



NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ ĐO KHÍ HYDRO TRONG DẦU MÁY BIẾN ÁP LỰC

Nguyễn Vũ Thăng³, Nguyễn Hoàng Nam¹, Hoàng Văn Phước¹,
Nguyễn Văn Đưa², Đỗ Anh Tuấn³, Hoàng Sĩ Hồng¹

¹ Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

² Trung tâm Công nghệ Vi điện tử và Tin học - Bộ Khoa Học Công Nghệ

³ Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 20/8/2017

Ngày phân biện đánh giá và sửa chữa: 10/11/2017

Ngày bài báo được chấp nhận đăng: 15/11/2017

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu về hệ đo khí hydro hòa tan trong dầu máy biến áp. Hệ thống bao gồm một buồng kín chứa dầu máy biến áp (MBA) có thể điều khiển được nhiệt độ thông qua bộ gia nhiệt. Hệ thống khuấy và đo áp suất khí trong bình giúp dễ dàng điều khiển lưu lượng khí hòa vào dầu MBA. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã lựa chọn phương pháp phân áp để đo giá trị điện trở cảm biến hydro thay đổi từ vài trăm kΩ đến 1 MΩ. Bộ vi xử lý STM32 được lựa chọn để thu thập, tính toán xử lý thông tin đo và truyền dữ liệu lên máy tính thông qua cổng RS232. Kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng hệ thống hoạt động ổn định. Qua đó giúp việc đo, thử nghiệm các cảm biến đo nồng độ khí H₂ trong dầu MBA được dễ dàng hơn vì môi trường thử nghiệm trực tiếp trong MBA thực tế là rất khó khăn.

Từ khóa: hệ đo khí hydro hòa tan trong dầu máy biến áp, mô hình hệ hòa tan khí, bộ điều khiển trung tâm.

1. Mở đầu

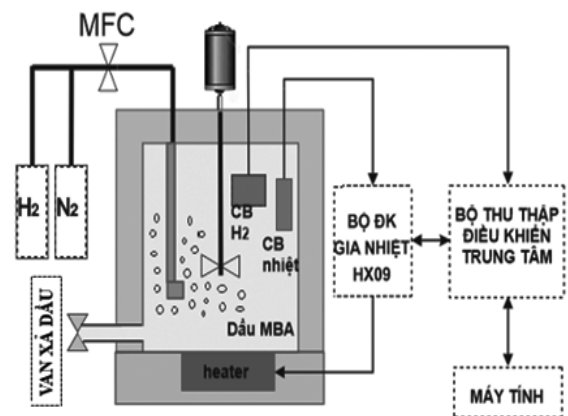
Máy biến áp có vai trò quan trọng trong hệ thống điện. Do đó, việc phát hiện và cảnh báo sớm các hư hỏng của máy biến áp là công việc hết sức quan trọng. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp để chuẩn đoán phát hiện hư hỏng máy biến áp thông qua việc xác định các khí hydrocarbon (C_mH_m), các oxit cacbon (CO_x), các oxit nito (NO_x) và H₂ như phương pháp phổ phát xạ quang âm, phương pháp phổ sắc ký, phương pháp sử dụng cảm biến khí [1-4]. Trong các phương pháp trên, phương pháp sử dụng cảm biến đo khí đang được rất nhiều nhóm tập trung nghiên cứu và chế tạo [4-5]. Tuy nhiên, do yêu cầu khắt khe về mức độ an toàn nên việc thử nghiệm cảm biến trên máy biến áp thực tế là rất khó khăn. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đã tập trung thiết kế mô hình buồng đo kết hợp với hệ đo, hiển thị và truyền thông. Buồng đo phải tạo ra khí trong dầu máy biến áp tương đương với dầu máy trong máy biến áp thực tế về nhiệt độ làm việc, áp suất... Nghiên cứu này sẽ trình bày về thiết kế buồng đo khí hydro trong dầu. Buồng được thiết kế đảm bảo độ kín và có đo áp suất buồng thử để đảm bảo tính toán được đúng lưu lượng khí có trong dầu máy biến áp. Động cơ khuấy sử dụng điện áp cấp 24VDC có tốc độ quay 3000 vòng/1 phút (TD2722M – 240) được sử dụng làm tăng khả năng khuếch tán của H₂ vào trong dầu máy biến áp. Lượng khí H₂ trong dầu máy biến áp dao động từ 0 đến 1000 ppm [6]. Dầu máy biến áp hoạt động ở nhiệt độ nhỏ hơn 90°C do ở nhiệt độ lớn hơn

