

Normative sui misuratori di pressione

di Alessandro Brunelli

La misura della pressione è generalmente affidata a manometri meccanici, a trasduttori e a trasmettitori elettronici, tutti da tempo normalizzati per quanto riguarda le caratteristiche costruttive, applicative e metrologiche. Viene qui fornito il quadro di riferimento normativo a livello internazionale, europeo e nazionale, e riportata la normativa tecnica di riferimento per le tipologie di manometri e trasmettitori più diffusi. Partendo dai manometri meccanici, ancora ritenuti validi per misure locali, viene poi esaminato il corpo normativo relativo ai trasduttori e trasmettitori di pressione, sempre più impiegati nella supervisione degli impianti industriali. Infine, si riporta la normativa legale sui misuratori di pressione più utilizzati per la sicurezza, la salute e il benessere dell'uomo.

La normazione è quell'attività svolta per stabilire, relativamente a problemi pratici e applicativi, disposizioni per gli usi comuni e ripetitivi, mirati all'ottenimento di un ordine migliore in un determinato contesto, mediante l'emissione di Norme messe a punto con la cooperazione e l'approvazione di tutte le parti interessate.

Le normative possono essere essenzialmente di due tipi:

• **Norma tecnica**

ovvero una specifica tecnica, emessa da un organismo normatore riconosciuto, per una generale applicazione con osservanza non obbligatoria, che prescrive i requisiti tecnici che prodotti, processi e servizi devono soddisfare;

• **Regola tecnica**

è invece un regolamento tecnico, emesso da un'autorità, che contiene requisiti tecnici obbligatori, oppure incorpora il contenuto di Norme o Specifiche tecniche.

L'attività di normazione viene esplicata essenzialmente su tre principali livelli, che si riferiscono all'area geografica di validità, ovvero (Figura 1):

Internazionale:

- Iso (International Organization for Standardization);
- Iec (International Electrotechnical Commission);
- Oiml (Organization International de Metrologie Legale);

che emettono solitamente delle Raccomandazioni alle quali il Paese aderente può attenersi o meno senza alcun limite di vincolo.

A. Brunelli, Segretario del SottoComitato Cei Sc 65 B, alebrunelli@tin.it.

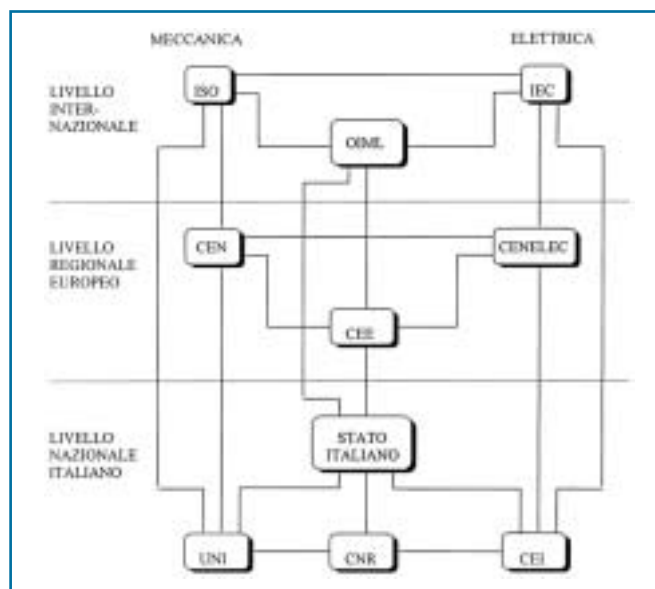


Figura 1 - Collegamenti tra i diversi organismi di normazione: internazionali, regionali (europei) e nazionali (italiani)

Europea:

- Cen (Comitato Europeo di Normazione);
- Cenelec (Comitato Europeo di Normazione Elettrica);
- Cee (Comunità Economica Europea);

che emettono invece solitamente delle Regole tecniche e che pertanto hanno carattere vincolante per i Paesi che vi aderiscono.

Italiana:

- Uni (Ente Nazionale di Unificazione);
- Cei (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- Cnr (Consiglio Nazionale delle Ricerche);

che emettono sostanzialmente delle Norme tecniche e che pertanto hanno carattere del tipo consensuale, talvolta rese del tipo vincolante da specifiche leggi dello Stato italiano come per esempio nel campo della sicurezza degli impianti e della salute dell'uomo.

Estera:

Ogni Paese estero possiede a livello nazionale propri organismi normatori, tra i quali si cita quelli limitatamente interessanti le misure di temperatura per gli scopi della presente memoria:

- Afnor (Association Francaise De Normalization);
- Ansi (American National Standards Institute);
- Astm (American Society For Testing And Materials);
- Bsi (British Standards Institution);
- Din (Deutsches Institute For Normung);
- Jisc (Japanese Industrial Standards Committee).

Pur però esistendo i diversi tre livelli di normazione precedentemente riportati, allo stato attuale, si nota una forte tendenza

a diminuire l'attività di normazione Nazionale a vantaggio di quella Europea ed Internazionale, che più risponde alla necessità del libero scambio comunitario e mondiale.

Perciò, anche nel settore della strumentazione di misura e controllo della pressione, si sta attualmente attivando un grosso recepimento di Norme Internazionali, a livello Europeo e di conseguenza a livello Italiano, ovvero recepimento di Norme Iso e Iec a Norme En (European Normative) e quindi a Norme Uni (En Iso) e a Norme Cei (En Iec).

La scala della pressione

L'unità di misura della pressione nel Sistema Internazionale (SI) è il Pascal (Pa): 1 Pa=1 N/1 m² ovvero corrisponde alla forza di 1 Newton che insiste su una superficie di 1 m². Oltre ai suoi multipli (kPa, MPa, GPa e TPa) viene normalmente utilizzato industrialmente il bar: 1 bar=10⁵ Pa, ovvero 100 kPa oppure 0.1 MPa, che corrisponde circa alla pressione atmosferica. L'ampiezza della scala di pressione varia a seconda delle diverse applicazioni (Tabella 1):

- in campo industriale, su circa cinque decenni, dalla pressione atmosferica fino: 1 GPa (10 kbar) nelle applicazioni tradizionali; 10 GPa (100 kbar) nelle applicazioni di sinterizzazione dei materiali;
- in campo scientifico, su circa sette decenni, dalla pressione atmosferica fino: 10 GPa (100 kbar) nelle applicazioni in mezzo fluido; 1 TPa (10 Mbar) nelle applicazioni in mezzo solido.

