



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Metrologia dell'impedenza elettrica: il progetto Aim QuTE

*Original*

Metrologia dell'impedenza elettrica: il progetto Aim QuTE / Callegaro, L; D'Elia, V; Ortolano, M.. - In: TUTTO MISURE. - ISSN 2038-6974. - 4:(2016), pp. 311-311.

*Availability:*

This version is available at: 11696/56745 since: 2017-12-28T11:40:04Z

*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)

Luca Callegaro<sup>1</sup>, Vincenzo D'Elia<sup>1</sup>, Massimo Ortolano<sup>2</sup>

# Metrologia del'impedenza elettrica

il progetto Aim QuTE

## IL PROGETTO

La misura dell'impedenza elettrica è centrale in elettrotecnica, elettronica, sensoristica, e per la determinazione delle proprietà elettriche e magnetiche dei materiali. Il valore di un'impedenza è intrinsecamente un numero complesso dipendente dalla frequenza. I misuratori commerciali d'impedenza, spesso ponti automatici LCR (acronimo per induttanza, capacità, resistenza), possono misurare impedenze di modulo e fase qualsiasi, in un'ampia gamma di frequenze. La velocità di misura è elevata, ma l'accuratezza è limitata a livello di  $10^{-4}$  o peggior.

La taratura dei misuratori d'impedenza avviene mediante campioni materiali d'impedenza: resistori, condensatori e induttori. Questi rappresentano un singolo valore d'impedenza "puro", ovvero reale o immaginario, tipicamente decadico; la loro massa è dell'ordine di chilogrammi, e la taratura di un misuratore può richiederne anche una ventina. Assicurare la riferibilità della misura d'impedenza [1] è quindi un processo costoso, lento (le misure sono difficilmente automatizzabili) e intrinsecamente limitato: la determinazione dell'errore dello strumento avviene solo su pochi punti del piano complesso, disposti sull'asse reale o su quello immaginario. Ben poco è dato sapere sul comportamento dello strumento nella misura di un'impedenza di modulo e fase qualsiasi.

Il progetto di ricerca "Automated impedance metrology extending the quantum toolbox for electricity" (Aim QuTE) è un Joint Research Project dell'European Metrology Research Programme (EMRP), un programma di finanziamento europeo gestito dall'European Association of National

Metrology Institutes (EURAMET). Il progetto, della durata di tre anni e recentemente conclusosi, ha coinvolto dodici partner europei, di cui dieci Istituti nazionali di metrologia, un Istituto designato, e un Centro di taratura. L'obiettivo di Aim QuTE è appunto l'implementazione di una riferibilità primaria per la misura dell'impedenza elettrica di qualsiasi valore nel piano complesso. L'articolazione di questa implementazione ha richiesto: – la realizzazione di ponti di confronto d'impedenze *digitali*, ovvero basati su elettronica *mixed-signal* (convertitori analogico-digitali e digitale-analogici) per la sintesi e la misura dei segnali elettrici nel circuito del ponte. Particolare attenzione è stata posta nel mantenere una semplicità circuitale e nell'automazione del processo di misura. Tra i diversi approcci, di particolare rilievo quello basato su sorgenti Josephson, generatori di tensione quantizzata e intrinsecamente riferita alle costanti fondamentali di natura;

– la realizzazione di campioni d'impedenza "impuri" (ovvero, con angoli di fase diversi da  $0^\circ$  e  $90^\circ$ ), di valore non decadico, di particolare stabilità (e quindi termostatici);

– un confronto internazionale tra i partner del progetto, effettuato impiegando i campioni impuri come campioni viaggiatori;

– una formazione "sul campo" degli operatori del partner esz AG, un importante Centro di taratura tedesco, per verificare la robustezza dei sistemi costruiti e la fattibilità di un trasferimento tecnologico verso i Laboratori di misura aziendali.

INRiM, tra i partner principali del progetto e responsabile del *work-package* "Ponti digitali", ha realizzato due ponti d'impedenza digitali (basati su

principi di funzionamento differenti) e automatici [3-4], che consentono di misurare impedenze di valore arbitrario con incertezze dell'ordine di parti in  $10^5 - 10^6$  nel campo di frequenza acustico, un livello di accuratezza comparabile con quello delle attuali capacità di misura dichiarate per impedenze pure. Uno dei due ponti [4] è stato trasportato presso esz AG per la formazione e la verifica della funzionalità in ambiente industriale. La Fig. 1 mostra la particolare compattezza e semplicità costruttiva del ponte digitale.

Il progetto Aim QuTE è ora formalmente concluso, ma l'attività presso INRiM e gli altri partner prosegue, con l'obiettivo di ampliare il campo di misura e di migliorare l'accuratezza e semplicità d'uso degli strumenti sviluppati.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Sito web del progetto Aim QuTE: <https://www.ptb.de/emrp/sib53-home.html>

[2] L. Callegaro, "Traceable measurements of electrical impedance", IEEE Instrum. & Meas. Magazine, vol. 18, n. 6, pp. 42-46, Dec. 2015.

[3] L. Callegaro, V. D'Elia, M. Ortolano, F. Pourdanesh, "A Three-Arm Current Comparator Bridge for Impedance Comparisons Over the Complex Plane", IEEE Trans. Instr.

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Torino

[l.callegaro@inrim.it](mailto:l.callegaro@inrim.it)

<sup>2</sup> Politecnico di Torino, Dip. Elettronica e Telecomunicazioni

# TUTTO\_MISURE

LA RIVISTA DELLE MISURE E DEL CONTROLLO QUALITÀ - PERIODICO FONDATA DA SERGIO SARTORI  
ORGANO UFFICIALE DELL'ASSOCIAZIONE "GMEE" E DI "METROLOGIA & QUALITÀ"

**ACCREDIA**  
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO



AFFIDABILITÀ  
& TECNOLOGIA

ANNO XVIII  
N. 04  
2016



## EDITORIALE

Terremoti, traslochi, misure

## IL TEMA

Misure ottiche di fluidi

## GLI ALTRI TEMI

Etilometri e incertezza

Misure di portata  
ed energia del vapore

Misure della qualità  
di bottiglie in PET

## ALTRI ARGOMENTI

La pagina di ACCREDIA

La 17025 - Personale - Parte II

Il valore della Misura  
Metrologia...per tutti!

ISSN 2038-6974 - Poste Italiane s.p.a. - Sped. in Abb. Post. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1, comma 1, NO/ Torino - nr. 4 - Anno 18 - Dicembre 2016  
In caso di mancato recapito, inviare al CIMP di Torino R. Romoli per restituzione al mittente, previo pagamento tariffa resi



[WWW.TUTTOMISURE.IT](http://WWW.TUTTOMISURE.IT)

**A&T** Robot - Controlli e Misure - Produzione  
**FIERA INTERNAZIONALE**  
TOGETHER TO SOLVE 3-5 maggio 2017 - Torino - Oval Lingotto