90°C lớp giấy cách điện của máy biến áp bắt đầu bị suy giảm chất lượng [7]. Thiết bị được chế tạo có thể đo được sự thay đổi điện trở của cảm biến Hydro mà nhóm đã chế tạo được [8].

2. Nội dung chính

2.1 Nghiên cứu, thiết kế mô hình hệ hòa tan khí hydro trong dầu máy biến áp

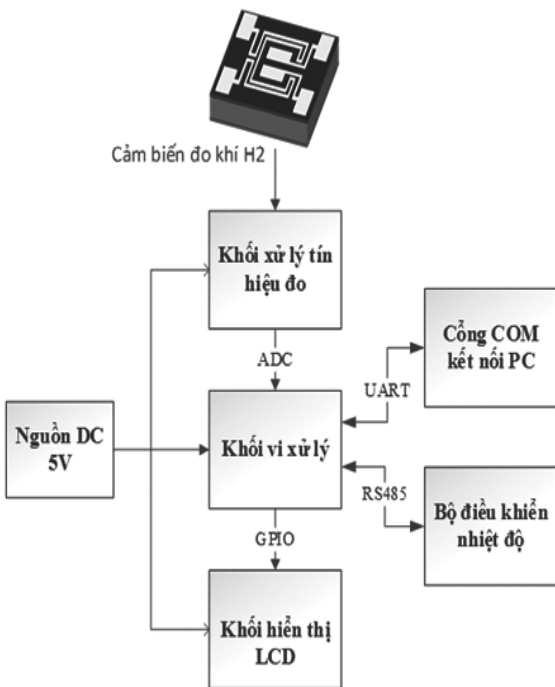
Hình 1 thể hiện cấu trúc tổng quan của mô hình hệ hòa tan khí Hydro trong dầu máy biến áp. Hệ thống gồm một buồng chứa dầu, van điều khiển lưu lượng khí Mass Flow Controller (MFC), khối điều khiển gia nhiệt buồng dầu, khối động cơ khuấy và khối thu thập tín hiệu từ cảm biến.



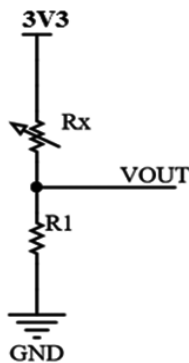
Hình 1. Sơ đồ tổng quan về hệ thống buồng thử

Trong đó buồng chứa dầu máy biến áp được chế tạo bằng hợp kim gang đúc nguyên khối, đảm bảo độ kín giúp đảm bảo áp suất trong bình để dễ dàng việc hòa tan khí H₂ trong dầu máy biến áp. Bộ điều khiển nhiệt độ được sử dụng là bộ điều khiển số nhiệt độ HX9 của hãng HANYOUNG. Bộ điều khiển có thể thích hợp với các đầu đo nhiệt độ dạng cặp nhiệt hoặc nhiệt điện trở và điều khiển PID. Buồng dầu được thiết kế có hệ thống khuấy giúp cho các khí hòa đồng đều hơn trong dầu máy biến áp. Bên cạnh đó là các van dẫn khí vào và van lấy mẫu ra dầu phục vụ đo kiểm chuẩn mẫu dầu.

Hình 2 thể hiện sơ đồ khối bộ điều khiển trung tâm. Trong ứng dụng này, bộ điều khiển trung tâm có chức năng thu thập dữ liệu từ cảm biến đo khí và hiển thị lên màn hình và truyền lên PC.



