



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 1 di 72

*Esempio di documentazione relativa ad
una struttura di riferibilità basata su
un multimetro numerale e
un calibratore multifunzione
di elevata precisione*



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 2 di 72

Contenuti

In questo allegato sono riportate indicazioni che possono servire da esempio per la stesura della documentazione tecnica nel caso in cui si utilizzi la struttura di riferibilità, descritta nel par. 4.3 del documento principale, basata sull'uso di un multimetro e di un calibratore di elevata precisione.

In particolare si ipotizza di utilizzare come strumenti campione:

- Multimetro numerale di elevata precisione J. Fluke mod. 8508A
- Calibratore di elevata precisione Wavetek mod.4808

Ambedue gli strumenti sono dotati di un processo di messa a punto di tipo tradizionale in cui è necessario applicare due o tre valori conosciuti per mettere a punto ogni singola portata dello strumento (a differenza con quanto accade per gli strumenti dotati di artifact calibration).

Per quanto riguarda le procedure di taratura per strumenti esterni, si è ipotizzata, nello schema di riferibilità riportato nel manuale operativo, solo la presenza di dieci procedure, cinque delle quali relative alla taratura di generatori e cinque ai misuratori. Ogni procedura è specifica di una determinata grandezza elettrica: tensione continua e alternata, corrente continua e alternata e resistenza in c.c. . Le procedure sono a carattere generico nel senso che non ipotizzano la taratura di una determinata tipologia di misuratori o generatori, ma sono applicabili a tutta la categoria di strumenti.

Oltre alle procedure individuate in questo esempio di documentazione tecnica, il laboratorio può ovviamente predisporre e includere nello schema di riferibilità altre procedure a carattere più specifico o particolare per estendere le proprie capacità metrologiche (per esempio taratura di bassi valori di resistenza con metodo voltamperometrico) per tarare particolari tipologie di strumenti (per esempio misuratori per la sicurezza elettrica, misuratori di isolamento, ecc..) o modelli di strumenti particolarmente rilevanti per il Centro.

La documentazione tecnica descritta nel seguito, coerentemente con quanto suggerito nel par.5 del documento base, comprende l'analisi, con esempi, dei seguenti documenti:

| | |
|---|---------------|
| 1 Manuale operativo | pg. 3 |
| 2 Procedura di conferma metrologica del campione di riferimento | pg. 9 |
| 3 Procedura di taratura e conferma metrologica del campione di lavoro | pg. 24 |
| 4 Verifica intermedia tra gli strumenti campione del Centro | pg. 41 |
| 5 Procedura di taratura di strumenti esterni a carattere generico(misuratore) | pg. 47 |
| 6 Procedura di taratura di strumenti esterni a carattere generico (generatore) | Pg. 64 |

Nella documentazione tecnica preparata dal personale del Centro dovrebbero essere, inoltre, comprese le procedure per la taratura e conferma metrologica degli strumenti di monitoraggio delle grandezze di influenza con particolare riferimento al controllo ambientale del laboratorio. In questo documento non si riporta un esempio relativo a tale tipo di procedure anche in considerazione del fatto che esse possono essere molto diverse da laboratorio a laboratorio.

| | | | |
|---|--|--------------|-----------------|
|  SIT Servizio di Taratura in Italia | ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI DI TARATURA ELETTRICI Strutture di riferibilità e documentazione tecnica <i>ALLEGATO 1</i> | | |
| | Identificazione: SIT/Tec-015/07 | Revisione: 0 | Data 2007-03-06 |

1. MANUALE OPERATIVO

In Fig.1 è riportato come può essere articolato l'indice del manuale operativo.

| | |
|-----|--|
| 0 | Introduzione |
| 1 | Settore Tensione Continua |
| 1.1 | Capacità metrologiche |
| 1.2 | Schema di riferibilità |
| 1.3 | Elenco degli strumenti e apparati utilizzati |
| 2 | Settore Tensione Alternata |
| 2.1 | Capacità metrologiche |
| 2.2 | Schema di riferibilità |
| 2.3 | Elenco degli strumenti e apparati utilizzati |
| 3 | Settore Corrente continua |
| 3.1 | Capacità metrologiche |
| 3.2 | Schema di riferibilità |
| 3.3 | Elenco degli strumenti e apparati utilizzati |
| 4 | Settore Corrente alternata |
| 4.1 | Capacità metrologiche |
| 4.2 | Schema di riferibilità |
| 4.3 | Elenco degli strumenti e apparati utilizzati |
| 5 | Settore Corrente continua |
| 5.1 | Capacità metrologiche |
| 5.2 | Schema di riferibilità |
| 5.3 | Elenco degli strumenti e apparati utilizzati |
| 6 | Flusso delle operazioni di conferma |
| 7 | Tipologie di strumenti che possono essere tarati dal laboratorio |
| 8 | Elenco dei documenti allegati (Procedure di taratura - Rapporti relativi a caratterizzazioni degli strumenti e dei metodi misura, valutazione delle componenti di incertezza – Manuale descrittivo del sistema informativo). |

***Fig.1** Indice del Manuale Operativo*

Nel manuale operativo possono anche essere inserite, inoltre, tutte quelle informazioni a carattere generale che si ritenga essere utile riportare per consentire una migliore definizione delle modalità operative del laboratorio.

Introduzione

Riportare in questo capitolo l'ambito in cui è applicabile il documento e tutte quelle informazioni che possono consentire una corretta interpretazione delle informazioni contenute nel documento.

Capacità metrologiche

Le capacità metrologiche del laboratorio specifiche della grandezza in oggetto devono essere riportate in dettaglio in tabelle specifiche per ogni grandezza.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 4 di 72

Esse sono ricavate dai calcoli delle incertezze contenuti nelle procedure di taratura per strumenti provenienti dall'esterno e sono relative all'incertezza ottenibile sugli strumenti in taratura migliori presenti sul mercato.

Le tabelle riportate in questo paragrafo tendono ad identificarsi con la tabella di accreditamento del Laboratorio, anche se rispetto ad essa possono contenere un maggior numero di informazioni quali:

- maggiori informazioni sulle modalità di taratura e sui limiti di applicazione
- l'incertezza relativa alla taratura di uno specifico tipo di apparato
- l'incertezza derivante dall'uso di apparati campione diversi
- l'incertezza derivante dall'uso di una diversa procedura di taratura

Nell'esempio successivo si fa riferimento ad una situazione in cui l'incertezza relativa e quella assoluta devono essere sommate quadraticamente per ricavare il valore di incertezza nel punto di misura interessato.

Nella tabella, le categorie di strumenti sono limitate a quelle generiche di misuratore e generatore, ma può essere maggiormente articolato per tenere conto di strumenti con caratteristiche specifiche (per esempio misuratori a pinza, generatori elettronici di resistenza, ecc..).

| Grandezza | Strumento in taratura | Campo di misura | Incertezza (*) | | Nota |
|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|------|
| | | | U ₁ | U ₂ | |
| Tensione continua | Misuratori | da 0 a 200 mV | $11 \cdot 10^{-6}$ | 0,55 $\mu\text{V}/U$ | ① ② |
| | | da 0,2 V a 2 V | $6,0 \cdot 10^{-6}$ | 1,0 $\mu\text{V}/U$ | ② |
| | | da 2 V a 20 V | $4,1 \cdot 10^{-6}$ | 4,6 $\mu\text{V}/U$ | ② |
| | | da 20 V a 200 V | $6,5 \cdot 10^{-6}$ | 55 mV/U | ② |
| | | da 200 V a 1000 V | $9,0 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 mV/U | |
| | Generatori | da 0 a 200 mV | $7,0 \cdot 10^{-6}$ | 0,40 $\mu\text{V}/U$ | ① ② |
| | | da 0,2 V a 2 V | $4,7 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 $\mu\text{V}/U$ | ② |
| | | da 2 V a 20 V | $4,1 \cdot 10^{-6}$ | 5,1 $\mu\text{V}/U$ | ② |
| | | da 20 V a 200 V | $6,0 \cdot 10^{-6}$ | 55 $\mu\text{V}/U$ | ② |
| | | da 200 V a 1000 V | $6,6 \cdot 10^{-6}$ | 0,65 mV/U | |

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia del 95%.
L'incertezza di misura è ottenuta sommando in quadratura le componenti U₁ e U₂ indicate in tabella.

① Si indica con *U* la tensione in volt

② Estremo superiore del campo escluso

Fig.2 Tabella riportante le capacità metrologiche in tensione continua

Come è possibile rilevare dalla tabella, le incertezze sono espresse con al massimo due cifre significative, approssimando, normalmente per eccesso, il valore ottenuto nel calcolo di incertezza.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

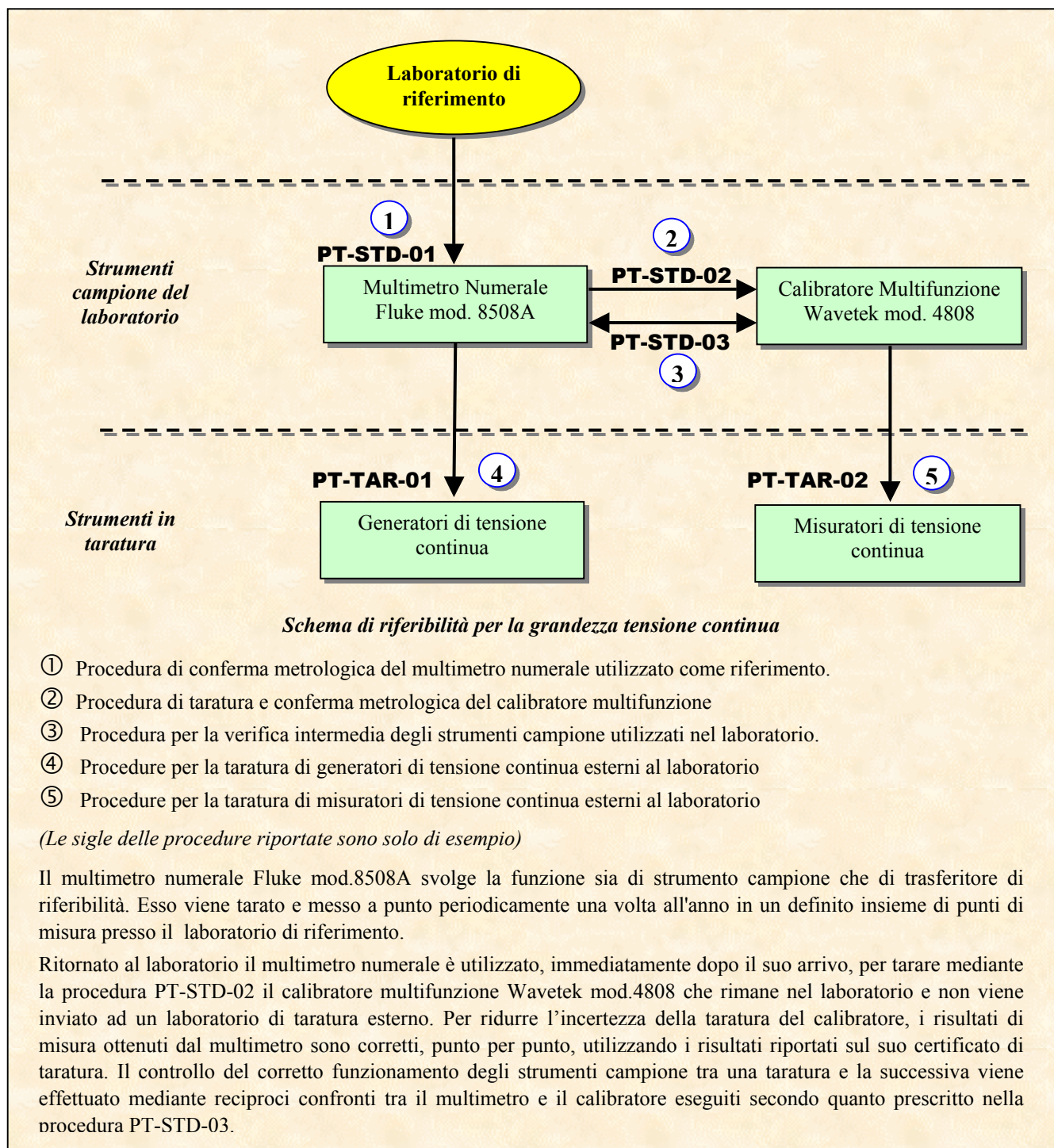
Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 5 di 72

Schema di riferibilità

Lo schema di riferibilità riportato in Fig.3 è relativo alla grandezza tensione continua. Schemi analoghi possono essere riportati per le altre grandezze.



Schema di riferibilità per la grandezza tensione continua

- ① Procedura di conferma metrologica del multimetro numerale utilizzato come riferimento.
- ② Procedura di taratura e conferma metrologica del calibratore multifunzione
- ③ Procedura per la verifica intermedia degli strumenti campione utilizzati nel laboratorio.
- ④ Procedure per la taratura di generatori di tensione continua esterni al laboratorio
- ⑤ Procedure per la taratura di misuratori di tensione continua esterni al laboratorio

(Le sigle delle procedure riportate sono solo di esempio)

Il multimetro numerale Fluke mod.8508A svolge la funzione sia di strumento campione che di trasferitore di riferibilità. Esso viene tarato e messo a punto periodicamente una volta all'anno in un definito insieme di punti di misura presso il laboratorio di riferimento.

Ritornato al laboratorio il multimetro numerale è utilizzato, immediatamente dopo il suo arrivo, per tarare mediante la procedura PT-STD-02 il calibratore multifunzione Wavetek mod.4808 che rimane nel laboratorio e non viene inviato ad un laboratorio di taratura esterno. Per ridurre l'incertezza della taratura del calibratore, i risultati di misura ottenuti dal multimetro sono corretti, punto per punto, utilizzando i risultati riportati sul suo certificato di taratura. Il controllo del corretto funzionamento degli strumenti campione tra una taratura e la successiva viene effettuato mediante reciproci confronti tra il multimetro e il calibratore eseguiti secondo quanto prescritto nella procedura PT-STD-03.

Fig.3 Schema di riferibilità per la grandezza tensione continua e commenti relativi



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 6 di 72

Nello schema di riferibilità si può notare che il multimetro numerale e il calibratore multifunzione risultano allo stesso livello anche se il campione di trasferimento è il multimetro e il calibratore è tarato mediante il multimetro. Questa impostazione dello schema vuole visualizzare il fatto che nel normale funzionamento del laboratorio, dopo il processo di taratura e trasferimento della riferibilità, il livello gerarchico dei due strumenti è sostanzialmente lo stesso in quanto possono fornire un livello di riferibilità pressoché analogo.

Negli schemi di riferibilità delle altre grandezze le sigle delle procedure relative agli strumenti campione ① ② ③ (che descrivono le operazioni relative a tutte le grandezze in cui possono operare gli strumenti campione) non si modificheranno, mentre le sigle delle procedure per tarature esterne ④ ⑤ saranno sostituite da quelle relative alla grandezza a cui lo schema si riferisce.

Per consentire una migliore interpretazione dello schema, è opportuno riportare delle note di commento che descrivano i processi di trasferimento della riferibilità. Più è complesso lo schema più risulta necessario definire le modalità mediante le quali è assicurata la riferibilità degli strumenti campione.

Elenco degli strumenti e apparati utilizzati

In questo paragrafo sono riportati tutti gli strumenti campione, gli strumenti e gli apparati ausiliari utilizzati per l'effettuazione delle tarature in tensione continua.

Nell'esempio si riporta un'unica tabella per gli strumenti campione in cui è elencato sia il multimetro che rappresenta il riferimento del laboratorio (1^a linea) che il calibratore che rappresenta lo strumento di lavoro (2^a linea). Nei casi in cui fosse presente un maggior numero di strumenti campione, è opportuno distinguere gli strumenti di riferimento da quelli campione realizzando due distinte tabelle. Nel caso in cui si utilizzi per le tarature SIT più esemplari dello stesso modello di strumento, è necessario individuare, in modo chiaro, tutti gli strumenti coinvolti. È opportuno che il codice identificativo consenta di individuare immediatamente la scheda strumento su cui sono riportati in sintesi i dati relativi alle caratteristiche e alla storia dell'apparato.

È bene tenere presente che gli strumenti ausiliari quali il registratore di temperatura e umidità a carta e il gruppo di continuità sono specifici dell'ambiente del laboratorio più che delle misure in tensione continua. L'informazione ad essi relativa può quindi essere omessa se è riportata in altre procedure o documenti del laboratorio (previsti dal sistema di gestione della qualità).

I cavi e le connessioni da riportare sono quelli che devono possedere caratteristiche particolari quali ad esempio le basse forze termoelettromotrici e sono direttamente richiamati nelle procedure di taratura del laboratorio.

Nell'elenco strumenti riportato per le grandezze tensione e corrente alternata riportare anche il frequenzimetro utilizzato per verificare la frequenza del segnale di uscita dello strumento campione di lavoro ed, eventualmente, dei generatori in taratura.

| | | | |
|---|---|--------------|-----------------|
|  SIT Servizio di Taratura in Italia | ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI DI TARATURA ELETTRICI Strutture di riferibilità e documentazione tecnica ALLEGATO 1 | | |
| | Identificazione: SIT/Tec-015/07 | Revisione: 0 | Data 2007-03-06 |

Elenco degli strumenti campione

| Strumento | Costruttore | Modello | Numero di serie | Codice identificativo interno |
|---------------------------|-------------|---------|-----------------|-------------------------------|
| Multimetro numerale | Fluke | 8508A | 03415578 | LT-RE-04 |
| Calibratore multifunzione | Wavetek | 4808 | 21823-3 | LT-RE-08 |

Elenco degli strumenti e apparati ausiliari

| Strumento | Costruttore | Modello | Numero di serie | Codice identificativo interno |
|-------------------------|------------------|---------|-----------------|-------------------------------|
| Termoigrometro a carta | Salmoiraghi | 1750/M | 313475 | LT-RE-78 |
| Gruppo di continuità | IREM | UP206n | 748772 | LT-RE-74 |
| Scatola di connessione | Wavetek | 400612B | 612B0351 | LT-RSE-21 |
| Terminali a banana | Wavetek | 400613C | 613C0404 | LT-RSE-22 |
| Terminali a forchetta | Wavetek | 400613D | 613D0461 | LT-RSE-23 |
| Cavo bipolare schermato | Costruz. interna | - | - | LT-RSE-10 |
| Cavo bipolare schermato | Costruz. interna | - | - | LT-RSE-11 |
| Cavo bipolare schermato | Costruz.interna | - | - | LT-RSE-12 |

Fig. 4 Esempio di elenco di strumenti e apparati utilizzati dal Laboratorio

Flusso delle operazioni di conferma metrologica effettuate sui campioni del laboratorio

Per rendere più chiara la sequenza temporale con cui devono essere effettuate le operazioni di conferma metrologica eseguite sugli strumenti di misura utilizzati dal laboratorio come campioni, può risultare opportuno riportare sul manuale operativo o su un altro documento tecnico il flusso delle operazioni.

In Fig. 5 è riportato un esempio di come può essere realizzato questo flusso.

I tempi riportati fanno riferimento al momento di effettuazione della taratura del multimetro, operazione tramite la quale si assicura la riferibilità del Centro.

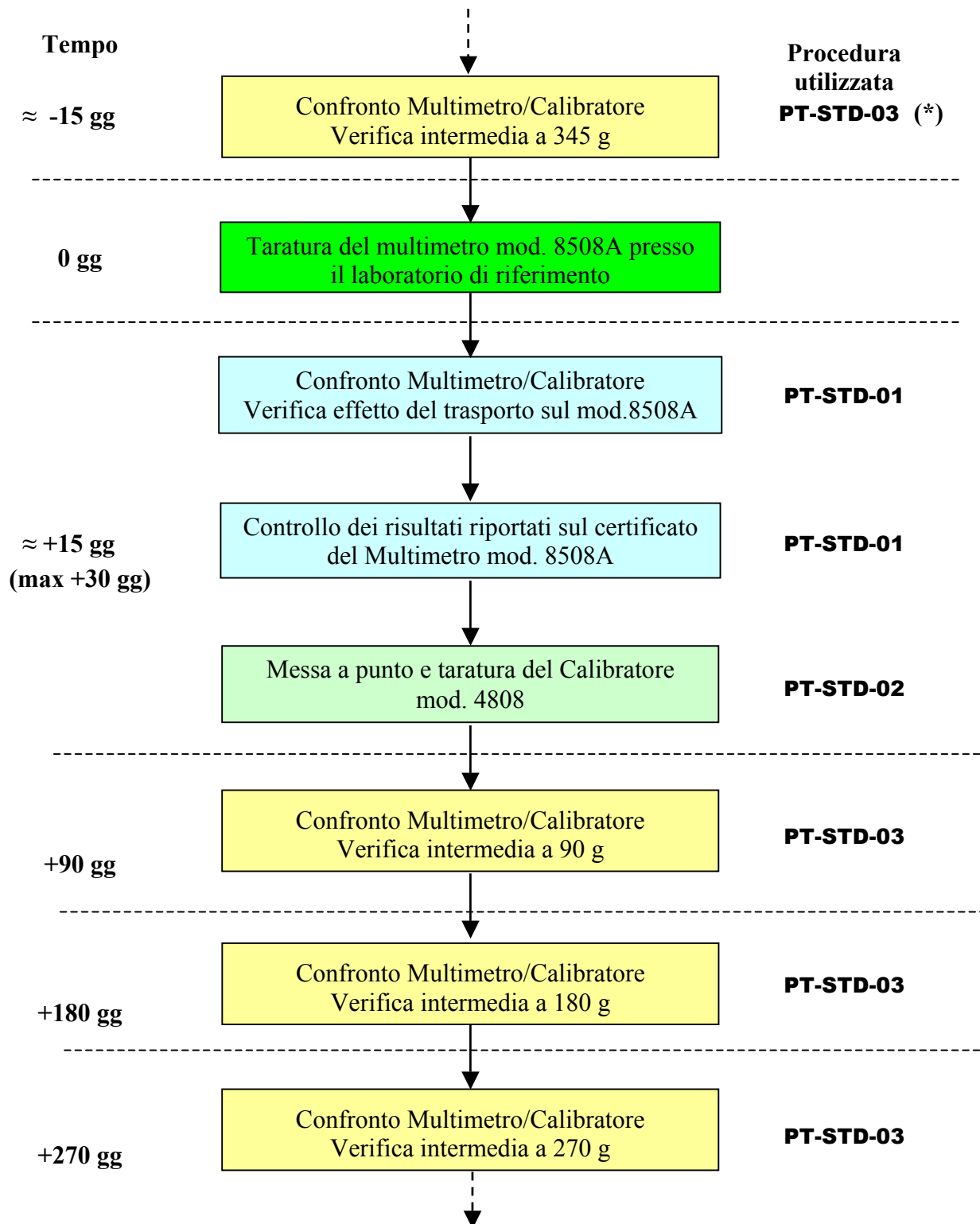


Fig. 5 Flusso delle operazioni di conferma metrologica dei campioni

(*) Questo confronto è utilizzato sia per effettuare una verifica intermedia che per ottenere i dati preliminari per il controllo dell'effetto del trasporto



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 9 di 72

2. PROCEDURA DI CONFERMA METROLOGICA DEL CAMPIONE DI RIFERIMENTO

Lo scopo di questa procedura è quella di effettuare la conferma metrologica del multimetro Fluke mod. 8508A strumento campione di riferimento del Centro. Nello schema di Fig. 3 questa procedura è individuata con la sigla **PT-STD-01**.

In questa procedura dovrebbero essere definite 3 diverse operazioni:

1. **Controllo dell'effetto del trasporto del multimetro.**
2. **Calcolo dell'incertezza d'uso del multimetro.**
3. **Verifica dei risultati riportati nel certificato di taratura.**

Prima di esaminare i contenuti di queste 3 operazioni, è bene precisare che nella loro descrizione è necessario anche descrivere i mezzi informatici utilizzati (Sistema informativo, file, trattamento dei file, ecc..) e le modalità con cui sono registrate le operazioni che dovranno individuare l'operatore responsabile e l'esito complessivo.

2.1 Controllo dell'effetto del trasporto del multimetro

Il controllo di questo effetto può essere eseguito confrontando il multimetro numerale con il calibratore multifunzione, campione di lavoro del Centro, prima e dopo l'invio al laboratorio di riferimento. Nel calcolo dell'effetto del trasporto è necessario tenere conto del fatto che il multimetro è stato anche messo a punto dal laboratorio di riferimento e che è quindi stata introdotta una correzione. La variazione ΔE per ogni singolo punto può essere calcolata utilizzando una relazione del tipo:

$$\Delta E = (L_{DT} - L_{PT}) - (L_{VF} - L_{VI})$$

dove:

L_{DT} è la lettura del multimetro, confrontato con il calibratore, **dopo** il ritorno dalla taratura.

L_{PT} è la lettura del multimetro, confrontato con il calibratore, **prima** dell'invio in taratura.

L_{VF} è la lettura del multimetro riportata nella tabella della verifica **finale** del certificato di taratura

L_{VI} è la lettura del multimetro riportata nella tabella della verifica **iniziale** del certificato di taratura

Per valutare se la variazione ΔE rientra nella normalità o è indice di una alterazione, è necessario, per ogni punto, calcolare un **limite di accettazione** sommando quadraticamente la stabilità a 1 mese (tempo presumibilmente necessario per completare tutta l'operazione) del multimetro con la analoga stabilità a 1 mese del calibratore. Il valore da associare alla stabilità reciproca tra i due strumenti è opportuno che sia ricavato sperimentalmente, ripetendo per alcuni mesi, ogni mese, il confronto tra i due strumenti in tutti i punti interessati.

È da sottolineare che il superamento del limite comporta, da parte del personale del Centro, l'apertura di una **non-conformità** con successiva analisi delle cause e conseguenti azioni correttive. Il limite individuato dovrà essere, quindi, sufficientemente ampio (seppur giustificato da elementi oggettivi) da includere le naturali instabilità degli strumenti a confronto al fine di non produrre false segnalazioni di non corretto funzionamento.

Per ridurre tale rischio, può risultare conveniente aumentare il limite di accettazione sommando quadraticamente alla stabilità reciproca tra i due strumenti un termine "effetto del trasporto" che tenga conto di piccole alterazioni che possono intervenire durante il viaggio ma che non alterano il



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 10 di 72

corretto funzionamento dello strumento. L'entità di tale termine dovrebbe quindi non essere superiore a $\frac{1}{4}$ delle specifiche ad 1 anno del multimetro. L'introduzione di questo termine consente di allargare il limite di accettazione riducendo i rischi di false segnalazioni di non conformità ma ha come contraltare il fatto che esso deve essere aggiunto anche nel calcolo dell'incertezza d'uso del multimetro (vedi par. 2.2a e 2.2b).

È bene tenere presente che questa operazione consente non solo di controllare l'effetto del trasporto ma anche di verificare che la stima dell'incertezza d'uso come trasferitore di riferibilità a 30 giorni del multimetro sia stata effettuata correttamente (par. 2.2b). Se i limiti di accettazione sono superati in un qualsiasi punto dovrà essere attuata la procedura di trattamento delle non conformità prevista dal manuale qualità del laboratorio.

