



SIT
Servizio di Taratura in Italia

TITOLO:

**GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI
TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE**

Identificazione: SIT/Tec-005/03

Revisione: 0

Data 2003-09-30

Pagina 1 di 14

Annotazioni:

COPIA CONTROLLATA N°

CONSEGNATA A:

COPIA NON CONTROLLATA N°

CONSEGNATA A:

0	Emissione	2003-09-30	F. Mazzoleni	M. Mosca.....
Revisione	Descrizione	Data	Redazione	Approvazione



SIT
Servizio di Taratura in Italia

TITOLO:

**GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI
TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE**

Identificazione: SIT/Tec-005/03

Revisione: 0

Data 2003-09-30

Pagina 2 di 14

Indice

- 1. Scopo**
- 2. Norme di riferimento**
- 3. Stesura delle procedure di taratura**
 - 3.1 Titolo della procedura**
 - 3.2 Metodo di misurazione**
 - 3.3 Controllo degli strumenti da tarare**
 - 3.4 Condizioni ambientali**
 - 3.5 Installazione di misura**
 - 3.6 Esecuzione della taratura**
 - 3.7 Elaborazione dati e risultati**
 - 3.8 Determinazione delle incertezze**
 - 3.9 Compilazione del certificato di taratura**
- 4. Documenti**
- 5. Allegati**



SIT
Servizio di Taratura in Italia

TITOLO:

**GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI
TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE**

Identificazione: SIT/Tec-005/03

Revisione: 0

Data 2003-09-30

Pagina 3 di 14

1. SCOPO

Scopo di questa guida è uniformare le procedure utilizzate dai Centri accreditati dal SIT – Servizio di Taratura in Italia seguendo la norma di riferimento, fornendo al contempo, consigli utili alla loro stesura.

2. NORME DI RIFERIMENTO

ISO 16063-21: 2002 Secondary vibration calibration

UNI CEI 9 “Guida all’espressione dell’incertezza di misura”, sostituita dalla UNI CEI ENV 13005: “Guida all’espressione dell’incertezza di misura” 2000.

3. STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA

Si riportano di seguito i passi da seguire nelle procedure di taratura.

3.1 TITOLO DELLA PROCEDURA

Il titolo deve descrivere compiutamente il tipo di taratura cui si riferisce la procedura (ad esempio, Taratura di trasduttori di accelerazione a singola faccia).

Scrivere una procedura per ogni tipo di taratura.

3.2 METODO DI MISURAZIONE

Descrivere lo strumento in taratura, specificando se il trasduttore è impiegato con o senza un condizionatore di segnale, nel secondo caso utilizzare un condizionatore di segnale certificato.


Descrivere il misurando, ossia la grandezza in uscita dallo strumento in taratura (ad esempio, tensione, corrente o altro).

Descrivere il metodo di misurazione impiegato (ad esempio, misura di rapporto mediante analizzatore o scheda di acquisizione).

3.3 CONTROLLI PRELIMINARI DEGLI STRUMENTI DA TARARE

Descrivere i controlli preliminari per valutare se lo strumento è in condizione di essere tarato.

Nel caso di anomalie (ad esempio, graffio sulla superficie di riferimento) descrivere le operazioni da eseguire per riportare lo strumento alla condizione di poter essere tarato.

 SIT Servizio di Taratura in Italia	TITOLO: GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
	Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30

3.4 CONDIZIONI AMBIENTALI

Descrivere dove vengono eseguite le misure (se in laboratorio la temperatura deve essere entro la fascia 23 ± 2 °C, all'esterno si deve comunque annotare la temperatura). La temperatura, utilizzando un termometro tarato, deve essere misurata in prossimità del trasduttore. Pressione e umidità non influenzano la misura, quindi la loro rilevazione è discrezionale.

3.5 INSTALLAZIONE DI MISURA

Descrivere la configurazione del sistema di taratura. Esso dovrà contenere almeno i seguenti elementi.

3.5.1 TAVOLA VIBRANTE


La scelta della tavola vibrante è legata al campo di frequenze in cui si intende operare. La sua taratura (comprendente almeno la misura delle distorsioni alle frequenze di lavoro e a diverse accelerazioni, la misura dei moti trasversali) è molto importante. La taratura può essere eseguita dal laboratorio o presso l'IMGC ed i risultati devono essere allegati alla procedura.

Indicare il campo di frequenza in cui si intende operare. Porre molta attenzione alla frequenza minima, che dipende dalla qualità della tavola vibrante di cui si dispone. I valori di frequenza consigliati sono:

5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz, 80 Hz, 160 Hz, 315 Hz, 630 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, 6000 Hz, 7000 Hz, , 8000 Hz, 9000 Hz, 10000 Hz.

