



Università degli Studi di Cassino
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale



Associazione Nazionale
Gruppo Misure
Elettriche ed Elettroniche



Lezioni del Corso di
Fondamenti di Misure

A.A. 2009-2010 Ing. Marco Laracca



Indice

1. Errori ed Incertezze
2. Errori Sistemati ed Accidentali
3. La catena di misura
4. Caratteristiche degli Strumenti



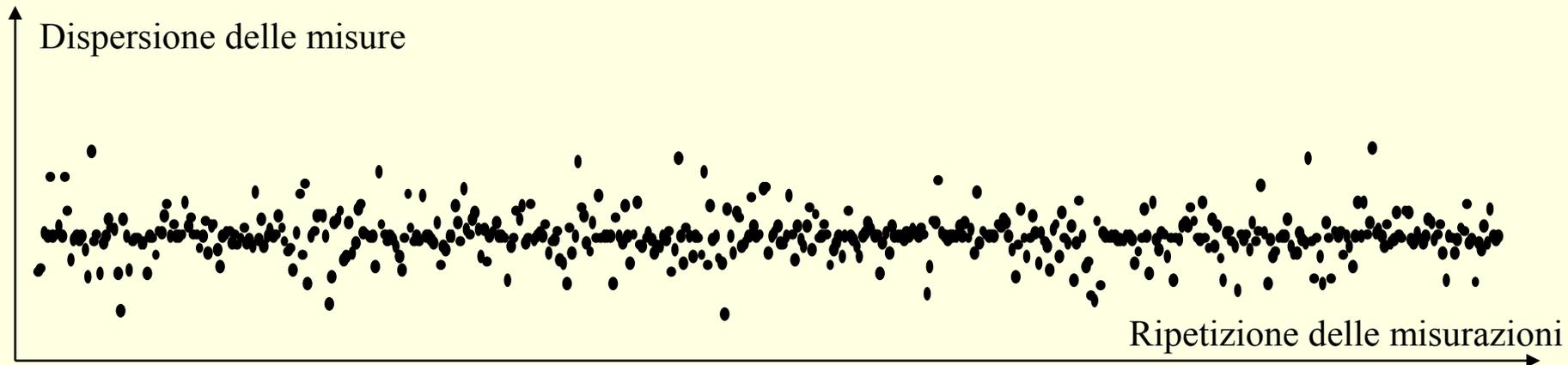
Errori ed incertezze

“... non commettere ingiustizia nelle misure di lunghezza, nei pesi o nelle misure di capacità. Avrete bilance giuste, pesi giusti, efa giusti, hin giusti. Io sono il Signore, vostro Dio, che vi ho fatto uscire dal paese di Egitto ...”

Levitico 19, 35-36

Errori ed incertezze

Ripetendo più volte la stessa procedura di misurazione si ottengono sempre gli stessi risultati?



La misura esprime il rapporto tra i valori di due grandezze della stessa natura, di cui la seconda è assunta come riferimento (unità di misura).

Per come è definito, il valore numerico ricavato da tale rapporto fornisce in modo univoco ed inequivocabile il valore assunto dalla misura stessa.

Passando dalla definizione teorica del termine misura alla sua misurazione ossia all'esecuzione pratica di un procedimento sperimentale atto a fornire la valutazione della misura, si può verificare che, ripetendo più volte la stessa misurazione, non si ottengono sempre gli stessi risultati.

Errori ed incertezze

- ✚ il risultato di misurazioni diverse e ripetute del medesimo misurando non è sempre lo stesso
- ✚ è lo stesso processo di misurazione ad “*alterare*” più o meno significativamente il misurando rendendone impossibile la conoscenza del “*valore vero*”
- ✚ non si inficia il presupposto di unicità della misura, ma si è obbligati a stimare ed esprimere unitamente alla misura la “*qualità*” della misura stessa, ovvero l'incertezza

$$X = (x \pm u) g_X$$

- u_C (*incertezza tipo composta*) indica la qualità della misura
- irrealizzabilità di un'esatta conoscenza del valore del misurando
- impossibilità di realizzare il processo di misura senza essere influenzati dall'ambiente e dalle imperfezioni di strumenti e operatore.

