

MANUALE DI TARATURA DEGLI STRUMENTI DI MISURA

Questo manuale è articolato in una prima parte dedicata alle problematiche di taratura ed incertezze di misura e una seconda parte rivolta alle metodologie e procedure di taratura delle diverse grandezze fisiche, chimiche meccaniche ed elettriche.

Alessandro Brunelli

Il manuale è dedicato in particolar modo agli operatori impegnati nella verifica e taratura della Strumentazione di Misura nei Sistemi di Gestione per la Qualità ISO 9001, per l'Ambiente ISO 14001 e per gli Autoveicoli ISO 16949, allo scopo di essere un manuale di riferimento e di consultazione in quanto tratta gli argomenti cardini e topici nella garanzia e gestione dei processi di misurazione industriali, quali:

- i concetti generali per la gestione delle apparecchiature per misurazione secondo la recente ISO 10012 inerente il sistema di gestione degli strumenti e delle misurazioni;
- l'idoneità dello strumento stesso ad eseguire accurate misurazioni, tenendo sotto controllo la sua deriva allo scopo di migliorare la qualità del processo di misurazione;
- i criteri e le procedure di accettazione, di gestione e di verifica della taratura dei principali misuratori, analogici e digitali, nuovi o usati;
- le disposizioni normative e di legge per la produzione, marcatura CE e commercializzazione degli strumenti per misurazione.

Il manuale è costituito da due Parti principali:

- la Parte 1[^] che illustra dapprima il Sistema Internazionale di unità misura (SI) ed i Servizi Nazionali, Europei ed

Internazionali di taratura (ACCREDIA, EA e ILAC) e quindi i requisiti prestazionali degli strumenti per misurazione ed i criteri per la valutazione della riferibilità e dell'incertezza delle misure, nonché i requisiti normativi e legali relativi alla gestione degli strumenti e delle misurazioni;

- la Parte 2[^] tratta successivamente le problematiche della taratura, verifica e conferma metrologica delle principali famiglie di strumenti per misurazione delle grandezze fisiche, chimiche, meccaniche ed elettriche, trattando prima per ogni grandezza, i concetti specifici della misura, nonché le l'eventuale corpo normativo di riferimento, e poi, presentando per le tipologie più comuni di strumenti, delle semplici procedure di taratura e conferma metrologica, accompagnate dalle relative schede di raccolta dati sperimentali.

Inoltre, per ogni tipologia di misuratori sarà riportata nel Manuale una scheda strumento che fornirà pratiche modalità ed istruzioni per:

- la verifica della conformità dello strumento per misurazione nuovo all'accettazione;
 - la verifica, ad intervalli predefiniti, della sua taratura e della sua incertezza strumentale;
 - le dovute registrazioni di controllo e gestione dello strumento richieste dalle norme;
 - le modalità di conservazione, incluse raccomandazioni per le schede di registrazione;
- schede di registrazione in Fogli Excel che potranno essere richieste gratuitamente all'Editore.

Per le famiglie più comuni di strumenti di misura, si possono evincere facilmente delle pratiche procedure di taratura, mutuabili per le proprie applicazioni aziendali, in quanto tutte le procedure riportate sono armonizzate sui seguenti punti:

- 1 - Scopo
- 2 - Identificazione e classificazione
- 3 - Normativa di riferimento
- 4 - Condizioni ambientali
- 5 - Controlli iniziali
- 6 - Metodo di taratura
- 7 - Verifica della taratura
- 8 - Risultati della taratura
- 9 - Conferma metrologica

e completate da altrettanto pratiche schede di raccolta dati utili per la registrazione sia dei dati anagrafici, sia dei dati sperimentali e sia per la valutazione della conformità dello strumento.



Pertanto, ancora una volta l'Autore si prefigge l'impegno a sviluppare e promuovere la cultura della strumentazione nei suoi aspetti tecnologici, metrologici ed applicativi, diventati attualmente i cardini della produzione aziendale e della libera circolazione delle misure.

