

INTRODUZIONE

Concetti fondamentali e definizioni.

Misurare una grandezza fisica, detta *misurando*, significa caratterizzarla dal punto di vista quantitativo. Il valore numerico che definisce il *misurando* dal punto di vista quantitativo si chiama *misura*. Il procedimento sperimentale che si usa per associare la *misura* al *misurando* si chiama *misurazione*. In un processo di misurazione, per associare la misura al misurando si fa ricorso ad una seconda grandezza, omogenea al misurando, assunta come riferimento detta *unità di misura*. In particolare, la *misura* esprime il rapporto tra il valore assunto dal *misurando* e la corrispondente *unità di misura*.

Essendo la misurazione un procedimento sperimentale, in essa è insito il concetto di *incertezza*. Qualsiasi procedimento sperimentale, per quanta cura sia stata posta nella sua esecuzione, risente sempre dell'effetto di fattori di influenza che in genere non sono valutabili in modo completo. Nel caso della misurazione, i fattori di influenza rendono la misura non completamente determinata. L'incertezza della misura, esprime il grado di indeterminazione con cui la misurazione è stata capace di valutare il misurando. Oltre ai fattori di influenza esterni, anche il misurando, nella sua stessa definizione, è in genere fonte di incertezza.

Per chiarire meglio i concetti fondamentali e le definizioni precedentemente date si analizzi l'esempio che segue. Si voglia misurare la resistenza elettrica di un conduttore metallico di resistività ρ usando la formula:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

In tale esempio:

- il *misurando* è la resistenza elettrica del conduttore metallico;
- la *misura* è il valore in ohm assunto dal conduttore metallico;
- la *misurazione* è il procedimento che comporta la stima della lunghezza e della sezione del conduttore metallico, la valutazione della resistività del materiale (ottenuta dalla lettura di tabelle di resistività dei materiali conduttori) e l'applicazione dell'espressione (1);
- l'*unità di misura* è l'ohm $[\Omega]$;
- l'*incertezza di misura* è determinata da vari fattori tra cui la conoscenza della resistività e la sua dipendenza da fattori esterni quali ad esempio la temperatura, dal grado di purezza ed omogeneità del materiale adoperato, dalla bontà di stima della lunghezza e della sezione del conduttore metallico. Inoltre, bisogna notare che la definizione stessa del misurando tramite la (1) introduce intrinsecamente una incertezza infatti la (1) presuppone che il conduttore sia un cilindro di lunghezza l e sezione S . Ma, quale è la accuratezza con cui il conduttore con cui è stato costruito il resistore approssima un cilindro geometrico?

Misurabilità di una grandezza.

La definizione di misura non ha applicazione immediata a tutte le grandezze, le quali possono essere distinte in più gruppi.

- Grandezze *direttamente misurabili*, per le quali si può definire e realizzare fisicamente una operazione di somma ed applicare il concetto di rapporto con una grandezza di riferimento.
- Grandezze *indirettamente misurabili*, per le quali il valore della misura viene ottenuto a partire dalla misurazione di altre grandezze, legate a quella d'interesse da una legge fisica (es. misura della resistività di un materiale a partire dal valore della resistività e delle dimensioni geometriche del campione in esame).
- Grandezze *classificabili* alle quali si possono applicare uguaglianze e disuguaglianze, ma non possono essere eseguiti rapporti (es. temperatura, durezza). Anche a queste viene associato un numero, considerando scale convenzionali, estendendo il concetto di misura precedentemente illustrato. In pratica si sceglie un insieme di grandezze fisiche ($G_1, G_2, \dots, G_n$) che rappresentano una scala di valori, associando ad esse un numero progressivo ($P_1, P_2, \dots, P_n$). La grandezza da misurare viene confrontata con il principio dell'uguaglianza e disuguaglianza rispetto alla scala, in modo da determinare il valore P_i cui è più prossima. Alcune grandezze diventano misurabili considerando le loro variazioni ad intervalli (es. salti di temperatura).

Metodi di misurazione.

L'esecuzione di una misurazione comporta diverse fasi:

- la prima fase è quella dell'impostazione teorica, che richiede una conoscenza preventiva del fenomeno in esame, e che consente di determinare il *principio di misurazione* da adottare;
- il principio scelto viene quindi tradotto in una sequenza logica di operazioni (*metodo di misurazione*) ed eventualmente anche in una descrizione dettagliata delle operazioni da eseguire (*procedura*);
- segue infine la *realizzazione* sperimentale del metodo, utilizzando strumentazione opportunamente scelta ed assemblata.