3.5.2 CAMPIONE DI RIFERIMENTO

Il trasduttore di riferimento da utilizzare dipende dal tipo di trasduttore in prova. Per la taratura di trasduttori a doppia faccia utilizzare un trasduttore a singola faccia certificato SIT (o da Laboratorio di taratura straniero accreditato da firmatario di EA-MLA o ILAC-MRA) o IMGC (o da istituto straniero firmatario di CIPM-MRA). Per trasduttori a singola faccia utilizzare un trasduttore a doppia faccia o una struttura con trasduttore interno costruita dal cliente o dall'IMGC; entrambi devono essere corredati di certificato SIT o IMGC. Si consiglia di richiedere tarature separate (presso un centro SIT o l'IMGC) del trasduttore di riferimento e del condizionatore di segnale, anziché della catena completa. In caso di guasto del condizionatore di segnale, questo permette di utilizzare un altro condizionatore (sempre tarato presso l'IMGC o equivalente Istituto straniero firmatario dell'accordo CIPM – MRA o Centro SIT).

	TITOLO: GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30	Pagina 5 di 14

3.5.3 CONDIZIONATORE DI SEGNALE

Descrivere i condizionatori di segnale da abbinare al trasduttore di riferimento e da utilizzare nel caso di taratura dei soli trasduttori. Il condizionatore di segnale utilizzato per il trasduttore in prova deve essere certificato dall'IMGC o da equivalente Istituto straniero firmatario dell'accordo CIPM – MRA.

3.5.4 STRUMENTO PER LA MISURA DEI RAPPORTI

Descrivere lo strumento utilizzato per la taratura che deve essere corredato di certificato SIT (o da Laboratorio di taratura straniero accreditato da firmatario di EA-MLA o ILAC-MRA) o IMGC (o da istituto straniero firmatario di CIPM-MRA).

3.5.5 GENERATORE DI FREQUENZA

Descrivere il generatore di frequenza utilizzato.

3.5.6 CHIAVE O CACCIAVITE TORSIOMETRICO

Descrivere lo strumento impiegato per il serraggio dei trasduttori (la coppia è normalmente di 2 N m, quindi la coppia massima dello strumento non deve essere superiore ai 4 - 5 N m). Lo strumento deve essere certificato da Centro SIT (o da Laboratorio di taratura straniero accreditato da firmatario di EA-MLA o ILAC-MRA).

3.5.7 AMPLIFICATORE DI POTENZA


Descrivere l'amplificatore di potenza utilizzato.

3.5.8 SOFTWARE IMPIEGATO

Descrivere il software impiegato e l'ambiente in cui è stato sviluppato. Allegare una descrizione della procedura di validazione del programma (si veda SIT Doc-535).

3.5.9 TEMPERATURA

Descrivere lo strumento utilizzato per la misura della temperatura (deve essere corredato di certificato SIT di Laboratorio straniero accreditato).

	TITOLO:		
	GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30	Pagina 6 di 14

3.5.10 STRUMENTI ACCESSORI

Descrivere gli eventuali strumenti accessori utilizzati (ad esempio, oscilloscopio).

3.6 ESECUZIONE DELLA TARATURA

Descrivere la procedura da seguire per l'esecuzione della taratura. La descrizione deve essere la più chiara possibile, per evitare errori da parte dell'operatore. I punti critici sono:

- Il collegamento dei trasduttori ai propri condizionatori di segnale
- La verifica della corretta impostazione dei condizionatori di segnale
- Il fissaggio dei cavetti, in particolare a bassa frequenza
- La lubrificazione delle superfici di contatto
- La coppia di serraggio
- L'accensione degli strumenti almeno 2 ore prima delle prove
- L'esecuzione della prova almeno 15' dopo il serraggio
- L'archiviazione dei risultati

3.7 ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

Descrivere come vengono analizzati e trattati i risultati delle misurazioni (ad esempio, se i dati sono trattati in modo automatico oppure se vengono trattati in un secondo tempo, ad esempio, mediante un foglio excel).

Descrivere le procedure per il trattamento e l'analisi dei dati sperimentali.


Descrivere le decisioni prese dall'operatore dopo l'analisi dei dati (ad esempio, se lo scarto tipo delle misure è superiore ad un certo valore, cosa deve fare l'operatore?).

Indicare dove sono archiviati i dati acquisiti.

