

HOÀN THIỆN THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ÁP DỤNG THỬ MODUL ĐIỀU KHIỂN, KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ VÀ MODUL KẾT NỐI TÍN HIỆU CỦA THIẾT BỊ ÁP KẾ LAVA

ĐỒNG PHẠM KHÔI, NGUYỄN PHI LONG, NGUYỄN VĂN BỘ,
NGUYỄN NHƯ HƯNG, LÊ QUỲNH NGÂN, LƯƠNG XUÂN TIẾN

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

LAVA là một thiết bị mới và hiện đại của Liên bang Nga dùng để kiểm tra độ an định hóa học của thuốc phóng, thuốc nổ và các hợp chất hóa học theo phương pháp đo áp suất hơi do thuốc bị phân hủy trong điều kiện đẳng nhiệt và đẳng tích. Do nhu cầu cấp thiết về kiểm định thuốc phóng bằng phương pháp áp kế, thiết bị LAVA đã được trang bị cho các đơn vị của Cục Quân khí và các viện nghiên cứu từ năm 2007 [13, 14, 15, 16].

Tuy nhiên, do thiết bị ngoại nhập phải làm việc trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, nguồn điện không ổn định và với cường độ cao, việc nhiệt đới hóa cho các modul điện tử trong thiết kế, chế tạo chưa phù hợp nên trong sử dụng hay xảy ra hỏng hóc, chủ yếu tập trung ở các thành phần của bộ điện khí như hỏng PLC i-8431, chập cháy modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ và modul kết nối tín hiệu.

Việc sửa chữa các hỏng hóc gặp nhiều khó khăn do phải dựa vào nguồn vật tư, linh kiện của nước ngoài, có thể phải chờ trong nhiều tháng để nhập vật tư và thuê chuyên gia làm ảnh hưởng đến kế hoạch của đơn vị.

Trong bài báo này, các tác giả đề cập tới các phương án nhằm nâng cao độ bền nhiệt đới trong quá trình thiết kế, chế tạo cho modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ và modul kết nối tín hiệu của thiết bị LAVA và các kết quả thử nghiệm đối với hai modul này.

2. PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY VÀ THỬ NGHIỆM

2.1. Phương pháp nâng cao độ tin cậy

Để nâng cao độ tin cậy các modul, cần nâng cao độ tin cậy cho từng linh kiện trong các modul đó, đặc biệt là các linh kiện có cường độ hỏng lớn (độ tin cậy thấp). Dựa vào tài liệu tiêu chuẩn của Bộ quốc phòng Mỹ về đánh giá độ tin cậy của các trang bị điện tử MIL-HDBK-217F, nhóm tác giả đưa ra các giải pháp để nâng cao độ tin cậy của các linh kiện có cường độ hỏng lớn.

Mô hình cường độ hỏng điển hình theo tiêu chuẩn MIL-HDBK-217F cho một linh kiện bán dẫn đơn giản được biểu diễn như bên dưới [6]. Nhiều linh kiện, đặc biệt là các vi mạch có sự khác biệt đáng kể và có các mô hình phức tạp hơn.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_R \pi_S \pi_C \pi_Q \pi_E \text{ lỗi/1 triệu giờ}$$

Trong đó:

λ_p - Cường độ hỏng của linh kiện, lỗi/1 triệu giờ;

λ_b - Cường độ hỏng cơ bản của linh kiện, lỗi/1 triệu giờ;

π_T - Hệ số nhiệt độ khi linh kiện hoạt động;

π_A - Hệ số ứng dụng (tuyến tính, chuyển mạch,...);

π_R - Hệ số công suất;

π_S - Hệ số tác động điện (điện áp);

π_C - Hệ số cơ cấu tiếp xúc;

π_Q - Hệ số chất lượng linh kiện;

π_E - Hệ số môi trường làm việc.

Để giảm cường độ hỏng, nâng cao độ bền cho các linh kiện thì cần phải giảm được các hệ số π . Để giảm các hệ số π , nhóm tác giả sử dụng kết hợp các giải pháp như sử dụng các linh kiện có chất lượng cao; tăng cường các hệ số dự trữ công suất, dòng điện, điện áp; tăng độ rộng đường mạch in trong thiết kế, chế tạo; sử dụng lớp phủ bảo vệ bo mạch khỏi các tác động của môi trường làm việc. Các giải pháp này được trình bày trong phần 3 của bài báo.