La scala della pressione arteriosa è invece più modesta, varia tipicamente circa da 50 a 250 mmHg: il mmHg pur non essendo un'unità di misura SI (vedasi Direttiva Europea 80/181/Cee), è stata successivamente tollerata (secondo Direttiva Europea 85/1/ Cee) per le difficoltà che avrebbe introdotto il cambiamento di unità in un così delicato settore per la salute dell'uomo (1 mmHg= 133 Pa ovvero 1.33 mbar).

Normativa tecnica attuale

Manometri a colonna di liquido

I manometri a colonna di liquido pur essendo ancora molto applicati in laboratorio per la misura delle basse e bassissime pressioni (da 1 bar a 1 mbar), non sono normalizzati come tipologia e costruzione (se non quelli per la misura della pressione arteriosa da 0 a 300 mmHg: En 1060). I più comuni da laboratorio sono comunque standardizzati "de facto" nelle seguenti tipologie:

- quelli a mercurio fino a circa 1 m di colonna: ovvero fino a 1.5 bar;

Tabella 1 - Scala approssimata della pressione assoluta

Scala della pressione	Decade	Pa	Pa x	bar x
Pressione atmosferica	10 ⁰	10 ⁵	100 k	1.0
Pressione arteriosa tipica	-	-	110 k	1.1
Pressione pneumatici tipica	-	-	300 k	3
Pressione aria compressa tipica	10 ¹	10 ⁶	1 M	10
Pressione bombole ossigeno tipica	10 ²	10 ⁷	10 M	100
Pressione profondità oceanica massima (taglio con liquidi in pressione)	10 ³	10 ⁸	100 M	1 k
Pressione grafite che diventa diamante (produzione metalli duri)	10 ⁵	10 ¹⁰	10 G	100 k
Pressione stimata al centro della Terra	10 ⁶	10 ¹¹	100 G	1 M
Pressione stimata al centro del Sole	10 ¹²	10 ¹⁷	100 P	1 T

Tabella 2 - Caratteristiche dei manometri a quadrante normalizzati a livello italiano dalle vecchie norme Uni e a livello europeo dalla nuova norma En 837

Caratteristiche	Vecchia normativa italiana	Nuova normativa europea
Diametri nominali	Uni 8292 40-63-80-100-150-250 (1)	En 837 40-63-80-100-150-160-250 (1)
Classi di precisione	Uni 8393 0.1-0.25-0.6-1-1.6-2.5-4 (2)	En 837 Uguali
Campi di scala	Uni 8049 1-1.6-2.5-4-6 *10 ⁿ (3)	En 837 Uguali
Limiti di misura	Uni 8049 -1/1.000 bar	En 837 -1/1.600 bar

(1) I diametri nominali (esterni della cassa del manometro) sono espressi in mm.

(2) Le classi di precisione sono espresse in % del campo di misura del manometro.

(3) I campi scala sono normalizzati in ragione geometrica di circa 1.6 *10ⁿ (con "n" nullo oppure intero positivo).

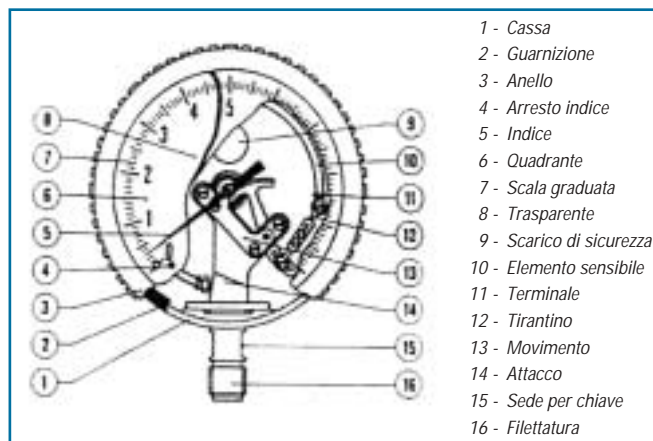


Figura 2 - Vista sezionata di un manometro a molla tubolare

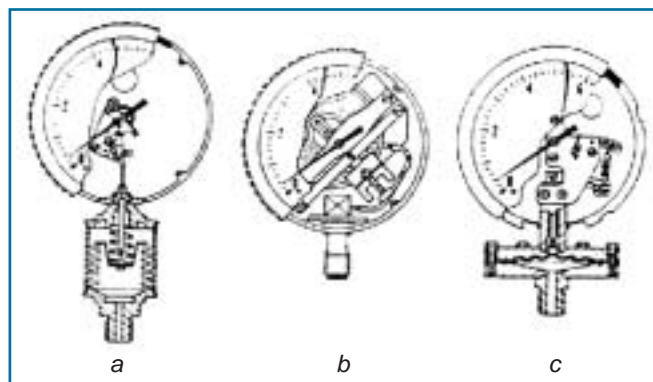


Figura 3 - Manometri a quadrante con diversi elementi sensibili. A soffietto (a), a capsula (b), a membrana (c)

Tabella 3 - Campi di misura normalizzati per manometri (En 837)

Tipi di manom.	Campi di misura (1)			
Manometri	Campi di misura in bar (2)			
	0 a 0,6			
	0 a 1	0 a 10	0 a 100	0 a 1.000
	0 a 1,6	0 a 16	0 a 160	0 a 1.600
	0 a 2,5	0 a 25	0 a 250	
	0 a 4	0 a 40	0 a 400	
	0 a 6	0 a 60	0 a 600	
	Campi di misura in mbar (3)			
	0 a 1	0 a 10	0 a 100	
	0 a 1,6	0 a 16	0 a 160	
0 a 2,5	0 a 25	0 a 250		
0 a 4	0 a 40	0 a 400		
0 a 6	0 a 60	0 a 600		
Vacuometri	Campi di misura in bar			
	-0,6 a 0	-1 a 0		
	Campi di misura in mbar (3)			
	-1 a 0	-10 a 0	-100 a 0	
	-1,6 a 0	-16 a 0	-160 a 0	
	-2,5 a 0	-25 a 0	-250 a 0	
	-4 a 0	-40 a 0	-400 a 0	
-6 a 0	-60 a 0	-600 a 0		
Manovacuometri	Campi di misura in bar			
	-1 a +0,6	-1 a +3	-1 a +9	-1 a +24
	-1 a +1,5	-1 a +5	-1 a +15	

