

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ CHẨN ĐOÁN HỎNG HÓC CỦA TỔ HỢP TỰ ĐỘNG KIỂM TRA THIẾT BỊ OKA

RESEARCH AND MANUFACTURE OF DEVICES FOR FAILURE DIAGNOSTIC OF AUTOMATIC TESTING SYSTEM OKA

Phạm Văn Phú¹, Ngô Việt Cường^{2,*}, Nguyễn Duy Long²,
Nguyễn Duy Sơn¹, Nguyễn Văn Duy¹, Trần Đức Công¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huinh5804.2025.113>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị kiểm tra, chẩn đoán hỏng hóc và thống kê tình trạng kỹ thuật của tổ hợp tự động kiểm tra thiết bị OKA, dựa trên phương pháp Automated Functional Testing (AFT), giúp nâng cao hiệu quả công tác bảo đảm kỹ thuật. Thiết bị chế tạo KT-OKA qua thực nghiệm đã tự động kiểm tra được tình trạng của một số khối; phán đoán được hỏng hóc để đề xuất phương án sửa chữa; thống kê nhật ký tình trạng của các khối trong tổ hợp OKA, đảm bảo độ chính xác cao.

Từ khóa: Tự động, CY30, kiểm tra chức năng.

ABSTRACT

The article presents the research on the design and manufacture of testing equipment; fault diagnosis and statistics of the technical condition of the automatic testing system OKA, based on the Automated Functional Testing (AFT) method, helping to improve the efficiency of technical assurance work. The KT-OKA manufactured equipment, through experiments, has automatically checked the condition of some blocks; judged the fault to propose repair plans; recorded the status log of blocks in the OKA complex, ensuring high accuracy.

Keywords: Automat, CY30, functional testing.

¹Khoa Chỉ huy tham mưu kỹ thuật, Trường Đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn

²Viện Tên lửa và Kỹ thuật điều khiển, Trường Đại học kỹ thuật Lê Quý Đôn

*Email: ngoctuanhvn@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/4/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tại các đơn vị trong và ngoài quân đội có máy bay, trang bị kỹ thuật, trong sản xuất và huấn luyện sử dụng là một khâu cực kỳ quan trọng. Để làm tốt công tác này các đơn vị trong và ngoài quân đội, các nhà máy sản xuất đã

được trang bị tổ hợp tự động kiểm tra OKA. Hiện nay, sau thời gian dài sử dụng công tác bảo đảm kỹ thuật (BĐKT) cho trang bị này ngày càng gặp nhiều khó khăn. Do đó việc nghiên cứu và chế tạo ra một thiết bị kiểm tra để phán đoán tình trạng của các module trong tổ hợp kiểm tra OKA mang một ý nghĩa quan trọng và cấp thiết.

Thông thường đối với các module khi bị lỗi sẽ đến từ các IC hỏng, đoạn mạch, hở mạch hoặc đơn giản chỉ là cắm sai giắc. Vì vậy để sửa chữa cần phải tiến hành kiểm tra thử nghiệm. Thử nghiệm được sử dụng nhiều nhất là sử dụng đầu dò đo điện áp, dòng điện trên PCB, các giá trị này sẽ được so sánh với PCB đang hoạt động tốt để đảm bảo tất cả các linh kiện đều đúng. Kỹ thuật thử nghiệm cũng có thể tìm ra các mạch tích hợp bị lỗi [1, 2]. Phương pháp này chỉ hiệu quả đối với các module không quá phức tạp hoặc có số lượng IC ít, nhưng khi số lượng IC tăng lên phương pháp chẩn đoán thủ công này trở nên kém hiệu quả, chính vì thế cần một thiết bị kiểm tra tự động [3].

Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã chế tạo thiết bị kiểm tra hỏng hóc tự động và phần mềm sổ tay điện tử để theo dõi tình trạng thiết bị, giúp dễ dàng phán đoán khả năng hỏng hóc mà không cần có kiến thức quá sâu về chức năng khối. Ngoài ra thiết bị này còn có khả năng thống kê được những hỏng hóc thường xuyên xảy ra giúp dự trù vật tư thay thế thuận lợi hơn, từ đó tăng hiệu quả BĐKT cho trang bị.

2. NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ KIỂM TRA HỎNG HÓC

2.1. Thảo luận về phương pháp AFT trong việc kiểm tra phán đoán hỏng hóc của bản mạch điện tử

Phương pháp AFT là một trong những phương pháp hiệu quả để phát hiện lỗi hỏng hóc trên PCB vì những lý do cụ thể sau đây:

- Phát hiện lỗi toàn diện và chính xác:

AFT không chỉ kiểm tra kết nối vật lý mà còn đánh giá chức năng thực tế của PCB trong môi trường hoạt động giống như khi được sử dụng trong thực tế. Điều này giúp phát hiện được các lỗi mà phương pháp kiểm tra quang học tự động (AOI) hoặc kiểm tra mạch hở/ngắn (ICT) có thể bỏ sót, chẳng hạn như:

- + Lỗi linh kiện hoạt động sai thông số;
- + Lỗi phần mềm nhúng trong vi điều khiển;
- + Lỗi tín hiệu không ổn định dưới tải thực.

- Tự động hóa giúp tăng tốc độ và giảm chi phí kiểm tra:

Hệ thống kiểm tra chức năng tự động có thể thực hiện nhiều bài kiểm tra phức tạp mà không cần sự can thiệp của con người, giúp:

- + Giảm thời gian kiểm tra trên từng sản phẩm;
- + Giảm chi phí nhân công và lỗi do thao tác thủ công;
- + Cải thiện tính nhất quán và độ tin cậy của kết quả kiểm tra.

- Khả năng phát hiện lỗi sớm, giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi ra thị trường:

AFT có thể được triển khai ngay trong giai đoạn cuối của quy trình sản xuất, giúp phát hiện và loại bỏ các PCB có lỗi trước khi chúng được lắp ráp vào sản phẩm cuối cùng. Điều này giúp:

- + Giảm tỷ lệ sản phẩm lỗi xuất xưởng;
- + Tránh các chi phí phát sinh do bảo hành và thu hồi sản phẩm lỗi;
- + Cải thiện uy tín thương hiệu và sự hài lòng của khách hàng.

- Dễ dàng tích hợp với các hệ thống kiểm tra khác:

AFT có thể được tích hợp với các hệ thống kiểm tra như AOI (Automated Optical Inspection) và ICT (In-Circuit Testing) để tạo ra quy trình kiểm tra toàn diện, giúp phát hiện lỗi ở nhiều cấp độ khác nhau.

- Khả năng mở rộng và linh hoạt:

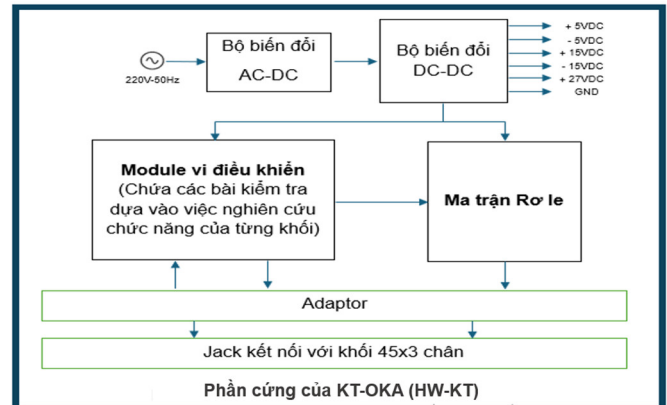
Các hệ thống AFT có thể được lập trình lại để phù hợp với nhiều loại PCB khác nhau, giúp linh hoạt trong sản xuất các dòng sản phẩm khác nhau mà không phải đầu tư nhiều vào thiết bị kiểm tra mới.

Việc áp dụng AFT trong kiểm tra PCB mang lại nhiều lợi ích quan trọng, từ tăng độ chính xác, giảm chi phí, rút ngắn thời gian kiểm tra đến cải thiện chất lượng sản phẩm. Trong bối cảnh sản xuất điện tử ngày càng yêu cầu tiêu chuẩn cao và năng suất lớn, AFT là một phương pháp

kiểm tra hiện đại và cần thiết để đảm bảo sản phẩm PCB hoạt động chính xác và bền bỉ.