2.2. Thử nghiệm

- Thử nghiệm đánh giá độ tin cậy, độ bền nhiệt đới bằng các phương pháp thử nghiệm gia tốc

Để thử nghiệm đánh giá độ bền nhiệt đới của các modul, nhóm tác giả sử dụng phương pháp thử nghiệm gia tốc theo tiêu chuẩn MIL-STD-810G [7]:

+ Phương pháp thử nghiệm 501.5: Các mẫu modul sau khi chế tạo được thử nghiệm trong tủ thử nghiệm khí hậu với nhiệt độ cao nhất là 63°C và thấp nhất là 30°C trong 7 chu kỳ, mỗi chu kỳ 24 h.

+ Phương pháp thử nghiệm 507.5: Các mẫu modul tiếp tục được thử nghiệm ở độ ẩm 95% trong 15 chu kỳ, mỗi chu kỳ 24 h.

- Đánh giá độ chính xác nhiệt độ và áp suất theo quy trình kiểm định thiết bị

Thiết bị được kiểm định sau khi lắp 2 modul thuộc sản phẩm của đề tài lên thiết bị LAVA của Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga và của Trung tâm Thí nghiệm Lưu mẫu T262/CQK. Sử dụng quy trình kiểm định QTKĐ 1.019:2013 [4].

- Thử nghiệm 100 mẫu thuốc phóng và so sánh đối chứng kết quả

Nhóm tác giả đã tiến hành thử nghiệm 100 mẫu thuốc phóng trên thiết bị LAVA của Trung tâm Nhiệt đới Việt-Nga theo 3 bước:

Bước 1: Thiết bị LAVA được lắp các modul điều khiển kiểm soát nhiệt độ và modul kết nối tín hiệu của Liên bang Nga rồi thử nghiệm theo các Tiêu chuẩn 06TCN629:1998, 06TCN630:1998 và Tiêu chuẩn CTII 44A-K-02-2011.

Bước 2: Thiết bị LAVA được lắp các modul điều khiển kiểm soát nhiệt độ và modul kết nối tín hiệu của nhóm tác giả rồi thử nghiệm theo các Tiêu chuẩn 06TCN629:1998, 06TCN630:1998 và Tiêu chuẩn CTII 44A-K-02-2011.

Bước 3: So sánh đối chứng các kết quả thử nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các kết quả nhằm tăng độ tin cậy theo tiêu chuẩn MIL-HDBK-217F như sau:

- Thay thế tụ hóa bằng tụ nhôm rắn: Tụ rắn có trở kháng thấp hơn đáng kể ở tần số cao. Vì có trở kháng thấp, tụ điện rắn ổn định hơn và tạo ra ít nhiệt hơn so với các tụ điện thường [10], do đó giảm được hệ số nhiệt độ π_T khi linh kiện hoạt động. Về tuổi thọ, tụ rắn có tuổi thọ cao gấp 5 lần so với tụ điện phân thông thường [8], do đó giảm được hệ số chất lượng linh kiện π_Q .

- Tăng độ dự trữ công suất cho các TRIAC bằng cách thay thế MAC9NG bằng BTA20, giảm được hệ số công suất π_R , hệ số nhiệt độ π_T khi linh kiện hoạt động.

Bảng1. So sánh các thông số của MAC9NG và BTA20 [11, 12]

	MAC9NG	BTA20-800
Khả năng chịu áp tối đa	800V	800V
Dòng cực cửa I_G	50mA	50mA
Dòng tải tối đa	9A	20A
Độ dự trữ công suất trong modul ĐKKSND	225%	500%

- Nhóm tác giả đã lựa chọn các cách ly quang MOC3082, có khả năng chịu áp cao hơn, thay thế cho các cách ly quang MOC3062, do đó giảm được hệ số tác động điện áp π_S , giảm được hỏng hóc khi có các xung điện áp cao do nguồn không ổn định. Do có điện áp đỉnh lớn hơn nên hệ số tác động điện áp của MOC3082 lớn hơn MOC3062 là 1.33 lần nên độ tin cậy của MOC3062 cũng lớn hơn 1.33 lần so với MOC3062.