(1) Le unità di misura preferenziali sono il bar e il mbar. Le unità di misura del Sistema Internazionale (SI): Pascal (Pa), kilopascal (kPa) e megapascal (MPa), possono sostituire il bar e mbar come segue: unità di misura in Pa, per campi da 0 a 100 Pa (1 mbar) fino a 1.000 Pa (10 mbar); unità di misura in kPa, per campi da 0 a 1,6 kPa (16 mbar) fino a 1.000 kPa (10 bar); unità di misura in MPa, per campi da 0 a 1,6 MPa (16 bar) fino a 160 MPa (1.600 bar).

(2) Campo di misura massimo di 25 bar per manometri a membrana e a capsula.

(3) Campi di misura in mbar solo per manometri a membrana e a capsula.

Tabella 4 - Diametri nominali normalizzati per manometri (En 837)

DN	Diametro Nominale (1)							
(mm)	40	50	63	80	100	150	160	250

(1) Diametro nominale minimo di 50 per manometri a membrana e a capsula

Tabella 5 - Classi di precisione normalizzate per manometri (En 837)

Cl	Classe di precisione (1)						
(%)	0,1	0,25	0,6	1	1,6	2,5	4

(1) Classe di precisione minima di 0,6 per manometri a membrana e a capsula

- quelli ad acqua fino a circa 1.5 m di colonna: ovvero fino a 150 mbar;
- quelli ad alcool fino a circa 0.5 m di colonna: ovvero fino a 50 mbar;

quest'ultimi possono essere anche del tipo inclinato fino a misurare 25 e 10 mbar di fondo scala.

Manometri a quadrante industriali

In mancanza di una normativa internazionale Iso, il Cen ha istituito nel 1990 il Technical Committee Cen/Tc 141 "Pressure gauges" che ha prodotto successivamente nel 1994 la normativa europea En 472 "Manometri - Vocabolario" e recentemente nel 1996 la serie En 837 sui "Manometri a molla tubolare, membrana e capsula" e sulle "Raccomandazioni per la selezione e l'installazione dei manometri" nelle varie applicazioni industriali (vedasi anche i *Riferimenti Normativi* alla fine). La Tabella 2, riporta le differenze introdotte dalla nuova Normativa Europea En rispetto la vecchia Normativa Italiana Uni, attualmente ritirata avendo recepito quella Europea come Uni En.

Tipologia dei manometri

Sono dei misuratori diretti di pressione, che rilevano la pressione per mezzo di un elemento sensibile, la cui deformazione fornisce direttamente su una scala graduata l'indicazione della pressione da misurare. La Figura 2 illustra una tipica realizzazione sezionata di un manometro a quadrante con elemento sensibile a molla tubolare, altrimenti detto a molla bourdon.

La pressione addotta all'elemento sensibile 10 tramite l'attacco 14, deforma lo stesso elemento sensibile, il cui terminale 11, tramite il tirantino 12 e il movimento 13, fa ruotare l'indice 5, sulla scala graduata 7 del quadrante 6 del manometro, fornendo così direttamente l'indicazione della pressione su un'apertura di scala complessiva di 270°.

Per ridurre i giochi del movimento e quindi migliorare la precisione di indicazione della pressione, l'indice è solitamente munito di una debole molla di richiamo.

Completano il manometro, la cassa o custodia 1, il trasparente frontale 8, lo scarico di sicurezza posteriore 9 e la connessione filettata 16 alla linea di misura.

Sono solitamente strumenti molto robusti che vengono utilizzati in un vasto campo di pressione: tipicamente da 100 Pa a 1 GPa (da 1 mbar a 10 kbar). L'elemento sensibile a seconda del campo di pressione da misurare può essere del tipo:

- a molla tubolare fino a 1.000 MPa (10.000 bar), Figura 2;
- a soffiutto fino a 100 kPa (1 bar), Figura 3a;
- a capsula fino a 1.000 kPa (10 bar), Figura 3b;
- a membrana fino a 2.500 kPa (25 bar), Figura 3c.

Normalizzazione dei manometri

Data la pratica e diffusa applicazione industriale dei manometri, sono quasi del tutto normalizzati con evidenti vantaggi per quanto concerne l'installazione e l'intercambiabilità. La Norma Europea En 837 (recepita in Italia dalla Uni En 837 nel 1998), a tal proposito è articolata in tre parti:

- Parte 1: normalizza i manometri a molla tubolare;
- Parte 2: raccomanda la scelta e selezione dei manometri;
- Parte 3: normalizza i manometri a membrana e a capsula.

Le Parti 1 e 3, normalizzano pertanto quasi tutti i tipi di manometri (con l'eccezione di quelli a soffiutto) nella versione a quadrante di forma circolare con scala concentrica per uso industriale e di controllo, definendone le caratteristiche peculiari

Tabella 6 - Elementi sensibili normalizzati per manometri (En 837)

Elemento elastico Segno grafico

Molla tubolare (B):

- Circolare



- Spirale



- Elicoidale



Membrana (D)



Capsula (C)



quali: le dimensioni, la metrologia, i requisiti e le prove relative da effettuare per l'approvazione del tipo e quelle da condurre in produzione. Tali Parti, sono applicabili a manometri adatti ai fluidi industriali più comuni e a quelli a riempimento di liquido ammortizzante, sono inoltre applicabili a manometri per alte pressioni (quelli a molla tubolare) e a quelli per impiego con ossigeno e acetilene (i manometri associati a processi di taglio e di saldatura sono

invece esclusi, perché sono specificati nelle En 562).

