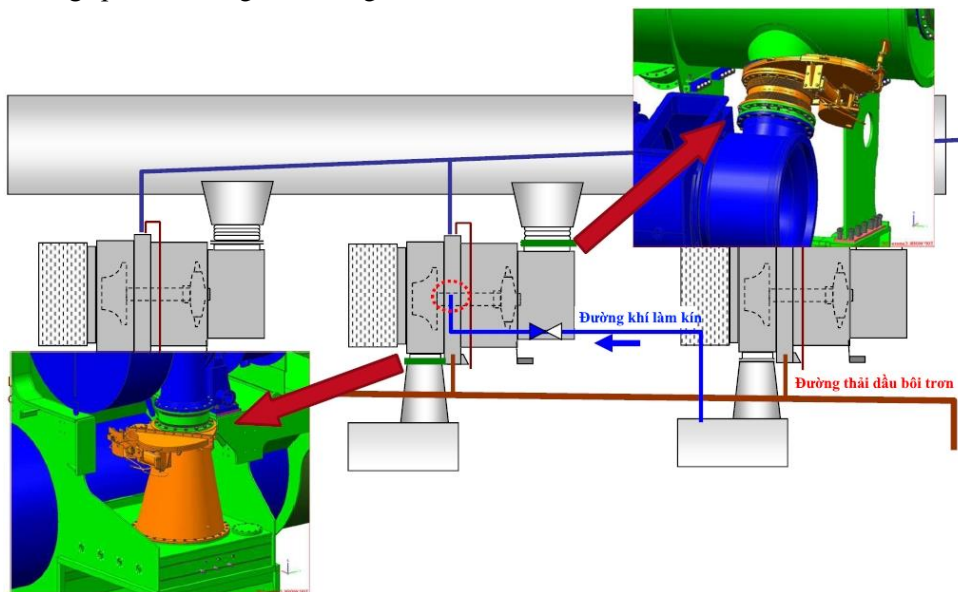
Hình 2. Chế độ động cơ làm việc liên tục ở tải thấp [2].

II. NÂNG CAO HIỆU SUẤT CỦA ĐỘNG CƠ

A. Giải pháp cải tiến hệ thống tăng áp

Để tối ưu hóa hoạt động của động cơ ở các chế độ tải thấp, hãng Wärtsilä đã phát triển giải pháp cải tiến hệ thống tua bin tăng áp khí xả bằng cách trang bị thêm

hệ thống “Slow Steam Upgrade Kit”. Kỹ thuật chính để tối ưu hóa hiệu suất của động cơ, chính là thay đổi số lượng tua bin tăng áp khí xả tham gia vào hoạt động tăng áp chung ở các chế độ tải khác nhau của động cơ.



Hình 3. Phương pháp ngắt một tua bin tăng áp khí xả MET khỏi hệ thống tăng áp của hãng Mitsubishi [3].

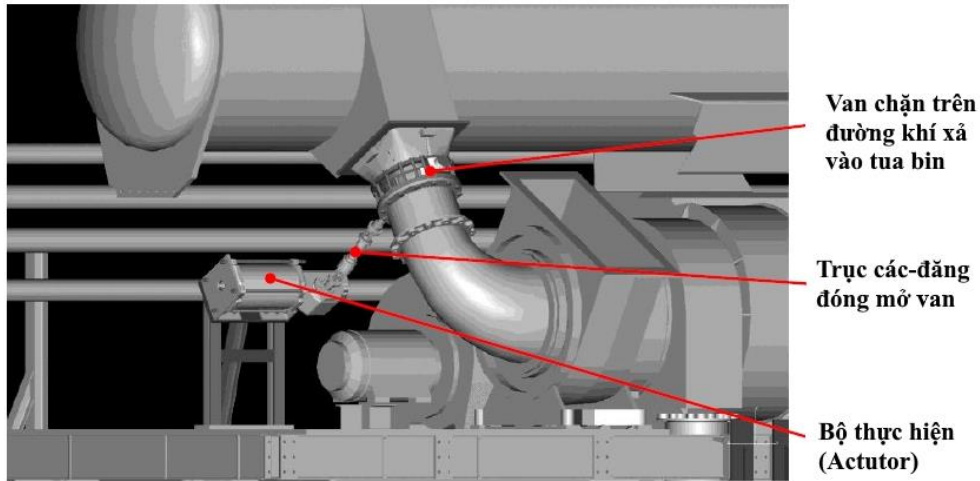
Trong thực tế, một tua bin tăng áp được ngắt kết nối khỏi hệ thống tăng áp khí xả bằng cách đóng “van chặn”. Khi đó, hiệu suất của (các) tua bin tăng áp còn lại sẽ tăng lên khi tải động cơ thấp. Việc cải tiến cho phép:

- Khai thác động cơ ở chế độ tải thấp hơn, không cần đến hoạt động của quạt gió phụ;
- Giảm nguy cơ tắc bần ở tua bin tăng áp khí xả và nòi hơi kinh tế khí xả;

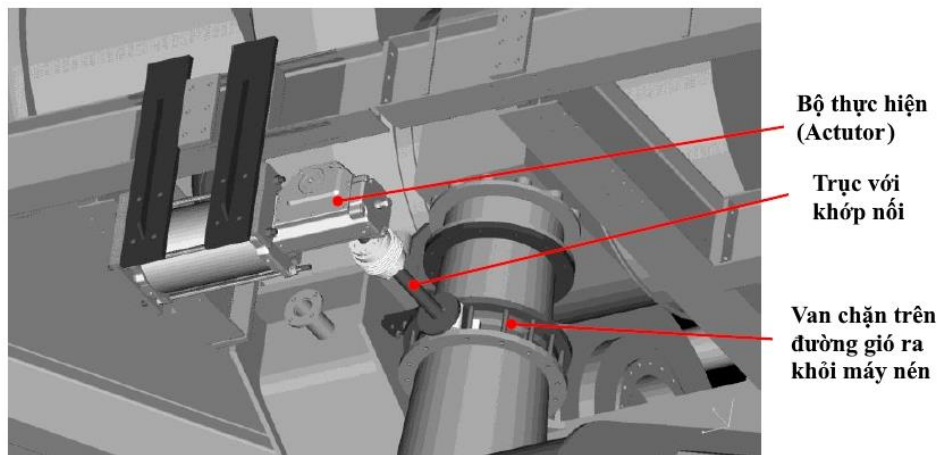
- Giảm đáng kể suất tiêu hao nhiên liệu;
- Tiết kiệm chi phí nhiên liệu phát sinh.

B. Mô tả thiết bị cải tiến hệ thống tăng áp

Để cải tiến hệ thống tăng áp khí xả nhằm nâng cao hiệu suất của động cơ ở các chế độ tải thấp, hai van chặn dạng van bướm được lắp đặt. Một van lắp trên đường khí xả vào tua bin và van còn lại được lắp trên đường gió tăng áp ra khỏi máy nén.



Hình 4. Bố trí van chặn trên đường khí xả vào tua bin [1].



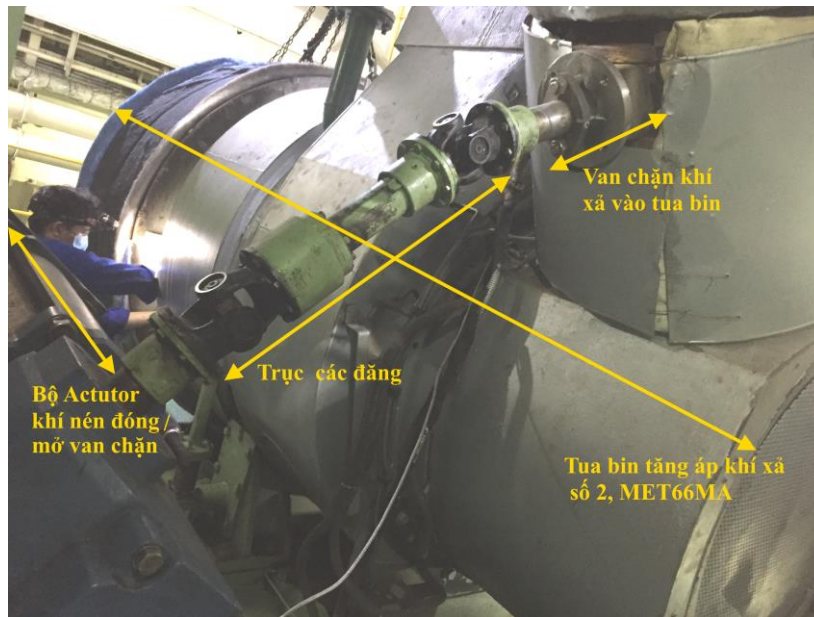
Hình 5. Bố trí van chặn trên đường gió ra khỏi máy nén [1].