Bảng 2. So sánh các thông số của MOC3062 và MOC3082 [8, 9]

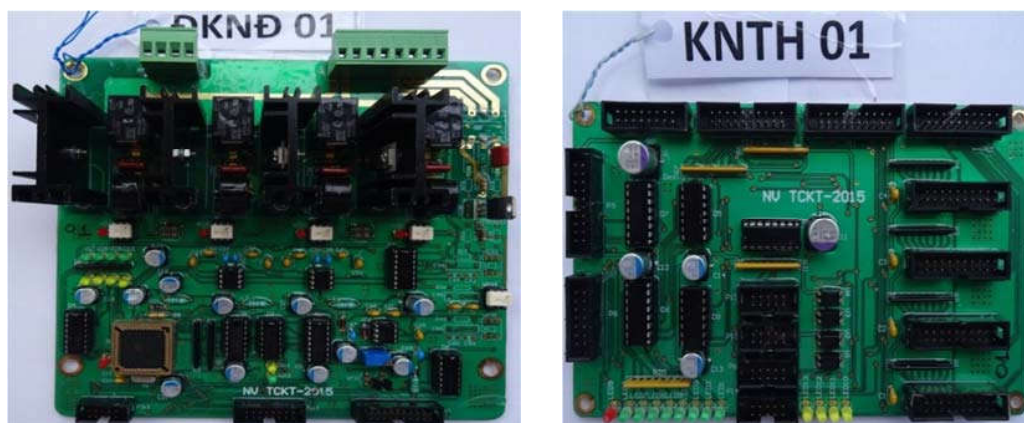
Tham số	MOC3062	MOC3082
Dòng cực góp I_F	60mA	60mA
Điện áp ngược V_R	6V	6V
Công suất tiêu thụ ở 25°C	150mW	150mW
Điện áp hoạt động tối đa V_{DRM}	600V	800V

Các kết quả tăng cường độ bền nhiệt đối cho các modul:

- Lớp phủ EDL 2-3 của Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga có khả năng bảo vệ bo mạch điện tử khỏi các tác động của môi trường nhiệt đới; có tính cách điện cao, không gây chập chập, gây nhiễu; có khả năng chống thấm ẩm, thấm khí cũng như các tác nhân gây ăn mòn khác; có khả năng tản nhiệt cũng như làm việc ổn định ở nhiệt độ cao [3]. Lớp phủ được nhóm tác giả sử dụng để phủ lên toàn bộ bề mặt của modul bằng phương pháp quét với chiều dày trung bình 1 mm.

- Mạch được mạ vàng: Các đường mạch chịu dòng lớn được thiết kế mạ vàng, nên giảm được trở kháng, giảm nhiệt lượng tỏa ra trên bo mạch, do đó giảm được hệ số nhiệt độ π_T tăng độ bền cho bo mạch.

- Tăng độ rộng đường mạch cho các đường công suất: Bề rộng và độ dài của các đường mạch quyết định tới khả năng chịu dòng của các đường mạch đó [5]. Với modul điều khiển kiểm soát nhiệt độ thì khi các lò ổn nhiệt được đốt, mỗi đường mạch phải chịu dòng lên tới 5A; độ rộng đường mạch cấp nguồn cho các lò ổn nhiệt của modul của Nga là 3 mm. Để tăng khả năng chịu dòng cho các đường mạch, nhóm tác giả tận dụng tối đa không gian trên bo mạch để thiết kế các đường mạch in cấp nguồn cho các lò ổn nhiệt có bề rộng nhỏ nhất là 5 mm và lớn nhất lên tới 50 mm.



Hình 1. Sản phẩm modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ và modul kết nối tín hiệu

Các phương án trên nâng cao được độ tin cậy của các modul nhưng có hạn chế là giá thành sản xuất cũng tăng theo. Tuy nhiên đối với các trang thiết bị quân sự thì việc tăng độ tin cậy có ý nghĩa quan trọng hơn giá thành sản xuất.