La Parte 2, invece, è stata elaborata come supporto per la selezione, installazione e impiego dei manometri, per garantirne il funzionamento soddisfacente e al massimo livello di sicurezza, nell'ambito dell'applicazione alla quale sono destinati.

Esemplificazione della normalizzazione dei manometri

A titolo di esempio si riportano le caratteristiche previste dalle normative europee En 837-1 e 3 (per la terminologia vedasi invece En 472), che standardizza l'impiego di manometri a molla tubolare, a membrana e a capsula, riguardanti:

- i campi di misura normalizzati: Tabella 3;
- i diametri nominali normalizzati: Tabella 4;
- le classi di precisione normalizzate: Tabella 5;
- gli elementi sensibili normalizzati: Tabella 6.

Valutazione delle caratteristiche dei manometri

Le caratteristiche dimensionali, funzionali e applicative dei manometri devono essere verificate in base alle prove e ai requisiti riscontrabili in Tabella 8, che è stata sostanzialmente tratta dalle prescrizioni di valutazione previste per i manometri normali a molla tubolare impiegati fino a pressioni pari al 75% del valore della pressione di fondo scala (secondo En 837-1). La Tabella, è fornita a carattere indicativo ed evidenzia le prove di tipo e di produzione da eseguire normalmente sui manometri. La Norma 837-1 (come parimenti la Norma 837-3 per i manometri a membrana e a capsula) prevede dapprima l'esecuzione delle prove di tipo da condurre in fase di prototipazione della serie dei manometri, riguardanti in particolare modo le seguenti caratteristiche:

- dimensioni;
- tenuta;
- posizione di montaggio;

- sovrappressione transitoria;
- pressione statica e pulsante;
- temperatura ambiente;
- vibrazioni meccaniche;
- urti meccanici;
- protezione;
- sicurezza.

La stessa Norma, prevede successivamente le prove normali da eseguire generalmente in produzione su ogni manometro, quali:

- verifica visiva e dimensionale;
- verifica della tenuta dell'elemento sensibile;
- verifica delle caratteristiche di precisione e di isteresi.

Scelta, selezione, installazione e sicurezza dei manometri

La Norma 837-2, invece, prescrive le raccomandazioni per la selezione e l'installazione di manometri, quali:

- scelta del tipo di configurazione dell'elemento sensibile: max 0,6 bar per capsule, 25 bar per membrane, 1.600 bar per molle tubolari (Bourdon);
- selezione del tipo di esecuzione dell'elemento sensibile: max 600 bar per ottone, 1.000 bar per Monel, 1.600 bar per acciaio (inox);
- definizione della pressione di funzionamento: max 65 o 75% del valore di fondo scala nel caso di pressione variabile oppure statica;
- selezione dei manometri a molla tubolare in esecuzioni di sicurezza (Tabella 7).

Manometri per gas medicali

I manometri per gas medicali (aria, ossigeno, azoto ecc.) sono disciplinati a livello europeo dalla En 738-1 e sono generalmente del tipo a molla tubolare costruiti secondo la En 837-1. Le caratteristiche principali di detti manometri sono:

- diametro nominale 40-50 mm;
- classe di precisione 2.5%;
- costruzione del tipo a sicurezza con tappo di scoppio posteriore: identificati sul quadrante dal simbolo *S*;
- esecuzione del tipo sgrassato (esente da oli e grassi): identificati sul quadrante dal simbolo dell'oliatore in "nero" annullato da una croce in "rosso".

Manometri per saldatura

I manometri per saldatura e processi connessi sono disciplinati a livello europeo dalla En 562 e devono essere del tipo a sicurezza, ovvero con tappo di scoppio nella parte posteriore della cassa.

I materiali componenti i manometri che possono venire a con-

Tabella 7 - Criteri di scelta delle esecuzioni di sicurezza per manometri a molla tubolare (En 837-2)

Fluido di pressione Riempimento cassa	Liquido				Gas o vapore											
	Secco		Liquido		Secco		Liquido		Secco		Liquido					
Dimensione nominale	<100	≥100	<100	≥100	<100	≥100	<100	≥100	<100	≥100	<100	≥100	<100	≥100		
Campo di misura (bar)	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25	≤25	>25
Codice mod. di sicurezza min.	0	0	0	0	S1	S1	S1	S1	0	S2	S1	S3	S1	S2	S1	S3

Codici per esecuzioni di sicurezza: 0 = Manometro senza dispositivo di sicurezza; S1 = Manometro con dispositivo di sicurezza;

S2 = Manometro di sicurezza senza parete separatrice; S3 = Manometro di sicurezza con parete separatrice (garantisce il più alto livello di sicurezza).

Tabella 8 - Valutazione delle caratteristiche dei manometri normali a quadrante a molla tubolare (En 837-1)

Prove	Metodi	Requisiti
Esame visivo (1)	Esame visivo	Conformità alle specifiche
Verifica dimensionale (1)	Verifica dimensionale	Conformità alle norme
Prova di tenuta (1)	Con aria o liquido	$\leq 5 \cdot 10^{-3}$ mbar · l/s
Precisione e isteresi (1)	Pressione crescente decrescente	\leq Classe di precisione
Temperatura ambiente	-20/+60 °C: manometro funzionante	Variazione indicazione: $\leq 0,04 \% \times \Delta t$
Temperatura magazzino	-40/+70 °C: manometro non funzionante	Nessuna variazione visiva: $\leq 1,0$ Classe dopo la prova
Influenza del montaggio	$\pm 5^\circ$ rispetto posizione nominale	$\leq 1,5$ Classe durante la prova
Influenza sovrappressione	≤ 100 bar: x 1,25; >100 bar ≤ 600 bar: x 1,15; >600 bar ≤ 1.600 bar: x 1,10	Dopo la prova: $\leq 1,2$ Classe: <1.000 bar; $\leq 1,5$ Classe: ≥ 1.000 bar
Resistenza pressione statica	Alla pressione di fondo scala: per 12 ore	Come sopra
Resistenza pressione pulsante	Tra il 30% e 60% (≤ 1 Hz): ≤ 25 bar: 100.000 cicli; >25 ≤ 600 bar: 50.000 cicli; >600 bar ≤ 1.600 bar: 15.000 cicli	Come sopra
Effetto delle vibrazioni (2)	10-150 Hz a 5 m/s ² : per 6 ore (2 per ogni asse ortogonale)	$\leq 1,5$ Classe di precisione
Effetto degli urti (2)	18 urti a 150 m/s ² : 3 per ogni direzione ortogonale	$\leq 1,0$ Classe di precisione
Prove del dispositivo di scarico	Pressurizzazione statica cassa del manometro	Espulsione dispositivo a pressione inferiore della metà di quella di rottura del trasparente
Prove di rilascio di energia	Pressurizzazione dinamica cassa del manometro	Nessun frammento o parte di liquido proiettato frontalmente
Grado di protezione	Contro penetrazione corpi solidi e liquidi	Ip 31: al coperto (3); Ip 44: all'aperto (3)