Errori ed incertezze

ERRORE (**causa**)  INCERTEZZA (**effetto**)

il valore vero di una grandezza non è, per definizione, noto né conoscibile (principio di indeterminazione di Heisenberg), anche l'errore così definito risulta non noto e non conoscibile e, pertanto, di nessuna importanza pratica.

- valore vero X_v di una grandezza:

il valore con un infinito numero di cifre decimali esatte che effettivamente compete alla grandezza, noto tramite una misurazione perfetta

- errore assoluto:

differenza tra valore misurato X_m ed il valore vero X_v

$$e = X_m - X_v$$



Principio di indeterminazione di Heisenberg

“non è possibile conoscere simultaneamente la velocità e la posizione di una particella con certezza”

In generale, qualunque coppia di grandezze osservabili generiche non si potranno misurare simultaneamente, se non a prezzo di indeterminazioni

Errori ed incertezze

Valore Vero (X_v)



Valore Ritenuto Vero (X_{rv})

principio di indeterminazione di Heisenberg

il valore vero di una grandezza non è, per definizione, noto né conoscibile (), anche l'errore così definito risulta non noto e non conoscibile e, pertanto, di nessuna importanza pratica.

- valore ritenuto vero X_{rv} di una grandezza:

valore vero convenzionale

- errore assoluto:

differenza tra valore misurato X_m ed il valore ritenuto vero X_v

$$e = X_m - X_{rv}$$

Errori ed incertezze

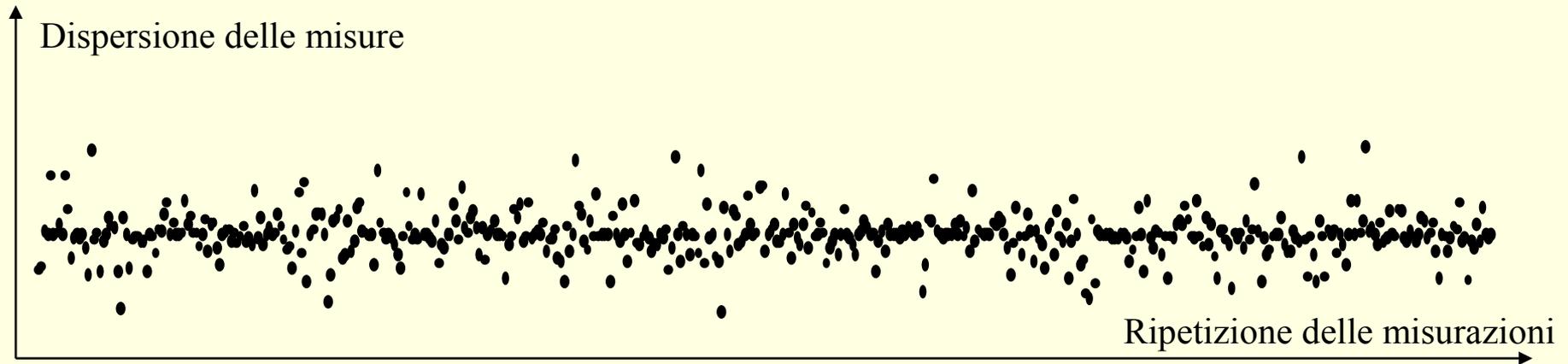
errore relativo:

$$e = \frac{E}{X_{rv}} = \frac{X_m - X_{rv}}{X_{rv}}$$

E' impossibile effettuare misure esatte, si può:

- ricavare dalle misure effettuate il valore più probabile del misurando (e quindi **l'errore/correzione**)
- stimare l'intervallo, centrato intorno a tale valore, all'interno del quale il valore ritenuto vero dovrebbe cadere con un certo livello di confidenza (**incertezza**).