INDICE

Parte I[^]

Requisiti e indicazioni generali per la gestione degli strumenti e delle misurazioni

- 1 - Sistema Internazionale di unità di misura (SI)
- 2 - Sistema Nazionale di Taratura (SNT) e Servizio di Taratura in Italia (SIT) e ACCREDIA
- 3 - Servizi di Taratura Europei (EA) ed Internazionali (ILAC)
- 4 - Riferibilità e la compatibilità delle misure
- 5 - Incertezza di misura
- 6 - Taratura degli strumenti per misurazione
- 7 - Requisiti normativi nei sistemi gestione per la qualità ISO 9001, ISO 14001, ISO 16949

- 8 - Requisiti normativi generali nei sistemi di gestione delle misurazioni ISO 10012
- 9 - Criteri di scelta dello strumento in relazione alle esigenze della misurazione
- 10 - Criteri di valutazione della conformità dello strumento di misura
- 11 - Cenni ai requisiti legislativi sulla taratura iniziale e sulla taratura periodica

Parte II[^]

Requisiti e criteri specifici per la gestione e la taratura degli strumenti per misurazione

- 1.0 - Misuratori di grandezze fisiche
 - 1.1 - Pressione
 - 1.2 - Portata
 - 1.3 - Livello
 - 1.4 - Temperatura
 - 1.5 - Umidità
 - 1.6 - Viscosità
 - 1.7 - Densità
 - 1.8 - Massa
- 2.0 - Misuratori di grandezze chimiche per liquidi
 - 2.1 - PH
 - 2.2 - Redox
 - 2.3 - Torbidità
 - 2.4 - Conduttività
 - 2.5 - Ioni disciolti
- 3.0 - Misuratori di grandezze chimiche per gas
 - 3.1 - Infrarossi
 - 3.2 - Ultravioletti
 - 3.3 - Gas comburenti
 - 3.4 - Gas combustibili
 - 3.5 - Gas cromatografi
- 4.0 - Misuratori di grandezze meccaniche
 - 4.1 - Lunghezza
 - 4.2 - Forza
 - 4.3 - Coppia
 - 4.4 - Vibrazione
 - 4.5 - Suono e rumore
- 5.0 - Misuratori di grandezze elettriche
 - 5.1 - Indicatori
 - 5.2 - Oscilloscopi

- 5.3 - Trasformatori
- 5.4 - Pinze amperometriche
- 5.5 - Multimetri analogici e digitali

ESEMPIO DI TARATURA E CONFERMA METROLOGICA

Procedura di Taratura per Manometri a Quadrante

1 - Scopo

Questa procedura si applica a tutti i tipi di manometri a quadrante con elemento elastico a molla tubolare (bourdon), a membrana e a capsula, con campi di misura compresi tra -1 e 1600 bar (o maggiore).

2 - Identificazione e classificazione

Lo strumento nuovo prima di essere utilizzato nell'applicazione prevista, deve essere schedato secondo la Tabella a lato, definendo all'uopo le procedure e norme applicabili, i controlli richiesti ed i relativi risultati e quindi confermato metrologicamente per l'applicazione, provvedendo anche alla sua taratura se necessario.

3 - Normativa di riferimento

- a - UNI EN 472 (1995): Manometri – Vocabolario
- b - UNI EN 837-1-2-3 (1997): Manometri a molla tubolare, a membrana e a capsula

4 - Condizioni ambientali

- a - Temperatura ambiente: (20 ± 2) °C
- b - Umidità relativa: (50 ± 25) %
- c - Pressione atmosferica: (1000 ± 25) mbar

5 - Controlli iniziali

Prima di iniziare qualsiasi operazione, verificare che lo strumento non rechi tracce di rottura, usura o alterazione di parti essenziali quali scala di misura, raccordi, ecc. Installare quindi lo strumento nel circuito di misura ed assicurarsi che non vi siano perdite ed effettuare tre cicli di precarico su tutto il campo di verifica del manometro in taratura.