Đánh giá khả năng hoạt động của các modul sau khi thử nghiệm gia tốc theo tiêu chuẩn MIL-STD-810G: Các modul được đánh giá khả năng hoạt động trên giá thử kiểm tra sửa chữa thiết bị LAVA [1, 2]. Giá thử không những có chức năng khoan vùng phát hiện hỏng hóc của các modul mà còn có thể dùng để kiểm tra tham số và tính năng hoạt động của các modul mới chế tạo.

- Kiểm tra chức năng các kênh điều khiển trên giá thử (bảng 3).

Bảng 3. Kiểm tra chức năng các kênh điều khiển trên giá thử

TT	Tên mạch	Tín hiệu vào	Tín hiệu đầu ra	Kết luận tình trạng kỹ thuật của mạch
1	Kênh điều khiển lò số 1	T1	Đèn 1 sáng	Mạch ĐK lò 1 tốt
2	Kênh điều khiển lò số 2	T2	Đèn 2 sáng	Mạch ĐK lò 2 tốt
3	Kênh điều khiển lò số 3	T3	Đèn 3 sáng	Mạch ĐK lò 3 tốt
4	Kênh điều khiển lò số 4	T4	Đèn 4 sáng	Mạch ĐK lò 4 tốt
5	Kênh điều khiển bơm chân không	BCK	Đèn 5 sáng	Mạch ĐK BCK tốt
6	Vi điều khiển ATMEGA8535	Cả 5 tín hiệu	Các đèn đều sáng	Vi điều khiển ATMEGA8535 tốt

- Đo điện áp đầu vào và đầu ra các kênh điều khiển lò nhiệt trên khối 1 của giá thử (bảng 4).

Bảng 4. Đo điện áp đầu vào - đầu ra của modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ

TT	Tín hiệu kiểm tra	Điện áp đầu vào	Điện áp đầu ra	Dòng điện đầu ra	Kết luận
1	T1	226V	224V	5,1A	Đạt yêu cầu
2	T2	226V	225V	5,0A	Đạt yêu cầu
3	T3	225V	224V	5,2A	Đạt yêu cầu
4	T4	225V	224V	5,1A	Đạt yêu cầu
5	BCK	226V	225V	0,5 A	Đạt yêu cầu

- Quan sát các tín hiệu sau trên giao diện chính của phần mềm LAVA trên khối 2 của giá thử (bảng 5).

Bảng 5. Kiểm tra các tín hiệu báo động trên khối 2 của giá thử

TT	Quan sát trên phần mềm	Kết quả	Kết luận
1	OTK1	Màu xanh	Đạt yêu cầu
2	OTK2	Màu xanh	Đạt yêu cầu
3	OTK3	Màu xanh	Đạt yêu cầu
4	OTK4	Màu xanh	Đạt yêu cầu
5	5V, 12V, 20V, 24V	Màu xanh	Đạt yêu cầu

- Vào menu **Tecr** để kiểm tra chức năng thiết bị (bảng 6).

Bảng 6. Kiểm tra tốc độ gia nhiệt trên khối 2 của giá thử

TT	Chức năng được kiểm tra	Kết quả
1	Kiểm tra bộ ổn nhiệt 1	Nhiệt độ bộ ổn nhiệt 1 tăng 4°C/phút
2	Kiểm tra bộ ổn nhiệt 2	Nhiệt độ bộ ổn nhiệt 2 tăng 4°C/phút
3	Kiểm tra bộ ổn nhiệt 3	Nhiệt độ bộ ổn nhiệt 3 tăng 4°C/phút
4	Kiểm tra bộ ổn nhiệt 4	Nhiệt độ bộ ổn nhiệt 4 tăng 4°C/phút
5	Van KH1, KH2 và KYH	Tốc độ tăng áp 7 -10mmHg/s

Căn cứ vào các kết quả kiểm tra trên “giá thử kiểm tra sửa chữa thiết bị LAVA” có thể kết luận các modul hoạt động tốt sau khi thử nghiệm theo các phương pháp 501.5 và 507.5 của tiêu chuẩn MIL-STD-810G.

Các kết quả kiểm định theo quy trình kiểm định LAVA QTKĐ 1.019:2013

Độ ổn định nhiệt độ của các lò ổn nhiệt (bảng 7).

