

MISELN-GEN-02

Franco Ferraris
Marco Parvis

Generalità sulle Misure di Grandezze Fisiche

Prof. Franco Ferraris - Politecnico di Torino

- La stima delle incertezze nel procedimento di misurazione
 - modello deterministico
 - modello probabilistico
- La compatibilità delle misure

Torino, 28-May-02

1

MISELN-GEN-02

Franco Ferraris
Marco Parvis

Testi consigliati

- Norma UNI 4546 - Misure e Misurazioni; termini e definizioni fondamentali - Milano - 1984
- Norma UNI-CEI 9 - Guida all'espressione dell'incertezza nella misurazione - Milano - 1997
- A. De Marchi, L. Lo Presti - Incertezze di misura - CLUT - Torino - 1993

– UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione
CEI: Comitato Elettrotecnico Italiano

Torino, 28-May-02

2

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

Ad ogni misura è sempre associata :
I'INCERTEZZA

che

- INDICA
 - quanto è **significativa** la misura (l'informazione) ottenuta
 - quale è l'**accordo** con i campioni ufficialmente riconosciuti
- DEVE essere **valutata** dallo sperimentatore
- DEVE essere sempre **comunicata**

Torino, 28-May-02 3

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

L'incertezza in una misurazione non può mai essere resa nulla, perché:

- La **definizione** del misurando
 - modello matematico
 - operazioni necessarie per la misurazionenon descrive completamente la realtà fisica (la definizione è sempre arricchibile)
Esempio: lunghezza di un elastico

Incerteza intrinseca del misurando

Torino, 28-May-02 4

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

L'incertezza di una misurazione non può mai essere resa nulla, perché:

- I **dispositivi** che realizzano materialmente il confronto sono affetti a loro volta da incertezze (dispositivi sempre raffinabili)
 - Diminuire l'incertezza significa aumentare il costo: incertezza nulla si avrebbe per costo infinito

Incertezza strumentale

Torino, 28-May-02 5

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

L'incertezza di una misurazione non può mai essere resa nulla, perché:

- I **campioni** che si utilizzano nel confronto sono affetti da incertezze (campioni sempre migliorabili)
- I campioni possono non rappresentare il misurando così come è stato definito

Incertezza strumentale del campione

Torino, 28-May-02 6

MISELN-GEN-02

Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

L'incertezza di una misurazione non può mai essere resa nulla, perché:

- Lo **stato** dei sistemi che interagiscono nella misurazione (sistema misurato, dispositivi, campione, ...)
 - non rappresenta completamente la realtà fisica (modello sempre arricchibile)
 - varia al variare delle condizioni al contorno (ambientali)

Torino, 28-May-02

7

MISELN-GEN-02

Franco Ferraris
Marco Parvis

L'incertezza

Stato di un sistema

Insieme dei valori assunti contemporaneamente dai parametri del sistema

Grandezza d'influenza

Grandezza, diversa dal misurando, pertinente ai sistemi che interagiscono nella misurazione, la cui variazione altera significativamente, agli effetti della misurazione, le caratteristiche dei sistemi stessi

Torino, 28-May-02

8

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Errore ed incertezza

- In una misurazione l'operatore esegue una **stima** del valore del misurando
- Il risultato non coincide con il valore del misurando a causa dell'imperfetta misurazione della grandezza
- Si ha dunque un **errore (scarto, scostamento)**, originato da svariati contributi che sono
 - ignoti
 - inconoscibili

Torino, 28-May-02 9

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Correzioni

- L'effetto di alcuni scarti è però **modellizzabile**
 - conoscenze sul **comportamento** dei sistemi che intervengono nella misurazione
 - conoscenza **dell'effetto** delle grandezze di influenza
- Per questi errori si può **correggere** il risultato sulla base del modello (se la componente di errore è significativa)
 - Esempio: "errori" di consumo degli strumenti (carico strumentale)

Torino, 28-May-02 10

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Errore ed incertezza

- L'incertezza
 - è una **valutazione** eseguita dall'operatore
 - sulle cause che incidono **significativamente** sull'informazione fornita (la misura)
 - fornisce l'**informazione** sulla stima dell'imperfetta conoscenza del valore del misurando

Torino, 28-May-0211

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Stima dell'incertezza

- La stima è eseguita sulla base di un modello:
 - **deterministico**
 - misurazione a **lettura singola**
 - **probabilistico**
 - misurazione a **letture ripetute**

Lettura

Rilevamento dell'indicazione di un dispositivo per misurazione da parte dell'osservatore umano o di un utilizzatore strumentale

Torino, 28-May-0212

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello deterministico

- Stima **pessimistica** del contributo delle varie cause di incertezza
- L'ampiezza della fascia di valori è tale da **garantire** che ("ragionevolmente") il valore del misurando sia compreso all'interno della fascia
- Ogni contributo di incertezza è stimato nelle **condizioni peggiori**
- Sono **sommati i valori assoluti** dei singoli contributi di incertezza

Torino, 28-May-0213

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello deterministico

La fascia di valori è fornita indicando:

- **estremi** della fascia
 - Esempio: $I=[3,035 \div 3,043]$ A
- **valore centrale e semiampiezza** della fascia
 - in valore **assoluto**
 - Esempio: $I=[3,039 \pm 0,004]$ A
 - in valore **relativo** (al valore centrale)
 - Esempio: $I=3,039$ A $\pm 0,13\%$
 - in valore **ridotto** (a un valore convenzionale)