Hình 2. Sơ đồ khối bộ đo và điều khiển trung tâm



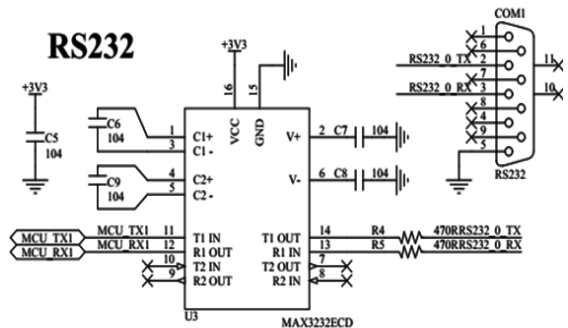
Hình 3. Sơ đồ mạch đo điện trở

Bộ điều khiển trung tâm kết nối với bộ điều khiển nhiệt độ HX9 qua chuẩn RS485. Vì xử lý được lựa chọn là vi xử lý STM32F103 thuộc dòng ARM cortex M3 có tốc độ xử lý cao lên đến 72 MHz và có đủ GPIO, giao tiếp ngoại vi UART cho việc điều khiển màn hình LCD TFT 7.2 Inch, kết nối với bộ điều khiển nhiệt độ và truyền dữ liệu lên máy tính.

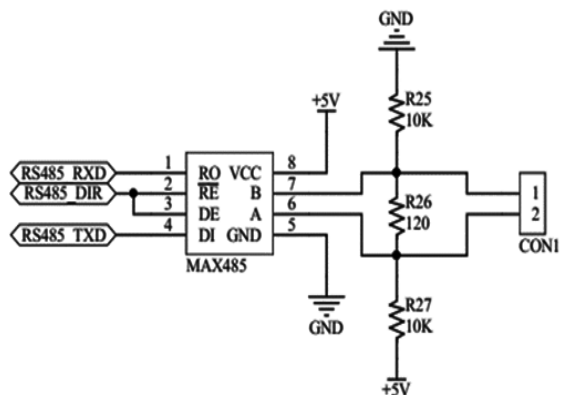
Cảm biến đo khí H₂ nhóm chế tạo được là loại cảm biến điện trở. Khi có sự thay đổi nồng độ khí H₂ thì điện trở đầu ra của cảm biến sẽ thay đổi. Qua khảo sát với môi trường khí, điện trở cảm biến H₂ thay đổi từ vài MΩ xuống vài trăm kΩ [8]. Do vậy nhóm nghiên cứu lựa chọn phương pháp điện áp cố định để đo điện trở. Hình 3 thể hiện sơ đồ nguyên lý mạch đo. Điện áp V được giữ cố định là 3.3 VDC, R_x là điện trở cảm biến cần đo được tính bằng biểu thức (1):

$$R_x = R_1 \left(\frac{V}{V_{OUT}} - 1 \right) \quad (1)$$

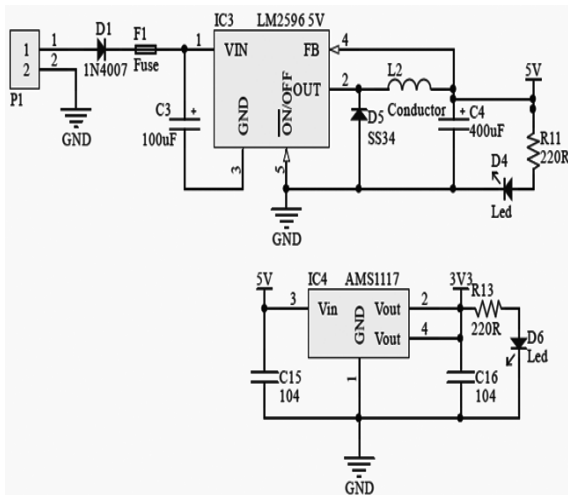
Hình 4 là sơ đồ nguyên lý khối giao tiếp máy tính. Bộ điều khiển truyền nhận dữ liệu với máy tính thông qua cổng RS232 sử dụng IC MAX3232 của TI. Dữ liệu được truyền lên máy tính bao gồm nhiệt độ buồng dầu, điện trở cảm biến.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý khối giao tiếp máy tính