3.8 DETERMINAZIONE DELLE INCERTEZZE

Descrivere, secondo quanto prescritto nella norma UNI CEI ENV 13005: "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" 2000, le fonti d'incertezza che concorrono al calcolo dell'incertezza composta e dei gradi di libertà effettivi.

Le incertezze si classificano nelle categorie A e B.

	TITOLO:		
	GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30	Pagina 7 di 14

Le incertezze di tipo A sono determinate sperimentalmente (ossia sulla base di informazioni ottenute nel corso della misurazione) utilizzando metodi statistici.

Le incertezze di tipo B sono determinate sulla base di conoscenze ed informazioni disponibili “a priori” (ad esempio, certificati di taratura, manuali, tavole di valori, modelli matematici dell’apparato di misura).

3.8.3 INCERTEZZE DI CATEGORIA A

Scarto tipo delle misure effettuate – ripetibilità

La determinazione della ripetibilità di una misurazione implica la ripetizione della misura senza modificare le condizioni di lavoro. Ad esempio, si eseguono n misure di rapporto (alla stessa frequenza). Si calcolano quindi il valore medio (risultato della misurazione) e lo scarto tipo (ripetibilità della misurazione) dei valori ottenuti. Il numero di gradi di libertà è pari al numero delle misure meno 1 (ad esempio, se $n = 10$, i gradi di libertà sono 9).

Scarto tipo delle misure effettuate – riproducibilità

La determinazione della riproducibilità di una misurazione implica la ripetizione della misura modificando (in tutto o in parte) le condizioni di lavoro. Ad esempio, si eseguono m misure smontando e rimontando ogni volta il trasduttore. L’analisi dati è condotta come nel caso precedente ed il numero di gradi di libertà è ancora pari al numero di prove eseguite meno 1.


3.8.3 CONSIGLI

Per uniformare le procedure si consiglia, per la ripetibilità, di eseguire almeno 5 misure. Per la riproducibilità si consiglia di eseguire almeno 3 misure.

3.8.3 INCERTEZZE DI CATEGORIA B

Inceteezze ricavate dai certificati

Questo è il caso più semplice, poiché è disponibile, direttamente, il valore di incertezza da utilizzare. Il certificato di taratura riporta l’incertezza estesa U , ottenuta moltiplicando l’incertezza tipo dello strumento u per un fattore di copertura k (normalmente $k = 2$). Quindi, l’incertezza da utilizzare nel processo di disseminazione sarà $u = U / k$. Il numero di gradi di libertà è, solitamente, maggiore di 30: ciò giustifica l’utilizzo della distribuzione normale.

 SIT Servizio di Taratura in Italia	TITOLO: GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
	Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30

Incertezze ricavate dai manuali

Sul manuale di un accelerometro troviamo che la sensibilità alle accelerazioni trasversali è compresa tra 1.0% e 3.0%; avendo a disposizione tale informazione e la caratterizzazione della tavola vibrante, è possibile determinare i valori minimo e massimo entro il quali può variare la misura.

Esempio:

Se, alla frequenza di 5000 Hz, la tavola vibrante utilizzata presenta un'accelerazione trasversale del 10%, e se il trasduttore in prova ha una sensibilità trasversale del 2.0%, l'errore massimo è pari allo 0.2% (errore massimo = $0.1 \times 0.02 = 0.002 = 0.2\%$). Non disponendo di ulteriori informazioni, ipotizziamo che tutti i valori nell'intervallo $-0.2\% - +0.2\%$ siano equiprobabili. Questo corrisponde ad assumere una **distribuzione rettangolare**. Il contributo nel calcolo delle incertezze sarà quindi il valore

della semiampiezza diviso $\sqrt{3}$ (pari a $\frac{0.2}{\sqrt{3}}$). Il numero di gradi di libertà da adottare dipende dalla


conoscenza delle informazioni da parte dell'operatore. Riferendosi al suddetto esempio, avendo caratterizzato la tavola e considerando attendibili i valori dichiarati dalla casa costruttrice, si può attribuire un numero di gradi di libertà maggiore di 30.

Errori sistematici

Nella misura del rapporto fra la tensione della catena in taratura e la tensione della catena di riferimento, si può commettere un errore sistematico: se si utilizza un solo multimetro (usando un deviatore per acquisire i due segnali), le misure possono risentire dell'instabilità del sistema tavola vibrante - amplificatore di potenza. Si può ovviare a questo problema utilizzando un analizzatore a due canali o una scheda di acquisizione: effettuando le due misure simultaneamente, il risultato non viene influenzato da variazioni del livello di accelerazione. Poiché le misure di rapporto possono variare nel campo 0.5 - 1.5 (in funzione della sensibilità della catena in prova), è fondamentale richiedere la certificazione del rapporto (modulo della funzione di trasferimento) a diversi valori (ad esempio, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5), presso un centro SIT o l'IMGC o altro Laboratorio competente. Si consiglia di eseguire sempre le misure di rapporto (se possibile) con un valore prossimo a 1, agendo sul guadagno dell'amplificatore collegato al trasduttore di riferimento.