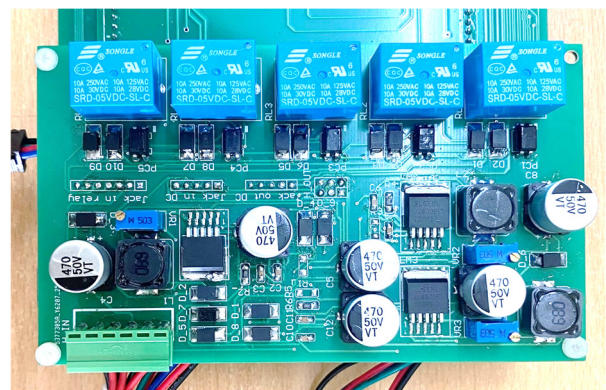
2.2. Cấu trúc, chức năng phần cứng của KT-OKA

Cấu trúc của phần cứng KT-OKA được trình bày như hình 1.



Hình 1. Cấu trúc phần cứng của KT-OKA

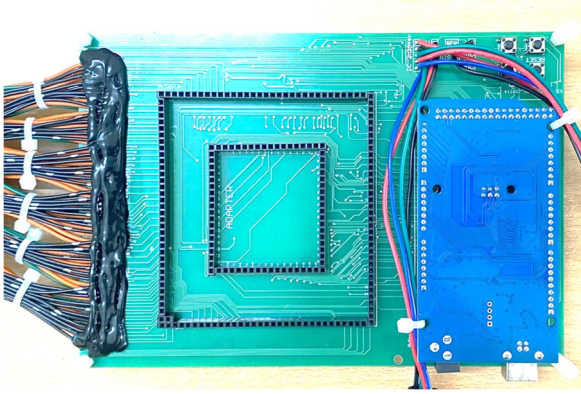
Trong đó, bộ biến đổi AC-DC có chức năng chuyển đổi dòng điện xoay chiều AC thành dòng điện một chiều DC. Cụ thể ở đây là chuyển đổi dòng điện AC 220V-50Hz thành điện áp 5 VDC. Bộ biến đổi điện áp DC-DC (hình 2) gồm các bộ tăng áp (Boost Converter) có chức năng biến đổi điện áp 1 chiều +5VDC thành các nguồn cung cấp $\pm 5\text{VDC}$; $\pm 15\text{VDC}$; $\pm 27\text{VDC}$ (đây là các nguồn đặc trưng của các mạch trong tổ hợp OKA).



Hình 2. Bộ biến đổi DC-DC

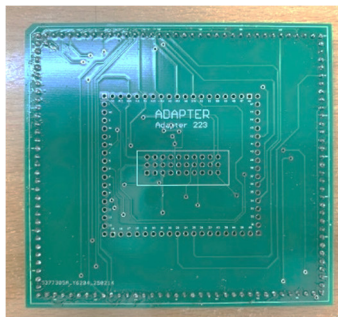
Module vi điều khiển có chức năng (hình 3): Giao tiếp với phần mềm máy tính của giá thử; tạo tín hiệu kích thích dựa trên việc tìm hiểu kỹ chức năng của các khối trong tổ hợp OKA; đo tín hiệu phản hồi về. Đối với mỗi loại khối thử sẽ có một chương trình nạp vào vi điều khiển khác nhau.

Ma trận rơ le dùng để khắc phục hạn chế của vi điều khiển là cấp tín hiệu điều khiển với dòng thấp; rơ le lấy lệnh điều khiển từ vi điều khiển để cấp cho những chân của khối thử cần dòng điện cao (như nguồn cung cấp).



Hình 3. Module vi điều khiển

Adaptor (hình 4): đối với mỗi một loại khối thử sẽ có 1 adaptor riêng biệt, để phù hợp với nguyên lý; chức năng của từng khối. Có chức năng kết nối tín hiệu kích thích cho khối thử và tín hiệu phản hồi về cho vi điều khiển.



