

TUTTO_MISURE

LA RIVISTA DELLE MISURE E DEL CONTROLLO QUALITÀ - PERIODICO FONDATA DA SERGIO SARTORI
ORGANO UFFICIALE DELL'ASSOCIAZIONE "GMEE" E DI "METROLOGIA & QUALITÀ"



AFFIDABILITÀ
& TECNOLOGIA

ANNO XVI
N. 02
2014



GRUPPO EDITORIALE L'ESPRESSO

EDITORIALE

Lo Stato che manca

IL TEMA: SPECIALE CENTRI ACCREDITATI

Convegno Centri Taratura
ad A&T 2014

Requisiti statistici

Misura del Fattore di Potenza

ALTRI TEMI

Caratterizzazione di elastici

Misure per la Smart Grid

Incertezza - parte III

ARGOMENTI

Metrologia legale e forense in Italia

Compatibilità elettromagnetica

Le norme: Audit - parte I

INNOVATEST[®]

A NEW GENERATION OF
HARDNESS TESTING MACHINES
MADE IN HOLLAND

Entra in scena la dirompente e innovativa gamma di durometri

Ora anche in Italia **il nuovo modo di concepire il durometro.**



PRECISIONE
A LIVELLI
ASSOLUTI



Nexus
serie 400/4000
Microvickers/Vickers

Nexus
serie 3000
Brinell

Verzus
serie 700/750
Universali

Nexus
serie 7000/7500
Universali

Nemesis
serie 9000
Universali

Nemesis
serie 9500
Universali



Da oltre 60 anni,
in prima fila, con i nostri
strumenti, per le vostre più
complesse esigenze di controllo.

RUPAC 
Strumenti e sistemi di misura

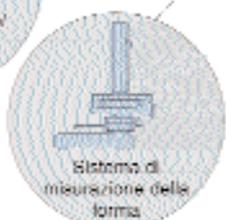
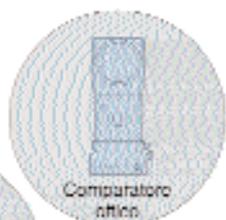
RUPAC S.r.l. - Via Alamanni, 14 - 20141 Milano
tel. 02.53.92.212 r.a. - fax 02.56.95.321
vendite@rupac.com - www.rupac.com

Posizionare, Premere, Elaborare

MISURAZIONE ISTANTANEA

“PIÙ VELOCE” E “PIÙ PRECISO”

Metodi
convenzionali
di misurazione



È sufficiente
“POSIZIONARE e PREMERE”
Un modo totalmente nuovo
di misurare le dimensioni



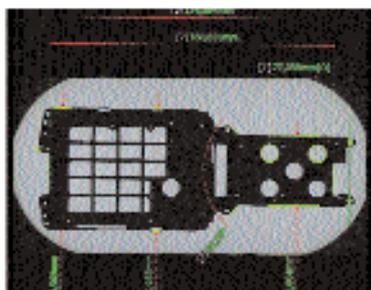
Serie IM



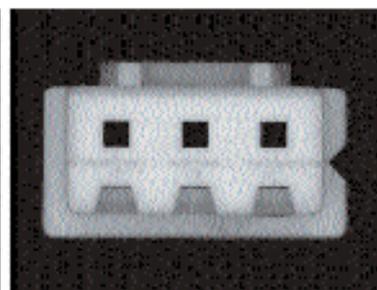
Eliminazione dei differenti risultati dovuti da diversi operatori



Facile gestione dei dati



Campo di misurazione doppio rispetto ai sistemi tradizionali



Regolazione automatica della messa a fuoco nel caso di target con differenze di altezza

Un modo totalmente nuovo di misurare le dimensioni

KEYENCE ITALIA S.p.A.

Sede Amministrativa Via Spadolini 5 20141 Milano, Italia Telefono: +39 02 6688220 Fax: +39 02 66829200

Bologna telefono: +39 051-410718

Torino telefono: +39 011-2603100

Pescara telefono: +39 085-8081700

Treviso telefono: +39 0422-503004



PER CONTATTARCI
+39-02-6688220

www.keyence.it

E-mail: keyence@keyence.it

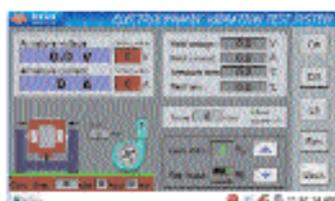


<http://www.donglingtech.com>
info@donglingtech.com

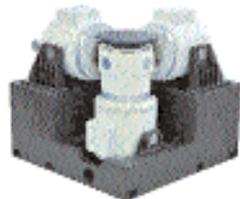
3 YEARS WARRANTY

Environmental & Reliability Test Solutions Manufacturer

- Air cooled shaker:1~70kN
- Water cooled shaker:50~500kN
- 2~4 inch stroke
- Smart digital power amplifier



The Worlds First 500kN
Electro-dynamic Shaker



3-Axis Electro
Dynamic Shaker



Combined Environmental
Test System



Modal Shaker



Shock & Bump
Test System



DL Europa s.r.l

Address: Via Edison, 22/24 - Strada Provinciale 30
GUDO VISCONTI, MI 20088

TEL:+39 (0)287196315 FAX:+39 (0)287162890

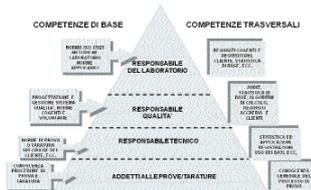
www.dleuropa.com E-mail:info@dleuropa.com

IN QUESTO NUMERO

I requisiti statistici per l'applicazione della UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005

Statistical requirements for the application of UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005

M. Lanna, M. Vianello



95

Verso la comunicazione a larga banda per smart grid

Toward broadband communication for smart grid

P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, D. Della Giustina

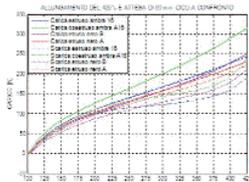


125

Un sistema per la caratterizzazione di elastici per fucili subacquei

An experimental setup for spearfishing applications

F. Adamo, F. Attivissimo, G. Cavone, G. Cice



117

Energy harvesting in ambito tramviario

Energy harvesting in urban railway transport

L. Angrisani, F. Bonavolontà, G. Ianniello, A. Liccardo, R. Schiano Lo Moriello, A. Tedesco



129

Editoriale: Lo Stato che manca (F. Docchio) **85**

Il tema: I nuovi Partner di Tutto_Misure e di T_M News
Benvenuta A.L.A.T.I.! Anche l'associazione dei Laboratori di Taratura entra nella nostra squadra editoriale **87**

Il tema: Speciale Centri Accreditati
Gli indirizzi di saluto al convegno dei Centri Accreditati di Affidabilità & Tecnologie 2014 I requisiti statistici per l'applicazione della UNI CEI EN ISO/IEC 1705:2005 (M. Lanna, M. Vianello) **91**
Metodo di calcolo del fattore di potenza in transitori di corrente e relativa incertezza (F. Floriani) **113**

Gli altri temi: Misure per l'Industria
Un sistema per la caratterizzazione di elastici per fucili subacquei (F. Adamo, F. Attivissimo, G. Cavone, G. Cice) **117**

Gli altri temi: Metrologia fondamentale
Incertezza di misura: teoria coerente o edificio da ricostruire? (N. Giaquinto) **121**

Gli altri temi: Misure per la smart grid
Verso la comunicazione a larga banda per smart grid (P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, D. Della Giustina) **125**

Gli altri temi: Misure per l'Energia
Energy Harvesting in ambito tramviario (L. Angrisani, F. Bonavolontà, G. Ianniello, A. Liccardo, R. Schiano Lo Moriello, A. Tedesco) **129**

Campi e compatibilità elettromagnetica
Strumentazione di base nelle misure di CEM: Il ruolo dello schermo nelle sonde di campo magnetico - Parte II (C. Carobbi, A. Bonci, M. Cati) **133**

I Seriali di T_M: Misure e Fidatezza
Tecniche di analisi della fidatezza: FMECA - Failure Mode, Effects and Criticality Analysis - Parte I (M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni) **137**

Le Rubriche di T_M: le Pagine IMEKO
Presentazione di Imeko - International Measurement Confederation (a cura di Paolo Carbone) **141**

Le Rubriche di T_M: Metrologia legale e forense
Analisi ematiche: il caso Abbott (V. Scotti) **143**

Spazio Associazioni Universitarie di Misuristi
Dalle Associazioni Universitarie di Misuristi **147**

Manifestazioni, Eventi e Formazione
2014: eventi in breve **149**

Commenti alle norme: la 17025
Audit interno - Parte I (N. Dell'Arena) **151**

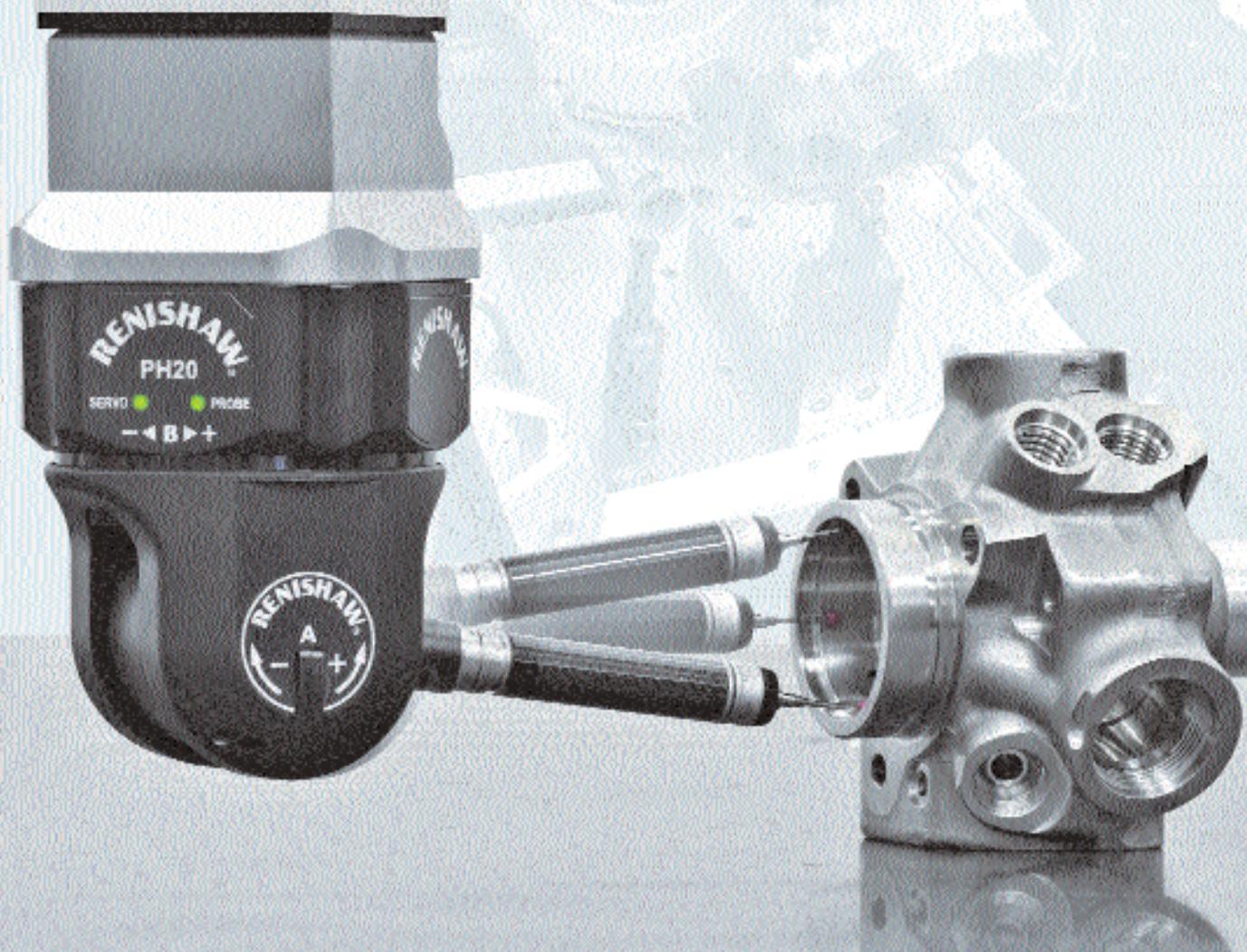
Storia e Curiosità
La storia degli accelerometri - Parte I (a cura di Aldo Romanelli) **153**

Abbiamo letto per voi **160**

News **142-144-146-150-152-154-158**

RENISHAW
apply innovation™

Il retrofit che moltiplica la produttività



La nuova testa PH20 a cinque assi riduce fino a tre volte i tempi di controllo

Grazie alla tecnologia sviluppata per il sistema di misura REVO[®], la nuova testa di tastatura unisce al posizionamento continuo un esclusivo 'tocco di testa', per arrivare sul pezzo sempre con l'angolo ottimale e in un tempo drasticamente ridotto.

Renishaw SpA, Via Prati 5, 10044 Planezza (TO)
T 0119661052 F 0119664083 E italy@renishaw.com
www.renishaw.it



Lo Stato che manca

The Missing State



Cari lettori!

Quando mi leggerete, le Elezioni Europee saranno archiviate, dunque non devo pormi il problema di non infrangere la "par condicio" citando questo o quel politico. Vi chiedo dunque: qual è l'elemento comune tra una partita di calcio e le misure riferibili? Secondo me, la mancanza dello Stato.

L'altra sera ho avuto l'infelice idea di accendere la televisione e assistere alla finale di Coppa Italia di calcio all'Olimpico. È stato un susseguirsi di episodi che suscitano vergogna: dalla negoziazione dell'iniziare o no una partita con il capo dei tifosi di una delle squadre, elemento di dubbia reputazione e in bilico su una struttura, al lancio di bombe carta per far pressioni su chi doveva decidere se iniziare o no, e dalla presenza imbarazzata a questo spettacolo di alcune delle massime autorità dello Stato.

Tuttavia quello che mi ha fatto più vergognare sono stati i fischi all'inno di Mameli. Mi capite? È sicuramente maleducato e riprovevole che, in una competizione internazionale, i tifosi (quasi sempre italiani) fischino l'inno nazionale del team avversario (forse per scaramanzia, come fischiare le azioni degli avversari durante la partita). Ma una partita tra due squadre italiane? E non è una questione di leghismo o di voglia d'indipendenza da Roma, tant'è vero che entrambe le contendenti erano di città sotto il Po. E allora? L'unica spiegazione che mi sono dato è stata che c'era, da parte dei tifosi che fischiavano, una diffusa ostilità nei confronti dello Stato o dell'assenza di Stato. Lo Stato che non c'era l'altra sera è quello che non tutela i lavoratori, specialmente i giovani (la disoccupazione, tra i giovani e specialmente al Sud, è a livelli catastrofici). Lo Stato che ancora umilia, con i suoi bizantinismi e le sue burocrazie, la voglia di fare dei più, e confonde volutamente riforme con demagogia. Chissà se i politici presenti quella sera, udendo i fischi, non hanno riflettuto sull'opportunità di restare allo stadio o uscirne.

E le misure riferibili? Durante l'interessante Convegno dei Centri accreditati, organizzato da Accredia ad Affidabilità & Tecnologie, il 16 aprile scorso, le autorità convenute hanno messo a fuoco luci e ombre dell'accredimento in Italia (un'approfondita sintesi è presente nelle pagine interne di questo numero). Un esempio eclatante, portato dal Vicepresidente di Accredia, Prof. Paolo Vigo, è la situazione della Terra dei Fuochi, di ben triste attualità, dove ancor oggi, per le misure di inquinamento

ambientale e del suolo è permesso l'uso di strumentazione non riferibile (quindi qualsiasi risultato, direte voi, è altrettanto probabile). Ciò è tra l'altro dimostrato dall'evidenza, riportata dal Direttore di Accredia Dott. Filippo Trifiletti, che in Italia c'è un solo Laboratorio accreditato per misure in chimica e biologia (contro le decine o centinaia di altri Paesi). E, se lo Stato non pretende la riferibilità delle misure che lo riguardano (salute, ambiente, alimentare), chi dovrebbe farlo? Aggiungiamoci anche le vicende della Montedison, dove i risultati delle misurazioni sulla popolazione, nei pressi della discarica di Bussi sul Tirino, erano pure state eseguite e sono state tenute nel cassetto. Per inciso, anche il Presidente di A.L.A.T.I., nell'intervista pubblicata in questo numero, mette la piaga sui costi della riferibilità e della riduzione dell'incertezza, in presenza di "pirati delle misure".

Ebbene, chiunque sia stato eletto nel Parlamento Europeo avrà il compito di rendere ragione, nei confronti dei colleghi parlamentari degli altri Stati, di questa latitanza delle Istituzioni che dovrebbero, viceversa, garantirci e permeare di sé la nostra esistenza. Ma lo faranno?

Per passare alle (poche) buone notizie, anche quest'anno l'evento Affidabilità & Tecnologie ha chiuso in attivo, con un soddisfacente incremento di visitatori ed espositori. E la nostra Rivista ha avuto un lusinghiero incremento di contributi e di inserzionisti, che contiamo di mantenere e migliorare ulteriormente. Segno di una ripresa della fiducia da parte delle imprese del mondo delle misure? È presto per dirlo: molte testimonianze dal mondo delle imprese sono decisamente ancora negative. Ma ci vogliamo credere.

Il numero 2/2014 è dedicato, dunque, ai Centri Accreditati, con la citata raccolta dei messaggi di benvenuto delle autorità al Convegno. Anche qui una buona notizia iniziale: anche in un periodo di "spending review", le tariffe ACCREDIA per l'accredimento hanno subito variazioni al ribasso! Lo speciale segue con un articolo di Michele Lanna sulle competenze statistiche degli operatori dei Centri accreditati e con la breve nota tecnica di un operatore di uno di questi Centri. Per la cronaca, questo numero è molto ricco di contenuti e siamo stati costretti a rimandare al prossimo numero alcune rubriche che ci erano ormai familiari. Ma torneranno nel prossimo numero. Vi auguro, in anticipo, buone vacanze. Che la ripresa autunnale sia proficua! E che il nostro Governo passi dalle riforme previste alle riforme realizzate! E a un maggiore rispetto nei confronti dei suoi "governati".

Buona lettura!

Franco Docchio



Certificazione e valutazione della conformità degli strumenti regolamentati dalle seguenti direttive europee:

- DIRETTIVA 2004/22/CE – Strumenti di misura "MID"
- DIRETTIVA 2009/23/CE – strumenti per pesare a funzionamento non automatico "NAWI"

Il laboratorio LABCERT effettua prove metrologiche in conformità alle seguenti Raccomandazioni Internazionali:

OIML: R35, R43, R50, R51, R61, R76, R80, R106, R107, R111, R117, R120, R134, R138



Prove metrologiche su strumenti per pesare AWI & NAWI



Prove BIM



Prove in camera climatica



Prove su Solenostatici Ponderali



Dosatrice gravimetriche



Distributori automatici di detersivo e alimenti liquidi



Prove su pesatrici gravimetriche



Prove su pesatrici con pesatura dinamica



Prove su pesche elettroniche portatili o dinamiche



Prove su pesche statiche e dinamiche



Bicchieri e cucchiai



Misure di capacità



Distributori di carburanti



Il Laboratorio è autorizzato alla "Verificazione Periodica" degli strumenti di misura MID
MI-005 N° PN-132
MI-006 N° PN-133

Il laboratorio è autorizzato da UNIONCAMERE per i seguenti moduli:

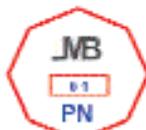
MI-005:

Tutti gli strumenti di misura previsti dall'Allegato MI-005 Classe 0,3 - 0,5 - 1,0 - 2,5

MI-006:

Tutti gli strumenti per pesare previsti dall'Allegato MI-006: Cap. II, III, IV, V, VI

LMB PN-01



Laboratorio Autorizzato dalla Camera di Commercio di Pordenone per l'esecuzione della "Verificazione Periodica degli strumenti di misura" in applicazione del D.M. 28 marzo 2000, n. 182. L'Idoneità è valida per tutto il territorio nazionale per i seguenti strumenti di misura:

Pesi e masse da 1mg a 2000kg
Strumenti per pesare fino a 100.000 kg
Misure di capacità fino a 1000 litri

Misuratori di carburanti presso distributori stradali
Complessi di misura per carburanti
Misuratori di volumi di liquidi diversi dai carburanti

Il Centro organizza periodicamente corsi di abilitazione alla verificazione periodica degli strumenti per pesare e misurare



LAT n. 147

Taratura masse da 1mg a 2000kg
Taratura strumenti per pesare fino a 100t



Benvenuta A.L.A.T.I.!

Anche l'Associazione dei Laboratori di Taratura entra nella nostra squadra editoriale

WELCOME A.L.A.T.I.!

After ACCREDIA, the National Accreditation Organization, also A.L.A.T.I., the Association of the Italian Calibration Laboratories, enters the staff of Tutto_Misure, as a permanent strategic partner, ensuring a high added value contribution to the quality of the Magazine, in the context of the measurement and testing sector, for the benefit of the industry.

RIASSUNTO

Dopo ACCREDIA, l'Ente unico di accreditamento nazionale, anche A.L.A.T.I., l'Associazione dei Laboratori di Taratura Italiani entra con un ruolo attivo nella squadra di "TUTTO_MISURE", garantendo valore aggiunto a un livello contenutistico per quanto riguarda l'ambito delle misure e delle prove.

INTRODUZIONE DEL DIRETTORE DI TUTTO_MISURE

Franco Docchio

Nel 2012 è nata A.L.A.T.I, Associazione dei Laboratori Accreditati di Taratura Italiani. L'associazione si è costituita per rispondere, come vedremo nell'intervista, a un'esigenza di rappresentatività in seno all'allora neonata ACCREDIA, stante la ridefinizione del suo statuto, modificato rispetto agli statuti degli Enti (SIT, SINAL, SINCERT) che in essa si sono accorpatisi. L'associazione, fin dalla nascita, ha riconosciuto nella Rivista Tutto_Misure uno strumento ove poter veicolare le proprie informazioni, comunicare con i suoi soci e promuovere nuovi associati tra gli operatori del mondo dei Laboratori di tarature e prove. La rivista, ben volentieri, le ha fornito uno spazio nella rubrica dedicata alle "altre associazioni".

Recentemente lo staff editoriale della Rivista ha promosso una campagna di acquisizione di "partner strategici", che l'affiancassero nella messa a disposizione di contenuti mediante la gestione di apposite rubriche e la condivisione di notizie e spunti. Nello scorso numero di Tutto_Misure, abbiamo dato il benvenuto ad Accredia, che ha

accettato di condividere con noi questa stimolante esperienza. In questo numero, anche A.L.A.T.I. entra a fare parte della famiglia di T_M. Le diamo il benvenuto con una intervista al suo Presidente, Ing. Paolo Giardina, che riassume le finalità dell'associazione, i servizi offerti agli associati, e i suoi... sogni nel cassetto, che spera di condividere con il maggior numero di associati possibile nel prossimo futuro, in un quadro di proficua collaborazione con ACCREDIA. Benvenuti!



INTERVISTA

ALL'ING. PAOLO GIARDINA,
PRESIDENTE DI A.L.A.T.I.

D. - A.L.A.T.I., l'Associazione dei Laboratori Accreditati di Taratura Italiani, è nata da poco per agglomerare intorno a sé i Laboratori di taratura operanti su scala nazionale. Quali sono state le motivazioni che hanno portato i fondatori a intraprendere questa iniziativa?

La motivazione principale è stata quella di colmare il vuoto di rappresentanza dei Centri di Taratura all'interno dell'Ente di accreditamento, così come contemplato dal primo articolo del nostro statuto. Infatti quando il SIT/COPA confluì in ACCREDIA, le commissioni dei Centri, già Sottocomitati Tecnici (meccanico ed elettrico), che fino ad allora avevano rappresentato la voce dei Centri di taratura all'interno del SIT, prima, e del COPA, poi, non ebbero continuità di mandato in quanto nello statuto di ACCREDIA non era previsto questo tipo di rappresentanza, se non sotto forma associativa, per i soggetti accreditati. Preciso che le vecchie commissioni, oltre a rappresentare le esigenze, gli umori e le problematiche di tutti i Centri di Taratura (tutti i centri accreditati ne facevano parte di diritto), erano un luogo di discussione e di confronto tecnico tra i centri e anche con gli esperti dell'Istituto di Metrologia e gli Ispettori del SIT/COPA. Erano quindi un luogo per addetti ai lavori, che spesso ha dato ottimi frutti, ad esempio nella redazione e verifica delle linee guida sulla taratura degli strumenti, discusse all'interno di gruppi di lavoro appositamente costituiti.

Come ultimo presidente di una delle due commissioni (settore meccanico), ho vissuto molto da vicino le vicissitudini del passaggio ad ACCREDIA e



LABORATORIO DI TARATURA STRUMENTI DI MISURA

ACCREDIA

Ente Nazionale di Accreditamento

LAT N. 60

vedi tabella
di accreditamento
www.accredia.it



- ▶ **TEMPERATURA**
- ▶ **UMIDITÀ RELATIVA**
- ▶ **PRESSIONE / VUOTO**
- ▶ **STRUMENTI DIMENSIONALI**
- ▶ **MOMENTO TORCENTE**
- ▶ **FORZA**
- ▶ **VELOCITÀ ROTAZIONALE**

**MISURE DI STABILITÀ ED UNIFORMITÀ
TEMPERATURA DI:**

- FORNI - STUFE - MUFFOLE
- BACINI E AMBIENTI TERMOSTATICI
- CELLE FRIGONIFERE - CONGELATORI

SALDATRICI E APPARECCHIATURE AUSILIARIE

**TARATURE ANCHE
PRESSO LA SEDE DEL CLIENTE**

**GESTIONE INTEGRALE
DELLA STRUMENTAZIONE**

**FORNITURA E ASSISTENZA DI
STRUMENTI E SENSORI**

**ASSISTENZA, FORMAZIONE E
QUALIFICAZIONE NELLE AREE:**

Sistemi Qualità, Gestione Ambientale e Sicurezza,
Prove Non Distruttive, Metrologia, Analisi avaria,
Vita residua, Metallurgia,
Prove meccaniche, Trattamenti termici,
Metallografia, Saldatura





posso confessare, in tutta onestà, di avere avuto qualche timore che i centri potessero perdere qualcosa nella parte relativa alla competenza tecnica, fondamentale per le nostre attività, mentre ero abbastanza fiducioso che essi avrebbero trovato, dall'altra parte, una maggiore efficienza, trattandosi di una struttura ben articolata e, comunque, ben roduta nel settore dell'accreditamento.