Conoscendo lo scarto percentuale, rispetto ai valori nominali di rapporto riportati nel certificato, possiamo:

- a. Correggere i valori misurati di rapporto

	TITOLO:		
	GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30	Pagina 9 di 14

b. Utilizzare lo scarto percentuale nel calcolo delle incertezze

Si consiglia di utilizzare la procedura “a” quando gli scarti sono superiori allo 0.2%.

Dopo aver valutato le incertezze ed i relativi gradi di libertà, si procede al calcolo dell’incertezza composta u ed al calcolo dell’incertezza estesa U moltiplicando la prima per l’opportuno fattore di copertura k .

3.9 COMPILAZIONE DEL CERTIFICATO DI TARATURA

Il certificato di taratura deve essere redatto in modo chiaro e univoco, riportando tutti gli elementi necessari per la sua applicazione nelle misure (si veda anche Doc-512).

Il certificato deve essere redatto su carta intestata del centro.


Un certificato tipo deve essere composto, normalmente, da 3-4 pagine.

Le prime due pagine devono corrispondere al modello distribuito dal SIT (Doc-525), in prima pagina viene riportato:

- Numero di certificato
- Data di emissione
- Tipo di strumento
- Modello e numero di serie
- Data delle misure
- Procedura applicata
- Numero del registro di laboratorio
- Dati di identificazione del destinatario

Nelle pagine seguenti viene riportato:

- Una breve descrizione del misurando (sensibilità della catena in taratura calcolata come rapporto fra la tensione di uscita della catena in prova e l’accelerazione impressa al trasduttore).
- Descrivere il metodo impiegato (misura di confronto con la catena di riferimento xxx)
- Temperatura in prossimità del trasduttore
- Descrivere i dati riportati in tabella (frequenza, accelerazione impostata, sensibilità media della catena in prova, incertezza estesa)
- Impostazione del condizionatore di segnale durante la taratura
- Coppia di serraggio del trasduttore

 <p>SIT Servizio di Taratura in Italia</p>	TITOLO: GUIDA ALLA STESURA DELLE PROCEDURE DI TARATURA PER LE ACCELERAZIONI DINAMICHE		
Identificazione: SIT/Tec-005/03	Revisione: 0	Data 2003-09-30	Pagina 10 di 14

- Tabella
- Breve descrizione dell'incertezza, qualora la frase riportata nelle prime due pagine e che si riferisce all'utilizzo di $k = 2$ non corrispondesse al metodo utilizzato, si riporti la frase "L'incertezza estesa qui indicata è espressa come l'incertezza tipo moltiplicata per il fattore di copertura $k = XX$, che per una distribuzione con gradi di libertà effettivi $\nu_{\text{eff}} = YY$ corrisponde ad un livello di fiducia di circa il 95%. L'incertezza tipo è stata determinata conformemente al documento EA-4/02..
- Eventuale grafico della sensibilità della catena in prova in funzione della frequenza.

Il numero di certificato e la data deve essere riportata su ogni pagina dello stesso.

Il certificato stilato deve essere approvato dall'Ispettore SIT che valuterà le procedure.

4 DOCUMENTI

Elencare i documenti di supporto (norme, allegati ed altro).

5 ALLEGATI

Esempio di certificato

CENTRO DI TARATURA
Calibration Centreistituito da
established byPagina 1 di
Page 1 of.....CERTIFICATO DI TARATURA N.
Certificate of Calibration No. 169 / 2003

