

# NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID KHÍ NÉN TÀU THỦY RESEARCH, APPLICATION PID PNEUMATIC CONTROLLER ON BOARD THE SHIP

NGUYỄN NGỌC HOÀNG\*, ĐỖ THỊ HIỀN

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

\*Email liên hệ: hoangnn.mtb@vamaru.edu.vn

## Tóm tắt

Bộ điều khiển tỷ lệ, tích phân và vi phân PID được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp và trong các hệ thống điều khiển hệ động lực tàu thủy. Bài báo giới thiệu các bộ điều khiển PID khí nén, nghiên cứu các tác động điều khiển tỷ lệ, tích phân và vi phân làm ảnh hưởng đến tín hiệu ra của bộ điều khiển, đồng thời cũng phân tích các giải pháp thiết kế và bố trí các bộ điều khiển khác nhau cho các hệ thống khác nhau trên tàu, bên cạnh đó các tác giả đã dùng thực nghiệm nghiên cứu tìm các giá trị hệ số tỷ lệ, tích phân và vi phân trên bộ điều khiển và hiển thị NS 732 của nhà chế tạo NAKAKITA SEISAKUSHO.

**Từ khóa:** Bộ điều khiển PID, bộ điều khiển khí nén PID.

## Abstract

The PID controller is widely used in industrial and control systems of propulsion system on board the ship. Article introduces PID pneumatic controller, make a study of the influence of proportional, integral and differential to output of controller. Simultaneously, the article analyses solutions for designing and application the various controllers in the several ship systems, beside the authors used practic together with research to finding out the values of scale factor for proportional, integral and differential for the NS 732 automatic indicating controller of maker NAKAKITA SEISAKUSHO.

**Keywords:** PID controller, PID pneumatic controller.

## 1. Đặt vấn đề

Tự động điều khiển các thông số của các hệ thống tàu thủy là vô cùng quan trọng, đảm bảo các thông số hệ thống hoạt động chính xác hiệu quả và an toàn, giúp thuyền viên giảm tải sức lao động và căng thẳng thần kinh.

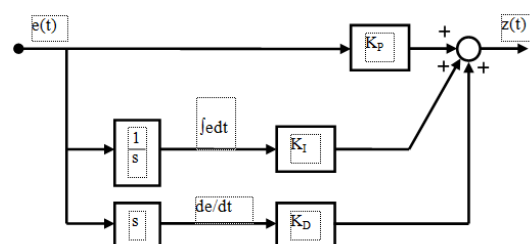
Như vậy việc nghiên cứu thiết kế, phân tích và ứng

dụng các bộ điều khiển tự động PID vào tự động điều khiển các thông số của hệ động lực tàu thủy theo đặc điểm riêng của chúng sẽ góp phần tích cực trong hoàn thiện đóng mới cũng như quản lý khai thác năng lượng tàu thủy hiệu quả. Các bộ điều khiển kết hợp điều khiển PI, PID đã được sử dụng trên tàu trong các hệ thống: Điều chỉnh nhiệt độ dầu nhớt vào động cơ diesel, điều chỉnh nhiệt độ nước làm mát vào làm mát xi lanh động cơ diesel, điều chỉnh nhiệt độ nước biển tuần hoàn làm mát vòng ngoài, điều chỉnh nhiệt độ dầu đốt, dầu nhớt vào máy lọc, điều chỉnh độ nhớt dầu đốt vào động cơ diesel, điều chỉnh áp suất cấp dầu đốt vào động cơ diesel, điều chỉnh áp suất cấp nước sinh hoạt và phục vụ, điều chỉnh cấp nước nồi hơi, điều chỉnh áp suất hơi nồi hơi,... Các bộ điều khiển này có thể được điều khiển bằng điện, bằng điện tử - khí nén hay bằng khí nén thuần túy.