È pur vero però che ACCREDIA, tramite il CIG (Comitato di Indirizzo e Garanzia), ha cercato di dare una sorta di continuità, istituendo gruppi di lavoro con lo scopo di affrontare problematiche di tipo tecnico; ma nello stesso tempo, ovviamente a mio parere, tali gruppi di lavoro sembrano essere meno incisivi del passato: tant'è che nell'ultimo convegno dei Centri, svoltosi ad aprile, tali gruppi di lavoro non sono stati riuniti. Comunque, al di là di tutto ciò, è un dato di fatto che i Centri non hanno una rappresentanza all'interno del nuovo Ente di Accreditamento, così come l'avevano nel SIT e, successivamente, in COPA.

Con A.L.A.T.I. stiamo tentando di ripristinare questo concetto, pur con alcune difficoltà, soprattutto economiche, visto che l'ingresso come socio di ACCREDIA non è a titolo gratuito; e questo, per una piccola Associazione come la nostra, è di fondamentale importanza. Le dirò che vedere tra i soci di ACCREDIA tante associazioni di categoria, seppur importanti ma che hanno poca attinenza con le tarature, e non la nostra, o comunque qualche altra realtà che dia voce a questo mondo, mi sembra alquanto anacronistico; anche per ACCREDIA, visto che i centri accreditati rappresentano uno dei tre pilastri su cui poggia il sistema di accreditamento in Italia.

Nonostante ciò rimango molto fiducioso che, al più tardi nel 2015, A.L.A.T.I. possa annoverarsi tra i soci di ACCREDIA, in rappresentanza dei centri di taratura accreditati.

D. - Quali sono i servizi offerti ai Soci dall'Associazione? Quali le sue attività formative, infor-

mative e quelle legate all'accreditamento dei suoi associati?

Per rispondere in modo più esaustivo alla sua domanda, potrei elencare i 12 punti sulle finalità presenti nel nostro statuto; ma mi sembra un esercizio inutile, dato che il nostro statuto è pubblico. Oltre alla principale finalità, di cui parlavamo prima, posso riassumere dicendo che A.L.A.T.I. rappresenta, o vorrebbe rappresentare, una casa comune, che tutti coloro i quali operano nel settore delle tarature e della strumentazione possano abitare in tutta libertà e tranquillità, costituendo un luogo neutrale anche per chi teme perdite di competitività nella condivisione di informazioni, che sono alla base del continuo miglioramento dei servizi offerti dai laboratori.

Proprio in quest'ottica, stiamo revisionando il nostro statuto, per offrire anche ai laboratori pubblici, o privati ma a partecipazione pubblica, la possibilità di associarsi ad A.L.A.T.I. Questa evoluzione, ingenuamente non considerata all'inizio della nostra avventura, è scaturita proprio da richieste specifiche pervenute da diversi laboratori pubblici, che vedono le potenzialità della nostra associazione.

m	kg	s	A	T	mol	cal
e	A	L	A	T	I	π

Associazione dei Laboratori Accreditati di Taratura Italiani

Ovviamente, in attesa di associarci ad ACCREDIA, non siamo rimasti con le mani in mano e, proprio l'anno scorso, abbiamo organizzato momenti formativi per gli associati allo scopo, in quel caso, di dipanare la matassa di dubbi generati da un linea guida di ACCREDIA sulla gestione del sistema informativo dei laboratori, tramite gli interventi di esperti nel settore e soprattutto (in pieno spirito dell'associazione) con gli interventi pragmatici di alcuni soci, che hanno messo a disposizione di tutti la loro esperienza e le modalità con le quali hanno affrontato e gestito questo tipo di problematiche.

Devo dire che il corso ha registrato, oltre a una folta partecipazione, un

buon livello di gradimento tra i partecipanti, tanto che speriamo di replicarlo a breve.

Visto che stiamo parlando di formazione/informazione, il mio sogno nel cassetto è quello di istituire un Master in Metrologia, rivolto ad associati e non, che permetta a tutti quelli che lo desiderino di avvicinarsi al nostro mondo, acquisendo conoscenze e competenze altrimenti precluse, se non attraverso l'esperienza diretta di lavoro nel settore, che come sappiamo al momento non è per niente favorevole. Siamo consapevoli che, prima o poi, anche nel nostro settore ci sarà un ricambio generazionale degli addetti alle misure, e sinceramente non mi sembra che in giro l'offerta di formazione qualificata sia così ampia, a parte qualche specifico corso universitario (quindi destinato a una fascia alta di utenti) o a qualche iniziativa sporadica di costruttori di strumentazione che, come sappiamo, offrono corsi sulle misure magari propedeutiche all'acquisto dello strumento (provenendo da quel settore, credo di parlare con cognizione di causa).

Ovviamente mi rendo conto delle difficoltà nella realizzazione di questo progetto, ma sono più che convinto che A.L.A.T.I. abbia tutte le potenzialità e caratteristiche di soggetto aggregante di varie esigenze, anche attraverso l'ausilio della formazione finanziata che oggi, in questa fase di crisi economica, rappresenta per tante aziende l'unico mezzo per il mantenimento e la crescita del proprio know how.

D - Sembra di percepire, in questa delicata fase economica, una tendenza all'aggregazione da parte dei Laboratori di Taratura: come l'Associazione giustifica questa tendenza e quali conseguenze ritiene che abbia?

Credo che la tendenza all'aggregazione sia una conseguenza naturale del momento difficile che stiamo attraversando. I nostri soci si aspettano di poter dire la loro e di essere "difesi" rispetto a quelle difformità e aberrazioni del mercato, spesso foriere di con-

A Tutto Tondo

PRECISIONE AFFIDABILITÀ
ED INNOVAZIONE



Sistemi Piezoelettrici

- Tecnologia Proprietaria PZT/MF
- Metrologia Iberita
- Realizzazione sub-micrometrica



Sistemi Meccanizzati

- Confezioni fino a 1000 mm
- Realizzazione sub-micrometrica
- Microelettronica



Componenti ed Attuatori Piezo

- Tecnologia Multilayer
- Realizzazione Meccanica e Microelettronica
- Diversi geometrie disponibili

PIEZO INSTRUMENTS (PI)
UN'AZIENDA IN CONTINUA ESPANSIONE

Piezo Instruments (PI) è oggi uno dei leader mondiali nel campo dei sistemi di posizionamento di precisione. La casa madre, localizzata a Karlsruhe in Germania, viene affiancata dalla divisione PI Ceramic, specializzata nella produzione di componenti piezoelettrici e di PI Micra che offre soluzioni di microposizionamento ad alta precisione personalizzate.

Per informazioni: info@piezo.it - www.piezo.it

Piezo Instruments (PI) S.p.A. Telefono +39 02 89501101

PICCO NANO POSITIONING

correnza sleale, e chiedono ad alta voce anche ad ACCREDIA di farsi portatrice sana di queste richieste.

Sappiamo benissimo che un sistema, affinché funzioni, dev'essere adeguato in tutte le sue parti: non si possono pretendere dai centri accreditati incertezze spinte, senza contrastare quella parte di mercato dove esistono soggetti che non contemplan nemmeno la determinazione dell'incertezza di misura; ovviamente questo è solo un esempio, che ci fa capire l'ambito in cui ci muoviamo. Non deve sempre essere una questione di prezzo, ma bisogna lavorare, e tanto, sulla cultura metrologica come percezione dei vantaggi che un servizio accreditato fornisce rispetto ad altri servizi, oserei dire, pirateschi.

Approfitto, inoltre, per ribadire che a oggi tutta l'attività dell'associazione si basa sulla volontarietà dei singoli interessati, come quella dei soci fondatori di A.L.A.T.I.

D. - Laboratori di taratura esterni e laboratori di taratura interni: qual è il trend?

Se non erro, i primi laboratori nacquero in seno alle grosse aziende che, avendo le possibilità economiche, utilizzavano il servizio di taratura principalmente al loro interno, ad esempio per il controllo qualità vero dei propri prodotti o degli strumenti di misura presenti nella loro filiera produttiva.

Con l'evoluzione delle norme sulla qualità, e quindi con l'aumento di richieste di riferibilità metrologica, alcuni ebbero la percezione che tali servizi potevano essere messi a disposizione del mercato, tanto che oggi esistono aziende che operano nel settore delle tarature e non sono più appendici di grosse multinazionali, la cui mission principale è quella di offrire il servizio al mercato.

In questa fase economica, stiamo purtroppo assistendo a un trend opposto, che vede nella razionalizzazione il metodo di ottimizzazione più utilizzato; abbiamo l'esempio di alcune aziende pioniere, che decidono di rinunciare a una presenza territoriale locale, trasferendo le attività e accor-

pando il servizio di taratura, magari nel paese d'origine, in un unico laboratorio, mantenendo però le quote di mercato locali. Oppure di altre che, pur avendo la necessità di riferibilità metrologica, preferiscono esternalizzare il servizio reso, trasformando così costi fissi in costi variabili.

Sono convinto che questa tendenza, una volta superata la crisi, si invertirà; se il sistema qualità Italia dovrà essere più competitivo e puntare sull'eccellenza dei prodotti e servizi da offrire all'esterno, non può prescindere dall'aver un supporto alla riferibilità metrologica di livello adeguato alle attese.

D. - Quali sono i rapporti presenti (e quali quelli futuri) dell'Associazione con ACCREDIA, l'Ente unico di Accreditamento dei Laboratori di Tarature e Prove?

Al di là dei rapporti personali, in alcuni casi più che ventennali, con gli esponenti del Dipartimento Tarature di ACCREDIA, i rapporti di A.L.A.T.I. con ACCREDIA sono sempre stati improntati sul reciproco rispetto e, soprattutto, sulla collaborazione. Dò atto all'ente, nonostante A.L.A.T.I. non sia ancora socio di ACCREDIA, di aver coinvolto l'associazione in varie problematiche e discussioni sorte in ambito dei centri di taratura; queste occasioni sono state per noi fonte di crescita e opportunità per presentare il nostro punto di vista, che rimane purtroppo soltanto un'opinione espressa ma potenzialmente non incisiva sulla politica dell'ente, fino a quando i centri di taratura non considereranno seriamente di associarsi ad A.L.A.T.I. per dare all'Associazione sempre più forza di rappresentanza.

Spero vivamente che, in futuro, la nostra associazione possa veramente parlare in nome e per conto della maggioranza dei centri accreditati; questo permetterebbe veramente di avere un maggior peso, anche propositivo, nei confronti di ACCREDIA o di altri soggetti che, in qualche modo, hanno a che fare con il mondo delle tarature.

La Direzione di Tutto_Misure

Gli indirizzi di salute

al convegno dei Centri Accreditati di Affidabilità & Tecnologie 2014

WELCOME ADDRESSES AT THE MEETING OF THE ACCREDITED CENTERS ON THE OCCASION OF AFFIDABILITÀ & TECNOLOGIE 2014

Fare reduction for Centre accreditation thanks to budget increase given by the increasing number of accreditations, synergies between I.N.Ri.M. and Accredia, success in the Audit for the verification of greenhouse gases. These are a few of the subjects discussed in the welcome addresses by the authorities invited to the 28th Accredia National Meeting of accredited Centres, which took place in the framework of the annual event Affidabilità & Tecnologie held in Turin on April 16th and 17th.

RIASSUNTO

Riduzione delle tariffe per l'accredimento grazie all'incremento del volume d'affari di Accredia, sinergie tra I.N.Ri.M. e Accredia, successo nell'Audit per i verificatori delle emissioni di gas serra: questi alcuni degli argomenti toccati dalle Autorità convenute al Lingotto per il XXVIII Convegno Annuale dei Centri Accreditati, svoltosi in occasione dell'annuale edizione di Affidabilità & Tecnologie.

IL XXVIII CONVEGNO DEI CENTRI DI TARATURA ACCREDITATI ACCREDIA

Il 16 Aprile u.s., nella cornice dell'ottava edizione di Affidabilità & Tecnologie, ha avuto luogo a Torino la ventesima edizione del Convegno Nazionale dei Centri di Taratura accreditati Accredia. Al Convegno hanno partecipato oltre 300 persone, appartenenti non solo ai Centri di Taratura accreditati in Italia, ma anche al mondo dell'Industria e della Ricerca. Il programma si è articolato come di seguito specificato.

- 14.00 Indirizzi di salute - Prof. P. Vigo (Vicepresidente ACCREDIA), Prof. M. Inguscio (Presidente I.N.Ri.M.), Dr. F. Trifiletti (Direttore Generale ACCREDIA), M. Mortarino (Segretario CSI - Affidabilità & Tecnologie)
- 14.30 Il Dipartimento Laboratori di Taratura, attività e risorse, iniziative congiunte con altri Dipartimenti - M. Mosca
- 14.50 Il nuovo scopo di accredita-

mento: Produttori di materiali di Riferimento - RMP - G. Suriani

- 15.00 L'accredimento nei settori delle radiazioni ionizzanti - M.P. Toni
- 15.30 Il funzionamento del Dipartimento DT e i suoi regolamenti - R. Mugno
- 16.30 Intervallo
- 16.45 Requisiti in documenti ILAC - F. Marengo
- 17.10 Requisiti in documenti EA - P. Pedone
- 17.25 Discussione finale

Riportiamo qui gli indirizzi di salute delle autorità intervenute, che dipingono un quadro significativo delle luci e delle ombre, dei successi e delle potenzialità di miglioramento nel settore dell'accredimento, e della necessità di erogare misure riferibili in ogni settore dell'attività produttiva, sociale e ambientale. Si sono succeduti sul palco il Prof. **Paolo Vigo**, Vicepresidente di Accredia, il Prof. **Massimo Inguscio**, nuovo Direttore di I.N.Ri.M., il Dott. **Filippo Trifiletti**, Direttore di Accredia, e infine **Massimo Mortarino**, in rappresen-

tanza degli organizzatori dell'Evento ospitante.

IL SALUTO DEL PROF. PAOLO VIGO, VICEPRESIDENTE DI ACCREDIA



Porto il mio più cordiale saluto ai rappresentanti dei Centri di Taratura, qui riuniti. Vorrei evidenziare che quest'anno abbiamo

fortemente deciso di far coincidere la nostra annuale riunione di aggiornamento del Dipartimento di Taratura con l'evento Affidabilità & Tecnologie, che, come tutti sanno, è rimasto **l'unico evento fieristico e convegnistico in Italia sul tema della strumentazione, della metrologia e delle misure**. Ci è parso giusto dare con ciò un segnale simbolico, trasmettere un messaggio subliminale collegato al nostro annuale incontro, sottolineando il **forte collegamento tra riferibilità e innovazione, tra nuove tecnologie e strumentazione avanzata**, proprio in un'occasione, come questa, che si nutre di questi temi.

Spero che condividiate questa scelta, rafforzata dal fatto che Accredia, in questa intensa *due giorni*, sponsorizza, oltre che quello odierno, altre due seminari tematici su prove e strumentazione per gas. Sono eventi a cui invita tutti voi a partecipare, proprio in un'ottica di **esplorare insieme gli scenari globali applicativi futuri**

franco.docchio@gmail.it

Il leader globale nell'Acquisizione Dati ...

... con la sua impareggiabile gamma
di soluzioni per l'acquisizione dati
... per le applicazioni di prova più
impegnative



VELOCITÀ ULTRA ELEVATE
MOBILITÀ + ROBUSTEZZA
EFFICIENZA + RISPARMIO
UNIVERSALITÀ + COMPATTEZZA
SCALABILITÀ + VERSATILITÀ

www.daq-systems.com



measure and predict with confidence

HBM Italia s.r.l. - Via Bondanone, 6 - 20132 Milano - Tel: 02.4547.612 - Fax: 02.4547.613 - E-mail: info@hbm.com - www.hbm.com

che possono interessare tutti coloro che si occupano di misure.

Per quanto attiene invece le tematiche più vicine alla vita quotidiana di chi gestisce un Centro e le relative problematiche gestionali ed economiche (il clima di *spending review* introdotto nella Nazione da qualche anno interessa da vicino tutti quanti noi), voglio riferirvi che lunedì scorso, nell'approvare il Bilancio Consuntivo 2013 e il Bilancio Preventivo 2014 di Accredia, la discussione si è focalizzata da un lato **sull'impatto che la riduzione delle tariffe, all'apparenza contenuta o, meglio ancora, poco percepibile dal singolo Centro, avrà nel 2014 sull'utile operativo netto di esercizio di Accredia** che, per la prima volta dalla sua costituzione, è di poco superiore allo zero. Dall'altro lato, grazie anche al fatto che Accredia è un'Associazione senza fini di lucro, ci si è resi conto che, almeno in questo momento di crisi, era opportuno diminuire le tariffe. Questa diminuzione è stata resa possibile non solo perché esisteva indubbiamente una sovraesposizione, ma anche perché **il numero di giornate uomo di verifica degli addetti ai Dipartimenti per il 2013 e anche per il 2014 è fortemente aumentato**.

È importante leggere questi due messaggi nell'ottica di un **rifiorire, anche in tempi di crisi diffusa e di contenimento di costi, di richieste di accreditamento**. Ciò avviene nei più svariati settori, e riguarda tutti e quattro i Dipartimenti, compreso il nostro Dipartimento di Tarature. Dipartimento che è il più piccolo dei quattro, anche se tutti sappiamo che questa ridotta dimensione, che non può competere con quella dei Dipartimenti Prove, Certificazione e Ispezione e Sicurezza Alimentare, è controbilanciata dalla **centralità della riferibilità delle misure in tutte le attività degli altri Dipartimenti**.

Anche il Dipartimento di Taratura inizia di nuovo a crescere e **il numero di Centri, che è sempre stato intorno a 180-200 (oggi 170), per il 2014 vedrà un aumento**. Qual è la ragione di questo aumento? Da un'analisi approfondita emerge chiaramente che stiamo ricevendo **sempre più numerose richieste di accreditamento nel settore della misura dell'energia elettrica**. E questo fenomeno non è casuale perché, grazie all'applicazione della MID e grazie a ciò che finalmente il MISE sta facendo (e cioè pretendendo che anche in ambito energetico le misure siano riferibili), **per alcuni Centri si è aperto un mercato per la taratura** in quel settore.

Se consultate il verbale di approvazione del Bilancio, troverete un intervento mio e uno del Dott. Trifiletti, che evidenziano come possiamo continuare a diminuire i costi, se dall'altro lato i 7 Ministeri fondatori (i quali sanno che bisogna diffondere e sostenere il principio che solo con misure riferibili e con l'accredito dei Laboratori Prove e Tarature riferibili possiamo competere con gli altri paesi UE) continuano ad applicare finalmente con tenacia e determinazione **tutte le direttive**



che impongono prove e tarature riferibili. Allora l'accreditamento diventerà un meccanismo virtuoso, e il sistema dei Laboratori aumenterà sempre più.

A sostegno di questo viene l'intervento del Direttore Trifiletti, che ha fatto il paragone tra gli Enti di Accreditamento degli altri Paesi UE e il nostro.

Noi sicuramente siamo molto indietro rispetto agli altri Paesi, e lo conferma il fatto nel settore biologico-sanitario in Italia esiste un solo Laboratorio accreditato, mentre in Spagna, Germania e Francia ve ne sono decine, se non centinaia. **La colpa di ciò è di chi, gestendo quel sistema, non impone la riferibilità alle proprie prove e tarature.** Chiudo con un riferimento a un tema che mi è vicino: ancora oggi nella "Terra dei Fuochi", dopo tanto discutere, le prove d'inquinamento dei terreni sono eseguite da Laboratori non accreditati. Questa è purtroppo la situazione odierna. Tuttavia dobbiamo impegnarci per continuare a pretendere che il sistema politico punti a **modifiche sostanziali di questo stato di cose per farci diventare finalmente un Paese normale.**

IL SALUTO DEL PROF. MASSIMO INGUSCIO, NUOVO PRESIDENTE DI I.N.Ri.M.



Buonasera a tutti. Sono molto contento di essere qui. Sono soddisfatto di lavorare per l'I.N.Ri.M., che mi fa capire ogni giorno di più

quanto sia importante la ricerca metrologica legata allo sviluppo vero del Paese. In questi primi mesi dalla mia nomina, abbiamo compiuto alcune operazioni che mi sembrano rilevanti, con riferimento ai rapporti dell'Istituto con Accredia e con il suo Dipartimento di Taratura, che ha sede presso il nostro Istituto e

assisterà al progressivo **miglioramento dei propri locali, grazie a un accordo pluriennale di affitto con I.N.Ri.M.** Ritengo fondamentale che il Dipartimento di Taratura resti collocato nei locali di I.N.Ri.M., al centro di tutte le palazzine nell'area di Mirafiori che si occupano dei diversi settori metrologici.

La metrologia e la sua importanza per le ricadute nel mondo produttivo sono essenziali. Sono arrivati in ritardo a questo convegno perché questa mattina ero all'inaugurazione dell'Anno Accademico al Politecnico di Torino. In quell'occasione è stata molto applaudita la costituzione di un **Dottorato di Metrologia, organizzato insieme a industrie nazionali e internazionali.** Questi sono tutti strumenti essenziali per vincere una battaglia importante. Da parte di I.N.Ri.M. c'è tutta la disponibilità e la voglia attiva di collaborare con Accredia. Nel prossimo Consiglio di Amministrazione finalizzeremo una **nuova convenzione con Accredia,** ancora più intersecata, che costituirà uno strumento importante per portare avanti un'avventura che consideriamo comune.

Quindi auguro buon lavoro a tutti. Ciò che rende importante la Metrologia è che copre campi sempre più vasti. Vengo da un incontro con il Presidente del PTB, dove abbiamo iniziato a pianificare **infrastrutture distribuite in tutta Europa,** in cui ogni Nazione si fa carico di alcune determinate attività. Per quanto riguarda la "Terra dei Fuochi", citata dal Prof. Vigo, colgo l'occasione per affermare che sono proprio queste "aree di frontiera" a mettere in luce l'importanza della Metrologia. Il suo ruolo è non soltanto quello di spingere a 10 cifre decimali il valore di grandezze, ma anche quello di **mettere ordine in temi che, all'inizio, sembrano ancora confusi:** fra questi, ad esempio, biologia e ambiente.

Abbiamo **rivitalizzato la giornata annuale della Metrologia,** prevista per il 20 maggio. I.N.Ri.M. sponsorizza questa giornata e **partecipa alla sua organizzazione**

proprio con alcuni interventi che coprono questi temi di frontiera. Come vedete c'è di tutto: chimica, biologia, ambiente. Sono molto contento di ciò, che mi vede partecipare in prima persona. I.N.Ri.M. e io siamo pronti a cogliere qualsiasi occasione utile e ad aiutare questa apertura in tutte le maniere possibili.

IL SALUTO DEL DOTT. FILIPPO TRIFILETTI, DIRETTORE DI ACCREDIA



Dò il benvenuto ai Centri di Taratura e ringrazio in modo sentito il Prof. Inguscio per le parole appena pronunciate, che con-

fermano la sintonia immediatamente raggiunta fin dal nostro primo incontro (anche con il Presidente di Accredia Grazioli), subito dopo il suo insediamento alla presidenza dell'I.N.Ri.M. Faccio naturalmente mie le parole di Paolo Vigo per il Bilancio, per l'abbattimento delle tariffe e per tutta la collaborazione che ci ha fornito in questi anni. Ed è doveroso, più che un ringraziamento, un **apprezzamento per gli organizzatori di Affidabilità & Tecnologie.** I numeri di A&T parlano (e i numeri, di solito non mentono mai) e raccontano una bella verità: vi trovi la fotografia dell'Evento, ed è una bella foto.

Mi piace, poi, sottolineare che questa manifestazione **è l'unica in cui Accredia si mette in mostra:** è infatti presente con uno Stand e la ragione, come si dice dalle mie parti, è che qui **siamo a casa nostra.** Molti Centri accreditati espongono, alcuni mettono in mostra il logo di Accredia. Ci sentiamo a casa nostra anche per i contenuti tecnici: non a caso, domani ci saranno altri due incontri, uno riferito ai contatori di gas naturale e l'altro ai Laboratori di Prova. Ci dispiace di aver dovuto contrarre i tempi di questo incontro

annuale con i Centri di Taratura, che normalmente si articolava su una giornata intera. Cercheremo di essere rapidi e, tuttavia, va detto che abbiamo agevolato gli spostamenti: il tempo vale più del denaro, perché è la merce più preziosa che abbiamo. Vi fornisco con piacere qualche dettaglio sull'Ente che dirigo. **Dal 1° Gennaio 2014 l'assetto del Dipartimento Taratura è cambiato e, per certi versi, sta ancora cambiando.** Da quella data, tutto il personale del Dipartimento è composto da dipendenti di Accredia: è un fatto significativo e un ulteriore passo nel percorso che affrontiamo dalla costituzione di Accredia nel 2009; percorso che non si è ancora completato, ma ormai ci ha visto fare tanta strada. Voglio ringraziare in questo momento i colleghi che facevano parte del Dipartimento, **Adelina Leca** e **Giuseppe La Paglia**, e non ci hanno raggiunti in questa nuova squadra, ma sicuramente continueranno a collaborare con il Dipartimento. **Quello che stiamo cercando di ottenere è un insieme di competenze non inferiori al passato, unito a una maggiore efficienza.** Annuncio che, dal 1° Luglio prossimo, il Dipartimento di Taratura avrà un **secondo Vicedirettore, che affiancherà Mario Mosca, nella ben nota persona di Rosalba Mugno.** Questa è una bella testimonianza della nostra attenzione alle quote rosa: oggi 3 dirigenti su 8 sono donne, il che è positivo. Cerchiamo di mantenere la nostra autorevolezza. Ne fa fede l'aumento delle attività, già citato da **Paolo Vigo.** Un paio di numeri a supporto: siamo nati cinque anni fa, **il personale oggi è il doppio al momento della fusione.** Anche se a livello nazionale non c'è ancora alcuna spinta per valorizzare l'accreditamento e considerarlo un requisito che dia effettiva garanzia in tutte le procedure di affidamenti, gare, selezioni, qualifiche, in cui qualità e affidabilità devono essere basilari, a livello UE le cose vanno meglio dal punto di vista dell'accreditamento: **la fiducia, da parte della Commissione UE e**

delle sue Direzioni Generali interessate, è sempre maggiore. Non è un caso che, in soli 1,5 anni di attività, abbiamo accreditato **200 nuovi organismi notificati** (nuovi accreditamenti o nuove estensioni di organismi già accreditati). Abbiamo avuto un'importante validazione della nostra attività dalla Commissione di Sorveglianza Interministeriale, che garantisce il rispetto delle prescrizioni fissate con il Decreto Interministeriale del 2009. Da una settimana siamo usciti indenni da una **verifica di peer assessment di EA** che, con ragionevole certezza, consentirà (a ottobre) di essere firmatari degli accordi internazionali per il riconoscimento dei verificatori per le emissioni di gas serra, affrontando con animo sereno la *full evaluation* entro la fine di quest'anno.