(0) Temperatura di prova di 20 \pm 2 °C per tutte le prove di tipo e per le prove di produzione per classe da 0.1 a 0.6; temperatura di prova di 20 \pm 5 °C per le prove di produzione per classe da 1 a 4; (1) prove di tipo e di produzione (le altre sono solo di tipo); (2) prove di tipo per manometri con classe da 1 a 4; (3) grado di protezione secondo En 60529.

Tabella 9 - Fondi scala normalizzati dei manometri per saldatura e procedimenti connessi (En 562)

Livello pressione	Acetilene	Ossigeno e altri gas
Bassa Pressione (BP)	1 - 1.6 - 2.5	2.5 - 4 - 6 - 10 16 - 25 - 40
Alta Pressione (AP)	40	250 - 315 - 400

(1) I manometri per acetilene devono essere identificati sul quadrante dalla scritta "Acetylene" oppure "A"; (2) i manometri per ossigeno devono essere identificati sul quadrante dalla scritta "Oxygen" oppure "O"; (3) i livelli di pressione di fondo scala (fs) sono espressi in bar; (4) pressione massima di esercizio 75% fs (con tacca rossa); (5) diametri normalizzati 50 e 63 mm; (6) classe di precisione normalizzata 2,5%.

tatto con i gas (acetilene e ossigeno) devono avere una resistenza adeguata all'azione chimica del gas di misura alle condizioni di esercizio conformemente alla En 29539, e devono essere assolutamente sgrassati e devono indicare sul quadrante il simbolo dell'oliatore in "nero" con sovrastampata una croce in "rosso".

Per quanto concerne la normalizzazione di base (terminologia, cassa, dispositivo di scarico, quadrante, scala e indice) valgono le stesse regole previste dalla En 472 per i manometri industriali, mentre per la normalizzazione specifica vale la En 562 riportata in sintesi nelle Tabelle 9 e 10.

Manometri per estintori

I manometri per estintori d'incendio sono disciplinati a livello europeo dalla En 3-5. I materiali componenti i manometri devono essere compatibili con le sostanze contenute (mezzo estinguente e altri gas ausiliari) e devono avere una resistenza adeguata all'azione chimica del gas di misura alle condizioni di esercizio conformemente alla En 29539. Per quanto concerne la normalizzazione di base (terminologia, cassa, dispositivo di scarico, quadrante, scala e indice) valgono le stesse regole previste dalla En 472 per i manometri industriali, mentre per la normalizzazione specifica vale la En 3-5 riportata in sintesi nelle Tabelle 11 e 12.

Trasmettitori industriali

I trasmettitori industriali che emettono un segnale di uscita normalizzato in pressione 0.2-1.0 bar o in corrente 4-20 mA (conformemente alle lec 381 e 382), oppure anche non normalizzato, sono disciplinati dalla norma internazionale lec 770, articolata in due parti che prevede:

- nella Parte 1: i metodi di valutazione delle prestazioni;
 - nella Parte 2: le prove di produzione o di routine.
- Tale norma internazionale, applicabile ai trasmettitori di pressione in genere, prescrive dei metodi di prova uniformi per la valutazione delle caratteristiche di prestazione e di funzionamento dei trasmettitori, mentre però nel contempo non prescrive i risultati che devono avere queste caratteristiche, ovvero non stabilisce come le altre precitate norme europee (En 562 sui manometri per gas saldatura, En 738 sui manometri per gas medicali, En 837 sui manometri a quadrante ecc.) i requisiti prestazionali e funzionali che i trasmettitori devono avere. Il piano dettagliato delle prove di valutazione è riportato in Tabella 13 ed è articolato essenzialmente in due categorie di prove (Figura 4).

a) Prove alle condizioni di riferimento:

- statiche: che consistono nel rilevare le caratteristiche di precisione, isteresi, linearità e ripetibilità;
- dinamiche: che consistono nel rilevare le caratteristiche in

termini di risposta al gradino e in frequenza;

- stabilità: che consistono nel rilevare la stabilità del segnale di uscita, sia nel medio termine (quattro ore), che nel lungo termine (trenta giorni).

b) Prove alle variazioni delle condizioni di funzionamento:

- ambientali: che consistono nel rilevare gli effetti provocati dalla variazioni delle condizioni ambientali di funzionamento (temperatura, umidità, vibrazioni, urti e così via);
- alimentazione: che consistono nel rilevare le influenze delle aberrazioni delle condizioni di alimentazione (tensione, frequenza ecc.);
- interferenze elettromagnetiche: che consistono nel rilevare il comportamento in ambienti con campi elettromagnetici del tipo condotto e irradiato.

Mentre le prove normali di produzione o di routine, come evidenziato d'altronde in Tabella 13, sono molto ridotte e limitate alle seguenti:

- prova di precisione;
- prova di sovrappressione;
- prova di variazione di alimentazione;
- prova di variazione di temperatura ambiente.

Comunque tutte le prove di tipo e normali, fanno essenzialmente riferimento alla norma internazionale Iec 1298 sui "Metodi e procedure generali di valutazione delle prestazioni" che si articola nelle seguenti quattro parti:

- Parte 1: considerazioni generali;
- Parte 2: prove nelle condizioni di riferimento;
- Parte 3: prove per determinazione degli effetti delle grandezze di influenza;
- Parte 4: contenuto del rapporto di valutazione.

