

TÀI LIỆU ỨNG DỤNG

Hiệu chuẩn đồng hồ vạn năng để bàn 6.5 digit trong ngành điện tử với Fluke 5560A Multi-Product Calibrator

Hiệu chuẩn đồng hồ vạn năng để bàn là điều cần thiết để đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy của chúng trong phép đo. Tài liệu này mô tả cách đánh giá tính phù hợp của thiết bị hiệu chuẩn để hiệu chuẩn đồng hồ vạn năng kỹ thuật số để bàn 6.5 chữ số (DMM).



Mục đích - Objective

Xác minh hiệu quả của Máy hiệu chuẩn điện đa chức năng Fluke 5560A High-Performance Multi-Product Calibrator cho công việc yêu cầu độ chính xác cao này. Các điểm hiệu chuẩn được lựa chọn dựa trên các khuyến nghị do từng nhà sản xuất máy DMM. Tỷ lệ độ chính xác tối thiểu (TAR – Test Accuracy Ratio) là 4:1 thường được chọn là độ tin cậy hiệu chuẩn tối thiểu có thể chấp nhận được với ngành điện tử. Tỷ lệ TAR 4:1 này là tiêu chí hiệu năng thường được sử dụng.

Tài liệu tham khảo - Reference Materials

- Fluke 5560A Multi-Product Calibrator Manual
- Tài liệu của các đồng hồ vạn năng để bàn 6,5 chữ số được sử dụng rộng rãi nhất với hướng dẫn hiệu chuẩn, bao gồm hướng dẫn của nhà sản xuất cho từng đồng hồ vạn năng, như:
 - Keysight 34461A. Manual Information, Part Number: 34460-90901, Edition 10, September 2023
 - Keysight 34465A. Manual Information, Part Number: 34460-90901, Edition 10, September 2023
 - Fluke 8846A. Manual Information, July 2006, Rev. 2, 6/08
 - Keithley DMM 2000. User's Manual 2000-900-01 Rev. J / August 2010
 - Keithley DMM 6500. User's Manual 900-01 Rev. B / August 2019

Phương pháp thực hiện và đánh giá – Methodology

Quá trình thực hiện được mô tả trong tài liệu này tuân theo một phương pháp tiếp cận có cấu trúc, bắt đầu với các quy trình hiệu chuẩn máy đo đa năng để bàn 6.5 chữ số do nhà sản xuất khuyến nghị. Các quy trình này chỉ ra các điểm kiểm tra/hiệu chuẩn và hiệu năng cần thiết. Sau đó, các điểm này được so sánh với thông số kỹ thuật đầy đủ của máy chuẩn Fluke 5560, bao gồm cả thông số kỹ thuật của thang đo và độ chính xác nền (floor specifications)

Tỉ số TAR là một yếu tố quan trọng trong hiệu chuẩn. Trong đo lường, TAR và Tỷ lệ độ không đảm bảo đo thử nghiệm (TUR) đều được sử dụng để đảm bảo chất lượng của các phép đo. Tuy nhiên, chúng được sử dụng trong các bối cảnh khác nhau và có ý nghĩa khác nhau. TAR là tỷ lệ giữa độ chính xác được chỉ định của thiết bị so với độ chính xác được chỉ định của thiết bị chuẩn. TAR là tiêu chuẩn chấp nhận thường được sử dụng về hiệu năng (đánh giá) thiết bị chuẩn so với Thiết bị đo đang cần kiểm tra/ hiệu chuẩn (UUT – Unit Under Test).

Fluke 5560A cung cấp thông số kỹ thuật với cả hai mức độ tin cậy là 99% và 95%. Độ tin cậy 95% thường được sử dụng trong ngành hiệu chuẩn, nhưng độ tin cậy 99% thông số sẽ thận trọng hơn (không quá nhỏ) và có thể bảo vệ tốt hơn trước rủi ro có thể gặp phải trong ứng dụng chính xác rất cao.



Kiểm tra thực tế - The Test

Một so sánh toàn diện đã được tiến hành giữa các điểm hiệu chuẩn được khuyến nghị từ nhiều nhà sản xuất khác nhau và thông số kỹ thuật của Máy hiệu chuẩn đa sản phẩm Fluke 5560A. Mục tiêu là chứng minh rằng Fluke 5560A có thể được sử dụng trực tiếp để hiệu chuẩn đồng hồ vạn năng để bàn 6.5 chữ số với TAR lớn hơn 4:1 mà hầu như không cần thiết bị bổ sung nào khác. Đáng chú ý, Fluke 5560A có chức năng quản lý trực quan hiển thị thông số kỹ thuật cho từng điểm hiệu chuẩn trên màn hình, có thể giúp xác minh TAR ở bất kỳ đầu ra nào dễ dàng hơn.

Chúng ta hãy bắt đầu với Keysight 34461A trên DCV với độ tin cậy 95%. Bảng đầu tiên hiển thị tất cả các thông số kỹ thuật của phương tiện đo (UUT) từ hướng dẫn sử dụng như sau:

- Phạm vi của chức năng thực tế (DCV – Volt DC trong trường hợp này).
- Các điểm đo được sử dụng trong mọi phạm vi (cột VCal).
- Sai số tối đa cho phép (SSCP) - Maximum Permitted Error (MPE) theo thông số kỹ thuật (TSKT – SPECS) 24 giờ, 90 ngày, 1 năm, và 2 năm.

1.1. DC Voltage

Phạm vi đo		Điểm đo		MPE của UUT (theo Manual Phương tiện đo)			
j =	Max	i =	Vcal	± MPE 24 H	± MPE 90 days	± MPE 1 year	± MPE 2 years
1	100 mV	1	100mV	6µV	7.5µV	8.5µV	10µV
		2	-100mV	6µV	7.5µV	8.5µV	10µV
2	1 V	1	1V	19µV	29µV	39µV	54µV
		2	-1V	19µV	29µV	39µV	54µV
3	10 V	1	4 V	70 µV	120µV	160µV	220 µV
		2	10V	130 µV	240µV	340µV	490 µV
		3	-10V	130 µV	240µV	340µV	490 µV
4	100 V	1	100 V	2.6mV	4.1mV	4.6mV	6.1mV
		2	-100V	2.6mV	4.1mV	4.6mV	6.1mV
5	1000 V	1	1000 V	36mV	51 mV	56 mV	71 mV
		2	-500V	16mV	23.5 mV	26.0 mV	33.5 mV

1.1. DC Voltage (continued)

Phạm vi đo		TSKT của 5560A, với độ tin cậy 95% (µV/V + Floor)			
j =	Max	90 Days	1 year	2 years	Floor
1	100 mV	7.8µV/V	9.3µV/V	12µV/V	0.8µV
		7.8µV/V	9.3µV/V	12µV/V	0.8µV
2	1 V	5.1 µV/V	6.4 µV/V	8.5 µV/V	1 µV
		5.1 µV/V	6.4 µV/V	8.5 µV/V	1 µV
3	10 V	5.0µV/V	6.2µV/V	7.8 µV/V	10µV
		5.0µV/V	6.2µV/V	7.8 µV/V	10µV
		5.0µV/V	6.2µV/V	7.8 µV/V	10µV
4	100 V	7.2µV/V	8.5µV/V	11 µV/V	100µV
		7.2µV/V	8.5µV/V	11 µV/V	100µV
5	1000 V	7.2µV/V	8.5µV/V	11 µV/V	1000µV
		7.2µV/V	8.5µV/V	11 µV/V	1000µV

*Floor: là số độ chính xác nền.

Ví dụ về cách tính ngưỡng của giá trị đọc- Example Reading Limit Calculation

Ví dụ bạn đang kiểm tra UUT tại dải 100mV (dải 1, j=1), với giá trị thử 100mV (giá trị 1, i=1). Sai số tối đa cho phép (SSCP hoặc MPE) của UUT tại danh định 1 năm là **8.5µV**.

Range: to		Tests Points		UUT Max Permitted Error (by Manual)			
j =	Max	i =	Vcal	± MPE 24 H	± MPE 90 days	± MPE 1 year	± MPE 2 years
1	100 mV	1	100mV	6µV	7.5µV	8.5µV	10µV
		2	-100mV	6µV	7.5µV	8.5µV	10µV

TSKT máy hiệu chuẩn Fluke 5560A Multi-Product Calibrator, với độ tin cậy 95%, thông số 1 năm tại điểm giá trị chuẩn 100mv là **9.3µV/V** (chứ không phải là 9.3µV), cộng với giá trị nền (floor) 0.8µV.

Tại điểm chuẩn phát ra 100mV, TSKT là: $0.1 \text{ V} \times (9.3 \times 10^{-6}) \text{ V} + (0.8 \times 10^{-6}) \text{ V} = \text{1.73µV}$

Do đó tỉ số TAR tại điểm này (với TSKT 1 năm) là: $\text{TAR} = 8.5µ\text{V} / 1.73µ\text{V} = \text{4.9}$

5560A TSKT với độ tin cậy 95% (µV/V + Floor)				Actual TAR		
90 days	1 years	2 years	Floor	90 Days	1 years	2 years
7.8 µV/V	9.3 µV/V	12 µV/V	0.8 µV	4.7	4.9	5.0
7.8 µV/V	9.3 µV/V	12 µV/V	0.8 µV	4.7	4.9	5.0

Ngay cả khi dùng TSKT Fluke 5560A , độ tin cậy 95 % tại danh định 2 năm, thì tại điểm giá trị chuẩn 100mv, thông số **12µV/V** có thể dùng để hiệu chuẩn UUT này như sau:

Tại điểm chuẩn phát ra 100mV, TSKT là : $0.1 \text{ V} \times (12 \times 10^{-6}) \text{ V} + (0.8 \times 10^{-6}) \text{ V} = 2.00µ\text{V}$

Lúc này tỉ số TAR tại điểm này (TSKT 2 năm) là: $\text{TAR} = 10µ\text{V} / 2µ\text{V} = \text{5.0}$

Các bước tiếp theo - Next Steps

Sau khi hoàn tất chức năng DCV, chúng tôi sẽ tiếp tục hiệu chuẩn chức năng Điện áp xoay chiều (VAC – Volt AC) tại mỗi điểm do nhà sản xuất của mỗi UUT chỉ ra và thực hiện cùng một phân tích toán học mà chúng tôi đã thực hiện đối với DCV – Volt DC như trên. Thông thường, trong V AC, các nhà sản xuất máy đo DMM sử dụng một số điểm thử nghiệm trong mỗi phạm vi, với các tần số và biên độ khác nhau, theo quyết định riêng của họ.

Và sau đó, chúng tôi sẽ chuyển sang chức năng dòng điện một chiều (I DC), rồi đến dòng điện xoay chiều (I AC) và kết thúc bằng điện trở. Nếu bạn không thể đạt được tỉ số TAR tối thiểu là 4, điều đó có nghĩa là chất lượng hiệu chuẩn và kiểm tra phương tiện đo UUT, nhất là thiết bị đo điện, có thể không đủ tin cậy. Sau đây là một số bước bạn có thể cân nhắc thêm:

1. Kiểm tra lại quá trình hiệu chuẩn - Review the Calibration Process

Đảm bảo rằng bạn đang sử dụng các thông số và đơn vị đo giống nhau cho máy đo (UUT) và máy chuẩn làm hiệu chuẩn. Nếu dung sai độ chính xác được thể hiện dưới dạng decibel, phần trăm hoặc các tỷ lệ khác, chúng nên được chuyển đổi thành giá trị tuyệt đối của các đơn vị đo lường cơ bản để có sự thống nhất trong phép tính và đánh giá.

2. Nâng cao độ chính xác đo lường - Improve Measurement Accuracy

Sử dụng thiết bị chuẩn hoặc dụng cụ đo chuẩn chính xác hơn để hiệu chuẩn. Điều này có thể giúp tăng tỉ số TAR. Đối với ví dụ này, chúng tôi sẽ chỉ sử dụng duy nhất một máy hiệu chuẩn điện Fluke 5560A là đầy đủ đáp ứng tỉ số TAR; nhưng với các máy hiệu chuẩn khác thì cũng có thể yêu cầu thiết bị kiểm tra phụ trợ để duy trì tỉ số TAR 4:1.

3. Hạ ngưỡng chấp nhận của UUT - Reduce Tolerance

Nếu có thể, xem xét hạ ngưỡng chấp nhận của thiết bị đo cần kiểm tra (UUT). Nghĩa là mở rộng thông số MPE hơn thông số danh định. Điều này có thể giúp tăng tỉ số TAR. *Tùy theo điều kiện sử dụng, yêu cầu kỹ thuật và đánh giá rủi ro.

4. Đánh giá rủi ro - Risk Assessment

Các quy tắc quyết định và bất kỳ tỷ lệ liên quan nào như TAR đều liên quan đến rủi ro trong các hệ thống đo lường, công việc cần đo và xác minh, hoặc QA. Các tổ chức phải xác định quy tắc quyết định nào đáp ứng được nhu cầu riêng của họ và tỷ lệ nào, nếu có, được coi là chấp nhận được.

5. Tư vấn từ chuyên gia - Consult with Experts

Nếu bạn vẫn không thể đạt được tỉ số TAR là 4, có thể hữu ích khi tham khảo ý kiến của chuyên gia đo lường hoặc nhà sản xuất thiết bị đo để được hướng dẫn thêm. Hãy nhớ rằng, mục tiêu đạt được TAR là 4:1 là để đảm bảo chất lượng đo lường đủ tốt, đủ tin cậy. Nếu bạn không thể đạt được tỷ lệ này, điều quan trọng là phải hiểu các rủi ro tiềm ẩn để đưa ra quyết định cân nhắc và phù hợp dựa trên nhu cầu sử dụng, nhu cầu chất lượng và tình huống cụ thể của bạn.

Ngoài ra và chuyên sâu hơn trong điện tử, Bạn cũng có thể thử sử dụng guardbanding (tạm gọi là 'dải bảo vệ') như một kỹ thuật hữu ích khi bạn đang xử lý các tỉ lệ TAR thấp hơn. Guardbanding là một phương pháp được sử dụng để giảm nguy cơ đưa ra quyết định tuân thủ không chính xác. Những quyết định không chính xác này có thể là:

- Chấp nhận sai (False Acceptance): Tuyên bố một kết quả nằm trong phạm vi dung sai khi mà nó nằm ngoài dung sai cho phép.
- Từ chối sai (False Rejection): Tuyên bố một kết quả nằm ngoài phạm vi dung sai khi mà nó nằm trong dung sai cho phép.
- Những sự kiện này thường được gọi là lỗi loại I và lỗi loại II. (Type I and Type II errors.)

Trong bối cảnh hiệu chuẩn, guardbanding liên quan đến việc giảm giới hạn dung sai (Vùng thông số kỹ thuật cho phép – Specification Zone) theo giá trị của độ không đảm bảo đo. Điều này tạo ra dung sai chấp nhận (Vùng chấp nhận nghiêm ngặt – Acceptance Zone), còn được gọi là Dung sai Có 'Dải Bảo Vệ' (Guardband Tolerance). Bất kỳ giá trị nào nằm ngoài vùng chấp nhận – Acceptance Zone - đó đều được coi là "Không chấp nhận – Fail Acceptance".

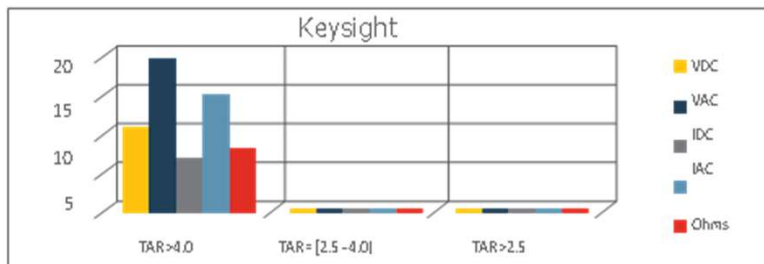
Vì vậy, nếu bạn đang giải quyết tình huống không thể có TAR 4:1 do tính chất kỹ thuật vô cùng đặc biệt, việc sử dụng guardbanding có thể giúp giảm khả năng gặp phải tình huống chấp nhận sai hoặc từ chối sai. Do đó, guardbanding có thể được coi là cải thiện độ tin cậy vào kết quả do phòng thí nghiệm, phòng hiệu chuẩn báo cáo.

Hãy nhớ rằng, mục tiêu của guardbanding không chỉ là đáp ứng yêu cầu của ISO mà còn là giảm nguy cơ xảy ra chấp nhận sai hoặc từ chối sai. Luôn luôn quan trọng là phải hiểu các rủi ro tiềm ẩn và đưa ra quyết định cân nhắc và phù hợp dựa trên nhu cầu và hoàn cảnh cụ thể của bạn.

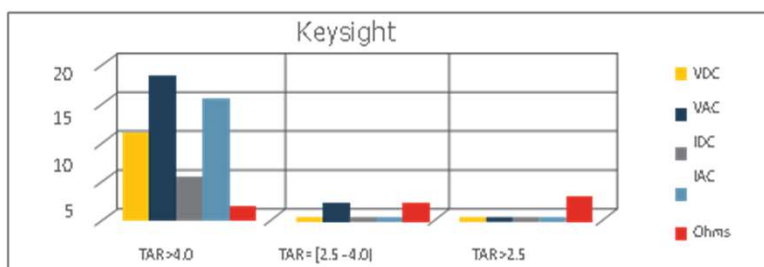
Kết quả - Results

Kết quả của hiệu chuẩn và tài liệu ứng dụng này sẽ cho thấy rằng, với mỗi đồng hồ vạn năng để bàn 6.5 digit đã nêu trên, khi chỉ được hiệu chuẩn bằng Fluke 5560A, đều đạt hoặc vượt quá độ chính xác do nhà sản xuất chỉ định và kết quả hiệu chuẩn đạt được tỉ số TAR mong muốn là 4:1 trên toàn bộ phạm vi và chức năng. Điều này củng cố tính linh hoạt của Fluke 5560A như một tiêu chuẩn hiệu chuẩn điện đa năng và chứng minh hiệu quả của quá trình hiệu chuẩn.

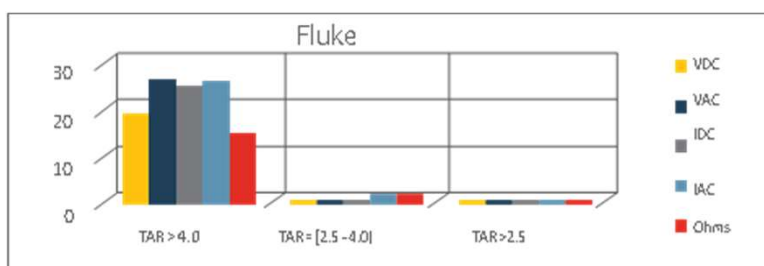
1. Đối với Keysight 34461A, hướng dẫn sử dụng nêu rõ 59 điểm hiệu chuẩn, 100% trong số đó đạt được với TAR > 4.



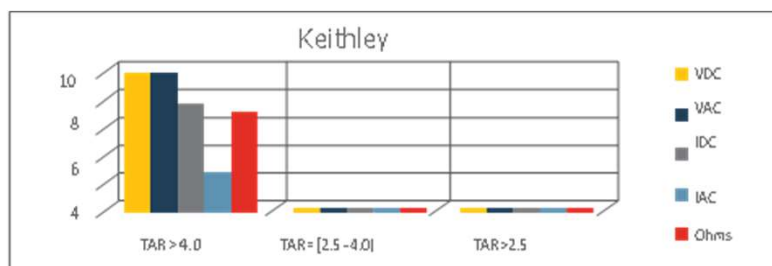
2. Đối với Keysight 34465A, hướng dẫn sử dụng nêu 58 điểm hiệu chuẩn, 51 trong số đó đạt được với TAR > 4, bốn trong số đó nằm trong phạm vi [2.5 đến 4) và chỉ có 3 điểm với TAR < 2.5



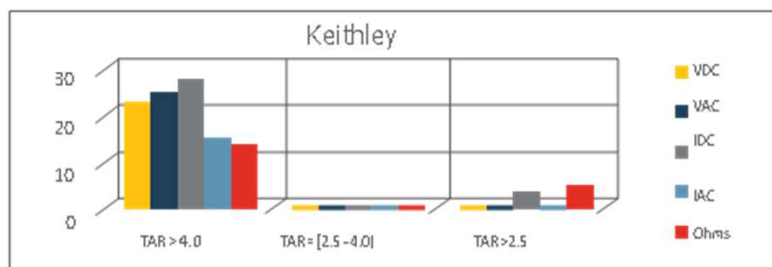
3. Đối với Fluke 8846A, hướng dẫn sử dụng nêu 111 điểm hiệu chuẩn, 109 trong số đó đạt được với TAR > 4 và chỉ có 2 điểm trong phạm vi [2.5 đến 4) và không có điểm nào với TAR < 2.5.



4. Đối với Keithley 2000, hướng dẫn sử dụng nêu 37 điểm hiệu chuẩn, 100% trong số đó đạt được với TAR > 4.



5. Đối với Keithley 6500, hướng dẫn sử dụng nêu 105 điểm hiệu chuẩn, 96 trong số đó đạt được với TAR > 4 và 9 điểm với TAR < 2.5



Kết luận - Conclusion

Việc hiệu chuẩn đồng hồ vạn năng kỹ thuật số để bàn 6.5 chữ số (DMM), chỉ sử dụng Fluke 5560A Multi-Product Calibrator, có thể cung cấp mức độ tin cậy cao mà không cần nhiều tiêu chuẩn khác. Tầm quan trọng của việc có TAR lớn hơn 4:1 không thể được không nhắc đến. Tỷ số TAR cao hơn cung cấp mức độ tin cậy cao hơn vào kết quả đo lường, hiệu chuẩn, giảm nguy cơ lỗi đo lường và đảm bảo tuân thủ các tiêu chuẩn chất lượng.

Máy hiệu chuẩn điện đa thiết bị Fluke 5560A, với các tính năng tiên tiến và độ chính xác cao hơn, có thể hiệu chuẩn nhiều DMM 6.5 chữ số với TAR lớn hơn 4:1 trong hầu hết các thông số kỹ thuật đo lường của nó.

Tài liệu ứng dụng này được soạn thảo và tiến hành với mục đích chứng minh về mặt đo lường rằng Fluke 5560A đáp ứng mức TAR dự kiến lớn hơn 4 trong hầu hết các thông số kỹ thuật đo lường của nó. Chúng tôi hy vọng rằng thông tin này sẽ cung cấp cho kỹ sư, người dùng, chuyên gia QA, chuyên gia điện tử, chuyên gia hiệu chuẩn, khách hàng tiềm năng hiểu rõ về khả năng của Fluke 5560A và tầm quan trọng của việc duy trì TAR cao trong các quá trình đo lường của mỗi cơ sở.

Hãy nhớ rằng, một DMM được hiệu chuẩn tốt không chỉ là tuân thủ các tiêu chuẩn về ISO và chất lượng — mà còn là đảm bảo độ chính xác của phép đo, độ tin cậy của dữ liệu và cuối cùng là các quyết định bạn đưa ra dựa trên các phép đo này. Các phép đo không tốt có thể dẫn đến các quyết định không tốt và kết quả không hiệu quả. Với Fluke 5560A, bạn có thể tự tin vào cả chất lượng phép đo và tính trung thực, đúng đắn, chuẩn xác của dữ liệu.