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý khối giao tiếp với bộ điều khiển nhiệt độ



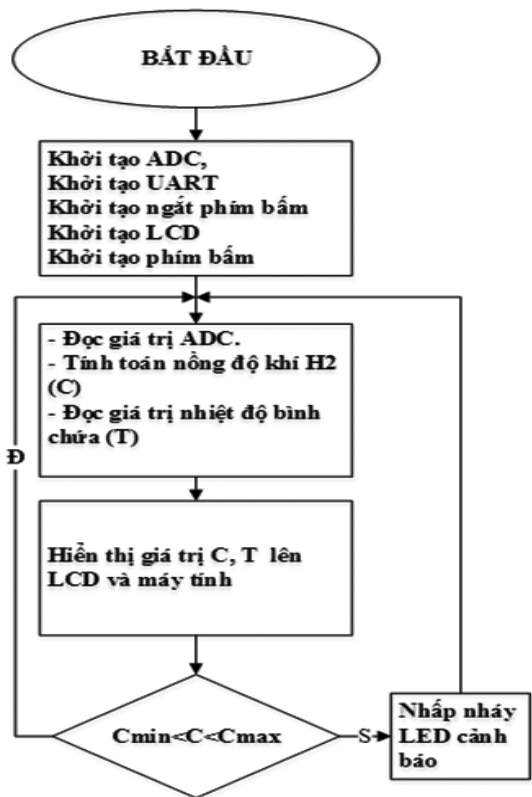
Hình 6. Sơ đồ nguyên lý khối nguồn

Sơ đồ nguyên lý khối giao tiếp giữa bộ điều khiển trung tâm với bộ điều khiển nhiệt độ được thể hiện qua Hình 5. HX09 cho phép kết nối qua chuẩn RS485 do đó IC MAX 485 được lựa chọn sử dụng trong mạch.

Hình 6 thể hiện sơ đồ nguyên lý khối nguồn. Khối nguồn cung cấp điện áp hoạt động cho vi xử lý, LCD và các khối truyền thông. Trong đó, khối vi xử lý sử dụng điện áp 3.3 VDC và khối LCD sử dụng điện áp 5 VDC.

2.2 Thiết kế phần mềm cho bộ thu thập và điều khiển trung tâm

Hình 6 thể hiện lưu đồ thuật toán chương trình chính bộ đo hiển thị thông số. Đầu tiên, chương trình thực hiện khởi tạo các khối UART, ngắt phím bấm, khởi tạo LCD.... Sau đó tiến hành đọc giá trị được gửi về từ khối ADC, tính toán, quy đổi ra giá trị nồng độ khí H₂ tương ứng. Giá trị nồng độ khí H₂ đọc về được gửi lên màn hình Liquid Crystal Display (LCD) và truyền lên máy tính qua cổng RS232. Giá trị nồng độ khí H₂ được so sánh với giá trị ngưỡng lớn nhất và nhỏ nhất được người dùng thiết lập trước. Nếu giá trị vượt ngưỡng cho phép thì sẽ đưa ra cảnh báo đến người dùng bằng tín hiệu cảnh báo phát ra loa. Bên cạnh đó, bộ điều khiển cũng đọc các giá trị cài đặt và giá trị nhiệt độ buồng dầu từ bộ điều khiển nhiệt độ HX9 để truyền lên máy tính. Ngắt phím bấm được sử dụng để cài đặt các thông số ngưỡng cảnh báo cho bộ điều khiển. Lưu đồ thuật toán chương trình ngắt được thể hiện ở Hình 7.