6 - Metodo di taratura

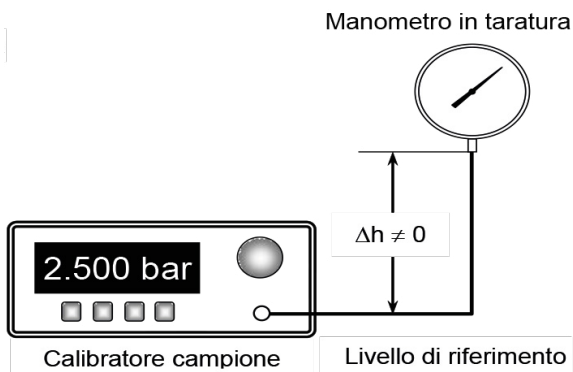
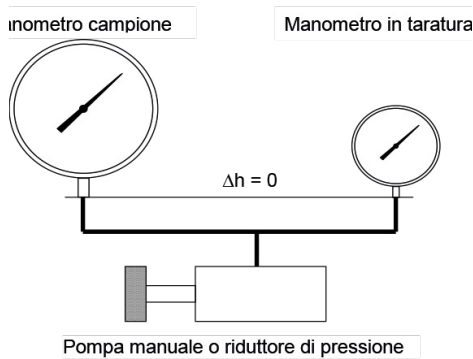
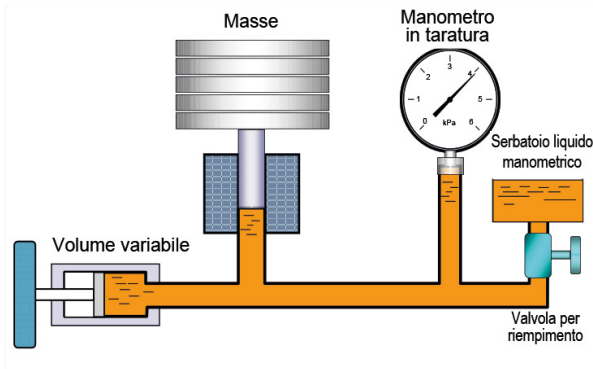
La taratura può essere eseguita per confronto con strumenti campione:

- A - per manometri da laboratorio, con bilancia di pressione a masse campione (Figura A)
- B - per manometri industriali di classe superiore a 1, con

manometro campione (Figura B)

C - per manometri industriali di classe inferiore a 1, con calibratore di pressione (Figura C)

aventi in ogni caso, una incertezza di misura inferiore possibilmente di $\frac{1}{4}$ di quella del manometro in taratura (in accordo alla normativa di riferimento).



Se tra la presa di pressione del manometro campione e in taratura esiste un dislivello Δh , occorre correggere la differenza di pressione ΔP tra i due livelli, tramite la relazione:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h \text{ [Pa]}$$

7 - Verifica della taratura

La verifica deve essere eseguita con pressione crescente/decrescente, p.e. (almeno ogni 25% della scala):

25 - 50 - 75 - 100 - 75 - 50 - 25 - 0 %

Raggiungere ogni punto di misura senza superarlo, attendere che l'indicazione del campione sia perfettamente stabile, quindi leggere e rilevare la misura del campione e dello strumento.

8 - Risultati della taratura

I risultati della taratura devono essere riportati in Tabella per essere dapprima elaborati e poi successivamente valutati nei confronti dell'errore massimo tollerato o dell'incertezza massima tollerata:

- verificando che l'errore max rilevato (EMR) dello strumento sia \leq all'errore max tollerato (EMT);
- verificando che l'incertezza max rilevata (UMR) dello strumento sia \leq all'incertezza max tollerata (UMT).

Se la verifica non è positiva occorrerà ritarare lo strumento, ripetendo poi la verifica della taratura (punto 7), oppure declassare o alienare lo strumento.

9 - Conferma metrologica

Registrare sulla scheda di gestione dello strumento le risultanze della conferma metrologica:

- l'esito della conferma metrologica (positiva, negativa: declassamento o alienamento);
- la sigla di chi ha eseguito la verifica e la data della successiva verifica.