Hình 6. Van chặn trên đường khí xả vào tua bin tăng áp MET66MA.

Với các vị trí van lắp đặt như vậy, có thể ngắt cô lập hoàn toàn một tua bin khí xả ra khỏi hệ thống tăng áp của động cơ. Lượng khí xả nhiều hơn từ động cơ đến (các) tua bin tăng áp khác. Do đó, sự cải thiện về hiệu suất của hệ thống tăng áp được thực hiện bằng cách tăng áp suất gió nạp cho một phụ tải nhất định. Áp suất cháy cực đại sẽ cao hơn, nhiệt độ khí xả sẽ thấp hơn và cuối cùng là giảm suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ.

Các van chặn được đóng mở bởi xi lanh (cylinder) khí nén loại có lò xo chịu tải. Trong trường hợp mất áp suất khí nén, các van chặn sẽ tự động mở. Xi lanh khí nén được kích hoạt bởi một van kiểu điện-khí nén kết nối với hệ thống điều khiển. Trong trường hợp hệ thống điều khiển bị lỗi hoặc trường hợp khẩn cấp, các van chặn có thể được mở bằng cách ngắt van điện-khí nén bằng tay hoặc xả khí.

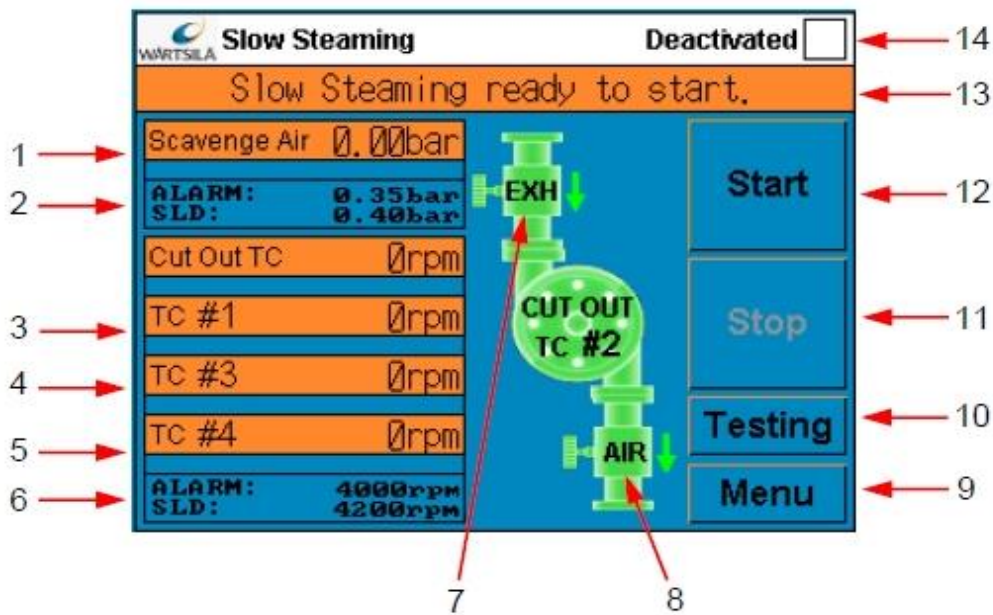


Hình 7. Bố trí thiết bị đóng/mở van chặn khí xả vào tua bin tăng áp MET66MA thực tế dưới tàu.