Anche per questo motivo è opportuno che il confronto tra il multimetro e il calibratore sia effettuato in un significativo numero di punti di misura. Devono essere coinvolte nel confronto tutte le grandezze e portate che si intende utilizzare del multimetro avendo l'accortezza di eseguire su ogni portata un numero significativo di punti di misura scelti tra quelli che sono normalmente riportati nel certificato di taratura del multimetro. Le modalità operative di esecuzione di questa operazione sono analoghe a quelle utilizzate per le verifiche intermedie tra gli strumenti campione (vedi par. 4) mentre risultano differenti le modalità di trattamento dei dati e la valutazione dei limiti.

Le misurazioni necessarie per l'esecuzione di questa operazione si possono integrare e sovrapporre con quelle previste con le altre operazioni di conferma metrologica previste nella Fig. 5 di questo allegato. In particolare le misure di confronto prima trasporto possono essere le stesse che vengono utilizzate anche per la verifica intermedia (sigla **PT-STD-03**) a 345gg, mentre le misure di ritorno si possono sovrapporre con quelle effettuate per la taratura iniziale del calibratore (sigla **PT-STD-02**).

Gli stessi risultati di misura saranno utilizzati nelle diverse procedure con modalità di trattamento dei dati differenti. L'eventuale sovrapposizione delle operazioni dovrà essere previsto nelle procedure.

2.2 Calcolo dell'incertezza d'uso del multimetro

Il significato di incertezza d'uso è riportato nel par. 7 del documento principale. In effetti tenendo presente la struttura di riferibilità riportata in Fig. 3 è opportuno definire per il multimetro due diverse incertezze: quella classica ad 1 anno (par. 7.1 del documento base) e quella come trasferitore di riferibilità a 30 giorni (par. 7.2 del documento base).

2.2a Calcolo dell'incertezza d'uso del multimetro ad 1 anno

Con essa si individua sostanzialmente l'incertezza da associare all'utilizzo del multimetro come strumento campione quando è in stato di conferma metrologica. Questo dato è utilizzato per determinare l'incertezza associata alle procedure per la taratura di generatori esterni al laboratorio (procedura **PT-TAR-01** dell'esempio riportato in Fig. 3).

L'incertezza d'uso ad un anno di un multimetro di questo genere può essere ottenuta sommando tre tipi di componenti di incertezza:

- Caratteristiche metrologiche dello strumento (deriva nel tempo, non-linearità, effetto della frequenza, coefficiente di temperatura, ecc..)
- Incertezza di messa a punto.
- Incertezza dovuta al trasporto dello strumento per l'esecuzione della taratura

Le **caratteristiche metrologiche** dello strumento possono essere ricavate inizialmente dalle specifiche dichiarate dal costruttore. I risultati ottenuti nelle tarature periodiche effettuate sullo



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 11 di 72

specifico strumento in dotazione consentiranno di confermare i valori ricavati dalle specifiche o eventualmente modificarli sulla base dei risultati ottenuti se caratteristiche metrologiche si dimostreranno diverse (in meglio o in peggio) da quelle stimate.

L'altra componente di cui tenere conto per valutare l'incertezza d'uso è l'**incertezza di messa a punto**. Tale componente di incertezza è ricavabile dal certificato di taratura. Se non è esplicitamente dichiarato, è possibile ricavare l'incertezza di messa a punto dal valore di incertezza dichiarato per il punto di taratura di valore uguale o più simile al punto di messa a punto.

Siccome l'incertezza di messa a punto è relativa ad un punto, ma il suo effetto si estende a tutto un campo di misura, è necessario, per sommare correttamente questa componente, chiarire preliminarmente l'effetto che ogni punto di messa a punto ha su tutto il campo in cui può agire lo strumento.

L'**incertezza dovuta al trasporto** è difficilmente stimabile dato che, per questo genere di strumenti, è difficile prevedere se e quanto e per quale punto o campo di misura possa essere rilevante il suo effetto. In linea di massima si può affermare che se il limite d'accettazione calcolato nel paragrafo 2.1 comprende al suo interno una componente "effetto trasporto" essa può essere utilizzata anche nel calcolo dell'incertezza d'uso, in caso contrario questo effetto può essere trascurato. Nella trattazione di questo paragrafo la componente dovuta al trasporto non sarà tenuta in conto.

Nella successiva tabella è riportato un esempio su com'è possibile ricavare l'incertezza d'uso del multimetro Fluke mod. 8508A per la funzione **tensione continua**, come si vede la suddivisione dei campi è analoga a quella delle specifiche dichiarate dal costruttore in quanto si utilizzano le caratteristiche metrologiche in esse dichiarate. Le componenti di incertezza che intervengono nel calcolo sono valutate a livello di scarto tipo mentre l'incertezza d'uso equivale all'incertezza estesa corrispondente a un livello di fiducia del 95%. Dato che si suppone che le componenti di incertezza siano caratterizzate da una distribuzione di tipo normale si associa questo tipo di distribuzione anche all'incertezza d'uso e il fattore di copertura k risulta pari a 2. L'incertezza d'uso sul punto di misura è ottenuta sommando quadraticamente le componenti U_{uR} e U_{uA} .

| Campo di misura | Caratteristiche metrologiche | | Inc. Messa a punto U_{adj} 10^{-6} | Incertezza d'uso | |
|---------------------|------------------------------|----------------------|--|-----------------------|---------------------|
| | U_{cmR} 10^{-6} | U_{cmA} μV | | U_{uR} 10^{-6} | U_{uA} μV |
| da 0 mV a 200 mV(*) | 1,75 | 0,06 | 3 | 6,9 | 0,12 |
| da 0,2 V a 2 V (*) | 1,75 | 0,25 | 1,4 | 4,5 | 0,5 |
| da 2 V a 20 V (*) | 1,75 | 2,5 | 1,3 | 4,4 | 5 |
| da 20 V a 200 V (*) | 2,6 | 25 | 1,5 | 6,0 | 50 |
| da 200 V a 1000 V | 2,6 | 300 | 2 | 6,6 | 600 |

(*) Estremo superiore del campo escluso

$$U_{uR} = 2 \cdot \sqrt{u_{cmR}^2 + u_{adj}^2} \quad U_{uA} = 2 \cdot u_{cmA}$$

Fig.5 Calcolo dell'incertezza d'uso per la grandezza tensione continua



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 12 di 72

I valori riportati per le **caratteristiche metrologiche** sono ricavate dividendo per due le specifiche “Relative to Calibration Standards” corrispondenti al livello di fiducia del 99%. Si dovrebbero utilizzare i valori corrispondenti al livello di confidenza del 95% ma si è preferito utilizzare quelle al 99% per maggior sicurezza in quanto le componenti in tabella si sommano quadraticamente, mentre nelle specifiche è prevista una somma aritmetica. Questo approccio, alquanto empirico, risulta discutibile ma è sufficientemente confermato dai risultati sperimentali ottenuti.

Nel caso del Fluke mod.8508A è da rilevare che sono anche disponibili le specifiche riguardanti l’incertezza “Absolute”. Le “Absolute” tengono conto sia delle caratteristiche metrologiche dello strumento che dell’incertezza dovuta alla messa a punto eseguita presso i laboratori di taratura della Fluke e si identifica quindi direttamente con l’incertezza d’uso del multimetro se la taratura è effettuata da tali laboratori. Sono inoltre disponibili le specifiche a 90 giorni che possono essere utilizzate per il calcolo dell’incertezza d’uso in luogo di quelle a 365 giorni nel caso in cui si esegua il processo di taratura del multimetro ogni tre mesi e non ogni anno come sottinteso nelle considerazioni precedenti.

Bisogna infine considerare che le specifiche “Relative to Calibration Standards” fornite dal costruttore sono relative alla temperatura di $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Se il laboratorio non è in grado di assicurare queste condizioni ambientali, è necessario aggiungere, nel calcolo dell’incertezza d’uso, la componente dovuta all’effetto della temperatura, anch’essa ricavabile dalle specifiche.

Per quanto riguarda l’**incertezza di messa a punto** è bene tener presente che, in **tensione continua** su ognuna delle portate si eseguono tre punti di messa a punto: lo zero e le messe punto dei fondo scala positivo e negativo. Lo zero serve a far funzionare correttamente lo strumento al valore ma se si esegue l’azzeramento dello strumento prima del suo utilizzo (compensando anche gli effetti del cavo) l’effetto di questa operazione risulta trascurabile ai fini di questa trattazione. I punti di messa a punto dei fondo scala hanno un effetto relativo su tutta la scala interessata: se per esempio si modifica di $8 \cdot 10^{-6}$ il valore di fondo scala positivo, tutte le indicazioni positive del multimetro su quella scala saranno modificate di una analoga quantità.

Nella tabella di Fig. 5 i valori riportati nella colonna “Incertezza di messa a punto” sono ricavati dal certificato di taratura emesso dall’I.N.Ri.M per questo tipo di multimetro. Il valore di incertezza riportato è quello del punto di misura corrispondente al valore di messa a punto della portata interessata (0,1 – 1 – 10 – 100 e 1000 V e non vi differenza di incertezza tra positivo e negativo) ed è espresso in modo relativo perché in questo modo l’incertezza si propaga in modo corretto a tutto il campo interessato.

Per le altre grandezze in continua l’incertezza d’uso può essere calcolata in modo analogo a quanto fatto per la tensione continua. Bisogna solo tener presente che in **resistenza** questo tipo di multimetro può effettuare misure con diverse impostazioni (Normal, LoI, Tru Ω , HiV Ω) e che la messa a punto in una configurazione non presuppone che lo strumento sia a punto in un’altra configurazione anche se la portata ha lo stesso valore nominale. Di conseguenza l’incertezza d’uso potrà essere calcolata solo nelle portate e con le configurazioni in cui è stato messo a punto lo strumento.

Nella tabella di Fig. 6 è riportato un esempio su come è possibile ricavare l’incertezza d’uso del multimetro Fluke mod. 8508A per la funzione **tensione alternata**. È da segnalare che nelle specifiche di questo tipo di multimetro è riportata una componente di incertezza aggiuntiva per la portata 1000 V. Essa varia in funzione della tensione applicata e della frequenza del segnale. Per



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 13 di 72

fare in modo che le caratteristiche metrologiche siano valutate in modo corretto e immediatamente interpretabile è consigliabile suddividere il campo di misura corrispondente alla portata 1000 V in più sottocampi con tensione massima, per esempio, di 300 V (dove il termine aggiuntivo non si applica), di 500 o 600 V (dove l'effetto è limitato) e 1000 V (dove il termine aggiuntivo è sommato nella sua interezza).

| Campo di misura | | Caratteristiche metrologiche | | Incertezza di Messa a punto | | | Incertezza d'uso | |
|---------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | U_{cmR} 10^{-6} | U_{cmA} μV | U_{adjFS} 10^{-6} | $U_{adjZero}$ μV | U_{adjAF} 10^{-6} | U_{uR} 10^{-6} | U_{uA} μV |
| Tensione | Frequenza | | | | | | | |
| da 2 mV a 200 mV(*) | da 40 Hz a 100 Hz | 57,5 | 2,5 | 40 | 0,75 | 0 | 140 | 5,2 |
| | da 100 Hz a 2 kHz | 57,5 | 1,2 | 40 | 0,75 | 0 | 140 | 2,8 |
| | da 2 kHz a 10 kHz | 57,5 | 2,5 | 40 | 0,75 | 37,5 | 159 | 5,2 |
| da 0,2 V a 2 V (*) | da 40 Hz a 100 Hz | 45 | 12 | 20 | 0,75 | 0 | 98 | 24 |
| | da 100 Hz a 2 kHz | 35 | 12 | 20 | 0,75 | 0 | 81 | 24 |
| | da 2 kHz a 10 kHz | 45 | 12 | 20 | 0,75 | 7,5 | 100 | 24 |
| | da 10 kHz a 30 kHz | 120 | 25 | 20 | 0,75 | 32,5 | 252 | 50 |
| | da 30 kHz a 100 kHz | 275 | 120 | 20 | 0,75 | 57,5 | 563 | 240 |
| | da 100 kHz a 300 kHz | 1500 | 1200 | 20 | 0,75 | 62,5 | 3003 | 2400 |
| | da 0,3 MHz a 1 MHz | 5000 | 12000 | 20 | 0,75 | 62,5 | 10001 | 24000 |
| da 2 V a 20 V (*) | da 40 Hz a 100 Hz | 45 | 120 | 20 | 4 | 0 | 98 | 240 |
| | da 100 Hz a 2 kHz | 35 | 120 | 20 | 4 | 0 | 81 | 240 |

(*) Estremo superiore del campo escluso

$$U_{uR} = 2 \cdot \sqrt{u_{cmR}^2 + u_{adjFS}^2 + u_{adjAF}^2} \quad U_{uA} = 2 \cdot \sqrt{u_{cmA}^2 + u_{adjZero}^2}$$

Fig. 6 Calcolo dell'incertezza d'uso per la grandezza tensione alternata

La principale differenza tra la tabella di Fig. 6 e quella relativa alla tensione continua consiste nella più complessa valutazione dell'incertezza associata alle operazioni di messa a punto.

In **tensione alternata**, in effetti, i punti di messa a punto sono tre per ogni portata ed ognuno di essi ha un diverso effetto a seconda del punto di misura interessato.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 14 di 72

Essi sono:

- 1) messa a punto del fondo scala a bassa frequenza definito dal costruttore come *Range Gain LF* (eseguito a metà del valore di fondo scala e alla frequenza di 1 kHz).
- 2) messa a punto dello zero definito dal costruttore come *Zero* (che influisce sulla linearità ed è eseguito al 5 o allo 0,5% del fondo scala e alla frequenza di 1 kHz),
- 3) messa a punto ad alta frequenza definito dal costruttore come *Range Gain HF* (eseguito a metà del valore di fondo scala e alla frequenza massima di 60 kHz per tutte le portate tranne il 1000V dove è effettuato a 30 kHz).

Il punto di messa a punto del fondo scala ha un effetto pressoché analogo o a quello delle messe a punto del fondo scala delle grandezze in continua. Nella tabella l'incertezza relativa u_{adjFS} è ricavata dividendo per due l'incertezza riportata sul certificato per il punto corrispondente. Il valore della componente di incertezza ricavata si applica, senza modificarsi, a tutto il campo di tensione e frequenza proprio della portata interessata

L'effetto del punto di messa a punto dello zero risulta più complesso. In Fig. 7 è riportato l'effetto che una sua variazione di $1 \cdot 10^{-3}$ comporta sui diversi valori della portata 10 V (la frequenza non è rilevante). I risultati riportati sono stati ottenuti utilizzando un modello di comportamento ricavato da verifiche sperimentali effettuate su un esemplare dello strumento.

| Valore di tensione V | Variazione | |
|-------------------------|-------------|------------|
| | 10^{-6} | μV |
| 0,1 | 1000 | 100 |
| 0,2 | 495 | 99 |
| 0,3 | 327 | 98 |
| 0,5 | 192 | 96 |
| 1 | 91 | 91 |
| 2 | 40 | 81 |
| 3 | 24 | 71 |
| 5 | 10 | 51 |
| 7 | 4 | 30 |
| 10 | 0 | 0 |
| 12 | -2 | -20 |
| 15 | -3 | -51 |
| 19,9 | -5 | -100 |

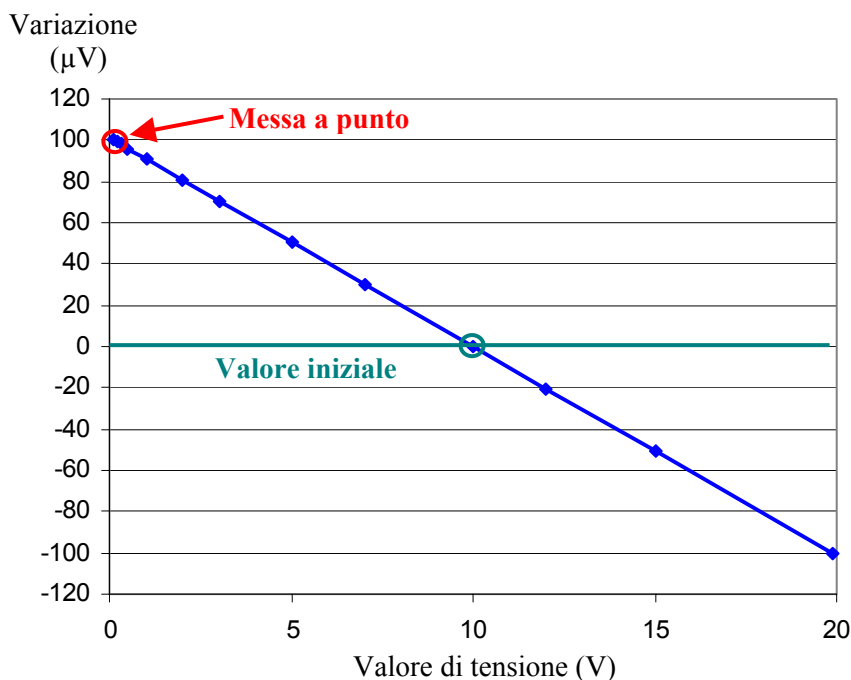


Fig. 7 Effetto della messa a punto dello zero sulla portata 10 V in tensione alternata

Come si può rilevare dai risultati ottenuti, il multimetro utilizza, per correggere i risultati ottenuti, una retta definita dal punto di messa a punto del fondoscala e dal punto di messa a punto dello zero. L'effetto di questo ultimo cambia a seconda del punto di misura ma si può rilevare che la variazione indotta, valutata in modo assoluto, è pari o inferiore alla modifica effettuata sul punto di messa a punto dello zero (eseguita a 0,01 V-1 kHz) espressa sempre in modo assoluto (100 μV).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 15 di 72

La componente di incertezza $u_{adjZero}$ riportata nella tabella di Fig. 6 è stata quindi calcolata rilevando, per ogni portata, l'incertezza riportata sul certificato per il valore corrispondente al punto di messa a punto dello zero, espressa in modo assoluto, e dividendola per due per ricavare lo scarto tipo.

Il valore dell'incertezza così calcolata è in effetti, per alcuni punti, approssimata per eccesso (al punto di messa a punto del fondoscala l'effetto è nullo) ma questa approssimazione risulta in genere trascurabile e questo approccio consente una valutazione più semplificata dell'incertezza d'uso del multimetro.

L'effetto del punto di messa a punto ad alta frequenza cambia al variare della frequenza del segnale da misurare. In Fig. 8 è riportata la variazione indotta alle varie frequenze da una modifica di $5 \cdot 10^{-4}$ nel punto di messa a punto 60 kHz nella portata 1V. Come è evidenziato dai risultati sperimentali l'effetto del punto di messa a punto in alta frequenza si riduce progressivamente nelle frequenze inferiori mentre aumenta per quelle superiori anche se rimane sostanzialmente costante per le frequenze da 100 kHz a 1 MHz.

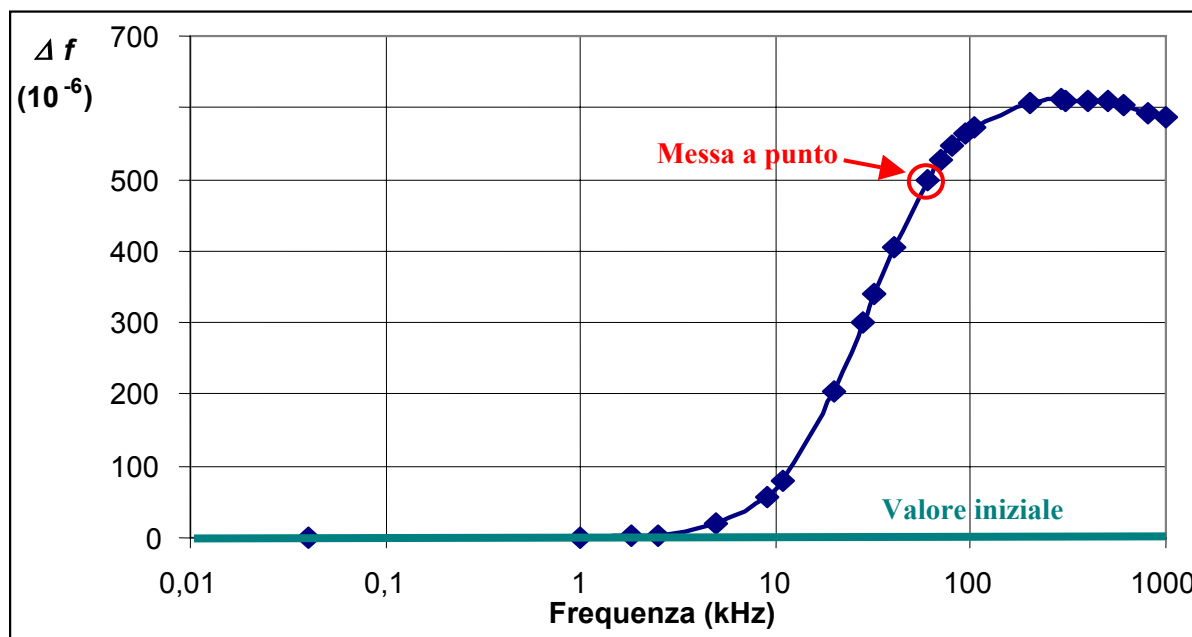


Fig. 8 Effetto del punto di messa a punto ad alta frequenza nella portata 1 V

Nella tabella di figura 9 è quantificata, per la portata 1 V, l'effetto che una variazione della messa a punto ad alta frequenza (60 kHz) provoca alle frequenze che individuano i campi di frequenza definiti nelle specifiche del multimetro.

Il rapporto $\Delta f / \Delta_{60kHz}$ ricavato dai dati sperimentali corrisponde sostanzialmente al coefficiente di sensibilità di questa componente di incertezza in funzione dei diversi campi di frequenza

La componente di incertezza u_{adjAF} riportata nella tabella di Fig. 6 è stata quindi calcolata moltiplicando l'incertezza del punto a 60 kHz per il coefficiente relativo al campo di frequenza. Per ogni campo di frequenza si utilizza il valor più critico ovvero quello di valore più elevato (ad



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 16 di 72

| Frequenza f kHz | Variazione Δf 10^{-4} | Rapporto $\Delta f / \Delta_{60kHz}$ |
|-------------------------|---------------------------------------|---|
| 0,1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,02 | 0,00 |
| 10 | 0,69 | 0,14 |
| 30 | 3,20 | 0,64 |
| 60 | 5,00 | 1,00 |
| 100 | 5,69 | 1,14 |
| 300 | 6,11 | 1,22 |
| 1000 | 5,88 | 1,18 |

Fig. 9 Effetto della messa a punto ad alta frequenza sui campi di frequenza a 1 V

esempio 30 kHz per il campo da 10 a 30 kHz, ma anche il valore a 300 kHz per il campo da 300 kHz a 1 MHz).

Anche in questo caso si ha una approssimazione per eccesso della componente di incertezza, ma ciò consente di semplificare notevolmente la valutazione dell'incertezza d'uso.

Se sul certificato di taratura non è riportato il valore di incertezza relativo al punto di messa a punto a 60 kHz, si può utilizzare, a parità di valore di tensione, l'incertezza relativa al punto di frequenza immediatamente superiore (per esempio 100 kHz) anche se ciò può essere ritenuto, anche in questo caso una approssimazione per eccesso.

Per quanto riguarda la tabella riportata in Fig. 5 bisogna infine precisare che la mancanza di alcuni campi di misura (rispetto alle specifiche) è dovuta al fatto che si ipotizza di utilizzare un certificato tipico emesso dall'I.N.R.I.M. . Più specificatamente mancano i campi di frequenza inferiori a 40 Hz perché non sono effettuati punti di verifica inferiori a questa frequenza e ci si limita ad utilizzare il multimetro nella portata 200 mV solo sino a 10 kHz dato che non si esegue la messa a punto in alta frequenza di questa portata.

Per la **corrente alternata** l'incertezza d'uso può essere calcolata in modo analogo a quanto fatto per la tensione alternata. Bisogna solo tener presente che in questo caso si eseguono solo due punti di messa a punto non essendo prevista la messa a punto ad alta frequenza. L'effetto degli altri due punti di messa a punto è analoga a quella della tensione alternata

2.2b Calcolo dell'incertezza d'uso come trasferitore di riferibilità a 30 gg.

Osservando la struttura di riferibilità riportata in Fig. 3 si può rilevare che il multimetro Fluke mod.8508A è utilizzato sia per generatori di tensione continua esterni al laboratorio (PT-TAR-01) sia per tarare il calibratore Wavetek mod. 4808 generatore campione del Centro (PT-STD-02).

Se nel primo caso si utilizza l'incertezza d'uso calcolata nel paragrafo precedente, il suo utilizzo nel secondo caso può risultare critico in quanto il calibratore risulta possedere un livello di accuratezza simile se non migliore dell'incertezza d'uso così come calcolata precedentemente. Per ridurre l'incertezza da associare al multimetro utilizzato come strumento campione è possibile eseguire la taratura del calibratore entro 30 giorni dalla sua taratura e correggere le sue letture sulla base degli errori rilevati nella verifica finale e riportati nel certificato di taratura del multimetro stesso.

L'incertezza d'uso come trasferitore del multimetro può essere ottenuta sommando, per ogni punto di misura, tre tipi di componenti di incertezza:

- Stabilità a 30 giorni dello strumento (dovrebbe anche comprendere il possibile effetto dovuto alla diversa temperatura di taratura e di utilizzo, dell'ordine 1 o 2°C).
- Incertezza di taratura del multimetro (nella verifica finale).
- Incertezza dovuta al trasporto dello strumento per l'esecuzione della taratura.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 17 di 72

Questa incertezza d'uso potrà essere utilizzata quindi solo entro 30 giorni dalla taratura del multimetro e utilizzandolo solo nei punti in cui è stato tarato nella verificata finale.

La **stabilità a 30 giorni dello strumento** può essere determinata sperimentalmente dal personale del Centro ripetendo, per alcuni volte ogni mese, il confronto tra il multimetro Fluke mod. 8508A e il calibratore Wavetek mod. 4808 nei punti di misura utilizzati per la taratura del calibratore. Essi dovranno essere, ovviamente, punti effettuati nella verifica finale di taratura del multimetro. Questo modo di valutare la stabilità può portare ad una sopravvalutazione di questa quantità in quanto quello che si determina è in realtà è la stabilità reciproca tra calibratore e multimetro, ma, siccome la stabilità del calibratore è perlomeno pari a quella del multimetro, questa sopravvalutazione risulta contenuta se non trascurabile.

È inoltre bene non rischiare di sottovalutare questa componente in quanto ciò potrebbe portare ad una sottostima dell'incertezza da associare al calibratore con conseguente non corretta valutazione delle capacità di taratura del Centro. Per questo motivo si consiglia di utilizzare lo scarto massimo rilevato nelle ripetizioni del confronto (salvo il caso in cui si ottengano risultati chiaramente anomali) e di approssimare per eccesso tenendo conto dei risultati ottenuti in punti analoghi (per esempio di valore simile sulla stessa portata del multimetro e/o alla stessa frequenza). In ogni caso questa componente dovrebbe comprendere anche l'effetto della temperatura e non dovrebbe essere in ogni caso inferiore al coefficiente di temperatura dichiarato nelle specifiche dal costruttore.