Inoltre compilare e applicare l'etichetta di avvenuta positiva conferma sullo strumento indicante almeno il numero del rapporto di verifica/taratura, la matricola dello strumento e la data della successiva verifica.

Scheda di Taratura e Conferma Metrologica per Manometri a Quadrante

ALCUNE CONSIDERAZIONI SULLA TARATURA E CONFERMA METROLOGICA

Secondo i documenti internazionali di riferimento:

- ISO-GUM :Guide expression Uncertainty in Measurement :ISO Guide 98 \equiv UNI CEI 70098-3

Scheda di Taratura e Conferma Metrologica per Manometri a Quadrante

Laboratorio Metrologico	Manometri a Quadrante (Vacuometri e Manovacuometri)			Scheda Numero XX-PI			
DATI IDENTIFICATIVI E METROLOGICI							
Sigla strumento	PI 11	Campo di misura		0-10 bar			
Classificazione strumento	Processo	Campo di taratura		0-10 bar			
Denominazione strumento	Manometro	Classe di precisione		1%			
Costruttore	ABC	Risoluzione di misura (E _{ris})		0.05 bar			
Modello	DN 100	Errore Max Tollerato (EMT)		0.10 bar			
Matricola	XYZ	Incert. Max Tollerata (UMT)		0.15 bar			
Data di acquisizione	01.02.2020	Incert. Camp. Misura (U _{cam})		0.01 bar			
Luogo di installazione	Processo PI 11	Numero Certificato Campione		1111			
Condizioni di installazione	Verticale	Fluido di Esercizio / Taratura		Aria / Aria			
Condizioni di utilizzazione	Eventuale	Fluido di Riempimento		Eventuale			
PROCEDURE E NORME APPLICABILI							
Procedura di taratura	PP-PI	Procedura di manutenzione		Spec. costrutt.			
Procedura di conferma	PP-PI	Norme di riferimento		UNI EN 837			
CONTROLLI RICHIESTI							
Taratura <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Conferma <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Certificazione <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			
Ente di Controllo <input checked="" type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Esterno							
RIFERIBILITÀ DELLA MISURA							
Taratura e Conferma Riferibilità interna a campione riferimento PS 11			Certificazione (Riferibilità Ente Certificatore)				
INTERVALLO DI CONFERMA METROLOGICA							
<input type="checkbox"/> 3 mesi		<input type="checkbox"/> 6 mesi		<input checked="" type="checkbox"/> 1 anno			
<input type="checkbox"/> 2 anni							
RISULTATI DEI CONTROLLI							
Data Controllo	Ente Controllo	Numero Rapporto	Esito Conferma	Deriva EMR/bar	Firma Visione	Scadenza	Note
01.06.2023	Interno	XX-PI	Positiva	0.05	Bianchi	01.06.2024	
RISULTATI ULTIMA VERIFICA							
Prima della verifica è stata fatta la regolazione (o messa in punto)				<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO		
Pressione Riferimento (bar)	VALORI RILEVATI		ERRORI RILEVATI		Errore Max Rilevato E _{max} (bar)		
	Salita	Discesa	Salita	Discesa			
	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)			
0	-	0.05	-	0.05			
2	1.95	2.05	- 0.05	0.05			
4	3.95	4.05	- 0.05	0.05	0.05		
6	5.95	6.05	- 0.05	0.05			
8	7.95	8.05	- 0.05	0.05			
10	9.95	-	- 0.05	-			
RISULTATI DELLA CONFERMA METROLOGICA							
EMR < EMT	0.05 bar < 0.10 bar				<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
OPPURE IN ALTERNATIVA							
UMR < UMT	$UMR = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{U_{cam}}{2}\right)^2 + \left(\frac{E_{max}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{ris}}{2\sqrt{3}}\right)^2} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0.01}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{1.73}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{3.46}\right)^2} = 0.06bar < 0.15bar$				<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
LA PROSSIMA VERIFICA DOVRÀ ESSERE ESEGUITA ENTRO IL					01.06.2024		
Funzione Metrologica	FIRMA ESECUTORE		FIRMA RESPONSABILE		DATA 01.06.2023		