IL SALUTO DI MASSIMO MORTARINO, A&T



Fa un estremo piacere vedere una sala così grande, piena di persone interessate al tema della taratura **strumenti**, addetti ai lavori e non. A&T deve ringraziare Accredia per aver accettato di organizzare l'incontro annuale dei Centri all'interno del nostro evento, dedicato all'innovazione competitiva nell'industria e particolarmente focalizzato sulle misure, prove e controlli. Una scelta lungimirante, a conferma che le misure e i servizi a esse collegati sono fondamentali nella valorizzazione dell'innovazione competitiva, nel recupero del Sistema Italia. Se lascio correre un attimo la fantasia, posso vedere chiaramente, seduto al mio posto su questo palco, il **Prof. Sergio Sartori, fondatore di Tutto_Misure e ideatore del Congresso "Metrologia & Qualità", che ci ha lasciati prematuramente lo scorso anno.** E

posso immaginare la felicità di Sergio, che aveva la dichiarata intenzione di costruire una **casa comune delle misure italiane** (lui parlava già nel '97 di un'Associazione Italiana di Metrologia, il suo sogno, che non è riuscito a realizzare per intero, pur concretizzandone diversi aspetti), davanti a questa platea così nutrita e qualificata, comprendente anche molti "utenti" di misure, destinatari ultimi dei suoi progetti di diffusione della cultura delle misure. Ciò che non ha detto il Dott. Trifiletti è che **Accredia ha accettato**, anche senza il bisogno di un accordo ufficiale, **di far parte integrante e attiva della rivista Tutto_Misure**, con **Rosalba Mugno** e **Paolo Bianco** rappresentanti autorevoli **nel suo Comitato di Redazione.** Entrambi potranno essere i collettori delle vostre segnalazioni e dei vostri contributi, per i quali la rivista conferma ampio spazio e massima disponibilità. Ringrazio l'attuale Direttore, **Franco Docchio**, per aver voluto continuare l'opera di Sergio e prendere egregiamente e con entusiasmo il timone della Rivista. Ringrazio anche **Gianfranco Molinar**, qui presente, che ha giocato un ruolo primario, per lunghi anni, nell'organizzazione del Congresso "M&Q". Auguro a tutti un buon lavoro, auspicando che vorrete approfittare della vostra presenza al Convegno per usufruire anche dell'ampia offerta di tecnologie e servizi proposta da questa ottava edizione di Affidabilità & Tecnologie.

ERRATA CORRIGE

Nel numero 4/2013 (dicembre 2013), a pag. 305, per un refuso tipografico, il cognome del secondo autore dell'articolo sulla "Metrologia nelle radiazioni ionizzanti" è stato erroneamente pubblicato. Ci scusiamo con l'Ing. Marco Capogni (ENEA) per l'involontario errore.

Michele Lanna¹, Mario Vianello²

I requisiti statistici

per l'applicazione della UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005

STATISTICAL REQUIREMENTS FOR THE APPLICATION OF UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005

Through the analysis of the requirements of the ISO/IEC 17025 Standard we highlight how the competences required in metrology cover a broad range. According to the most recent norms, we justify the need of basic concepts of statistics by the operator. These competences must become a "mental attitude" for the operator. The level of know-how of the metrological Personnel must be measured and monitored.

RIASSUNTO

Attraverso l'analisi dei requisiti richiesti dalla Norma ISO/IEC 17025 si evidenzia che le competenze necessarie in metrologia si articolano su una pluralità di aspetti e, in perfetta sintonia con le linee di tendenza della normativa più aggiornata, si dà giustificazione della necessità, non più eludibile, di un minimo di nozioni di Statistica. Dall'altra parte si mette in luce come queste conoscenze attengano più a un certo approccio mentale, piuttosto che a formulazioni matematiche astruse. Il livello di preparazione del Personale coinvolto può essere misurato e monitorato.

INTRODUZIONE

Nelle misurazioni correnti, l'imprecisione degli strumenti di misura è del tutto trascurabile rispetto agli effetti prodotti dalla variabilità tipica delle grandezze influenti nel fenomeno. Tuttavia ci sono molte situazioni in cui ciò non è vero: bisogna quindi tener conto anche dell'ulteriore variabilità introdotta dal sistema di misura nel suo complesso. Quest'ultimo è sostanzialmente costituito dallo *strumento* e dall'*Operatore*, ciascuno dei quali può generare sia errori *sistematici* sia errori *casuali*. I primi possono essere dovuti, per esempio, alla mancata o errata taratura dello strumento oppure a errori d'impostazione o lettura (sempre nel medesimo senso) da parte dell'*Operatore*. Invece i secondi hanno solitamente la medesima probabilità di risultare per eccesso o per difetto, per cui, pur alterando la singola misura, non dovrebbero modificare più di tanto la media di molte misure: resta però da stabilire quanto. L'effetto della variabilità dovuta agli errori casua-

li può essere quantificata con metodi statistici. La Fig. 1 fornisce un'idea grafica dell'effetto combinato di queste due categorie di errori. Quanto sopra ha implicazioni tutte le volte che si debba decidere se una

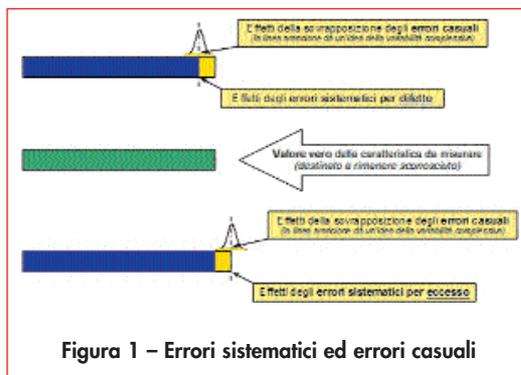


Figura 1 - Errori sistematici ed errori casuali

caratteristica è accettabile oppure no, confrontando la sua misura con le specifiche. Supponiamo, per semplicità, di essere stati in grado di eliminare (o di tenere matematicamente in debito conto) gli errori sistematici, e quindi di avere a che fare soltanto con errori casuali. Come chiaramente

evidenziato dalla Fig. 2, per effetto degli errori casuali, non è sufficiente che la misura di una caratteristica risulti all'interno dell'intervallo di tolleranza per garantire l'accettabilità di un pezzo. Viceversa, un pezzo potrebbe essere accettabile anche con una misura della sua caratteristica (un po') fuori da uno dei limiti di tolleranza. Evidentemente, la zona di ambiguità risulterà tanto più estesa quanto maggiore è l'effetto degli errori casuali.

È facilmente intuibile che, in un conte-

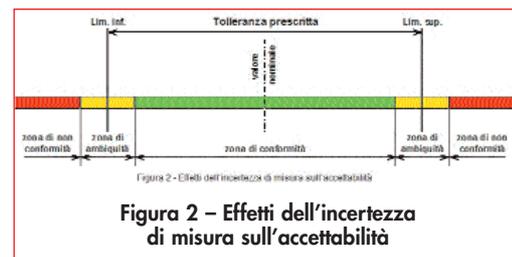


Figura 2 - Effetti dell'incertezza di misura sull'accettabilità

sto di mercato dove vengono richiesti livelli di qualità sempre più elevati a costi sempre più contenuti, le situazioni nelle quali è necessario tener conto dell'imprecisione dei sistemi di misura diventano sempre più frequenti. Di pari passo, ciò comporta che vengano richieste al Metrologo competenze specifiche (con particolare riguardo alla Statistica), la cui padronanza, d'altra parte, non guasta neanche nelle applicazioni più semplici. Da questo punto di vista, la Norma UNI CEI EN

¹ Consulente aziendale

Esperto di metrologia
info@studiolanna.it
www.studiolanna.it

² Politecnico di Torino
 Ingegneria dell'Autoveicolo
vianello.cim@tin.it



Elements for Enviromental Analysis



ISO/IEC 17025 del 2005 costituisce ancora un riferimento fondamentale e un aiuto prezioso.

Nel seguito viene proposta una rassegna ragionata sia dei requisiti richiesti al Personale di un laboratorio metrologico, sia degli strumenti metodologici e normativi attualmente disponibili. Si è anche cercato di far vedere come l'utilizzo della Statistica sia oggi molto agevole grazie all'aiuto del computer, anche se le scelte definitive restano comunque, in un modo o nell'altro, responsabilità delle persone, le quali pertanto, pur essendo sollevate dalla laboriosità dei calcoli, devono continuare a farsi carico dei concetti della Statistica Elementare: ma così può anche essere divertente.

2. COMPETENZE RICHIESTE AL METROLOGO DI LABORATORIO

La norma ISO/IEC 17025 titola: "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura". Già dal titolo è facile presagire che una giusta applicazione della norma richiede che sia garantito il soddisfacimento di una pluralità di aspetti. Infatti la norma contempla i sette aspetti riportati in Fig. 3.

Tutte le competenze riportate in Fig. 3 risultano egualmente importanti per l'assicurazione della conformità alla norma ISO/IEC 17025. In altre parole il metrologo è tenuto a una conoscenza, capacità di applicazione e utilizzo sistematico di una serie di strumenti che vanno a formare il suo curriculum, indispensabile per poter stare al passo dell'evoluzione normativa in campo metrologico. In Fig. 4

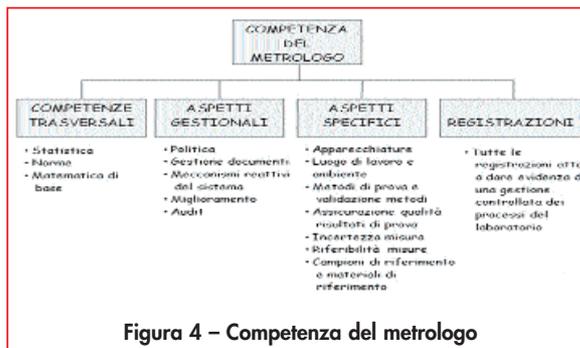


Figura 4 – Competenza del metrologo

si riporta uno schema riassuntivo delle principali competenze richieste.

Esaminiamo nello specifico lo schema della competenza riportato in Fig. 4, per sottolineare alcuni aspetti importanti della norma:

- la coesistenza di requisiti gestionali e tecnici, i primi tipici di tutte le norme che illustrano i requisiti di sistemi di gestione, e i secondi specifici per dimostrare la competenza di un laboratorio.

- il richiamo diretto o indiretto a principi e strumenti di Statistica, utili per la gestione di qualsivoglia sistema che si basi su dati da processare e interpretare. La matematica di base è uno dei requisiti richiesti al Metrologo per poter svolgere il proprio lavoro. Non è casuale che tutti i testi che trattano i principi di gestione di un laboratorio dedichino una parte specifica a illustrare quali siano gli elementi di statistica e quelli di matematica utili a favorirne la gestione.

- La normativa sia tecnica sia gestionale da conoscere per poter rendere possibile una gestione controllata dei processi metrologici. Le norme da applicare spaziano da quelle specifiche relative ai processi metrologici¹ a tutte le norme tecniche necessarie per poter gestire in modo controllato un metodo di prova o un criterio di taratura di un'apparecchiatura, e a tutte le norme di statistica². Tutte le suddette norme, in particolare quelle con contenuto più tecnico, richiedono la conoscenza dei principi elementari di statistica³. Nelle Tab. 1.a e 1.b si inquadrano le principali norme, rispettivamente a carattere generale e specifico, che devono essere patrimonio di conoscenza del Metrologo⁴.

- Il trattamento dei dati e delle informazioni, necessari a formare le registrazioni della qualità (tecniche e gestionali), utili a dimostrare la competenza del laboratorio e a rendere concreto il "Say what you do, do what you say, record what you did,

check the results, and act on the difference" di Bucher, guru della metrologia americana [da: *The Quality Calibration Handbook*].

Tutti i suddetti aspetti sono le ragioni che ci hanno spinto a cercare di rispondere alle domande:

1. Quali sono le competenze minime per poter svolgere il ruolo di Metrologo, in modo completo e rispondente a ogni aspetto della gestione di un laboratorio? (*argomento del presente Paragrafo*);
2. Quali sono le ragioni che raccomandano un minimo di conoscenze statistiche per il Metrologo? (*argomento del Paragrafo 3*);
3. Quali sono gli strumenti statistici che devono costituire il bagaglio del Metrologo? e quali sono le norme di riferimento per l'applicazione di tecniche statistiche in un laboratorio? (*argomento del Paragrafo 4*);
4. Come valutare la competenza statistica del Metrologo? (*argomento del Paragrafo 5*).

È evidente che conoscenza e capacità di applicazione delle tecniche statistiche debbano interessare un po' tutti coloro che operano all'interno di un laboratorio, ed è parimenti evidente che queste competenze debbano esprimersi in maniera diversa a seconda che si parli del Responsabile Legale, del Responsabile Tecnico, del Responsabile Qualità, oppure degli Operatori che effettuano la prova o la taratura.

L'individuazione delle competenze in ambito statistico dipendono ovviamente da ruoli, compiti, responsabilità e autorità conferiti a ogni livello del personale di laboratorio. In Fig. 5 si riporta uno schema sintetico delle competenze indicativamente richieste. Nella Tab. 2 sono riportate esemplificativamente le competenze che le diverse figure professionali che operano all'interno di un laboratorio devono dimostrare di avere. Si nota che il responsabile tecnico è colui che deve dimostrare la massima competenza statistica.

L'esame dei requisiti della ISO/IEC 17025 ci permette individuare due aree di competenze diverse:

COMPETENZE DEL METROLOGO
1. METODI
2. MATERIALI
3. STRUMENTI
4. KNOW-HOW TECNICO
5. AMBIENTE
6. RIFERIBILITÀ MISURE
7. FATTORI UMANI

Figura 3 – Schema delle competenze del metrologo

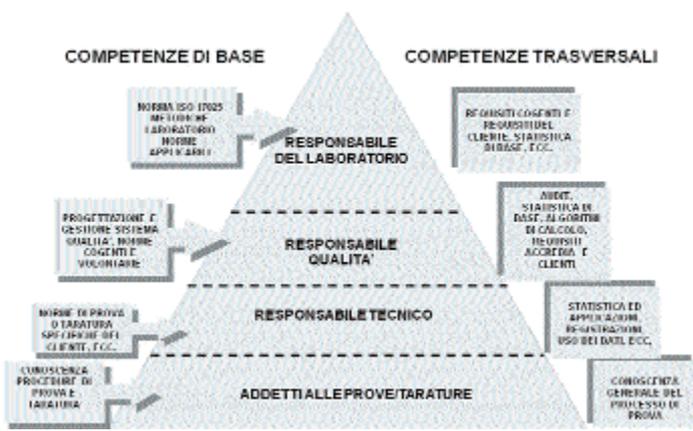


Figura 5 – Schema sintetico di possibili competenze per il personale di laboratorio

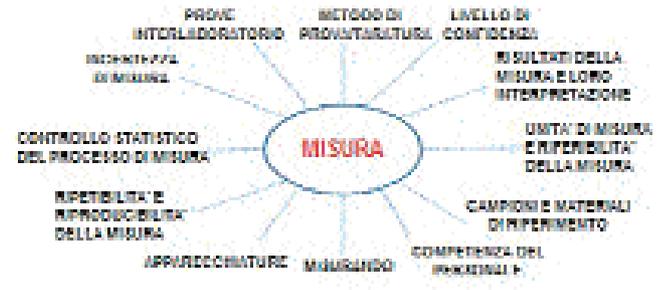


Figura 6 – Cosa serve per una misura affidabile

- Requisiti gestionali;
- Requisiti tecnici.

Per quanto concerne i Requisiti gestionali possiamo dire che la classificazione riportata nella norma UNI ISO/TR 10017:2007 "Guida alle tecniche statistiche per l'ISO 9001" (prospetto 1) può essere applicata anche ai requisiti della nostra norma ISO/IEC 17025. In aggiunta vanno considerate tutte le tecniche relative all'analisi del

rischio (vedi conoscenza della FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*.

3. NECESSITÀ DELLA STATISTICA PER LE ATTIVITÀ DEL METROLOGO

Esaminiamo in maggior dettaglio i punti salienti della ISO/IEC 17025 e i principali requisiti statistici richiesti. Il risultato di ogni misura, **M**, può esse-

re pensato come generato dal valore "vero" o presunto tale, **V_{vero}**, sommato a un errore, **E**, da cui è affetta la specifica misura. Cosicché l'equazione generale della misura può essere scritta nella forma:

$$M = V_{\text{vero}} + e \quad (1)$$

L'errore **e** varia da una misura all'altra di una medesima caratteristica, in dipendenza da una molteplicità di fattori. Lo schema riportato in Fig. 6 vuole richiamare tutti gli elementi che concorrono a produrre una misura affidabile.



Stato dell'arte nelle soluzioni di misura vibrazioni, forza, coppia, pressione

Eccellente stabilità con la tecnologia PiezoStar® brevettata da Kistler per misure da -54°C a 165°C ideale per applicazioni su motori, veicoli, aerospace, camera climatica o condizioni ambientali variabili

www.kistler.com

KISTLER
measure. analyze. Innovate.

Tabella 1.a – Principali norme di carattere generale applicabili in metrologia

NORMA	CONTENUTO	APPLICAZIONE IN METROLOGIA	COMPETENZA DEFINITA E PRESCRITTA
UNI CEI EN ISO/IEC 17025	<i>“Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura”</i>	Specifica i requisiti generali di competenza per eseguire prove o tarature. Si applica a tutte le organizzazioni che eseguono prove o tarature. È la norma di riferimento per l’accreditamento di prove e/o tarature	Conoscenza requisiti gestionali e tecnici
UNI EN ISO 10012	<i>“Sistemi di gestione della misurazione Requisiti per i processi e le apparecchiature di Misurazione”</i>	Specifica i requisiti generali e fornisce la guida per la gestione dei processi di misurazione e della conferma metrologica delle apparecchiature per misurazione utilizzate per soddisfare e dimostrare la conformità ai requisiti metrologici	Conoscenza requisiti criteri di conferma metrologica
UNI CEI 70099	<i>“Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM): Concetti fondamentali e generali e termini correlati”</i>	Fornisce una definizione esaustiva di tutti i termini utilizzati in metrologia, in relazione al VIM (Vocabolario Internazionale di Misura)	Conoscenza dei principali termini e definizioni, utili per sviluppare e gestire un sistema qualità di un laboratorio
UNI CEI ENV 13005	<i>“Guida all’espressione dell’incertezza di misura”</i>	Stabilisce le regole generali per la valutazione e l’espressione dell’incertezza nella misurazione, applicabile a un vasto spettro di misurazioni	Conoscenza di statistica di base necessaria alla stima dell’incertezza di misura e degli algoritmi di calcolo relativi
UNI CEI ISO 80000-1	<i>“Grandezze e unità di misura - Parte 1: Generalità”</i>	Fornisce informazioni generali e definizioni relative alle quantità, sistemi di quantità, unità, simboli, sistemi di unità coerenti, del SI di misura	La conoscenza è basilare per tutte le misurazioni necessarie in metrologia, tratta delle unità base, derivate, multipli, sottomultipli, costanti delle unità di misura
UNI CEI EN ISO/IEC 17043	<i>“Valutazione della conformità - Requisiti generali per prove valutative interlaboratorio”</i>	Specifica i requisiti generali di competenza per le prove valutative interlaboratorio. I requisiti sono validi per tutti i tipi di prove	Richiede la competenza necessaria per organizzare, gestire ed effettuare efficacemente prove valutative interlaboratorio

Tabella 1.b – Principali norme di carattere specifico applicabili in metrologia

NORMA	CONTENUTO	APPLICAZIONE IN METROLOGIA	COMPETENZA RICHIESTA
Specifiche geometriche dei prodotti - GPS (es. UNI EN ISO 14253, ecc.)	<i>“Verifica mediante misurazione dei pezzi e delle apparecchiature per misurazioni”</i>	Stabilisce le regole per determinare quando le caratteristiche di un particolare pezzo lavorato o di una apparecchiatura di misurazione sono conformi o non conformi rispetto a una data tolleranza (per un pezzo lavorato) ovvero rispetto ai limiti di errore massimo ammesso (per una apparecchiatura di misurazione), tenuto conto dell’incertezza di misura	Richiede la competenza legata alla definizione e alla interpretazione delle tolleranze del prodotto e al calcolo dell’incertezza di misura
Norme tecniche specifiche per prove o tarature	<i>Riguarda tutte le norme che definiscono metodi di prova o taratura e gli algoritmi di calcolo specifici</i>		Conoscenza dei criteri utili al calcolo dell’errore massimo ammissibile (per le norme di tarature) e all’applicazione dei relativi algoritmi di calcolo
Norme tecniche ACCREDIA o di altri Organismi di Accreditazione o Certificazione	<i>Riguarda tutti gli RT (Regolamenti Tecnici) o i DT (Documenti Tecnici) entrambi emessi da ACCREDIA, utili quali ulteriori requisiti necessari a meglio applicare la norma ISO/IEC 17025 e le norme collegate</i>	Stabiliscono regole e criteri aggiuntivi rispetto all’ISO/IEC 17025 dei quali tener conto per la gestione delle attività di prova e taratura (ad es. RT 08)	Affinamenti per le attività di gestione
UNI ISO 2859	<i>“Procedimenti di campionamento nell’ispezione per attributi”</i>	La norma UNI ISO 2859 precisa i piani di campionamento procedimenti di collaudo per attributi di unità di prodotto discrete	Richiede la conoscenza dei criteri di campionamento di tipo generale (es. campionamento semplice, doppio, rinforzato, ecc.) riportati nelle norme MIL STD e nelle norme UNI corrispondenti

Tabella 2 – Schema delle competenze

REQUISITI DA ASSICURARE	IMPIEGHI	TEMI DI COMPETENZA	PERSONALE COINVOLTO	FONTI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPETENZA
Concetti generali di metrologia	Applicazioni dirette nelle prove/tarature	Competenze nelle Unità base del SI, Unità derivate, Multipli e Sottomultipli, Fattori di conversione, Costanti fondamentali std. di Misura	Addetti alle prove o tarature, Responsabile Tecnico, Responsabile Qualità	Rapporti di prova o taratura, dati di prova, norme applicabili (es. UNI CEI ISO 80000-1: "Grandezze e unità di misura", DT di ACCREDIA)
Metodi di misura	Applicazione dei principali metodi di misura (es. diretto, indiretto, ecc.)	Competenza nei metodi e nei principali aspetti relativi alla gestione (termini, errori e tipologie, ecc.)		Procedure interne del laboratorio, norme applicabili (es. UNI CEI 70099: Vocabolario internazionale di metrologia, norme specifiche)
Sistemi di taratura	Definizione delle procedure di taratura, metodi di taratura, registrazione dei dati	Competenza nella definizione e interpretazione delle procedure di taratura		Procedure interne del laboratorio, norme specifiche per la taratura delle apparecchiature di misura
Statistica per metrologi	Applicazioni relative alle principali tecniche statistiche (distribuzioni, statistica descrittiva, cifre significative, ecc.)	Competenza nell'applicazione delle principali tecniche statistiche (es. calcolo incertezza di misura, interpretazione dei risultati di prova, ecc.)	Responsabile tecnico, responsabile qualità, addetti alle prove/tarature (solo conoscenza)	Procedure interne, norme specifiche (es. UNI ISO 3534-1, norme UNI di statistica descrittiva)
Sistema di gestione qualità	Elaborazione e gestione controllata del sistema qualità del laboratorio	Competenza nella redazione dei documenti di sistema, nella loro gestione controllata e nell'adozione delle tecniche di miglioramento	Responsabile legale, responsabile tecnico, responsabile qualità, addetti alle prove	Procedure interne, norma ISO/IEC 17025, norme sul miglioramento continuo e UNI EN ISO 19011
Incertezza di misura	Valutazione e calcolo dell'incertezza di misura per le prove/tarature effettuate	Competenza nella gestione del processo relativo all'incertezza di misura, nella gestione controllata, nella riduzione dell'errore di misura	Responsabile tecnico, responsabile qualità, addetti alle prove	Procedure interne, norma UNI 13005, norme specifiche relative alle metodiche di prova o taratura apparecchiature

La definizione di misura, precisata nella norma UNI CEI 70099:2008, è la seguente: "Nel linguaggio comune al vocabolo 'misura' sono attribuiti numerosi significati. Per questa ragione esso non è impiegato nel presente Vocabolario senza ulteriore specificazione. Per la stessa ragione è stato introdotto il vocabolo 'misurazione' per designare l'azione del misurare. Il vocabolo 'misura' è parte di numerosi lemmi, secondo il suo impiego comune e senza ambiguità (per esempio: **strumento di misura, unità di misura, procedura di misura**). Ciò non significa che l'uso del vocabolo 'misurazione' al posto di 'misura' non sia ammesso quando risulti vantaggioso".