Hệ thống tự động được trang bị cho phép điều khiển chức năng cô lập (đóng van) hoặc hủy cô lập (mở van) một tua bin khí xả khỏi hệ thống tăng áp tại phòng điều khiển máy từ xa trong buồng máy. Hệ

thống này được kết nối với hệ thống điều khiển từ xa động cơ (RCS), thông qua hệ thống giám sát và báo động buồng máy (AMS).

C. Giao diện màn hình điều khiển hệ thống



Hình 8. Giao diện màn hình điều khiển [1].

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Áp suất gió quét; 2. Ngưỡng áp suất gió quét báo động và giảm máy; 3. Vòng quay tua bin tăng áp số 1; 4. Vòng quay tua bin số 3 (nếu có); 5. Vòng quay tua bin số 4 (nếu có); 6. Ngưỡng vòng quay tua bin báo động và giảm máy; 7. Chỉ báo trạng thái van chặn khí xả vào tua bin; | <ol style="list-style-type: none"> 8. Chỉ báo trạng thái van chặn gió ra khỏi máy nén; 9. Vào Menu các thông số hệ thống; 10. Chức năng kiểm tra tín hiệu; 11. Nút dừng hệ thống; 12. Nút khởi động hệ thống; 13. Hiển thị thông tin hoặc báo động hệ thống; 14. Trạng thái của hệ thống. |
|---|--|

BẢNG I. TRẠNG THÁI CỦA CÁC VAN CHẶN.

Chỉ báo trạng thái	Van khí xả	Van gió nén
Van đang đóng	Màu đỏ	Màu đỏ
Van đang ở trạng thái chuyển tiếp	Màu vàng	Màu vàng
Van đang mở	Màu xanh lá	Màu xanh lá

BẢNG II. TRẠNG THÁI CỦA TUA BIN TĂNG ÁP.

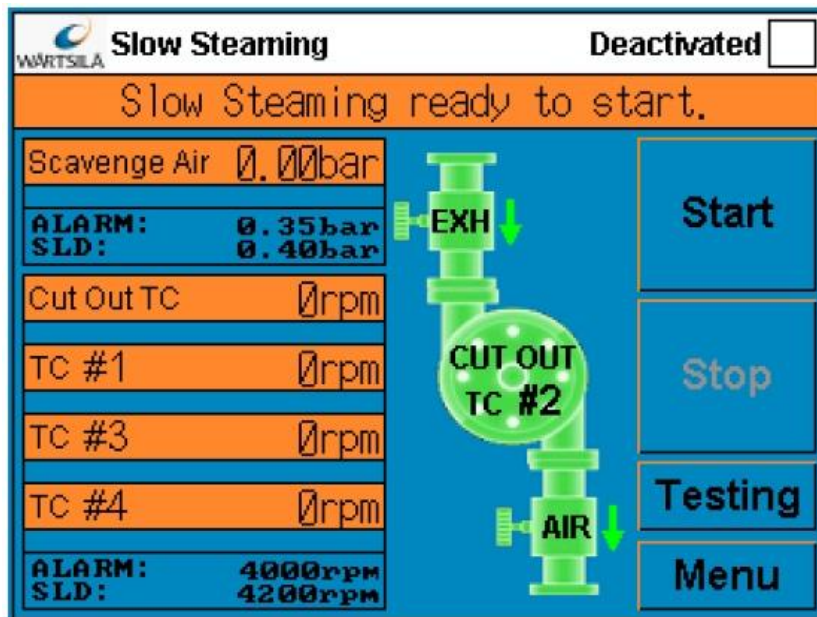
Chỉ báo trạng thái	Tua bin ngắt cô lập số 2
Không làm việc	Màu đỏ
Đang ở trạng thái chuyển tiếp	Màu vàng
Làm việc bình thường	Màu xanh lá

D. Kích hoạt hệ thống

Chỉ kích hoạt khởi động hệ thống khi các điều kiện sau được thỏa mãn:

- Áp suất gió quét trong phạm vi Start/Stop;
- Vòng quay tua bin trong phạm vi Start/Stop;

- Các van chặn khí xả/gió nén ở vị trí mở;
- Thời gian ổn định động cơ trước khi kích hoạt hệ thống đã đảm bảo;
- Không có hư hỏng trong hệ thống.