Quest'ultima norma è quindi generica e applicabile a tutta la strumentazione di misura e nella sua filosofia più generale prevede queste quattro tipologie di prove:

- Parte 1: prove nelle condizioni di funzionamento di riferimento;
- Parte 2: prove nelle condizioni di funzionamento normali;
- Parte 3: prove nelle condizioni di funzionamento limite;
- Parte 4: prove nelle condizioni di magazzino e trasporto.

Normativa legale attuale

Manometri per pneumatici degli autoveicoli

I manometri destinati a misurare la pressione dei pneumatici degli autoveicoli nella Comunità Europea devono possedere i requisiti previsti dalla Direttiva Europea 86/217/Cee, secondo le procedure disciplinate dalla Direttiva 71/316/Cee relativa alle disposizioni comuni degli Stati membri per gli strumenti di misura e i metodi di controllo metrologico, modificata successivamente dalla Direttiva 83/575/Cee che ha definito le pro-

Tabella 10 - Valutazione delle caratteristiche dei manometri per saldatura e procedimenti connessi (En 562)

Prove	Metodi	Requisiti
Esame visivo	Esame visivo	Conformità alle specifiche
Verifica dimensionale	Verifica dimensionale	Conformità alle norme (1)
Errore di indicazione	Pressione crescente in 5 gradini fino al 75% fs (max esercizio)	≤ ±2.5%
Errore di isteresi	Pressione crescente, 15 minuti al 100% fs e poi decrescente	≤ ±2.5%
Prova di sovrappressione	Sovrappressione del 150% fs per 1 minuto	Dopo la prova: verificare tenuta al 100% fs
Prova di piegamento (2)	Applicare alla cassa del manometro una forza anteriore, posteriore e laterale di 1.000 N	Dopo la prova: verificare tenuta al 100% fs (3)
Prova di torsione (2)	Applicare alla cassa del manometro un momento torcente di 10 Nm per 30 secondi	Dopo la prova: verificare precisione ≤ ±2.5%
Prova di infiammabilità	Prova di resistenza alla fiamma (4)	Materiali autoestinguenti

(1) Diametri normalizzati 50 e 63 mm; (2) prove con il manometro montato mediante il suo attacco filettato; (3) è ammissibile la rottura del trasparente del manometro; (4) grado di estinguenza secondo Iso 4589.

Tabella 11 - Fondi scala tipici dei manometri per estintori d'incendio (En 3-5)

Livello pressione	Anidride carbonica	Altri gas
Bassa Pressione (BP)	10÷20	10÷20
Alta Pressione (AP)	20÷40	20÷40

(1) I manometri per estintori sono caratterizzati da un quadrante avente: un punto di riferimento di 0 (inizio scala); una zona colorata rossa fino a P₋₂₀ (scarico); una zona colorata verde tra P₋₂₀ e P₊₆₀ (operativa); una zona colorata rossa tra P₊₆₀ e il fondo scala (sovrappressione).
 (2) I livelli di pressione di fondo scala (fs) tipici sono espressi in bar.
 (3) Pressione nominale di esercizio tra -20 e +60 °C (P₋₂₀ e P₊₆₀).
 (4) Diametri nominali tipici 23-30-36-40-50 mm: i manometri con diametro ≥40 mm sono solitamente del tipo a molla tubolare con movimento a orologeria; i manometri con diametro <40 mm sono solitamente del tipo a spirale o a membrana senza movimento a orologeria.
 (5) Classe di precisione normalizzata 6%.

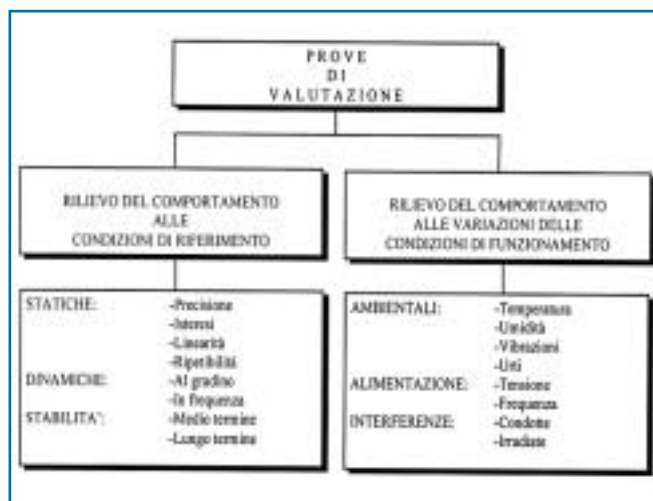


Figura 4 - Prove di valutazione per trasmettitori industriali secondo la Norma Internazionale Iec 770

Tabella 12 - Valutazione delle caratteristiche dei manometri per estintori d'incendio (En 3-5)

Prove	Metodi	Requisiti
Esame visivo	Esame visivo	Conformità alle specifiche
Verifica dimensionale	Verifica dimensionale	Conformità alle norme
Errore di indicazione	Pressione crescente in 3 gradini: 0 - P ₋₂₀ - P ₊₆₀ ovvero: inizio scala e zona operativa (verde)	≤ ±6% (1); ≤ ±10% @ > 0 °C (2); ≤ ±15% @ ≤ 0 °C (2)
Prova di sovrappressione	Sovrappressione del 250% della pressione a 60 °C con gradiente di 20 ±5 bar al minuto	Durante la prova: verificare la tenuta
Cicli di pressione	1.000 cicli di pressione tra 0 e la pressione a 60 °C con gradiente di 20 ±5 bar al minuto	Dopo la prova: vedasi (2)
Prova di infiammabilità	Prova di resistenza alla fiamma (3)	Materiali autoestinguenti

(1) Errore di indicazione a 0 (inizio scala) e alla massima pressione operativa (P₊₆₀) alla temperatura di riferimento.
(2) Errore di indicazione nella zona operativa (verde) tra la pressione P₋₂₀ e la P₊₆₀ al variare della temperatura.
(3) Grado di estinguenza secondo Iso 4589.

cedure di omologazione:

- approvazione del modello Cee (marchio Ce);
- verifica prima Cee.