Errori ed incertezze



Il valore della misura è, con buona probabilità, compreso all'interno della distribuzione individuata da questa fascia di valori.

Se la dispersione delle misure è giustificata dall'esistenza di **fattori di influenza variabili in modo casuale, aleatorio**, è lecito supporre che gli effetti sulle diverse misurazioni siano a loro volta aleatori, indipendenti, statisticamente scorrelati e, come tali, a valor medio nullo.

I risultati di misura sono interpretati come derivanti dalla misurazione di un misurando su cui è sovrapposto un segnale di rumore a valore medio nullo.

Si indica come migliore stima della misura il valore medio della distribuzione ottenuta come risultato di misurazioni ripetute. Riassumendo: per ottenere il risultato di una misurazione, si può ripetere un certo numero di volte la procedura di misura ed associare al valore medio della distribuzione ottenuta il significato di migliore stima della misura.

Errori ed incertezze

Gli errori accidentali sono invece prodotti da cause accidentali quali:

-  *irregolarità casuali del procedimento o dello strumento di misura;*
-  *instabilità delle condizioni ambientali;*
-  *imperfezioni congenite dell'operatore umano;*
-  *conseguenza delle correzioni errore sistematico*

- 1. agiscono di volta in volta con segno diverso ed entità diversa**
- 2. grandezza di natura aleatoria**
- 3. effetto, sia positivo che negativo, di un elevato numero di termini, tutti egualmente probabili**
- 4. distribuzione di tipo gaussiano intorno al valore medio**

Esempi di Errori Accidentali

- ✚ errore di risoluzione di lettura
- ✚ errore di parallasse
- ✚ errore di interpolazione
- ✚ errore dovuto al rumore di fondo dello strumento
- ✚ errore di mobilità
- ✚ errore di inversione
- ✚ errore di isteresi

Errori ed incertezze

Errori sistematici

- ✚ sono dovuti a difetti costruttivi, o di taratura degli strumenti e dei campioni, o ad errori e irregolarità nell'applicazione del modello sperimentale (procedura)
- ✚ sono legati alla causa che li produce da una legge fisica ben determinata
- ✚ si presentano con segno costante ed entità circa costante.
- ✚ è quasi sempre possibile compensarne gli effetti
- ✚ non sono influenzati dalla ripetizione delle misure

Esempi di errori sistematici:

- ✓ errore sullo zero
- ✓ errore sulla caratteristica (differenza tra curva caratteristica nominale e reale);
- ✓ errore di disturbo (schiacciamento, scambio di energia termica, alterazione del regime delle correnti in un circuito, perdite di carico, ...)
- ✓ errori dovuti alle grandezze di influenza (pressione, temperatura ed umidità dell'ambiente di misura)

Errori ed incertezze

ripetibilità (repeatability)

capacità di uno strumento di misura a fornire indicazioni concordi in risposta a condizioni di ingresso (condizioni di misura) costanti e consecutive.

La ripetibilità è legata al valore dello scarto quadratico medio di una serie di misure ottenute in condizioni costanti, ed uno strumento è tanto più ripetibile quanto più piccolo è lo scarto quadratico medio.

accuratezza (precision)

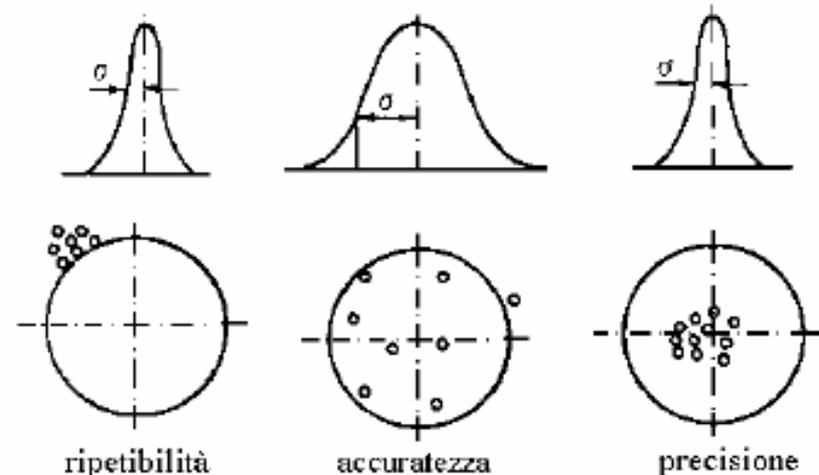
differenza in valore e segno tra il valore ritenuto vero e la media di una serie di misure.