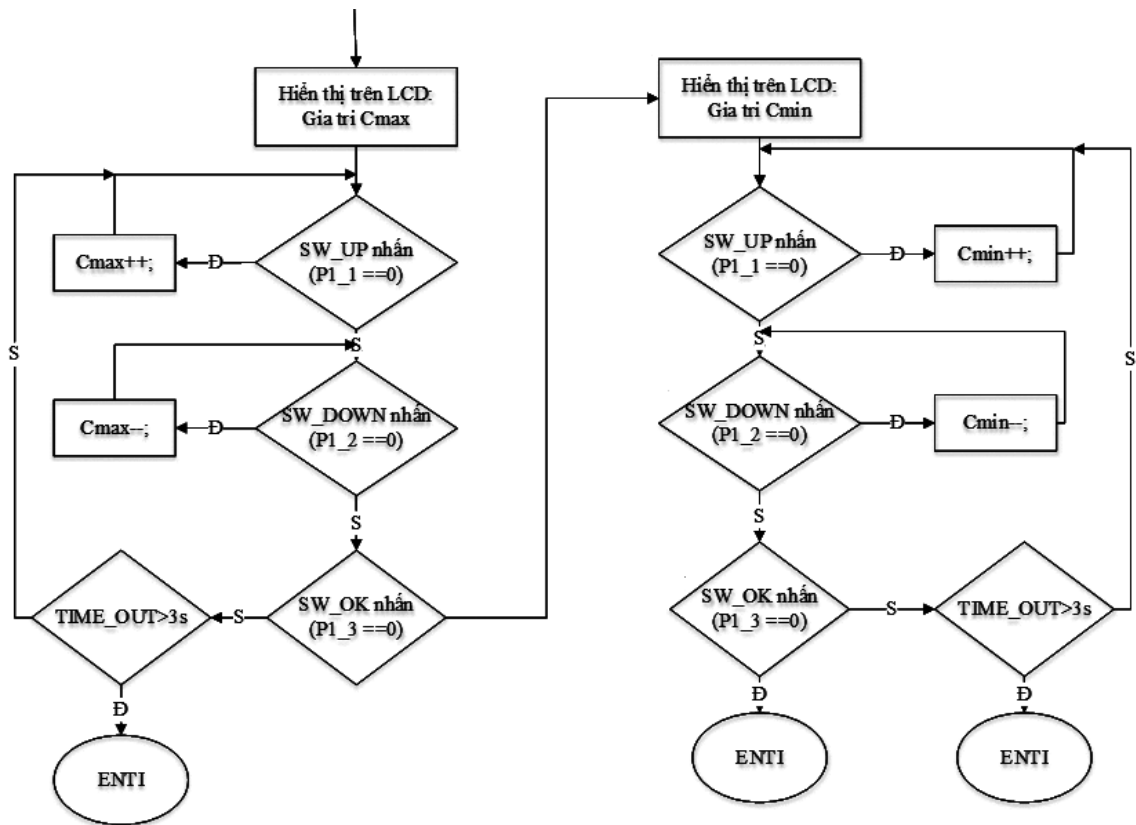
Hình 7. Lưu đồ thuật toán chương trình chính

3. Kết quả và thảo luận

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thiết kế và chế tạo được hệ buồng đo khí H₂ như Hình 9 và Hình 10. Hình 9 là bộ điều khiển trung tâm. Các nút bấm được sử dụng để thiết lập chế độ hoạt động, thiết lập các thông số cần điều khiển. Trên màn hình hiển thị của bộ điều khiển, giá trị đặt cho nhiệt độ của buồng dầu được thể hiện tại vị trí của thông số “CÀI ĐẶT”. Giá trị nhiệt độ đo được từ buồng dầu được hiển thị tại vị trí thông số “NHIỆT ĐỘ”. Bên cạnh đó, giá trị điện trở đầu ra của cảm biến được đặt tại vị trí của thông số “R”.



Hình 9. Bộ điều khiển trung tâm



Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình ngắt phím bấm

Giá trị thể hiện chế độ hoạt động của thiết bị được hiển thị phía dưới thông số “R”. Hình 10 là buồng dầu có tích hợp bộ điều khiển nhiệt độ và bộ gia nhiệt. Sau đó nhóm đã tiến hành đo kiểm, khảo sát đánh giá hoạt động của hệ buồng đo khí H_2 tại Viện Đo lường Quốc gia Việt Nam và Phòng Thí nghiệm đo lường Đại học Bách khoa Hà Nội.