## 2. Nội dung

### 2.1. Cơ sở toán học của bộ điều khiển PID

Nhiệm vụ của bộ điều khiển là tác động điều chỉnh thông số điều chỉnh của đối tượng sao cho đáp ứng đầu ra thỏa mãn các yêu cầu như đáp ứng nhanh, độ vượt quá nhỏ và ít sai lệch. Trong công nghiệp nói chung và tàu thủy nói riêng phổ biến sử dụng các bộ điều khiển PI, và PID. Lý thuyết điều khiển kết hợp điều khiển tỷ lệ, tích phân và vi phân được nhà toán học, vật lý học người Mỹ gốc Nga, Nicolas Minosky phát hiện đầu tiên từ năm 1922, áp dụng cho lái tự động tàu thủy trên hạm đội tàu hải quân Mỹ. PID-Proportional - Intergral - Differential-gọi là bộ điều chỉnh tỷ lệ, tích phân và vi phân.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PID

Trên Hình 1 giới thiệu sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PID[2], tín hiệu vào bộ điều khiển là sai lệch  $e(t)$  của thông số điều khiển và giá trị đặt, bộ điều khiển sẽ

phản ứng đưa ra 3 tác động điều khiển: Tỷ lệ, tích phân và vi phân để cho ra tín hiệu điều khiển  $z(t)$  tác động phục hồi thông số điều chỉnh:

$$z(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Trong đó:

$z(t)$  - Tín hiệu ra bộ điều khiển;

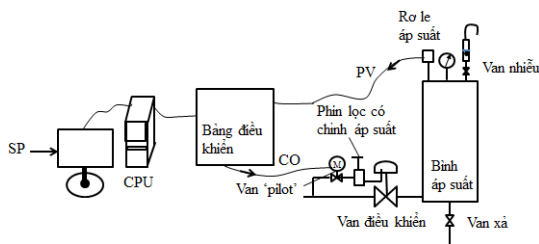
$e(t)$  - Sai lệch thông số điều chỉnh, tín hiệu vào bộ điều khiển;

$K_p$  - Hệ số khuếch đại tỷ lệ;

$K_I$  - Hệ số tỷ lệ tích phân;

$K_D$  - Hệ số tỷ lệ vi phân.

Sau đây nhóm tác giả sẽ thực nghiệm điều chỉnh để kiểm tra đặc điểm của các tác động điều khiển trong bộ điều khiển PID, trên hệ thống điều chỉnh SPC 3521 Control response, từ Phòng thí nghiệm thực hành Tự động điều khiển, Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.



**Hình 2. Mô tả thực nghiệm điều chỉnh áp suất khí bình áp suất**

SP-Tác động đặt, PV-giá trị áp suất đo phản hồi, CO-Tác động điều khiển.

Tài tiêu thụ khí từ bình khí nén được đo bằng lưu lượng khí thoát từ van bi qua van nhiệt.

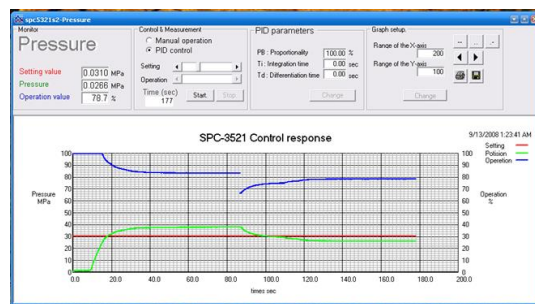
Áp suất khí trong bình được phản hồi qua rơ le và được duy trì nhờ bộ điều khiển tác động vào động cơ van 'pilot' để điều chỉnh PID van điều chỉnh theo tài tiêu thụ khí từ bình.

Giá trị áp suất đặt, các hệ số tỷ lệ, tích phân và vi phân được đưa vào từ màn hình máy tính và kết nối với bảng điều khiển.

**a. Điều chỉnh tỷ lệ P**

Điều chỉnh tỷ lệ  $z(t) = K_p e(t)$  thuộc loại tĩnh học, tín hiệu ra bộ điều chỉnh tỷ lệ với sai số bằng hệ số khuếch đại  $K_p$ , nó là tác động điều khiển chính và có mặt trong tất cả các bộ điều chỉnh, nó có tác dụng như tác động điều khiển thô, như phần gốc rễ nên móng cần thiết và cơ bản trong bộ điều khiển, tác động điều chỉnh tỷ lệ sẽ hình thành khi có sai lệch thông số điều khiển, nó có đặc điểm là không triệt tiêu được sai lệch, vì việc tăng hệ số khuếch đại kéo theo quán tính lớn và khó ổn định. Hình 3 là đồ thị biểu diễn tác động