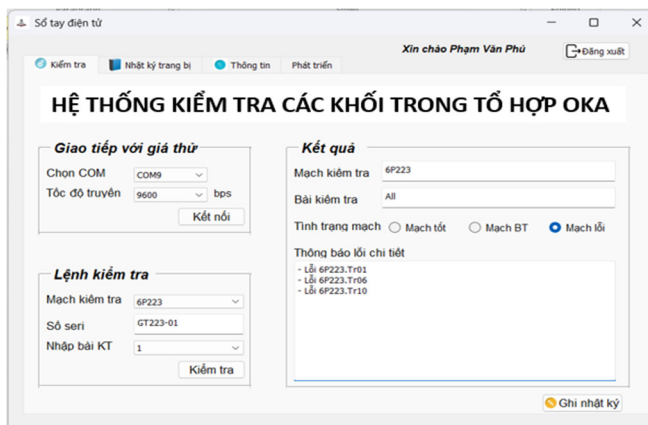
Hình 4. Adaptor Module 6P223

Jack kết nối với khối 45x3 chân: Đây là loại đầu kết nối phổ biến trong tổ hợp có chức năng kết nối phần cứng giá thử với lại khối thử.

2.3. Phương pháp kiểm tra phán đoán hỏng hóc của KT-OKA trên cơ sở AFT

KT-OKA hoạt động như sau:

- Toàn bộ thiết bị được đặt dưới sự điều khiển chung của một máy tính với phần mềm kiểm tra chuyên dụng (dạng sổ tay điện tử) như thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Phần mềm sổ tay điện tử

- Phần mềm kiểm tra (SW-KT) sẽ tự động truyền lệnh điều khiển để cho phần cứng (HW-KT) tạo ra tín hiệu kích thích tương ứng để truyền đến module chuyển đổi (adaptor) để đến với khối cần kiểm tra.

- Sau khi tín hiệu kích thích được truyền đến khối kiểm tra; HW-KT sẽ tự động đo tín hiệu đầu ra của khối và truyền về SW-KT. SW-KT sẽ có nhiệm vụ so sánh dữ liệu của tín hiệu phản hồi về với lại các tham số bằng cách sử dụng sai số phần trăm tuyệt đối trung bình, chỉ tiêu kỹ thuật để có thể đưa ra kết luận về tình trạng kỹ thuật của khối:

$$\text{mape} = \frac{|f_{\text{out}} - f_c|}{f_c} \cdot 100\%$$

Trong đó: f_{out} là tín hiệu phản hồi, f_c là tín hiệu tham số chuẩn.

Phương pháp kiểm tra như sau:

Bước 1: Gọi n là số trường hợp kiểm tra (ban đầu $n = 0$); tiến hành kiểm tra trường hợp n .

Bước 2: Nếu $\text{mape} \leq 10\%$ chuyển sang bước 3.

Nếu $\text{mape} \geq 10\%$ chuyển sang bước 4.

Bước 3: Thông qua trường hợp thứ n ,

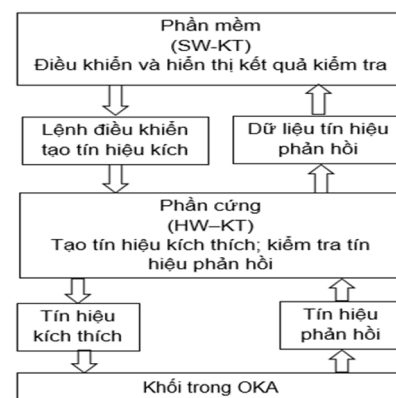
Nếu $n > r$ (số trường hợp kiểm tra cố định), chuyển bước 5.

Nếu $n < r$ thì đặt $n = n + 1$, chuyển bước 1.

Bước 4: Hiện thị mạch kiểm tra không thông qua.

Bước 5: Hiện thị mạch kiểm tra thông qua.