Questa precisazione normativa ci consente d'individuare tutte le principali componenti (v. Fig. 6) che rendono una misura "affidabile". Commenta-

mo brevemente lo schema. Innanzitutto ogni misura è il risultato di un processo che si compone di:

- Misurando;
- Apparecchiature (inclusi materiali e riferibilità delle misure);
- Ambiente di misura;
- Metodi;
- Uomini.

Possiamo ottenere misure più o meno affidabili a seconda che le componenti che caratterizzano il processo siano gestite in maniera controllata e quindi non generino variabilità non casuale.

Consideriamo un altro aspetto importante che orientano il livello di competenza di chi opera all'interno del laboratorio. Per quanto attiene la componente "metodi", va ricordato che la UNI CEI EN ISO/IEC 17025, al punto 5.4.4, stabilisce il contenuto di un metodo di prova o taratura. Nel

lungo elenco riportato in nota, ci sono alcuni aspetti che richiedono competenze statistiche specifiche, quali ad esempio:

1. criteri e/o requisiti per l'approvazione/rifiuto;
2. dati da registrare e metodi di analisi e di presentazione;
3. incertezza o procedure di stima dell'incertezza.

A questi aspetti si aggiungono altri cinque concetti fondamentali, sintetizzati di seguito:

1. l'accuratezza e precisione;
2. il livello di fiducia statistica;
3. il risultato della misura e la sua interpretazione;
4. l'unità di misura e la riferibilità della misura;
5. la ripetibilità e la riproducibilità.

L'**accuratezza** è definita come differenza tra la media delle misure e il valore di riferimento (che è il valore



da considerare come “vero” e che ovviamente risulterà praticamente sempre incognito). Essa quantifica l'**errore sistematico** dell'apparecchiatura di misura. L'accuratezza deve essere verificata preliminarmente mediante la taratura dell'apparecchiatura di misura.

La **precisione** è la capacità di mantenere una dispersione molto contenuta al ripetersi della medesima misura (in condizioni nominalmente uguali e pertanto a prescindere da eventuali errori *sistematici*) ed è quindi legata in modo inverso all'entità degli **errori casuali**. Essa comprende *ripetibilità* e *riproducibilità* (v. subito più avanti), che costituiscono concetti più rigorosi, e che vengono abitualmente preferite a un riferimento diretto alla *precisione*.

Il **livello di fiducia statistica** è definito dalla UNI CEI ENV 13005:2000 come: “Valore $(1 - \alpha)$ della probabilità associata a un intervallo di fiducia o a un intervallo statistico di copertura”. Per prove di caratterizzazione (dette anche di “tipo”) si usa un livello di fiducia del 99%, mentre per quelle di serie un livello di fiducia del 95% è ritenuto sufficiente. Quando si effettua una misura, è importante definire tanto il *livello di fiducia statistica* quanto il relativo *intervallo di fiducia*, dato che quest'ultimo caratterizza il margine di errore della misura, nel senso che l'intervallo di fiducia conterrà il valore vero della misura nella percentuale dei casi corrispondente al livello di fiducia assunto⁵.

Per quanto riguarda il **“risultato della misura e sua interpretazione”**, va ribadito che un risultato di una misura non è un numero esatto e dev'essere accompagnato da alcuni “se”⁶:

- grado di risoluzione dello strumento e sua espressione attraverso le cifre significative⁷;
- competenza della persona che effettua la misura, che tratteremo in seguito.

L'**unità di misura** e la **riferibilità della misura** giocano un ruolo determinante per caratterizzare il risultato di una misura. Il **SI** (Sistema Internazionale di misura) è fondamentale

per ogni misura. Le unità di misura devono essere considerate relativamente alla loro caratteristica di: unità base, unità derivate, multipli, sottomultipli, ecc.⁸ Il controllo statistico del processo di misura richiede la conoscenza dei concetti elementari della Statistica⁹. L'aver accertato che il processo di misura sia in controllo statistico, stabile e capace assicura che esso sia affidabile.

La **ripetibilità** esprime la variabilità fra misure ripetute in **condizioni identiche**¹⁰ (medesimo pezzo, strumento, Operatore, condizioni ambientali ecc.): tale variabilità è quindi imputabile essenzialmente allo **strumento**.

Invece la **riproducibilità** esprime la variazione tra le medie delle misure prese in differenti condizioni operative (per esempio: differenti Operatori, laboratori, ecc.) e pertanto si usa dire simbolicamente che dipende dall'**Operatore**.

Come si è già accennato, **ripetibilità** e **riproducibilità** costituiscono la **precisione** di un sistema di misura: e può essere interessante capire in che percentuali la *precisione* dipende da una e dall'altra (e, come si avrà modo di accennare al prossimo Par. 4, è soprattutto qui che può venirci in aiuto la Statistica). La **ripetibilità** e la **riproducibilità** (unitamente alla *stabilità*, *linearità*¹¹ e *scostamento strumentale*¹²) sono le condizioni per assicurare che il processo di misura sia replicabile. Un processo di misura sarà tanto più affidabile quanto più esso riuscirà ad assicurare che le misure ripetute dallo stesso Operatore o da Operatori diversi esprimano una variabilità accettabile, in linea con gli obiettivi *target* del laboratorio.

Si può adesso ritornare a inquadrare gli errori (Fig. 7) in modo più analitico e adatto a prevenirli.

L'**errore casuale**: “componente del-

l'errore di misura che in presenza di misurazioni ripetute varia in maniera non prevedibile” [UNI 70099] è quello generato da infinite repliche della misura (test di ripetibilità) qualora la misura abbia solo componenti casuali e non sistematiche. L'errore casuale si può ridurre attraverso test di ripetibilità. L'effettuazione della media dei valori e la valutazione della dispersione di questi valori rispetto alla media fornisce informazioni utili a valutare la componente, utile a determinare quanto la misura sia affidabile. È dovuto a tutte le componenti del processo di misura, ognuna delle quali concorre a determinare la variabilità della misura.

L'**errore sistematico**: “componente dell'errore di misura che in presenza di misurazioni ripetute rimane costante o varia in maniera prevedibile” [UNI 70099]. L'errore sistematico esprime il grado di accuratezza e precisione di una misura. Quasi sempre è imputabile all'apparecchiatura di misura, ma può anche essere dovuto all'Operatore: per esempio per cattive abitudini consolidate causate da scarsa formazione.

4. STRUMENTI STATISTICI PER IL METROLOGO E RELATIVE NORME DI RIFERIMENTO

Il primo requisito della Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 che richiede competenze specifiche in termini statistici è il 5.4 “Metodi di prova e di taratura e validazione dei metodi”, che contiene una serie di sottopunti:

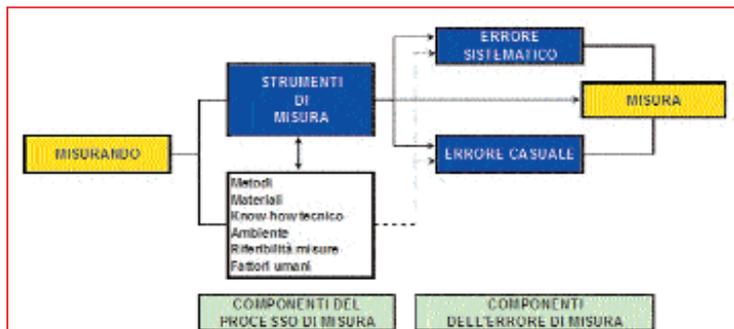


Figura 7 – Generazione degli errori

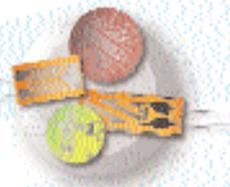


strumenti e soluzioni
Devices

Sensori | Strumenti | Software Sistemi | Servizi | Soluzioni

per la Ricerca e la Sperimentazione
Scientifica e Industriale

Estensimetri e accessori per
l'analisi sperimentale delle sollecitazioni.



**Trasduttori
di pressione** relativi, assoluti,
differenziali e sistemi di misura multipunto.

Torsiometri rotativi senza contatto,
a flangia o ad albero; torsiometri a reazione
di forza.



Celle di Carico di precisione,
a trazione e compressione, anche di tipo
miniatura.

**Accelerometri
e Vibrometri** piezoelettrici (IEPE),
piezoresistivi, MEMS, estensimetri
o a massa sismica.



**Trasduttori
di Spostamento**
potenziometri lineari, LVDT, a cavo
traente, proximity linear, laser.

**Termocamere
e Videocamere** ad alta velocità,
ruggedized e miniatura, SD e HD;
sistemi di registrazione video.



www.instrumentation.it

**Instrumentation
Devices**
instrumentation thinking... since 1979

COMO - tel. 031 525391 - info@instrumentation.it

- Selezione dei metodi;
- Metodi sviluppati dal laboratorio;
- Metodi non normalizzati;
- Validazione dei metodi;
- Stima dell'incertezza di misura;
- Tenuta sotto controllo dei dati.

Il requisito *Metodi di prova e taratura e validazione dei metodi* è diviso in sottopunti, che richiedono competenze statistiche che cercheremo di mettere a fuoco.

Innanzitutto esaminiamo come interpretare metodi normati da descrivere nelle procedure interne, complete dei criteri di accettazione o rifiuto, nonché dei criteri per stimare l'incertezza di misura, con gli algoritmi di calcolo e i criteri di espressione dell'incertezza. Nella nota del p.to 5.4.4 si fa anche riferimento ai criteri di "dati da registrare e metodi di analisi e di presentazione", includendo tutte le tecniche necessarie a raccogliere, sintetizzare – se necessario – e presentare i dati relativi alle prove o tarature effettuate, il tutto per meglio comprendere e interpretare i dati.

La validazione dei metodi richiede l'adozione di tutta una serie di tecniche statistiche, necessarie a confrontare dati provenienti da confronti interlaboratorio o da test specificamente effettuati. La valutazione sistematica dei fattori che influenzano il risultato può richiedere l'utilizzo di tecniche tipo DOE (Design Of Experiments), che assicurino la capacità da parte del metodo di conseguire idonea "robustezza".

L'incertezza di misura è uno dei requisiti che maggiormente richiedono competenze statistiche. La norma UNI CEI ENV 13005:2000, nell'Appendice C, sente l'esigenza di riportare un richiamo relativamente ai "Termini e concetti statistici fondamentali". La norma riporta tutte le principali conoscenze e competenze statistiche che il Metrologo deve avere per poter stimare l'incertezza di misura. Esse riguardano sia i concetti base di statistica descrittiva, sia i criteri di campionamento statistico, sia le principali distribuzioni statistiche usate in metrologia (ad es. t di Student), sia l'analisi di correlazione. Lo scopo della norma non è quello di fornire una trattazione statistica esaustiva, ma di accennare alle definizioni e ai concetti in esse racchiusi, rimandando alle norme specifiche o a testi di statistica, richiamati in bibliografia, la trattazione completa dei termini e delle loro interpretazioni.

In Fig. 8 è riportato uno schema dell'incertezza.

La stima dell'incertezza di misura si basa sul concetto di **ripetibilità ristretta**. Una misura è affidabile solo quando è confermata in una serie di replicazioni che dimostrano che il valore riscontrato si avvicina il più possibile al valore vero o presunto tale. L'errore casuale può essere ridotto e – con un numero infinito di replicazioni – annullato. In tal senso il calcolo della media aritmetica dei valori e la deviazione standard degli stessi risulta importante per capire qual è il grado di dispersione dei valori rispetto al valore medio.

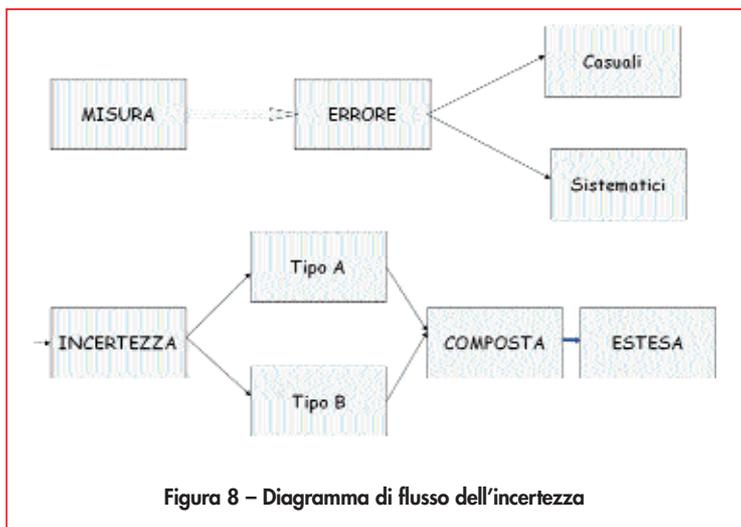


Figura 8 – Diagramma di flusso dell'incertezza

La distribuzione statistica dei valori relativi all'incertezza di tipo A segue un andamento di tipo normale, in assenza di cause speciali attribuibili ("valutazione di una componente dell'incertezza di misura mediante un'analisi statistica di valori misurati di una grandezza ottenuti in determinate condizioni di misura" – UNI CEI 70099). Le altre componenti dell'incertezza (vedi UNI CEI 70099) sono: quella di tipo B ("valutazione di una componente dell'incertezza di misura con metodi diversi dalla valutazione di categoria A"). Inoltre vanno considerate:

- A) l'incertezza tipo ("incertezza di misura espressa come scarto tipo");
- B) l'incertezza composta ("incertezza tipo che si ottiene impiegando le singole incertezze tipo associate alle grandezze d'ingresso del modello di misura");
- C) l'incertezza estesa ("prodotto di un'incertezza tipo composta e di un fattore maggiore di uno", detto fattore di copertura k).

Il Metrologo deve, quindi, conoscere le proprietà e le caratteristiche di una distribuzione normale o di Gauss, nonché delle altre distribuzioni statistiche.

Per quanto riguarda la "Tenuta sotto controllo dei dati", essa va intesa nel senso che i dati devono essere raccolti, processati, interpretati in modo corretto per fornire informazioni utili a prendere le decisioni ritenute più consone.

in modo che le tendenze siano rilevabili e, quando fattibile, devono essere applicate tecniche statistiche per riesaminare i risultati. Il monitoraggio deve essere pianificato e riesaminato e può comprendere, non limitandosi a essi, quanto segue:

- a) l'utilizzo regolare di materiali di riferimento certificati e/o la tenuta sotto controllo della qualità interna nell'utilizzo di materiali di riferimento secondari;
- b) la partecipazione a programmi di confronti interlaboratorio o prove valutative;
- c) la ripetizione di prove o di tarature utilizzando metodi identici o differenti;
- d) l'effettuazione di nuove prove o tarature sugli oggetti conservati;
- e) la correlazione di risultati fra caratteristiche diverse di un oggetto".

Il requisito rappresenta innanzitutto una sintesi di tutte le tecniche di assicurazione qualità usate dal Metrologo, che richiede l'elaborazione di un piano annuale di assicurazione qualità, ma soprattutto ha lo scopo di:

- inserire nella normale attività laboratoristica la carta di controllo quale strumento statistico per l'assicurazione della qualità interna per il monitoraggio temporale delle prestazioni e lo studio delle tendenze¹³;
- indicare i criteri che devono essere adottati, dalle strutture tecniche competenti, per la scelta dei Circuiti Interlaboratorio (CI), per le modalità e responsabilità relative alla pianificazione e alla

gestione dei risultati dei CI;

• indicare le modalità per l'utilizzo regolare di materiali di riferimento per la taratura, la verifica del metodo di prova e la qualificazione del personale;

• indicare i criteri per l'abilitazione del personale all'esecuzione delle misure e dei metodi di prova e per la conferma della capacità operativa nel tempo;

• richiamare alla regolare conferma metrologica delle apparecchiature utilizzate per le prove.

La norma UNI ISO/TR 10017, per quanto concerne il punto 7.6 "Tenuta sotto controllo dei dispositivi di monitoraggio e misurazione", individua le seguenti tecniche statistiche, che costituiscono un'utile base di riferimento per l'assicurazione della competenza statistica del Metrologo:

"Statistica descrittiva; analisi della misurazione; analisi della capacità di processo; analisi di regressione; campionamento; carte SPC; determinazione statistica delle tolleranze; analisi delle serie temporali; verifica d'ipotesi"¹⁴.

Proviamo a specificare in modo più consono ai requisiti della ISO/IEC 17025 questi aspetti, come riportato nella Tab. 3. Oltre a queste, richiamate nel riquadro, il CCT¹⁵ non si limita a richiedere la conoscenza dei fattori di conversione da un sistema di misura a un altro¹⁶ e ai concetti di matematica elementare, ma tratta anche un altro importante aspetto che comprende le cifre significative¹⁷, le funzioni trigonometriche e i principali concetti di geometria.

Dinanzi a questa disamina di tecniche statistiche in precedenza accennate, è forte la tentazione di ampliare a dismisura il campo di conoscenze del Metrologo, non facendo però sempre corrispondere dimostrabili competenze del personale. In un manuale operativo di un laboratorio era riportato che, per le analisi delle cause dei problemi riscontrati nel laboratorio, si dovesse usare la regressione multipla; mancavano però applicazioni specifiche, né evidenza di formazione e competenza del personale.

La conoscenza delle principali distribuzioni statistiche e dei teoremi che

BIBOCCHI

MISURAZIONI

...DI

SPESSORE



**COSTRUTTORI
STRUMENTI DI MISURA
E CONTROLLO**

**LABORATORIO METROLOGICO
TARATURA STRUMENTI**

BIBOCCHI

VIA PALAZZOLO, 41 - 25037 PONTOGLIO (BS) ITALY
TEL. +39 030 737252 • FAX +39 030 7376742
<http://www.bocchicontrol.it> • e-mail: info@bocchicontrol.it

AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
= ISO 9001 =



LAT N° 136

Tabella 3 – Schema delle Tecniche statistiche

TECNICA	APPLICAZIONI IN METROLOGIA	UTILIZZO NELLA NORMA ISO/IEC 17025	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	CONCETTI E STRUMENTI STATISTICI (E NON)	TIPOLOGIA D'INTERVENTO FORMATIVO (e prerequisiti)	COME VALUTARE L'APPRENDIMENTO E L'EFFICACIA
Cifre significative	Il loro impiego corretto fornisce un'indicazione semplice e immediata sulla precisione con cui sono state eseguite le misure.	P.10: 5.10.	ex SIT 518 e norme specifiche.		Regole fondamentali di scrittura ed interpretazione ai fini del report dell'incertezza.	Test di autovalutazione dell'apprendimento.
Istogrammi	Prima indicazione sull'andamento della distribuzione dei dati, al fine di: 1. prima analisi qualitativa, preliminare ad interventi migliorativi; 2. primo passo per il calcolo dell'incertezza (distribuzione dei dati rilevati da test ripetuti).		Serie UNI 2839 "Procedimento di campionamento nel collaudo per attributi".	Criteri di scelta per il numero di classi (ex. formula di Stuges).	Nozioni elementari di Statistica Descrittiva.	
Misure di posizione e misure di dispersione	Caratterizzano una popolazione (o, una serie di misure), non solo con il suo posizionamento (media, mediana, moda), ma anche con la sua dispersione (scarsione, deviazione standard, ecc.).			Misure di posizione e di dispersione	Nozioni elementari di Statistica Descrittiva	Test di autovalutazione dell'apprendimento; scostamento dai valori "low level" del libretto per l'efficacia
Proprietà di un sistema di misura	Nel loro insieme, tali proprietà permettono di definire la qualità (attendibilità) di un sistema di misura sotto molteplici punti di vista, ciascuno dei quali può rivelare importanti difetti o secondi delle applicazioni				Nozioni base di Statistica Descrittiva (prerequisiti: nozioni elementari di Statistica Descrittiva)	
Distribuzioni statistiche in ambito di Statistica Descrittiva (normale, triangolare, rettangolare, Weibull, ecc.)	Interpolazioni dagli istogrammi per valutazioni più sofisticate (ex. es. stima della percentuale di non conformi)	P.11: 5.4; 5.5, 5.7, 5.9	UNI/EN ISO 10012; UNI 4724; UNI 4725; UNI 4726; UNI 6365	1. Concetto di "densità di probabilità" in contestazione e quella di distribuzione "cumulativa" 2. Proprietà ed espressioni delle varie distribuzioni statistiche (v. anche Tab. 4) 3. Interpolazione parametrica ed interpolazione secondo la massima viciniglianza	Nozioni base di Statistica Descrittiva (prerequisiti: nozioni elementari di Statistica Descrittiva)	
Indici di capacità del processo (C_p, C_{pk})	Verifica dell'adeguatezza della capacità del processo (C _p) e della validità di gestione del processo che deve presentare derive accettabili (C _{pk})	P.6: 5.9	UNI 10993	Distribuzione normale (il ricorso ad altre distribuzioni è da considerarsi "avanzato").	Nozioni base di Controllo Statistico del Processo, SPC ⁽¹⁾ (prerequisiti: nozioni base di Statistica Descrittiva)	
Calcoli elementari con la probabilità	Stima della probabilità di accadimento di eventi composti da più eventi semplici (= non ulteriormente scomponibili)			1. Eventi mutuamente indipendenti ed eventi mutuamente esclusivi 2. Definizioni di probabilità 3. Probabilità condizionata 4. Espressioni elementari di calcolo con le probabilità	Nozioni elementari di Statistica Inferenziale (prerequisiti: nozioni elementari di Statistica Inferenziale)	
Distribuzioni statistiche in ambito di Statistica Inferenziale (Binomiale, Poisson, normale, t di Student, Weibull, chi quadro, F di Fisher, ecc.)	In queste applicazioni, ognuna delle distribuzioni statistiche non è più utilizzata semplicemente per interpolare una serie di dati, ma è vista come soluzione, in termini di probabilità, di uno specifico categoria di problemi (v. anche Tab. 4)	P.11: 5.4; 5.5, 5.7, 5.9	UNI EN ISO 10012; UNI 4724; UNI 4725; UNI 4726; UNI 6365	V. Tab. 4		
Stime per intervalli	Valutazione dell'incertezza, principalmente sul valore della media e/o su quello della variabilità, di una serie di misure di una stessa caratteristica, ma anche dell'incertezza sulla stima di una proporzione, nel caso di valutazioni per attributi			Distribuzioni delle medie campionarie		
Catena della Tolleranza	Quantificazione della dispersione di un risultato (es. il valore di una caratteristica), la quale cresce con il susseguirsi delle attività per ottenerlo (es. le successive fasi di lavorazione)			Propagazione dell'errore		Test di autovalutazione dell'apprendimento.
Tecniche di campionamento per variabili e per attributi	Definizione del campione più piccolo necessario per una stima di assegnata qualità (livello ed intervallo di fiducia), riguardante ad es. una misura, tenendo conto anche della variabilità della popolazione indagata	P.4 5.4; 5.7	UNI 2839; UNI 7371 e successive	Stime per intervalli		
Carte di controllo	Registrazione, facile e grafica, per rilevare, il più presto possibile, eventuali anomalie del processo produttivo, dovute all'insorgere di cause speciali		UNI ISO 8258 "Carte di controllo di Shewart"	1. Cause comuni e cause speciali 2. Stime per intervalli	Nozioni base di Controllo Statistico del Processo, SPC ⁽¹⁾ (prerequisiti: nozioni elementari di Statistica Inferenziale)	Test di autovalutazione dell'apprendimento seguito da training on the job
Correlazione	Quantificazione della "forza" della correlazione tra due variabili (anche se essa non implica necessariamente una relazione di causalità tra loro)	P.11: 4.10; 5.9; 5.10		1. Coefficiente di correlazione 2. Errore standard della stima	Nozioni base di Statistica Inferenziale (prerequisiti: nozioni elementari di Statistica Inferenziale)	
Analisi della Varianza, ANOVA⁽²⁾	Indicazione, con rischio di sbagliare inferiore ad un certo valore preassegnato (es. 5%), se una o più variabili siano influenti sul fenomeno indagato. Trova impiego sia nella Regressione (v. sotto) sia nell'Analisi di Ripetibilità e Riproducibilità (v. sotto di seguito)		UNI ISO/TR 10017, MSA (Guida MGR), norme specifiche. Serve ad analizzare l'errore di misura e le altre sorgenti di variabilità dei dati nello studio di un sistema di misura	1. Verifica delle ipotesi statistiche e concetto di "significatività" 2. Rapporto F di Fisher tra la varianza esterna (between) e quella interna (within) detta anche "errore" 3. Contributi percentuali sul fenomeno indagato (within) o ciascuna variabile sconosciuta come influente		
Regressione semplice e multipla⁽³⁾	Definizione dell'equazione matematica (modello regressivo) che meglio interpreta la legge che lega una variabile dipendente a una o più variabili indipendenti (ricerca di come significativamente influenti sul fenomeno indagato (es. cause di variabilità delle misurazioni di uno strumento).			1. Analisi della Varianza 2. Metodo dei minimi quadrati		
Analisi di Ripetibilità e Riproducibilità (R&R)	Valutazione se la maggiore quantità di variabilità delle misure di una stessa caratteristica è attribuibile allo strumento (ripetibilità) oppure ad altre cause (tipicamente riconducibili all'Operatore e/o alla variabilità dell'ambiente operativo (riproducibilità)		UNI 6818 "Metodi statistici per il controllo della qualità. Serie di osservazioni ripetute. Calcolo dello scarto tipo di ripetibilità"	Analisi della Varianza (può non risultare indispensabile se ci si limita ad attività meramente esecutive)	Nozioni base di Metrologia (prerequisiti: nozioni base di Statistica Inferenziale)	

(1) SPC = Statistical Process Control

(2) Dall'inglese ANalysis of VAriance

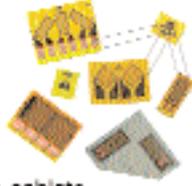
(3) Con una sola variabile indipendente, la regressione è detta semplice, con più di una è detta invece multipla

Più precisione

Sensori di misura

Estensimetri

Estensimetri elettrici a resistenza
Mono-direzionali o a rosella
Esecuzioni saldabili, annegabili, pre-cablate



Accelerometri

Piezoelétrici o MEMS
Monoassiali o triassiali
IEPE o charge
Opzioni alla temperatura, TFDS



Trasduttori di pressione

Per uso industriale e laboratorio
Pressione relativa e assoluta
Differenziale, barometrica, vuoto



Sensori laser di spostamento

Campi di misura da 0,5 a 1.000 mm
Risoluzione da 0,03 micron
Campionamento fino a 50 kHz
Misure su qualsiasi tipo di superficie



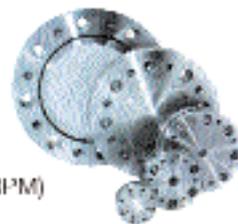
Termometri a infrarossi

Temperature da -50 a 2.200°C
Puntatore laser a doppio raggio
Tempo di risposta da 1 msec
Uscite analogiche e digitali



Torsionometri

Flange torsionometriche con
trasmissione telemetrica
Copple da 50 a 100.000 Nm
Ingombro assiale ridotto
Allungamento del numero giri (RPM)



ne regolano l'applicazione (ad es. distribuzioni normali, rettangolari, triangolari, ecc.) risulta fondamentale per tutte le interpretazioni dei dati (ad es. test di ripetibilità per misure ripetute dello stesso misurando da parte dello stesso Operatore e utilizzando lo stesso metodo e strumento). Inoltre la conoscenza della fiducia statistica risulta molto utile per comprendere il significato del tipo: "livello di fiducia al 95% o al 99%". La conoscenza delle misure di dispersione statistica (deviazione standard, analisi della varianza, analisi di regressione lineare) risulta elemento base per tutte le applicazioni (ad es. incertezza di misura).