Torino, 28-May-0214

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

- Modello più raffinato, che fornisce una stima più **realistica**
- E' il modello che dovrà essere usato in futuro nei **certificati ufficiali**
- La valutazione dell'incertezza fa riferimento a due strumenti matematici
 - **Categoria A**
 - Analisi statistica di serie di osservazioni
 - **Categoria B**
 - Mezzi diversi dall'analisi statistica

Torino, 28-May-02 15

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico Incertezze di categoria A

- La grandezza è considerata una variabile aleatoria
 - Riferimento alle conoscenze di base di Teoria della Probabilità:
 - funzione densità di probabilità, distribuzione di frequenza
 - valore sperato
 - varianza
 - livello di fiducia (confidenza)
 - gradi di libertà

Torino, 28-May-02 16

Modello probabilistico Incertezze di categoria A

- Sono considerate m **osservazioni indipendenti** n_k della grandezza q eseguite nelle stesse condizioni sperimentali
- La stima del valore sperato è la **media aritmetica** delle osservazioni

$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m n_k$$

Modello probabilistico Incertezze di categoria A

- La **varianza sperimentale** s^2 , stima della varianza σ^2 della distribuzione di probabilità, e' data da:

$$s^2(n_k) = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m \left(n_k - \bar{n} \right)^2$$

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

Incertezze di categoria A

- La miglior stima della varianza della media sperimentale è data da:

$$s^2\left(\bar{n}\right) = \frac{s^2(n_k)}{m}$$

- La sua radice quadrata è chiamata **scarto tipo sperimentale della media** e rappresenta **l'incertezza tipo u**

Torino, 28-May-02 19

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

- Per le incertezze di categoria A sono dunque fornite:
 - la **media aritmetica**, come stima del valore sperato
 - **l'incertezza tipo**, come stima della radice della varianza della media
 - i **gradi di libertà**

Torino, 28-May-02 20

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico Incertezze di categoria B

- La grandezza NON è ottenuta con osservazioni ripetute, e la sua distribuzione è valutata “**a priori**” sulla base di:
 - dati di misurazioni precedenti
 - esperienza dell’operatore
 - specifiche tecniche del costruttore
 - dati forniti in certificati di taratura
 -
- Dalla valutazione della distribuzione si deduce il **valore sperato** e l’**incertezza tipo**

Torino, 28-May-02 21

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico Incertezze di categoria B

Taratura

Procedimento che determina come i segnali d’uscita degli strumenti sono legati alle misure dei misurandi
i valori nominali dei campioni sono legati alle misure delle grandezze da essi riprodotte

Torino, 28-May-02 22

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

Incertezze di categoria B

Esempi

- L'incertezza è DICHIARATA (nel manuale del dispositivo) con un intervallo avente un **livello di fiducia** del 90, 95 o 99 per cento
- Si ipotizza una **distribuzione normale**
- Il **valore sperato stimato** è il valore dichiarato
- La stima **dell'incertezza tipo** si ottiene dividendo l'incertezza dichiarata rispettivamente per 1,64, 1,96 o 2,58

Torino, 28-May-02 23

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

Incertezze di categoria B

Esempi

- L'incertezza è DICHIARATA (nel certificato associato al dispositivo) come **ampiezza 2a** della fascia di valori
- Si ipotizza una distribuzione **rettangolare**
- Il **valore sperato stimato** è il valore **centrale** della fascia
- La stima **dell'incertezza tipo** si ottiene come:

$$u = a / \sqrt{3}$$

Torino, 28-May-02 24

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico Incertezze di categoria B

Torino, 28-May-02 25

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

- L'incertezza composta è stimata **sommando i quadrati** delle incertezze tipo (componenti di categoria A e B)
- L'incertezza è data in valore **assoluto, relativo, ridotto**
 - Esempio:
 - $m = 100,021\ 47\ \text{g}$ con $u = 0,35\ \text{mg}$
 - $m = 100,021\ 47(35)\ \text{g}$
 - $m = 100,021\ 47(0,000\ 35)\ \text{g}$

Torino, 28-May-02 26

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Modello probabilistico

- Si fornisce anche una **incertezza estesa (globale) U**, ottenuta moltiplicando u per un fattore di copertura k (compreso fra 2 e 3).
- L'incertezza estesa U rappresenta la **fascia di valore**
 - Nell'ipotesi di **distribuzione normale** il fattore di copertura corrisponde al **grado di fiducia** ($k=2$ per circa il 95%, $k=3$ per circa il 99%)

Torino, 28-May-0227

MISELN-GEN-02Franco Ferraris
Marco Parvis

Compatibilità delle misure

- La presenza dell'incertezza fa perdere significato al concetto di **misure uguali**
che è sostituito con quello di **misure compatibili**

Compatibilità delle misure

Si verifica quando le fasce di valore assegnate in diverse occasioni come misura dello stesso parametro nello stesso stato hanno almeno un elemento in comune

Torino, 28-May-0228

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Compatibilità delle misure

• Esempio:

• a e b sono compatibili

• b e c sono compatibili

• a e c NON sono compatibili

Torino, 28-May-02 29

MISELN-GEN-02 Franco Ferraris
Marco Parvis

Compatibilità delle misure

- In generale per le misure compatibili NON vale la **proprietà transitiva**
 - Se *a comp. b* e *b comp. c*
non necessariamente è *a comp. c*
- Sono **mutuamente compatibili** le misure che hanno almeno un elemento in comune fra tutte le fasce di valore

Torino, 28-May-02 30