Hình 10. Buồng dầu tích hợp bộ điều khiển nhiệt

3.1. Khảo sát đo điện trở với điện trở chuẩn

Bảng 1 thể hiện kết quả đo điện trở chuẩn sử dụng bộ đo và điều khiển trung tâm được thực hiện tại Phòng Đo lường Điện, VMI (V07. CN6.12408.17). Kết quả cho thấy sai số kết quả đo lớn nhất là 4% ở 100 kΩ và sai số tương đối nhỏ nhất là 0.02% khi đo ở 1 MΩ. Nguyên nhân gây sai số không đều như được thể hiện trong Bảng 1 là do sai số không đều của phép đo (xem biểu thức (1)) nên có sự sai lệch dữ liệu đọc được từ ADC của vi điều khiển.

Bảng 1. Bảng giá trị điện trở đo từ bộ điều khiển trung tâm với điện trở chuẩn

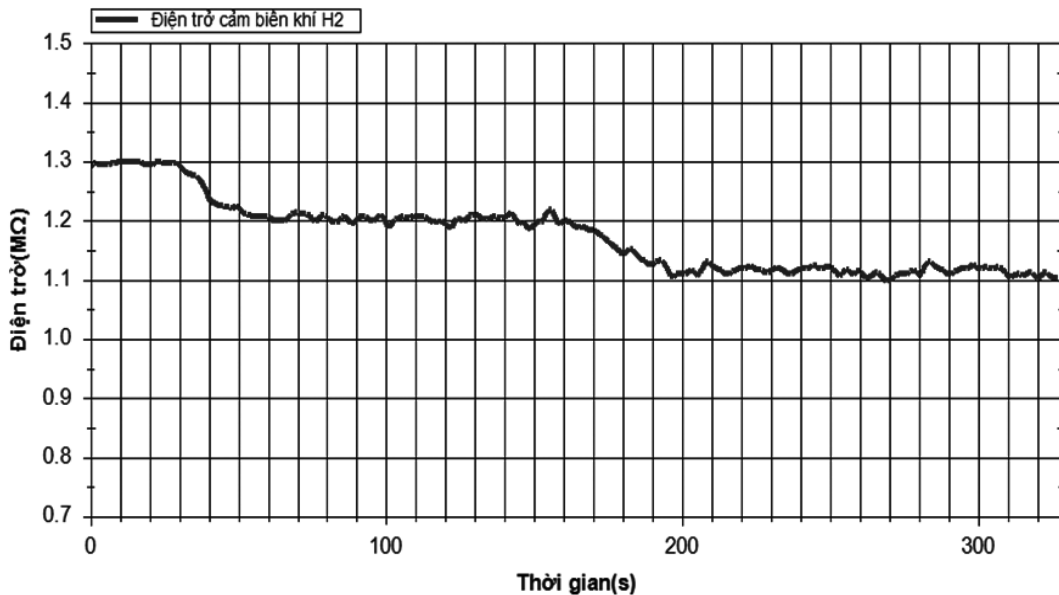
TT	Điện trở chuẩn (kΩ)	Điện trở đo được (MΩ)	Sai số tương đối giữa giá trị đo và giá trị chuẩn (%)
1	100.0	0.096	4%
2	200.0	0.196	2%
3	500.0	0.498	0.4%
4	1000	1.002	0.02%

3.2. Khảo sát đáp ứng cảm biến đã chế tạo

Sau khi đánh giá được độ chính xác của bộ đo và điều khiển trung tâm bằng khảo sát đo điện trở với điện trở chuẩn như ở phần trên, nhóm nghiên

cứ tiếp tục sử dụng bộ đo để khảo sát đầu ra của cảm biến khi thay đổi nồng độ khí H_2 từ 0 – 1000

ppm cấp cho buồng dầu. Kết quả được hiển thị bằng phần mềm cài đặt trên máy tính như Hình 11.