La trattazione dei piani di campionamento richiede almeno la conoscenza delle nozioni base (ad es. piano di campionamento semplice, doppio, rinforzato, ecc.), concetti di derivazione dalle norme MIL STD 105 e successive modifiche.

A prescindere dai concetti di base, nella Fig. 9 sono indicati i capisaldi delle conoscenze teoriche per il Metrologo. Di "ripetibilità e riproducibilità" si è già discusso. Nel seguito, scorrendo la figura in senso orario, verranno esposti dei flash per ciascuno dei capisaldi successivi, soprattutto allo scopo di evidenziare l'aiuto che la Statistica è in grado di fornire alla Metrologia¹⁸.

4.1. Campionamento

Prima di cominciare a effettuare misure, ciò che comunemente interessa sapere è quante se ne debbano fare affinché la loro media costituisca una stima "attendibile" del valore vero della caratteristica da misurare.

Sulla base dei Teoremi relativi alle *Distribuzioni delle Medie Campionarie*, la Statistica fornisce, per i limiti dell'intervallo di fiducia della stima di una misura, la classica espressione:

$$L = \bar{X} \pm z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

dalla quale si ricavano sia il limite inferiore (con il segno meno) sia il limite superiore (con il segno più). Essa può anche essere scritta nella forma:

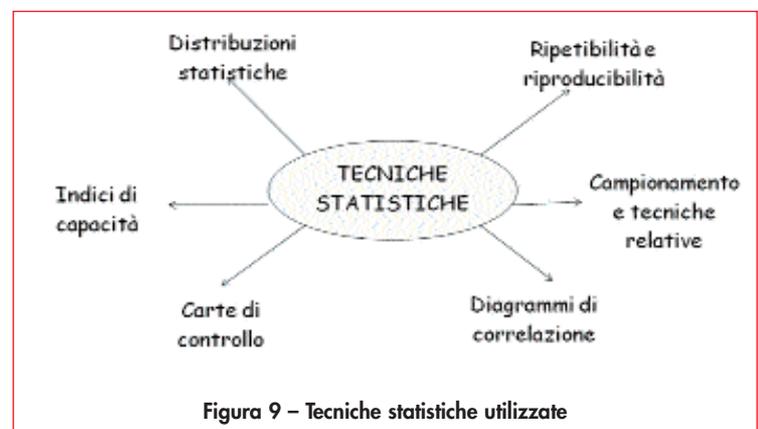


Figura 9 – Tecniche statistiche utilizzate



LUCHSINGER
sensori e strumenti

24035 CURNO (BG) - Via Bergamo, 25
Tel. 035 462 678 - Fax 035 462 790
info@luchsinger.it - www.luchsinger.it

50°
1963 2013



$$L = \bar{X} \pm E \quad (3)$$

che risulta analoga alla (1) all'inizio del Par. 3, salvo per il diverso significato dell'**errore**¹⁹. Dalle (2) e (3) si ricava subito la relazione che lega i vari parametri che definiscono la qualità statistica della stima di una misura:

$$E = z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

dove:

E semiampiezza dell'*intervallo di fiducia*, ovvero l'incertezza o "tolleranza" sulla misura;

$z_{\alpha/2}$ la semiampiezza dell'*intervallo di fiducia*, ma misurata (anziché in unità fisiche) in unità di deviazioni standard σ ; la Tabella della distribuzione *normale standard* lega $z_{\alpha/2}$ al *livello di fiducia* che rappresenta la probabilità che la differenza fra il valore misurato e quello vero sia inferiore o uguale al valore di **E**;

σ la deviazione standard della popolazione delle (potenziali) singole misure o, se si preferisce, *l'errore probabile* che è *plausibile* commettere in una singola misura (naturalmente quello effettivo potrà essere maggiore o minore);

n la numerosità del campione;
 σ / \sqrt{n} rappresenta la deviazione standard delle *medie campionarie*, ossia dei campioni di **n** misure ciascuno.

È facile esplicitare **n** dalla (4), ottenendo:

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (5)$$

Si noti che, a parità di tutto il resto, quanto più grande è σ (per esempio perché uno strumento è impreciso o difficile da leggere), tanto più numeroso (con esponente 2) dovrà essere il campione di misure da effettuare.

In pratica, si procede come segue. Si stabilisce innanzitutto il valore massimo **E** accettabile per l'incertezza della misura affinché essa risponda

alla necessità pratica di prendere decisioni corrette: per esempio, essa non potrà in genere risultare maggiore di 1/10 dell'ampiezza delle specifiche (tolleranza sulla caratteristica - v. anche Fig. 2). Si stabilisce la frequenza con cui si accetta di sbagliare, ovvero la percentuale delle volte in cui si accetta che il valore vero della misura cada fuori dall'*intervallo di fiducia* ($\pm E$): con ciò si ricava il *livello di fiducia*²⁰ e, di qui, il valore di $z_{\alpha/2}$. Bisogna poi conoscere oppure ipotizzare in modo ragionevole la dispersione del sistema di misura rappresentata dal valore della sua deviazione standard σ . A questo punto, con la (5), si è in grado di calcolare **n**, ovvero il numero minimo di misure da eseguire. Se la numerosità delle misure fosse risultata elevata, nessuno vieta, dopo aver effettuato 50 (o almeno 30) misure, di stimare la deviazione standard con i valori trovati e di tornare ad applicare la (5) per stabilire un nuovo **n** di seconda approssimazione.

Quando il valore di σ non è noto da dati pregressi attendibili (per cui bisogna ricavarlo dal campione di misure che si devono effettuare), non ci sono problemi quando il campione è costituito da 50 o più misure ($n \geq 50$), perché, in questo caso, la deviazione standard calcolata sulla base del campione costituisce una buona stima della deviazione standard della popolazione ideale di tutte le potenziali misure effettuabili in condizioni analo-

ghe. Ma, quando il numero di misure **n** è minore di 50, è raccomandato di tener conto della maggior incertezza (nella stima del valore vero della media della popolazione ideale di tutte le potenziali misure effettuabili in condizioni analoghe) dovuta alla scarsa attendibilità del valore assunto per σ : ciò si farà sostituendo nella (5) il valore di $t_{\alpha/2}$ con un valore maggiorato, dato da $f_{\alpha/2}$, che si desume non più dalla distribuzione normale, bensì dalla distribuzione **t** di Student (con **n** - 1 gradi di libertà). Se poi si ha a che fare con valori di **n** < 30, la raccomandazione diventa un obbligo. In conclusione, quando i campioni sono piccoli (**n** < 30 ÷ 50) e σ non è noto a priori, la (5) diventa:

$$n = \left(\frac{f_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (6)$$

4.2. Diagrammi di correlazione

Per ricavare una relazione matematica fra due grandezze **Y** (*dipendente*) e **X** (*indipendente*) dai risultati di una serie di prove sperimentali, si è soliti visualizzare i risultati sperimentali su un diagramma (v. Fig. 10) e poi cercare una curva che li interpoli al meglio. Tale curva può essere rappresentata da una retta (linea continua in Fig. 10), che costituisce la legge più semplice, oppure, per una interpolazione migliore, da un'altra curva che meglio interpreti i punti: per esempio

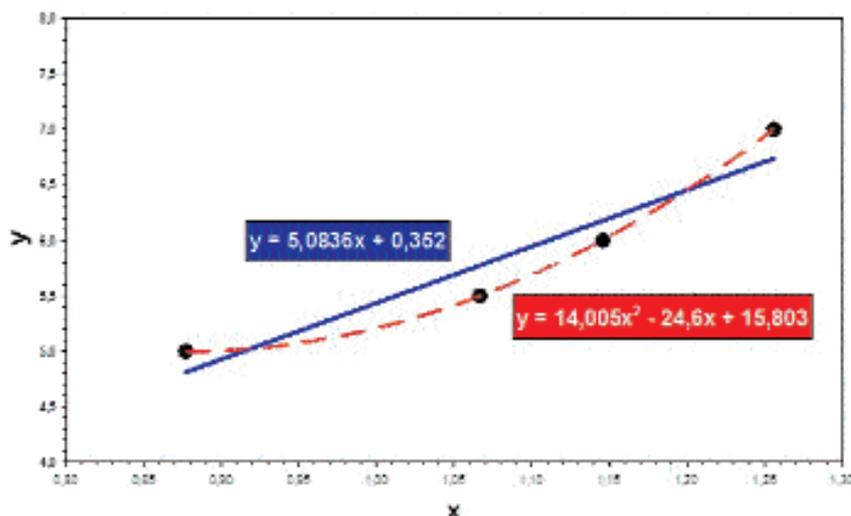


Figura 10 - Diagramma di correlazione

un polinomio (curva tratteggiata in Fig. 10).

Quanto sopra può essere esteso anche al caso più generale in cui la **Y** dipenda non più dalla sola variabile **X**, ma da più variabili, **X₁**, **X₂**, ..., **X_n**. In questo caso, si parla di "**Regressione Multipla**". Essa fornisce un modello regressivo, di solito lineare²¹, del tipo:

$$y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_n \cdot X_n \quad (7)$$

avendo calcolato i valori ottimizzati per i coefficienti **a₀**, **a₁**, **a₂**, ..., **a_n**. Ma essa fornisce anche i **contributi percentuali** di ciascuna variabile indipendente, ovvero il peso/importanza che ogni variabile **X_i** ha nel determinare il risultato espresso dalla

variabile dipendente **Y**. Ciò consente, per esempio, di semplificare la (7) eliminando le **X_i** meno importanti, senza perdere troppo in precisione.

Quando una misurazione può essere "disturbata" da molteplici grandezze secondarie, il metodo suesposto dà un aiuto fondamentale per individuare le più importanti tra esse e tenerle sotto controllo.

4.3. Carte di controllo

Le Carte di Controllo trovano largo impiego anche in Metrologia per mantenere in controllo statistico i vari strumenti (ma anche l'intero sistema) di misura. Non è il caso di trattare qui la Carte di Controllo, ma sembra utile mostrare come la conoscenza delle Distribuzioni delle Medie Campionarie (le stesse già citate all'inizio del Par. 4.1) consenta di calcolare in modo chiaro e diretto i limiti di controllo,

senza bisogno di ricorrere a Tabelle con coefficienti più o meno misteriosi! La Fig. 11 illustra il concetto, senza bisogno di ulteriori commenti.

4.4. Indici di capacità

La distribuzione normale torna di nuovo utile per chiarire quest'altra applicazione. Con riferimento a essa, si diceva una volta che, al di fuori dell'intervallo $x \pm 3\sigma$ c'era il cosiddetto *errore impossibile*. Senza dirlo, si sottintendeva che l'estensione della distribuzione normale al di fuori di tale intervallo era un fatto meramente matematico, ma, nelle applicazioni pratiche (come le misure della caratteristica di un prodotto) la distribuzione finiva sostanzialmente lì, perché la quantità di pezzi che il processo avrebbe prodotto fuori di tale intervallo poteva essere dimostrata non superiore al 2,7‰ e quindi "del tutto trascurabi-

Uniformare il peso per garantire la Qualità

Il laboratorio metrologico CIBE lavora per assicurare qualità ed affidabilità riferite alle misure di massa, eseguendo prove e tarature per bilance, sistemi automatici di pesatura e di misura. Da 30 anni CIBE è un punto di riferimento nell'ambito della Metrologia Legale e tecnica in Italia ed in Europa.

CIBE offre:

- Servizi di taratura ACCREDIA per pesi, masse e bilance;
- Rapporti di prova per bilance, indicatori di peso, sistemi di pesatura automatica e celle di carico;
- Verifica Periodica di strumenti per pesare;
- Formazione e consulenza sulla metrologia legale e scientifica;
- Vendita di pesi, pesiere e masse di grossa portata.



CIBL Srl - Via Picasso, 18
20025 Legnano (MI)
Tel. 0331 466611 Fax 0331 465490
www.cibelab.it



MI 05
Servizio di controllo periodico
strumenti per pesare



ISO 9001:2008

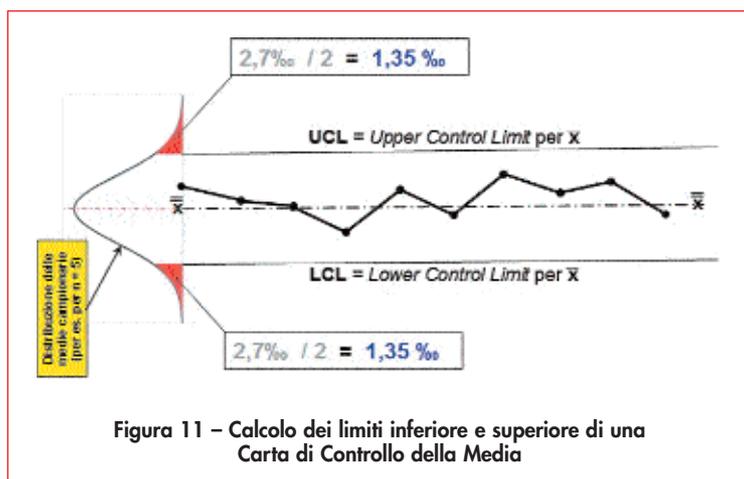


Figura 11 – Calcolo dei limiti inferiore e superiore di una Carta di Controllo della Media

le". Pertanto l'intervallo $\bar{x} \pm 3\sigma$ è stato definito *tolleranza naturale* del processo, intendendo (discutibilmente) che la stragrande quantità della produzione rientrava fra i suoi limiti.

Oggi un simile ragionamento **non viene più accettato**. Intanto perché si fa comunemente ricorso ad approcci (come, per esempio, il *Sei sigma*) che inquadrano anche inconvenienti di sicurezza, per i quali, data la loro gravità, rischi del 2,7‰ risultano comunque troppo grandi. Ma soprattutto perché le medie dei processi produttivi non rimangono ferme (processo *centrato*) nel tempo, ma si muovono, con *derive* rispetto alla quota nominale, fintanto che non ce ne si accorge e si torna a centrare il processo. Comunque, l'intervallo $\bar{x} \pm 3\sigma$ mantiene ancor oggi la denominazione di *tolleranza naturale* del processo, intesa però come "indicatore" della *capacità* del processo e non più come un intervallo entro cui si colloca la quasi totalità della produzione. È appena il caso di osservare che la tolleranza naturale del processo è misurata a prescindere dai prodotti (e dalle loro tolleranze) che il processo sarà chiamato a realizzare. Sono stati poi definiti due indici di capacità di processo: C_p e C_{pk} .

Il primo, C_p , fa riferimento a un processo centrato ed è dato dal rapporto fra la tolleranza a progetto e la tolleranza naturale del processo. Un valore elevato di questo rapporto indica che il processo è adatto a realizzare

tenerlo sotto controllo.

Per ovviare a questo problema, è stato introdotto l'indice C_{pk} , che è dato dal seguente rapporto:

$$C_{pk} = \frac{\text{semiampiezza della tolleranza a progetto} - \text{deriva}}{\text{semiampiezza della tolleranza naturale}}$$

Si fa riferimento a metà delle tolleranze (a progetto e naturale) perché, per definizione, C_{pk} viene calcolato soltanto dalla parte verso la quale il processo sta derivando. A parte questo, se la deriva fosse nulla, il valore di C_{pk} coinciderebbe con quello di C_p . Invece, in presenza di una deriva, il numeratore diventerà più piccolo e conseguentemente sarà sempre $C_{pk} \leq C_p$. In questo senso, C_{pk} è più cautelativo di C_p e ciò costifuisce la ragione per la quale è C_{pk} l'indice d'importanza maggiore.

4.5. Distribuzioni statistiche

Manca ovviamente lo spazio per inserire qui una sia pur brevissima rassegna delle principali distribuzioni della Statistica.

Le principali distribuzioni statistiche, oltre a quella normale o di Gauss, molto usata per rappresentare il grado di dispersione dei dati (ad es. dati ripetuti) sono:

- rettangolare - è usata in situazioni di "equiprobabilità" dei dati (ad es. caso dei 90 numeri del LOTTO);
- *t* di Student - è usata nella stima per intervalli con campioni piccoli ($n \leq 30$),

quando il σ della popolazione non sia noto a priori; tiene conto della maggiore incertezza dovuta al fatto che il σ del campione non è più una buona stima della popolazione;

C_p però nulla dice riguardo le potenziali *derive* del processo, le quali tuttavia dipendono non tanto dalla qualità del macchinario quanto piuttosto dall'abilità del personale nel

quando il σ della popolazione non sia noto a priori; tiene conto della maggiore incertezza dovuta al fatto che il σ del campione non è più una buona stima della popolazione;

- triangolare - è una distribuzione di probabilità continua la cui funzione di densità di probabilità descrive un triangolo, cioè è nulla sui due valori estremi ed è lineare tra questi e un valore intermedio (la moda). La più alta probabilità è vicino al centro e la distribuzione è simmetrica rispetto alla media.

Chiaramente, la loro diffusione nelle aziende necessita, quale prerequisite irrinunciabile, di un minimo di "cultura" statistica, che costituirà il legante capace, da una parte, di facilitare la memorizzazione dei concetti e, dall'altra, di permettere una reale padronanza nelle applicazioni. Quest'ultimo obiettivo è di particolare rilievo, dato che non si può sperare di congelare i comportamenti da tenere nei più vari contesti operativi in una serie di "formule" stabilite a priori una volta per tutte. Allora, se vengono richieste capacità creative, bisognerà padroneggiare gli opportuni strumenti metodologici per essere in grado all'occorrenza d'integrare/sostituire l'approccio classico con qualcosa di "confezionato" su misura per il caso specifico.

Alla base di ciò devono esserci stati interventi formativi che abbiano saputo trasmettere le logiche dei principi base senza insistere sulle dimostrazioni matematiche, ma verificandole praticamente su esempi. In questo modo, la teoria, depurata dagli appesantimenti matematici, mantiene tutti i suoi capisaldi e riesce a collocarsi alla base di ogni applicazione operativa.

5. VALUTAZIONE DELLA COMPETENZA STATISTICA DEL METROLOGO

Si è già avuto modo di affermare che ciò che è veramente importante per il Metrologo non è di memorizzare con maggiore o minore convinzione un certo numero di regole statistiche, quanto piuttosto d'interiorizzare una "cultura" che gli permetta di *pensare* in

modo statistico in tutti i momenti della sua attività. Questo è importante perché il suo lavoro è molto vario e sarebbe illusorio pensare d'imbrigliare le conoscenze che gli sono indispensabili in una sorta di *vademecum* da applicare in maniera acritica in tutte le circostanze. Cultura, dunque, acquisita in corsi nei quali ogni principio teorico venga condotto fino alle applicazioni pratiche con evidenziazione dei benefici economici derivanti dalla loro applicazione. Chiaramente l'ambiente ideale per questo è il *training on the job*. È possibile valutare, anche in aula, senza ricorrere al nozionismo, quanta cultura è stata erogata? Sì, e semplicemente attraverso test, purché ci sia stato a monte un lavoro di selezione fra ciò che è nozione e ciò che costituisce un'idea che deve presiedere alle attività di lavoro quotidiane. Nella

Fig. 12 sono stati raccolti stralci di domande di questo genere. Verifiche di questo tipo possono anche venir ripetute periodicamente, magari nel contesto più ampio e partecipativo di un *audit*.

CONCLUSIONI

Le competenze richieste oggi alle varie Figure Professionali di un laboratorio di metrologia investono molteplici aspetti, sia tecnici che gestionali. Le norme e, in particolare la ISO/IEC 17025, svolgono il duplice ruolo di prescrizione e di guida operativa, come illustrato in precedenza nelle Tabelle da 1 a 3. Diventa indispensabile acquisire una mentalità che includa anche svariati principi di Statistica Elementare. La parte più delicata nella diffusione della "cultura" statistica non risiede

tanto nell'illustrare i passi metodologici delle varie procedure (che, tra l'altro, possono essere supportati da specifici pacchetti software), ma nel porre le basi per l'interiorizzazione del modo di pensare statistico. Da questo punto di vista, va posta particolare cura nella pianificazione degli interventi formativi. I risultati possono anche essere quantificati (e verificati periodicamente) mediante opportuni test e *audit*.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Durando S., Guazzotti F., Romano N., Vaccarone G., Vianello M., GUIDA TEORICO-PRATICA ALL'AFFIDABILITÀ - GESTIONE E STRUMENTI OPERATIVI LUNGO TUTTO IL CICLO DI VITA DEL PRODOTTO, Anfia Service srl, Torino, Prima Edizione (2

I.C.&M. srl
INDUSTRIA
CALIBRI
& MECCANICA
di PRECISIONE

www.icmcalibri.it
info@icmcalibri.it

COSTRUZIONE CALIBRI
FILETTATI, LISCI E
ATTREZZATURE SPECIALI

Laboratorio
Metrologico
Accreditato

Via Lampugnano 157 - 20151 MILANO
Tel. 02/40.91.00.00/40.91.00.43 - Fax 02/40.91.00.43

ACCREDIA
LAT N. 144

ICIM
Sistema Qualità
certificato
ISO 9001



Legenda: nella casella con la lettera, indicare con una X l'unica risposta esatta

	Il numero ottimale di classi con cui costruire un istogramma dipende dal numero di dati disponibili. Dato n il numero dei dati e h, il numero delle classi, sono riportate qui sotto tre espressioni, delle quali 2 sono adatte allo scopo, mentre una non c'entra per nulla. Indicare quale delle tre (il nome non conta).
A	$h = \sqrt{n}$
B	$h = 1 + \sqrt[3]{n/10}$
C	$h = 1 + (10/n)^{0.2} \cdot \log_2 n$
	Quale intervallo definisce il cosiddetto "errore imponderabile"?
A	Quello compreso fra la media - 1σ e la media + 1σ
B	Quello compreso fra la media - 2σ e la media + 2σ
C	Quello compreso fra la media - 3σ e la media + 3σ
	Perché dobbiamo considerare altre distribuzioni oltre a quella normale?
A	Perché non tutte le popolazioni si distribuiscono in maniera simmetrica.
B	Perché è utilizzabile solo per popolazioni infinite.
C	Perché nei dati sono pochi i casi in cui si hanno distribuzioni di genere.
	In una stessa percentuale, l'ampiezza dell'intervallo di fiducia aumenta:
A	... all'aumentare della numerosità del campione e del livello di fiducia.
B	... al diminuire della numerosità del campione e del livello di fiducia.
C	... al diminuire della numerosità del campione e all'aumentare del livello di fiducia.
	Quale dei seguenti rappresenta il modo giusto per colmare la "sporbilità" di un sistema di misura?
A	Misurare più volte lo stesso oggetto con lo stesso Operatore ed utilizzando lo stesso strumento.
B	Misurare più volte oggetti diversi con lo stesso Operatore ed utilizzando lo stesso strumento.
C	Misurare più volte lo stesso oggetto, variando gli Operatori, ma utilizzando lo stesso strumento.

Fig. 12 – Domande stralciate da questionari per valutazione delle competenze in Metrologia

voll.), luglio 2012. Compendio dei principali strumenti metodologici per l'affidabilità (e la qualità). È finalizzato alla divulgazione e alle applicazioni. Dopo un breve cenno agli aspetti generali e manageriali, sono trattate le principali attività di prevenzione (alcune delle quali utilizzate anche in Metrologia), per arrivare fino alla pianificazione delle prove di verifica sperimentale.

2. *Malagola G., Ponterio A. LA METROLOGIA DIMENSIONALE PER L'INDUSTRIA MECCANICA* – Ed. Augusta. Compendio completo di tutti i principali concetti di metrologia riferiti all'industria meccanica. È un punto di riferimento importante per impostare le attività di laboratorio in modo conforme ai requisiti della ISO/IEC 17025.

3. *Miglio G. PROCESSI DI MISURAZIONE E GESTIONE DELLE MISURE* - Ed. Augusta. Fornisce una trattazione delle principali norme applicabili in metrologia, con un richiamo efficace alla terminologia statistica applicabile. È un compendio di tutti i principali aspetti di gestione di un processo di misura e di un sistema di misura.

4. *Colella G. MANUALE DI METROLOGIA E STRUMENTAZIONE ELET-*

TRONICA - Ed. Hoepli. Il Manuale fornisce un quadro completo di gestione dei diversi aspetti metrologici, con particolare riferimento alle apparecchiature di misura e alla loro taratura e conferma metrologica, in funzione degli usi previsti.

5. *Kimothi S.K. "THE UNCERTAINTY OF MEASUREMENT"* - Ed. ASQ Quality Press Milwaukee, Wisconsin. È un trattato completo e di facile comprensione sull'incertezza di misura, sia per le prove meccaniche sia per quelle chimiche, applicabile ai laboratori di prova e di taratura. Sono riportati molti richiami di statistica che aiutano a comprendere bene i concetti relativi all'incertezza di misura.

