

Một giải pháp thiết kế, chế tạo mô đun chuẩn hóa tín hiệu ứng dụng trong hệ thống đo lường đa kênh trên tàu quân sự

Phạm Văn Hậu*, Đinh Văn Ngọc, Lê Anh Quang, Lương Quốc Lê

Viện Công nghệ thông tin/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

*Email: ngocqn@gmail.com

Nhận bài: 25/7/2022; Hoàn thiện: 25/9/2022; Chấp nhận: 12/10/2022; Xuất bản: 28/10/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.82.2022.171-174>

TÓM TẮT

Bài báo đưa ra một giải pháp thiết kế mô đun chuẩn hóa tín hiệu có thể sử dụng cho nhiều loại cảm biến khác nhau, ứng dụng trong hệ thống đo lường đa kênh trên tàu quân sự giúp mang lại hiệu quả trong triển khai hệ thống và bảo trì. Kết quả cho thấy rằng, sử dụng mô đun được thiết kế để chuẩn hóa tín hiệu đầu ra của nhiều cảm biến khác nhau đảm bảo độ chính xác cao với sai số nhỏ hơn 0,6%. Giải pháp này giúp tiết kiệm chi phí sản xuất và thời gian bảo trì sửa chữa trong công tác bảo đảm vũ khí thiết bị công nghệ cao trên các tàu quân sự.

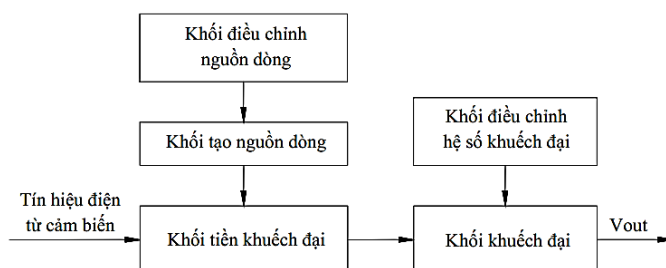
Từ khóa: Hệ thống đo lường; Mô đun chuẩn hóa tín hiệu; Cảm biến.

1. MỞ ĐẦU

Trên tàu quân sự, các cảm biến đo lường khác nhau được lắp đặt ở nhiều để cung cấp các thông tin cần thiết đảm bảo giám sát các thông số của tàu như: nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, nồng độ khí các loại, mức nước các khoang,... Tùy theo chủng loại và kích thước của tàu mà có thể cần lắp đặt hàng trăm hoặc hàng nghìn cảm biến có chức năng khác nhau. Để thu thập thông tin từ các cảm biến thủ phục vụ công tác vận hành, chỉ huy tàu cần sử dụng một hệ thống đo lường đa kênh. Hiện nay, trên thế giới có nhiều hệ thống đo lường đa kênh có chức năng như vậy được giới thiệu và sử dụng như hệ thống MSK (Nga) [1], MGM (Mỹ) [2]. Tuy nhiên, các sản phẩm của nước ngoài có mức giá rất cao.

Bài toán đặt ra đối với hệ thống đo lường sử dụng số lượng lớn các cảm biến là làm thế nào có thể sử dụng một loại mô đun cho phép chuẩn hóa các tín hiệu điện khác nhau ở đầu ra sơ cấp nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác. Trong bài báo này, nhóm tác giả đưa ra một giải pháp thiết kế, chế tạo mô đun chuẩn hóa tín hiệu có thể hiệu chỉnh được dải đo. Kết quả thực nghiệm mô đun chuẩn hóa tín hiệu sử dụng cho hai loại cảm biến nhiệt độ có dải giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp lần lượt từ 100 đến 130 Ohm và từ 100 đến 214 Ohm có sai số giữa lý thuyết và thực nghiệm nhỏ hơn 0,6% đạt yêu cầu về độ tin cậy. Có thể nói rằng giải pháp thiết kế, chế tạo mô đun chuẩn hóa tín hiệu được trình bày trong bài báo chính là tiền đề, điểm mấu chốt giúp nhóm tác giả nghiên cứu và chế tạo mới hệ thống đo lường đa kênh trên tàu quân sự giúp chúng ta làm chủ về thiết kế, vật tư linh kiện nhằm sửa chữa hỏng hóc trong quá trình sử dụng, không bị phụ thuộc vào đối tác nước ngoài.

2. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ ĐUN CHUẨN HÓA TÍN HIỆU



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng mô đun chuẩn hóa tín hiệu.

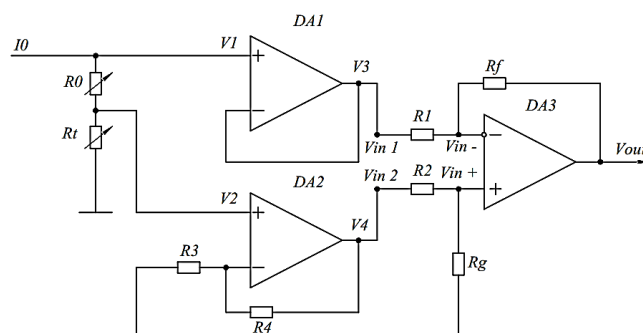
Sơ đồ khối chức năng của mô đun chuẩn hóa tín hiệu gồm 5 khối chính trong đó giải pháp điều chỉnh dải đo được thực hiện trong khối điều chỉnh nguồn dòng và khối điều chỉnh hệ số khuếch đại.