điều khiển tỷ lệ và đáp ứng nhận được khi thực nghiệm điều chỉnh duy trì áp suất khí trong bình chứa theo giá trị đặt (xem mô hình thực nghiệm Hình 2): Đường màu đỏ biểu thị giá trị đặt 'set point'; Đường màu xanh nước biển là tác động điều khiển mở van điều khiển để duy trì áp suất khí trong bình chứa theo giá trị đặt; Đường màu xanh lá cây là đáp ứng thông số điều chỉnh. Trên đồ thị chúng ta thấy sai số điều chỉnh giảm khi chúng ta tăng hệ số khuếch đại (hệ số khuếch đại trong bài thực nghiệm là đặt tỷ lệ theo dải tỷ lệ  $P_b=10-250\%$  của hệ thống điều khiển SPC 3521), nửa bên trái đồ thị biểu diễn là cho trường hợp hệ số khuếch đại theo dải tỷ lệ  $P_b=80\%$ , nửa còn lại cho hệ số khuếch đại với  $P_b=100\%$ , trong khi điều kiện nhiễu là như nhau.

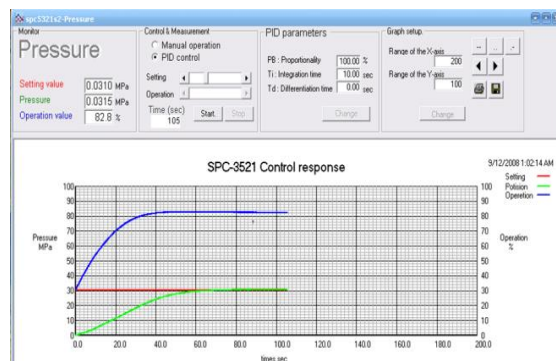


**Hình 3. Đồ thị đáp ứng điều khiển khi thay đổi hệ số khuếch đại từ 80% lên 100%**

(ảnh từ màn hình máy tính)

**b. Điều chỉnh tích phân I**

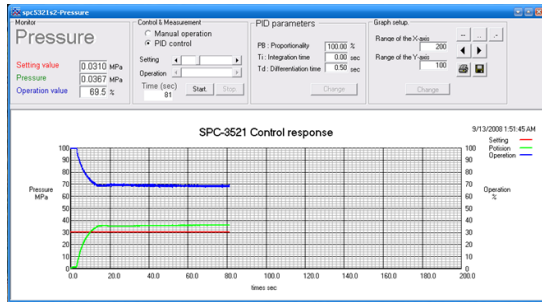
Khác với điều chỉnh tỷ lệ, điều chỉnh tích phân quan tâm đến sai số tích lũy sản sinh, tức là theo lịch sử của sai lệch,  $z(t) = K_I \int e(t)$ , tín hiệu ra bộ điều chỉnh bằng tích phân xác định của sai số trên miền thời gian t, tức là  $z(t) = K_I \int e(t)$ , nó có tác dụng như các tác động hiệu chỉnh, tuy chậm nhưng có thể triệt tiêu được sai lệch thông số điều chỉnh.



**Hình 4. Đồ thị đáp ứng điều khiển PI**

Đồ thị Hình 4 mô tả thực nghiệm điều chỉnh áp suất khí theo giá trị đặt khi kết hợp tác động điều khiển tỷ lệ và tích phân PI, nó đã triệt tiêu sai lệch thông số điều chỉnh tuy đáp ứng có chậm đi, trong thực nghiệm và trên đồ thị chọn  $P_b=100\%$  và  $T_i=10s$ .