Non bisogna d'altro canto esagerare con le approssimazione per eccesso in quanto si rischia, in alcuni punti di misura, di ottenere valori di incertezza di taratura del calibratore troppo simili alle specifiche che dovrebbero essere controllate.

Il lavoro per valutare questa componente di incertezza può risultare non trascurabile per il personale del Centro ma bisogna tenere conto che questo genere di informazione risulta necessaria anche per valutare l'effetto del trasporto (vedi par. 2.1) e nella procedura relativa alle verifiche intermedie degli strumenti campione (vedi par. 4).

Per quanto riguarda le altre componenti di incertezza si può dire che l'**incertezza di taratura del multimetro** è facilmente reperibile nel relativo certificato di taratura, mentre per l'**incertezza dovuta al trasporto** si possono ripetere le stesse considerazioni riportate nel paragrafo precedente.

Nella tabella di figura 10 è riportato un esempio di calcolo dell'incertezza d'uso come trasferritore a 30 giorni per la grandezza tensione continua.

Come nella tabella del paragrafo precedente, anche in questo caso si trascura la componente di incertezza dovuta al trasporto. I valori riportati in tabella come stabilità a 30 giorni sono solo a carattere indicativo e devono essere rideterminati per ogni singolo esemplare. Si elenca solo il valore di tensione senza specificare la polarità in quanto si ritiene che il valore delle componenti di incertezza non cambino al mutare della polarità.

Lo stesso tipo di tabella può essere utilizzata per calcolare questa incertezza d'uso anche per tutte le altre grandezze in cui opera il multimetro in quanto, trattandosi in questo caso di incertezze sul punto di misura, non vi sono le differenze tra una grandezza ed un'altra.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 18 di 72

| Portata strumento | Punto di misura | Incertezza di taratura | Stabilità a 30 gg | Incertezza d'uso trasferitore 30gg |
|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | u_{Tar} 10^{-6} | $u_{stab30gg}$ 10^{-6} | $U_{uso30gg}$ 10^{-6} |
| 200 mV | + 1 mV | 125 | 50 | 269 |
| | + 10 mV | 14 | 5 | 29,7 |
| | + 50 mV | 3 | 2 | 7,2 |
| | + 100 mV | 3 | 2 | 7,2 |
| | + 190 mV | 3 | 2 | 7,2 |
| 2 V | + 0,2 V | 1,9 | 1,5 | 4,84 |
| | + 0,5 V | 1,7 | 1 | 3,94 |
| | + 1 V | 1,4 | 0,8 | 3,22 |
| | + 1,9 V | 1,9 | 0,8 | 4,12 |
| 20 V | + 2 V | 1,3 | 1,0 | 3,3 |

$$U_{uso30gg} = 2 \cdot \sqrt{u_{Tar}^2 + u_{stab30gg}^2}$$

Fig. 10 Calcolo dell'incertezza d'uso a 30 giorni per la grandezza tensione continua

2.3 Verifica dei risultati riportati nel certificato di taratura

Le operazioni da effettuare, da parte del personale del Centro, a valle del ricevimento del certificato di taratura del multimetro utilizzato come strumento di riferimento sono il controllo dell'adeguatezza del certificato e la verifica che i risultati riportati sul certificato di taratura confermino l'incertezza d'uso ipotizzata per lo strumento. Nella procedura che descrive come viene gestito il multimetro devono essere quindi definiti:

- a) I requisiti che deve possedere il certificato.
- b) I limiti di accettazione da utilizzare per valutare i risultati della taratura.

2.3a Controllo dell'adeguatezza del certificato

I requisiti che deve possedere il certificato sono da riportare sulla procedura e devono essere tenuti in conto ogniqualvolta si richiede la taratura del multimetro campione (precisare i requisiti nella richiesta di offerta, facendo eventualmente riferimento ad un certificato precedente). La coerenza con i requisiti richiesti deve essere quindi verificata quando si riceve il certificato.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 19 di 72

Gli elementi che devono essere definiti sono:

- Le operazioni da eseguire.
- Le modalità di esecuzione della messa a punto (quali messe a punto devono essere effettuate e con quale incertezza).
- I punti di taratura da effettuare nelle verifiche iniziale e finale con le relative incertezze.
- Le impostazioni da realizzare sul multimetro nel corso della taratura.

Le operazioni che devono essere eseguite sul multimetro per consentire un corretto trasferimento di riferibilità sono:

- Verifica iniziale
- Messa a punto
- Verifica finale

Il numero di punti eseguiti nel corso delle verifiche dovrebbe essere sufficiente a il controllo di tutti i campi di utilizzo dello strumento nonché delle caratteristiche metrologiche più significative quali la linearità e, in alternata, l'effetto della frequenza.

La **messa a punto** dovrebbe essere effettuata in tutti i casi per riallineare la riferibilità del multimetro ai campioni del laboratorio di riferimento e mantenere sotto controllo la deriva del multimetro. In linea di principio potrebbe non essere necessario eseguire questa operazione se si riscontra che la stabilità nel tempo dello strumento è in effetti molto migliore di quella ipotizzata (per esempio i risultati della verifica iniziale rientrano nei limiti propri della verifica finale) ma questa opzione è di difficile attuazione per strumenti di elevate caratteristiche come quelli ipotizzati. La sequenza dei punti da effettuare nella messa a punto dovrebbe essere la stessa di quella suggerita dal costruttore.

I risultati della **verifica iniziale** servono per controllare che le incertezze d'uso ipotizzate dello strumento si siano state in effetti mantenute.

I risultati della **verifica finale** servono sia per controllare che l'operazione di messa di punto abbia avuto successo, sia per disporre di un insieme di dati da utilizzare nel trasferimento di riferibilità al calibratore multifunzione. Nei punti effettuati in questa operazione dovrebbero essere compresi sia i punti di messa in punto del multimetro sia i punti di misura che saranno utilizzati per la taratura del calibratore.

L'effetto del valore dell'incertezza riportata sul certificato può essere estremamente rilevante come impatto sulle incertezze d'uso, sui limiti di accettazione e sulla stessa tabella di accreditamento del Centro.

Un'idea più precisa della complessità del meccanismo coinvolto è possibile averla analizzando lo schema di Fig. 11 in cui viene descritto come interagiscono tra di loro le diverse incertezze e i limiti di accettazione che è necessario definire se si utilizza uno schema di riferibilità quale quello individuato in Fig. 3. Nello schema è possibile in particolare osservare come si propagano le incertezze di taratura (in blu) e messa a punto (in rosso) del multimetro di riferimento.

Data la complessità del meccanismo e la possibilità che il laboratorio di riferimento utilizzato per tarare il multimetro non dichiari le incertezze previste nelle procedure del Centro che lo utilizza, può essere opportuno che il Centro disponga di una serie di fogli di calcolo che colleghino tra di loro i valori riportati nelle tabelle per il calcolo delle incertezze e dei limiti presenti nelle diverse



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 20 di 72

procedure. Questo approccio dinamico può consentire una rapida revisione delle procedure nel caso in cui cambino le incertezze di taratura e messa a punto.

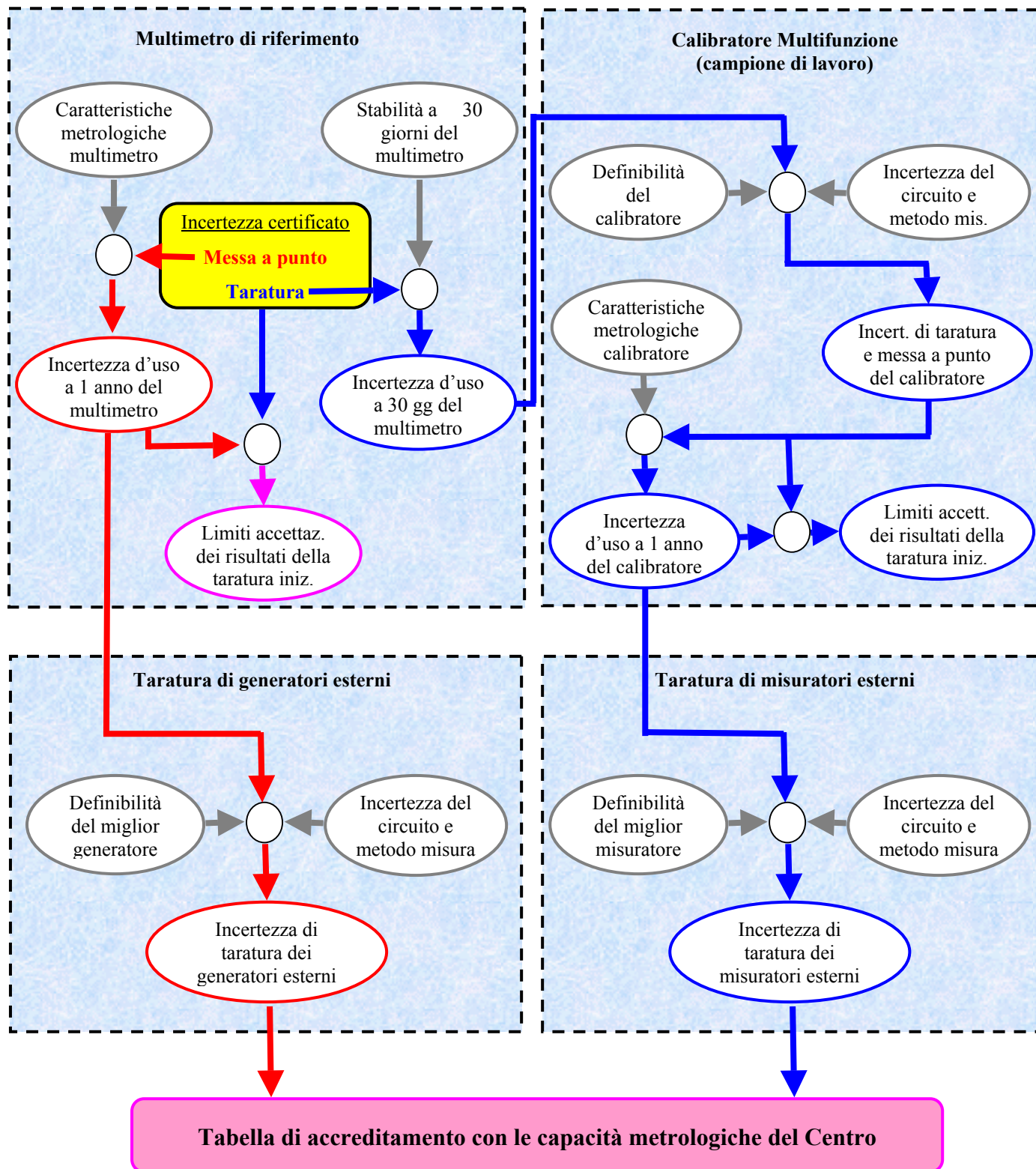


Fig. 11 Propagazione delle componenti di incertezza



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 21 di 72

A stretto rigor di logica sarebbe necessario, per il Centro, rivedere immediatamente le procedure tecniche e la tabella di accreditamento ogniquale volta si modifica il certificato di taratura del multimetro di riferimento, nella pratica può risultare accettabile non eseguire tale aggiornamento per limitati cambiamenti nei punti di taratura effettuati e se l'incertezza di taratura è leggermente migliore di quella prevista.

Nella procedura è opportuno definire anche le impostazioni da realizzare nel corso della taratura dato che esse devono essere coerenti con quelle previste nelle procedure che utilizzano il multimetro (procedure per la taratura dei generatori esterni e per la taratura del calibratore Wavetek mod. 4808). Tarare il multimetro con una impostazione e utilizzarlo in un'altra potrebbe introdurre rilevanti errori nella misura. Esempi di impostazioni significative sono il valore dei filtri di frequenza utilizzati in alternata e le modalità di funzionamento del multimetro nella misura delle resistenze dato che in questo caso la stessa misura può essere effettuata con impostazioni molto diverse (True Ohms - Normal - Low Current - High Voltage).

2.3b Calcolo dei limiti di accettazione

L'esame dei risultati riportati sul certificato di taratura del multimetro consente di controllare due elementi fondamentali nel processo di trasferimento di riferibilità:

1. La correttezza del valore stimato dell'incertezza d'uso ad 1 anno del multimetro.
2. La correttezza dell'operazione di messa a punto effettuata presso il laboratorio di riferimento.

La verifica dell'incertezza d'uso come trasfere a 30 gg del multimetro non viene effettuata con questo esame ma è insita nel controllo sull'effetto del trasporto (vedi par.2.1). Nella procedura deve essere previsto che se i limiti di accettazione sono superati in un qualsiasi punto dovrà essere attuata la procedura di trattamento delle non conformità prevista dal manuale qualità del laboratorio.

Il **controllo dell'incertezza d'uso ad 1 anno** del multimetro è un elemento essenziale in quanto da questa componente di incertezza deriva in modo considerevole la tabella di accreditamento del Centro. L'operazione consiste nel controllare che gli errori riportati sul certificato relativi alla verifica iniziale risultino inferiori all'incertezza, valutata sul punto di misura, stimata sulla base della incertezza d'uso a 1 anno. Purtroppo l'incertezza di taratura risulta spesso non trascurabile rispetto all'incertezza d'uso ed è quindi opportuno, data la rilevanza di questa verifica, definire, in questo caso, sia il limite di compatibilità che il limite di conformità (vedi par. 8 del documento base). Nella tabella di Fig. 12 è riportato un esempio del calcolo di questi limiti.

Per valutare il limite di conformità L_R è stato scelto il criterio meno restrittivo tra quelli descritti nel par. 8 del documento base ovvero la sottrazione quadratica dell'incertezza di taratura U_T dall'incertezza d'uso ad 1 anno U_S (intendendo le due incertezze come incertezze estese corrispondenti ad un livello di fiducia del 95%). Come è possibile rilevare non è possibile valutare il limite di conformità per le tensioni di più basso valore in quanto l'incertezza di taratura è più elevata dell'incertezza d'uso a causa delle f.t.e.m. presenti nel circuito di misura.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 22 di 72

| Portata strumento | Punto di misura | Incertezza d'uso U_S 10^{-6} | Incertezza di taratura U_T 10^{-6} | Limite di conformità L_r 10^{-6} | Limite di compatibilità L_c 10^{-6} |
|-------------------|-----------------|--|--|--|---|
| 200 mV | + 1 mV | 120 | 250 | 0 | 277 |
| | + 10 mV | 13,9 | 28 | 0 | 31,2 |
| | + 50 mV | 7,3 | 6,0 | 4,2 | 9,5 |
| | + 100 mV | 7,0 | 6,0 | 3,7 | 9,3 |
| | + 190 mV | 7,0 | 6,0 | 3,6 | 9,2 |
| 2 V | + 0,2 V | 5,2 | 3,8 | 3,6 | 6,5 |
| | + 0,5 V | 4,7 | 3,4 | 3,3 | 5,8 |
| | + 1 V | 4,6 | 2,8 | 3,7 | 5,4 |
| | + 1,9 V | 4,6 | 3,8 | 2,6 | 6,0 |
| 20 V | + 2 V | 4,7 | 2,6 | 4,0 | 5,4 |

$$L_r = \sqrt{U_S^2 - U_T^2} \quad L_c = \sqrt{U_S^2 + U_T^2}$$

Fig. 12 Calcolo dei limiti di accettazione dei risultati della verifica iniziale

Nella procedura di conferma metrologica del multimetro deve essere riportata una tabella di questo genere inserendo i punti di misura normalmente presenti nella verifica iniziale. Il controllo effettivo a valle del ricevimento di ogni certificato di taratura può essere fatto dal personale del Centro inserendo i dati in un foglio di calcolo già predisposto che contenga per ogni punto i limiti di compatibilità e conformità. Al termine dell'operazione è bene che il foglio sia stampato, firmato dall'operatore che ha eseguito la valutazione e archiviato nelle registrazioni delle conferme metrologiche. È bene che una copia del foglio di calcolo sia inserita anche come documentazione allegata alla procedura di conferma metrologica del multimetro (vedi esempio Fig. 13).

L'esame della **correttezza dell'operazione di messa a punto** viene effettuata verificando che l'errore rilevato nella verifica finale del multimetro in corrispondenza dei punti di messa a punto non sia superiore alla stabilità reciproca a 24 ore degli strumenti coinvolti. Il personale del Centro può effettuare una valutazione significativa del valore di tale stabilità confrontando per diversi giorni, ogni giorno, il multimetro di riferimento con il calibratore Wavetek mod. 4808. Anche in questo caso è bene individuare, per ogni punto il massimo valore di variazione riscontrato e utilizzarlo come limite di accettazione dell'errore. Se per i punti di messa a punto ad alta frequenza (60 kHz) non sono riportati nelle verifiche i valori corrispondenti, è possibile controllare che i punti disponibili (per esempio a 100 kHz) rientrino nelle specifiche a 24 ore dichiarate dal costruttore. Se si ritiene opportuno, per aumentare l'efficacia della verifica, estendere il controllo anche agli altri



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 23 di 72

punti riportati nella verifica finale, il limite di accettazione degli errori rilevati può essere valutato come somma quadratica delle specifiche a 24 ore del multimetro e dell'incertezza della sua taratura. Anche per quanto riguarda questo limite dovrebbero essere riportate sulla procedura le tabelle utilizzate per calcolare i limiti e la copia del foglio di calcolo utilizzato per eseguire il controllo. Data la maggiore semplicità rispetto al caso precedente (un solo limite, limitata presenza di calcoli), si può conglobare le due tabelle in una sola.

| Portata strumento | Punto di misura | Errore rilevato in verifica iniziale E_{VI} 10^{-6} | Limite di conformità L_r 10^{-6} | Limite di compatibilità L_c 10^{-6} | ESITO | |
|-------------------|-----------------|---|--|---|-------|-------|
| | | | | | L_r | L_c |
| 100 mV | +1 mV | | 0 | 277 | - | |
| | - 1 mV | | 0 | 277 | - | |
| | +10 mV | | 0 | 31,2 | - | |
| | -10 mV | | 0 | 31,2 | - | |
| | +50 mV | | 4,2 | 10,9 | | |
| | +100 mV | | 3,7 | 9,3 | | |
| | -100 mV | | 3,7 | 9,3 | | |
| | +190 mV | | 3,6 | 9,2 | | |

Fig. 13 Esempio di tabella per il controllo dei risultati della verifica iniziale



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 24 di 72

3. PROCEDURA DI TARATURA E CONFERMA METROLOGICA DEL CAMPIONE DI LAVORO

Lo scopo di questa procedura è quella di effettuare la taratura e quindi la conferma metrologica del calibratore Wavetek mod. 4808 strumento utilizzato come campione di lavoro da parte del Centro. Nello schema di Fig. 3 questa procedura è individuata con la sigla **PT-STD-02**.

La procedura può essere articolata nei seguenti paragrafi:

1. Scopo
2. Oggetto della procedura di taratura
3. Documenti di riferimento
4. Elenco delle apparecchiature impiegate
5. Condizioni di misura
6. Sequenza delle operazioni
7. Verifica iniziale
 - 7.1 Operazioni preliminari
 - 7.2 Calcolo dei coefficienti di correzione del campione
 - 7.3 Esecuzione della taratura
 - 7.3.a tensione continua
 - 7.3.b tensione alternata
 - 7.3.c corrente continua
 - 7.3.d corrente alternata
 - 7.3.e resistenza in c.c.c
 - 7.4 Calcolo dell'incertezza di taratura
 - 7.5 Valutazione dei limiti di accettazione
8. Messa a punto
 - 8.1 tensione continua
 - 8.2 tensione alternata
 - 8.3 corrente continua
 - 8.4 corrente alternata
 - 8.5 resistenza in c.c.c
9. Verifica finale
 - 9.1 Esecuzione della taratura
 - 9.1.a tensione continua
 - 9.1.b tensione alternata
 - 9.1.c corrente continua
 - 9.1.d corrente alternata
 - 9.1.e resistenza in c.c.c
 - 9.2 Valutazione dei limiti di accettazione
10. Valutazione dell'incertezza d'uso del calibratore



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 25 di 72

Un esempio dei paragrafi iniziali della procedura è qui riportato:

1. Scopo

Lo scopo di questa procedura è di descrivere le modalità operative utilizzate per effettuare la taratura periodica e la conferma metrologica del calibratore multifunzione Wavetek mod. 4808 utilizzato come campione di lavoro del laboratorio per le attività svolte nell'ambito dell'accREDITAMENTO SIT.

2. Oggetto della procedura di taratura

Calibratore multifunzione Wavetek mod. 4808, n. di serie 21823-3. Codice identificativo: LT-RE-04.

3. Documenti di riferimento

- Manuale Qualità aziendale sigla identificativa: **MQual-01**.
- Manuale Operativo del Centro SIT: **MO-LabMet**.
- Procedura di gestione del sistema informativo: **PTG-025**
- Manuale di utilizzo del multimetro Fluke mod.8508A ("Users Manual").
- Manuale di utilizzo del calibratore Wavetek mod. 4808 ("User's Handbook").

4. Elenco delle apparecchiature impiegate

Strumento campione:

Multimetro Fluke mod.8508A, n. di serie 03415578. Codice identificativo:LT-RE-04

Frequenzimetro H.P. mod.5314A, n. di serie 3426AB875872. Codice identificativo:LT-RE-08

Apparati ausiliari:

Cavo bipolare schermato codice identificativo:LT-RSE-10.

Cavo bipolare schermato codice identificativo:LT-RSE-11.

Cortocircuito a bassa f.t.e.m. codice identificativo:LT-RSE-20.

Sistema informativo:

Personal Computer e relative periferiche descritte come Unità Operativa n. 01 nella procedura **PO-12**.

5. Condizioni di misura

La taratura deve essere effettuata alla temperatura ambientale di $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, con una umidità relativa compresa tra il 40 e il 60 %. Gli strumenti devono essere alimentati con una tensione di rete compresa tra 210 e 240 V, con una distorsione inferiore al 10 %.

Preliminarmente all'esecuzione di questa procedura è necessario verificare che il multimetro utilizzato come campione di riferimento sia stato tarato nei 30 giorni precedenti in tutti i punti di misura previsti nelle successive tabelle e con incertezze pari o migliori di quelle riportate nei calcoli di incertezza presenti in questa procedura. Se queste condizioni non fossero presenti non è possibile eseguire questa procedura.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 26 di 72

In un successivo paragrafo “Sequenza delle operazioni” dovrebbe essere riportato la struttura della procedura che si articola in tre successive operazioni:

- 1. Verifica iniziale.**
- 2. Messa a punto.**
- 3. Verifica finale.**

La prima operazione ha lo scopo di determinare gli errori del calibratore ad un anno di distanza dalla precedente taratura. I risultati ottenuti vengono comparati con dei limiti di accettazione per controllare che il calibratore abbia effettuato misurazioni con l’incertezza d’uso prevista.

La messa a punto serve a riallineare il calibratore allo strumento di riferimento allo scopo di assicurare che esso assicuri l’incertezza prevista anche per l’anno successivo.

La verifica finale consente di controllare che l’esecuzione della messa a punto abbia sortito l’esito previsto. I risultati ottenuti possono essere eventualmente anche utilizzati per correggere i valori forniti dal calibratore al fine di ridurre l’incertezza a 30 giorni. Tale eventualità, non prevista nella struttura di riferibilità a cui si sta facendo riferimento in questa trattazione, può essere utile nel caso si decida di utilizzare altri multimetri numerali di precisione con campioni di lavoro del laboratorio.

3.1 Verifica iniziale

Questa operazione è fondamentale in quanto consente di verificare che l’incertezza d’uso del calibratore sia stata stimata correttamente. Essa si articola logicamente in due successive fasi: l’esecuzione della taratura del calibratore mediante il multimetro campione di riferimento e la conferma metrologica del calibratore effettuata confrontando gli errori determinati nella taratura con i limiti di accettazione.

La descrizione della verifica iniziale può essere suddivisa in:

- a) Operazioni preliminari
- b) Calcolo dei coefficienti di correzione del campione
- c) Esecuzione della taratura
- d) Calcolo dell’incertezza di taratura
- e) Valutazione dei limiti di accettazione

I primi tre “step” sono operativi ovvero sia sono le operazioni che il laboratorio deve effettuare ogni volta che esegue la procedura. Gli ultimi due sono invece valutazioni di supporto, presenti nella procedura, che non devono essere riviste ad ogni effettuazione della procedura ma solo a valle di eventuali azioni correttive del laboratorio.

3.1a Operazioni preliminari

Dopo aver verificato che siano presenti le **condizioni di misura** riportate precedentemente si descrivono le operazioni da eseguire sul multimetro di riferimento e sul calibratore in taratura per verificare il loro corretto funzionamento (operazioni di self-test) e predisporli all’uso.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 27 di 72

Esempio di operazione di autoverifica eseguita sul calibratore:

- Premere il tasto “Test” del calibratore.
- Premere il tasto “Reset” del calibratore (il relativo led lampeggia e si attiva l’avvisatore acustico).
- Si attende il termine della routine “Safety and Memory check” sino alla comparsa del messaggio “Pass” sul display del calibratore.
- Premere nuovamente il tasto “test” per la verifica relativa a “Display and Key check”.
- Attendere il termine della verifica sino alla comparsa del messaggio grafico che stabilisce l’inizio della verifica funzionale dei tasti “Mode/Frequency” e “Output”.
- Premere il tasto “Reset” del calibratore.

Nel caso in cui si utilizzino fogli di calcolo per la raccolta e l’elaborazione dei risultati, descrivere le operazioni effettuate per preparare tali file all’uso nel corso della procedura individuando anche la directory in cui essi sono immagazzinati e le modalità di gestione e protezione.

3.1b Calcolo dei coefficienti di correzione del campione

Per ridurre l’incertezza relativa all’impiego del multimetro numerale è necessario correggere le letture da esso indicate con dei fattori di correzione K_C ricavati dal suo certificato (dati relativi alla verifica finale). Solo in questo modo è possibile utilizzare, per il multimetro, “l’incertezza d’uso come trasferitore di riferibilità a 30 gg.” descritta nel par. 2.2b.

L’operazione viene eseguita preliminarmente alla taratura del calibratore e può essere effettuata riportando i dati del certificato del multimetro in una tabella di calcolo come quella riportata nell’esempio successivo.

| Portata del multimetro | Valori applicati V_A | Indicazione del multimetro L_M | Coefficiente di Correzione K_C |
|------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 200 mV | 1,0000 mV | 1,0008 mV | 0,9992 |
| | -1,0000 mV | -1,0006 mV | 0,9994 |
| | 10,0000 mV | 10,0012 mV | 0,99988 |
| | -10,0000 mV | -10,0010 mV | 0,99990 |
| | 50,0000 mV | 50,0020 mV | 0,999960 |
| | 100,0000 mV | 100,0027 mV | 0,999973 |
| | -100,0000 mV | -100,0027 mV | 0,999973 |
| | 190,0000 mV | 190,0053 mV | 0,999972 |
| 2 V | 0,2000000 V | 0,1999995 V | 1,0000025 |

$$K_C = V_A / L_M$$

Fig. 14 Tabella per il calcolo dei coefficienti di correzione del multimetro



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 28 di 72

Dato che la tabella è in genere costituita da un foglio di calcolo, è necessario individuare il file utilizzato (nome e directory) e le modalità di utilizzo che devono consentire di non cancellare i risultati precedenti e assicurare contemporaneamente l'aggiornamento e l'uso dei nuovi coefficienti di correzione. Le modalità di registrazione e i collegamenti con altri fogli di calcolo devono essere chiaramente individuati.