- SW-KT sẽ đi dò tìm và tìm ra lỗi của khối bằng việc so sánh tham số tín hiệu phản hồi từ khối cần kiểm tra với dữ liệu chuẩn được xây dựng nhờ việc khảo sát khối trong hệ thống không lỗi và từ việc hiểu rõ về nguyên lý, chức năng hoạt động của khối; từ đó sẽ phân vùng có khả năng hỏng hóc, chỉ định đo đạc... giúp cho người dùng có thể phán đoán và có phương án sửa chữa.



Hình 6. Sơ đồ tổng quát của KT-OKAE

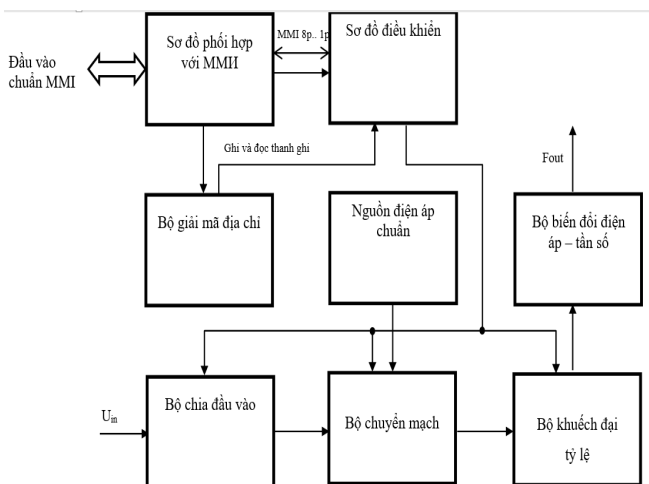
3. THỰC NGHIỆM

3.1. Khối 6P223 trong tổ hợp OKA

Để kiểm tra hiệu suất cũng như độ chính xác của KT-OKA, trong phạm vi bài báo này nhóm tác giả đã lựa chọn khối 6P223 trong tổ hợp OKA làm đối tượng kiểm tra. Sơ đồ chức năng của 6P223 được thể hiện trong hình 7.

Trong đó, bộ biến đổi 6P223 dùng để thực hiện các chức năng sau:

- Biến đổi điện áp dòng một chiều đã biết cực $\pm(0,01 - 100)V$ thành tần số trên bốn dải: 0,1V, 1V, 10V, 100V;
- Biến đổi điện áp dòng một chiều chưa biết cực thành tần số trong giới hạn $\pm 0,1U_k$, ở đây U_k - trị số giá trị giới hạn của dải biến đổi điện áp, V;
- Biến đổi trở kháng thuận dòng một chiều thành tần số.



Hình 7. Sơ đồ chức năng của 6P223

3.2. Chế tạo giá thử với khối 6P223

Từ chức năng cũng như khảo sát tín hiệu vào, ra trên khối 6P223 còn hoạt động bình thường, đặt $r = 28$; tính toán ra được tín hiệu kích thích đưa vào khối 6P223 như bảng 1.

Bảng 1. Tín hiệu kích thích và tham số đầu ra của khối 6P223

n	Tín hiệu kích thích	Tín hiệu chuẩn
	- Nguồn DC: $\pm 5V; \pm 15V; +27V$ - Mã nhị phân đưa vào đầu vào như sau:	Được lấy từ mạch đang hoạt động tốt
1	010 - 0100011	$F_{out} = 120,7kHz$
2	010 - 0110011	$F_{out} = 212,4kHz$
3	010 - 0110110	$F_{out} = 23,87kHz$
4	010 - 0101100	$F_{out} = 212,56kHz$
5	111 - 0000000	$F_{out} = 17,76kHz$
6	111 - 0100011	$F_{out} = 19,46kHz$