6. *Bucher J.L. "THE METROLOGY HANDBOOK"* - Ed. ASQ Quality Press Milwaukee, Wisconsin. È un trattato completo di tutti gli aspetti da assicurare in un laboratorio. Aiuta sia nella progettazione di un sistema qualità di un laboratorio, sia nella tenuta in conto delle specificità di un laboratorio di taratura.

7. *Bucher J.L. "THE QUALITY CALIBRATION HANDBOOK"* - Ed. ASQ Quality Press Milwaukee, Wisconsin. Aiuta a sviluppare e gestire in modo

efficace un programma di taratura e di conferma metrologica, con riferimento ai requisiti della normativa applicabile (es. ISO 10012). Illustra, tra gli altri, i principali concetti relativi all'MSA, ivi inclusi i richiami statistici indispensabili per calcolare i principali indicatori metrologici.

8. *Pennella C.R. MANAGING THE METROLOGY SYSTEM* - Ed. ASQ Quality Press Milwaukee, Wisconsin. Il libro (e-book), rivolto ad approfondire in particolare tutti gli aspetti relativi alla gestione delle apparecchiature, alla loro taratura e conferma metrologica; è molto utile per il vasto numero di test di autovalutazione in esso riportato, anche con riferimento a tecniche statistiche.

9. *CCT THE CERTIFIED CALIBRATION TECHNICIAN PRIMER* – Ed. Quality Council of Indiana. È utile per la preparazione all'esame di CCT dell'ASQ (American Society for Quality). Fornisce un compendio completo di tutte le principali tematiche metrologiche, con ampio numero di test di esame al termine di ogni capitolo. A parte è possibile acquistare anche l'Examination Book, in formato elettronico o cartaceo. Utile per una completa autovalutazione e una misura quantitativa delle conoscenze possedute. Un intero capitolo è dedicato alle tecniche statistiche usate in metrologia, con un'ampia disamina di casi e test specifici.



Michele Lanna, Consulente senior, opera in molti laboratori di primarie aziende italiane. Ha sviluppato diversi sistemi qualità in accordo alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 e ha svolto attività di formazione in campo metrologico. È titolare dello Studio Lanna & Associati di Roma.

NOTE

¹ Per esempio: la norma UNI EN ISO 10012 "Sistemi di gestione della misurazione – Requisiti per i processi e le apparecchiature di misurazione".

² Esse possono andare dalla più semplice



SPETTROMETRI AVANTES

Soluzioni per Spettroscopia

- Spettroscopia per UV, VIS, IR
- Alta velocità, sensibilità e risoluzione
- Versioni compatte: Micro e Mini
- Setup completi per misure Raman



SENSORI OPTIMET™

Misure caratteristiche di superficie

- Alta risoluzione spaziale < 1 µm
- Fino a 9 kHz di campionamento
- Apertura angolare di misura: 1-85°
- Misura di spessore, planarità, coating



PUNTATORI LASER PER METROLOGIA

Elementi ottici diffrattivi laser

- Vasta gamma di lunghezza d'onda
- Ampia scelta della geometria del puntatore
- Machine Vision, allineamento e posizionamento



Monza (+39) 039.834.977

Roma (+39) 06.8765.7838

info@optoprim.it

UNI ISO/TR 10017 "Tecniche statistiche per la qualità", alla serie delle UNI 2859 "Criteri di campionamento per attributi" o altra norma relativa al campionamento per variabili, ecc.

³ Per citarne ancora una: la UNI CEI ENV 13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", che illustra passo passo le azioni necessarie a stimare l'errore di misura (casuale e sistematico) da cui è affetta qualsivoglia misura.

⁴ Non consideriamo qui tutte le norme che descrivono i metodi di prova o taratura di strumenti di misura, nei quali si ritrovano specifici algoritmi da applicare per calcolare, ad esempio, l'errore massimo ammissibile o l'incertezza.

⁵ Per esempio, una misura registrata come $10,00 \pm 0,01$ con livello di fiducia **95%** significa che, soltanto nel $(100 - 95 =) 5\%$ dei casi, l'intervallo di fiducia definito dai limiti $(1,00 - 0,01 =) 0,99$ e $(10,00 + 0,01 =) 1,01$ non conterrà il valore vero del misurando (mentre nel 95% dei casi la differenza fra il valore vero e quello misurato risulterà, in valore assoluto, inferiore a 0,01).

⁶ Vedere: S.K. Kimothi: "The Uncertainty of Measurements" - ASQ Quality Press.

⁷ Vedere DT 04 DT Accredia: "Prescrizioni sulle principali regole di scrittura".

⁸ Cfr. UNI CEI ISO 80001:2010 parte 1 "Grandezze e unità di misura".

⁹ Peraltro già riportati nella norma UNI ISO/TR 10017 "Guida alle tecniche statistiche per l'ISO 9001".

¹⁰ Ciò significa: stesso procedimento di misurazione, stesso Osservatore, stesso strumento di misura, stesso luogo, stesse condizioni di utilizzazione e anche ripetizione entro un breve periodo di tempo.

¹¹ La *stabilità* indica quant'è contenuta la deriva temporale nella misura di una stessa caratteristica. Essa può essere considerata come la variazione dell'*accuratezza* nel tempo e misurata utilizzando *Carte della Media e dell'Escursione* (v. prossimo Par. 3).

¹² Lo *scostamento strumentale* è la differenza tra la media d'indicazioni ripetute e un valore di riferimento di una grandezza.

¹³ Vedere: UNI ISO 7870-1:2010 Carte di controllo.

¹⁴ Pag. 5 UNI ISO/TR 10017.

¹⁵ The Certified Calibration Technician Primer del Quality Council of Indiana, utile per sostenere l'esame di CCT presso l'ASQ.

¹⁶ Per esempio, da SI a quello inglese e viceversa, conversione di decimali in ppm, ecc.

¹⁷ Trattato peraltro in modo esaustivo nel documento DT 04 DT di Accredia.

¹⁸ Per ulteriori approfondimenti su questi e altri metodi e strumenti statistici (con orientamento soprattutto all'affidabilità), può essere utilmente consultata la recente pubblicazione ANFIA contrassegnata con [1] in Bibliografia.

¹⁹ Nella (1) il simbolo **e** rappresenta l'errore specifico della misura contingente, mentre nella (3) il simbolo **E** rappresenta la semiampiezza dell'intervallo di fiducia.

²⁰ Il *livello di fiducia* viene usualmente indicato con $1 - \alpha$, dove α (suo complemento a **1**) rappresenta il rischio di sbagliare ed è chiamato *significatività*. Una volta assunto il massimo rischio di sbagliare che si accetta (ovvero la *significatività* α), è quindi immediato ricavare il *livello di fiducia* come suo complemento a **1** e poi (o ricorrendo alla Tabella della *distribuzione normale standard* oppure utilizzando la distribuzione normale inversa di un software come EXCEL) si trova il corrispondente valore di $z_{\alpha/2}$.

²¹ Il limite della *linearità* può essere superato introducendo delle variabili ausiliarie, per esempio del tipo: $X_3 = X_1^2$, ecc.

Flavio Floriani

Metodo di calcolo del fattore di potenza

in transitori di corrente e relativa incertezza

IL
TEMA

THE CALCULATION OF THE POWER FACTOR IN CURRENT TRANSIENTS, AND THE RELATIVE UNCERTAINTY

The paper illustrates a new method for the calculation of the power factor in an a-c, 50 Hz current circuit of the Ohmic-Inductive type. Only the current waveform is acquired, and the insertion angle with respect to the voltage is controlled within a tolerance of $\pm 10^\circ$. A simple mathematical expression allows to calculate the power factor by means of the peak and RMS values of the current, with a remarkably low uncertainty.

RIASSUNTO

Il presente articolo illustra una metodologia per il calcolo del fattore di potenza in un circuito in corrente alternata sinusoidale a 50 Hz di tipo ohmico-induttivo, acquisendo solamente la forma d'onda della corrente e controllando l'angolo d'inserzione rispetto alla tensione con una tolleranza di $\pm 10^\circ$. Una semplice espressione matematica permetterà di calcolare il fattore di potenza tramite i valori di picco e RMS della corrente con un'incertezza di misura particolarmente bassa.

POCHE ISTRUZIONI FACILI

Il metodo è particolarmente adatto all'impiego nei laboratori di corto circuito, o in generale quando si ha la necessità di calcolare il fattore di potenza in circuiti dove la corrente ha durata di alcune decine di millisecondi. Le uniche accortezze da adottare sono: (i) misurare il valore RMS ad avvenuto esaurimento della componente unidirezionale; (ii) controllare che la corrente a regime (a transitorio esaurito) non abbia un inviluppo significativo, tipico ad esempio delle fasi sub-transitorie dei corto circuiti nei pressi dei generatori; (iii) la corrente deve essere praticamente sinusoidale, ovvero il rapporto tra valore di picco e RMS dev'essere circa pari a $\sqrt{2}$.

Passiamo alla fase operativa:

- si registri una corrente per 130 ms avendo cura d'inserire il circuito in prossimità di un passaggio per lo zero di tensione (si veda per esempio la Fig. 1);
- si prenda il valore assoluto della corrente di picco (che può essere negativo o positivo a seconda che l'inserzione sia avvenuta a 0° o 180°);
- si prenda il valore RMS della corrente permanente; la misura può essere fatta su un periodo di 20 ms;
- si faccia il rapporto tra valore di picco e RMS;
- s'inscriva il numero ottenuto, che chiameremo I_{kcr} nel seguente polinomio:

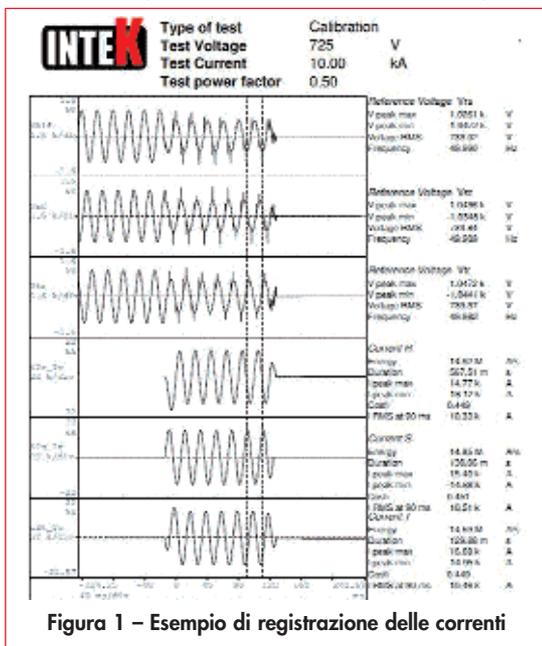


Figura 1 - Esempio di registrazione delle correnti

$$\cos \varphi_1 = 156,7269 - 395,6216I_{kcr} + 401,4504I_{kcr}^2 - 203,4663I_{kcr}^3 + 51,3754I_{kcr}^4 - 5,1649I_{kcr}^5$$

- s'inscriva il risultato, chiamato $\cos \varphi_1$, nel seguente polinomio:

$$\text{err } \varphi = 0,0613 - 1,1172 \cos \varphi + 6,6428(\cos \varphi)^2 - 16,9678(\cos \varphi)^3 + 19,2408(\cos \varphi)^4 - 7,9377(\cos \varphi)^5;$$

- si esegua la differenza tra $\cos \varphi_1$ ed $\text{err } \varphi$:

$$\cos \varphi = \cos \varphi_1 - \text{err } \varphi$$

Il valore ottenuto è il valore del fattore di potenza. L'incertezza associata alla misura è funzione dell'incertezza con cui si realizza la misura di corrente; per esempio per un sistema che presenta un'incertezza tipo u sulla lettura di corrente pari a 1,2% si avrà un'incertezza estesa U con $k = 2$ pari a:

- $\pm 0,022$ per misure tra 0,9 e 0,5;
- $\pm 0,009$ per misure inferiori a 0,5 e fino a 0,2.

ALTRE ISTRUZIONI (UN PO' MENO FACILI)

Sia:

$$v = Ri + L \frac{di}{dt} \quad [1]$$

l'equazione differenziale che descrive il comportamento di un circuito Ohmico-induttivo. Sia v una sorgente di tensione alternata del tipo $v = v \sin(\omega t)$, dove ω è la pulsazione del circuito che vale $2\pi f$, con f la frequenza del circuito che vale 50 Hz.

L'andamento della corrente i nel circuito risulta essere data dalla soluzione dell'equazione differenziale [1] e avrà la seguente espressione:

$$i(t) = \sqrt{2}I \left[\sin(\omega t + \varphi - \gamma) - \sin(\varphi - \gamma)e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \quad [2],$$

dove:

- φ è l'angolo caratteristico del circuito dato da $\text{arctg}(Xl/R)$;
- γ è l'angolo d'inserzione rispetto all'onda di tensione;
- τ è la costante di tempo del circuito data da L/R ;
- t è il tempo che può variare tra 0 e $+\infty$.

Dall'analisi si evince che l'espressione ha due componenti, una periodica e simmetrica detta componente permanente, e una unidirezionale con andamento esponenziale decrescente, funzione del rapporto L/R e dell'angolo d'inserzione γ . Per $\gamma = 0$ la componente unidirezionale ha il suo valore massimo.

Si vuole ora illustrare un metodo per la determinazione dell'angolo φ mediante le sole misure dei valori di picco e RMS della corrente, senza conoscere altri parametri e controllando solamente l'angolo d'inserzione con una tol-

Soluzioni numeriche dell'equazione differenziale

cos φ	I_{kcr}
0,95	1,415
0,9	1,423
0,85	1,4377
0,8	1,4584
0,75	1,4843
0,7	1,5152
0,65	1,551
0,6	1,592
0,55	1,6384
0,5	1,6907
0,45	1,7494
0,4	1,8156
0,35	1,89
0,3	1,9741
0,25	2,0696
0,2	2,1786
0,15	2,3035
0,1	2,4438

leranza di $\pm 10^\circ$. Si simulino numericamente 18 risultati della [2] facendo variare il coseno dell'angolo φ a passi di 0,05 tra 0,9 e 0,1, tenendo fisso γ a 0 e variando t tra 0 e 0,13 a passi di 0,5 e -5. Si acquisiscano i valori calcolati della corrente di picco e RMS a regime, e se ne esegua il rapporto (il valore di corrente RMS scelto non ha effetto sul risultato).

Si dimostra che tale rapporto può variare tra $\sqrt{2}$ per un circuito puramente resistivo e $2\sqrt{2}$ per un circuito puramente induttivo.

Chiameremo da

ora in avanti questo rapporto I_{kcr} .

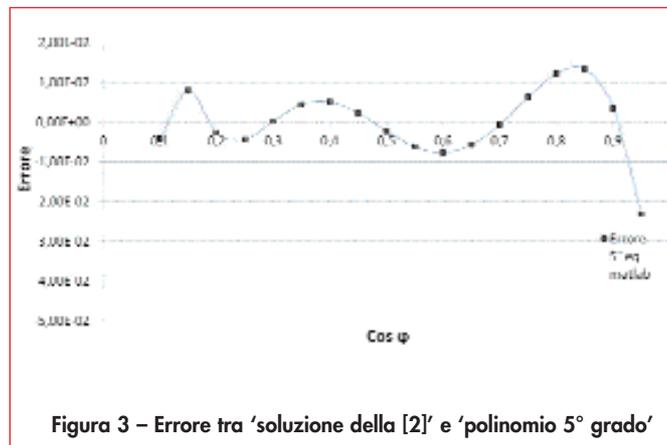
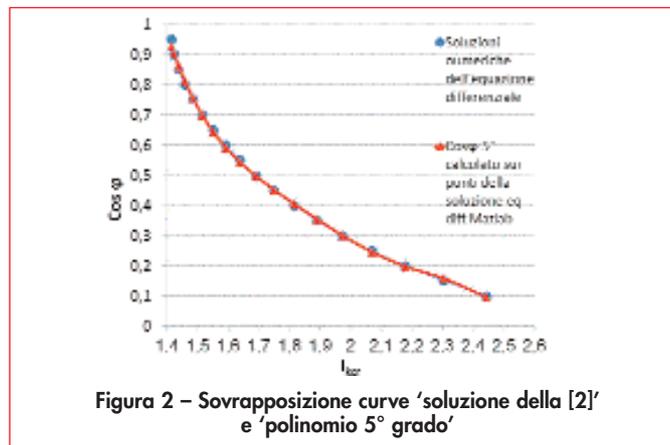
Si mettano quindi in una tabella i valori di $\cos \varphi$ relazionandoli con i rispettivi valori di I_{kcr} calcolati: si otterrà così una griglia equispaziata come in Tab. 1.

Ora, mediante le tecniche di approssimazione polinomiale, cerchiamo un polinomio di un certo grado n che dia come risultato il valore di $\cos \varphi$ in funzione del valore I_{kcr} tale che si possa avere una relazione del tipo:

$$\cos \varphi = f(I_{kcr})$$

Tale polinomio deve inoltre minimizzare l'errore rispetto alla soluzione esatta dell'equazione differenziale. Il grado del polinomio non deve essere troppo alto per evitare difficoltà di calcolo eccessive.

Tramite i programmi MATLAB ed EXCEL si possono calcolare i coefficienti di polinomi di vario grado e confrontare le curve ottenute con la curva risultante dalla soluzione dell'equazione differenziale.





Si procede quindi con la valutazione della curva che meglio si avvicina alla soluzione.

Dall'analisi delle curve risulta che la miglior approssimazione è quella data da un polinomio di 5° grado i

cui coefficienti sono stati ottenuti dal programma MATLAB interpolando i punti ai minimi quadrati (in Fig. 2 sono sovrapposte le curve generate dalla soluzione dell'equazione differenziale [2] e della curva polinomiale

di 5° grado; in Fig. 3 è evidenziato l'errore del polinomio rispetto alla soluzione della [2]).

Il polinomio risulta avere la seguente espressione:

$$\cos \varphi = 156,7269 - 395,6216 I_{kcr} + 401,4504 I_{kcr}^2 - 203,4663 I_{kcr}^3 + 51,3754 I_{kcr}^4 - 5,1649 I_{kcr}^5 \quad [3]$$

Risulta però esserci un errore ancora alto rispetto alla soluzione numerica della [2]. Si vuole quindi iterare il processo andando a costruire un secondo polinomio che questa volta interpolerà gli errori. Anche questo polinomio sarà di 5° grado e avrà la seguente espressione:

$$\text{err} \varphi = 0,0613 - 1,1172 \cos \varphi + 6,6428 (\cos \varphi)^2 - 16,9678 (\cos \varphi)^3 + 19,2408 (\cos \varphi)^4 - 7,9377 (\cos \varphi)^5 \quad [4]$$

Sottraendo il risultato dei due polinomi si otterrà infine un valore che si dimostra scostarsi dalla soluzione della [2] al massimo di $\pm 0,008$ (u_{err}) nel campo di misura del $\cos \varphi$ tra 0,9 e 0,2.

$$\cos \varphi = \cos \varphi_1 - \text{err} \varphi \quad [5]$$

La variazione dell'angolo di chiusura φ di $\pm 10^\circ$ rispetto allo zero comporta una variazione massima del valore di $\cos \varphi$ calcolato di circa $\pm 0,0002$ ($2e-04$) (u_{ang}) che si può ritenere trascurabile.

INCERTAMENTE SICURO

Vediamo ora che incertezza possiamo associare a questo valore calcolato e quali sono i parametri che la influenzano. Essendo il parametro d'ingresso I_{kcr} ricavato dalla misura di una corrente e precisamente dal valore di picco e dal valore RMS, la misura sarà caratterizzata dall'incertezza associata alla misura di corrente di picco e da quella associata alla misura RMS. Tali incertezze, essendo prese dalla stessa catena di misura, saranno uguali, e avranno un fattore

di correlazione praticamente pari a 1. Applicando la formula per il calcolo delle incertezze nel caso di variabili in ingresso correlate:

$$u_{I_{kcr}}^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j)$$

E quindi:

$$u(I_{kcr}) = \sqrt{\left(\frac{1}{I_{RMS}} \right)^2 \cdot u_{I_{PK}}^2 + \left(-\frac{I_{PK}}{I_{RMS}^2} \right)^2 \cdot u_{I_{RMS}}^2 + 2 \cdot \left(\frac{1}{I_{RMS}} \right) \left(-\frac{I_{PK}}{I_{RMS}^2} \right) \cdot u_{I_{PK}} \cdot u_{I_{RMS}} \cdot r(I_{PK}, I_{RMS})} \quad [6]$$

Ottenuto questo valore si può calcolare l'incertezza propagata dai polinomi [3] e [4] mediante l'applicazione delle seguenti formule:

$$u_{policos} = \sqrt{(c_1 + 2c_2 \cdot I_{kcr} + 3c_3 \cdot I_{kcr}^2 + 4c_4 \cdot I_{kcr}^3 + 5c_5 \cdot I_{kcr}^4)^2 \cdot u_{I_{kcr}}^2} \quad [7]$$

$$u_{err} = \sqrt{c_1 + 2c_2 \cdot \cos \varphi + 3c_3 \cdot \cos^2 \varphi + 4c_4 \cdot \cos^3 \varphi + 5c_5 \cdot \cos^4 \varphi)^2 \cdot u_{policos}^2} \quad [8]$$

Dove c_n sono i vari coefficienti calcolati dei polinomi che si ritengono con incertezza trascurabile rispetto a $u_{I_{kcr}}$.

A questo valore si somma un contributo d'incertezza relativo all'angolo di chiusura u_{ang} . Questo contributo è stato stimato mediante simulazione

numerica risolvendo l'equazione differenziale che caratterizza il circuito per valori di -10° e $+10^\circ$ rispetto allo zero di tensione. Calcolando la differenza tra i $\cos \varphi$ calcolati si ottiene un intervallo di valori. Tale intervallo viene considerato con distribuzione rettangolare.

Un ulteriore contributo u_{err} viene calcolato, sempre con metodo numerico, analizzando il massimo errore residuo tra la soluzione dell'equazione differenziale e la soluzione polinomiale tra valori di $\cos \varphi$ compresi tra 0,9 e 0,2. Tale intervallo viene considerato con distribuzione rettangolare.

$$u_{\cos \varphi} = \sqrt{u_{policos}^2 + u_{err}^2 + \left(\frac{\varepsilon_{ang}}{2 \cdot \sqrt{3}} \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{err}}{2 \cdot \sqrt{3}} \right)^2} \quad [9]$$

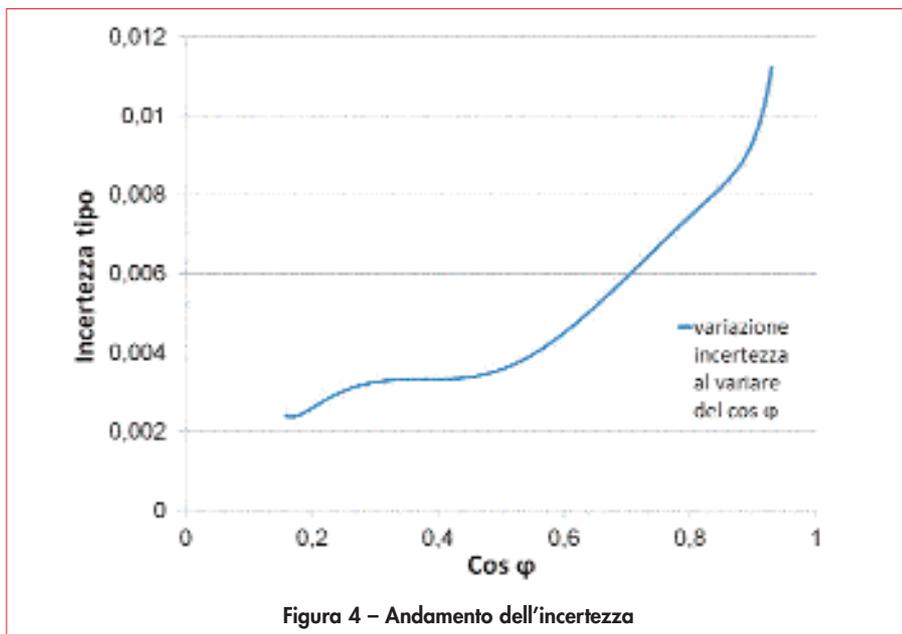


Figura 4 – Andamento dell'incertezza

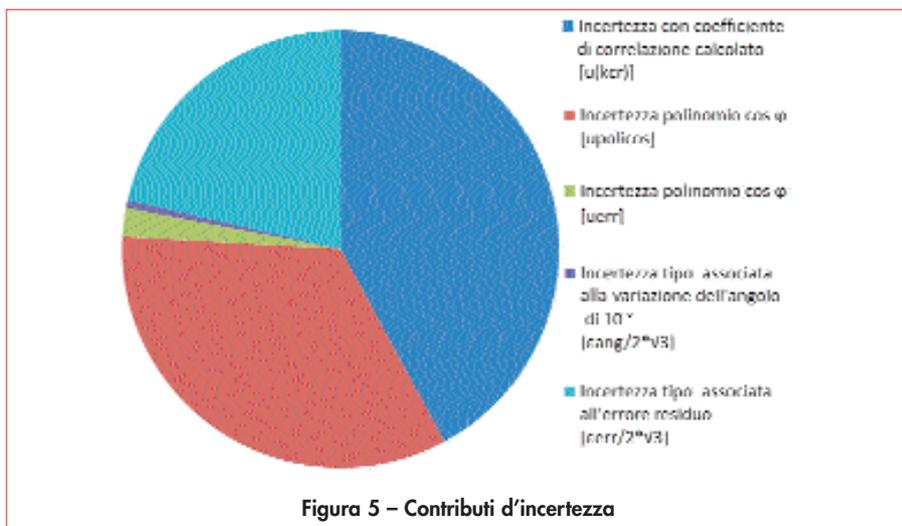


Figura 5 – Contributi d'incertezza

Essendo le variabili in ingresso correlate (corrente di picco e RMS) si nota come, al crescere del valore di picco rispetto al valore RMS, l'incertezza associata alla misura di $\cos \varphi$ diminuisca (vedi Fig. 4). Analizzato l'andamento, si è deciso di dividere l'incertezza associata in due intervalli, per misure da 0,9 a 0,5 e da 0,5 a 0,2. Si riportano a titolo di esempio i valori d'incertezza estesa U con $k = 2$ calcolati, avendo in ingresso un sistema di misura della corrente che abbia un'incertezza tipo associata $u = 1,2\%$. In Fig. 5 sono evidenziati quali sono i contributi d'incertezza che maggiormente influiscono sul risultato.