Hình 9. Màn hình trạng thái sẵn sàng kích hoạt hệ thống [1].

Khi các điều kiện trên được thỏa mãn, nút “START” ở trạng thái sáng, màn hình hệ thống đang hiển thị “Sẵn sàng để kích hoạt hệ thống” và trạng thái đang hiển thị là “Deactivated – Hủy kích hoạt”, nên có thể tiến hành kích hoạt hệ thống để cô lập một tua bin khí xả khỏi hệ thống tăng áp.

- Ấn nút khởi động hệ thống “START” và xác nhận để kích hoạt hệ thống;
- báo động sẽ xuất hiện trên màn hình. Khi đó, cần kiểm tra lại các van chặn và van điện từ.

Khi cả hai van chặn đóng hoàn toàn, hệ thống đã được kích hoạt, có thể tăng tải động cơ từ từ đến tốc

• Khi tín hiệu được gửi đến các van điện từ, trên màn hình, màu sắc của các van chặn sẽ chuyển từ màu xanh lá sang màu vàng để chỉ báo sự chuyển động của van;

• Khi các van chặn đã ở vị trí đóng, màu sắc của van tiếp tục chuyển sang đỏ. Bộ đếm thời gian cho phép 90 giây để các van chuyển trạng thái sang đóng. Trong khoảng thời gian này, nếu van vẫn chưa đóng, độ khai thác mong muốn trong giới hạn tốc độ tua bin và áp suất gió quét cho phép.

Các giá trị giới hạn được thiết lập dựa trên kiến thức và kinh nghiệm tốt nhất. Mặc dù hệ thống có

trang bị các khóa liên động an toàn, vẫn cần phải quan sát chặt chẽ hoạt động của động cơ trong suốt quá trình ngắt cô lập tua bin tăng áp. Cần lưu ý giám sát các thông số sau:

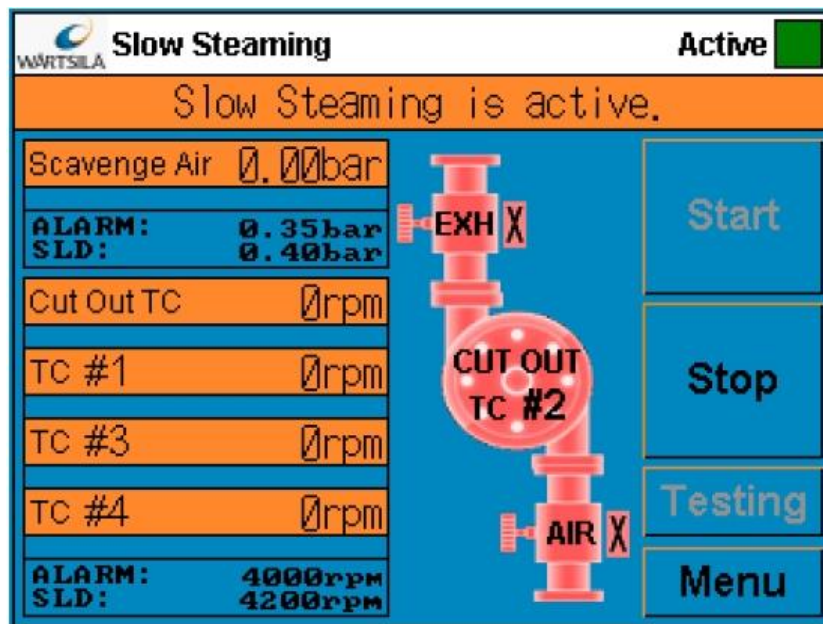
- Vòng quay các tua bin tăng áp khí xả đang hoạt động;
- Nhiệt độ dầu bôi trơn tua bin;
- Nhiệt độ khí xả động cơ.