### c. Điều chỉnh vi phân D



Hình 5. Đồ thị đáp ứng điều khiển PD

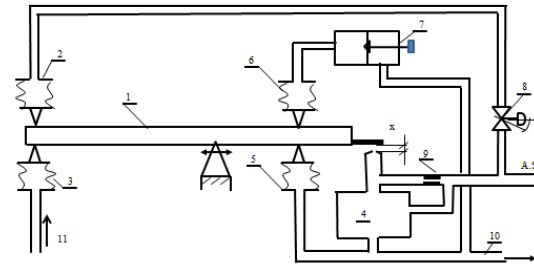
Trong thực tế có thể gặp trường hợp tốc độ tiêu thụ từ kết chứa dầu hay nước lớn hơn mức cấp vào thì có thể làm khô két, hay như trường hợp xe lên dốc, rõ ràng là không chờ đến khi xe giảm tốc mới tăng ga duy trì tốc độ mà cần dự liệu trước, tức là cần phải điều khiển theo dự báo biến thiên thông số điều chỉnh hay là tốc độ thay đổi của sai lệch, nó tác động điều chỉnh theo mức độ, cường độ hoạt động của đối tượng, điều chỉnh vi phân bổ sung là để giải quyết vấn đề trên

và mô tả toán học tương ứng  $z(t)=K_D \frac{de(t)}{dt} = K_D \Delta e(t)$ ,

tức là tín hiệu ra bộ điều chỉnh tỷ lệ với tốc độ biến thiên của sai lệch thông số điều chỉnh, nó quan tâm đến độ dốc hay gia số của thông số điều chỉnh, khi có điều chỉnh vi phân chúng ta sẽ giảm được độ vượt quá, giảm được thời gian điều chỉnh và đáp ứng thời gian điều chỉnh sẽ nhanh. Hình 5 là thực nghiệm điều chỉnh PD, với  $P_b=100\%$  và  $T_D=0,5s$  nó cho thấy đáp ứng nhanh, không ổn định và không triệt tiêu được sai lệch.

### 2.2. Kết hợp các tác động điều khiển trong bộ điều khiển khí nén PI

Rõ ràng là không thể chỉ sử dụng một tác động điều khiển đơn lập trong các bộ điều khiển tàu thủy vì như chúng ta đã thấy trong các phân tích toán học và vật lý học ở trên, đồng thời cần lưu ý rằng nhiều các loại trong môi trường tàu thủy là rất phức tạp, đơn cử như nếu chấp nhận sai số để bố trí bộ điều khiển tỷ lệ đơn lập vào hệ thống điều khiển cấp nước nồi hơi chẳng hạn thì hệ thống cũng rất khó ổn định trong mọi thời điểm vì mức nước nồi luôn dao động do nghiêng lắc tàu do sóng, do đó trong trường hợp này cần kết hợp điều khiển tỷ lệ với ít nhất là điều khiển tích phân [1].



Hình 6. Sơ đồ hệ thống điều khiển khí nén của bộ điều khiển PI

A.S- nguồn cấp khí, 1- thanh tỷ lệ, 2- hộp xếp giá trị đặt, 3- hộp xếp giá trị đo, 4- rơ le khí nén, 5- hộp xếp điều chỉnh tỷ lệ, 6- hộp xếp điều chỉnh tích phân, 7- khâu tích phân, 8- van điều chỉnh giá trị đặt, 9- tiết lưu, 10- khí đến van điều chỉnh vị trí mở van, 11- tín hiệu đo phản hồi.