■ ISO-VIM :International Vocabulary in Metrology :ISO
Guide 99 ≡ UNI CEI 70099

la Procedura di Taratura è definita come:

Procedura eseguita in condizioni specificate, che stabilisce la relazione tra i valori di una grandezza con relative incertezze di misura associate e la lettura di uno strumento di misura, che può essere espressa mediante una tabella o curva di taratura, utilizzabile per la eventuale correzione dei risultati di misurazione condotti con lo strumento così tarato;

mentre la Procedura di Conferma metrologica è definita come:

Insieme di operazioni richieste per garantire che un'apparecchiatura per misurazione o strumento di misura sia conforme ai requisiti per l'utilizzazione prevista.

Entrambi i documenti fanno riferimento ai parametri metrologici degli strumenti di misura, quali:

l'Errore di misura (E):

Valore misurato di una grandezza meno il valore di riferimento della grandezza stessa;

l'Incertezza di misura (U):

Parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei valori che sono attribuiti ad un misurando, sulla base delle informazioni utilizzate (normalmente dato con un livello di confidenza o di fiducia del 95%).

Per passare dai concetti di Errore a quelli di incertezza U, occorre utilizzare la seguente relazione:

$$U = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{U_{cam}}{2}\right)^2 + \left(\frac{E_{max}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{ris}}{2 \cdot \sqrt{3}}\right)^2}$$

dove i diversi simboli hanno le seguenti interpretazioni:

U_{cam} = Incertezza del campione di riferimento utilizzato nella taratura:

normalmente fornita nel certificato di taratura con distribuzione normale a livello di fiducia del 95 % ($\pm 2\sigma$), per cui l'incertezza tipo è ricavabile dividendola per 2

E_{max} = Errore di indicazione massimo dello strumento in taratura:

normalmente è scelto il valore massimo, positivo o negativo, è quindi espresso con distribuzione rettangolare ($\pm a$), per cui l'incertezza tipo è ricavabile dividendolo per $\sqrt{3}$.

E_{ris} = Errore di risoluzione dello strumento in taratura:

normalmente il valore di risoluzione analogica o digitale

(digit) è considerato anch'esso con tipo di distribuzione semi_rettangolare ($\pm a/2$), per cui l'incertezza tipo è ricavabile dividendolo per $2 \cdot \sqrt{3}$.

Nel Manuale e nelle Schede di valutazione della conformità degli strumenti di misura installati in campo sui processi produttivi, per controllare una specifica richiesta, può essere attuata in due modi (vedasi anche Scheda di Taratura e Conferma Metrologica alla fine, precedentemente riportata):

1 - Metodo pratico, mediante verifica dell'Errore Massimo Tollerato (EMT):

senza determinarne l'incertezza effettiva di misura data la normale scarsa influenza dell'incertezza del campione di misura utilizzato (caso di errore del campione $\leq 1/3$ dello strumento in taratura)

2 - Metodo analitico, mediante verifica dell'Incertezza Massima Tollerata (UMT):

determinando l'incertezza effettiva di misura data la non sempre scarsa influenza dell'incertezza del campione di misura utilizzato (caso di errore del campione $> 1/3$ dello strumento in taratura)

e comunque da scegliere anche in base alle normative specifiche applicative previste per lo strumento in taratura e conferma metrologica.

A sussidio del Manuale e dietro richiesta dell'Acquirente, l'Editoriale Delfino mette a disposizione una serie di Schede di Taratura e Conferma Metrologica per una decina di famiglie di Strumenti di Misura elaborate dall'Autore, che calcolano automaticamente l'Incertezza di Misura e determinano la Conformità degli Strumenti con i due sopra riportati metodi di valutazione.

<https://libri.editorialedelfino.it/prodotto/manuale-di-taratura-degli-strumenti-di-misura-2/>