E. Hủy kích hoạt hệ thống

Chỉ hủy kích hoạt hệ thống khi các điều kiện sau được thỏa mãn:

- Áp suất gió quét trong phạm vi Start/Stop;
- Vòng quay tua bin trong phạm vi Start/Stop;
- Các van chặn khí xả/gió nén ở vị trí đóng;
- Thời gian ổn định động cơ trước khi hủy kích hoạt hệ thống đã đảm bảo.

Khi các điều kiện trên được thỏa mãn, nút “STOP” ở trạng thái sáng, màn hình hệ thống đang hiển thị “Hệ thống đang ở trạng thái kích hoạt” và trạng thái đang hiển thị là “Active –Kích hoạt”, như vậy có thể tiến hành hủy kích hoạt hệ thống để hủy bỏ chế độ cô lập một tua bin khí xả khỏi hệ thống tăng áp [1].



Hình 10. Màn hình sẵn sàng để hủy kích hoạt hệ thống [1].

• Cũng như khi kích hoạt, tốc độ của tua bin tăng áp và áp suất gió quét được giảm dưới giới hạn và duy trì trong 5 phút để động cơ ổn định;

• Ấn nút “STOP” và xác nhận để dừng kích hoạt hệ thống;

• Khi tín hiệu được gửi đến van điện từ để mở trở lại các van chặn, trên màn hình, màu sắc của các van chặn sẽ chuyển từ đỏ sang vàng, sau cùng là chuyển sang màu xanh lá để chỉ báo sự chuyển động của van trở lại vị trí mở ban đầu;

• Do thiết kế an toàn của hệ thống, trong trường hợp bộ điều khiển có sự cố nghiêm trọng và nguồn cấp điện hoặc khí nén bị gián đoạn, cả hai van chặn sẽ được chuyển sang vị trí mở, cho phép động cơ hoạt

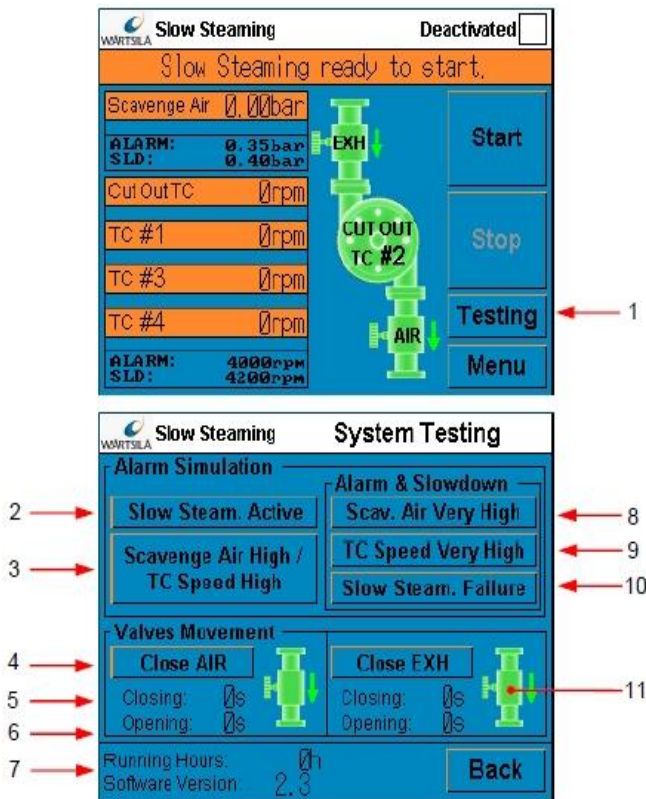
động bình thường. Một lò xo được tích hợp bên trong bộ truyền động van (Valve actuator) để kích hoạt hệ thống an toàn này.

F. Tự động điều khiển hủy kích hoạt hệ thống

Khi chức năng tự động hủy kích hoạt hệ thống được xác định và tình trạng động cơ chuyển trạng thái đang chạy sang trạng thái dừng, sau thời gian đã đặt, các van chặn tự động chuyển sang vị trí mở và hệ thống sẽ chuyển sang trạng thái hủy kích hoạt.

G. Kiểm tra hệ thống

Chức năng kiểm tra tín hiệu có thể được thực hiện khi hệ thống hủy kích hoạt và động cơ ở trạng thái dừng. Nút "Kiểm tra - Testing" chỉ sáng khi các điều kiện này được đáp ứng [1].