7	111 - 0100110	$F_{out} = 13,56kHz$
8	111 - 0111111	$F_{out} = 13,73kHz$
9	111 - 1011110	$F_{out} = 27,94kHz$
10	111 - 0010010	$F_{out} = 212,64kHz$
11	101 - 0111100	$F_{out} = 14,58kHz$
12	101 - 0111011	$F_{out} = 117,43kHz$
13	101 - 1111111	$F_{out} = 18,67kHz$
14	101 - 0101101	$F_{out} = 122,94kHz$
15	101 - 1101110	$F_{out} = 13,65kHz$
16	011 - 0011101	$F_{out} = 24,09kHz$
17	011 - 0110101	$F_{out} = 212kHz$
18	011 - 1100000	$F_{out} = 212kHz$
19	011 - 0010111	$F_{out} = 44,4kHz$
20	011 - 1100000	$F_{out} = 211kHz$
21	011 - 0011000	$F_{out} = 108,09kHz$
22	110 - 1011010	$F_{out} = 212kHz$
23	110 - 1101101	$F_{out} = 22,59kHz$
24	110 - 0101100	$F_{out} = 211kHz$
25	110 - 0110011	$F_{out} = 82,12kHz$
26	110 - 1101000	$F_{out} = 212kHz$
27	110 - 0000100	$F_{out} = 20kHz$
28	110 - 1100110	$F_{out} = 212kHz$

Từ bảng 1, tiến hành lập trình cho vi điều khiển theo các bài kiểm tra từ 1 đến 28 bằng cách tạo các tín hiệu kích thích mức 0 – 0,8V (ứng với mức logic 0) tín hiệu kích thích từ 2,2 – 5V (ứng với mức logic 1); tín hiệu phản hồi về so sánh với lại tín hiệu ở cột tín hiệu chuẩn (cho phép sai số 10% - dựa vào tài liệu và khảo sát thực tế tại tổ hợp OKA) từ đây đưa ra kết luận về khả năng hoạt động của mạch theo từng bài kiểm tra. Khi tất cả bài kiểm tra đều đạt được tham số như yêu cầu mạch sẽ được kết luận hoạt động tốt.

3.3. Kết quả tại phòng thí nghiệm

Sau khi thiết kế, chế tạo thiết bị kiểm tra phán đoán hồng học KT-OKA, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm tại phòng thí nghiệm để hiệu chỉnh tín hiệu kích thích và phép đo tham số phản hồi. Nội dung thử nghiệm đối với tín hiệu kích thích và đo tham số phản hồi cho khối 6P223 như trong bảng 2.

Sau khi đạt các yêu cầu trên nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm trên khối 6P223 và sau đây là một số kết quả đã đạt được như bảng 3.

Bảng 2. Nội dung thử nghiệm đối với tín hiệu kích thích và đo tham số phản hồi cho khối 6P223

Nội dung thử nghiệm	Tham số và sai số	Phương tiện thử nghiệm	Kết quả
Mức điện áp nguồn cung cấp 1	$+5 \pm 0,25$ VDC	Đồng hồ đa năng	Đạt
Mức điện áp nguồn cung cấp 2	$+15 \pm 0,75$ VDC	Đồng hồ đa năng	Đạt
Mức điện áp nguồn cung cấp 3	$+27 \pm 0,84$ VDC	Đồng hồ đa năng	Đạt
Mức điện áp tín hiệu logic chuẩn TTL mức 0	$0 \div 0,8$ VDC	Đồng hồ đa năng	Đạt
Mức điện áp tín hiệu logic chuẩn TTL mức 1	$2,2 \div 5$ VDC	Đồng hồ đa năng	Đạt
Đo tần số xung TTL	10 kHz (1%)	Máy phát tần	Đạt

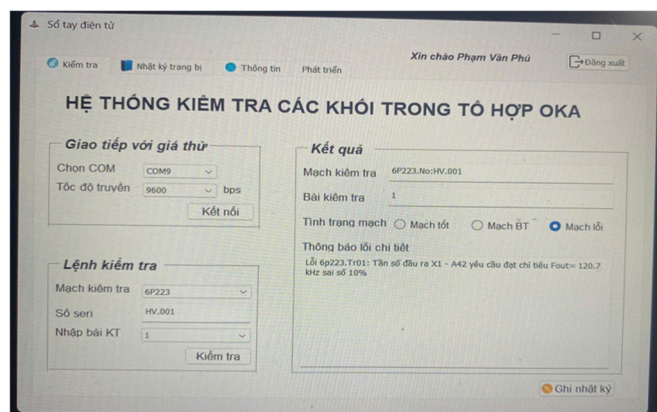
Bảng 3. Kết quả thử nghiệm trên khối 6P223