• Incertezza associata alla misura di $\cos \varphi U$ con $k = 2$ da 0,9 a 0,5 = $\pm 0,022$

• Incertezza associata alla misura di $\cos \varphi 1U$ con $k = 2$ da 0,5 a 0,2 = $\pm 0,009$. Analizzando la curva di errore residuo, data dal confronto tra le soluzioni numeriche della [2] con i risultati della [5], si evidenzia quello che è chiamato fenomeno di Runge: agli estremi del dominio $[D(0,9 - 0,1)]$ si nota come la funzione polinomiale tenda ad allontanarsi repentinamente dalla funzione approssimata (vedi Fig. 6).

THAT'S ALL FOLKS!

A fronte di tutto ciò possiamo dire che ci basta misurare una corrente mediante una sonda e un oscilloscopio che presentino un'incertezza ragionevole per avere una misura del fattore di potenza accurata. Inserire in corrispondenza di un passaggio per lo zero con una tolleranza di $\pm 10^\circ$ non è poi così difficile... si potrebbe anche tentare con apparecchi (appari?) meccanici. È pur vero che in un sistema trifase è necessario ripetere il processo per ogni fase... ma tre misure sono meglio di una. Il polinomio può essere inserito in qualsiasi programma di calcolo.



Flavio Floriani è responsabile di settore presso il laboratorio prove e misure INTEK SpA (Rezzato - BS, flavio.floriani@intek.it). Si occupa di metrologia, sviluppo di sistemi di misura, realizzazione di test elettrici.

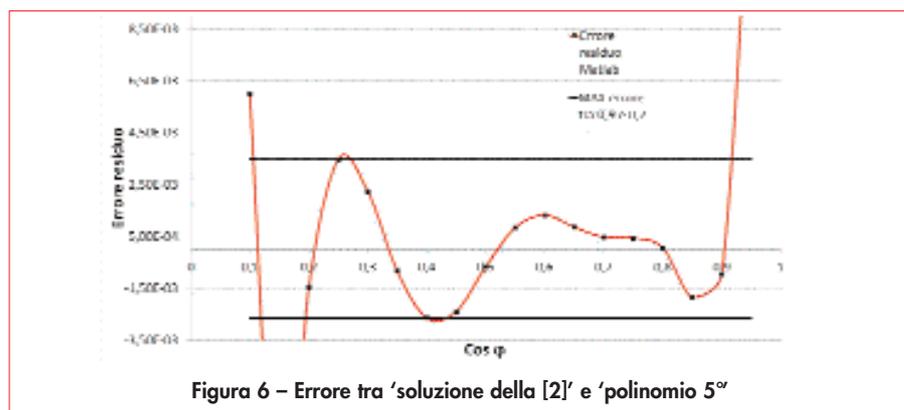


Figura 6 – Errore tra 'soluzione della [2]' e 'polinomio 5°'

F. Adamo, F. Attivissimo, G. Cavone, G. Cice

Un sistema per la caratterizzazione di elastici

per fucili subacquei

AN EXPERIMENTAL SETUP FOR SPEARFISHING APPLICATIONS

This paper describes the realization of an automated system for rubber characterization in spearfishing applications. These materials, once lengthened, thanks to their ability to shrink very quickly, are used as dart propellers of these particular fishing tools. The system allows the evaluation of the sling behavior getting its stress vs strain curve, based on values of some parameters such as the percentage elongation and the time elapsed between the stretching and shrinking phases to which the device under test is subject.

RIASSUNTO

L'articolo descrive un banco di prova automatico progettato e realizzato con lo scopo di caratterizzare, in modo semplice e ripetibile, il comportamento degli elastici utilizzati nei fucili per la pesca subacquea. Questi elastici, una volta allungati, grazie alla loro notevole capacità di contrarsi rapidamente, vengono adottati come propulsori del dardo di questi specifici attrezzi da pesca. Il sistema realizzato consente la valutazione del loro comportamento ricavandone la curva sforzo-deformazione (σ - ϵ) al variare di alcuni parametri significativi quali l'elongazione percentuale e il tempo trascorso fra la fase di allungamento e il successivo scarico a cui il provino è sottoposto.

INTRODUZIONE

Lo studio, la realizzazione e l'ingegnerizzazione di nuovi materiali ha sempre avuto come obiettivo il miglioramento delle prestazioni delle applicazioni e dei prodotti in cui essi vengono impiegati. Questo aspetto appare ormai consolidato anche nel campo delle discipline sportive, e nella fattispecie in quelle subacquee. La pesca subacquea è fortemente coinvolta nella corsa a nuove tecnologie e all'utilizzo di materiali innovativi; la pratica in ambiente ostile e i mezzi inizialmente rudimentali hanno fin da subito richiesto un utilizzo più efficiente delle limitate risorse a disposizione. Nell'ultimo decennio, soprattutto in Italia, le grosse aziende del settore sono state pian piano soppiantate da realtà molto più piccole, ma sempre più specializzate su alcuni ben definiti prodotti. Queste ultime, stimolate da un mercato sempre più esigente e preparato, avvalendosi di strumentazione tecnologicamente avanzata, si so-

no adoperate per migliorare le caratteristiche tecniche e le prestazioni dei loro prodotti. Rilevante è il caso dei fucili che destano vivo interesse negli appassionati pescatori di apnea e impegnano le aziende del settore in una corsa instancabile e continua all'innovazione.

Le armi per la caccia subacquea si suddividono, in base al sistema propulsivo, in due grandi categorie: (i) gli *oleopneumatici*, in cui il dardo viene accelerato da aria compressa in espansione e (ii) gli *arbaletes*, che ricorrono alla contrazione di una o più coppie di molle precedentemente allungate e agganciate sul dardo stesso. Ognuna di queste due tipologie di arma presenta pregi e difetti: entrambe, nel tempo, sono state oggetto di miglioramenti e rivisitazioni. Nel complesso, però, grazie alla semplicità di funzionamento e della struttura, nonché al recente sviluppo di nuove tecniche utili a rendere più efficace l'azione della freccia aumentando così il campo di utilizzo, il modello *arbaletes*

è di sicuro quello dominante e maggiormente usato.

La tecnica di propulsione applicata al modello *arbaletes* risulta molto semplice, ma al tempo stesso, le sue reali prestazioni sono fortemente dipendenti dalle caratteristiche dei materiali usati allo scopo. Le proprietà meccaniche degli elastici infatti rivestono un ruolo chiave nella valutazione della qualità dell'arma sulla quale vengono montati, e sono di fondamentale importanza per poter effettuare le giuste considerazioni al momento del *setting*.

Disporre quindi di un banco di prova automatizzato per elastomeri subacquei, semplice e soprattutto a basso costo, che possa implementare una metodica accurata e affidabile atta al *testing* e all'estrapolazione dei parametri e delle grandezze caratterizzanti il comportamento di questi materiali, potrebbe rivelarsi utile alla crescita tecnologica delle numerose aziende italiane presenti nel settore e già leader mondiali in questo campo.

COMPORTEMENTO DELL'ELASTOMERO VULCANIZZATO SOTTO TRAZIONE

Nell'*arbaletes*, gli elastici di materiale elastomerico usati come propulsori vengono stirati in fase di armamento, accumulando energia, che poi cederanno al dardo in fase di sparo spingendolo verso il bersaglio. Per poter ottenere un dispositivo bilanciato risul-

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Politecnico di Bari (adamo, attivissimo, cavone, cice) @misure.poliba.it

ta quindi fondamentale stimare la quantità di energia che questi ultimi sono in grado di accumulare e soprattutto quella che realmente sono in grado di restituire. Anche la modalità con cui l'elastico restituisce l'energia accumulata è un parametro rilevante che nasconde gli eventuali effetti d'isteresi e di energia perduta dall'elastomero. I modelli commercializzati non sono tutti uguali, e il loro comportamento dipende fortemente dalla qualità della materia prima utilizzata, cioè la gomma naturale, nonché da una serie di fasi nel processo di fabbricazione e trattamento. Fondamentali sono l'aggiunta di polveri e di additivi e la fase di reticolazione o vulcanizzazione [1].

Tutti i materiali elastomerici sono comunque caratterizzati dalla presenza di lunghe catene polimeriche interconnesse da punti di *cross-link* che, in condizioni di non deformazione, si presentano normalmente ripiegate e raggomitolate su se stesse, mentre sotto l'effetto di una forza esterna tendono a modificare la loro distribuzione spaziale, allineandosi parallelamente alla direzione dell'allungamento: a causa della loro naturale tendenza a ritornare alla conformazione originaria, le macromolecole manifestano una forza di richiamo (*elastic recovery*) di direzione uguale, ma verso opposto a quella che ha generato la deformazione. Rimuovendo la forza esterna che ha provocato la deformazione, ciascuna catena polimerica tende a recuperare la forma originale. Questo comportamento tipico della gomma vulcanizzata è osservabile considerando la curva sforzo-deformazione o l'equivalente grafico carico-allungamento su un provino rettilineo (Fig. 1).

Escludendo i primissimi valori di deformazione applicata, il valore dello sforzo assume un andamento quasi lineare rispetto ai valori in ascissa, ovvero il campione segue la ben nota *legge di Hooke*:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

con E modulo d'elasticità o di Young (Fig. 1, tratto A-B).

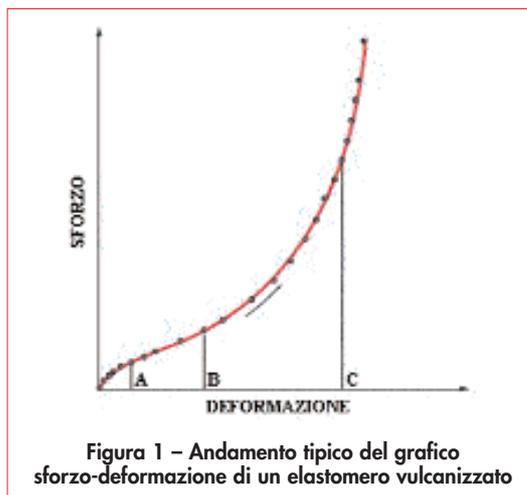


Figura 1 - Andamento tipico del grafico sforzo-deformazione di un elastomero vulcanizzato

Quando, invece, sempre più catene elasticamente attive raggiungono il massimo della propria capacità di estendersi, la curva tende rapidamente a piegare verso l'alto (Fig. 1, tratto B-C) e, per elevate deformazioni, un elastomero con struttura particolarmente ordinata può cristallizzare, dando luogo a un fenomeno non sempre reversibile (Fig. 1, tratto da C in poi). Continuando l'allungamento si porta il materiale alla rottura.

L'applicazione in oggetto richiede tuttavia stiramenti piuttosto modesti. Ai fini della caratterizzazione, quindi, gli intervalli interessati da un comportamento plastico e quello prossimo alla rottura non saranno considerati. La curva ottenuta dal ciclo di scarica, sebbene qualitativamente simile a quella di carica, avrà valori inferiori. Questa *isteresi*, indicativa di una perdita di energia, è dovuta principalmente al fenomeno interno di rilassamento delle catene polimeriche ed è fortemente dipendente dall'entità dell'allungamento e dal tempo in cui il campione permane in uno stato di estensione.

L'area sottesa da ciascuna curva rappresenta l'energia che l'elastomero, nel caso del ciclo di carico, immagazzina, e nel caso del ciclo di scarica, è in grado di restituire:

$$L = \int_0^{l_{max}} F \cdot ds \quad (2)$$

Note entrambe si può ricavare la resilienza della specifica gomma in esame [2]. Invece la modalità con cui il materiale accumula e rilascia energia durante i due cicli è in buona parte dedotto dall'andamento vero e proprio che le curve corrispondenti assumono, delineando così diversi comportamenti e tipologie di gomma [3].

IL SETUP DEL SISTEMA

Il banco elettro-meccanico per la messa in trazione dell'elastico è stato progettato e realizzato ricorrendo a una *vite a sfere di ricircolo* azionata da un motore *passo-passo* (Fig. 2). La

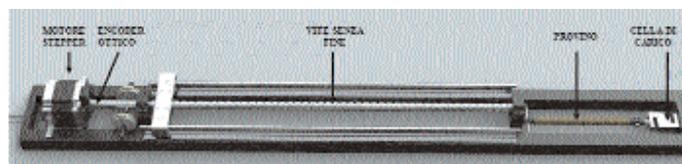


Figura 2 - Modello CAD del sistema realizzato

chiocciola dell'attuatore lineare così costruito risulta solidale a un capo del provino sotto test, consentendo l'allungamento di quest'ultimo. L'altro capo dell'elastico è vincolato a una cella di carico in grado di rilevare la forza di richiamo espressa dal materiale sottoposto ad allungamento [4].

Il motore passo-passo è stato scelto in funzione della coppia necessaria per l'esecuzione della prova e valutata considerando una trazione massima di richiamo pari a 980 N in corrispondenza di uno *step-rate* sufficientemente elevato. Il sensore di forza selezionato presenta un carico massimo di lavoro di 1.960 N e una sensibilità di $(3 \pm 0,003)$ mV/V, in modo da garantire sia la massima linearità nel *range* effettivo di funzionamento, sia un buon rapporto segnale-rumore già a monte dell'elettronica di condizionamento. L'incertezza totale di-

chiarata dal costruttore è pari al 0,03% del fondo scala.

Il sistema è completato da due schede elettroniche; la prima è dedicata al controllo del motore passo-passo, l'altra ha il compito di alimentare, condizionare e acquisire il segnale proveniente dalla cella di carico. Su quest'ultima scheda risiede l'unità di controllo globale dell'intero algoritmo, in grado di tener conto anche dell'entità dell'allungamento per mezzo di un encoder ottico posizionato coassialmente all'asse di rotazione dell'attuatore. Per evitare situazioni di stallo del motore, è stato implementato un controllore numerico PI, progettato sulla base del valore ohmico-induttivo del singolo avvolgimento dichiarato dal costruttore e in funzione del tempo di risposta desiderato.

Oltre a ciò, il controllore è stato dotato di un'efficiente procedura di *anti wind-up*, ossia di controllo della massima sovraelongazione iniziale in risposta a una discontinuità di valore nel *set-point*. La conversione analogico-digitale del segnale proveniente dalla cella di carico è eseguita da un convertitore $\Sigma\Delta$ a 16 bit. In fase di test, e con carico statico applicato al sensore di forza, il *noise-floor* è stato stimato in 2 LSB relazionale a un FSO di circa 1.046 N.

Grazie a un'interfaccia LabVIEW®, è possibile stabilire sia i parametri relativi al provino sia quelli caratterizzanti il ciclo di misura che si

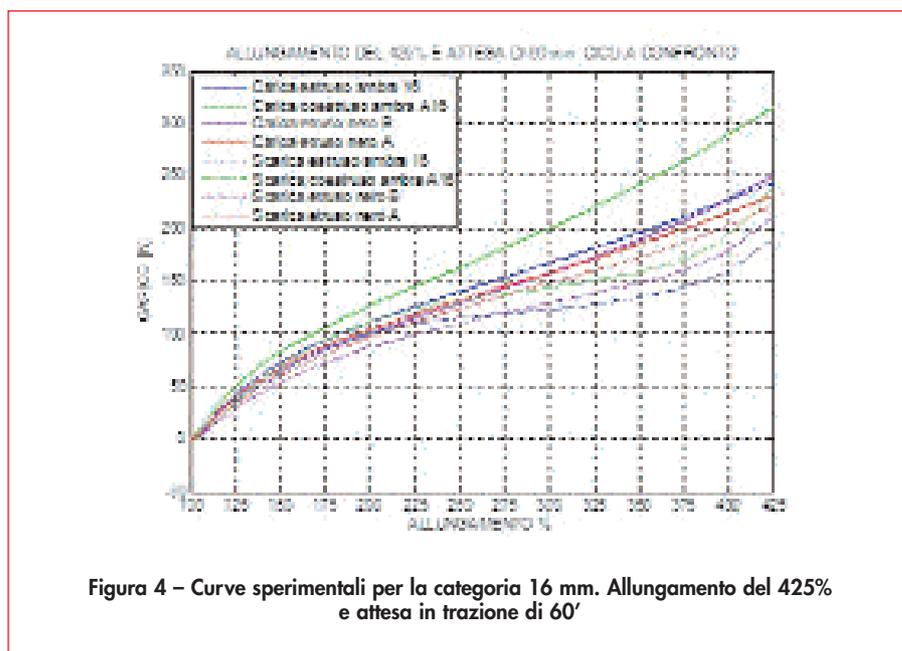


Figura 4 – Curve sperimentali per la categoria 16 mm. Allungamento del 425% e attesa in trazione di 60'

vuole effettuare, come l'elongazione massima voluta e il tempo di permanenza in trazione (Fig. 3).

L'applicativo consente di visualizzare sia il set completo delle misure ottenute sia il singolo ciclo, dalle cui curve sforzo-deformazione individua l'energia accumulata, quella restituita, il valore di resilienza e le perdite. Infine, al termine della procedura i risultati dei test, insieme ai valori dei parametri che hanno caratterizzato il ciclo di misura, possono essere salvati per poter essere utilizzati in successive analisi.

RISULTATI SPERIMENTALI

Al termine del *setup* del banco sono stati preparati una serie di provini di elastico lunghi 0,2 m, di diametri e mescole differenti. I test sono stati eseguiti al variare della sola deformazione applicata e del tempo di attesa in trazione, entrambi secondo valori prestabiliti. Fra un ciclo completo e il successivo i campioni sono stati volutamente lasciati a riposo per un tempo pari a 45', consentendo all'elastico di recuperare le caratteristiche iniziali prima di eseguire un nuovo ciclo di misure. Al termine delle prove i dati ottenuti da elastomeri aventi le stesse sezioni sono stati raggruppati al fine di ottenere curve esprimibili come carico in funzione dell'allungamento percentuale.

Gli andamenti sperimentali durante i cicli di scarica hanno mostrato una discrepanza di valori. Alcune mescole infatti, molto più di altre, hanno manifestato un notevole degradamento della risposta all'aumentare dell'entità dell'allungamento e della permanenza sotto trazione (Fig. 4). Il campione individuato dalla curva verde, pur essendo di materiale con la costante elastica e i "valori di richiamo" più elevati per questa categoria, per allungamenti oltre il 400% ha manifestato un aumento repentino



Figura 3 – Screenshot dell'interfaccia di controllo

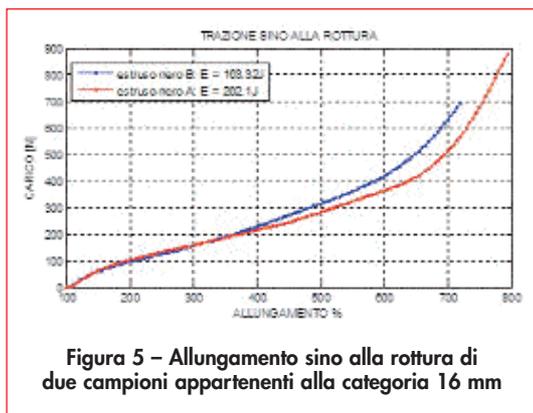


Figura 5 - Allungamento sino alla rottura di due campioni appartenenti alla categoria 16 mm

delle perdite fino a quando, dopo un'attesa di un'ora sotto trazione, la sua risposta è scesa addirittura al di sotto dei valori garantiti da uno degli altri provini, le cui prestazioni erano comunque state sempre modeste. Per due campioni è stato valutato anche il comportamento fino alla rottura (Fig. 5). Inizialmente è stato possibile osservare un'inversione dei valori di carico in corrispondenza di un allungamento prossimo al 325%. All'aumentare dell'allungamento la divergenza si è mantenuta costante finché uno dei due, a partire dal 625% di allungamento, ha iniziato a manifestare una risposta plastica, incrementando il modulo elastico sino alla rottura, la quale è avvenuta in corrispondenza di un allungamento del 725%, assicurando un valore di resistenza misurato di circa 686 N. L'altro provino, invece, ha mantenuto un andamento molto più lineare fino al 650% di allungamento entrando poi nel campo plastico. La rottura è avvenuta in corrispondenza di un'allungamento dell'800% con un valore di resistenza misurato pari a circa 872 N. I valori di resistenza a fatica calcolati sono stati di 163,32 J e 202,10 J, rispettivamente.

CONCLUSIONI

Oggigiorno il mercato dedicato alle attrezzature per la pesca subacquea è diventato sempre più esigente. Per poter rispondere a questa crescente e continua richiesta di prodotti di fascia alta, le aziende del settore sono costret-

te a un costante processo di studio e innovazione dei propri prodotti, ricorrendo sempre più all'ausilio di sistemi e dispositivi tecnologicamente avanzati. In questo ambito, l'analisi del comportamento degli elastici usati sui fucili *arbalete* può essere un elemento di spinta per le aziende italiane, coinvolte in questa lotta senza quartiere. A tale scopo, si è implementato un sistema semplice e a basso costo, che può aiutare i produttori nella rea-

lizzazione o nell'acquisto di manufatti sempre più affidabili e dalle specifiche garantite. Oltretutto, la raccolta sistematica di dati significativi potrebbe consentire l'implementazione di modelli matematici in grado d'individuare la corretta correlazione fra i vari fattori in gioco ai fini di una maggior efficacia ed efficienza dell'attrezzo da pesca.

Questo consentirebbe di evitare errori grossolani nella primissima fase di bilanciamento e prototipazione dell'*arbalete*, evitando i lunghi periodi di test in vasca e limitandoli solo a un *fine tuning* del dispositivo, a tutto vantaggio sia delle aziende che godrebbero di tempi di produzione inferiori, sia dell'utente esperto, che potrebbe essere in grado di allestire in maniera "più consapevole" il proprio fucile subacqueo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. G.T. Viola, F. Bacchelli, A. Fabbri, "Elastomeri", Enciclopedia degli idrocarburi, vol. 2, pp. 789-935.
2. Polymer Science Learning Center, "Mechanical properties of Polymers", 2005, <http://www.pslc.ws/macrog/mech.htm>.
3. G. Dapiran, "Studio dell'*arbalete* - Gli elastici", cap. 7, 2009.
4. G. Cice, "Progettazione e realizzazione di un banco di prova per la caratterizzazione di elastici per la pesca subacquea". Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Elettronica. Politecnico di Bari. A.A. 2012/2013.



Francesco Adamo è Ricercatore Confermato in Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Politecnico di Bari, Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI). I suoi principali interessi di ricerca riguardano la caratterizzazione statica e dinamica dei convertitori A/D, la progettazione e realizzazione di circuiti analogici e mixed-signal per il condizionamento di segnale per sensori di vario tipo. Dedicata notevole attenzione alle più recenti tecnologie di automazione domestica e industriale, con particolare riferimento alla tecnologia dell'Internet of Things, su piattaforme PC/Windows, nonché su dispositivi mobile Android. È membro del GMEE.



Filippo Attivissimo è Professore Associato di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Politecnico di Bari. I suoi principali interessi di ricerca riguardano le tematiche inerenti la teoria della stima e dell'incertezza di misura, la progettazione di sensori per l'ambiente e per l'industria, la visione artificiale, le misure per la medicina e per l'energia. Egli è membro dell'IEEE I&M Society e del GMEE.



Giuseppe Cavone è Ricercatore Confermato di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Politecnico di Bari, Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI). I suoi principali interessi di ricerca riguardano la misura su sistemi elettrici per l'energia, le verifiche sugli impianti elettrici, le misure per la qualità, i sistemi di certificazione. È membro del GMEE.



Gianpaolo Cice si è laureato in Ingegneria Elettronica presso il Politecnico di Bari nel 2013. Collabora con il Gruppo di Misure Elettriche ed Eletttroniche di Bari.

Nicola Giaquinto

Incertezza di misura: teoria coerente o edificio da ricostruire?

Parte 3: Un metodo semplice per il calcolo della propagazione bayesiana e frequentista

GLI
ALTRI
TEMI

MEASUREMENT UNCERTAINTY: A COHERENT THEORY OR A SHAKY CONSTRUCTION? - PART 3

This paper shows how to calculate, with very good approximation, the Bayesian propagation of distributions described in the Supplement 1 of GUM, using the simple device of the Taylor series truncated at the second-order term (rather than the first). The same series, written in an "opposite" way (i.e. applied to the measurement result, rather than to the measurand) allows to calculate the propagation of distributions in a frequentist sense. A practical example shows the effectiveness of the method, as well as, once again, the troubles with the Bayesian propagation of Supplement 1.

RIASSUNTO

In questo articolo si mostra come calcolare con ottima approssimazione la propagazione bayesiana delle distribuzioni, descritta nel Supplemento 1 della GUM, mediante il semplice strumento della serie di Taylor arrestata al secondo termine (invece che al primo). La stessa serie, scritta in modo "opposto" (e cioè applicata alla misura, invece che al misurando) permette di calcolare una propagazione delle distribuzioni in senso frequentista. Un esempio concreto mostra l'efficacia del metodo, nonché, ancora una volta, i problemi della propagazione bayesiana del Supplemento 1.