1. Nút chức năng kiểm tra hệ thống;
2. Báo động kích hoạt hệ thống;
3. Báo động vòng quay tua bin/áp suất gió quét cao;
4. Đóng/mở van chặn;
5. Thời gian đóng van chặn;
6. Thời gian mở van chặn;
7. Số giờ chạy kích hoạt hệ thống và phiên bản của phần mềm điều khiển;
8. Báo động và giảm máy do áp suất gió quét quá cao;
9. Báo động và giảm máy do vòng quay tua bin tăng áp quá cao;
10. Báo động và giảm máy do vòng quay tua bin tăng áp quá cao;
11. Trạng thái van (Màu đỏ - Van đóng / Màu vàng – Chuyển tiếp) / Màu xanh lá – Van mở).

Hình 11. Giao diện chức năng kiểm tra hệ thống [1].

III. CÁC VẤN ĐỀ CẦN LƯU Ý ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ KHI KÍCH HOẠT HỆ THỐNG

Các lưu ý sau cần được tuân thủ để hạn chế các ảnh hưởng của việc khai thác động cơ liên tục ở chế độ thấp tải [2]:

- Nhiệt độ khí thải ra khỏi động cơ phải được giữ trên 250°C để ngăn chặn sự ăn mòn nguội, bám bẩn ở bầu góp khí xả và vành ống phun của tua bin. Nếu nhiệt độ khí xả giảm xuống dưới 250°C thì phải tăng tải của động cơ;

- Nếu nhiệt độ khí xả động cơ quá cao (trên 450 °C trước tua bin), quạt gió phụ có thể được bật chuyển sang chế độ “chạy liên tục”. Tuy nhiên, cần phải lưu ý rằng không phải tất cả quạt gió phụ đều thích hợp để chạy liên tục ở cao tải do áp suất gió quét cao hơn. Kiểm tra quạt gió phụ phù hợp chạy liên tục ở dòng điện định mức để tránh làm hỏng động cơ điện và các bộ phận điện khác;

- Cần tránh bật và tắt liên tục quạt gió phụ. Nếu cần thiết, chuyển quạt gió phụ sang chế độ điều khiển bằng tay;

- Đặc biệt đối với hoạt động ở tải thấp, thiết bị phun nhiên liệu phải ở trong tình trạng tối ưu để đảm bảo mỗi vòi phun riêng biệt đạt được mức phun nhiên liệu

thích hợp. Kiểm tra sự gia nhiệt cho đường cấp nhiên liệu sử dụng;

- Tỷ lệ cấp dầu bôi trơn sơ mi xi lanh phụ thuộc vào tải và thường không cần điều chỉnh lại. Tuy nhiên, cần thường xuyên kiểm tra mặt dưới piston để theo dõi tình trạng hoạt động của piston và các dấu hiệu của việc bôi trơn quá mức;

- Độ nhớt tối ưu của nhiên liệu nên duy trì ở mức thấp hơn mức khuyến nghị trong tài liệu hướng dẫn vận hành động cơ từ 12 đến 17 cSt;

- Giữ nhiệt độ nước làm mát sơ mi xi lanh ở mức giới hạn trên (tham khảo tài liệu hướng dẫn vận hành để biết thông số kỹ thuật chi tiết);

- Giữ nhiệt độ khí quét trong khoảng 40 đến 48°C nhằm đảm bảo nhiệt độ buồng đốt và nhiệt độ các chi tiết thích hợp;

- Chú ý đến dây tốc độ bị cấm khai thác;

- Mỗi ngày, nên tăng tải động cơ trên 80% vòng quay định mức (MCR) trong thời gian một giờ để đốt cháy các cặn carbon tích tụ. Việc tăng tải phải thực hiện cẩn thận và từng bước nhỏ để tránh các điều kiện hoạt động bất lợi của piston do carbon tích tụ trên đỉnh và có thể xảy ra cháy ở ống góp khí xả;

• Có thể yêu cầu thổi muối than thường xuyên đối với nồi hơi kinh tế khí xả có các cánh tản nhiệt gần nhau.