Như vậy cần thiết phải chọn và kết hợp các khâu điều khiển thích ứng vào bộ điều khiển các thông số của hệ thống phù hợp với đặc điểm riêng của hệ thống đó. Sơ đồ Hình 6 là thiết kế mô phỏng tác động điều khiển kết hợp điều khiển tỷ lệ và điều khiển tích phân PI trong bộ điều khiển tỷ lệ và tích phân dùng năng lượng khí nén. Hộp xếp tỷ lệ 5 có áp suất thay đổi theo tỷ lệ khe hở x giữa vòi phun và tấm chắn  $P_p=P_o \pm K_p \Delta P_p$ , còn hộp xếp hiệu chỉnh tích phân 6 có áp suất  $PI=P_o \pm K_i \sum \Delta P_i$ , trong đó  $P_o$  là áp suất trong các hộp xếp ở thời điểm đầu ở trạng thái cân bằng trước đó,  $\Delta P$  là giá trị áp suất thay đổi trong các hộp xếp trong khoảng thời gian điều chỉnh. Áp suất khí nén sau rơ le qua đường 10 sẽ tác động điều khiển để đạt thông số điều chỉnh, còn tín hiệu phản hồi thông số điều chỉnh sau khuếch đại trở về so sánh với tín hiệu đặt đi qua đường 11. Như trên sơ đồ nếu có một sự dao động của thanh tỷ lệ gây ra do chênh lệch giá trị đo và giá trị đặt sẽ làm thanh tỷ lệ dao động, làm khoảng cách giữa vòi phun và tấm chắn thay đổi, tác động điều chỉnh tỷ lệ và điều chỉnh tích phân sẽ có tác dụng điều chỉnh áp suất khí cấp tới van điều chỉnh để thay đổi độ mở của van, phục hồi thông số điều chỉnh theo giá trị đặt, đồng thời khi đó áp suất khí nén trong các hộp xếp tỷ lệ và hộp xếp hiệu chỉnh tích phân sẽ phục hồi khoảng cách vòi phun và tấm chắn trở lại vị trí cân bằng như ban đầu.

Giả sử giá trị đo và đặt tương đương và bộ điều khiển hoạt động tốt, tức là áp suất vào hộp xếp tỷ lệ 5 và hộp xếp hiệu chỉnh 6 cũng tương đương, khi đó bộ điều chỉnh đã thiết lập được chế độ cân bằng. Nếu giá trị đo lại lớn lên, làm giảm khe hở x, hoạt động điều chỉnh tỷ lệ P lại xuất hiện ngay lập tức làm áp suất khí điều khiển tăng lên tỷ lệ, để điều chỉnh khoảng cách

vòi phun - tắt hẳn, lúc đó áp suất trong hộp xếp hiệu chỉnh 6 được điều tiết nâng lên từ từ thông qua van tiết lưu, và thanh tỷ lệ đi xuống, vòi phun tắt hẳn lại giảm khe hở làm áp suất phản hồi tăng lên, như vậy áp suất trong khoang rơ le lại tăng lên, tăng áp suất khí ra đến van điều chỉnh, tăng độ mở van, tăng lưu lượng cấp để phục hồi thông số điều chỉnh, đồng thời lúc đó áp suất trong hộp xếp tỷ lệ 5 lại tăng để dịch tắt hẳn ra xa vòi phun. Tác động điều chỉnh như vậy diễn ra liên tục cho đến khi áp suất điều chỉnh tăng đến mức van điều chỉnh mở đủ làm cân bằng giá trị đo và đặt, tức là không còn sai số, tác động điều chỉnh đó là kết hợp điều chỉnh tỷ lệ và điều chỉnh tích phân PI. Như vậy áp suất trong hộp xếp tỷ lệ và áp suất trong hộp xếp hiệu chỉnh lúc này cân bằng nhau và sự cân bằng của bộ điều chỉnh là như ở trạng thái ban đầu, áp suất khí điều chỉnh lúc này chúng ta có thể duy trì khoảng 60kPa (20-100kPa).

**2.3. Chọn và bố trí các bộ điều khiển PI hoặc PID trên các hệ thống tàu thủy**

Bộ điều khiển kết hợp tác động điều khiển tỷ lệ, điều khiển tích phân và vi phân sẽ bổ sung cho nhau làm hoàn thiện bộ điều khiển, tức là tác động điều khiển khi có sai số, triệt tiêu sai số và điều chỉnh theo dự báo, theo tốc độ thay đổi của thông số điều chỉnh, như vậy sẽ giảm độ vượt quá, giảm thời gian điều chỉnh. Tuy nhiên tùy theo yêu cầu thực tế của hệ thống như sai số cho phép của thông số điều chỉnh, độ vượt quá hay thời gian đáp ứng điều chỉnh mà cho phép chúng ta có thể đơn giản hóa bộ điều khiển bằng giảm bớt đi tác động điều khiển vi phân mà không làm ảnh hưởng nhiều đến chất lượng làm việc của hệ thống.