Tên khối	Số lượng Khối	Chất lượng	Phát hiện hỏng	Phán đoán hỏng hóc	Sửa chữa thay thế	Kết quả
6P223	10	Bảo hỏng	10	10	10	10 khối tốt

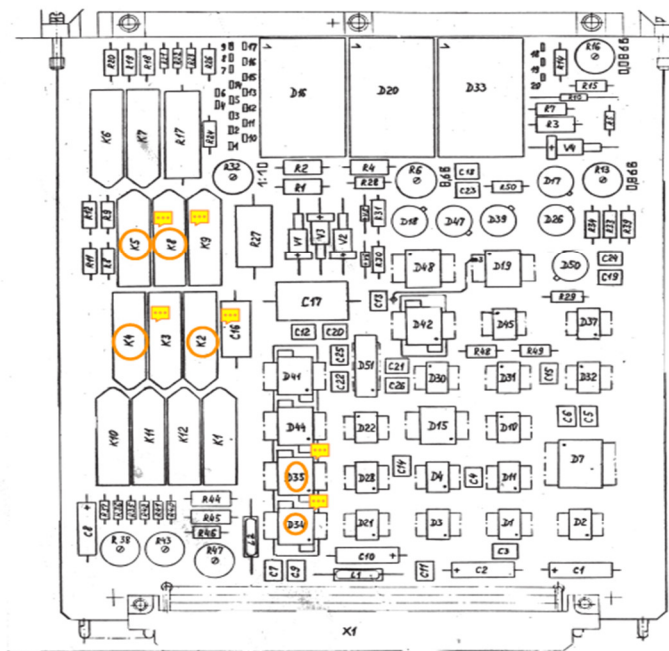
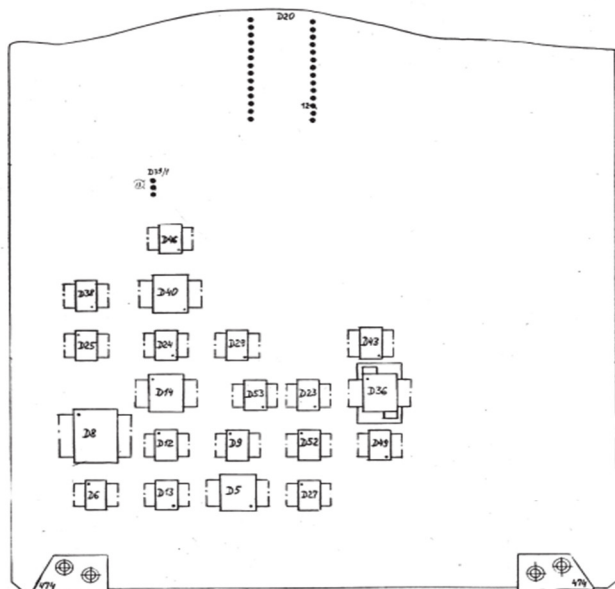
Hình 8, 9, 10, 11 là một số hình ảnh khi thử nghiệm tại phòng thí nghiệm.



Hình 8. Kiểm tra khối 6P223 tại phòng thí nghiệm bằng hệ thống kiểm tra KT-OKA



Hình 9. Bảo kết quả kiểm tra khối 6P223.No:HV.001 trên phần mềm

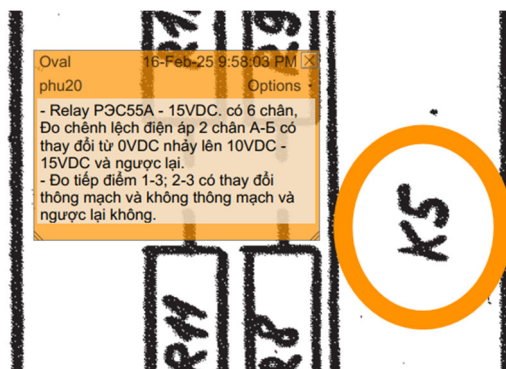


Lỗi 6p223.Tr01: Tần số đầu ra X1 - A42 yêu cầu đạt chỉ tiêu $F_{out} = 120.7$ kHz sai số 10%.

