

HO MÁY NÉN ĐỘNG CƠ DIESEL TĂNG ÁP VÀ BIỆN PHÁP XỬ LÝ
THE SURGING OF TURBO CHARGER BLOWER ON MARINE DIESEL ENGINE
AND COUNTER MEASURES

TS. NGUYỄN VĂN TUẤN, ThS. NGUYỄN HÙNG VƯỢNG
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH
KS. VŨ ĐỨC HƯNG
Cty TNHH Điện Cáp Lân Vinashin

Tóm tắt

Trong khai thác, hiện tượng bất ổn định dòng khí nạp ở máy nén tăng áp động cơ diesel sẽ gây ra âm thanh khác thường ở khu vực máy nén hoặc kết hợp với rung động mạnh ở tổ hợp tua bin tăng áp kèm theo sự trào ngược dòng khí nạp ra ngoài. Sự thực hiện tượng này xảy ra ở khu vực máy nén nhưng trong hầu hết các tài liệu hiện tại ở Việt nam gọi đó là hiện tượng “ho tua bin”. Vậy nên chẳng chúng ta cần thay đổi lại tên gọi cho đúng bản chất là “ho máy nén”?

Abstract

In operation, the phenomenon of instability of the air stream loaded into supercharged diesel engines can cause abnormal sounds in the area of the blower or the combination of strong vibration in turbo-charger attached airflow minute load back out. This phenomenon occurs in all regions of blower but the Vietnamese document is it called "surging in turbine". So we need to change to "surging in blower" or not?

Thuật ngữ

- Tăng áp: tăng áp suất không khí nạp bằng thiết bị nén riêng;
- Tua bin - máy nén: thiết bị sử dụng năng lượng khí xả để quay tua bin lái máy nén tăng áp;
- Ho tua bin: hiện tượng rung động kèm theo âm thanh khu vực máy nén khí động cơ tăng áp;
- Tuyến nạp xả: các thiết bị trên đường nạp không khí và đường thải khí xả;

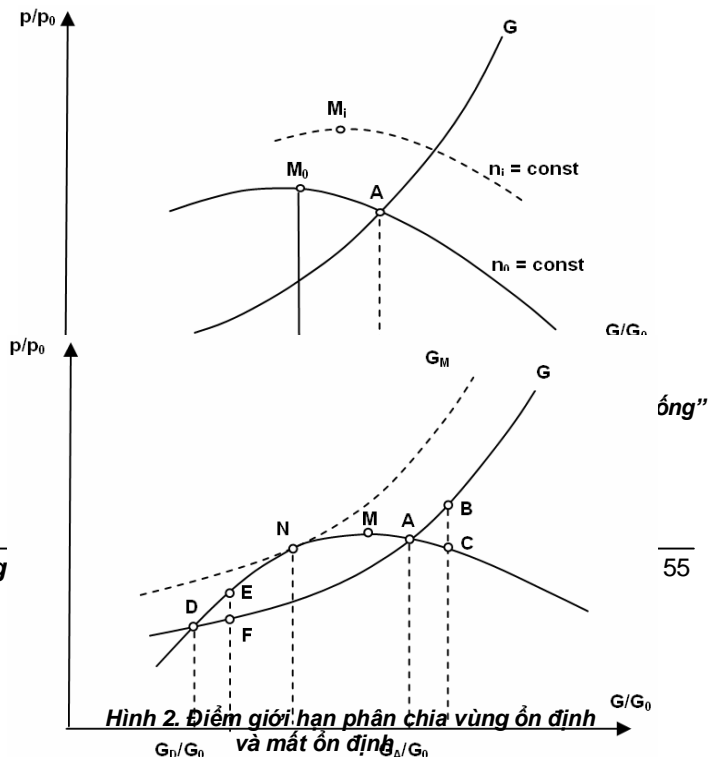
1. Điểm phối hợp công tác tua bin - máy nén và động cơ diesel

Theo nguyên lý làm việc của động cơ diesel tăng áp, máy nén (do tua bin lái) sẽ cung cấp không khí vào tuyến nạp, nạp vào xi lanh qua cơ cấu nạp (thực hiện quá trình cháy sinh công), qua cơ cấu xả và các thiết bị tận dụng nhiệt (tuyến xả) rồi được thải ra ngoài. Như vậy, nếu coi máy nén như một chiếc “bơm” thì toàn bộ tuyến nạp xả động cơ diesel được xem như “hệ thống van ống”. Điểm phối hợp công tác của “bơm và hệ thống” trên đồ thị “cột áp - lưu lượng” được mô tả trên hình 1.