Bảng 7. Độ ổn định nhiệt độ của các lò ổn nhiệt

Điểm kiểm tra	T1	T2	T3	T4	Cho phép
80°C	0.1	0.1	0.15	0.15	0.2
110°C	0.1	0.15	0.05	0.1	0.2
125°C	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
150°C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
200°C	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2

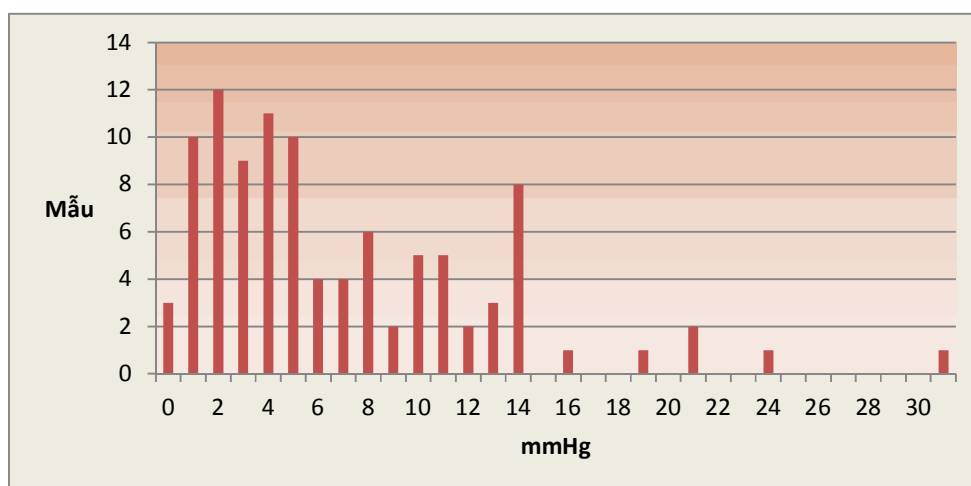
- Áp suất (bảng 8).

Bảng 8. Sai số áp suất tại các điểm kiểm tra

Điểm kiểm tra, mmHg	Giá trị chuẩn, mmHg			Giá trị chỉ thị, mmHg			Sai số mmHg	Sai số cho phép mmHg
	Lần 1 P_{c1}	Lần 2 P_{c2}	TB	Lần 1 P_1	Lần 2 P_2	TB		
150	150.3	150.5	150.4	149	149	149	-1.4	±18
375	375.1	375.3	375.2	374	374	374	-1.2	
600	600	600	600	599	599	599	-1.0	
900	900.3	900.1	900.2	899	899	899	-1.2	
1050	1050.4	1050.1	1050.3	1048	1048	1048	-2.3	
1200	1200.8	1200.4	1200.6	1198	1198	1198	-2.6	
1350	1350.9	1350.5	1350.7	1347	1347	1347	-3.7	
1500	1500.9	1500.3	1500.5	1495	1495	1495	-6.0	
1875	1875.0	1874.2	1874.5	1868	1868	1868	-6.5	

Đối chiếu với các chỉ tiêu trong Quy trình kiểm định thiết bị LAVA QTKĐ 1.019:2013 [4] có thể kết luận: Thiết bị đạt yêu cầu kỹ thuật đo lường.

Các kết quả thử nghiệm 100 mẫu thuốc phóng (hình 2).



Hình 2. Độ chênh lệch áp suất sau 5 h giữa hai lần thí nghiệm $|\Delta P_{VN} - \Delta P_{Nga}|$

Đồ thị trên hình 2 thể hiện mức độ chênh lệch áp suất khi thử nghiệm thuốc phóng trên modul do Việt Nam sản xuất và modul của Liên bang Nga. Trong 100 mẫu thử nghiệm có 99 mẫu có độ chênh lệch áp suất nhỏ hơn 25 mmHg, có 95 mẫu có độ chênh lệch áp suất nhỏ hơn 15 mmHg. Theo các tài liệu tiêu chuẩn của Liên bang Nga cho phép độ chênh lệch áp suất không quá 30 mmHg [6, 8]. Điều này cho thấy các modul do Việt Nam sản xuất có tính năng kỹ thuật tương đương các modul của Liên bang Nga.