Sulla base della predetta Direttiva Europea 86/217/Cee specifica per i manometri per pneumatici degli autoveicoli, il Cen ha predisposto recentemente una norma europea En 12645, che recependo lo spirito della Direttiva, ha completato le prove tecniche richieste sui manometri e li ha catalogati nelle quattro seguenti tipologie applicative:

- A - Apparecchi fissi (apparecchiature a parete);
- B - Apparecchi portatili (terminali di gonfiaggio);
- C - Apparecchi manuali (pistole di gonfiaggio);
- D - Apparecchi di controllo manuali (manometri di controllo).

Nello stesso ambito, la Raccomandazione Internazionale Oiml 23, prescrive prove simili a quelle previste dalla Direttiva Europea 86/217/Cee, con particolari prescrizioni aggiuntive per manometri direttamente installati su autoveicoli:

- a) prova supplementare di vibrazione: 2 h a 50 Hz e a 50 m/s² di ampiezza di accelerazione di vibrazione sinusoidale;
- b) Prova supplementare di urto: 2 h a 100 urti/minuto e a 50 m/s² di ampiezza di accelerazione di picco.

In tali installazioni mobili, i manometri possono comunque avere caratteristiche metrologiche peggiori di quelli a installazione fissa, ovvero: ±2.0% nelle verifica iniziale, ±2.5% nelle verifica periodica.

Manometri per pressione arteriosa

I manometri destinati a misurare la pressione arteriosa, altrimenti detti comunemente sfigmomanometri, nella Comunità Europea sono indirettamente disciplinati dalla recente Direttiva Europea 93/42/Cee sui dispositivi medici e direttamente prescritti dalla recentissima norma europea En 1060, che specifica i requisiti generali e particolari degli sfigmomanometri non invasivi e dei loro accessori, utilizzati per la misurazione non invasiva della pressione sanguigna arteriosa per mezzo di un bracciale gonfiabile.

Tale norma europea si articola in tre parti:

- En 1060-1: requisiti generali;

- En 1060-2: requisiti supplementari per sfigmomanometri meccanici (a mercurio e a aneroide);

- En 1060-3: requisiti supplementari per sfigmomanometri elettromeccanici (in genere);

e specifica in ogni parte i requisiti di prestazione, efficienza e sicurezza meccanica ed elettrica, compresi i metodi dettagliati di prova. Nelle stesse applicazioni, la Raccomandazione Internazionale Oiml 16, prescrive prove simili a quelle previste dalla Norma Europea 1060, con queste particolarità:

- a) disciplina solo l'applicazione degli sfigmomanometri meccanici a mercurio e ad aneroide;

- b) la prova di isteresi per gli sfigmomanometri ad aneroide va effettuata dopo una permanenza di venti minuti anziché di cinque minuti alla pressione di fondo scala;

- c) la prova di temperatura di funzionamento va effettuata fino a 45 °C anziché fino a 40 °C;

- d) la prova di temperatura di magazzino va effettuata fino a 50 °C anziché fino a 70 °C;

- e) prevede inoltre delle prescrizioni aggiuntive per il trasporto degli sfigmomanometri: 2 h a 100 urti/minuto e a 30 m/s² di ampiezza di accelerazione di picco, con verifica finale dell'errore di indicazione che deve essere entro il limite ammesso nella verifica iniziale:

±3.0 mmHg per i manometri a mercurio;

±4.5 mmHg per i manometri ad aneroide;

- f) prevede infine che nella verifica periodica in esercizio dei sfigmomanometri in esercizio, l'errore di indicazione possa risultare entro 1.5 volte il limite ammesso nella verifica iniziale.

Conclusioni

La valutazione delle caratteristiche di precisione dei diversi misuratori esaminati (errore di indicazione ed errore di isteresi) come si è visto è molto diversa tra i manometri a quadrante (a livello europeo En) e i trasmettitori di pressione (a livello internazionale Iec), e nello stesso ambito europeo, risulta ancora differente (errore di isteresi rilevato subito: En 837; 5 minuti dopo: En 1060; 15 minuti dopo: En 562; 20 minuti dopo: En 12645). Sarebbe pertanto auspicata una futura omogeneizzazione di comportamento a livello europeo Cen, almeno laddove possibile, magari seguendo la filosofia di normazione in atto a livello internazionale Iec, che nella norma di base Iec 1298 ha stabilito dei metodi e delle procedure generali di valutazione delle prestazioni dei dispositivi di misura e controllo dei processi. A vantaggio della normazione europea, vi è però da dire, che questa risulta più completa di quella internazionale, in quanto quella europea stabilisce prove, metodi e requisiti da ottenere, mentre quella internazionale stabilisce prove, metodi e riferimenti normativi dettagliati, ma non fornisce alcun li-

Tabella 13 - Valutazione delle caratteristiche dei trasmettitori industriali (Iec 770)