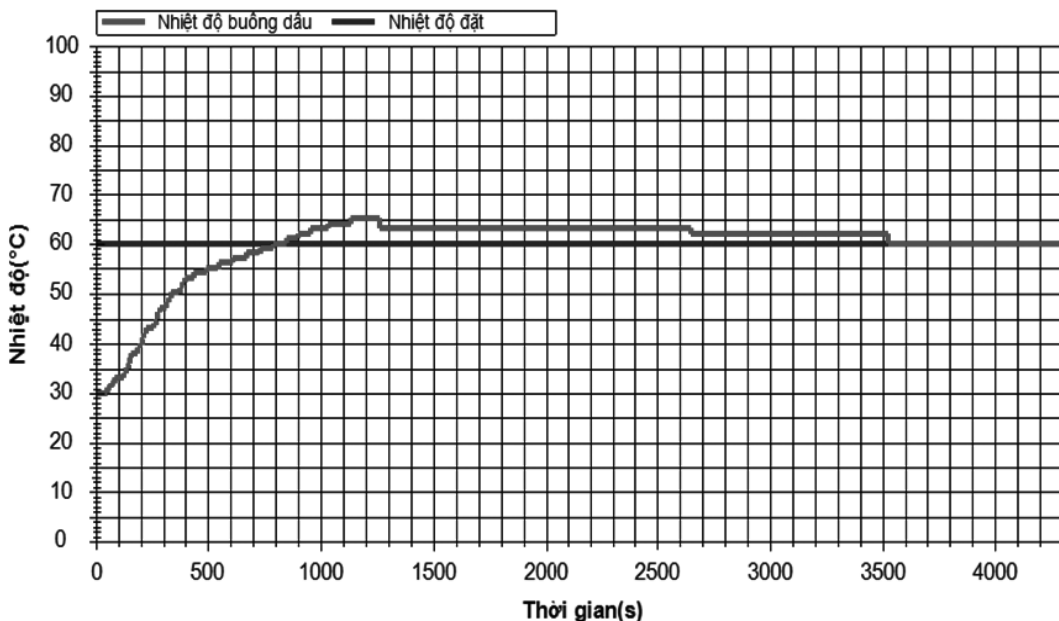


Hình 11. Đồ thị khảo sát đáp ứng của cảm biến

Từ đồ thị Hình 11, bộ điều khiển trung tâm đã thu thập được giá trị điện trở đầu ra của cảm biến khí thay đổi khi cảm biến ở các điều kiện có nồng độ khí H_2 lần lượt là 0 ppm, 500 ppm và 1000 ppm. Kết quả này được giải thích bằng nguyên lý nhạy khí H_2 của cảm biến màng mỏng SnO_2 dựa trên sự thay đổi của độ dẫn bề mặt theo cơ chế hấp thụ oxy [8].

3.3. Khảo sát bộ điều khiển nhiệt độ

Nhóm tiến hành khảo sát đồ thị giữa giá trị trả về của cảm biến nhiệt độ (PT100) được gắn trong buồng dầu từ bộ điều khiển nhiệt độ HX9 với giá trị nhiệt độ đặt là $60^{\circ}C$. Kết quả được hiển thị tại phần mềm cài đặt trên máy tính như Hình 12.



Hình 12. Đồ thị khảo sát đáp ứng thời gian của bộ điều khiển nhiệt độ tại giá trị đặt $60^{\circ}C$

Từ đồ thị Hình 12 ta có sai số xác lập của hệ thống là e_{xl} rất nhỏ. Độ quá điều chỉnh được xác định theo biểu thức (2):

$$POT = \frac{c_{\max} - c_{xl}}{c_{xl}} \cdot 100\% = \frac{65 - 60}{60} \cdot 100\% = 8.3\% \quad (2)$$