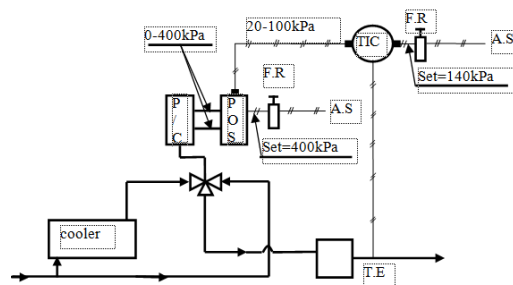
Những hệ thống không quá yêu cầu khắt khe về sai số điều chỉnh, độ vượt quá hay thời gian đáp ứng điều chỉnh như hệ thống điều khiển nhiệt độ nước biển vòng ngoài bằng phương pháp hòa trộn lưu lượng nước cấp mới và nước hồi để đảm bảo nhiệt độ nước cấp vào không quá thấp, thì vì sự ổn định của nhiệt độ nước biển theo vùng và không có gia số lớn khi chuyển tiếp, trong khi nước hồi hòa trộn trở lại cũng ít biến động lớn thì có thể chọn và bố trí bộ điều khiển PI là đã có được sự ổn định điều chỉnh.

Những thông số điều chỉnh có quán tính lớn, độ trễ lớn như điều chỉnh nhiệt độ dầu vào máy lọc dầu phân ly ly tâm thông qua việc điều chỉnh độ mở van hơi hâm dầu đáng ra cần tác động điều chỉnh vi phân để tác động điều chỉnh theo dự báo sai số thì sẽ rút ngắn thời gian điều chỉnh và giảm được độ vượt quá, tuy nhiên chúng lại có đặc điểm là tải nhiệt ổn định vì nhiệt độ dầu vào từ kết lắng ít dao động, lưu lượng

dầu vào máy lọc luôn giữ nguyên. Trong khi hệ thống vẫn yêu cầu về độ chính xác thông số điều chỉnh là nhiệt độ dầu vào máy lọc theo nhiệt độ đặt thì việc bố trí bộ điều khiển PI là phù hợp.

Những hệ thống thủy lực có sự phụ thuộc lớn của áp suất theo lưu lượng cấp như trong hệ thống điều chỉnh lưu lượng cấp nước phục vụ các máy và sinh hoạt của thuyền viên theo áp suất cấp, hay duy trì áp suất cấp dầu đốt vào máy ở trong hệ thống cấp dầu đốt cho máy chính cỡ lớn (điều chỉnh lưu lượng bơm cấp bằng van hồi dầu tại bơm cấp), ở đó một sự thay đổi nhỏ lưu lượng tiêu thụ sẽ cho một sai số áp suất phản hồi lớn, trong khi đó chất lỏng thủy lực là không chịu nén nên một sự đình trệ nơi tiêu thụ có thể làm tăng áp suất bất thường làm phá hoại hệ thống, như vậy cần thiết phải bố trí bộ điều chỉnh có hiệu chỉnh độ biến thiên sai số sẽ nhanh chóng có được đáp ứng điều chỉnh. Bộ điều chỉnh kiểu kết hợp điều chỉnh tỷ lệ và điều chỉnh tích phân và vi phân PID là rất phù hợp cho các hệ thống này.

Những hệ thống điều chỉnh nhiệt độ theo phương pháp hòa trộn chất nóng và chất lạnh, như sơ đồ Hình 7, ở đó bộ điều khiển sẽ tự động điều khiển vị trí van 3 ngã để hòa trộn chất lạnh qua bộ làm mát với chất nóng để đạt được nhiệt độ đặt, ví dụ như bộ điều chỉnh nhiệt độ dầu nhớt, bộ điều chỉnh nhiệt độ nước làm mát xi lanh của động cơ diesel lại yêu cầu khắt khe về độ chính xác thông số điều chỉnh, độ vượt quá cũng như thời gian đáp ứng điều chỉnh (sẽ nói cụ thể ở trong ví dụ ở Mục 2.4). Với yêu cầu và phương pháp điều chỉnh nhiệt độ như vậy thì sẽ rất hiệu quả nếu bố trí bộ điều chỉnh PID, khỏi phải bàn sự cần thiết của điều khiển PI trong trường hợp này, riêng điều chỉnh vi phân ở đây sẽ phát huy tác dụng rõ rệt trong khi tăng máy gia tốc tàu, giảm máy giảm tốc độ tàu hay khi điều động tàu.