3.1c Esecuzione della taratura

Questo paragrafo può essere a sua volta articolato in cinque sottoparagrafi riguardanti ognuno una delle cinque grandezze interessate:

- Tensione continua
- Tensione alternata
- Corrente continua
- Corrente alternata
- Resistenza in c.c.

Un ulteriore sottoparagrafo può essere utilizzato per descrivere il controllo della frequenza relativa ai segnali di tensione e corrente alternata generati.

Nel seguito si riporta un esempio con le operazioni di taratura relative alla grandezza tensione continua.

Realizzare le seguenti impostazioni sul multimetro Fluke mod. 8508A :

- Funzione tensione continua.
- “External Guard” attiva.
- Risoluzione 7 ½ cifre.
- “FAST OFF”
- “FILT ON”
- “4wV” non attivo

Realizzare le seguenti impostazioni sul calibratore Wavetek mod. 4808 :

- Funzione tensione continua.
- “Remote Sense” non attivi.
- “Remote Guard” non attiva.
- Portata 100 mV.
- Uscita non attivata “Output off”

Realizzare il circuito di misura descritto nella successiva figura. Modificare il circuito per effettuare l'azzeramento del multimetro (eseguire la connessione tratteggiata “A” in luogo della connessione “B”).

Impostare la portata 100 mV del multimetro, attendere almeno 1' di tempo di stabilizzazione e premere il pulsante “OFFSET”. Verificare l'azzeramento dell'indicazione (lettura < 0,2 μV), in caso contrario ripetere l'azzeramento.

Ripetere la precedente operazione di azzeramento per le portate 1 V, 10 V, 100 V e 1000 V del multimetro (residuo nella lettura < 0,1·10⁻⁶ del fondo scala).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

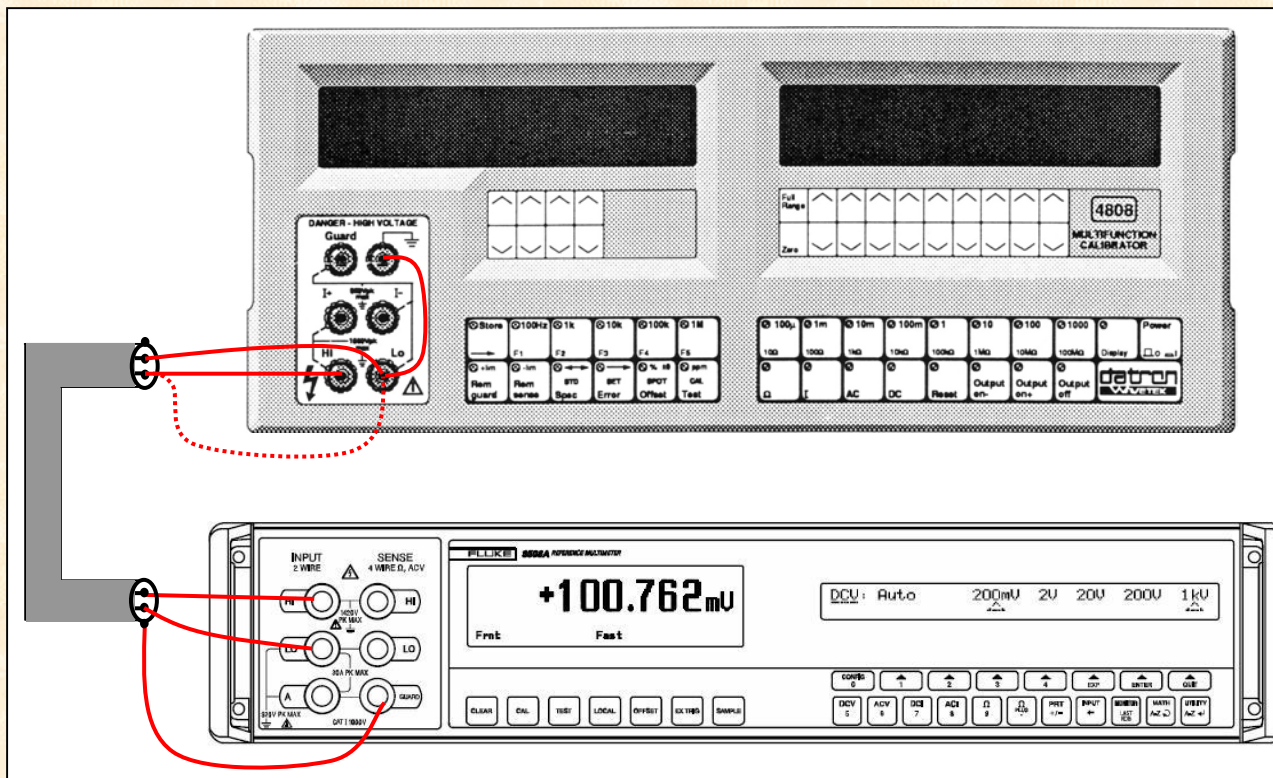
ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 29 di 72



Circuito di misura per la taratura in tensione continua del calibratore Wavetek mod.4808

Terminato l'azzeramento del multimetro si ripristina il circuito di misura effettuando la connessione "B" in luogo della connessione "A".

Si procede quindi con la taratura del calibratore effettuando i punti di misura elencati nella tabella 1. Per ogni punto si eseguono le seguenti operazioni:

- Selezionare sul multimetro la portata richiesta (se non già impostata).
- Selezionare sul calibratore la portata richiesta (se non già impostata) e il valore del punto di misura.
- Attivare l'uscita del calibratore premendo "Output on+" o "Output on-" a seconda della polarità del segnale.
- Attendere la stabilizzazione della lettura del multimetro (almeno 1' per le misure < 200 mV o > 100 V, almeno 30" per le altre misure).
- Effettuare almeno 5 letture del multimetro e riportarne il valore medio nella tabella 1 (vedi stampa successiva) del foglio di calcolo *VI4808_gmmaa.xls* contenuto nella directory **c:/tar_camp**.
- Disattivare l'uscita del calibratore premendo "Output off".



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 30 di 72

| Punto | Calibratore mod. 4808 | | Multimetro mod.8508A | | Coefficiente di Correzione K_c | Valore Generato V_g | Errore (10^{-6}) | Limiti | | ESITO | |
|-------|-----------------------|--------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------|---------|
| | Portata | Valore | Portata | Lettura media L_M | | | | conform. (10^{-6}) | compat. (10^{-6}) | Conform. | Compat. |
| 1 | 1 mV | 1,0000 mV | 100 mV | mV | 0,9992 | mV | | | | | |
| 2 | | -1,0000 mV | | | 0,9994 | | | | | | |
| 3 | 10 mV | 10,0000 mV | | | 0,99988 | | | | | | |
| 4 | | -10,0000 mV | | | 0,99990 | | | | | | |
| 5 | 100 mV | 50,0000 mV | | | 0,99996 | | | | | | |
| 6 | | 100,0000 mV | | | 0,999973 | | | | | | |
| 7 | | -100,0000 mV | | | 0,999973 | | | | | | |
| 8 | | 190,0000 mV | | | 0,999972 | | | | | | |
| 9 | 1 V | 0,200000 V | 1 V | V | 1,0000025 | V | | | | | |
| 10 | | -0,200000 V | | | 1,0000012 | | | | | | |
| 11 | | 0,500000 V | | | 1,0000015 | | | | | | |
| 12 | | 1,000000 V | | | 1,0000008 | | | | | | |
| 13 | | -1,000000 V | | | 1,0000009 | | | | | | |
| 14 | | 1,900000 V | | | 1,0000001 | | | | | | |
| 15 | 10 V | 2,000000 V | 10 V | V | 0,9999976 | V | | | | | |

Tabella 1 – Punti di taratura in tensione continua (Verifica iniziale)

In questa ultima tabella è riportata solo la lettura media L_M del multimetro mod. 8508A. Per una registrazione più accurata si può prevedere di riportare in tabella tutte le letture effettuate (vedi esempio di fig. 27).

Realizzare, quindi analoghi paragrafi, per le altre quattro grandezze tenendo presente le seguenti considerazioni:

- È opportuno impostare il multimetro di riferimento con le stesse impostazioni riportate sul suo certificato di taratura.
- Nella funzione resistenza verificare il calibratore sia nella configurazione a due che a quattro terminali (se si intende utilizzare entrambe).
- Nella funzione tensione alternata tenere conto che le portate 1, 10 e 100 mV presentano una resistenza di uscita di 30 Ω mentre l'impedenza di ingresso del multimetro è pari a 1 M Ω e 150 pF (dalle specifiche). È quindi necessario compensare l'effetto del carico moltiplicando l'indicazione del multimetro per un fattore ottenuto dal rapporto $(1 \text{ M}\Omega + 30 \Omega) / 1 \text{ M}\Omega$ pari a 1,000030. L'incertezza di questa correzione non è nulla e deve essere tenuta in conto nel calcolo dell'incertezza di taratura. Da notare che questa componente aumenta al crescere della frequenza a causa della presenza della capacità di ingresso del multimetro.

Terminate tutte le verifiche iniziali controllare gli esiti ottenuti in relazione ai limiti di compatibilità e conformità riportati nelle tabelle. Nella procedura deve essere previsto che se i limiti di accettazione sono superati in un qualsiasi punto dovrà essere attuata la procedura di trattamento delle non conformità prevista dal manuale qualità del laboratorio.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 31 di 72

3.1d Calcolo dell'incertezza di taratura

L'incertezza della taratura può essere valutata utilizzando quanto riportato nel documento SIT/Tec-008/05 e più precisamente nell'esempio contenuto nel paragrafo 5.

L'errore E_C del calibratore è ricavato dalla relazione:

$$E_C = \frac{[l_C \cdot (1 + \delta_{stb} + \delta_{crc}) + \gamma_{stb}] - [l_M \cdot (1 + \delta_M + \delta_{cm}) + \gamma_M + \gamma_{cm}]}{m_{nom}}$$

- dove: E_C = errore relativo del calibratore in taratura;
 l_C = valore impostato sul calibratore, pari al valore nominale e privo d'incertezza;
 $\delta_{stb}, \gamma_{stb}$ = correzioni dovute alla stabilità a breve termine del calibratore, con valori mediamente nulli e incertezze $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$;
 δ_{crc} = correzione dovuta al carico esercitato sul calibratore dal sistema di riferimento (Multimetro + circuito di misura), con incertezza $u(\delta_{crc})$;
 l_M = lettura del multimetro, considerata esatta;
 δ_M, γ_M = correzioni dovute alla taratura e alle caratteristiche metrologiche del multimetro, con valori nulli e incertezze $u(\delta_M)$ e $u(\gamma_M)$, rispettivamente pari alle componenti di tipo relativo e assoluto dell'incertezza d'uso del DMM;
 δ_{cm}, γ_{cm} = correzioni dovute al metodo e al circuito di misura, con valore trascurabile e incertezze $u(\delta_{cm})$ e $u(\gamma_{cm})$;
 m_{nom} = valore nominale della grandezza di interesse.

Da esso si ricava che l'incertezza dell'errore E_C determinato nella taratura è pari a:

$$u(E_C) = \sqrt{u^2(\delta_{stb}) + \frac{u^2(\gamma_{stb})}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_{crc}) + u^2(\delta_M) + \frac{u^2(\gamma_M)}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_{cm}) + \frac{u^2(\gamma_{cm})}{m_{nom}^2}}$$

Un esempio di valutazione dell'incertezza per la grandezza tensione continua è presentata nella tabella 15.

In essa le diverse componenti sono calcolate a livello scarto tipo mentre l'incertezza estesa $U(E_C)$ è stata valutata mediante un fattore di copertura k pari a 2 (corrispondente ad un intervallo di confidenza del 95% per una distribuzione normale).

Le componenti $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$ sono state ricavate dividendo per due la stabilità a 24 ore fornita dal costruttore.

La componente $u(\delta_M)$ è stata ricavata dall'incertezza d'uso a 30 giorni del multimetro usato come riferimento (vedi par. 2.2b).

La componente $u(\gamma_{cm})$ è stata determinata considerando che l'unica componente di incertezza significativa relativa al metodo e al circuito di misura è dovuta alle f.t.e.m. presenti nel circuito (valore ricavato da risultati sperimentali).

Le componenti $u(\delta_{crc})$, $u(\gamma_M)$ e $u(\delta_{cm})$ non sono state riportate nella tabella in quanto di valore nullo o trascurabile). Questo fatto è dovuto al fatto l'incertezza è relativa a punti di misura e non a campi.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 32 di 72

| Valore del punto di misura | Componenti di incertezza | | | | Incert. comp. $u(E_c)$ (10^{-6}) | Incert. estesa $U(E_c)$ (10^{-6}) |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|---|
| | $u(\delta_{stb})$ (10^{-6}) | $u(\gamma_{stb})$ (μV) | $u(\delta_M)$ (10^{-6}) | $u(\gamma_{cm})$ (μV) | | |
| 1,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 135 | 0,1 | 225 | 450 |
| -1,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 135 | 0,1 | 225 | 450 |
| 10,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 15 | 0,1 | 23 | 47 |
| -10,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 15 | 0,1 | 23 | 47 |
| 50,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 3,6 | 0,1 | 5,1 | 10,2 |
| 100,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 3,6 | 0,1 | 4,0 | 8,1 |
| -100,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 3,6 | 0,1 | 4,0 | 8,1 |
| 190,0000 mV | 0,2 | 0,15 | 3,6 | 0,1 | 3,7 | 7,5 |
| 0,200000 V | 0,15 | 0,25 | 2,4 | 0,1 | 2,8 | 5,5 |
| -0,200000 V | 0,15 | 0,25 | 2,4 | 0,1 | 2,8 | 5,5 |
| 0,500000 V | 0,15 | 0,25 | 2,0 | 0,1 | 2,1 | 4,1 |
| 1,000000 V | 0,15 | 0,25 | 1,6 | 0,1 | 1,6 | 3,3 |
| -1,000000 V | 0,15 | 0,25 | 1,6 | 0,1 | 1,6 | 3,3 |
| 1,900000 V | 0,15 | 0,25 | 2,1 | 0,1 | 2,1 | 4,1 |
| 2,000000 V | 0,15 | 0,5 | 1,6 | 0,1 | 1,7 | 3,3 |

Fig. 15 Tabella per il calcolo dell'incertezza di taratura del calibratore

3.1e Valutazione dei limiti di accettazione

Il calcolo dei limiti di accettazione può essere effettuato con modalità pressoché identiche a quelle utilizzate per il multimetro numerale di riferimento (vedi paragrafo 2.3b).

Nella tabella 16 è riportato un esempio di tale calcolo relativo alla tensione continua. Analogamente a quanto fatto per il multimetro, sono valutati i due limiti di compatibilità L_c e conformità L_r .

$$L_c = \sqrt{U_S^2 + U_T^2} \quad L_r = \sqrt{U_S^2 - U_T^2}$$

Anche in questo caso, per valutare il limite di conformità L_R , è stato scelto il criterio meno restrittivo ovvero la sottrazione quadratica dell'incertezza di taratura U_T dall'incertezza d'uso ad 1 anno U_S (intendendo le due incertezze come incertezze estese corrispondenti ad un livello di fiducia del 95%).

Il valore dell'incertezza di taratura è ricavato come descritto nel paragrafo precedente, il valore dell'incertezza d'uso è quello ricavato con le modalità riportate nel par. 3.4.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 33 di 72

| Portata strumento | Punto di misura | Incertezza d'uso | Incertezza di taratura | Limite di conformità | Limite di compatibilità |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | U_s 10^{-6} | U_T 10^{-6} | L_r 10^{-6} | L_c 10^{-6} |
| 200 mV | + 1 mV | 500 | 450 | 218 | 673 |
| | - 1 mV | 500 | 450 | 218 | 673 |
| | + 10 mV | 51 | 47 | 21 | 69 |
| | -10 mV | 51 | 47 | 21 | 69 |
| | + 50 mV | 14,6 | 10,2 | 10,4 | 18 |
| | + 100 mV | 11,7 | 8,1 | 8,5 | 14,3 |
| | - 100 mV | 11,7 | 8,1 | 8,5 | 14,3 |
| | + 190 mV | 11,0 | 7,5 | 8,0 | 13,3 |
| 2 V | + 0,2 V | 7,8 | 5,5 | 5,5 | 9,6 |
| | - 0,2 V | 7,8 | 5,5 | 5,5 | 9,6 |
| | + 0,5 V | 6,3 | 4,1 | 4,8 | 7,5 |
| | + 1 V | 6,1 | 3,3 | 5,1 | 6,9 |
| | -1 V | 6,1 | 3,3 | 5,1 | 6,9 |
| | + 1,9 V | 6,0 | 4,1 | 4,4 | 7,3 |
| 20 V | + 2 V | 4,6 | 3,3 | 3,1 | 5,7 |

Fig. 16 Calcolo dei limiti di accettazione dei risultati della verifica iniziale

3.2 Messa a punto

Questa operazione è fondamentale in quanto consente di allineare il calibratore Wavetek mod. 4808 al multimetro di riferimento e di conseguenza di assicurare la riferibilità delle misurazioni con esso eseguite. Può essere evitata solo nel caso in cui i risultati della taratura iniziale siano particolarmente positivi (per esempio se essi rientrano nei limiti della verifica finale).

Le modalità esecutive seguono in modo sostanzialmente fedele quanto descritto nella sezione 8 "Routine Calibration" del manuale di utilizzo del calibratore. Per completezza dell'operazione si seguono le indicazioni relative alla "Full Calibration" che assicura la riferibilità in tutte le portate del calibratore. La sequenza temporale delle operazioni effettuate sulle diverse grandezze deve procedere con la stessa sequenza individuata nel manuale.

- a) Operazioni preliminari
- b) Messa a punto della funzione tensione continua
- c) Messa a punto della funzione corrente continua
- d) Messa a punto della funzione resistenza in c.c.
- e) Messa a punto della funzione tensione alternata
- f) Messa a punto della funzione corrente alternata
- g) Operazioni conclusive



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 34 di 72

Ovviamente anche in questo, se si utilizza un sistema informativo, è necessario individuare l'hardware coinvolto, i file utilizzati durante l'operazione e le loro modalità di trattamento.

Nella successiva descrizione ci si limiterà ad esaminare la parte del processo relativa alle operazioni preliminari e alla messa a punto della funzione tensione continua.

3.2a Operazioni preliminari

Si ripete la verifica del corretto funzionamento del calibratore (vedi quanto riportato nel paragrafo 3.1a) e del multimetro di riferimento.

Si riporta nella tabella utilizzata per l'operazione (vedi l'esempio di tabella 18- colonna "Indicaz. con valore nominale applicato"- righe "Range Gain") i valori che devono essere letti sul multimetro, ricavati dal suo certificato di taratura. Se nel certificato la taratura viene effettuata applicando i valori nominali dei punti di misura si riportano i valori letti dal multimetro nella verifica finale. Se così non fosse bisogna estrapolare i risultati per ottenere la lettura che si avrebbe al valore nominale.

Si descrivano, quindi, le operazioni necessarie per predisporre il calibratore alla messa a punto:

- Verificare che il calibratore sia acceso da almeno due ore alla temperatura di riferimento.
- Impostare gli switch relativi all'indirizzo IEEE 488 su "11111".
- Inserire la "Calibration Key" nel pannello posteriore del calibratore e ruotarla nella posizione "Calibration enable".
- Controllare che il Led "Output off" sia acceso.

3.2b Messa a punto della funzione tensione continua

Si impostano gli strumenti nella funzione tensione continua e si realizza il circuito di misura (vedi paragrafo 3.1c). Le operazioni da eseguire si possono suddividere nell'allineamento dello zero e nella messa a punto degli zeri e dei fondo scala.

Allineamento dello zero

Si esegue lo zero del multimetro sulla portata 100 mV cortocircuitando il cavo sul lato calibratore (descrizione analoga a quella riportata in paragrafo 3.1c).

Si esegue il punto "1" della tabella 17: dopo aver riportato la lettura iniziale del multimetro in tabella, si regola l'uscita del calibratore per ottenere lettura zero sul multimetro (azzeramento limitato dalla risoluzione del calibratore), si preme "CAL" e si riporta il valore letto del multimetro in tabella.

Al punto "2" si imposta lo zero negativo sul calibratore, si legge sul multimetro e lo si riporta in tabella. Se l'indicazione è vicino allo zero (non superiore in valore assoluto a 1 μ V) si prosegue con la messa a punto degli zeri e dei fondo scala, in caso contrario si esegue la routine "±0 Alignment".

| | | | |
|---|---|--------------|-----------------|
|  SIT Servizio di Taratura in Italia | ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI DI TARATURA ELETTRICI Strutture di riferibilità e documentazione tecnica <i>ALLEGATO 1</i> | | |
| | Identificazione: SIT/Tec-015/07 | Revisione: 0 | Data 2007-03-06 |

Si riporta quindi nella procedura la traduzione in italiano dell'operazione "±0 Alignment". (pag. 8-13) adattandola al differente sistema di riferimento (multimetro in luogo di rivelatore di zero + riferimento in tensione continua e divisori resistivi).

| Punto | Operazione di Messa a punto | Calibratore mod.4808 | | Multimetro mod. 8508A | | | |
|-------|-----------------------------|---|-----------------|-----------------------|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | Portata | Valore iniziale | Portata | Indicaz. con valore nominale applicato | Lettura prima della messa a punto | Lettura dopo della messa a punto |
| 1 | Range ON+ Zero | 10 V | + 0.000000 | 100 mV | 0.00000 | | |
| 2 | Range ON- Zero | 10 V | - 0.000000 | 100 mV | 0.00000 | | ----- |
| 3 | ±0 Alignment | Operazione eseguita ? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO | | | | | |

Fig. 17 Esempio di tabella raccolta dati per l'allineamento dello zero

Messa a punto degli zeri e dei fondo scala

Viene eseguita effettuando in successione i punti elencati in tabella 18. Per ogni punto si eseguono le seguenti operazioni:

- Si imposta la portata del multimetro
- **Se il punto è uno Zero** si esegue l'azzeramento del multimetro cortocircuitando il cavo nell'estremità che si collega al calibratore. Si ripristina collegamento originario.
- Si imposta il calibratore sulla portata e il valore iniziale riportato in tabella e si attiva uscita premendo "+ON".
- Dopo aver atteso la stabilizzazione della lettura, si riporta nella tabella la lettura prima della messa a punto.
- Si regola l'uscita del calibratore in modo da ottenere l'indicazione del multimetro più vicina alla "Indicazione con valore nominale applicato".
- Si esegue la messa a punto premendo il pulsante "CAL".
- Si riporta nella tabella la lettura dopo della messa a punto.

Nel caso in cui si ottenga, dopo la messa a punto, un valore significativamente diverso dalla "Indicazione con valore nominale applicato" si ripete il punto di messa a punto e si segnala la ripetizione del punto nelle registrazioni.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 36 di 72

| Punto | Operazione di Messa a punto | Calibratore mod.4808 | | Multimetro mod. 8508A | | | |
|-------|-----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| | | Portata | Valore iniziale | Portata | Indicazione con valore nominale applicato | Lettura prima della messa a punto | Lettura dopo della messa a punto |
| 4 | Range Zero | 100 mV | 0.00000 mV | 100 mV | 0.00000 mV | | |
| 5 | Range Gain | 100 mV | 100.0000 mV | 100 mV | | | |
| 6 | Range Zero | 1 V | 0.0000000 V | 1 V | 0.0000000 V | | |
| 7 | Range Gain | 1 V | +1.0000000 V | 1 V | | | |
| 8 | Range Zero | 10 V | 0.000000 V | 10 V | 0.000000 V | | |
| 9 | Range Gain | 10 V | +10.000000 V | 10 V | | | |
| 10 | Range Zero | 100 V | 0.00000 V | 100 V | 0.00000 V | | |
| 11 | Range Gain | 100 V | +100.00000 V | 100 V | | | |
| 12 | Range Zero | 1000 V | 0.0000 V | 1000 V | 0.0000 V | | |
| 13 | Range Gain | 1000 V | +1000.0000 V | 1000 V | | | |

Fig. 18 Esempio di tabella raccolta dati per la messa a punto degli zeri e dei fondo scala

3.3 Verifica finale

La verifica finale ha il principale compito di controllare che le operazioni di messa a punto abbiano allineato correttamente il calibratore al multimetro di riferimento.

Le modalità di esecuzione della verifica finale sono pressoché identiche a quelle della verifica iniziale, possono però cambiare i punti effettuati e la valutazione del limite di accettazione.

Il numero dei punti di misura effettuati nella verifica finale può essere significativamente inferiore a quello della verifica iniziale. È strettamente necessario eseguire solo le misure corrispondenti a punti di messa a punto, anche se può essere consigliabile allargare la verifica ad altri punti per ottenere un maggior controllo sulle caratteristiche metrologiche del calibratore.

I limiti di accettazione sono da valutare differentemente a seconda dei punti in quanto mentre per le misure corrispondenti a valori di messa a punto il limite deve tenere conto solo della reciproca stabilità tra i due strumenti e della ripetibilità del processo di misura, per gli altri punti è necessario considerare anche la non linearità e l'effetto della frequenza (per le grandezze in alternata).

Il primo tipo di limite può essere individuato sperimentalmente confrontando nei punti di messa a punto, per diversi giorni, ogni giorno, il multimetro di riferimento con il calibratore Wavetek mod. 4808. Questa determinazione sperimentale è utilizzabile anche per la "Procedura di conferma metrologica del campione di riferimento" (vedi ultima parte del paragrafo 2.3b). In alternativa si può cercare di ricavare dalle specifiche dei dati utilizzabili per stimare in modo accettabilmente valido le stabilità degli strumenti.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 37 di 72

Per quanto riguarda invece il limite da utilizzare per i punti non corrispondenti a valori di messa a punto è necessario cercare di ricavare dalle specifiche valori che tengano conto in modo sufficientemente significativo anche delle incertezze dovute alla non linearità e alla “flatness” del calibratore.

Nella tabella seguente i limiti sono stati così valutati:

Punti di messa a punto: somma quadratica della specifica “24 Hr Stability” del Wavetek mod. 4808 e della specifica “Transfer uncertainty” del Fluke mod. 8508A.

Altri punti: somma quadratica della specifica “90 Days” del Wavetek mod. 4808 e della specifica “Transfer uncertainty” del Fluke mod. 8508A.

Nella tabella seguente il limite calcolato nel primo modo è individuato dalla casella con sfondo grigio. In questo caso, a differenza di quanto riportato per la verifica iniziale, si valutato solo un limite di accettazione che è un limite di compatibilità.

