



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Regole di triangolazione per l'analisi di misure di elevatissima resistenza

*Original*

Regole di triangolazione per l'analisi di misure di elevatissima resistenza / Mihai, Iulian; Galliana, Flavio. - (2023), pp. 337-338. (Intervento presentato al convegno Forum delle misure / Congresso Nazionale di Misure Elettriche ed Elettroniche tenutosi a Bologna nel 13-15 SETTEMBRE 2023).

*Availability:*

This version is available at: 11696/80480 since: 2024-03-05T16:28:59Z

*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*

GMEE

Copyright degli Autori

(Article begins on next page)

## Regole di triangolazione per l'analisi di misure di elevatissima resistenza

I. Mihai<sup>(1)</sup>, F. Galliana<sup>(2)</sup>

<sup>(1,2)</sup> Dip. di Metrologia Applicata e Ingegneria, INRiM Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica,  
Strada delle Cacce 91 - 10135 Torino  
i.mihai@inrim.it

### 1. INTRODUZIONE

Presso l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), è stato ottimizzato un ponte di misura commerciale di elevata resistenza elettrica mediante l'applicazione della Varianza di Allan e della Densità Spettrale di Potenza [1]. Questo ponte è basato su un ponte di Wheatstone modificato con due calibratori di tensione e un rilevatore di zero (picoamperometro) per verificarne il bilanciamento. Il metodo di misura su cui si basa è ampiamente descritto in letteratura [2-6]. Questi strumenti statistici hanno contribuito ad ottenere la miglior precisione per i rapporti di resistenza da 10 TΩ a 100 TΩ. La procedura di misura che prevede più sessioni, in ognuna delle quali viene aggiornato il valore del resistore in taratura, è stata ritenuta la migliore in termini di accuratezza [7].

### 2. REGOLE DI TRIANGOLAZIONE

La triangolazione metrologica è uno strumento per confrontare risultati di diversi metodi, diversi campioni, per monitorare i risultati delle misure e verificare il corretto trasferimento della riferibilità. L'applicazione di regole di triangolazione consente di rilevare errori sistematici nelle misure o di individuare criticità quando non si verifica la compatibilità in confronti di misura tra laboratori. Le regole di triangolazione sono state applicate in passato rispettivamente per verificare i ponti di misura di impedenza [8] e per riprodurre ad alto livello l'unità di resistenza elettrica in corrente continua [9]. Nel nostro lavoro vengono utilizzate regole di strette triangolazioni per validare sia il processo di misura che la scelta di un modello polinomiale per estrapolare i valori dei resistori campione a basse tensioni mediante il software CCC sviluppato all'INRIM [10]. In questa memoria vengono stabilite e verificate regole di triangolazione per rapporti di misura nel campo da 10 TΩ a 1 PΩ. Qualora si verifici una disponibilità limitata di metodi di misura tale da non garantire un confronto per esempio con un metodo validato (es. mediante confronto internazionale), l'applicazione della triangolazione consente comunque di aumentare la fiducia nell'affidabilità metrologica del sistema di misura in esame. Verranno illustrati teoria ed esempi reali svolti in laboratorio e le prove, anche come simulazioni, per illustrare lo strumento proposto. La Figura 1 mostra i resistori coinvolti e la triangolazione metrologica.

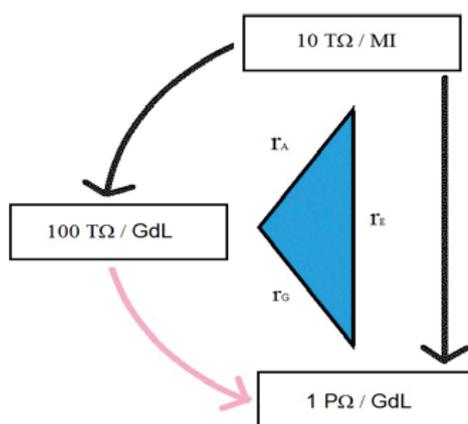


Figura 1. I confronti del rapporto tra resistori di alto valore e i loro valore di resistenza.

Nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati i resistori e le misure del rapporto di resistenza secondo la Fig. 1 con l'indicazione dei rapporti medi e la deviazione standard della media [11].

Tabella 1. I resistori utilizzati nel confronto.

Resistori $R_s, R_x$	Numeri seriali	Modello
10 TΩ MI <sup>1</sup>	1101167	MI 9331G/10TΩ
100 TΩ GdL <sup>2</sup>	69640	Guidline 9337-100T
1 PΩ /GdL	72587	Guidline 9337-1P

Tabella 2. Confronto, il rapporto tra resistori, la distribuzione delle misure e l'incertezza di tipo A.

Confronto	Rapporto	Valore medio del rapporto $\bar{r}$	Deviazione standard della media	Distribuzione delle misure
A. 10 TΩ / MI : 100 TΩ / GdL	1 : 10	$\bar{r}_A$	$s_{rA}$	Normale/Gaussian
E. 10 TΩ / GdL : 1 PΩ / GdL	1 : 100	$\bar{r}_E$	$s_{rE}$	Normale/Gaussian
G. 100 TΩ / GdL : 1 PΩ / GdL	1 : 10	$\bar{r}_G$	$s_{rG}$	Normale/Gaussian

Si può stabilire la seguente regola di triangolazione espressa come valore assoluto:

$$\text{abs} \left( 1 - \frac{\bar{r}_A \cdot \bar{r}_G}{\bar{r}_E} \right) \cdot 10^6 < \sqrt{s_{rA}^2 + s_{rE}^2 + s_{rG}^2} \quad (1)$$

Il soddisfacimento della (1) potrebbe significare l'assenza di errori sistematici o che questi non influiscano significativamente e che pertanto eventuali ipotesi di misura sono corrette. Se il criterio non viene soddisfatto, devono essere effettuate ulteriori indagini sui sistemi di misura. Garantire la validità dei risultati delle misure è di fondamentale importanza per l'affidabilità delle misure. La triangolazione proposta è un approccio affidabile e robusto per le attività di tratura che può aiutare i laboratori a garantire la validità dei loro risultati di misura.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Allan D. W. "Should the classical variance be used as a basic measure in standards metrology? IEEE Trans. Instrum. Meas. IM-36, (1987) 646–654
- [2] L. C.A. Henderson, A new technique for the automatic measurement of high value resistors, J. Phys. E. Sci. Instrum. 20 (1987) (492–495).
- [3] D. G. Jarrett, Automated guarded bridge for calibration of multimegohm standard resistors from 1 MΩ to 1 TΩ IEEE Trans. Instr. Meas. 46 (2) (1997) 325–328.
- [4] F. Galliana, P.P. Capra, E. Gasparotto, Evaluation of two different methods to calibrate ultra-high value resistors at INRIM, IEEE Trans. Meas., 59 (11) (2010) 1–6.
- [5] Ivan Lenic et al, High value resistance comparison using modified Wheatstone bridge based on current detection, Measurement 46 (10) (2013) 4388–4393.
- [6] G. Rietveld and J.H.N. van der Beek, Automated High-Ohmic Resistance Bridge with Voltage and Current Null-detection, IEEE Trans. Instrum. Meas. 62 (6) (2013) 1760–1765.
- [7] I. Mihai, P. Capra, F. Galliana, Evaluation of a commercial high resistance bridge and methods to improve its precision Metrol. Meas. Syst. 29 (4) (2022) 701–718.
- [8] K. Musiol, M. Kampik Metrological triangles in impedance comparisons, Measurement 148 (2019) 106908 1–7.
- [9] I. Mihai, Reproduction of the Unit of Electrical Resistance at the highest level of accuracy, PhD thesis, Politecnico of Turin and University Polytechnica of Bucharest, (2004).
- [10] A. Malengo and F. Pennecchi, A weighted total least-squares algorithm for any fitting model with correlated variables, Metrologia 50 (2013) 654–662. JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement First edition.
- [11] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement First edition

<sup>1</sup> Measurement International (MI), a frutto singolo.

<sup>2</sup> Guidline (GdL), basato su rete resistiva.