Trên hình 2 thể hiện nguyên lý hoạt động của mô đun chuẩn hóa tín hiệu. Ta có, sự phụ thuộc tuyến tính giữa R_t , R_0 vào hệ số a theo công thức:

$$R_t = R_0(1 + at) \quad (1)$$

Trong đó:

- R_t : Giá trị điện trở cần xác định ở đầu ra sơ cấp của cảm biến;
- R_0 : Biến trở được điều chỉnh tương ứng với đầu ra nhiệt độ $t_0 = 0^\circ\text{C}$.



Hình 2. Nguyên lý mô đun chuẩn hóa tín hiệu.

Giải pháp đưa ra là sử dụng biến trở R_0 để điều chỉnh sao cho khi điện trở của cảm biến ở mức nhỏ nhất trong dải đo thì điện áp đầu ra của mạch chuẩn hóa bằng 0 V; khi điện trở của cảm biến ở mức lớn nhất trong dải đo thì điện áp đầu ra của mạch chuẩn hóa bằng hoặc xấp xỉ 5 V. Sử dụng hai Op-Amp DA1 và DA2 là các bộ đệm đầu vào giúp dễ dàng kết hợp với trở kháng của bộ khuếch đại phân trước nó.

Theo sơ đồ nguyên lý, ta có:

$$V_1 = I_0(R_t + R_0) \quad (2)$$

$$V_2 = I_0 \cdot R_t \quad (3)$$

$$V_1 = V_3 \quad (4)$$

$$V_4 = V_2 \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) = 2V_2 \quad (5)$$

Suy ra:

$$V_{out} = AI_0(R_t - R_0) \quad (6)$$

Cảm biến loại 1 có dải giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp từ 100 đến 130 Ohm, $R_0 = 100$ Ohm. Từ phương trình (6), ta có:

- Nếu $R_t = 100$ Ohm thì $V_{out} = 0$ V;
- Nếu $R_t = 130$ Ohm thì $V_{out} = A \cdot I_0 (130 - 100) = 30 \cdot A \cdot I_0$.

Để điện áp $V_{out} = 5$ V, chúng ta lựa chọn hệ số $A = 83,33$ và $I_0 = 2$ mA. Vì vậy, với $A = 83,33$ và $I_0 = 2$ mA thì cảm biến loại 1 có dải giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp từ 100 đến 130 Ohm; $R_0 = 100$ Ohm sẽ tạo ra tín hiệu điện V_{out} có giá trị từ 0 đến 5 V.

Cảm biến loại 2 có dải giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp từ 100 đến 214 Ohm, $R_0 = 100$ Ohm. Từ công thức (6), ta có:

- Nếu $R_t = 100$ thì $V_{out} = 0$ V.

- Nếu $R_t = 214$ thì $V_{out} = A.I_0 (214-100) = 114.A.I_0$.

Để điện áp đầu ra $V_{out} = 5$ V, chúng ta lựa chọn hệ số $A = 22$ và $I_0 = 2$ mA. Vì vậy, với $A = 22$ và $I_0 = 2$ mA thì cảm biến loại 2 có dải giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp từ 100 đến 214 Ohm; $R_0 = 100$ Ohm sẽ tạo ra tín hiệu điện V_{out} có giá trị từ 0 đến 5 V.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để đánh giá độ tin cậy của giải pháp chúng tôi đã tiến hành so sánh kết quả thực nghiệm và tính toán lý thuyết trên mô đun đo điện trở (sau này gọi là mô đun C). Mô đun C: khối tạo nguồn dòng I_0 , bộ khuếch đại vi sai sử dụng Op-Amp 140YD17 và các khối điều chỉnh nguồn dòng I_0 , hệ số khuếch đại A giúp hiệu chỉnh dải đo. Bộ khuếch đại hoạt động từ ± 12 V DC và có độ lợi 10 [3]. Mạch nguồn dòng điều khiển bằng điện áp sử dụng Op-Amp 140YD17 (DA4) và Transistor 2T313B (VT2).



Hình 3. Hình ảnh mô đun chuẩn hóa tín hiệu.

Tín hiệu đầu vào được lấy từ hai loại cảm biến nhiệt độ: cảm biến loại 1 (TCPI/1-8045 BII) cho phép kiểm soát nhiệt độ trong khoảng từ 0 đến $+75$ °C, dải giá trị điện trở tương ứng từ 100 đến 130 Ohm [4]; cảm biến loại 2 (TCPI/1-8040) cho phép kiểm soát nhiệt độ trong khoảng từ 0 đến $+300$ °C, dải giá trị điện trở tương ứng từ 100 đến 214 Ohm [4]. Thông qua mô đun C, các tín hiệu điện từ cảm biến được chuẩn hóa thành điện áp V_{out} có giá trị trong khoảng từ 0 đến 5 V.