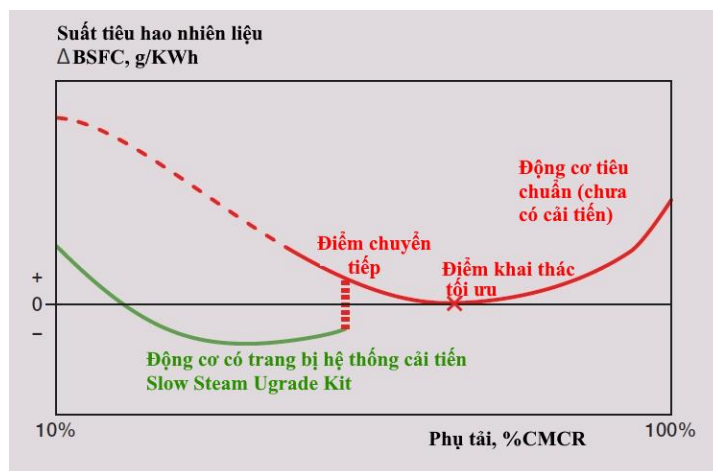
IV. KẾT LUẬN

Việc cải tiến hệ thống tăng áp khí xả cho các động cơ Wärtsilä RT-flex bằng cách trang bị hệ thống “Slow Steam Upgrade Kit” như trình bày ở trên giúp mở rộng phạm vi tải trong khai thác của động cơ, cho phép động cơ có thể làm việc liên tục ở bất kỳ mức tải trong phạm vi từ 10 đến 100% công suất định mức (CMCR), không có bất kỳ giới hạn phụ.

Khi khai thác động cơ liên tục ở chế độ thấp tải dưới 50% CMCR, không có giải pháp cải tiến đi kèm,

có thể dẫn đến nguy cơ gia tăng quá mức việc đóng cấu cặn, tắc bản và làm tăng nhiệt độ khí xả ở động cơ... Hệ thống cải tiến giúp ngăn chặn các rủi ro, cho phép động cơ khai thác ở mức tải thấp xuống đến 10% CMCR. Động cơ với hệ thống tăng áp được cải tiến có thể hoạt động đạt đến công suất thiết kế mọi lúc, tương ứng với tốc độ tối đa trên biển.

Việc trang bị hệ thống “Slow Steam Upgrade Kit” cho hệ thống tăng áp khí xả giúp giảm và tiết kiệm chi phí nhiên liệu đáng kể cho các chủ tàu, đặc biệt là đối với các đội tàu container có tải trọng lớn



Hình 12. Đường cong suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ tiêu chuẩn (đỏ) và động cơ có trang bị hệ thống “Slow Steam Upgrade Kit” (xanh lá) [2]

Lấy ví dụ đối với động cơ Wärtsilä 12RTA96C, công suất định mức (100% CMCR) là 68.640 KW ở vòng quay 102 vòng/phút, có số giờ hoạt động bình quân trong một năm là 7.000 giờ. Khi cải tiến hệ thống tăng áp khí xả bằng cách trang bị hệ thống “Slow Steam Upgrade Kit”, khai thác động cơ liên tục ở chế độ tải 45% CMCR, giúp tiết kiệm được 8,8 g/KWh nhiên liệu ở cùng tốc độ, tương ứng tiết kiệm được 0,272 tấn nhiên liệu/giờ. Do đó, trong một năm khai thác, có thể tiết kiệm được một lượng nhiên liệu lên đến 1.904 tấn [3].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wartsila Switzerland Ltd., “Slow Steam Upgrade Kit”, 8RT-flex68-D_V0, Wartsila, Helsinki, Finland, 2009.
- [2] Wartsila, “Service Bulletin, Technical Information to all Owners/Operators of RTA and RT-flex Engines, Continuous Low Load Operation”, Helsinki, Finland, 2007.
- [3] Mitsubishi Heavy Industries Marine Machinery & Engine Co., Ltd, “MET turbocharger Cut-Out”, Mitsubishi Heavy Industries Group, Tokyo, Japan, 2013.