Dự đoán lỗi: Relay K2,K4,K5,K8; IC D34,D35.

Phương pháp kiểm tra: Sử dụng lệnh kiểm tra relay: “relay” sau đó đo ở 2 đầu cuộn hút relay K2, K4, K5, K8 có chênh lệch điện áp ở đây là từ 12-17VDC. Hoạt động của các tiếp điểm của relay.

Hình 10. Hình ảnh phán đoán lỗi của khối 6P223E đã được xây dựng sẵn giúp người dùng dễ dàng kiểm tra, sửa chữa



Hình 11. Hướng dẫn kiểm tra từng linh kiện nghi ngờ hỏng được xây dựng sẵn

3.4. Kết quả thực tế tại tổ hợp OKA

Sau khi kiểm tra, phát hiện hỏng hóc và sửa chữa, các khối đã được kiểm tra lại bằng cách thay thế từng khối trong vào tổ hợp. Kết quả đều đạt yêu cầu, không gây ảnh hưởng gì xấu đến hệ thống; tổ hợp thực hiện được đủ chức năng.

4. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh phát triển nhanh chóng của công nghệ, các giải pháp kỹ thuật ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện hiệu suất, độ tin cậy và tính bền vững của các hệ thống hiện đại. Nghiên cứu này đã chỉ ra những lợi ích thiết thực của thiết bị kiểm tra phán đoán hỏng hóc KT-OKA trong việc nâng cao chất lượng BDKT cho trang bị OKA.

Kết quả thực nghiệm và phân tích cho thấy rằng thiết bị kiểm tra phán đoán hỏng hóc KT-OKA đã đánh giá được tình trạng kỹ thuật, báo hỏng và đề xuất phương án sửa chữa, thay thế đối với một số khối trong tổ hợp OKA, đồng thời khẳng định tiềm năng thiết bị này có thể áp dụng với nhiều khối khác trong tổ hợp OKA. Tuy nhiên, vẫn còn những thách thức như hạn chế về tài liệu; nhiều khối phức tạp về mật độ IC hoặc là chức năng, đòi hỏi sự nghiên cứu sâu hơn trong tương lai.

Thiết bị kiểm tra phán đoán hỏng hóc KT-OKA giúp các đơn vị tận dụng tối đa nguồn nhân lực, vật lực sẵn có nâng cao hiệu quả của công tác BDKT cho trang bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Electronics notes, *ICT, In Circuit Test Tutorial*. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/automatic-automated-testate/ict-in-circuit-test-what-is-primer.php>. Accessed Mar. 26, 2019
- [2]. Saline Electronics, *In-Circuit Testing (ICT)*. Available: <https://www.lectronics.net/in-circuit-testing-ict/>. Accessed: Mar. 26, 2019
- [3]. Filip Palm, *Automation of Circuit Board Testing*. Uppsala University, 2019
- [4]. A. Anuar, et al., "E-tester: The development of an electronic board that check commonly used arduino-based electronic components and modules," *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 515-523, 2018.
- [5]. Khushi Singh, et al., "PCB Defect Detection Methods: A Review of Existing Methods and Potential Enhancements," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 17(1): 156-167, 2024.
- [6]. Tài liệu Bài giảng về tổ hợp tự động kiểm tra tên lửa không quân OKA-3-1.
- [7]. Tài liệu học tập khai thác sử dụng tổ hợp OKA-3-1 cho các thành phần kỹ thuật.

AUTHORS INFORMATION

Pham Van Phu¹, Ngo Viet Cuong², Nguyen Duy Long², Nguyen Duy Son¹, Nguyen Van Duy¹, Tran Duc Cong¹

¹Faculty of Technical Command and Staff, Le Quy Don Technical University, Vietnam

²Institute of Aerospace Control and Control Engineering, Le Quy Don Technical University, Vietnam