Trong đó c_{\max} giá trị cực đại của đáp ứng, c_{xl} là giá trị xác lập của đáp ứng. Thời gian đáp ứng được xác định theo biểu thức (3):

$$t_r = t_{0.9} - t_0 = 439 \text{ (s)} \quad (3)$$

Trong đó: $t_{0.9}$ là thời điểm đạt tới 90% giá trị đặt

t_0 là thời điểm ban đầu ở nhiệt độ phòng

Nhận xét: Sai số xác lập của hệ thống rất nhỏ, nhiệt độ của buồng dầu đạt giá trị mong muốn sau thời gian xác định. Độ quá điều chỉnh thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đặt ra ban đầu nhỏ hơn 10%. Tuy nhiên thời gian đáp ứng lâu do quá trình gia nhiệt dầu máy

biến áp có tính quán tính lớn trong khi buồng nhiệt được chế tạo làm mát tự nhiên bằng không khí.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình hệ đo khí Hydro hòa tan trong dầu máy biến áp. Mô hình hệ đo giúp đảm bảo việc đo và thử nghiệm cảm biến đo nồng độ khí H_2 trong máy biến có thể thực hiện ngay tại phòng thí nghiệm với các thông số gần giống với dầu máy sử dụng trong các máy biến áp. Thiết bị có thể được sử dụng trong thử nghiệm, đánh giá với các cảm biến hóa điện đo các loại khí C_xH_x sinh ra do phóng điện cục bộ trong máy biến áp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2015-01-92.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Igor Pavlovsky, *Hydrogen Sensor for Oil Transformer Health Monitoring*, Nanotechnology, 2008. Nano '08. 8th IEEE conference on, IEEE, 2008, pp 211-213, ISBN: 978-1-4244-2103-9
- [2]. Yang Dingkun, Chen Xingang, Ma zhipeng, *Fault Detection of Transformers based on Raman Spectra of the Dissolved Gas in Transformer Oil*, 2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference.
- [3]. Emir ŠIŠIĆ, *Chromatographic Analysis of Gases from the Transformer*, Transformers Magazine, Volume 2, Issue 1.
- [4]. A.S.M. Iftekhar Uddin, Usman Yaqoob, Gwi-Y-Sang Chung, *Dissolved Hydrogen Gas Analysis in Transformer Oil using Pd Catalyst Decorated on ZnO Nanorod Array*, Sensors and Actuators B, 226(2016), pp 90-95.
- [5]. Fan Yang, Dongoh Jung, and Reginald M. Penner, *Trace Detection of Dissolved Hydrogen Gas in Oil using a Palladium Nanowire Array*, Anal Chem. 2011, 83(24):9472-7, doi: 10.1021/ac2021745.
- [6]. Lynn Hamrick, "Dissolved Gas Analysis for Transformers", Niche Market Testing, NETA WORLD Winter 2009-2010.
- [7]. Radu Godina, Eduardo M. G. Rodrigues, João C. O. Matias and João P. S. Catalão, "Effect of Loads and Other Key Factors on Oil-Transformer Ageing: Sustainability Benefits and Challenges", energies, ISSN 1996-1073, 2015.
- [8]. Nguyen Van Toan, Nguyen Viet Chien, Nguyen Van Duy, Hoang Si Hong, Hugo Nguyen, Nguyen Duc Hoa, Nguyen Van Hieu, "Fabrication of Highly Sensitive and Selective H_2 Gas Sensor based on SnO_2 Thin Film Sensitized with Microsized Pd Islands", Journal of Hazardous Materials 301 (2016) 433–442.

DESIGN AND FABRICATION OF SYSTEM MEASURING DISSOLVED HYDROGEN GAS IN TRANSFORMER OIL

Abstract:

This paper works on system that monitors concentration of hydrogen dissolved in transformer oil. The system has a closed chamber that is used as a transformer oil container. Oil temperature in the chamber can be adjusted by controllable heater. Stirring motor and gas pressure part are also integrated to speed up the dissolution of hydrogen in oil and to observe gas pressure difference. In this research, group chooses

voltage distribution method to determine the value of resistant of hydrogen sensor. Resistant value varies from hundreds of $k\Omega$ to $1M\Omega$. Micro control unit STM32 is utilized for collecting, processing measured data and transmitting to computer through RS232 port. The result shows that the system works stably. Consequently, experimenting sensors sensing hydrogen dissolved in transformer oil becomes less difficult because it is very hard to prepare experimental condition of real transformer.

Keywords: *dissolved hydrogen gas in transformer oil, model of dissolving system, main controller.*