I metodi di misurazione possono essere classificati in diversi modi. Considerando come viene determinato il valore delle grandezze si hanno i seguenti metodi:

- misurazione col *metodo diretto*: la misura della grandezza è ottenuta direttamente, senza misurare altre grandezze ad essa legate (con eccezione delle grandezze d'influenza e di eventuali campioni utilizzati); es. misurazione di una tensione direttamente con un voltmetro;
- misurazione col *metodo indiretto*: la misura della grandezza è ottenuta a partire dalla misurazione diretta di altre grandezze che sono legate ad essa mediante relazioni funzionali; es. misurazione indiretta di una resistenza, a partire dai valori ottenuti con la misurazione diretta della tensione e della corrente e dalla legge di Ohm.

Se invece si considera il modo in cui avviene la misurazione si ha:

- misurazione *fondamentale*: in cui il valore misurato è ottenuto dalla misurazione di una delle grandezze fondamentali del Sistema di Unità di Misura (es. massa, lunghezza, tempo,...);
- misurazione con il metodo del *confronto*: la misura è ottenuta mediante confronto con una grandezza della stessa specie e di valore noto; ci sono diversi metodi di confronto:
 - ✓ metodo *differenziale*: si esegue un confronto tra la grandezza in esame ed una grandezza della stessa specie e di valore prossimo ad essa e si determina solo la differenza tra le due;
 - ✓ metodo di *sostituzione*: la grandezza in esame viene sostituita nel circuito di misura da una grandezza della stessa specie e dello stesso valore e viene verificato che lo strumento dia la stessa indicazione;
 - ✓ metodo di *zero*: la misurazione si esegue bilanciando una grandezza mediante la variazione di una o più grandezze di valore noto, legate alla prima mediante relazioni matematiche note. La condizione di bilanciamento è visualizzata dall'indicazione di zero di un appropriato strumento (es. bilanciamento dei ponti per la misurazione di resistenze o di impedenze, tecniche potenziometriche per la misurazione di tensioni).

I metodi di misurazione sono anche classificati come:

- a *lettura singola*: la misura viene ottenuta effettuando un'unica misurazione.
- a *lettura ripetuta*: la misura viene ottenuta effettuando un'analisi statistica sulla distribuzione dei dati ottenuti ripetendo la misurazione in condizioni nominalmente uguali.

Strumento di misura.

Il principio di funzionamento di un generico strumento di misura comporta il confronto del misurando con una grandezza, ad esso omogenea, ottenuta tramite un campione di riferimento. Il risultato di questo confronto viene restituito tramite un visualizzatore. Va precisato che l'interazione tra il sistema misurato, lo strumento e l'ambiente che si instaura per generare il segnale di misura, comporta degli scambi energetici che possono alterare sia lo stato del sistema misurato che quello dello strumento. Un cambiamento dello stato del sistema misurato potrebbe modificare il valore del misurando anche se esso, in alcuni casi, può essere valutato considerando il carico dello strumento e le caratteristiche del sistema misurato. Dal punto di vista della utilizzazione, uno strumento di misura è caratterizzato dalle seguenti grandezze, riportate nel manuale d'uso ed a volte anche sull'involucro dello strumento stesso:

- natura del *misurando*;
- campo di misura (*portata* o *fondo scala*), l'intervallo comprendente tutti i valori delle misure che lo strumento può assegnare;
- *accuratezza intrinseca* dello strumento (dichiarata dal costruttore nel manuale d'uso dello strumento);

- *consumo*: caratterizza il carico dello strumento e quindi l'influenza che esso ha sul circuito di misura in cui è inserito;
- *limiti di impiego*: definiscono il campo di valori delle grandezze d'influenza entro cui lo strumento può operare conservando le sue prestazioni. Superati tali limiti lo strumento innanzitutto perde le sue caratteristiche di accuratezza, inoltre potrebbe essere anche permanentemente danneggiato. Come esempi si possono citare: i limiti di temperatura, la massima tensione di alimentazione, il massimo sovraccarico.