**Hình 7. Sơ đồ điều khiển vị trí van hòa trộn của bộ điều khiển PID**

A.S- nguồn cấp khí, F.R-phin lọc, TIC- nhiệt độ điều khiển và hiển thị, T.E- sai số nhiệt độ phản hồi, P/C- piston điều khiển, POS- chuyển vị của van ngăn kéo.

Chúng ta không gặp bộ điều chỉnh chỉ kết hợp tác động điều chỉnh tỷ lệ và vi phân PD trên tàu thủy vì như đã phân tích ở trên, chúng luôn không ổn định điều chỉnh và luôn tồn tại sai số.

#### 2.4. Nghiên cứu sử dụng và chỉnh đặt bộ điều khiển PID trên các hệ thống tàu thủy

Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở trên kết hợp với sử dụng bộ điều khiển NS 732 (Hình 8) theo hướng dẫn sử dụng của nhà chế tạo:

- Proportional band: 10-250%;
- Reset time: 20-0,1Min;
- Rate time: 10-0,05Min.

Để đưa bộ điều khiển vào hoạt động ổn định trong hệ thống chúng ta cần tiến hành chỉnh đặt theo các bước sau đây:

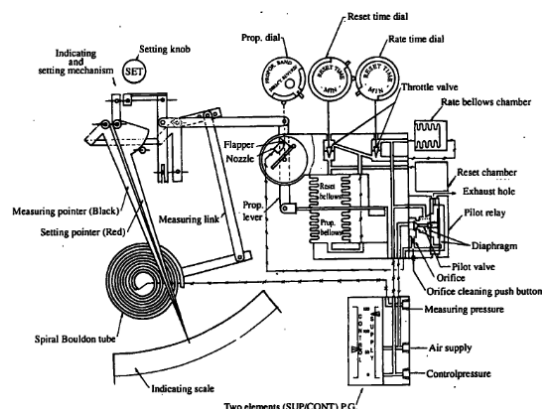
**Bước 1.** Đặt thời gian hiệu chỉnh tích phân ‘reset time’  $T_i$  ở giá trị lớn nhất (20Min), trong khi thời gian mức ‘rate time’ ở giá trị nhỏ nhất (0,05Min);

**Bước 2.** Chỉnh P, nếu hệ số tỷ lệ  $P_b$  bé sẽ sập, nhưng bé quá sẽ gây dao động. Bắt đầu với  $P_b=250\%$ , chúng ta từ từ giảm về 10%, khi thấy kim đo dao động ở một khoảng nào đó, thì giá trị đặt  $P_b=2-4$  lần giá trị trung bình của khoảng đó. Ví dụ khoảng dao động là từ 30-40% thì giá trị đặt  $P_b=110\%$ ;

**Bước 3.** Chỉnh loại bỏ sai số tĩnh, chỉnh thời gian tích phân  $T_i$ , nếu  $T_i$  ngắn thì nhanh đạt đáp ứng điều chỉnh, nhưng gây dao động. Từ giá trị  $T_i$  lớn nhất chúng ta từ từ giảm về 0,5, chú ý khi vượt qua và ở rìa giá trị tối ưu thì kim đo sẽ dao động, như vậy chúng ta chỉ cần rà trở lại và đặt;

**Bước 4.** Chỉnh giảm độ vượt quá, chỉnh thời gian vi phân ‘rate time’,  $T_d$  quá dài sẽ gây độ vượt quá lớn, theo nhà sản xuất thì nên lấy xấp xỉ  $T_d=1/4T_i$ .