La valutazione di un limite di conformità appare di discutibile in questo caso in quanto, in particolare per la tensione continua, le componenti di incertezza dovuta alle instabilità nel tempo e con la temperatura dei due strumenti tendono ad essere predominanti e dello stesso ordine di grandezza.

| Punto | Calibratore mod. 4808 | | Multimetro mod.8508A | | Coefficiente di Correzione K_C | Valore Generato V_G | Errore 10^{-6} | Limite di accettaz. 10^{-6} | ESITO |
|-------|-----------------------|--------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| | Portata | Valore | Portata | Letture media L_M | | | | | |
| 1 | 1 mV | 1,0000 mV | 100 mV | mV | 0,9992 | mV | | 404 | |
| 2 | | -1,0000 mV | | | 0,9994 | | | 404 | |
| 3 | 10 mV | 10,0000 mV | | | 0,99988 | | | 41 | |
| 4 | | -10,0000 mV | | | 0,99990 | | | 41 | |
| 5 | 100 mV | 100,0000 mV | | | 0,999973 | | | 3,1 | |
| 6 | | -100,0000 mV | | | 0,999973 | | | 5,1 | |
| 7 | 1 V | 0,200000 V | 1 V | V | 1,0000025 | V | | 4,6 | |
| 8 | | -0,200000 V | | | 1,0000012 | | | 4,6 | |
| 9 | | 1,000000 V | | | 1,0000008 | | | 0,63 | |
| 10 | | -1,000000 V | | | 1,0000009 | | | 2,2 | |
| 11 | | 1,900000 V | | | 1,0000001 | | | 2,1 | |
| 12 | 10 V | 2,000000 V | 10 V | V | 0,9999976 | V | | 2,3 | |

Fig. 19 Esempio di tabella raccolta dati per la verifica finale

Nella procedura deve essere previsto che se il limite di accettazione viene superato in un qualsiasi punto di misura dovrà essere attuata la procedura di trattamento delle non conformità prevista dal manuale qualità del laboratorio.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 38 di 72

3.4 Valutazione dell'incertezza d'uso del calibratore

La valutazione dell'incertezza d'uso di questo genere di calibratori può essere effettuata con modalità molto simili a quelle utilizzate per il calcolo dell'incertezza d'uso del multimetro numerale (vedi paragrafo 2.2a) in quanto i due tipi di strumento hanno una logica di funzionamento analoga.

Il valore di questa incertezza è utilizzato per determinare l'incertezza associata alle procedure per la taratura di misuratori esterni al laboratorio (procedura **PT-TAR-02** dell'esempio riportato in Fig. 3).

L'incertezza d'uso ad un anno del calibratore può essere ottenuta sommando due tipi di componenti di incertezza:

- Caratteristiche metrologiche dello strumento (deriva nel tempo, non-linearità, effetto della frequenza, coefficiente di temperatura, ecc..)
- Incertezza di messa a punto.

Rispetto al multimetro manca, in questo caso, l'incertezza dovuta al trasporto dello strumento.

Nella seguente tabella è riportato un esempio di come può essere valutata questa incertezza per la grandezza tensione continua. Le **caratteristiche metrologiche** dello strumento sono ricavate dividendo per due le specifiche dichiarate dal costruttore (si suppone una distribuzione di tipo normale). Le specifiche fornite dal costruttore sono dichiarate al 99% ma le si valuta al 95% per ragioni di sicurezza.

L'**incertezza di messa a punto** è ricavata dalla precedente tabella 15 (si suppone che l'incertezza di messa a punto sia analoga a quella di taratura sullo stesso punto).

| Campo di misura | Caratteristiche metrologiche | | Inc. Messa a punto u_{adj} 10^{-6} | Incertezza d'uso | |
|----------------------|------------------------------|----------------------|--|-----------------------|---------------------|
| | u_{cmR} 10^{-6} | u_{cmA} μV | | U_{uR} 10^{-6} | U_{uA} μV |
| da 0 mV a 200 mV (*) | 3,5 | 0,25 | 4,0 | 10,6 | 0,5 |
| da 0,2 V a 2 V (*) | 2,5 | 0,5 | 1,7 | 6,0 | 1,0 |
| da 2 V a 20 V (*) | 1,5 | 2 | 1,4 | 4,1 | 4,0 |
| da 20 V a 200 V (*) | 2,5 | 25 | 2 | 6,4 | 50 |
| da 200 V a 1000 V | 3,5 | 250 | 2,8 | 9,0 | 500 |

(*) Estremo superiore del campo escluso

$$U_{uR} = 2 \cdot \sqrt{u_{cmR}^2 + u_{adj}^2} \quad U_{uA} = 2 \cdot u_{cmA}$$

Fig. 20 Calcolo dell'incertezza d'uso per la grandezza tensione continua

Dove U_{uR} rappresenta la parte relativa dell'incertezza d'uso e U_{uA} quella assoluta.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 39 di 72

Per valutare l'incertezza d'uso del calibratore nelle grandezze alternate è possibile utilizzare un approccio simile a quello utilizzato per il multimetro (vedi paragrafo 2.2a). Su una portata in tensione alternata sono previsti normalmente due punti di messa a punto:

- 1) Valore di tensione pari a quello nominale della portata, alla frequenza di 1 kHz
- 2) Valore di tensione pari a quello nominale della portata, alla frequenza di 1 MHz

Anche in questo caso è possibile valutare l'incertezza complessiva sommando gli effetti dei due punti nell'intero campo di impiego del calibratore. È da notare che a differenza di quanto succede per il multimetro non è presente un punto di messa a punto a basso valore di tensione.

L'effetto del punto a bassa frequenza è facilmente individuabile in quanto, anche in questo caso, esso produce una variazione nella tensione prodotta dal calibratore che, se intesa in modo relativo (10^{-6} o %), è analoga su tutta la portata, a prescindere dal valore di tensione o di frequenza.

| Frequenza f_m kHz | Variazione Δ_{f_m} 10^{-6} | Rapporto sperimentale $\Delta_{f_m} /$ Δ_{1MHz} | Valore teorico $f_m^2 /$ $1MHz^2$ |
|---------------------------|---|---|--|
| 0,3 | -2,21 | -0,005 | 0,000 |
| 1 | -0,88 | -0,002 | 0,000 |
| 1,8 | 0,32 | 0,001 | 0,000 |
| 2,5 | -0,52 | -0,001 | 0,000 |
| 5 | -0,48 | -0,001 | 0,000 |
| 10 | -0,98 | -0,002 | 0,000 |
| 20 | -0,82 | -0,002 | 0,000 |
| 28 | -0,59 | -0,001 | 0,001 |
| 35 | 0,23 | 0,000 | 0,001 |
| 40 | 1,82 | 0,004 | 0,002 |
| 60 | 2,67 | 0,005 | 0,004 |
| 70 | 2,27 | 0,005 | 0,005 |
| 80 | 3,67 | 0,007 | 0,006 |
| 95 | 4,26 | 0,009 | 0,009 |
| 105 | 4,15 | 0,008 | 0,011 |
| 200 | 19,7 | 0,040 | 0,040 |
| 290 | 43,3 | 0,088 | 0,084 |
| 320 | 51,6 | 0,105 | 0,102 |
| 400 | 77,1 | 0,157 | 0,160 |
| 500 | 125 | 0,254 | 0,250 |
| 600 | 180 | 0,367 | 0,360 |
| 800 | 317 | 0,646 | 0,640 |
| 1000 | 490 | 1,000 | 1,000 |

Per quanto riguarda il punto di messa a punto ad alta frequenza l'effetto, come accade per il multimetro, varia al cambiare della frequenza del segnale di misura. In figura 21 sono riportate le variazioni Δ_{f_m} rilevate sperimentalmente alle varie frequenze di misura conseguenti ad una alterazione di circa $5 \cdot 10^{-4}$ del valore del punto sulla portata 1 V (effetti analoghi si hanno anche sulle portate 100 mV, 10 V e 100V).

Nelle ultime due colonne della tabella sono riportati il rapporto tra la variazione rilevata alla frequenza di misura f_m e la variazione indotta a 1 MHz e il valore ricavato dalla relazione matematica $f_m^2 / 1 MHz^2$. Come si può vedere i valori delle due colonne coincidono sostanzialmente e le differenze possono essere imputate a instabilità presenti nel corso delle determinazioni sperimentali.

A differenza di ciò che accade per il multimetro è quindi possibile, in questo caso, utilizzare una relazione matematica per definire questo effetto in alternativa alla determinazione sperimentale.

Ciò si evidenzia nel grafico di Fig.22 dove sono riportati punti sperimentali ottenuti e la curva ricavata dalla relazione matematica.

Fig. 21 Effetto della messa a punto ad alta frequenza in funzione della frequenza sulla portata 1 V



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 40 di 72

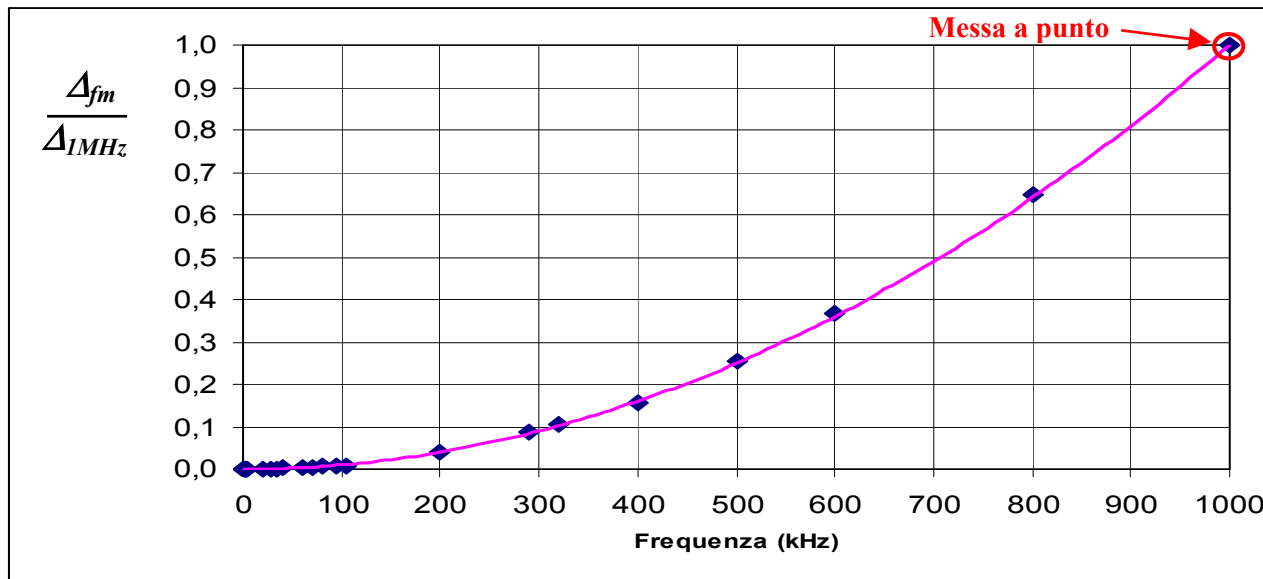


Fig. 22 Effetto del punto di messa a punto ad alta frequenza nella portata 1 V

L'incertezza d'uso in alternata è valutata nella tabella di Fig. 23. Le caratteristiche metrologiche sono ricavate dalle specifiche dichiarate dal costruttore (come per la tensione continua). Le incertezze di messa a punto sono ricavate sommando l'incertezza d'uso del multimetro utilizzato come trasformatore di riferibilità a 30 gg. (par. 2.2b) con l'incertezza dovuta al metodo e al circuito di misura (non trascurabile in particolare a 1 MHz). Il valore dell'incertezza u_{adjAF} è ricavata per ogni campo di frequenza moltiplicando l'incertezza a 1 MHz per un fattore $(f_r)^2 / (1 \text{ MHz})^2$ dove f_r è il valore massimo del campo di frequenza.

| Campo di misura | | Caratteristiche metrologiche | | Incertezza di Messa a punto | | Incertezza d'uso | |
|---------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | u_{cmR} 10^{-6} | u_{cmA} μV | u_{adjFS} 10^{-6} | u_{adjAF} 10^{-6} | U_{uR} 10^{-6} | U_{uA} μV |
| da 2 mV a 200 mV(*) | da 40 Hz a 300 Hz | 35 | 4,5 | 50 | 0 | 122 | 9 |
| | da 300 Hz a 10 kHz | 30 | 4,5 | 50 | 0 | 117 | 9 |
| | da 10 kHz a 30 kHz | 35 | 4,5 | 50 | 0 | 122 | 9 |
| da 0,2 V a 2 V (*) | da 40 Hz a 300 Hz | 25 | 10 | 30 | 0 | 78 | 20 |
| | da 300 Hz a 30 kHz | 20 | 5 | 30 | 1 | 72 | 10 |
| | da 30 kHz a 100 kHz | 40 | 10 | 30 | 13 | 103 | 20 |
| | da 100 kHz a 300 kHz | 203 | 50 | 30 | 113 | 468 | 100 |
| | da 0,3 MHz a 1 MHz | 1200 | 200 | 30 | 1250 | 3466 | 400 |
| da 2 V a 20 V (*) | da 40 Hz a 300 Hz | 25 | 100 | 30 | 0 | 78 | 200 |
| | da 300 Hz a 30 kHz | 20 | 50 | 30 | 1 | 72 | 100 |

(*) Estremo superiore del campo escluso

$$U_{uR} = 2 \cdot \sqrt{u_{cmR}^2 + u_{adjFS}^2 + u_{adjAF}^2} \quad U_{uA} = 2 \cdot u_{cmA}$$

Fig. 23 Calcolo dell'incertezza d'uso per la grandezza tensione alternata



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 41 di 72

**4. VERIFICA INTERMEDIA TRA GLI STRUMENTI
CAMPIONE DEL CENTRO**

Questa operazione fa parte delle operazioni di conferma metrologica dei due strumenti utilizzati come campione e la necessità di effettuare tali operazioni è riportata nella norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005 al paragrafo 5.6.3.3 .

Essa consiste in una serie di confronti da effettuare tra gli apparati campione del laboratorio, tra una taratura e la successiva, al fine di individuare eventuali loro malfunzionamenti o comportamenti anomali. L'effettuazione di tali confronti può consentire di ridurre significativamente il rischio che il laboratorio emetta certificati con risultati non corretti.

Nel caso di una struttura di riferibilità quale quella ipotizzata in figura 3 l'unico confronto possibile è quello tra il multimetro Fluke mod. 8508A campione di riferimento del laboratorio e il calibratore Wavetek mod. 4808 campione di lavoro. Il reciproco confronto può essere significativo per entrambi gli strumenti in quanto la loro stabilità nel tempo è paragonabile. Avendo a disposizione solo due strumenti, nel caso in si riscontrassero anomalie, non sarebbe possibile, per il laboratorio, identificare quale dei due strumenti li ha causati e sarebbe di conseguenza necessario interrompere le tarature e procedere ad ulteriori accertamenti (trattamento di non-conformità, ecc..).

Il numero di verifiche intermedie da effettuare tra le tarature dipende dalla criticità delle misure effettuate nel laboratorio, ovvero dalla frequenza con cui si utilizza gli strumenti e dal livello di accuratezza richiesta. D'altro canto numerose ripetizioni delle verifiche possono rappresentare un rilevante carico di lavoro aggiuntivo per il personale incaricato. Se gli strumenti sono utilizzati solo all'interno del laboratorio e non sono particolarmente "stressati", si può ritenere che l'effettuazioni di tali verifiche ogni tre mesi possa essere un compromesso accettabile (vedi esempio in Fig. 5).

Se si disponesse di sistemi automatici in grado di gestire il confronto, può risultare conveniente il loro utilizzo dato che è possibile effettuare più spesso, senza particolare aggravio per il personale, le verifiche intermedie. Da notare che in questo caso, non essendoci trasferimento di riferibilità, le operazioni necessarie per la validazione del software possono essere più limitate.

Il posizionamento delle verifiche intermedie rispetto alle altre operazioni di conferma metrologica è illustrato in figura 5 "Flusso delle operazioni di conferma metrologica dei campioni" di questo allegato. La procedura è identificativa nella figura con la sigla **PT-STD-03**.

Come è possibile constatare dalla figura, le verifiche intermedie si integrano con le altre operazioni di conferma metrologica degli strumenti campione. In particolare i risultati ottenuti nella verifica intermedia a 345 gg. possono essere anche utilizzati come misure di andata per controllare l'effetto del trasporto (sigla **PT-STD-01**), mentre i risultati ottenuti nella verifica finale del calibratore (sigla **PT-STD-02**), possono essere utilizzati come base di partenza per giudicare i dati ottenuti nelle successive verifiche intermedie.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 42 di 72

L'esame dei risultati ottenuti può essere effettuata utilizzando due differenti metodi: o controllando che lo scarto rilevato non superi un limite determinato basandosi sulle caratteristiche metrologiche dei due strumenti ricavate dalle specifiche o confrontando lo scarto con quello rilevato precedentemente e verificando che la differenza non superi un limite determinato sperimentalmente.

1. La verifica più semplice consiste nel controllare che lo scarto ottenuto in ogni punto di misura non superi la somma quadratica delle incertezze d'uso ad un anno dei due strumenti a confronto. Se si superasse tale limite sarebbe evidente che uno dei due strumenti opera con un errore superiore alla incertezza prevista. Questo modo di esaminare i risultati ha l'inconveniente di non poter assicurare che non siano accadute anomalie che abbiano alterato l'accuratezza degli strumenti. Il valore del limite di accettazione è infatti superiore alle incertezze d'uso ad un anno dei due strumenti (e se le due incertezze sono significativamente differenti lo è in modo molto rilevante rispetto all'incertezza più ridotta) e ed è applicato non solo dopo un anno dalla taratura dei due strumenti ma anche dopo solo 90 giorni. Un'altra criticità da tenere presente per una struttura di riferibilità quale quella descritta in Fig. 3 è che il calibratore è messo a punto utilizzando il multimetro come campione di riferimento. Le misurazioni effettuate dai strumenti risultano di conseguenza correlate ed è più corretto non utilizzare per il calcolo del limite le incertezze d'uso dei due strumenti ma le caratteristiche metrologiche indicate nelle specifiche "relative to calibration standard" che non comprendono le incertezze di messa a punto dei due strumenti.

Per effettuare una verifica più significativa i limiti possono essere calcolati in modo più specifico tenendo in conto il tempo trascorso dal momento della taratura dei due strumenti. Allo scopo si può, in alternativa, utilizzare uno dei seguenti approcci:

- a) Calcolare un limite massimo annuale sommando quadraticamente le specifiche a un anno dei due strumenti e quindi ricavare i limiti di ogni singola verifica intermedia moltiplicandolo per coefficiente che tenga conto del tempo trascorso (per esempio 0,6 per il confronto a 90 giorni / 0,7 per quello a 180 giorni / 0,8 per quello a 270 / 0,9 per quello a 345 giorni) basandosi sui risultati dei confronti effettuati.
 - b) Calcolare i limiti di accettazione utilizzando le specifiche di accuratezza dichiarate dal costruttore per periodi di tempo inferiore ad un anno. Per il calibratore mod. 4808 sono ad esempio disponibili le specifiche a 90 e a 180 giorni, mentre per il multimetro mod. 8508A sono dichiarate quelle a 90 giorni. I limiti possono essere calcolati utilizzando i valori forniti o estrapolazioni di essi (per esempio per il limite a 180 giorni si possono utilizzare le specifiche a 180 giorni del mod. 4808 e un valore intermedio delle specifiche a 90 giorni ed a un anno del mod. 8508A).
2. Una verifica più rigorosa può essere invece effettuata confrontando, per ogni punto, gli scarti ottenuti con quelli determinati nella verifica precedente e controllando che le differenze siano giustificabili con la reciproca stabilità dell'errore dei due strumenti a confronto. Questo approccio può essere percorso solo se si conoscono bene le caratteristiche di stabilità dei due strumenti, informazione che può essere ricavata dai risultati dei confronti effettuati. Questo modo di valutare i limiti è quindi più significativo ma risulta attuabile solo dopo un certo tempo che si utilizzano gli strumenti.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 43 di 72

4.1 *Struttura e contenuti della procedura*

La procedura può essere articolata nei seguenti paragrafi:

Come è possibile osservare nel successivo esempio, il contenuto dei paragrafi è per molti versi simile a quello dei corrispondenti paragrafi della procedura di taratura e conferma metrologica del calibratore mod. 4808 campione di lavoro del laboratorio (vedi capitolo 3).

1. Scopo
2. Oggetto della procedura di taratura
3. Documenti di riferimento
4. Elenco delle apparecchiature impiegate
5. Condizioni di misura
6. Operazioni preliminari
7. Esecuzione del confronto
 - 7.1 *tensione continua*
 - 7.2 *tensione alternata*
 - 7.3 *corrente continua*
 - 7.4 *corrente alternata*
 - 7.5 *resistenza in c.c.*
8. Valutazione dei limiti di accettazione

1. Scopo

Lo scopo di questa procedura è di descrivere le modalità operative utilizzate per effettuare le verifiche intermedie tra gli strumenti campione del laboratorio elencati nel successivo paragrafo 2.

2. Oggetto della procedura di taratura

Multimetro Fluke mod.8508A, n. 03415578, codice identificativo:LT-RE-04
Calibratore multifunzione Wavetek mod. 4808 n.21823-3. Codice identificativo: LT-RE-04.

3. Documenti di riferimento

- Manuale Qualità aziendale sigla identificativa: **MQual-01**.
- Manuale Operativo del Centro SIT: **MO-LabMet**.
- Procedura di gestione del sistema informativo: **PTG-025**
- Manuale di utilizzo del multimetro Fluke mod.8508A (“Users Manual”).
- Manuale di utilizzo del calibratore Wavetek mod. 4808 (“User’s Handbook”).

4. Elenco delle apparecchiature impiegate

Apparati ausiliari:

Cavo bipolare schermato codice identificativo:LT-RSE-10.
Cavo bipolare schermato codice identificativo:LT-RSE-11.
Cortocircuito a bassa f.t.e.m. codice identificativo:LT-RSE-20.

Sistema informativo:

Personal Computer e relative periferiche descritte come UAF-01 nella procedura **PO-12**.

5. Condizioni di misura

La taratura deve essere effettuata alla temperatura ambientale di $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, con una umidità relativa compresa tra il 40 e il 60 %. Gli strumenti devono essere alimentati con una



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 44 di 72

Per quanto riguarda le operazioni preliminari ci si può rifare a quanto già riportato nel capitolo 3 e più in particolare nel paragrafo 3.1a.

4.2 Modalità di esecuzione

Anche per quanto riguarda il paragrafo 7 “Esecuzione del confronto”, si può utilizzare ampiamente il materiale già previsto per la procedura di taratura e conferma metrologica del calibratore mod. 4808 e per il “Controllo dell'effetto del trasporto del multimetro” (vedi par. 2.1).

Pressoché identiche risultano in particolare le modalità di confronto tra i due strumenti (impostazioni, sequenze delle operazioni, circuiti di misura) e a questo proposito si può far riferimento a quanto già riportato nel paragrafo 3.1c. Quello che cambia è la tabella di raccolta dati in cui sono riportati solo i punti interessati alla verifica intermedia e i relativi limiti.

Il confronto tra il multimetro e il calibratore deve essere effettuato in un significativo numero di punti di misura, devono essere, in particolare, coinvolte nel confronto tutte le grandezze e portate che si intendono utilizzare del multimetro e del calibratore.

I punti prescelti sono tipicamente gli stessi selezionati per la verifica del trasporto (vedi par. 2.1) e dovrebbero comprendere, per le portate nelle grandezze in continua, almeno un punto al valore nominale della portata (preferibilmente in tutte e due le polarità), mentre, per le portate nelle grandezze in alternate, dovrebbero essere effettuati tre punti:

- valore nominale della portata alla frequenza di 1 kHz
- valore nominale della portata alla massima frequenza di utilizzo (tipicamente 1 MHz)
- valore pari al limite inferiore di utilizzo della portata (10% del fondo scala) a 1 kHz.

La tabella di fig. 24 è un esempio che si riferisce alla funzione tensione continua e ipotizza di utilizzare, per l'esame dei risultati, il metodo 1 descritto in par. 4 ovvero il controllo che il modulo dello scarto non superi un limite calcolato basandosi sulle caratteristiche metrologiche degli strumenti a confronto ricavate dalle specifiche fornite dal costruttore.

La verifica ha esito positivo se il valore di IC non supera, in tutti i punti il valore 1. Se ciò accadesse è necessario prevedere che sia attuata la procedura di trattamento delle non conformità prevista dal manuale qualità del laboratorio.

Nel caso in cui si rilevassero prossimi a 1 è comunque opportuno controllare, confrontando con i valori ottenuti nelle verifiche precedenti, che ciò non sia sintomo di malfunzionamento. In questo caso risulta conveniente ripetere il confronto (magari ampliando il numero di punti coinvolti) e se permanessero dei dubbi è opportuno attuare ugualmente una azione preventiva allargando le incertezze di impiego degli strumenti e effettuando il ciclo di taratura dei campioni prima dei periodi programmati. I risultati delle tarature potranno consentire di verificare se si sono verificati malfunzionamenti e se è opportuno aumentare stabilmente l'incertezza d'uso degli strumenti campione.

Nell'esempio riportato nella tabella di Fig. 24, lo scarto e il limite sono espressi in modo relativo (10^{-6}) ma sarebbe ugualmente corretto esprimerli in modo assoluto (μV).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 45 di 72

| Punto di misura | Calibratore mod. 4808 | | Multimetro mod.8508A | | Scarto Δ (10^{-6}) | Limite L_{90gg} (10^{-6}) | IC |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------------|----|
| | Portata | Valore impostato V_{CAL} | Portata | Letture media L_M | | | |
| 1 | 1 mV | 1,0000 mV | 100 mV | mV | | 552 | |
| 2 | | -1,0000 mV | | mV | | 552 | |
| 3 | 10 mV | 10,0000 mV | | mV | | 55 | |
| 4 | | -10,0000 mV | | mV | | 55 | |
| 5 | 100 mV | 100,0000 mV | | mV | | 7,4 | |
| 8 | | -100,0000 mV | | mV | | 7,4 | |
| 9 | 1 V | 1,000000 V | 1 V | V | | 4,5 | |
| 10 | | -1,000000 V | | V | | 4,5 | |
| 11 | 10 V | 10,000000 V | 10 V | V | | 3,1 | |
| 12 | | -10,000000 V | | V | | 3,1 | |
| 11 | 100 V | 100,000000 V | 100 V | V | | 5,4 | |
| 12 | | -100,000000 V | | V | | 5,4 | |
| 11 | 1000 V | 1000,000000 V | 1000 V | V | | 6,2 | |
| 12 | | -1000,000000 V | | V | | 6,2 | |

$$\Delta = \frac{L_M - V_{CAL}}{V_{CAL}} \quad IC = \frac{\Delta}{L_{90gg}}$$

Fig. 24 Tabella raccolta della verifica intermedia a 90 gg in tensione continua

4.3 Limiti di accettazione

Come riportato all'inizio di questo capitolo (a pagina 42) possono essere utilizzati approcci diversi per calcolare i limiti di accettazione. Nel paragrafo "Valutazione dei limiti di accettazione" della procedura deve essere chiaramente definito il metodo utilizzato.

Al fine di fornire un esempio significativo, si riporta nel seguito le modalità di calcolo del limite effettuato basandosi sulle specifiche fornite dal costruttore per i diversi periodi di tempo (metodo 1 - approccio B). In questo caso il limite di accettazione a 90 giorni può essere ricavato dalla seguente relazione:

$$L_{90gg} = \sqrt{U_{DMM\ 90gg}^2 + U_{Cal\ 90gg}^2 + U_{CM}^2}$$

dove $U_{DMM90gg}$ e $U_{CAL90gg}$ sono rispettivamente l'incertezza del multimetro del calibratore ricavate dalle specifiche "relative to calibration standard" a 90 giorni dichiarate dai costruttori e U_{CM} è l'incertezza dovuta al circuito e metodo di misura valutata come incertezza estesa (95%).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 46 di 72

Nella tabella di fig.25 la componente $U_{DMM90gg}$ è stata ricavata dalle specifiche relative a un periodo di 90 giorni e a un livello di fiducia del 99%. La scelta di utilizzare le specifiche al 99% è stata fatta per mantenere la coerenza con l'approccio scelto per calcolare l'incertezza d'uso del multimetro (vedi par. 2.2a). Questa è anche la motivazione per cui le componenti relativa e assoluta delle specifiche sono state sommate quadraticamente.

Anche il valore di $U_{Cal90gg}$ è stato ricavato dalle specifiche dichiarate dal costruttore del calibratore nello stesso modo.

Per i limiti relativi a periodi di tempo per i quali non sono disponibili specifiche fornite dai costruttori, è possibile calcolarle interpolando, in relazione al tempo, basandosi sulle specifiche conosciute. Una interpolazione lineare può fornire valori che possono essere approssimati per difetto, ma che possono essere validi in questo caso dato che sono utilizzati per calcolare dei limiti di accettazione.

| Punto di misura V_M | Multimetro mod.8508A | | Calibratore mod. 4808 | | Incertezza circuito e metodo misura U_{CM} 10^{-6} | Limite a 90 gg L_{90gg} 10^{-6} |
|--------------------------|----------------------|--|-----------------------|--|--|---|
| | Portata | Incertezza a 90 gg $U_{DMM90gg}$ 10^{-6} | Portata | Incertezza a 90 gg $U_{CAL90gg}$ 10^{-6} | | |
| 1 mV | 200 mV | 120 | 200 mV | 500 | 200 | 552 |
| 10 mV | 200 mV | 12 | 200 mV | 50 | 20 | 55 |
| 100 mV | 200 mV | 2,3 | 200 mV | 6,7 | 2 | 7,4 |
| 1 V | 2 V | 1,9 | 2 V | 4,1 | 0,2 | 4,5 |
| 10 V | 20 V | 1,9 | 20 V | 2,5 | 0,02 | 3,1 |
| 100 V | 200 V | 3,5 | 200 V | 4,0 | 0,002 | 5,4 |
| 1000 V | 1000 V | 3,6 | 1000 V | 5,0 | 0,0002 | 6,2 |

Fig. 25 Calcolo dei limiti a 90gg per le verifiche intermedie in tensione continua

Il metodo descritto è discutibile sotto diversi aspetti ma fornisce comunque dei limiti di accettazione sufficientemente significativi in particolare per i laboratori che non dispongono di dati relativi agli anni precedenti. Quando questi fossero disponibili è possibile modificare sulla loro base i limiti calcolati al fine di rendere maggiormente affidabile la verifica.

Nella procedura è bene riportare le azioni che verranno intraprese nel caso in cui questi limiti di accettazione fossero superati. Esse possono prevedere l'aumento dell'incertezza d'uso degli strumenti campione (con possibile modifica, almeno temporanea, delle capacità metrologiche del laboratorio) e la riemissione dei certificati precedentemente redatti.

Se però il superamento è limitato e si ritiene, dopo esame dei risultati, che gli strumenti campione sono ancora in grado di effettuare misure con incertezza non superiore alla loro incertezza d'uso, è possibile comunque non effettuare particolari azioni correttive ma mantenere maggiormente sotto controllo la situazione riducendo il periodo tra una verifica intermedia e la successiva.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 47 di 72

**5. PROCEDURA DI TARATURA DI STRUMENTI
ESTERNI A CARATTERE GENERICO (MISURATORE)**

Questa procedura corrisponde alla sigla PT-TAR-02 nello schema di riferibilità riportato nella fig. 3 di questo allegato. Il suo scopo è quello di definire le modalità con cui vengono eseguite le tarature degli strumenti di misura che pervengono al laboratorio dal suo esterno (da parte di un committente o da parte di altri reparti dell'azienda) o che comunque non sono suoi strumenti campione.

L'esempio descritto si riferisce solo alla taratura di misuratori di una sola grandezza per coerenza con quanto riportato nel paragrafo 1 di questo allegato, ma potrebbe anche riferirsi complessivamente alle cinque grandezze in cui lo strumento campione può operare. La scelta di realizzare cinque procedure specifiche piuttosto che una omnicomprensiva è discutibile ma consente di eliminare ambiguità nello svolgimento delle operazioni e nella stesura dei certificati di taratura.

La struttura della procedura è quella già individuata nel paragrafo 7 del documento base:

1. Scopo della procedura di taratura
2. Oggetto della procedura di taratura
3. Documenti di riferimento
4. Elenco delle apparecchiature impiegate
5. Definizione del processo
6. Descrizione delle operazioni di taratura
7. Elaborazione dei dati sperimentali
8. Valutazione delle incertezze di misura

Nell'esempio successivo è riportato un esempio di stesura dei primi quattro capitoli della procedura.

Nel paragrafo 2 è riportato che gli strumenti analogici a bassa resistenza di ingresso possono essere tarati solo nel campo da 0,2 V a 1000 V. Questa limitazione è dovuta al fatto che il calibratore presenta, nelle portate da 1 mV a 100 mV, non dispone dei "sense" esterni e presenta una resistenza di uscita di 30 Ω e che quindi, se lo strumento in taratura non dispone di una elevata impedenza di ingresso, viene introdotto un significativo errore dovuto all'effetto di carico.

Per superare questo limite è possibile utilizzare diversi accorgimenti. Il primo è di continuare ad utilizzare la portata 1 V (valutando la relativa incertezza) anche per le tensioni inferiori a 0,2 V. In alternativa è possibile definire una procedura che consenta di misurare la resistenza di ingresso dello strumento in taratura e, quindi, di calcolare la correzione (e la relativa incertezza) da applicare ai risultati ottenuti. Siccome in questa procedura, per semplicità, i due accorgimenti non sono descritti, si è preferito mantenere il limite anche tenendo conto del fatto che esso in genere non incide significativamente sull'operatività del laboratorio. Se il laboratorio dovesse invece effettuare spesso la taratura di millivoltmetri di tipo analogico a bassa resistenza di ingresso, può essere conveniente sviluppare un'altra procedura di taratura che utilizza il calibratore solo come generatore



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 48 di 72

stabile e determina la tensione effettivamente applicata ai morsetti di ingresso dello strumento applicando in parallelo il multimetro campione del laboratorio.

Nel paragrafo 3 dell'esempio, è riportata l'esigenza di disporre nel manuale di utilizzo dello strumento in taratura. Ciò è particolarmente rilevante per gli strumenti di tipo numerale di una certa complessità dove possono essere effettuate impostazioni non corrette. È bene che il laboratorio richieda sempre al committente copia del manuale di utilizzo dello strumento (già a livello di offerta dei taratura) e mantenga un archivio della documentazione ricevuta. In sua mancanza può risultare necessario sospendere e, eventualmente, rifiutare la taratura.

1. Scopo

Questa procedura consente al laboratorio di effettuare la taratura di strumenti di misura nella grandezza tensione continua.

2. Oggetto della procedura di taratura

Mediante questa procedura possono essere tarati strumenti numerali nel campo da 0 V a 1000 V. Possono anche essere tarati strumenti di tipo analogico, ma, se non dispongono di una elevata resistenza di ingresso, il campo in cui possono essere tarati è limitato da 0,22 V a 1000V. Se accessori sono associati agli strumenti, la taratura può essere effettuata al loro insieme.

3. Documenti di riferimento

- Manuale Qualità aziendale sigla identificativa: **MQual-01**.
- Manuale Operativo del Centro SIT: **MO-LabMet**.
- Procedura di gestione del sistema informativo: **PTG-025**
- Guida EA-10/15 " Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters"
- Norma CEI EN 60051-9 "Strumenti di misura elettrici indicatori analogici ad azione diretta e relativi accessori - Parte 9: Metodi di prova raccomandati"
- Documento SIT/Tec-008/05 "Linea guida per la valutazione dell'incertezza di taratura di strumenti elettrici multifunzione"
- Manuale di utilizzo del calibratore Wavetek mod. 4808 ("User's Handbook").
- Manuale di utilizzo del misuratore in taratura

4. Elenco delle apparecchiature impiegate

Apparati ausiliari:

- Calibratore Wavetek mod. 4808 n. serie21823-3, codice identificativo LT-RE-08

Apparati ausiliari:

- Cavo bipolare schermato codice identificativo: LT-RSE-10.
- Cavo bipolare schermato codice identificativo: LT-RSE-11.
- Cortocircuito a bassa f.t.e.m. codice identificativo: LT-RSE-20.

Sistema informativo:

Personal Computer e relative periferiche descritte come UAF-01 nella procedura **PO-12**.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 49 di 72

5.1 Definizione del processo

Questo paragrafo non è presente nelle procedure di conferma metrologica esaminate precedentemente in quanto, nel loro caso, è possibile conoscere esattamente lo strumento oggetto della procedura.

Questo genere di procedure, invece, si applicano ad ogni possibile misuratore di cui può essere richiesta la taratura ed è quindi necessaria una fase in cui si definisca le operazioni da effettuare in base al tipo di strumento e alle richieste del committente.

Dovrebbero essere in particolare individuate:

1. le operazioni da effettuare (tarature e messa a punto)
2. i punti di misura da eseguire
3. le impostazioni da realizzare sullo strumento.

Per quanto riguarda gli strumenti numerali si può fare diretto riferimento, per i primi due argomenti, al testo riportato nella guida EA-10/15 “ Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters”. Per quanto riguarda, invece, gli strumenti analogici di tipo tradizionale far riferimento a quanto riportato al punto 2.1.1 della norma CEI EN 60051-9 e a quanto richiesto dal committente. Nella procedura non vengono descritte le modalità di esecuzione delle eventuali operazioni di messa a punto perché le loro modalità di esecuzione variano notevolmente a seconda del modello di strumento. È necessario seguire quanto richiesto dal manuale di istruzione dello strumento e riportare le operazioni effettuate nel certificato di taratura.

La definizione delle impostazioni è significativa in particolare per quanto riguarda gli strumenti numerali. Se non diversamente richiesto dal Committente, nel corso della taratura lo strumento dovrà essere impostato nelle configurazioni che consentono di assicurare la maggiore accuratezza e precisione. Per completezza può essere opportuno effettuare la taratura sugli stessi punti con impostazioni diverse (per esempio taratura in resistenza con impostazione a quattro fili e a due fili).

Le impostazioni utilizzare dovranno essere chiaramente riportate sulle registrazioni del laboratorio e sul certificato di taratura emesso.

5.2 Descrizione delle operazioni di taratura

In questo paragrafo dovrebbero essere definiti i seguenti elementi:

- a) *Condizioni di misura*
- b) *Operazioni preliminari*
- c) *Schema di misura*
- d) *Esecuzione della taratura*

5.2a Condizioni di misura

Nelle **condizioni di misura** devono essere riportate le condizioni ambientali e di alimentazione elettrica normalmente assicurate dal laboratorio e definite nella documentazione del sistema qualità. Esse saranno riportate sul certificato di taratura dello strumento.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 50 di 72

5.2b Operazioni preliminari

È necessario verificare prima di tutto che lo strumento sia chiaramente identificabile con l'indicazione del costruttore, modello e numero di serie. Nel caso mancassero il laboratorio, in accordo con il committente, potrà identificare con una sua sigla (non alterabile) lo strumento. Se ciò non fosse possibile la taratura dovrà essere rifiutata.

Se verificherà quindi che il misuratore non sia dotato di sistemi di autospegnimento che non consentano di effettuare un adeguato periodo di stabilizzazione e si disattiveranno (se possibile) gli eventuali dispositivi di cambio portata automatico al fine di una più sicura definizione delle condizioni di taratura.

Una parte importante delle operazioni preliminari consiste nella descrizione delle operazioni di autoverifica da effettuare sia sul calibratore utilizzato come campione (vedi esempio nel par. 3.1a) che sullo strumento in taratura. A proposito di questo ultimo, non potendo definire a priori le sue caratteristiche, è necessario riferirsi a quanto riportato sul manuale d'uso, per gli strumenti numerali, e sulla norma CEI EN 60051-9 per gli strumenti analogici (regolazione dello zero al punto 2.1.1).

Nel paragrafo dovrà essere riportato il requisito che lo strumento da tarare deve essere in equilibrio termico con l'ambiente del laboratorio prima di poter procedere alla taratura. Il tempo necessario può variare a seconda dello sbalzo termico subito e dell'accuratezza dello strumento. Un tempo di stabilizzazione termica e di alimentazione di almeno quattro ore risulta necessario per gli strumenti di elevate caratteristiche.

Nelle operazioni preliminari rientra anche la preparazione della tabella per la raccolta dati della quale in fig. 27 è riportato un esempio. Nel caso si utilizzino fogli di calcolo per la raccolta e il trattamento dei dati è necessario descrivere, in accordo con la procedura che descrive la gestione del sistema informativo del laboratorio, come vengono elaborati, valicati, protetti e archiviati i file utilizzati a questo scopo.

Tutte le operazioni preliminari effettuate devono essere registrate e quelle relative allo strumento in taratura devono essere anche riportate sul suo certificato di taratura.

5.2c Schema di misura

Lo schema di misura deve essere realizzato in modo dettagliato individuando le eventuali modifiche circuitali da realizzare per l'effettuazione degli zeri.

In fig. 26 è riportato un esempio di circuito di misura. L'immagine del misuratore in taratura è volutamente poco definita dato che non è possibile definire a priori la configurazione dei suoi morsetti di ingresso.

Si ipotizza che esso sia alimentato a rete e che disponga di morsetto di "Guard". In esso si prevede di utilizzare il "Guard" esterno e i "Sense" interni del calibratore. La terra è fornita al circuito da un morsetto del misuratore in taratura.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 51 di 72

È opportuno realizzare più circuiti di misura per tenere conto dei casi in cui è necessario utilizzare i “Sense” esterni del calibratore (strumento in taratura con resistenza di ingresso non elevata) e della possibilità che lo strumento in taratura sia alimentato a rete o a batteria e che disponga o meno di morsetto di guardia.

Nel caso in cui non si riportino i diversi circuiti è necessario quantomeno descrivere accuratamente le modifiche introdotte al circuito base a seconda dei diversi casi.

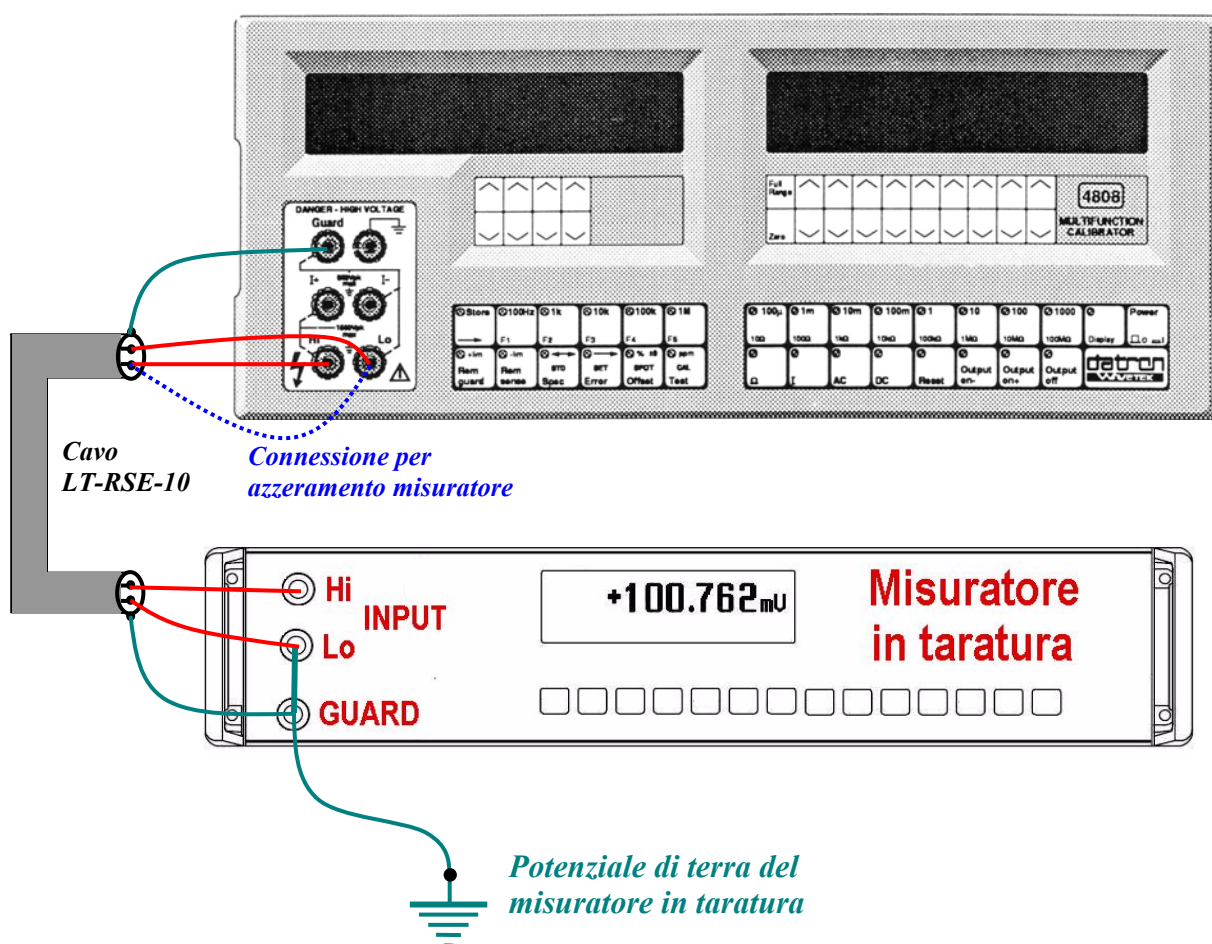


Fig. 26 Circuito per la taratura di un generico misuratore in tensione continua

5.2d Esecuzione della taratura

La sequenza di operazioni da descrivere è diversa a seconda che si esegua la taratura di uno strumento numerale o analogico. In essa è opportuno riportare le operazioni di taratura da eseguire e la tabella raccolta dati. Questa ultima può anche essere riportata come allegato al termine della procedura e può includere anche quanto richiesto nella fase di elaborazione dei dati



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 52 di 72

Nell'esempio seguente è riportata la sequenza di operazioni relativa ad uno strumento numerale. In essa si ipotizza di eseguire, preliminarmente ai punti di taratura, l'azzeramento dello strumento per compensare gli offset e f.t.e.m. presenti nel circuito di misura. L'operazione può non essere eseguita se non prevista dal manuale dello strumento. La sua esecuzione o meno deve comunque essere riportata sul certificato di taratura.

Impostazione del misuratore

Realizzare sul misuratore le impostazioni, individuate nella definizione del processo, che consentono di ottenere i risultati più significativi. Riportarle sul registro di laboratorio.

Azzeramento del misuratore in taratura

Se lo strumento dispone di una funzione di azzeramento effettuare, ad ogni cambio portata, l'azzeramento dell'indicazione connettendo insieme, sul lato calibratore, le connessioni "Hi" e "Lo" sul morsetto "Lo" del calibratore come riportato nel circuito di misura (connessione tratteggiata).

Prima di effettuare l'azzeramento rilevare l'indicazione dello strumento per controllare che rientri nei limiti previsti dal costruttore. Dopo l'azzeramento verificare che l'indicazione sia zero a meno della naturale instabilità dello strumento, in caso contrario ripetere l'operazione. Riportare l'effettuazione dell'operazione e il suo esito sul registro di laboratorio.

Esecuzione della taratura

Per ogni punto riportato nella tabella di raccolta dati effettuare le seguenti operazioni:

- Impostare la portata, il valore e i "Sense" del calibratore secondo quanto riportato in tabella.
- Impostare la portata del misuratore.
- Attivare l'uscita del calibratore premendo il tasto "Output on+" o "Output on-" a seconda della polarità richiesta
- Attendere la stabilizzazione dell'indicazione del misuratore (tempo minimo 30 secondi).

Per seguire questa sequenza è necessario disporre di una tabella per la raccolta dati preparata precedentemente. In fig. 27 è riportato un esempio di tabella raccolta dati per strumento di tipo numerale. In essa si prevede di effettuare coerentemente con quanto riportato precedentemente di rilevare cinque letture per ogni punto di misura e di calcolarne, quindi, il valore medio e lo scarto tipo.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 53 di 72

| Punto | Impostazione calib. mod. 4808 | | | Misuratore in taratura | | | | | | | | NOTE |
|-------|-------------------------------|--------------|-------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|------|
| | Portata mV | Valore mV | Sense | Portata mV | Lettura 1 mV | Lettura 2 mV | Lettura 3 mV | Lettura 4 mV | Lettura 5 mV | Lettura media mV | Scarto tipo 10 ⁻⁶ | |
| 1 | 1 | +1,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | -1,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 3 | 10 | +10,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 4 | 100 | +100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 5 | 100 | -100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| | V | V | | V | V | V | V | V | V | V | 10 ⁻⁶ | |
| 6 | 1 | +0,200000 | INT | 1 | | | | | | | | |
| 7 | 1 | +0,500000 | INT | 1 | | | | | | | | |
| 8 | 1 | +1,000000 | INT | 1 | | | | | | | | |
| 9 | 1 | -1,000000 | INT | 1 | | | | | | | | |
| 10 | 10 | +2,00000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 11 | 10 | +3,00000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 12 | 10 | +5,00000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 13 | 10 | +10,00000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 14 | 10 | -10,00000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 15 | 10 | +11,90000 | INT | 10 | | | | | | | | |
| 16 | 100 | +20,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 17 | 100 | +50,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 18 | 100 | +100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 19 | 100 | -100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 20 | 1000 | +200,000 | INT | 1000 | | | | | | | | |
| 21 | 1000 | +500,000 | INT | 1000 | | | | | | | | |
| 22 | 1000 | +1000,000 | INT | 1000 | | | | | | | | |
| 23 | 1000 | -1000,000 | INT | 1000 | | | | | | | | |

Fig. 27 Esempio di tabella raccolta dati perla taratura di misuratori in tensione continua

La necessità di eseguire e riportare il risultato di cinque letture del misuratore per ogni punto di taratura può risultare alquanto pesante per l'operatore, ma assicura, rispetto ad altri approcci più semplificati un maggior controllo del risultato e dell'incertezza ad esso associata. Una tabella quale quella riportata risulta quindi fortemente consigliata in particolare se si esegue la taratura di uno strumento di una certa accuratezza. Per strumenti di minor pregio (tipicamente per i palmari) è possibile utilizzare tabelle più semplificate in cui viene riportata direttamente l'indicazione media rilevata dall'operatore e di quanti "digit" oscilla picco-picco la lettura del misuratore. La tabella riportata in fig. 27 può essere ovviamente realizzata mediante un foglio di calcolo che consente di determinare automaticamente il valore medio e lo scarto tipo.

La presenza della colonna NOTE è significativa. In essa possono essere riportate, oltre alle impostazioni effettuate sul misuratore, informazioni sulle connessioni realizzate, particolarità dello strumento in taratura, anomalie, eventuali ripetizioni effettuate.

A questo proposito è necessario prevedere la possibilità di aggiungere righe per registrare punti di misura ripetuti, in modo da non cancellare i dati precedentemente ottenuti.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 54 di 72

L'esempio successivo descrive la sequenza di operazioni relativa ad uno strumento analogico ricavata dalla norma CEI EN 60051-9.

Posizionamento

Verificare che lo strumento in taratura sia posto nella sua posizione di riferimento (verificare sui dati di targa) che tipicamente è quella verticale per gli strumenti fissi (da pannello) e orizzontale per quelli portatili. L'incertezza di orientamento non deve essere superiore a $\pm 1^\circ$.

Regolazione dello zero (meccanico)

Con lo strumento distaccato da tutte le alimentazioni, e prima di fare ogni serie di letture, l'indice deve essere portato sulla tacca di zero della scala, oppure su un segno di riferimento appropriato della scala, usando il dispositivo di regolazione dello zero, nel modo seguente:

- 1) agire sul dispositivo di regolazione dello zero nel senso che porta l'indice verso la marca di zero dello strumento;
- 2) portare l'indice sulla marca muovendo sempre nello stesso senso di cui in 1), picchiettando l'involucro dello strumento. Una volta scelto il senso di spostamento, non cambiarlo fino a che l'indice è arrivato sulla tacca di zero;
- 3) con l'indice posto sulla tacca di zero, invertire il senso del moto del dispositivo per la regolazione dello zero, e portarlo abbastanza lontano da introdurre un gioco meccanico nel dispositivo stesso, ma non tanto da disturbare la posizione dell'indice.

Esecuzione della taratura

- 1) Applicare, senza picchiettare lo strumento, un'eccitazione lentamente crescente, sufficiente a portare successivamente l'indice su ciascuna di almeno cinque graduazioni (V_X) all'incirca equidistanti, comprendenti i limiti inferiore e superiore del campo di misura. Registrare i valori della tensione applicata (V_R) generata dal calibratore.
- 2) Aumentare l'eccitazione fino al 120% del valore corrispondente al limite superiore del campo di misura, oppure portare l'indice in fine corsa superiore, scegliendo il valore più piccolo. Ridurre subito, ma lentamente, l'eccitazione in modo da portare successivamente l'indice, sulle stesse graduazioni (V_X) di cui in 1), senza picchiettare lo strumento. Registrare i valori della tensione applicata (V_R) generata dal calibratore.

Per strumenti bassa accuratezza (classe $> 0,5\%$) possono essere utilizzate sequenze di taratura più semplificate.

La norma si applica sia agli strumenti analogici di tipo elettromeccanico che a quelli di tipo elettronico. Per questi ultimi è comunque opportuno tenere in conto quanto riportato sul manuale di istruzione.

Per gli strumenti a più portate è necessario verificarle tutte. È opportuno verificare la tracciatura della scala su una portata centrale (o più significativa) eseguendo un significativo numero di punti (almeno cinque ma sarebbe preferibile un numero superiore) mentre le altre portate possono



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 55 di 72

controllate con un numero inferiore di punti (due o tre). Se sono presenti portate dove è presente una forte dissipazione termica (alte tensioni, forti correnti) è opportuno effettuare la loro taratura dopo le altre portate con almeno tre o quattro punti di misura.

In Fig. 28 è riportata una esempio di tabella per la raccolta dati relativa ad una strumento di tipo analogico.

| Punto | Misuratore in taratura | | Impostazione calib. mod. 4808 | | | | NOTE |
|-------|------------------------|-------------|-------------------------------|-------|--------------|---------|------|
| | Portata | Indicazione | Portata | Sense | Valore V_R | | |
| | V | V_x | | | salita | discesa | |
| | V | V | V | | V | V | |
| 1 | 240 | 40 | 1 | EST | | | |
| 2 | | 80 | 1 | EST | | | |
| 3 | | 120 | 10 | EST | | | |
| 4 | | 160 | 100 | EST | | | |
| 5 | | 200 | 100 | EST | | | |
| 6 | | 240 | 1 | EST | | | |

Fig. 28 Esempio di tabella raccolta dati per strumento di tipo analogico

5.3 Elaborazione dei dati sperimentali

In questo paragrafo sono da riportare tutte le elaborazioni che possono essere effettuate sui dati sperimentali per ricavare i risultati da riportare sul certificato di taratura .

Tipicamente queste elaborazioni possono riguardare:

- Calcolo dell'errore.
- Valutazione e compensazione dell'effetto di carico.
- Determinazione della incertezza.

5.3a Calcolo dell'errore

L'operazione di calcolare il valore dell'errore dello strumento da riportare sul certificato di taratura può essere effettuata o dopo la conclusione delle operazioni o contemporaneamente ad esse.

In questo ultimo caso l'operazione può essere integrata nella tabella raccolta dati. Negli esempi di tabella di figura 27e 28 non è stata riportata per chiarezza questa possibilità, ma nulla osta alla aggiunta di colonne riguardanti l'errore (se si utilizzano fogli di calcolo ciò può essere fatto ovviamente in modo automatico).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 56 di 72

L'errore può essere espresso sia in forma assoluta (per esempio μV) o in modo relativo (per esempio parti in 10^{-6} del valore di misura). Per consentire una immediata valutazione dei risultati riportati sul certificato di taratura l'errore deve essere espresso nello stesso modo in cui viene espressa l'incertezza ad esso associata.

Coerentemente a quanto riportato sul documento EA-10/15, nel caso di strumenti di tipo numerale, l'errore E_A (valore espresso in modo assoluto) o l'errore E_R (valore espresso in modo relativo) possono essere ricavati mediante le relazioni:

$$E_A = L_M - V_{APPL} \quad E_R = \frac{L_M - V_{APPL}}{V_{APPL}}$$

Dove L_M è il valore medio della lettura dello strumento in taratura e V_{APPL} il valore della grandezza applicata.

Nel caso degli strumenti di tipo analogico le considerazioni da fare possono essere differenti in particolare se si fa riferimento alla norma CEI EN 60051-9. In essa, infatti, è definito un limite massimo dell'errore da associare allo strumento che è relativo al valore di fondo scala. Se per esempio uno strumento ha un fondo scala pari a 300 V ed è definito come classe 0,2 vuole dire che lo strumento, in un qualsiasi punto di misura, non deve presentare un errore maggiore di:

$$0,2\% \cdot 300 \text{ V} = 0,6 \text{ V}$$

Nel certificato l'errore è bene che sia espresso o in modo assoluto o ancor meglio in valore relativo al fondo scala. Anche in questo caso l'incertezza relativa all'errore deve essere espressa in modo coerente con l'errore.

In ogni caso le relazioni utilizzate per calcolare l'errore devono essere riportate sul certificato.

5.3b Valutazione e compensazione dell'effetto di carico

Come già accennato precedentemente nelle procedure di conferma metrologica, un significativo errore può essere presente a causa di effetti del carico. Il caso più significativo riguarda in particolare il campo sino a 200 mV corrispondente alla portata 100 mV del calibratore dove la resistenza di uscita del Wavetek mod. 4808 è pari a 100 Ω (tensione continua) e 30 Ω (tensione alternata).

Dato che, per questo tipo di procedure, non si conosce a priori il valore resistenza o impedenza di ingresso dello strumento in taratura, è necessario prevedere con quali modalità si determina il loro valore e quale relazione è utilizzata per correggere il risultato di misura.

Per la tensione continua la relazione che si può utilizzare è:

$$L_C = L_M \cdot \frac{R_{Out} + R_{IN}}{R_{IN}}$$

Dove L_C è il valore della lettura corretto, L_M è il valore medio della lettura dello strumento rilevato nella taratura, R_{Out} è la resistenza di uscita del calibratore usato come campione e R_{IN} il valore della resistenza di ingresso del misuratore in taratura.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 57 di 72

Per individuare l'approccio più conveniente è necessario in primo luogo valutare la rilevanza di questa correzione in relazione all'incertezza dichiarata (che tiene conto anche stabilità a breve termine e risoluzione dello strumento in taratura).

Se la correzione ha un effetto molto ridotto (per esempio almeno 20 volte minore rispetto all'incertezza) essa può essere trascurata, se essa ha un effetto significativo ma non rilevante (per esempio almeno 4 volte minore rispetto all'incertezza) il valore della correzione può essere determinato in maniera approssimata basandosi sui valori forniti dal costruttore (se disponibili).

Se, invece, il valore della correzione è rilevante rispetto a quella dell'incertezza è necessario porre la massima cura nella valutazione del suo valore e quindi nella determinazione di R_{Out} e R_{IN} .

Mentre il valore della R_{Out} del calibratore può essere determinata una sola volta quando lo si inizia ad utilizzare (eventuali ripetizioni opportune solo a distanza di anni o in caso di anomalie), R_{IN} deve essere valutata ogni volta che si tara uno strumento.

A tale scopo si possono utilizzare diversi metodi, uno dei più adatti è quello che utilizza un circuito di questo tipo:

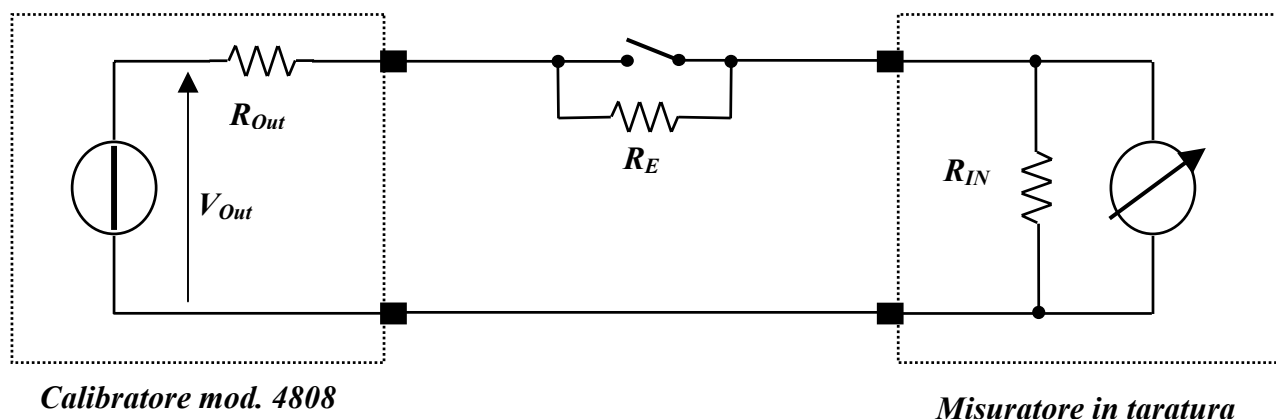


Fig. 29 Circuito per la determinazione della resistenza di ingresso del misuratore in taratura

Per effettuare l'operazione si utilizza un resistore R_E di valore conosciuto (può essere utilizzato un componente resistivo con basso coefficiente di temperatura e alta stabilità misurato immediatamente prima dell'operazione mediante il multimetro mod. 8508A). Il valore di R_E deve essere scelto per consentire di ottenere una significativa alterazione della lettura del misuratore ma non deve essere così elevato da alterare eccessivamente la situazione di misura. L'operazione è effettuata ponendo R_E in serie al circuito di misura e cortocircuitandolo. Si ottengono di conseguenza due letture del misuratore L_E e L_0 da cui si può ricavare R_{IN} :

$$R_{IN} \cong R_E \cdot \frac{L_E}{L_0 - L_E}$$

Il metodo utilizzato per determinare R_{IN} deve essere descritto nella procedura o in altro documento allegato. Devono essere anche riportati gli accorgimenti circuitali e di metodo necessari per assicurare risultati significativi (per esempio non significativa alterazione delle f.t.e.m. presenti al



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 58 di 72

variare della configurazione circuitale). Per ridurre l'incertezza della determinazione negli strumenti numerali è necessario che L_E e L_0 siano rilevate sulla stessa portata dello strumento.

5.3c Determinazione della incertezza

Nonostante sia presente nella procedura un apposito capitolo per la valutazione dell'incertezza (cap.8 secondo quanto riportato nella prima pagina di par.5), è necessario riportare in questo paragrafo gli accorgimenti utilizzati per determinare l'incertezza specifica della taratura effettuata.

Questa necessità deriva dal fatto che nel successivo capitolo è valutata la migliore incertezza ottenibile applicando la procedura, ovvero l'incertezza relativa alla taratura del migliore strumento ("nearly ideal measuring instruments") che è possibile tarare con la procedura.

Siccome gli strumenti che possono essere tarati possono essere significativamente diversi, è necessario valutare, a valle di ogni taratura, il valore delle componenti di incertezza relative alla definibilità dello strumento in taratura e al metodo di misura, sostituirli a quelli stimati nel capitolo sulla valutazione dell'incertezza e calcolare il valore effettivo dell'incertezza estesa relativa ai punti di taratura effettuati.

La **definibilità** per gli strumenti **numerali** è composta a sua volta dalle componenti di incertezza dovute alla risoluzione e alla stabilità a breve termine del misuratore. La **risoluzione** dello strumento è un dato facilmente ricavabile dal manuale o dalla diretta osservazione del "display" dato che risulta pari a metà del valore del "digit" meno significativo. Lo scarto tipo $u(\gamma_{ris})$ da riportare nel calcolo complessivo dell'incertezza è ricavato dividendo per $\sqrt{3}$ la risoluzione (distribuzione di tipo rettangolare). È però necessario porre attenzione al fatto che se questa componente di incertezza diventa predominante è necessario valutare il fattore di copertura k pari a 1,65 come riportato nell'esempio S9 del documento EA-4/02.

Anche i valori delle componenti $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$ relative alla **stabilità a breve termine** riportati nel capitolo della valutazione delle incertezze devono essere confrontati con quelli effettivi dello strumento in taratura. Il modo più diretto è di confrontarli con il valore dello scarto tipo ottenuto dai dati di taratura (vedi fig.27). Se questo ultimo è maggiore è necessario che i valori stimati nella valutazione siano sostituiti con quelli sperimentali. È da segnalare che la stabilità a breve termine dovendo individuare la definibilità dell'oggetto in taratura è, in realtà, una componente di incertezza più ampia di quella che si ottiene dello scarto tipo delle letture effettuate (non tiene conto del coefficiente di temperatura, delle influenze circuitali delle stabilità ad alcuni minuti, ecc..) ed è quindi opportuno approssimare ampiamente per eccesso i valori sperimentali ottenuti.

In alternativa questa componente può essere ricavata dalle specifiche del costruttore dello strumento o dall'esito di analisi effettuate su strumenti analoghi.

La **definibilità** per gli strumenti **analogici** è una componente rilevante in quanto risulta spesso predominante rispetto alle altre componenti di incertezza ed è quindi necessario non correre il rischio di sottovalutarla. Il modo più corretto di stimarla è ripetere, almeno tre o quattro volte la taratura e ricavarla dalla dispersione dei valori. Se lo strumento è dotato di più portate può essere sufficiente effettuare l'operazione solo su una di esse e riportare il valore alle altre portate.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 59 di 72

Un approccio più semplificato ma che può portare ad una sovrastima della componente consiste nel definire una definibilità a priori dello strumento (pari per esempio ad 1/5 della classe di precisione) e verificare la sua attendibilità ripetendo le misure solo al valore più basso e al fondo scala. Anche in questo caso si possono ovviamente utilizzare le informazioni ottenute tarando strumenti analoghi. Per quanto riguarda il **metodo di misura** l'unica componente di incertezza che può variare dalla valutazione effettuata nell'apposito capitolo e quella effettiva della taratura è quella dovuta alla eventuale compensazione dell'effetto di carico. In effetti nella valutazione, ipotizzando la taratura di uno strumento di elevate caratteristiche, la componente $u(\delta_{cre})$ è posta a zero in quanto la resistenza di ingresso dello strumento in taratura è molto elevata. Se così non è, risulta necessario valutare e compensare l'effetto di carico, in coerenza con quanto riportato nel paragrafo 5.3b, applicando un coefficiente di correzione ai dati di taratura ottenuti. In questo caso è necessario stimare anche l'incertezza del coefficiente di correzione e utilizzarla per definire il corretto valore di $u(\delta_{cre})$.

Se si utilizza il metodo illustrato in par. 5.b per uno strumento di tipo numerale e le misure sono effettuate sulla stessa portata dello strumento, l'incertezza può essere valutata sommando quadraticamente le stabilità a breve termine di L_0 e di L_E e dividendo il risultato per il valore L_0-L_E . L'incertezza della determinazione diminuisce come si vede all'aumentare della differenza tra le due letture, ma essa non deve essere eccessiva in quanto lo strumento in taratura deve introdurre lo stesso errore di misura sia L_0 che su L_E .

5.4 Valutazione delle incertezze di misura

Per la valutazione delle incertezze si riporta un testo che fa riferimento al documento SIT/Tec-008/05 relativo alla taratura di misuratori numerali (DMM) che rappresentano l'oggetto tarabile dalla procedura con maggiore accuratezza. Per gli strumenti analogici le componenti di incertezza possono presentare delle differenze.

Facendo riferimento al paragrafo 6 del documento SIT/Tec-008/05, si può definire lo scarto relativo come:

$$E_M = \frac{[l_M + (l_M \cdot \delta_{stb} + \gamma_{stb}) + \gamma_{ris}] - [l_C + (l_C \cdot \delta_C + \gamma_C) + l_C \cdot \delta_{cre} + (l_C \cdot \delta_{cm} + \gamma_{cm})]}{m_{nom}}$$

ove: E_M = scarto relativo del DMM;

l_M = lettura del DMM, considerata esatta;

$\delta_{stb}, \gamma_{stb}$ = correzioni dovute alla stabilità a breve termine del DMM, con valori mediamente nulli e incertezze $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$;

γ_{ris} = correzione dovuta alla risoluzione del DMM, con valore nullo e incertezza $u(\gamma_{ris})$;

l_C = valore impostato sul Calibratore, pari al valore nominale e privo d'incertezza;

δ_C, γ_C = correzioni dovute alla taratura e alle caratteristiche metrologiche del calibratore, con valori nulli e incertezze $u(\delta_C)$ e $u(\gamma_C)$, rispettivamente pari alle componenti di tipo relativo e assoluto dell'incertezza d'uso del calibratore;

δ_{cre} = correzione dovuta al carico esercitato sul calibratore dal DMM più circuito di misura, con incertezza $u(\delta_{cre})$;



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 60 di 72

δ_{cm}, γ_{cm} = correzioni dovute al metodo e al circuito di misura, con valore trascurabile e incertezze $u(\delta_{cm})$ e $u(\gamma_{cm})$;
 m_{nom} = valore nominale della grandezza di interesse.

L'incertezza associata allo scarto relativo può essere quindi definita come:

$$u(E_M) = \sqrt{u^2(\delta_{stb}) + \frac{u^2(\gamma_{stb})}{m_{nom}^2} + \frac{u^2(\gamma_{ris})}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_C) + \frac{u^2(\gamma_C)}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_{crc}) + u^2(\delta_{cm}) + \frac{u^2(\gamma_{cm})}{m_{nom}^2}}$$

La rappresentazione simbolica delle componenti d'incertezza che concorrono alla determinazione dell'incertezza tipo di E_C è data dalla seguente tabella:

| Grandezza | Valore Stimato | Incertezza Tipo | Distribuzione di Probabilità | Coefficiente di Sensibilità | Contributo all'Incertezza Tipo |
|----------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| l_M | L_M | - | - | - | - |
| δ_{stb} | 0 | $u(\delta_{stb})$ | normale | 1 | $u(\delta_{stb})$ |
| γ_{stb} | 0 | $u(\gamma_{stb})$ | normale | $\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_{stb})}{m_{nom}}$ |
| γ_{ris} | 0 | $u(\gamma_{ris})$ | rettangolare | $\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_{ris})}{m_{nom}}$ |
| l_C | l_C | - | - | - | - |
| δ_C | 0 | $u(\delta_C)$ | normale | -1 | $u(\delta_C)$ |
| γ_C | 0 | $u(\gamma_C)$ | normale | $-\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_C)}{m_{nom}}$ |
| δ_{crc} | δ_{crc} | $u(\delta_{crc})$ | normale | -1 | $u(\delta_{crc})$ |
| δ_{cm} | 0 | $u(\delta_{cm})$ | normale | -1 | $u(\delta_{cm})$ |
| γ_{cm} | 0 | $u(\gamma_{cm})$ | normale | $-\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_{cm})}{m_{nom}}$ |
| m_{nom} | m_{nom} | - | - | - | - |
| E_M | | | | | $u(E_C)$ |

Corrispondentemente a un intervallo di confidenza del 95%, e in funzione della distribuzione di probabilità attribuibile a E_C , è possibile dedurre il fattore di copertura k , e di conseguenza l'incertezza estesa $U(E_C) = k \cdot u(E_C)$.

Prendendo in considerazione il miglior strumento che il Centro può tarare (si prende come riferimento il multimetro Fluke mod. 8508A) ❶, si possono valutare quantitativamente le componenti d'incertezza d'ingresso come:

- stabilità del misuratore in taratura : si stimano $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$ sulla base delle specifiche "Transfer Uncertainty" del Fluke mod. 8508A valutate come pari a 2 volte lo scarto tipo con distribuzione normale. ❷
- risoluzione dello misuratore in taratura: il valore di $u(\gamma_{ris})$ riportato nella successiva tabella è ricavato, per ogni campo, dividendo per due il valore della cifra meno significativa del multimetro impostato con la risoluzione 7½ cifre.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 61 di 72

- incertezza d'uso del calibratore campione: $u(\delta_M)$ e $u(\gamma_M)$ sono dedotte dalla procedura di conferma metrologica del calibratore.
- effetto di carico sul calibratore campione: si stima che $u(\delta_{crc})$ sia in questo caso trascurabile in quanto, nella funzione tensione continua, la resistenza di ingresso del multimetro ipotizzato è sufficientemente elevata da non alterare il segnale campione prodotto dal calibratore. ②
- metodo e circuito di misura: si stima che l'unica componente di incertezza significativa a questo proposito sia dovuta alle f.t.e.m. presenti nel circuito. Da verifiche sperimentali effettuate si ritiene che tale componente abbia distribuzione normale e, valutata come due volte lo scarto tipo, sia pari $0,2 \mu\text{V}$. conseguentemente la componente $u(\delta_{cm})$ risulta trascurabile e la componente $u(\gamma_{cm})$ pari a $0,1 \mu\text{V}$. ③

In base alle considerazioni precedenti per un intervallo di confidenza del 95% è allora possibile definire un fattore di copertura $k = 2$, e gli effettivi contributi d'incertezza sono rappresentati dalla seguente tabella:

| Campo di misura | Componenti d'incertezza | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | $u(\delta_{stb})$ | $u(\gamma_{stb})$ | $u(\gamma_{ris})$ | $u(\delta_C)$ | $u(\gamma_C)$ | $u(\delta_{crc})$ | $u(\delta_{cm})$ | $u(\gamma_{cm})$ | $u(E_M)$ | | $U(E_M)$ | |
| | (10^{-6}) | (μV) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) |
| da 0 a 200 mV | 0,2 | 0,03 | 0,005 | 5,3 | 0,25 | 0 | 0 | 0,1 | 5,3 | 0,27 | 10,6 | 0,54 |
| da 0,2 V a 2 V | 0,06 | 0,1 | 0,05 | 3,0 | 0,5 | 0 | 0 | 0,1 | 3,0 | 0,52 | 5,99 | 1,04 |
| da 2 V a 20 V | 0,06 | 1 | 0,5 | 2,1 | 2 | 0 | 0 | 0,1 | 2,1 | 2,3 | 4,11 | 4,59 |
| da 20 V a 200 V | 0,2 | 10 | 5 | 3,2 | 25 | 0 | 0 | 0,1 | 3,2 | 27 | 6,42 | 54,8 |
| da 200 V a 1000 V | 0,2 | 150 | 50 | 4,5 | 250 | 0 | 0 | 0,1 | 4,5 | 296 | 8,97 | 592 |

L'incertezza estesa relativa ad un determinato punto di misura è ricavata sommando quadraticamente la parte relativa e la parte assoluta di $U(EC)$.

Al fine di ottenere una dichiarazione dell'incertezza semplificata da riportare nelle capacità metrologiche del laboratorio è opportuno ricavare una tabella di sintesi approssimando generalmente per eccesso le componenti di incertezza coerentemente con quanto riportato al paragrafo 7.2.6 della norma UNI CEI ENV 13005.

| Campo di misura | Incertezza (*) | | Nota |
|-------------------|-----------------------|----------------------|------|
| | U_1 | U_2 | |
| da 0 a 200 mV | $11 \cdot (10^{-6})$ | $0,55 \mu\text{V}/U$ | ① ② |
| da 0,2 V a 2 V | $6,0 \cdot (10^{-6})$ | $1,0 \mu\text{V}/U$ | ② |
| da 2 V a 20 V | $4,1 \cdot (10^{-6})$ | $4,6 \mu\text{V}/U$ | ② |
| da 20 V a 200 V | $6,5 \cdot (10^{-6})$ | $55 \mu\text{V}/U$ | ② |
| da 200 V a 1000 V | $9,0 \cdot (10^{-6})$ | $0,60 \text{ mV}/U$ | |

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia del 95%. L'incertezza di misura è ottenuta sommando in quadratura le componenti U_1 e U_2 indicate in tabella.

① Si indica con U la tensione in volt

② Estremo superiore del campo escluso



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 62 di 72

Nel caso in cui l'oggetto in taratura non fosse quello ipotizzato o uno avente caratteristiche simili, le componenti di incertezza $u(\delta_{stb})$, $u(\gamma_{stb})$, $u(\gamma_{ris})$ e $u(\delta_{cre})$ e il fattore di copertura devono essere rivalutate come descritto nel paragrafo **Elaborazione dei dati sperimentali** della presente procedura. In particolare se la componente di incertezza dovuta alla risoluzione dello strumento in taratura $u(\gamma_{ris})$ è chiaramente predominante rispetto alle altre componenti di incertezza, è conveniente definire un fattore di copertura $k = 1,65$ come riportato nell'esempio S9 del documento EA-4/02. In ogni caso non possono essere riportate sul certificato incertezze inferiori a quelle riportate in tabella.

NOTE

- ❶ Lo strumento riportato è un credibile esempio di “nearly ideal measurement standards” o di “nearly ideal measurement instruments” come richiesto nel par. 1.3 della norma EA-4/02. Possono essere utilizzati come esempio anche altri tipi di strumento purché di caratteristiche non significativamente inferiori. È da tenere presente che può essere opportuno ma non strettamente necessario che il laboratorio disponga degli strumenti utilizzati come esempio.
- ❷ L'esempio descrive la situazione per la taratura nella funzione tensione continua. Tale componente può risultare non trascurabile se si esegue la taratura di altri tipi di strumenti o se si esegue la taratura in altre grandezze. Tipico a questo proposito è il caso delle tarature ai bassi valori di tensione alternata dove è necessario correggere l'effetto di carico e valutare l'incertezza di tale correzione.
- ❸ Questa componente di incertezza è da valutare differientemente se si eseguono tarature in altre grandezze.
- ❹ Per altre grandezze dove non è disponibile la “Transfer Uncertainty” si può cercare di utilizzare altre specifiche dichiarate dal costruttore, come ad esempio il coefficiente di temperatura, o ricavare sperimentalmente il dato ripetendo più volte la taratura su un multimetro del tipo ipotizzato.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 63 di 72

5.5 Le procedure relative alla taratura di misuratori nelle altre grandezze

Nei precedenti paragrafi di questo capitolo è stata descritta una procedura per la taratura di un misuratore nella grandezza tensione continua. Per consentire al laboratorio di effettuare anche tarature in tensione alternata, corrente continua, corrente alternata e resistenza in c.c., come ipotizzato nell'indice del manuale operativo di figura 1, il laboratorio deve quindi sviluppare anche delle procedure di taratura misuratori anche in queste altre grandezze.

La struttura di queste procedure è pressoché identica a quella della procedura per la tensione continua. Possono cambiare i circuiti di misura, le impostazioni degli strumenti, e le componenti di incertezza di incertezza valutate, nonché, ovviamente il loro valore.

Per alcune grandezze è bene tenere in conto alcune specificità.

Tensione Alternata.

- Utilizzare cavi coassiali almeno per le misure a frequenze superiori a 1 kHz.
- Per la valutazione e compensazione dell'effetto di carico valgono in linea di massima le considerazioni sviluppate nel par.5.3b. L'operazione risulta però più delicata in quanto in alternata è necessario riferirsi alle impedenze piuttosto che alle resistenze. La compensazione può essere effettuata analogamente a quanto riportato per la continua ma l'incertezza associata è più rilevante e aumenta al crescere della frequenza.

Corrente alternata

- Preferibile utilizzare cavi di tipo coassiale.
- Per questa grandezza appare conveniente non collegare il "low" del circuito al potenziale di terra in quanto potrebbe introdurre un errore nella misura.

Resistenza in c.c.

- Verificare preliminarmente che la corrente di misura generata dal misuratore non superi i limiti previsti nelle specifiche del calibratore campione.
- Indicare chiaramente nelle tabelle di raccolta dati se lo strumento in taratura e il calibratore sono configurati a 2 o a 4 terminali e riportare le modalità di azzeramento utilizzate.

Per le grandezze in alternata non prevedere, ovviamente, l'azzeramento preliminare dello strumento in taratura.

5.6 Allegati

È opportuno che alla procedura siano allegati alcuni documenti che possono consentire di definire in maniera più precisa le operazioni che deve svolgere il personale del laboratorio nell'esecuzione della procedura e nell'utilizzo dei risultati ottenuti.

Possono essere riportate le tabelle raccolta dati effettivamente utilizzate che prevedano gli spazi per riportare oggetto in taratura, procedura utilizzata, data (e eventualmente ora) della taratura e operatore. Se si utilizzano fogli di calcolo è bene riportare la stampa di un esempio indicando le celle protette e formule utilizzate. È bene, infine, riportare l'esempio di certificato di una taratura effettuata con la procedura in oggetto.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 64 di 72

**6. PROCEDURA DI TARATURA DI STRUMENTI
ESTERNI A CARATTERE GENERICO (GENERATORE)**

Questa procedura corrisponde alla sigla PT-TAR-01 nello schema di riferibilità riportato nella fig. 3 di questo allegato. Il suo scopo è quello di definire le modalità con cui vengono eseguite le tarature degli generatori calibrati (calibratori, sorgenti, ecc..) che pervengono al laboratorio dal suo esterno o che comunque non sono suoi strumenti campione.