Theo [5], tính sai số của kết quả đo thực nghiệm và tính toán lý thuyết theo công thức:

$$\gamma = \frac{|V_{TN} - V_{LT}|}{5} * 100\% \quad (7)$$

Trong đó:

- γ : Sai số của kết quả thực nghiệm và tính toán lý thuyết;
- V_{out_TN} : Giá trị tín hiệu điện theo thực nghiệm tại đầu ra của mô đun C;
- V_{out_LT} : Giá trị tín hiệu điện theo tính toán lý thuyết tại đầu ra của mô đun C.

Bảng 1. Chuẩn hóa tín hiệu từ cảm biến 1.

STT	Giá trị ở đầu ra sơ cấp R_t (Ω)	Tín hiệu điện đầu ra tương ứng V_{out} (mV)		Sai số γ (%)
		Lý thuyết V_{out_LT}	Thực nghiệm V_{out_TN}	
1	100,04	7	4	0,06
2	103,10	517	492	0,50
3	106,01	1002	996	0,12
4	109,07	1512	1514	0,04
5	112,03	2005	2014	0,18
6	115,01	2502	2517	0,30
7	117,96	2993	3011	0,36
8	121,03	3505	3521	0,32
9	123,99	4011	4029	0,36
10	127,08	4528	4545	0,34
11	129,99	4998	5000	0,04

Bảng 2. Chuẩn hóa tín hiệu từ cảm biến 2.

STT	Giá trị ở đầu ra sơ cấp Rt (Ω)	Tín hiệu điện đầu ra tương ứng V _{out} (mV)		Sai số γ (%)
		Lý thuyết V _{out LT}	Thực nghiệm V _{out TN}	
1	100,01	0.4	4	0,07
2	110,01	439	421	0,36
3	120,01	878	860	0,36
4	130,03	1317	1301	0,32
5	140,05	1757	1740	0,34
6	150,04	2195	2181	0,28
7	160,01	2632	2619	0,26
8	170,02	3071	3059	0,24
9	180,01	3509	3500	0,18
10	190,03	3949	3940	0,18
11	213,99	5000	4988	0,24

Kết quả thử nghiệm mô đun C chuẩn hóa dữ liệu sử dụng hai loại cảm biến 1 và 2 chỉ ra rằng khi giá trị điện trở ở đầu ra sơ cấp của cảm biến thay đổi trong khoảng cho phép sẽ tạo ra tín hiệu điện V_{out} tại đầu ra của mô đun có giá trị từ 0 đến 5V, và các sai số γ của kết quả đo giữa thực nghiệm và tính toán lý thuyết đều nằm trong khoảng từ 0 đến 0,6 % do đó, đạt yêu cầu về độ tin cậy [5].

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả thực nghiệm cho thấy, mô đun chuẩn hóa tín hiệu hoạt động tin cậy, ổn định và đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật đề ra. Nhóm tác giả đã đưa ra một giải pháp thiết kế, chế tạo mô đun chuẩn hóa tín hiệu hoàn chỉnh từ lý thuyết đến thực tiễn trong vấn đề thu thập và xử lý tín hiệu từ các cảm biến khác nhau. Giải pháp đưa ra làm tiền đề cho việc thiết kế, chế tạo các hệ thống đo lường đa kênh với số lượng đầu vào lớn trên các tàu quân sự giúp tiết kiệm chi phí sản xuất, trong bảo trì sửa chữa và nâng cao hiệu quả sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <http://agat-kip.ru/catalog/product/avtomatizirovannaya-sistema-kontrolya-posadki-sudna-ask/>
- [2]. Paul D. Mudgett, “US Navy Submarine Sea Trial of NASA developed Multi-Gas Monitor”, 47th International Conference on Environmental Systems, (2017).
- [3]. Кувакина А.Е., “Малозабаритное устройство для измерения температуры”, МГТУ им. Н. Э.Баумана, кафедра ИУЗ, (2016).
- [4]. <http://td-str.ru/file.aspx?id=26504>.
- [5]. Quy trình kiểm định “Hệ thống đo lường tích hợp MCK”, Khánh Hòa, (2017).

ABSTRACT

A solution for designing and manufacturing signal normalization module for application in multichannel measurement system on military ship

This article presents a solution to design a signal normalization module that can be used for many different types of sensors applied in multi-channel measurement systems on military ships. The results show that a signal normalization module using output signal normalization of many different sensors ensures high accuracy with an error of less than 0,6%. This solution helps save production costs and maintenance time in the work of securing high-tech weapons and equipment on military ships.

Keywords: Measuring system; Signal normalization module; Sensor.