- <u>Data di emissione</u> <i>date of issue</i>	2003-04-16	Il presente certificato di taratura è rilasciato in base all'accreditamento SIT N. concesso dal Servizio di accreditamento dell'Istituto Metrologico Primario competente in attuazione della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Tale Istituto, nei campi di misura ed entro le incertezze precisate nell'accreditamento stesso, garantisce: - il mantenimento della riferibilità degli apparecchi usati dal Centro a campioni nazionali delle unità del Sistema Internazionale delle Unità (SI); - la correttezza metrologica delle procedure di misura adottate dal Centro.
- destinatario <i>addressee</i>	Xxxxx	
- richiesta <i>application</i>		
- in data <i>date</i>		
<u>Si riferisce a</u> <i>referring to</i>		<i>This certificate of calibration is issued in accordance with the accreditation SIT No. guaranteed by Accreditation Service of the relevant Primary Metrological Institute in enforcement of the law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. The Institute, for the measurement ranges and within the uncertainties stated in the approval, guarantees:</i> - <i>the maintenance of the traceability of the apparatus used by the Centre to national standards of the International System of Units (SI);</i> - <i>the metrological correctness of the measurement procedures adopted by the Centre.</i>
- oggetto <i>item</i>	Catena accelerometrica	
- costruttore <i>manufacturer</i>	Xxxxxx	
- modello <i>model</i>	Xxxxxxxxxx	
- matricola <i>serial number</i>	1313	
- data delle misure <i>date of measurements</i>	dal 2003-06-09 al 2003-06-10	
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Zxy	

Salvo diversa specificazione nelle pagine seguenti, i risultati di misura riportati nel presente Certificato si riferiscono esclusivamente all'oggetto di taratura e sono validi nelle condizioni di taratura. Tali risultati sono stati ottenuti applicando le procedure riportate alla pagina seguente insieme ai campioni di prima linea, che iniziano la catena di riferibilità, e ai rispettivi certificati validi di taratura.

Except for any different specification in the sequent pages, the measurement results reported in this Certificate are concerning the object of the calibration in the condition in which calibration was performed. These results were obtained applying the procedures reported in the following page together with the first line standards, which begin the traceability chain, and their valid certificates of calibration.

Salvo diversa specificazione nelle pagine seguenti, le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura $k = 2$, che per una distribuzione normale corrisponde ad un livello di fiducia del 95 % circa. L'incertezza tipo è stata determinata conformemente al documento EA-4/02.

Except for any different specification in the sequent pages, the uncertainty is here reported as expanded uncertainty of measurement obtained by the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95 %.. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with EA Publication EA-4/02.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre

Certificato di taratura n. ...
Certificate of calibration no...

Pagina 2 di ...
Page 2 of

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure N.
The measurement results reported in this Certificate were obtained following procedures No.

.....
.....

La catena di riferibilità ha inizio dai campioni di prima linea N.
Traceability is through first line standards No.

.....
.....

muniti di certificati validi di taratura rispettivamente N.
validated by certificates of calibration No.

.....
.....

Taratura catena composta da : condizionatore s.n. AE25, accelerometro s.n. 1232002

1. Misurando

Il misurando è la sensibilità della catena in prova; calcolata come rapporto fra la tensione in uscita dalla catena e l'accelerazione impostata.

La taratura dello strumento in prova, con il condizionatore fornito dal committente, è stata effettuata per confronto con la catena accelerometrica di riferimento A1 dell'IMGC.

La taratura è stata eseguita ad un'accelerazione pari a **10 m/s²**.

2. Risultati

La temperatura in prossimità del trasduttore era di $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$.

In tabella sono riportati i valori di:

- frequenza impostata
- valore medio della sensibilità della catena in prova
- incertezza estesa

Alla frequenza di 160 Hz è stata eseguita una prova di linearità in accelerazione fino a 100 m/s².

Dalle misure non si è rilevata alcuna deviazione dalla linearità.

Coppia di serraggio = (2 ± 0.1) N m

Impostazione condizionatore di segnale CANALE 1:

Input: Charge
Sensitivity: 0.125 pC / EU
Output scaling: 10 mV / EU
HP Filter : OFF
LP Filter : OFF

TABELLA

frequenza	sensibilit à	incertezz a
Hz	mV/(m s ⁻²)	%
20	10.00	0.8
40	9.97	0.8
60	9.95	0.8
80	9.96	0.8
160	9.94	0.8
315	9.99	0.9
630	10.01	0.9
1000	10.01	0.9
2000	10.05	1.0
3000	10.08	1.0
4000	10.11	1.0
5000	10.12	1.0
6000	10.23	1.1
7000	10.34	1.1
8000	10.52	1.2
9000	10.78	1.2
10000	10.90	1.2

3. Incertezza

L'incertezza estesa qui indicata è espressa come l'incertezza tipo moltiplicata per il fattore di copertura $k = 2$, che per una distribuzione normale corrisponde ad una probabilità di copertura di circa il 95%. L'incertezza tipo è stata determinata in accordo con le indicazioni contenute nella guida EA-4/02.

Nella determinazione dell'incertezza tipo, la stabilità dell'oggetto non è stata presa in considerazione.