La struttura e i contenuti di questo tipo di procedure sono analoghi a quelli delle procedure taratura di misuratori descritte nel precedente capitolo 5. Le differenze presenti sono dovute alle diverse modalità di funzionamento dei due tipi di strumenti e alla differente situazione normativa.

In questo capitolo saranno evidenziate in particolare le differenze tra i due tipi di procedure mentre per le considerazioni comuni si rimanda al contenuto del precedente capitolo.

La struttura della procedura è identica a quella già precedentemente individuata sia nel capitolo precedente che nel paragrafo 7 del documento base:

1. Scopo della procedura di taratura
2. Oggetto della procedura di taratura
3. Documenti di riferimento
4. Elenco delle apparecchiature impiegate
5. Definizione del processo
6. Descrizione delle operazioni di taratura
7. Elaborazione dei dati sperimentali
8. Valutazione delle incertezze di misura

Per la descrizione del contenuto dei primi quattro paragrafi si rimanda a quanto riportato precedentemente.

6.1 Definizione del processo

Anche in questo caso è necessario definire preliminarmente:

1. le operazioni da effettuare (tarature e messa a punto)
2. i punti di misura da eseguire
3. le impostazioni da realizzare sullo strumento.

A differenza di quanto succede per i misuratori, in questo caso non disponiamo ne di norme ne di documenti EA che supportino in questo fase di definizione anche se le affermazioni a carattere generale della EA-10/15 possono risultare di un certo aiuto.

È quindi necessario affidarsi maggiormente a quanto riportato sul manuale d'uso del generatore. In linea di massima si può affermare che dovrebbero essere verificate tutte le portate dello strumento, dovrebbe esserci un controllo della sua linearità nel campo e una verifica dell'effetto della frequenza (sino a quella massima di utilizzo) se il generatore opera in alternata. Per limitare influenze reciproche tra i punti di misura è effettuare per primi i punti relativi ai valori più bassi e aumentare progressivamente sino alla tensione massima prevista.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 65 di 72

Le sequenze di operazioni che è possibile effettuare sono quelle già descritte nella EA-10/15:

- | | | |
|---|--------------------|--|
| a. Taratura iniziale Messa a punto Taratura finale | b. Taratura | c. Messa a punto Taratura finale |
|---|--------------------|--|

La scelta tra le diverse sequenze dipende in primo luogo dai risultati ottenuti nella taratura iniziale. Se essi sono particolarmente buoni (per esempio errori inferiori alle specifiche a 90 giorni) si può non eseguire la messa a punto (sequenza **b.**) se non è opportuno effettuare sequenza **a.** più completa.

La sequenza **c.** può essere utilizzata nei casi in cui non è significativo conoscere il precedente comportamento del generatore (strumento non tarato da anni, di ritorno da una riparazione, ecc..).

6.2 Descrizione delle operazioni di taratura

Anche in questo caso valgono, in generale, le considerazioni svolte nel corrispondente paragrafo 5.2.

Nei circuiti di misura è bene precisare le diverse configurazioni che è bene utilizzare a seconda che il generatore in taratura sia alimentato o meno da rete e disponga di "Sense" esterni.

Nella esecuzione della taratura la sequenza di operazioni può essere di questo genere:

Impostazione del misuratore campione

Realizzare le seguenti impostazioni:

Risoluzione 7 cifre, modo "FAST" disattivato, Filtro inserito

Impostazione del generatore in taratura

Realizzare sul generatore le impostazioni, individuate nella definizione del processo, che consentono di ottenere i risultati più significativi. Riportarle sul registro di laboratorio.

Azzeramento del misuratore campione

Collegare ambedue gli estremi del cavo di connessione, sul lato del generatore in taratura, sul morsetto "Lo" (o analogo) dello strumento. Dopo aver atteso la stabilizzazione dell'indicazione del misuratore azzerare la sua indicazione premendo il pulsante OFFSET e verificare che la relativa indicazione compaia sul "display" principale del mod.8508A. Controllare che l'indicazione si azzeri, in caso contrario ripetere l'operazione. Riportare l'effettuazione dell'operazione sul registro di laboratorio.

L'azzeramento dovrà essere ripetuto ad ogni cambio portata del misuratore campione.

Esecuzione della taratura

Per ogni punto riportato nella tabella di raccolta dati effettuare le seguenti operazioni:

- Impostare la portata, il valore e eventualmente i "Sense" del generatore in taratura secondo quanto riportato in tabella.
- Impostare la portata del misuratore.
- Attivare l'uscita del generatore.
- Attendere la stabilizzazione dell'indicazione del misuratore campione (tempo minimo 30 s).
- Rilevare 5 letture del misuratore riportandole nella tabella raccolta dati.
- Disattivare l'uscita del generatore.
- Calcolare il valore medio delle letture e lo scarto tipo



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 66 di 72

In alternativa il calcolo del valore medio delle letture e dello scarto tipo può essere effettuato utilizzando le funzioni matematiche disponibili sul mod.8508A.

La tabella raccolta dati è molto simile a quella descritta in par. 5.2d.

| Punto | Impostazione generatore in taratura | | | Misuratore campione mod. 8508A | | | | | | | | NOTE |
|-------|-------------------------------------|--------------|-------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|------|
| | Portata mV | Valore mV | Sense | Portata mV | Letture 1 mV | Letture 2 mV | Letture 3 mV | Letture 4 mV | Letture 5 mV | Letture media mV | Scarto tipo 10 ⁻⁶ | |
| 1 | 100 | +0,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 2 | 100 | -0,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 3 | 10 | +10,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 4 | 50 | +50,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 5 | 100 | +100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| 6 | 100 | -100,0000 | INT | 100 | | | | | | | | |
| | V | V | | V | V | V | V | V | V | V | 10 ⁻⁶ | |
| 7 | 1 | +0,000000 | EST | 1 | | | | | | | | |
| 8 | 1 | -0,000000 | EST | 1 | | | | | | | | |
| 9 | 1 | +0,100000 | EST | 1 | | | | | | | | |
| 10 | 1 | +0,500000 | EST | 1 | | | | | | | | |
| 11 | 1 | +1,000000 | EST | 1 | | | | | | | | |
| 12 | 1 | -1,000000 | EST | 1 | | | | | | | | |

Fig. 30 Esempio di tabella raccolta dati per la taratura di generatori in tensione continua

6.3 Elaborazione dei dati sperimentali

Analogamente al par.5.3, in questo paragrafo sono da riportare tutte le elaborazioni che possono essere effettuate sui dati sperimentali per ricavare i risultati da riportare sul certificato di taratura:

- a) Calcolo dell'errore.
- b) Valutazione e compensazione dell'effetto di carico.
- c) Determinazione della incertezza.

6.3a Calcolo dell'errore

Per i generatori, l'errore E_A (valore espresso in modo assoluto) o l'errore E_R (valore espresso in modo relativo) possono essere ricavati mediante le relazioni:

$$E_A = V_{Gen} - V_{Imp} \quad E_R = \frac{V_{Gen} - V_{Imp}}{V_{Imp}}$$

Dove V_{Gen} è il valore indicato dal misuratore campione e V_{Imp} il valore impostato sul generatore in taratura (o il valore nominale della sua uscita).



SIT
Servizio di Taratura in Italia

ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 67 di 72

6.3b Valutazione e compensazione dell'effetto di carico

La taratura di un generatore dovrebbe essere eseguita nelle condizioni di carico di definizione (dalle specifiche). Se non diversamente riportato è opportuno indicare sul certificato di taratura il valore generato con carico nullo o trascurabile.

Il multimetro Fluke mod. 8508A utilizzato come campione rappresenta in tensione continua, sino a 20 V, un carico che, salvo casi eccezionali, può essere ritenuto trascurabile.

Se però si utilizzano le portate 100 e 1000 V del multimetro la resistenza di ingresso R_{IN} dello strumento diventa pari a $10,1 \text{ M}\Omega \pm 1 \%$ (dalle specifiche) e può risultare non completamente trascurabile se il generatore in taratura presenta una resistenza di uscita R_{Out} elevata. Il valore estrapolato alla condizione di carico nulla V_C è calcolato dalla relazione:

$$V_C = V_M \cdot \frac{R_{Out} + R_{IN}}{R_{IN}}$$

dove V_M è il valore indicato dal misuratore campione.

Nel caso in cui non si conosca o si conosca non in maniera sufficientemente affidabile il valore di R_{Out} , si può utilizzare un circuito quale quello riportato in figura 31 per determinare valutarne il valore.

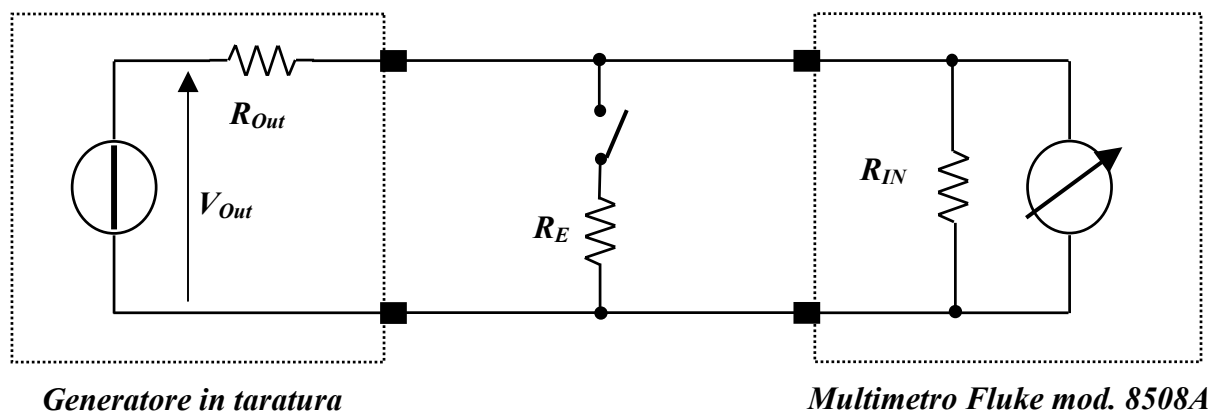


Fig. 31 Circuito per la determinazione della resistenza di uscita del generatore in taratura

Il valore di R_{Out} , può essere ricavato dalla relazione:

$$R_{OUT} = \frac{V_{L1} - V_{L2}}{\frac{V_{L2}}{R_P} - \frac{V_{L1}}{R_{IN}}}$$

dove R_P è il valore di resistenza del parallelo di R_{IN} e R_E , V_{L1} è il valore indicato dal multimetro quando R_E non è inserita (interruttore aperto) e V_{L2} è il valore indicato dal multimetro quando R_E è invece inserita nel circuito.



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 68 di 72

6.3c Determinazione della incertezza

Anche per i generatori è necessario valutare, per ogni taratura, la definibilità dello strumento sottoprova e sostituirla (se di valore superiore) al posto dei valori stimati nel paragrafo “Valutazione delle incertezze di misura” per le corrispondenti componenti di incertezza $u(\delta_{cm})$ e $u(\gamma_{cm})$.

Il valore di queste componenti di incertezza possono essere ricavate o dalle specifiche fornite dal costruttore dello strumento in taratura (stabilità a breve termine, coefficiente di temperatura) o dai valori di scarto tipo rilevati nel corso della taratura. In questo ultimo caso è bene approssimare per eccesso i valori ottenuti dato che essi tengono conto solo della stabilità a brevissimo termine e non comprendono tutte le componenti che concorrono a definire la ripetibilità della misura.

La risoluzione dei generatori non interviene sulla loro definibilità e non deve essere tenuta in considerazione per questo scopo.

6.4 Valutazione delle incertezze di misura

Per la valutazione delle incertezze si riporta un testo che fa riferimento al documento SIT/Tec-008/05 relativo alla taratura di generatori. Si fa riferimento alla taratura di un calibratore multifunzione di alto livello (MFC) che rappresenta l’oggetto tarabile dalla procedura con maggiore accuratezza.

Facendo riferimento al paragrafo 5.1 del documento SIT/Tec-008/05, si può definire lo scarto relativo come:

$$E_C = \frac{[l_C + (l_C \cdot \delta_{stb} + \gamma_{stb}) + l_C \cdot \delta_{crc}] - [l_M + (l_M \cdot \delta_M + \gamma_M) + (l_M \cdot \delta_{cm} + \gamma_{cm})]}{m_{nom}}$$

ove: E_C = scarto relativo del MFC;

l_C = valore impostato sul MFC, pari al valore nominale e privo d’incertezza;

$\delta_{stb}, \gamma_{stb}$ = correzioni dovute alla stabilità a breve termine del MFC, con valori mediamente nulli e incertezze $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$;

δ_{crc} = correzione dovuta al carico esercitato sul MFC dal sistema di riferimento (misuratore campione + circuito di misura), con incertezza $u(\delta_{crc})$;

l_M = lettura del misuratore campione, considerata esatta;

δ_M, γ_M = correzioni dovute alla taratura e alle caratteristiche metrologiche del misuratore campione, con valori nulli e incertezze $u(\delta_M)$ e $u(\gamma_M)$, rispettivamente pari alle componenti di tipo relativo e assoluto dell’incertezza d’uso del misuratore campione;

δ_{cm}, γ_{cm} = correzioni dovute al metodo e al circuito di misura, con valore trascurabile e incertezze $u(\delta_{cm})$ e $u(\gamma_{cm})$;

m_{nom} = valore nominale della grandezza di interesse.

L’incertezza associata allo scarto relativo può essere quindi definita come:

$$u(E_C) = \sqrt{u^2(\delta_{stb}) + \frac{u^2(\gamma_{stb})}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_{crc}) + u^2(\delta_M) + \frac{u^2(\gamma_M)}{m_{nom}^2} + u^2(\delta_{cm}) + \frac{u^2(\gamma_{cm})}{m_{nom}^2}}$$



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 69 di 72

La rappresentazione simbolica delle componenti d'incertezza che concorrono alla determinazione dell'incertezza tipo di E_C è data dalla seguente tabella:

| Grandezza | Valore Stimato | Incertezza Tipo | Distribuzione di Probabilità | Coefficiente di Sensibilità | Contributo all'Incertezza Tipo |
|----------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| l_C | l_C | - | - | - | - |
| δ_{stb} | 0 | $u(\delta_{stb})$ | normale | 1 | $u(\delta_{stb})$ |
| γ_{stb} | 0 | $u(\gamma_{stb})$ | normale | $\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_{stb})}{m_{nom}}$ |
| δ_{crc} | δ_{crc} | $u(\delta_{crc})$ | normale | 1 | $u(\delta_{crc})$ |
| l_M | l_M | - | - | - | - |
| δ_M | 0 | $u(\delta_M)$ | normale | -1 | $u(\delta_M)$ |
| γ_M | 0 | $u(\gamma_M)$ | normale | $-\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_M)}{m_{nom}}$ |
| δ_{cm} | 0 | $u(\delta_{cm})$ | normale | -1 | $u(\delta_{cm})$ |
| γ_{cm} | 0 | $u(\gamma_{cm})$ | normale | $-\frac{1}{m_{nom}}$ | $\frac{u(\gamma_{cm})}{m_{nom}}$ |
| m_{nom} | m_{nom} | - | - | - | - |
| E_C | | | | | $u(E_C)$ |

Corrispondentemente a un intervallo di confidenza del 95%, e in funzione della distribuzione di probabilità attribuibile a E_C , è possibile dedurre il fattore di copertura k , e di conseguenza l'incertezza estesa $U(E_C) = k \cdot u(E_C)$.

Prendendo in considerazione il miglior strumento che il Centro può tarare (si prende come riferimento il calibratore Wavetek mod. 4808) ❶, si possono valutare quantitativamente le componenti d'incertezza d'ingresso come:

- stabilità del generatore in taratura: si stimano $u(\delta_{stb})$ e $u(\gamma_{stb})$ sulla base delle specifiche "stability - 24 hours" del Wavetek mod. 4808 valutate come pari a 2 volte lo scarto tipo con distribuzione normale.
- effetto di carico sul generatore in taratura: si stima che la componente $u(\delta_{crc})$ sia in questo caso trascurabile. ❷
- incertezza d'uso del misuratore campione: $u(\delta_M)$ e $u(\gamma_M)$ sono dedotte dalla procedura di conferma metrologica del multimetro mod. 8508A.
- metodo e circuito di misura: si stima che l'unica componente di incertezza significativa a questo proposito sia dovuta alle f.t.e.m. presenti nel circuito. Da verifiche sperimentali effettuate si ritiene che tale componente abbia distribuzione normale e, valutata come due volte lo scarto tipo, sia pari 0,2 μV . conseguentemente la componente $u(\delta_{cm})$ risulta trascurabile e la componente $u(\gamma_{cm})$ pari a 0,1 μV . ❸



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 70 di 72

In base alle considerazioni precedenti per un intervallo di confidenza del 95% è allora possibile definire un fattore di copertura $k = 2$, e gli effettivi contributi d'incertezza sono rappresentati dalla seguente tabella:

| Campo di misura | Componenti d'incertezza | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | $u(\delta_{stb})$ (10^{-6}) | $u(\gamma_{stb})$ (μV) | $u(\delta_{crc})$ (10^{-6}) | $u(\delta_C)$ (10^{-6}) | $u(\gamma_C)$ (μV) | $u(\delta_{cm})$ (10^{-6}) | $u(\gamma_{cm})$ (μV) | $u(E_M)$ | | $U(E_M)$ | |
| | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) | (10^{-6}) | (μV) |
| da 0 a 200 mV | 0,2 | 0,15 | 0 | 3,5 | 0,06 | 0 | 0,1 | 3,5 | 0,19 | 7,0 | 0,38 |
| da 0,2 V a 2 V | 0,15 | 0,25 | 0 | 2,3 | 0,25 | 0 | 0,1 | 2,3 | 0,37 | 4,62 | 0,73 |
| da 2 V a 20 V | 0,15 | 0,5 | 0 | 2,0 | 2,5 | 0 | 0,1 | 2,0 | 2,6 | 4,04 | 5,10 |
| da 20 V a 200 V | 0,25 | 10 | 0 | 3,0 | 25 | 0 | 0,1 | 3,0 | 27 | 6,02 | 53,9 |
| da 200 V a 1000 V | 0,25 | 100 | 0 | 3,3 | 300 | 0 | 0,1 | 3,3 | 316 | 6,58 | 632 |

L'incertezza estesa relativa ad un determinato punto di misura è ricavata sommando quadraticamente la parte relativa e la parte assoluta di $U(EC)$.

Al fine di ottenere una dichiarazione dell'incertezza semplificata da riportare nelle capacità metrologiche del laboratorio è opportuno ricavare una tabella di sintesi approssimando generalmente per eccesso le componenti di incertezza coerentemente con quanto riportato al paragrafo 7.2.6 della norma UNI CEI ENV 13005.

| Campo di misura | Incertezza (*) | | Nota |
|-------------------|-----------------------|----------------|------|
| | U_1 | U_2 | |
| da 0 a 200 mV | $7,0 \cdot (10^{-6})$ | $0,40 \mu V/U$ | ① ② |
| da 0,2 V a 2 V | $4,7 \cdot (10^{-6})$ | $0,8 \mu V/U$ | ② |
| da 2 V a 20 V | $4,1 \cdot (10^{-6})$ | $5,1 \mu V/U$ | ② |
| da 20 V a 200 V | $6,0 \cdot (10^{-6})$ | $55 \mu V/U$ | ② |
| da 200 V a 1000 V | $6,6 \cdot (10^{-6})$ | $0,65 mV/U$ | |

(*) L'incertezza di misura è dichiarata come incertezza estesa corrispondente al livello di fiducia del 95%. L'incertezza di misura è ottenuta sommando in quadratura le componenti U_1 e U_2 indicate in tabella.

- ① Si indica con U la tensione in volt
- ② Estremo superiore del campo escluso

Nel caso in cui l'oggetto in taratura non fosse quello ipotizzato o uno avente caratteristiche simili, le componenti di incertezza $u(\delta_{stb})$, $u(\gamma_{stb})$ e $u(\delta_{crc})$ e il fattore di copertura devono essere rivalutate come descritto nel paragrafo **Elaborazione dei dati sperimentali** della presente procedura. In ogni caso non possono essere riportate sul certificato incertezze inferiori a quelle riportate in tabella.

| | | | |
|---|--|--------------|-----------------|
|  SIT Servizio di Taratura in Italia | ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI DI TARATURA ELETTRICI Strutture di riferibilità e documentazione tecnica <i>ALLEGATO 1</i> | | |
| | Identificazione: SIT/Tec-015/07 | Revisione: 0 | Data 2007-03-06 |

NOTE

- ❶ Lo strumento riportato è un credibile esempio di “nearly ideal measurement standards” come richiesto nel par. 1.3 della norma EA-4/02. Possono essere utilizzati come esempio anche altri tipi di strumento purché di caratteristiche non significativamente inferiori. È da tenere presente che può essere opportuno ma non strettamente necessario che il laboratorio disponga degli strumenti utilizzati come esempio.
- ❷ L’esempio descrive la situazione per la taratura nella funzione tensione continua. Tale componente può risultare non trascurabile se si esegue la taratura di altri tipi di strumenti o se si esegue la taratura in altre grandezze. Tipico a questo proposito è il caso delle tarature ai bassi valori di tensione alternata dove è necessario correggere l’effetto di carico e valutare l’incertezza di tale correzione.
- ❸ Questa componente di incertezza è da valutare differentemente se si eseguono tarature in altre grandezze.

6.5 Le procedure relative alla taratura di generatori nelle altre grandezze

Come già riportato per i misuratori, anche nel caso dei generatori le procedure relative alla taratura di apparati nelle grandezze tensione alternata, corrente continua, corrente alternata e resistenza in c.c. hanno una struttura e dei contenuti molto simili a quelli descritti nei paragrafi precedenti relativi alla procedura per la taratura di generatori. Le differenze tra procedure relative a differenti grandezze riportate nel paragrafo 5.5 per i misuratori sono, in genere, validi anche per i generatori.

Un caso particolare è però quello relativo alla procedura per la taratura di generatori di resistenza dato che con essa è possibile tarare apparati di tipo diverso:

- Resistori campione
- Calibratori con valori fissi
- Calibratori con generazione fittizia di resistenza.
- Cassette di resistenza a decadi.

I resistori campione sono l’oggetto più tradizionale da tarare e, essendo spesso quelli dotati di maggiore stabilità, le loro caratteristiche metrologiche possono essere utilizzate per definire il “nearly ideal measurement standards” nel calcolo dell’incertezza.

I resistori fisici contenuti all’interno di calibratori o di altri apparati alimentati da rete possono essere tarati con le stesse modalità individuate per i resistori campione. Bisognerà solo porre maggiore attenzione a possibili errori introdotti dai circuiti di terra e di guardia.

La taratura di calibratori con generazione fittizia di resistenza è da effettuare con maggiore attenzione in quanto il valore di resistenza non è presente fisicamente ma è realizzato per via elettronica. In primo luogo è da verificare che, per tutti i punti di misura da effettuare, la corrente con cui il multimetro campione esegue la misura sia all’interno del campo previsto dal calibratore. Se ciò non accade può risultare non corretto eseguire la taratura in quanto, specialmente se la corrente è maggiore di quanto previsto possono avvenire situazioni di saturazione che provocano errori macroscopici. Se la corrente di misura è inferiore a quanto previsto, la misura può essere in



SIT
Servizio di Taratura in Italia

**ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI
DI TARATURA ELETTRICI**
Strutture di riferibilità e documentazione tecnica
ALLEGATO 1

Identificazione: SIT/Tec-015/07

Revisione: 0

Data 2007-03-06

Pagina 72 di 72

genere effettuata, stimando però con attenzione il conseguente aumento di incertezza. Se, invece, la corrente di misura è superiore al massimo valore di corrente previsto, un accorgimento che è possibile utilizzare per ridurla è quello di impostare il multimetro su una portata di valore superiore che genera una corrente inferiore, aumentando di conseguenza l'incertezza associata alla misura.

La taratura delle cassette di resistenza composte da più decadi di resistori ha degli aspetti peculiari. Per comprenderne il motivo è riportato, in figura 32, l'esempio di una tabella che può essere utilizzata per sintetizzare nel certificato di taratura i risultati ottenuti.

| Posizione manopole | Resistenza Residua R_0 (m Ω) | Decade x 0,1 Ω | Decade x 1 Ω | Decade x 10 Ω | Decade x 100 Ω | Decade x 1000 Ω |
|-----------------------|---|--------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | R_1 (Ω) | R_2 (Ω) | R_3 (Ω) | R_4 (Ω) | R_5 (k Ω) |
| 0 | 5,9 | - | - | - | - | - |
| 1 | | 0,09993 | 0,99995 | 9,9995 | 99,995 | 0,999972 |
| 2 | | 0,19985 | 1,99990 | 19,9993 | 199,827 | 1,999954 |
| 3 | | 0,29997 | 2,9998 | 29,9988 | 299,829 | 2,99990 |
| 4 | | 0,40001 | 3,9998 | 39,9986 | 399,823 | 3,99997 |
| 5 | | 0,49997 | 5,0000 | 49,9985 | 499,825 | 4,99980 |
| 6 | | 0,59999 | 5,9997 | 59,9977 | 599,816 | 5,99983 |
| 7 | | 0,69992 | 6,9997 | 69,9973 | 699,815 | 6,99987 |
| 8 | | 0,79998 | 7,9995 | 79,9971 | 799,806 | 7,99990 |
| 9 | | 0,89997 | 8,9996 | 89,9978 | 899,808 | 8,99967 |
| 10 | | 0,99997 | 9,9994 | 99,9976 | 999,821 | 9,99975 |

Fig. 32 Tabella relativa alla taratura di una cassetta di resistenza a cinque decadi

Nella tabella:

- R_0 rappresenta la resistenza residua della cassetta con tutte le manopole a zero;
- R_1 , R_2 , R_3 , R_4 e R_5 sono gli incrementi di resistenza rispetto a R_0 ottenuti agendo rispettivamente sulle manopole da (0,1 -1 -10 - 100 - 1000) Ω / step.

Questo modo di riportare i risultati consente all'utilizzatore di stimare il valore generato dalla cassetta per una sua qualsiasi impostazione mediante la relazione:

$$R = R_0 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Se il valore di ogni "step" non fosse depurato del valore di R_0 , sommando i valori dei singoli "step" impostati si sommerebbero cinque volte il valore di R_0 che invece interviene fisicamente una sola volta nel circuito. La procedura di taratura deve quindi prevedere la possibilità di poter eseguire la sequenza di misura necessaria per determinare i parametri riportati in tabella. Deve essere, inoltre, prevista una verifica della ripetibilità dei contatti al fine di determinare la componente di incertezza relativa alla definibilità dello strumento in taratura.

Può non essere necessario utilizzare questo approccio per le cassette di elevato valore ("step" di valore più ridotto ≥ 1 k Ω) dove l'errore introdotto risulta trascurabile rispetto all'incertezza.