Kết quả áp dụng thử tại T262/CQK: Được sự cho phép, nhóm tác giả đã tiến hành lắp đặt 01 modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ và 01 modul kết nối tín hiệu do Việt Nam sản xuất lên thiết bị LAVA hồng của T262/CQK. Đã tiến hành kiểm định thiết bị theo “Quy trình kiểm định thiết bị LAVA QTKĐ 1.019:2013”. Kết quả kiểm định: Thiết bị đạt yêu cầu kỹ thuật đo lường và đủ điều kiện phục vụ công tác thử nghiệm thuốc phóng. Sau 4 tháng làm việc của thiết bị, các modul vẫn hoạt động ổn định và chưa xảy ra hỏng hóc.

4. KẾT LUẬN

Các modul điều khiển, kiểm soát nhiệt độ và kết nối tín hiệu được nhóm tác giả chế tạo đã đạt một số chỉ tiêu của tiêu chuẩn MIL-STD-810G trong các thử nghiệm gia tốc để đánh giá độ bền nhiệt đới. Các kết quả kiểm định thiết bị cho thấy các modul đáp ứng đầy đủ các chỉ tiêu và có thể sử dụng cho thiết bị LAVA để kiểm định thuốc phóng. Các kết quả thử nghiệm đối chứng đối với các mẫu thuốc phóng thực cũng cho thấy các modul được chế tạo có tính năng tương đương với các modul của Liên bang Nga. Sản phẩm đã được áp dụng để thay thế cho các modul hồng trên thiết bị LAVA của Cục Quân khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Văn Cẩm, *Độ tin cậy của các thiết bị VTĐT*, NXBK&KT, 1985.
2. Nguyễn Văn Lâm, *Nghiên cứu chế tạo giá thử kiểm tra sửa chữa thiết bị Lava*, Đề tài cấp TCKT, 2013.
3. Nguyễn Phi Long, *Nghiên cứu, chế tạo lớp phủ bảo vệ bo mạch điện tử chống lại các tác động có hại của môi trường nhiệt đới*, Báo cáo tổng kết đề tài, 2015.
4. *Thiết bị LAVA - quy trình kiểm định*, QTKĐ 1.019:2013.
5. Association Connecting Electronics Industries, *IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design*, 1998.
6. Department of defense, *MIL-HDBK-217F Reliability prediction of electronic equipment*, 1991.
7. Department of defense test method standard, *MIL-STD-810G Environmental Engineering Considerations And Laboratory Tests*, 2008.

8. Fairchild semiconductor, *6-PIN DIP zero-cross phototriac driver optocoupler (600V peak)*, 2005.
9. Fairchild semiconductor, *6-PIN DIP zero-cross phototriac driver optocoupler (800V peak)*, 2005.
10. Nippon Chemi-Con Corporation, *Conductive Polymer Aluminum Solid Capacitors Application Note*, 2009.
11. On Semiconductor, *MAC9D, MAC9M, MAC9N Triacs Silicon Bidirectional Thyristors*, 2005.
12. STMicroelectronics, *BTB20 BW/CW Snubberless Triacs*, 2001.
13. Измерительно-вычислительный комплекс ЛАВА Руководство по эксплуатации, 2008.
14. Измерительно-вычислительный комплекс ЛАВА Руководство по пользователя, Мскова, 2004.
15. Методы указания Измерительно-вычислительный комплекс ВУЛКАН. Средства и поверки. ЗД МПЗ 01 00 00 000, 2000.
16. ТУ 6-90 Измерительно-вычислительный комплекс ВУЛКАН. МПЗ 01 00 00 000 ТУ, 2000.

SUMMARY

COMPLETE DESIGN, MANUFACTURE AND TEST OF TEMPERATURE CONTROL AND CONNECTION SIGNALS MODULES OF LAVA BAROMETER EQUIPMENT

This paper describes the research process to improve the tropical reliability of temperature control and connection signals modules of LAVA equipment and methods to test the performance of the modules. The test results show that the modules fully meet all technical requirements and can be used when failure occurs.

Từ khóa: Thiết bị LAVA, độ tin cậy, điều khiển nhiệt độ, kết nối tín hiệu, áp kế.

Nhận bài ngày 17 tháng 5 năm 2016

Hoàn thiện ngày 10 tháng 7 năm 2016

Viện Độ bền nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga