METRICA
METRology Institutional CAtalog

ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA
Repository Istituzionale

Campione-multi-valore di elevata accuratezza trasportabile di alta tensione continua

Original
Campione-multi-valore di elevata accuratezza trasportabile di alta tensione continua / Cerri, Roberto; Galliana, Flavio; RONCAGLIONE TET, Luca. - In: TUTTO MISURE. - ISSN 2038-6974. - 1:(2017), pp. 35-38.

Availability:
This version is available at: 11696/55131 since: 2017-05-22T16:19:32Z

Publisher:

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

25 April 2024

CAMPIONI DI MISURA

Roberto Cerri, Flavio Galliana, Luca Roncaglione Tet

Campione di alta tensione continua

multivalore, trasportabile, di elevata accuratezza

PORTABLE CV, HIGH VOLTAGE STANDARD: MULTIVALUE AND HIGH-ACCURACY

At the National Institute of Metrological Research (INRIM) a High DC Voltage Standard (THVS) with selectable values from 10 V to 100 V was developed, given the lack of commercial Standards higher than 10 V to be used as Laboratory Standards or for high-level measurement comparisons. An innovative ground mobile technique was used. The Standard has lower noise, better stability and accuracy than the top-level calibrators, and can be easily transported.

RIASSUNTO

All'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) è stato sviluppato un campione di alta tensione continua con valori selezionabili da 10 V a 100 V, data la mancanza di campioni commerciali di valore maggiore di 10 V da utilizzare come campioni di Laboratorio o per confronti di misura di alto livello. È stata utilizzata una tecnica di terra mobile innovativa. Il campione ha rumore inferiore, stabilità e accuratezza migliori dei calibratori di elevato livello, ed è facilmente trasportabile.

IL CONTESTO

Il Campione Nazionale di tensione continua è riprodotto dal Campione Nazionale di tempo tramite l'effetto Josephson. Il mantenimento del campione avviene con campioni Zener da 10 V [1] che sono eccellenti campioni trasportabili per la resistenza agli urti, alle variazioni di temperatura e per il funzionamento a batteria. Sono utilizzati per la messa in punto di multimetri digitali (DMM) e calibratori multifunzione (MFC) [2, 3], e sono utilizzati in confronti interlaboratorio (ILC) [4, 5]. Mancano invece campioni di valore superiore a 10 V di elevate prestazioni.

I calibratori di tensione continua e multifunzione hanno elevate stabilità e precisione per tensioni fino a 1.000 V, con controllo remoto, ma possono soffrire di problemi di rumore allo stadio d'ingresso [6] e possono essere danneggiati nel trasporto per le loro dimensioni e per le sollecitazioni meccaniche. Per questo all'INRIM è stato realizzato un campione di alta tensione continua multivalore ed elevata precisione trasportabile (Transportable High Voltage Standard, THVS).

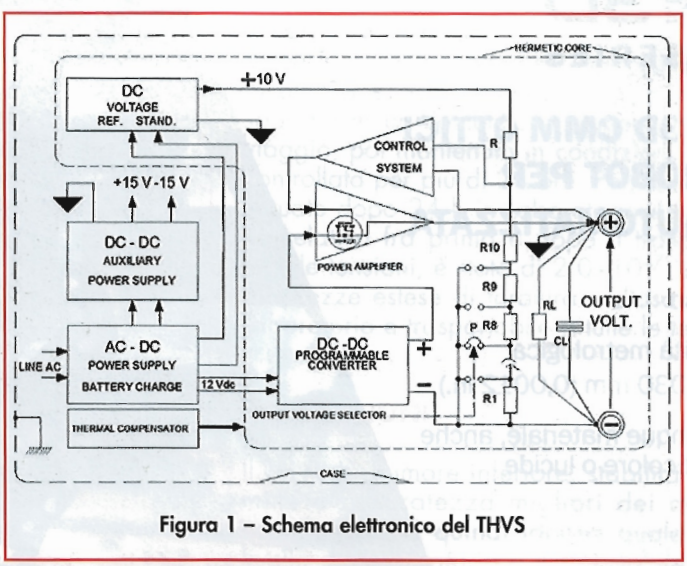

Figura 1 – Schema elettronico del THVS

DESCRIZIONE DEL THVS

Quando in un sistema di misura sono inseriti, oltre ai calibratori, altri strumenti, insorgono problemi di rumore che causano errori di misura. Il THVS può operare scollegato dalla rete poiché i suoi circuiti possono essere alimentati a batterie. Il THVS fornisce tensioni continue impostabili da 10 V a 100 V: ha un circuito di tensione di riferimento interno a 10 V con coefficiente di temperatura (TCR) $<0{,}3\times10^{-8}$/°C, stabilità $\pm0{,}5\times10^{-6}$/anno. Lo schema elettronico è riportato in Fig. 1.

Il THVS riceve le tensioni di alimentazione da convertitori DC-DC di precisione a bassa ondulazione programmabili. Un convertitore aggiuntivo a basso rumore e alto isolamento con uscite di ± 15 V genera tensioni per il controllo dello stadio di uscita che utilizza "P-channel MOS" ad alta tensione come limitatori di potenza.

I circuiti di controllo hanno amplificatori operazionali di precisione con bassissimi TCR e offset. I resistori di partizione sono di elevata precisione sigillati con TCR $<0{,}4\times10^{-6}$/°C. Lo stadio di uscita è protetto per massima tensione e corrente. Una tecnica di terra mobile innovativa controlla le tensioni generate con componenti per basse tensioni a basso costo. In Fig. 1 il potenziale di terra è portato al potenziale alto. La

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) – Torino
f.galliana@inrim.it

potenza elettrica necessaria al circuito è fornita da batterie al piombo ricaricabili da 6 V e 5 Ah che ne assicurano il funzionamento per 36 h. Un regolatore di tensione con rumore di tensione 30 μVpp, TCR ≅ 1×10^{-5}/°C e corrente di uscita di 0,5 A fornisce i 12 V necessari per i componenti elettronici.

Specifiche del THVS

– Tensioni d'uscita da 10 V a 100 V impostabili con selettore esterno su pannello frontale con dip switch;
– Correnti d'uscita ≥ 5 mA;
– Rumore d'uscita a 100 V ≅ 106 μV rms *vs.* 155 μV e 153 μV di un calibratore di tensione continua e un MFC;
– Stabilità a 24 h di $1,2\times10^{-8}$ a 100 V *vs.* $3,8\times10^{-7}$, $5,0\times10^{-8}$, $1,0\times10^{-7}$ e $2,5\times10^{-7}$ di due calibratori di tensione continua e due MFC di alto livello;
– Funzionamento a rete o a batteria.

Caratteristiche termiche del THVS

Il THVS ha un compensatore termico che ne mantiene la temperatura a 37,7 °C attenuando i cambiamenti di temperatura dovuti alle diverse tensioni e alle variazioni della temperatura esterna. Migliora la stabilità e riduce i tempi di attesa dopo un cambiamento di tensione. La temperatura nel THVS in un Laboratorio a 23 ± 1 °C con il compensatore è ± 0,15 °C abbassandone la componente d'incertezza. La temperatura di 37,7 °C minimizza anche la dipendenza del THVS dall'umidità.

CONFRONTO CON CALIBRATORI DI ALTO LIVELLO

Per eseguire questo confronto sono stati selezionati cinque DMM con rumore e ripetibilità simili. Il THVS, due calibratori di tensione continua e 2 MFC (in tensione continua) di elevate prestazioni sono stati confrontati a 100 V per 24 h, sottoponendoli quindi alle stesse fluttuazioni ambientali (Fig. 2). Le ripetibilità a 24 h sono state di $3,6\times10^{-8}$, $1,2\times10^{-7}$, $6,8\times10^{-8}$, $2,3\times10^{-7}$ e $1,0\times10^{-7}$, le derive sono state di $1,1\times10^{-8}$, $3,8\times10^{-7}$, $5,0\times10^{-8}$, $1,0\times10^{-7}$ e $2,5\times10^{-7}$ rispettivamente per il THVS, i due calibratori di tensione continua e i due MFC.

TARATURA DEL THVS

Il THVS è tarato con un metodo di opposizione (Fig. 3) collegandolo all'ingresso di un divisore di tensione campione e confrontandolo con un campione INRIM da 10 V collegato attraverso un multimetro all'uscita del divisore.

METRA SCAN 3D R-SERIES

GLI SCANNER 3D CMM OTTICI MONTATI SU ROBOT PER L'ISPEZIONE AUTOMATIZZATA

- 1.5 volte più preciso
- Misurazioni di qualità metrologica: precisione fino a 0,030 mm (0,0012 in.)
- Scansione di qualunque materiale, anche superfici nere, multicolore o lucide

+39 02 89730645
www.creaform3d.com

SOLUZIONI DI METROLOGIA

A&T

CREAFORM

AMETEK
ULTRA PRECISION TECHNOLO

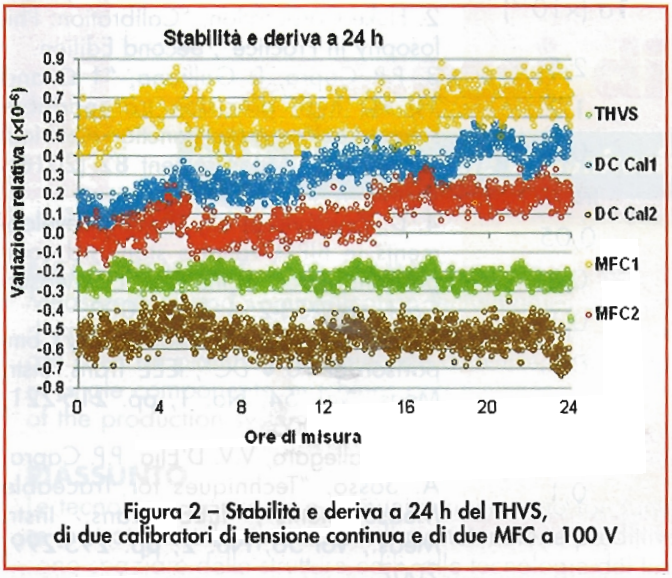

Figura 2 – Stabilità e deriva a 24 h del THVS, di due calibratori di tensione continua e di due MFC a 100 V

Il valore del THVS è: $V_{THVS} = \frac{V_S + v}{D}$

dove V_S è il valore del campione di tensione, v lo squilibrio di tensione e D il rapporto del divisore.

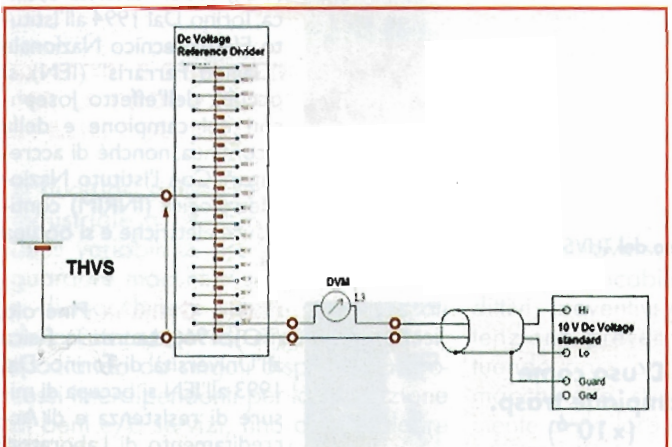

Figura 3 – Circuito di misura per tarare il THVS

INCERTEZZE DEL THVS

Incertezza di taratura

La Tab. 1 (a pag. 38) riporta il budget delle incertezze per la taratura del THVS a 100 V. L'incertezza estesa di taratura del THVS a 100 V è $6{,}2\times10^{-7}$.

Stabilità a un anno

Il THVS è stato misurato alle varie tensioni mostrando una diminuzione lineare media di $2{,}6\times10^{-6}$ in un anno che potrebbe migliorare con l'ulteriore stabilizzazione dei componenti interni.

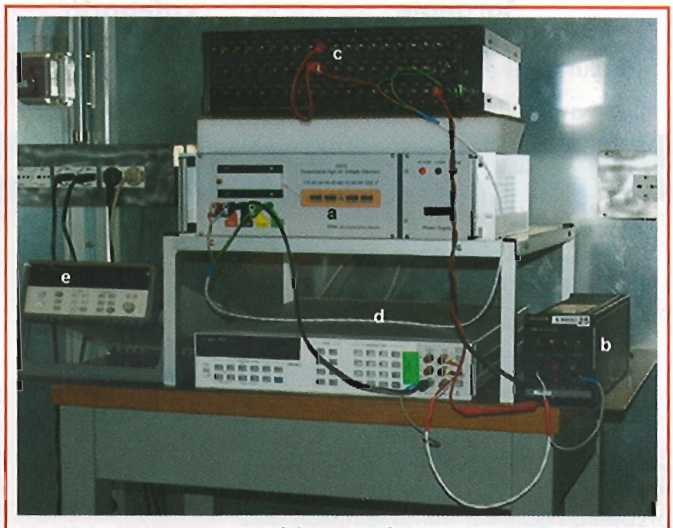

Figura 4 – Vista del circuito di misura. a) THVS, b) Campione da 10 V, c) divisore di tensione continua, d) multimetro, e) misuratore della temperatura interna al THVS

Incertezza d'uso

L'incertezza d'uso è quella con cui il THVS può essere utilizzato tra due tarature. La Tab. 2 (riporta un bilancio dell'incertezza d'uso del THVS a 100 V utilizzandolo come campione per un anno dalla taratura.
L'incertezza d'uso estesa del THVS a 100 V è $1{,}6\times10^{-6}$.

Effetto del trasporto

Il THVS, durante il trasporto, potrebbe stare ore o giorni in ambiente non controllato. Per la verifica è stato trasportato in un contenitore idoneo in auto con 2-3 h di viaggio, poi mantenuto in condizioni di temperatura non controllata per più di 24 ore. Poi, le misure sono state effettuate dopo 24 h in Laboratorio. La massima deviazione relativa fra prima e dopo il trasporto, analizzando tutte le tensioni, è stata di $2{,}0\times10^{-7}$. La Tab. 3 riporta le incertezze estese di taratura e d'uso come campione di Laboratorio e trasportabile a tutte le tensioni.

CONCLUSIONI

Il THVS ha rumore inferiore, stabilità a breve-medio termine e accuratezza migliori dei migliori calibratori commerciali. È quindi idoneo quale campione di alto livello da Laboratorio o trasportabile per ILCs nazionali. Obiettivo futuro sarà la valutazione della sua dipendenza dalla pressione per utilizzarlo per ILC internazionali.

BIBLIOGRAFIA

1. R Pöpel, "The Josephson Effect and Voltage Standards", Metrologia, 29 pp. 153-174, 1992.

Tabella 1 – Incertezza di taratura del THVS a 100 V

Sorgente	categoria	1σ (×10^{-7})
Taratura del campione da 10 V	B	2,5
Deriva 10 V	B	1,2
Effetto temp. 10 V	B	0,2
Effetto umidità 10 V	B	trasc.
ftem	B	0,05
Accuratezza DMM	B	0,2
Taratura DMM	B	0,1
Ripetibilità DMM	A	0,9
Taratura divisore campione	B	1,0
Deriva divisore	B	0,1
Effetto temp. divisore	B	0,1

Incertezza tipo 3,1

Tabella 2 – Incertezza d'uso del THVS a un anno a 100 V

Sorgente	categoria	1σ (×10^{-7})
Taratura	B	3,1
Deriva	B	7,5
Effetto temperatura e umidità	B	0,012
Rumore	B	0,7

Incertezza tipo 8,1

Tabella 3 – Incertezze estese a tutte le tensioni di taratura e d'uso del THVS quale campione di Laboratorio e trasportabile

Tensione	Incertezze estese		
(V)	Di taratura (×10^{-7})	D'uso come campione lab. (×10^{-6})	D'uso come campione trasp. (×10^{-6})
10	7,0	3,5	3,6
20	7,2	3,3	3,4
30	7,0	3,1	3,2
40	6,8	2,9	3,0
50	6,6	2,7	2,8
60	6,5	2,5	2,6
70	6,4	2,4	2,5
80	6,3	2,1	2,1
90	6,2	2,0	2,0
100	6,2	1,6	1,7

2. Fluke Corporation, "Calibration: Philosophy in Practice", Second Edition.
3. P.P. Capra, F. Galliana, "1 Ω and 10 kΩ high precision transportable setup to calibrate multifunction electrical instruments", Measurement 82 (2016), 367-374.
4. D. Reymann et al., "Recent developments in BIPM voltage standard comparisons", Proc. of the Prec. El. Measur. Conf, pp. 253-254, May 2000.
5. C.A. Hamilton, "Interlaboratory Comparison at 10 V DC", IEEE Trans. Instr. Meas., Vol. 54, No. 1, pp. 215-221, February 2005.
6. L. Callegaro, V.V. D'Elia, P.P. Capra, A. Sosso, "Techniques for Traceable Measurements", IEEE Trans. Instr. Meas., Vol 56, No. 2, pp. 295-299, 2007.

Roberto Cerri Settimo (TO), 1956. Maturità tecnica, Torino. Dal 1994 all'Istituto Elettrotecnico Nazionale "Galileo Ferraris" (IEN), si occupa dell'effetto Josephson del campione e della scala di tensione continua, nonché di accreditamento Laboratori. Con l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) continua l'attività di misure elettriche e si occupa di gestione qualità.

Flavio Galliana Pinerolo (TO), 1966. Laurea in Fisica all'Università di Torino. Dal 1993 all'IEN si occupa di misure di resistenza e di Accreditamento di Laboratori della cui struttura diviene Responsabile IEN. Dal 2006, all'INRIM continua l'attività di misure elettriche e si occupa di ILC.

Luca Roncaglione Tet Torino, 1977, Perito Meccanico, ITIS Lagrange, Rivarolo Canavese, 1996. Esperienze in ambito qualità in aziende settore Automotive. Dal 2010 in INRIM, responsabile del Laboratorio di tarature tensione e corrente alternata, collabora allo sviluppo di dispositivi meccanici ed elettrici. È interfaccia fra INRIM ed esterno per l'attività di servizio dell'Ente nel settore elettrico.