Trên hình 1, điểm phối hợp công tác là giao điểm A của đặc tính máy nén với vòng quay không đổi $n = \text{const}$ và đặc tính sức cản tuyến nạp xả động cơ G. Với số cánh hữu hạn, đặc tính máy nén khi $n = \text{const}$ luôn tồn tại điểm M (hoặc vùng nhỏ) có cột áp cực đại. Như vậy, đặc tính của máy nén và tuyến nạp xả có thể cắt nhau ở 2 điểm A và D (hình 2). Tính chất của hai điểm phối hợp làm việc này hoàn toàn khác nhau: A là điểm ổn định trong khi D là điểm mất ổn định.

2. Vùng ổn định và mất ổn định làm việc của tua bin - máy nén

Thật vậy, tại điểm D, hệ



Hình 2. Điểm giới hạn phân chia vùng ổn định và mất ổn định

thống sẽ làm việc ổn định nếu không có bất kỳ một yếu tố bên ngoài nào tác động làm thay đổi lưu lượng của hệ thống. Giả sử xuất hiện một nhiễu loạn làm lưu lượng của hệ thống tăng lên, khi đó cột áp của máy nén tạo ra tương ứng với điểm E là p_e còn sức cản của hệ thống tương ứng với điểm F là p_r . Nhưng vì $p_e > p_r$ do đó lưu lượng qua hệ thống sẽ tiếp tục tăng. Trong trường hợp ngược lại, nếu nhiễu loạn làm lưu lượng của hệ thống giảm thì lưu lượng sẽ tiếp tục giảm. Nói cách khác, hệ thống không có khả năng tự ổn định.

Nhưng nếu điểm phối hợp công tác là A, tác động nhiễu loạn làm tăng lưu lượng sẽ làm cho cột áp cần lớn hơn cột áp do máy nén tạo ra, làm cho lưu lượng buộc phải giảm xuống. Ngược với trường hợp trên, xung quanh điểm A là vùng mà hệ thống có khả năng tự ổn định.

Giả sử tạo tác động làm tăng sức cản của hệ thống, đường đặc tính của hệ thống sẽ dịch lên phía trên đến khi nó tiếp xúc với đặc tính máy nén tại điểm N (hình 2). Điểm N sẽ là "giới hạn", chia đặc tính máy

nén thành hai vùng: bên phải điểm M là vùng ổn định còn bên trái là vùng mất ổn định.

Vì điểm N luôn rất gần với M vì vậy trong nhiều trường hợp người ta lấy M làm điểm phân chia vùng làm việc ổn định và mất ổn định. Quý tích các điểm M_i (hoặc N) tương ứng với các tốc độ quay của máy nén n_i được gọi là đường giới hạn mất ổn định S - còn gọi là giới hạn ho máy nén (hình 3). Vùng đồ thị bên trái đường giới hạn ho S được gọi là vùng ho (surging margin).

3. Xu hướng lựa chọn vùng làm việc cho tua bin - máy nén

Trong thiết kế, các thông số cơ bản của tổ hợp tua bin - máy nén được tính toán theo các công thức sau đây:

- Lưu lượng không khí lưu động được tính theo độ chênh áp suất của không khí qua vành tiết lưu như sau:

$$G = 3.479\alpha\epsilon d^2 \sqrt{\gamma \Delta p} \quad (1)$$

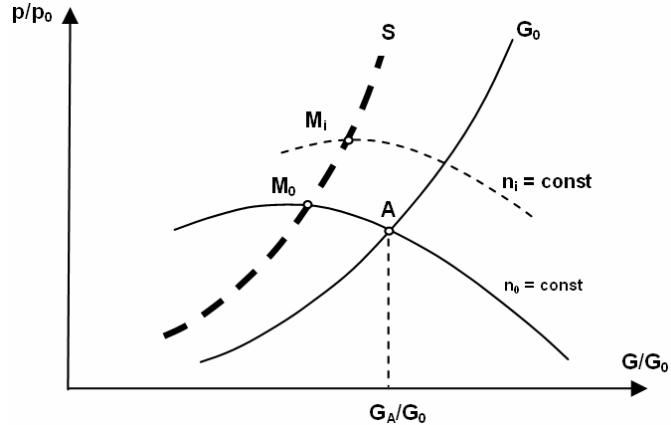
trong đó, α là hệ số lưu lượng, ϵ là hệ số tính đến dẫn nở không khí, d đường kính lỗ vành tiết lưu còn γ là khối lượng riêng của không khí;

- Hiệu suất thực của máy nén tính theo áp suất, nhiệt độ không khí lối vào p_a và t_a ; áp suất, nhiệt độ không khí lối ra p_k và t_k như sau:

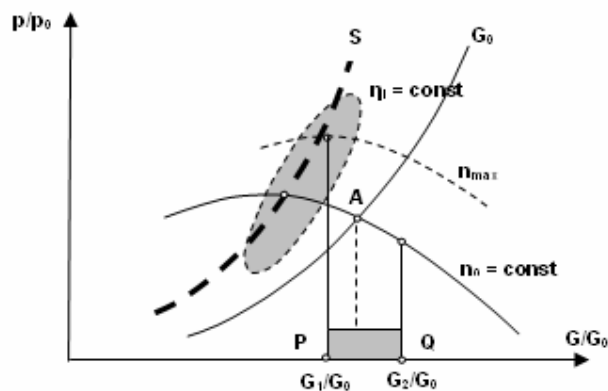
$$\eta_k = \frac{T_a \left(\pi^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)}{T_k^h - T_a^h} \quad (2)$$

trong đó, T_k^h và T_a^h là nhiệt độ dòng không khí quy về trạng thái hãm, còn π là tỷ số tăng áp suất của máy nén $\pi = p_k / p_a$;

Trên đồ thị, tương ứng với một giá trị tốc độ quay n_i của máy nén, hiệu suất của máy nén η_i tính theo công



Hình 3. Đường giới hạn phân vùng ổn định và mất ổn định



Hình 4. Lựa chọn vùng làm việc cho tua bin - máy nén

thức (2) có dạng đường cong khép kín (hình 4). Giá trị η_i tăng lên đồng thời xu hướng đường đặc tính $\eta_i = \text{const}$ thu vào phía trong.

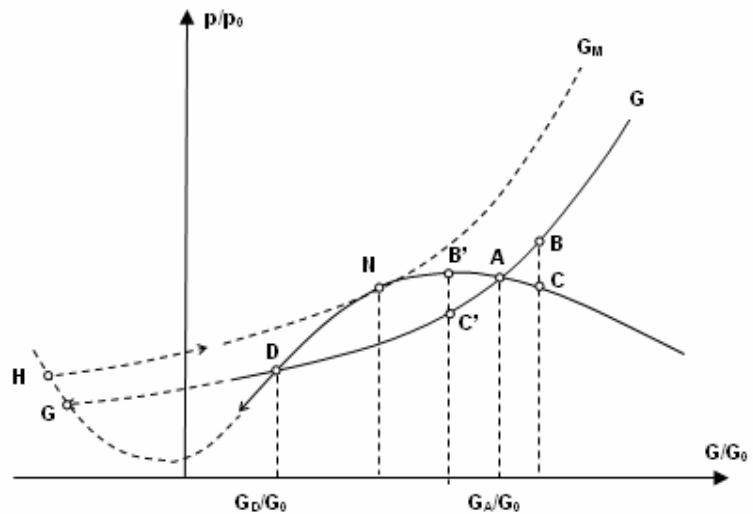
Đồ thị hình 4 cho thấy, lân cận khu vực cột áp cực đại chính là đường giới hạn ho và lân cận với nó là vùng hiệu suất lớn nhất. Chính vì vậy, vùng làm việc của máy nén được lựa chọn sát với giới hạn ho S của máy nén. Vùng làm việc PQ như mô tả trên đồ thị hình 4 nhằm đảm bảo hiệu suất cao nhưng cũng đủ xa giới hạn ho. Theo khuyến cáo của các nhà khoa học Nga, điểm làm việc định mức thường được lựa chọn cách xa giới hạn ho khoảng từ 10 đến 15%.

Kinh nghiệm thiết kế của nhiều hãng chế tạo động cơ diesel cũng chỉ ra rằng, tùy thuộc vào chủng loại động cơ và đặc điểm khai thác mà có thể lựa chọn chế độ làm việc của tua bin - máy nén sát với giới hạn ho (để đạt tính kinh tế cao) hoặc phải rời xa giới hạn ho (để đạt tính an toàn).

Tuy nhiên trong thực tế, do tác động của các nhiễu loạn bên ngoài, tình trạng kỹ thuật của thiết bị, kinh nghiệm khai thác, ...hiện tượng ho vẫn thường xuyên xảy ra. Ho như chúng ta đã thấy, xảy ra hoàn toàn bên phía máy nén khí và có thể gọi đó là "ho máy nén" nhưng các tài liệu kỹ thuật tiếng Việt thường gọi đó là "ho tua bin".

4. Quá trình ho máy nén động cơ diesel tăng áp

Trong quá trình hoạt động của động cơ diesel có rất nhiều yếu tố gây nhiễu loạn làm thay đổi lưu lượng của máy nén cũng như sức cản hệ thống. Giả sử hệ thống tua bin - máy nén diesel đang làm việc ổn định ở điểm A. Các nhiễu loạn làm lưu lượng của hệ thống thay đổi có thể đẩy điểm phối hợp công tác từ A sang D là điểm mất ổn định. Đặc biệt, các nhiễu loạn làm tăng sức cản tính G thành G_M (hình 5). Trong trường hợp này, điểm làm việc của hệ thống chuyển từ N sang H còn điểm làm việc của máy nén chuyển từ N qua D, G rồi đến



Hình 5. Quá trình ho máy nén động cơ diesel tăng áp

H với lưu lượng âm: không khí nạp có áp suất đang chuyển động ngược chiều ra ngoài. Chu kỳ này lặp lại liên tục tạo ra sự dao động và âm thanh dữ dội ở khu vực máy nén khí - đó chính là hiện tượng "ho máy nén".

Chính vì vậy, các yếu tố nhiễu loạn liên quan đến sự thay đổi sức cản hệ thống là nguyên nhân chính gây ho máy nén. Ngoài ra, do máy nén đang được dẫn động trực tiếp từ tua bin do đó, các yếu tố tác động đến khả năng phát huy công suất ổn định cho tua bin cũng là các nguyên nhân quan trọng gây ho máy nén.

5. Nguyên nhân gây ho máy nén và biện pháp xử lý

Các phân tích trên cho thấy ho máy nén là hiện tượng được tổng hợp từ hai yếu tố sau đây:

- Các yếu tố tiềm ẩn bên trong hệ thống đã đẩy điểm phối hợp công tác đến gần hoặc vào trong vùng giới hạn ho hoặc làm cho hệ thống làm việc không ổn định;
- Yếu tố bên ngoài tác động làm thay đổi tải của động cơ và chế độ khai thác.

Phân tích tổng thể các yếu tố trên đây giúp cho chúng ta thống kê được các nguyên nhân gây ho và biện pháp phòng ngừa, xử lý đối với hiện tượng này.

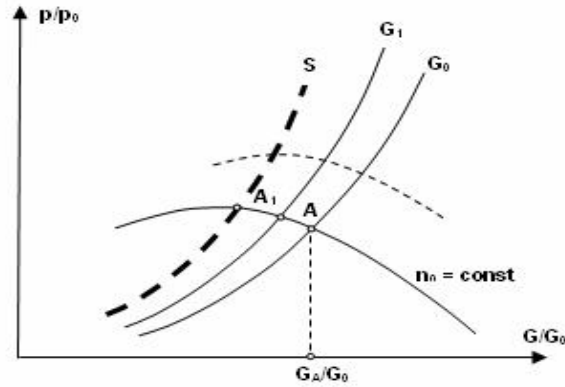
5.1. Các nguyên nhân gây ho máy nén

5.1.1. Các nguyên nhân bên trong

Các nguyên nhân bên trong gây ho phổ biến nhất là sự tắc bần (làm tăng sức cản) của các thiết bị dọc theo tuyến nạp xả của động cơ, trong đó có thể bao gồm:

- Sinh hàn gió (inter cooler) tắc bần;
- Các van một chiều trong hệ thống tăng áp dùng hốc dưới piston tắc bần;
- Cửa nạp hoặc xu páp nạp tắc bần;
- Ống phun tua bin tắc bần;
- Cánh máy nén hoặc tua bin kém, không cân bằng;
- Thiết bị tận dụng nhiệt khí xả (hâm nước tiết kiệm, nồi hơi khí xả, bầu giảm âm, ...) tắc bần;

Sự tắc bần làm tăng sức cản các thiết bị nêu trên sẽ làm đặc tính hệ thống bị đẩy lên cao, từ đường G_0 lên đặc tính G_1 (hình 6). Điểm phối hợp công tác ban đầu từ A sẽ bị đẩy lên A_1 gần với giới hạn ho S.



Hình 6. Dịch chuyển điểm công tác về phía giới hạn ho

Các nguyên nhân bên trong làm cho hệ thống làm việc không ổn định có thể bao gồm:

- Vòi phun kẹt, chất lượng phun sương kém.
- Bơm cao áp hoặc van xuất dầu kém làm lượng phun và thời điểm phun bị thay đổi;
- Chất lượng nhiên liệu thay đổi (theo xu hướng kém);
- Xu páp xả hoặc nạp bị kênh, đóng không kín, cháy thổi;
- Tình trạng sơ mi xi lanh, piston kém; séc măng bị mòn, gãy;
- Công suất các xi lanh không đồng đều.

5.1.2. Các nguyên nhân bên ngoài và chế độ khai thác động cơ

Các nguyên nhân bên ngoài làm thay đổi phụ tải động cơ có thể bao gồm:

- Tàu hành trình trong điều kiện thời tiết xấu, sóng gió lớn (đối với máy chính);
- Chế độ khai thác với mức độ phụ tải thay đổi lớn (ví dụ chế độ làm hàng cầu tàu với máy đèn);

Liên quan đến chế độ khai thác có một số điểm như giảm vòng quay máy chính đột ngột hoặc việc lựa chọn chế độ khai thác cũng như hiệu chỉnh bộ điều tốc không phù hợp, ...

5.2. Một số biện pháp phòng ngừa và xử lý ho máy nén

Biện pháp phòng ngừa chính là kiểm soát thông số sức cản thông qua các thiết bị đo sức cản thuộc tuyến nạp xả (ví dụ các ống chữ U). Ngoài ra cần có kế hoạch bảo dưỡng sửa chữa tua bin, bộ hơi, bơm cao áp, vòi phun, ... và duy trì việc đo kiểm tra các thông số cũng như chỉnh định động cơ.

Tùy theo nguyên nhân gây ho, các biện pháp xử lý ho máy nén có thể bao gồm:

- Xả bớt khí nạp ra khỏi hộp gió nạp tăng áp;
- Giảm phụ tải cho động cơ;
- Thay đổi hướng hành trình của tàu theo xu thế giảm tác động của sóng gió;

- Giảm vòng quay động cơ từ từ hoặc theo nhiều cấp;

6. Sự cố ho máy nén tại nhà máy điện Cái Lân Vinashin

6.1. Giới thiệu

Nhà máy điện Cái Lân - Vinashin được trang bị 6 tổ máy động cơ diesel lai phát điện, sử dụng nhiên liệu nặng (dầu FO) với công suất mỗi tổ máy phát là 7040 kW. Động cơ diesel lai máy phát hãng FINCANTIERI C.N.I 16VA32, là động cơ 4 kỳ, kiểu chữ V, 16 xi lanh, vòng quay 750 vòng/phút.

Hệ thống tăng áp của động cơ được trang bị 02 tua bin tăng áp sử dụng năng lượng khí xả kiểu xung, mỗi tua bin sử dụng khí xả từ một dãy xi lanh. Các máy nén được kết nối vào một sinh hàn gió để từ đó nạp vào khoang gió quét chung của động cơ.

Hiện tượng ho tua bin đã xảy ra thường xuyên khi công suất của máy phát tăng đến khoảng từ 2.5 đến 4.5 MW. Diễn biến quá trình như sau: Khi tải tăng, áp suất gió tăng áp bắt đầu tăng dần đến giá trị 1.4 bar thì máy nén A bắt đầu ho, sau đó đến B và quá trình liên tục diễn ra như vậy. Nếu giảm tải nhỏ hơn 2.0 MW thì hiện tượng ho không xuất hiện nữa. Ngoài ra, sau một thời gian ngắn khai thác (kể từ khi được bảo dưỡng), mức công suất xảy ra ho giảm dần. Khi xuất hiện ho, người vận hành buộc phải giảm công suất của tổ máy phát.

6.2. Các thông số đo kiểm tra

Việc kiểm tra đo các thông số công tác hiện tại so với thông số công tác khi thử máy tại xưởng cho ta một số kết luận sau:

- Nhiệt độ khí xả giữa hai dãy A và B chênh lệch nhau nhiều, nên nhiệt độ khí xả vào tua bin chênh nhau từ 70 - 90 độ ;
- Số chỉ của trục ra BDT khác xa so với giá trị thử nghiệm khi xuất xưởng (lệch khoảng hơn 2 vạch) điều này có thể làm cho động cơ không phát huy được hết công suất;
- Nhiệt độ khí xả ra khỏi xi lanh và trước khi vào tua bin bình thường (cao không đáng kể);
- Tốc độ quay của tua bin cao hơn nhiều so với bình thường (16 - 25)%
- Áp suất không khí tăng áp cao một cách bất thường (18 - 65)%;

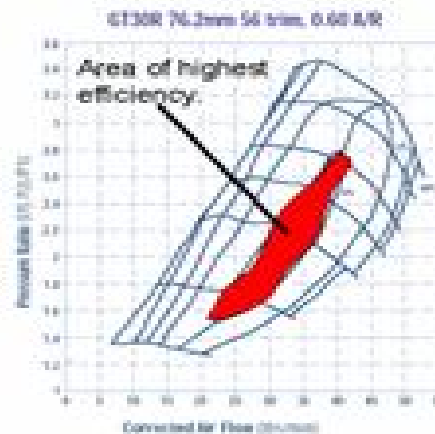
6.3. Các nguyên nhân có thể

Việc kiểm tra đo các thông số công tác hiện tại so với thông số công tác khi thử máy tại xưởng cho ta một số kết luận sau:

- Tổ hợp tuabin máy nén được thiết kế trên quan điểm ưu tiên hiệu suất lớn nhất (hình 7) nên máy nén hoạt động rất gần với "vùng ho" (surging margin). Do vậy chỉ cần các thông số vào và ra của động cơ thay đổi một chút sẽ đẩy điểm làm việc của máy nén sang "vùng ho";

- Các thông số đầu vào của động cơ hiện thời bị sai khác so với giá trị thiết kế (nhiệt độ khí nạp, nhiệt độ nước làm mát cao);

- Khí xả sau khi qua tua bin được thiết kế qua nồi hơi khí xả sau đó mới xả ra môi trường nhưng hiện nay được xả thẳng. Như vậy, trở lực sau tua bin đã giảm một cách



Hình 7. Vùng hiệu suất cao động cơ C.N.I 16VA32 hãng FINCANTIERI.

đáng kể đã làm tăng động năng của khí xả qua tua bin (tua bin sẽ quay nhanh hơn) và dẫn tới dư thừa khí nạp;

- Chất lượng của quá trình cháy không tốt (hệ thống nhiên liệu, bộ hơi) cũng góp phần làm tăng năng lượng của dòng khí xả gây dư thừa công suất của tổ hợp tuabin-máy nén;

6.4. Các biện pháp xử lý

Trên cơ sở phỏng đoán nguyên nhân gây ho máy nén, chúng tôi đã khuyến cáo nhà máy một số biện pháp xử lý như sau:

- Xả cưỡng bức không khí nạp để dời điểm làm việc của máy nén tăng áp ra khỏi “vùng ho”.

- Tăng cường làm mát khí nạp (vệ sinh sinh hàn gió, tăng lưu lượng nước vào sinh hàn);

- Hiệu chỉnh sự đồng đều về công suất giữa các xy lanh và giữa hai dãy A và B;

- Kiểm tra lại góc phun sớm của bơm cao áp, tăng góc phun sớm nếu có thể;

- Kiểm tra, đánh giá toàn bộ hệ thống nhiên liệu (hệ thống lọc, xử lý nhiên liệu, bơm cao áp, vòi phun) và phải thay mới nếu cần;

- Có thể nghiên cứu chế tạo thiết bị phụ trợ để tự động điều chỉnh áp suất không khí tăng áp theo phụ tải nhằm duy trì được hệ số dư lượng không khí cần thiết trong khi vẫn kiểm soát được hiện tượng “ho”.

7. Kết luận

Ho máy nén chính là hiện tượng mà thuật ngữ tiếng Việt quen gọi là ho tua bin. Ho máy nén xảy ra tương đối phổ biến với các động cơ có tăng áp bằng tua bin khí xả. Tuy nhiên, việc khắc phục không hề đơn giản bởi lẽ ho chỉ là biểu hiện cho một bệnh nào đó. Để khắc phục được triệt để và có thể làm chủ được nó cần có các nghiên cứu tổng thể, toàn diện kết hợp cả lý thuyết lẫn thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Patrik Wheeler, EOC Wartsilla diesel engine, *Optimizing match – point between diesel engine and high efficiency turbocharger*, Tạp chí hãng Wartsilla, số 10 năm 2007
- [2] Project guide, Man – B & W diesel engine, *Proper Turbocharger choosing for Man – B&W diesel engine*, 2004,
- [3] ABB turbocharger, Swiss land, *ABB Turbocharger surging analysis*, 2001.

Người phân biện: TS. Nguyễn Huy Hào