Ngoài ra trong thực tế tàu thủy chúng tôi còn thấy rằng việc chỉnh đặt các giá trị thông số điều khiển cho các hệ thống khác nhau là khác nhau tùy theo mức độ an toàn và độ trễ cho phép của hệ thống. Ví dụ đặt nhiệt độ nước làm mát xi lanh, từ trạng thái máy nghỉ, 70°C lên nhiệt độ làm việc ở tải ổn định là 95°C, các hệ số của bộ điều khiển có  $P_b=100\%$ ,  $T_i=1\text{Min}$ .  $T_d=0,25\text{Min}$ . Nếu chúng tôi đặt ngay một bước từ 75°C lên 95°C thì độ vượt quá có thể hơn 125%, tức nhiệt độ nước làm mát xi lanh có thể vượt lên trên 120°C, có khả năng ‘slowdown’ động cơ ngay. Do đó trong trường hợp đang điều động tàu, đang tăng máy thì thay vì đặt ngay ‘set point’ 95°C thì chúng tôi đặt theo nấc thang, có thể bước một nâng từ 70°C lên 85°C, bước hai nâng lên 92°C và từ từ đặt lên 95°C như yêu cầu.



**Hình 8. Kết cấu của bộ điều khiển PID NS 732**

*Prop. dial - núm tỷ lệ, reset time dial - núm tích phân, rate time dial - núm vi phân, throttle valve - van tiết lưu, reset & rate bellows chamber - hộp xếp tích phân và vi phân, flapper & nozzle - tấm chắn & vòi phun, measuring pointer - kim chỉ giá trị đo, setting pointer - kim đặt, spiral bourdon tube - ống lò xo xoắn, pilot relay - rơ le điều khiển.*

Khi máy đã vào tải ổn định thì mọi tác động điều khiển của bộ điều khiển nhiệt độ nước làm mát xi lanh này là hoàn toàn tương thích và ổn định với sai số rất nhỏ. Còn trong trường hợp giảm máy thì không có vấn đề gì vì lúc này van điều chỉnh (Hình 8) luôn luôn ở vị trí lỗi tắt không qua bộ làm mát nên bộ điều khiển chỉ giữ nguyên tác động điều chỉnh.

### 3. Kết luận

Bài viết đã phân tích ảnh hưởng của các tác động điều khiển tỷ lệ, tích phân và vi phân đến thông số đầu ra của các bộ điều khiển, đó là cơ sở để người thiết kế lựa chọn các khâu điều khiển phù hợp bố trí vào trong bộ điều khiển đang nghiên cứu.

Bên cạnh đó, các tác giả đã kết hợp kinh nghiệm trong thực tế sử dụng các bộ điều khiển PID trên tàu với những phân tích vật lý và toán học trên cơ sở chạy thực nghiệm vận hành các hệ thống điều chỉnh: Áp suất, nhiệt độ, lưu lượng và mức chất lỏng để đưa ra những nhận xét quan trọng về các ảnh hưởng của các tác động điều khiển P, I và D của các bộ điều khiển PID trong các hoạt động cụ thể của các hệ thống tàu thủy, điều đó giúp cho người thiết kế có thể lựa chọn những bộ điều khiển phù hợp bố trí vào các hệ thống, đồng thời giúp người sử dụng có những tác động điều chỉnh phù hợp trong quá trình khai thác.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nakakita Seisakusho Co.,LTD, *Air operated control valve*, Mitsui Engineering & Shipbuilding Co.,LTD, Endeavor Machinery Finish Plan, 2004.

- [2] Nakakita seisakusho Co.,LTD, *NS 732 Automatic indicating controller*, 2000.
- [3] Showa Dengyosya Co.,LTD. *SPC 5321S Automatic Control System*. Automatic Control Experimental Device SPC 5321S Instruction Manual.
- [4] Nakakita Seisakusho Co.,LTD. *Instruction book for air operated valve and viscosity control valve*, Mitsui Engineering & Shipbuilding Co.,LTD, Endeavor Machinery Finish Plan, 2004.
- [5] Mitsui Engineering & Shipbuilding Co.,LTD, *pipng diagram of each system in engine room*, Endeavor Machinery Finish Plan, 2004.
- [6] Frank Owen, PhD, P.E. *Control systems engineering- a practical approach*, Mechanical Engineering Dpartment, California Politechnic State University, Sanluis Obispo, California May 2012.
- [7] Veer Surendra Sai University of Technology, Odisha, Burla. *Control system engineering-I*.

Ngày nhận bài:	22/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	11/8/2021
Ngày duyệt đăng:	18/8/2021