Prove	Metodi	Riferimenti
<i>Caratteristiche Statiche</i>		
Verifica della precisione (1)	ogni 20 o 25% in salita e discesa (2)	Iec 1298-2
Verifica della banda morta	al 10 - 50 - 90%	Iec 1298-2
<i>Caratteristiche Dinamiche</i>		
Risposta al gradino	al 10 - 50 - 90% ±10%	Iec 1298-2
Risposta in frequenza	al 50% ±10%	Iec 1298-2
<i>Caratteristiche di Stabilità</i>		
Deriva all'avviamento	durante 4 ore al 90%	Iec 1298-2
Deriva al lungo termine	durante 30 giorni al 90%	Iec 1298-2
Invecchiamento accelerato	al 50% ±25%	Iec 1298-3
<i>Influenze Ambientali</i>		
Temperatura ambiente (1)	min/max	Iec 68-2-1/-2
Umidità ambiente	40 °C/95% UR	Iec 68-2-3
Vibrazioni	10-500 Hz a 20 m/s ² x 20 vibrazioni/asse	Iec 68-2-6
Urti	caduta e ribaltam. da 25, 50, 100 mm	Iec 68-2-31
Montaggio	±10° rispetto posizione nominale	Iec 1298-3
Sovrapressione (1)	+50% per un minuto	Iec 1298-3
Portata fluido di processo	al 10 e 90%	Iec 1298-3
Temperatura fluido di processo	al 10 e 90%	Iec 1298-3
<i>Influenze Alimentazione</i>		
Variazione alimentazione (1)	+10% ca/+20% cc & - 15% ca/cc	Iec 1298-3
Innalzamento transitorio	+10% ca/+20% cc x 10 ms - 10 s	Iec 1298-3
Abbassamento transitorio	al 75% x 5 s	Iec 1298-3
Interruzione alimentazione	a 0% x 5 - 20 - 100 - 200 - 500 ms	Iec 1298-3
<i>Prove Elettriche</i>		
Resistenza isolamento	a 500 Vcc	Iec 1298-3
Rigidità dielettrica	a 2.000 Vca	Iec 1298-3
Interferenze modo comune	a 250 V efficace	Iec 1298-3
Interferenze modo normale	a 1 V di picco	Iec 1298-3
Scariche elettrostatiche	a 6 kV a contatto e a 8 kV in aria	Iec 1000-4-2
Transitori/treni veloci	a 2 kV di picco	Iec 1000-4-4
Sovratensioni/impulsi transitori	a 2 kV/1 kV (asimmetrico e simmetrico)	Iec 1000-4-5
Onde oscillazioni smorzate	a 0,5 kV a 1 MHz	Iec 1000-4-12
Disturbi sinusoidali condotti	a 10 V tra 0,15 e 80 MHz	Iec 1000-4-6
Campi magnetici indotti	a 100 A/m a 50 Hz	Iec 1000-4-8
Campi magnetici smorzati	a 30 A/m a 0,1 e 1,0 MHz	Iec 1000-4-10
Campi magnetici irradiati	a 10 V/m tra 80 MHz e 1 GHz	Iec 1000-4-3
<i>(0) Le condizioni ambientali di prova sono disciplinate dalla Iec 160: temperatura di prova di 20 ±5 °C per le prove di valutazione e di tipo; temperatura di prova di 25 ±10 °C per le prove normali di produzione e di routine.</i>		
<i>(1) Prove di valutazione e di produzione (le altre sono solo di valutazione).</i>		
<i>(2) La verifica della precisione a seconda della tipologia della prova va così condotta (Iec 1298): per le prove di valutazione: tre cicli di misura su sei punti di misura (0-20-40-60-80-100%); per le prove di valutazione: un ciclo di misura su cinque punti di misura (0-25-50-75-100%).</i>		

mite di accettabilità della valutazione delle caratteristiche prestazionali e funzionali. Vi è pertanto da sperare, che dati i mutui accordi tra il Comitato Europeo di Normalizzazione Cen e la Commissione Elettrotecnica Internazionale Iec, si possa travasare dal livello europeo quelle istanze particolari di omologazione e dal livello internazionale quelle istanze generali di valutazione allo scopo di creare delle normative coercitive, ma nello stesso tempo universali, ovvero adatte per il libero scambio non solo comunitario ma anche globale, con innumerevoli vantaggi sia per i costruttori sia per gli utilizzatori.

Riferimenti

Normativi

Cee 71/316	Direttiva Europea sugli strumenti di misura (Dpr 798/82)
Cee 80/181	Direttiva Europea sulle unità di misura generali (Dpr 802/82)
Cee 83/575	Direttiva Europea sulle procedure di omologazione metrologiche (Dpr 132/88)
Cee 85/1	Direttiva Europea sulle unità di misura della pressione arteriosa
Cee 86/217	Direttiva Europea sui manometri per pneumatici degli autoveicoli (DI 435/88)
Cee 93/42	Direttiva Europea sui dispositivi medici (DI 46/97)
Iec 160	Standard atmospheric conditions for test purposes (1960)
Iec 770	Transmitters for use in industrial process control systems (1999). Corrisponde Cei 65-4 (2000)
Iec 902	Industrial process measurement and control: Terms and definitions (1987). Corrisponde Cei 1361 P e 1362 P (1998)
Iec 1298 (1 - 4)	Process measurement and control devices: General methods and procedures for evaluating performance (1995-1998). Corrisponde Cei 65-43/-44/-45/-55 (1997-1999)
Oiml n. 16	Manometres des instruments de mesure de la tension arterielle (1970)
Oiml n. 23	Manometres pour pneumatiques (1973)
Uni En 3-5	Estintori d'incendio: Specifiche e prove complementari (1996). Corrisponde En 3-5 (1996)
Uni En 472	Manometri: Vocabolario (1996). Corrisponde En 472 (1994)
Uni En 562	Manometri utilizzati per la saldatura, taglio e procedimenti connessi (1998). Corrisponde En 562 (1996)
Uni En 738-1	Riduttori di pressione per l'utilizzo con i gas medicali (1999). Corrisponde En 738-1 (1997)
Uni En 837-1	Manometri a molla tubolare: Dimensioni, metrologia, requisiti e prove (1998). Corrisponde En 837-1 (1997)
Uni En 837-2	Manometri: Raccomandazioni per la selezione e l'installazione (1998). Corrisponde En 837-2 (1997)
Uni En 837-3	Manometri a membrana/capsula: Dimensioni, metrologia, requisiti e prove (1998). Corrisponde En 837-3 (1997)
Uni En 1060-1	Sfigmomanometri non invasivi: Requisiti generali (1996). Corrisponde En 1060 (1996)
Uni En 1060-2	Sfigmomanometri non invasivi: Sfigmomanometri meccanici (1996). Corrisponde En 1060-2 (1996)
Uni En 1060-3	Sfigmomanometri non invasivi: Sfigmomanometri elettromeccanici (1999). Corrisponde En 1060-3 (1999)
Uni En 12645	Apparecchi di controllo della pressione dei pneumatici degli autoveicoli (2000). Corrisponde En 12645 (1998)

Bibliografici

A. Brunelli, *Strumentazione di misura e controllo nelle applicazioni industriali*, Volume II & IV (1999-2000), Gisi Milano.