uno strumento è tanto più accurato quanto più la media di una serie di misure da esso effettuate è vicina al valore ritenuto vero, cioè al valore ottenuto come media di una serie di misure effettuate con uno strumento campione.

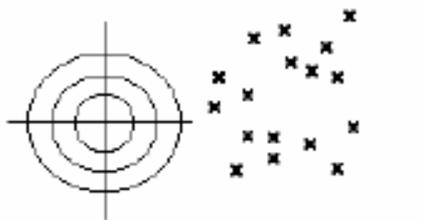
precisione (accuracy)

sintetizza i concetti di ripetibilità ed accuratezza; è l'attitudine dello strumento a fornire una misura con il minimo errore rispetto al valore ritenuto vero e con una elevata ripetibilità.

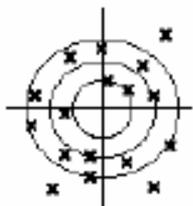
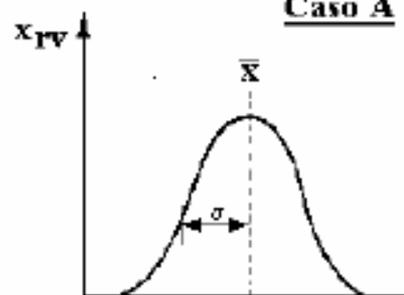
La precisione è, quindi, legata al valore dell'incertezza composta estesa.



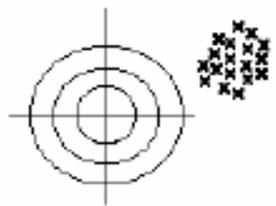
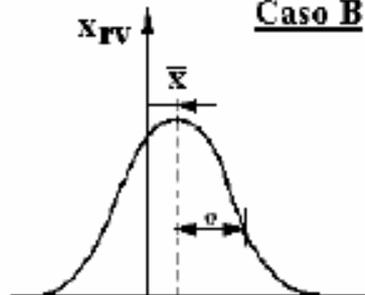
Errori ed incertezze



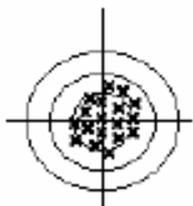
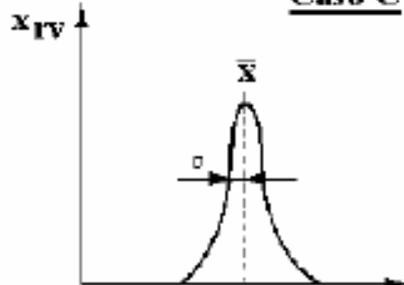
Caso A



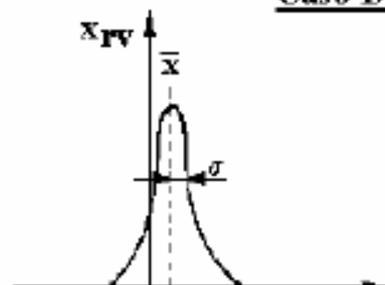
Caso B



Caso C



Caso D



Accuratezza e ripetibilità:

- a) misura poco ripetibile e poco accurata;
- b) misura accurata e poco ripetibile;
- c) misura ripetibile e poco accurata;
- d) misura accurata e ripetibile.