Nell'articolo precedente [1] di questa serie abbiamo visto che l'approccio bayesiano all'incertezza di misura, pur essendo per certi aspetti molto più naturale ed elegante di quello frequentista, presenta un serio difetto: alle distribuzioni di probabilità di tipo bayesiano non si applicano le leggi di propagazione semplici valide per le "normali" variabili aleatorie (v.a.). Se X è una v.a., e $Y=f(X)$ è una sua funzione, la distribuzione di Y è immediatamente individuata, con ben noti procedimenti analitici o numerici (ad esempio il metodo Monte Carlo), in base a quella di X e alla forma della funzione $f(\cdot)$. Tuttavia, se X è una quantità sconosciuta di cui si è determinata la distribuzione con metodo bayesiano, per determinare correttamente la distribuzione di $Y=f(X)$ occorre ridefinire la *prior distribution*. Nell'articolo precedente si è anche mostrato, almeno in un esempio particolare, che con l'approccio frequentista, pur "brutto" e pieno di difetti, le normali leggi di propagazione fornisc

scono invece risultati coerenti. Nel presente articolo (che riprende idee illustrate dall'autore alla XXXI Giornata della Misurazione [2]) mostriamo come calcolare e soprattutto comprendere, in modo molto semplice e generale, la propagazione "bayesiana" e "frequentista". Per propagazione bayesiana intendiamo quella del Supplemento 1 (S1) [3], che non prevede la (ri)definizione della *prior distribution*. Anche se la teoria bayesiana comporta talvolta l'uso di una matematica alquanto complessa (a cui si è accennato in [1]), l'analisi del problema di propagazione userà solo uno strumento semplice e ben noto, lo sviluppo in serie di Taylor. L'esito dell'analisi tuttavia non è banalissimo ed è anche d'immediato interesse sia teorico che applicativo. Dal punto di vista teorico, il risultato inquadra e generalizza il "paradosso di Stein" [4] discusso nell'articolo precedente, quantificando la misura in cui esso si applica a qualsiasi problema di propagazione. Dal punto di vista appli-

cativo risulta evidente che il S1, e quindi la GUM nel suo complesso, porta inevitabilmente a stime errate, di poco o di molto, in una classe molto ampia di casi, e non solo nell'esempio descritto nel primo articolo di questa serie [5].

PROPAGAZIONE BAYESIANA E FREQUENTISTA

Prima di esaminare il meccanismo della propagazione con i due approcci, dobbiamo definire alcune quantità, come da Tab. 1.

Si noti che il vettore dei valori dei misurandi, X , è sconosciuto, mentre quello dei valori delle misure, \hat{X} , è noto. Di conseguenza l'errore $E=\hat{X}-X$, è sconosciuto. Nell'approccio bayesiano, come sappiamo, X è aleatorio e \hat{X} è deterministico, mentre nell'approccio frequentista è vero il contrario. In entrambi i casi, la differenza $E=\hat{X}-X$, è aleatoria. Si suppone sempre che il valore atteso dell'errore sia zero ($E[E]=0$), che equivale a supporre che i valori misurati siano la miglior stima dei valori sconosciuti ($E[X]=\hat{X}$ in termini bayesiani, $E[\hat{X}]=X$ in termini frequentisti). La covarianza Σ delle quantità aleatorie E si può supporre nota, essendo una proprietà del vettore aleatorio X (caso bayesiano) o \hat{X} (caso frequentista).

Propagazione bayesiana

Se eseguiamo la propagazione in senso bayesiano, dobbiamo calcolare le proprietà della v.a. $Y=f(X)$, e in particolare il suo valore atteso, che dà la miglior stima $\hat{Y}=E(Y)$, e la sua deviazione standard, che dà l'incertez-

Dip. di Ingegneria Elettrica
e dell'Informazione, Politecnico di Bari
giaquinto@measure.poliba.it

Simbolo	Significato	Tipo di dato
$\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)'$	Valori delle grandezze in ingresso	Vettore $N \times 1$
$\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)'$	Valori delle misure in ingresso	Vettore $N \times 1$
$\mathbf{E} = \hat{\mathbf{X}} - \mathbf{X} = (E_1, \dots, E_n)'$	Errori sui valori in ingresso	Vettore $N \times 1$
$\Sigma = E[E E^T] = [\sigma_{ij}]_{i,j=1}^n$	Matrice covarianza degli errori	Matrice $N \times N$
$y = f(\mathbf{X})$	Modello matematico della misurazione	Funzione scalare di argomento vettoriale $N \times 1$
$\mathbf{J}(\mathbf{X}) = \left[\frac{\partial}{\partial X_1} \dots \frac{\partial}{\partial X_n} \right] f(\mathbf{X}) = \left[\frac{\partial f(\mathbf{X})}{\partial X_1} \dots \frac{\partial f(\mathbf{X})}{\partial X_n} \right]$	Matrice jacobiana della funzione f	Funzione vettoriale $1 \times N$ di argomento vettoriale $N \times 1$
$\mathbf{H}(\mathbf{X}) = \left[\frac{\partial^2}{\partial X_i \partial X_j} \right] f(\mathbf{X}) = \left[\frac{\partial^2 f(\mathbf{X})}{\partial X_i \partial X_j} \right]_{i,j=1}^n$	Matrice hessiana della funzione f	Funzione matriciale $N \times N$ di argomento vettoriale $N \times 1$

za standard $u(\hat{Y}) = \text{std}[Y]$. Consideriamo perciò l'espansione in serie di Taylor di $Y=f(X)$ attorno al punto \hat{X} , evidenziando i termini del primo e del secondo ordine:

$$Y = f(\hat{X} - E) = f(\hat{X}) - J(\hat{X})E + \frac{1}{2} E^T H(\hat{X}) E + \dots \quad (1)$$

$J(\hat{X})$ e $H(\hat{X})$ sono il vettore jacobiano e la matrice hessiana valutati nei valori misurati \hat{X} . Dalla (1) è facile calcolare formule approssimate per la stima e per l'incertezza.

Consideriamo prima di tutto la serie troncata al termine di primo ordine $-J(\hat{X})E$. In questo modo, poiché $E[E]=0$, l'espressione della stima e dell'incertezza sono date da:

$$\hat{Y} = E[Y] \cong f(\hat{X}) \quad (2)$$

$$u_B(\hat{Y}) = \text{std}[Y] \cong \sqrt{E[J(\hat{X}) E E^T J^T(\hat{X})]} = \sqrt{J(\hat{X}) E [E E^T] J^T(\hat{X})} = \sqrt{J(\hat{X}) \Sigma J^T(\hat{X})} \quad (3)$$

Queste non sono altro che le formule (1) e (13) nella GUM [6]. La seconda è la ben nota propagazione quadratica delle incertezze standard. La prima indica, invece, che la miglior stima \hat{Y} della grandezza di uscita Y , nell'approssimazione del primo ordine, coincide con il valore della funzione $f(\cdot)$ quando gli argomenti sono le migliori stime \hat{X} delle grandezze d'ingresso (un'affermazione non banale, che la GUM dà per scontata). Queste due formule sono il nucleo del metodo approssimato di valutazione dell'incertezza che nel S1 prende il nome di GUM Uncertainty Framework (GUF). Includendo nell'approssimazione i termini di secondo ordine, le formule

sono ovviamente più accurate, ovvero più vicine ai risultati che si otterrebbero calcolando la propagazione col metodo Monte Carlo descritto nel S1. È estremamente importante notare che la miglior stima di Y non è più $\hat{Y}=f(\hat{X})$, ma:

$$\hat{Y}_B = E[Y] \cong f(\hat{X}) + E \left[\frac{1}{2} E^T H(\hat{X}) E \right] = f(\hat{X}) + \Delta \hat{Y}_B \quad (4)$$

Il termine correttivo bayesiano $\Delta \hat{Y}_B$ è:

$$\Delta \hat{Y}_B = E \left[\frac{1}{2} E^T H(\hat{X}) E \right], \quad (5)$$

ovvero, in termini scalari:

$$\Delta \hat{Y}_B = E \left[\frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{\partial^2 f}{\partial X_i \partial X_j} \bigg|_{\hat{X}} E_i E_j \right] = \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{\partial^2 f}{\partial X_i \partial X_j} \bigg|_{\hat{X}} u(\hat{X}_i) u(\hat{X}_j) \rho_{ij} \quad (6)$$

Naturalmente, $u(\hat{Y}_i)$ sono le incertezze standard delle grandezze in ingresso, e ρ_{ij} sono i coefficienti di correlazione. Anche per il calcolo dell'incertezza è possibile considerare i termini del secondo ordine. Questa correzione è effettivamente presa in considerazione nella GUM (paragrafo 5.1.2), ed è usata in un esempio (numero H.1.2.7). Si deve però notare che tenere conto dei termini del secondo ordine nella valutazione dell'incertezza, e non nella valutazione della miglior stima, come fa la GUM, è quanto meno incoerente, se non addirittura privo di senso. Nella GUM il ruolo dei termini del secondo ordine nel calcolo della stima è in realtà menzionato (nel paragrafo H.2.4: si veda, in particolare, la formula H.10); tuttavia, la correzione non è esplicita-

mente calcolata, e non risulta particolarmente chiara. Nel seguito valuteremo la migliore stima tenendo conto dei termini del secondo ordine. Per l'incertezza sarà invece sufficiente usare la formula del primo ordine.

Propagazione frequentista

Nell'approccio frequentista siamo interessati alle proprietà della v.a. $\hat{Y}=f(\hat{X})$. In particolare, se il valore atteso di questa variabile, $E(\hat{Y})$, coincide col valore del misurando $Y=f(X)$, allora la stima è corretta; in caso contrario, la stima è deviata ed è opportuno introdurre una correzione, tale appunto da rendere il valore atteso coincidente col valore del misurando. Avendo in mente questo punto, consideriamo l'espansione in serie di Taylor di $f(\hat{X})$:

$$\hat{Y} = f(\hat{X}) = f(X + E) = f(X) + J(X)E + \frac{1}{2} E^T H(X) E + \dots \quad (7)$$

Se noti che il vettore jacobiano e la matrice hessiana sono ora calcolate nelle quantità sconosciute X . Perciò essi ora non possono essere rigorosamente "valutati", ma solo "stimati", per esempio approssimandoli con le quantità $J(\hat{X})$ e $H(\hat{X})$. Poiché queste quantità compaiono nell'espressione dell'incertezza notiamo che l'approccio frequentista porta inevitabilmente a un'"incertezza sull'incertezza": un'inconveniente che non esiste nell'approccio bayesiano. Il valore atteso della (7) è formalmente identico al (4), sostituendo al vettore \hat{X} il vettore X :

$$E[\hat{Y}] \cong f(X) + E \left[\frac{1}{2} E^T H(X) E \right] \quad (8)$$

Questa equazione, però, implica una correzione opposta rispetto alla (4). Infatti, essa ci dice che la quantità $\hat{Y}=f(\hat{X})$ è una stima distorta del "valore vero" $Y=f(X)$. In altre parole, la (8) quantifica la deviazione della stima GUF $\hat{Y}=f(\hat{X})$. La stima corretta è:

$$\hat{Y}_F \cong f(\hat{X}) - E \left[\frac{1}{2} E^T H(X) E \right] = f(\hat{X}) + \Delta \hat{Y}_F \quad (9)$$

Il termine correttivo è perciò:

$$\Delta \hat{Y}_F \cong -E \left[\frac{1}{2} E^T H(X) E \right], \quad (10)$$

vale a dire, uguale e opposto rispetto

a quello che si ha con la propagazione bayesiana. Per l'incertezza, la valutazione frequentista è formalmente identica a quella ottenuta con la propagazione bayesiana. Al primo ordine, essa è:

$$u_F(\hat{Y}) = \text{std}[Y] \cong \sqrt{J(X)\Sigma J^T(X)} \quad (11)$$

che è identica alla (3), sostituendo X con \hat{X} . La differenza importante, è che $J(X)$ è ora una quantità incerta e che va stimata; lo stesso può dirsi dell'incertezza $u_F(\hat{Y})$.

ESEMPI APPLICATIVI

Media quadratica

Riprendiamo l'esempio fatto in [5], sezione 3. Si deve stimare la quantità sconosciuta $Y = \sum_{i=1}^N X_i^2 / N$, funzione (media quadratica) di $N=2.500$ valori sconosciuti X_i . Sono note le stime \hat{X}_i , ottenute dalla quantizzazione di X_i con passo $Q=1$, per cui risulta $\hat{Y}_{GUF} = \sum_{i=1}^N \hat{X}_i^2 / N = 2,0916$. Qual è la miglior stima di Y , e qual è la sua incertezza? Trattandosi di una simulazione, conosciamo il valore vero di Y , pari a 2,0011.

In [5] il problema è stato risolto innanzitutto con l'applicazione del metodo Monte Carlo del S1, attraverso il software NPLUnc: si è ottenuto $\hat{Y}_{S1} = 2,17498$ e $u(\hat{Y}_{S1}) = 0,01677$, un risultato chiaramente errato.

Poi, facendo uso della teoria della quantizzazione (TQ), si è derivata la stima $\hat{Y}_{TQ} = \hat{Y}_{GUF} - Q^2 / 12 = 2,0083$, e l'incertezza

$$u(\hat{Y}_{TQ}) = Q \sqrt{\hat{Y}_{GUF}} / \sqrt{3N} = 0,0167 \quad (\text{so-$$

stanzialmente uguale a quella ricavata col metodo Monte Carlo). Il risultato della teoria della quantizzazione è palesemente corretto, sia per le sue basi teoriche che per l'evidenza numerica.

Risolviamo ora il problema con la teoria illustrata nella sezione precedente. Vettore jacobiano e matrice hessiana della funzione $f(\cdot)$ sono:

$$J(X) = \frac{2}{N} X^T, \quad H(X) = \frac{2}{N} I_N \quad (12)$$

dove I_N è la matrice identità $N \times N$. Poiché le derivate di ordine superiore al secondo sono nulle, le formule ottenute troncando la serie di Taylor al secondo ordine sono in questo caso esatte. Il termine correttivo da applicare alla stima GUF, in base alle equazioni (5) e (10), è:

$$\Delta \hat{Y}_{B/F} = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{N} \sum_i u^2(\hat{X}_i) = \pm \frac{Q^2}{12} \quad (13)$$

Otteniamo quindi gli stessi risultati che avevamo ottenuto con la simulazione Monte Carlo, e con l'applicazione di noti risultati della teoria della quantizzazione. Con la propagazione frequentista otteniamo il risultato corretto della teoria della quantizzazione: con la propagazione bayesiana del S1 ne otteniamo uno errato.

Media armonica

Per mostrare la generalità del metodo e dei problemi della propagazione bayesiana, consideriamo un altro esempio. Si deve stimare la quantità sconosciuta

$$Y = f(X) = \left(\prod_{i=1}^N X_i \right)^{1/N}, \quad \text{funzione (media}$$

armonica) di $N=2.500$ valori sconosciuti X_i . Sono note le stime \hat{X}_i , rappresentate in Fig. 1. Si sa che le stime sono affette da errori incorrelati a media nulla e a distribuzione uniforme in $[-Q/2, Q/2]$, con $Q=1$. Risulta $\hat{Y}_{GUF} = f(\hat{X}) \cong 0,9479$. Qual è la migliore stima di Y , e qual è la sua incertezza?

Innanzitutto forniamo le istruzioni Matlab necessarie per riprodurre i risultati riportati. Nel file NPLUnc_101_source.m andranno ricopiate le righe seguenti (si veda [5] per maggiori dettagli):

```
rng('default'); rng(1); % reset del
generatore di numeri casuali
N = 2.500; % numero di misure
X = 1+randn(N,1)*0.1; % valori "sconosciuti"
Xhat = X+rand(N,1)-0.5; % valori
misurati
```

Il software NPLUnc fornisce il risultato illustrato in Fig. 2. Secondo il software, la stima corretta è $\hat{Y} \cong 0,8789$, con

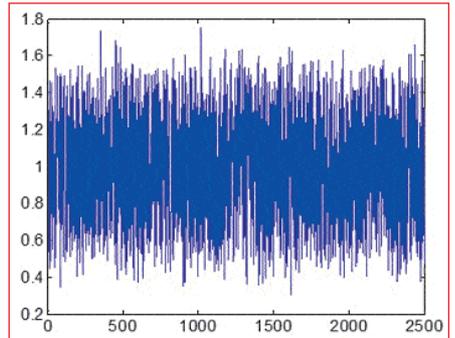


Figura 1 – Grafico delle misure in ingresso (valori di \hat{X}) nel problema della stima di una media geometrica. La media geometrica delle misure, affette da errori a distribuzione uniforme in $[-0,5, 0,5]$, è pari a circa 0,9479

un'incertezza standard $u(\hat{Y}) \cong 0,0074$. Ovviamente, questa risposta è incompatibile con la stima GUF pari a 0,9479, e la Fig. 2 evidenzia questa incompatibilità. Si noti che, contrariamente all'esempio precedente, la propagazione bayesiana corregge la stima GUF diminuendola, e non aumentandola. La propagazione frequentista, di conseguenza, la aumenterà. Come alternativa al metodo Monte Carlo di NPLUnc usiamo le formule derivate con la serie di Taylor. Il vettore jacobiano è $J(X) = Y / (N \cdot X_i)$, $i=1, \dots, N$, la matrice hessiana è:

$$H(X) = [H_{ij}] = \begin{cases} \frac{1-N}{N^2} \frac{Y}{X_i^2} & \text{per } i = j \\ \frac{1}{N^2} \frac{Y}{X_i X_j} & \text{per } i \neq j \end{cases} \quad (14)$$

Di conseguenza, considerando che i coefficienti di correlazione sono nulli, il termine correttivo dato da (5) e (10) è:

$$\Delta \hat{Y}_{B/F} = \pm E \left[\frac{1}{2} E^T H(X) E \right] \cong \pm \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{\hat{Y}} \frac{N-1}{N^2} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\hat{X}_i^2} \cong \pm 0,0586 \quad (15)$$

dove $\sigma = Q^2 / 12 = 0,0833$ è la varian-

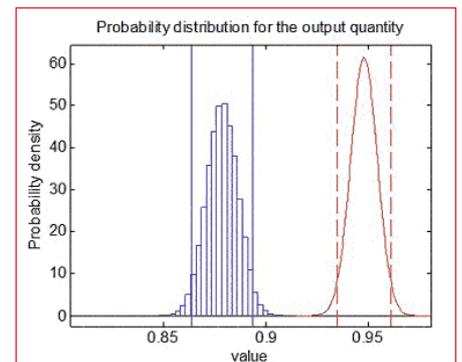


Figura 2 – Risultato della propagazione Monte Carlo con NPLUnc nel problema di media geometrica. Secondo NPLUnc, la stima corretta è pari a 0,8789 con un'incertezza pari a 0,0074 (istogramma in blu). Questi valori sono incompatibili con la stima GUF 0,9479, a cui il modello GUF attribuisce l'incertezza 0,0065 (linea rossa)

za degli errori, e si è usato il dato $\sum 1/\hat{X}_i^2 \cong 3535,6$, che proviene dai valori delle misure. La correzione porta a una stima bayesiana pari a $\hat{Y}_B \cong 0,8892$, e a una stima frequentista pari a $\hat{Y}_F = 1,0065$. Notiamo che la stima bayesiana ottenuta, $0,8892$, approssima bene il valore $0,8789$ fornito dal metodo Monte Carlo del S1. La stima frequentista, $1,0065$, è invece assai vicina al valore vero di Y , esattamente noto perché siamo in una simulazione: calcolando l'effettiva media geometrica del vettore X nel codice Matlab, si ha il risultato $Y=0,9957$. L'incertezza, calcolata usando lo jacobiano, è pari a $0,0065$ (coincide con la stima GUF). La vicinanza al valore vero della stima con propagazione frequentista è compatibile con l'incertezza, contrariamente a quanto accade con la propagazione bayesiana.

CONSIDERAZIONI

L'esempio della media geometrica mette in luce una serie di fatti, che vale la pena sottolineare. Prima di tutto, mentre nell'esempio della media quadratica era in qualche modo "intuitivo" che alla stima GUF occorresse sottrarre, e non aggiungere, la quantità $Q^2/12$ (la potenza del rumore di quantizzazione), nell'esempio della media geometrica non è affatto intuitivo né il valore, né il segno della correzione da apportare. È un esempio in cui è molto difficile rendersi conto dell'erroneità del risultato di S1 mediante considerazioni di tipo "fisico" o "intuitivo".

In secondo luogo, è bene avvisare che l'esempio è stato costruito con un numero elevato di grandezze d'ingresso ($N=2.500$) solo per rendere particolarmente evidente la divergenza tra gli approcci bayesiano e frequentista. È facile, però, costruire esempi anche con sole due grandezze d'ingresso, in cui la differenza rimane comunque significativa, e tale da comportare errori di stima non trascurabili.

La terza cosa da sottolineare è, ancora una volta, che non è errato l'approccio bayesiano, ma la sua implementazione semplificata descritta nel S1. È tuttavia parere dell'autore che il problema evi-

denziato renda l'approccio bayesiano chiaramente *non adatto* a fare da teoria portante in una guida alla *propagazione* dell'incertezza di misura. Di tutti i problemi di statistica che si possono affrontare con approccio bayesiano, quello della propagazione dell'incertezza è probabilmente *il peggioro di tutti*.

Infine, va rimarcato che non è vero che la propagazione bayesiana qui descritta sia *sempre* scorretta, e quella frequentista *sempre* corretta. Si possono costruire esempi in cui è vero l'opposto. La propagazione bayesiana risulta corretta nel raro caso in cui gli errori sono *in correlati con i valori misurati \hat{X}* , invece che con i valori da misurare X . Sviluppare questi esempi e spiegarne la teoria richiederebbe troppo spazio: tuttavia, si avverte il lettore che la loro esistenza non rende più affidabile la teoria bayesiana nei problemi di propagazione dell'incertezza. Essa indica, piuttosto, che i problemi di propagazione vanno trattati con un approccio più flessibile, in cui *tutte* le grandezze in gioco vanno riguardate come variabili aleatorie: valori sconosciuti, valori misurati, e loro differenze (errori di misura).

CONCLUSIONI

Si è mostrato come all'approccio bayesiano del S1 corrisponda un certo modo di scrivere la serie di Taylor del modello della misurazione, e all'approccio frequentista ne corrisponda uno in un certo senso opposto. La serie di Taylor arrestata al secondo termine, invece che al primo, costituisce uno strumento potente, che permette di risolvere problemi di propagazione molto generali, e di comprendere la differenza logica dei due approcci. Bayesiani o frequentisti, la serie permette di calcolare analiticamente e con ottima approssimazione ciò che darebbe un metodo numerico di tipo Monte Carlo. Si è mostrato nuovamente che l'approccio del S1 porta a un risultato completamente errato, mentre con l'approccio frequentista si ottiene un risultato corretto; ma si potrebbero anche fornire esempi in cui avviene il contrario. Lo studio dell'incertezza di misura e

della sua propagazione non si ferma qui. Tuttavia quanto è stato scritto dovrebbe rendere sufficientemente chiari i problemi nell'attuale teoria dell'incertezza di misura. Possiamo fare affidamento sulla GUM, ovvero sul GUM Uncertainty Framework? In molti casi, evidentemente, no. Possiamo risolvere i problemi del GUF col S1? Alla luce di quanto esposto, no. Dovremmo allora riscrivere la teoria dell'incertezza su basi frequentiste, invece che bayesane? No. Benché si tratti di basi un po' più sicure, anche questo non eviterebbe di cadere a volte in soluzioni paradossali, e porterebbe con sé una serie di altri problemi.

Infine, possiamo dire di disporre di una teoria coerente dell'incertezza di misura? Lasciamo al lettore la risposta a questa domanda.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] N. Giaquinto, *Tutto_Misure*, vol. XV, n. 4, pp. 271-276, dicembre 2013.
- [2] N. Giaquinto, *Relazioni invitate alla XXXI Giornata della Misurazione*, Roma, 18 giugno 2013. Disponibile su: <http://gme.dti.unimi.it/GdM2013/Relazioni>.
- [3] International Organization for Standardization, *ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl 1:2008* ISO, 2008.
- [4] C. Stein, *Ann. Math. Stat.*, vol. 30, n. 4, pp. 877-880, 1959.
- [5] N. Giaquinto, *Tutto_Misure*, vol. XV, n. 3, pp. 189-194, settembre 2013.
- [6] International Organization for Standardization, *ISO/IEC Guide 98-3:2008* ISO, 2008.



Nicola Giaquinto Professore Associato di Misure Elettriche ed Elettroniche presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione del Politecnico di Bari. I suoi principali interessi di ricerca riguardano l'elaborazione numerica dei segnali per le misure e la sensistica, i modelli matematici per le misure, l'affidabilità e la qualità, e le problematiche teoriche relative alla definizione e alla valutazione dell'incertezza di misura.

MISURE PER LA SMART GRID

P. Ferrari¹, A. Flammini¹, S. Rinaldi¹, D. Della Giustina²

Verso la comunicazione a larga banda per smart grid

Analisi delle prestazioni di un sistema reale

TOWARD BROADBAND COMMUNICATION FOR SMART GRID

The recent introduction of renewable energy sources and energy savings policy has resulted in the development of the so-called Smart Grid, the integration between energy grid and communication networks. This infrastructure is often composed by various technologies, wired and wireless, each offering different benefits. For these reason, a characterization of the outgoing smart grid developed in the city of Brescia has been presented, highlighting its advantages and disadvantages.

RIASSUNTO

La recente introduzione di fonti energetiche rinnovabili e la necessità di minimizzare gli sprechi ha portato allo sviluppo della cosiddetta Smart Grid, l'integrazione tra la rete energetica e le reti di comunicazione. Tale infrastruttura è spesso costituita da varie tecnologie, cablate e wireless, ognuna delle quali offre prestazioni differenti. Per questo è stata effettuata una caratterizzazione della rete realizzata presso la città di Brescia, evidenziandone pregi e difetti.

LE SMART GRID E LE NUOVE SFIDE DELL'ICT

Negli ultimi anni sono sorte nuove esigenze di monitoraggio e automazione del sistema di distribuzione dell'energia elettrica in seguito al sempre maggiore livello di penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili. La tendenza degli operatori di distribuzione dell'energia elettrica è finalizzata al sistema di monitoraggio e controllo distribuito, la cosiddetta Smart Grid, che impone una comunicazione capillare tra le cabine di trasformazione (primaria e secondaria) e il centro di controllo. Alla base di tale soluzione vi è lo standard IEC 61850, un insieme di protocolli (quali i protocolli di sincronizzazione e di comunicazione [1]) definiti per l'automazione delle sottostazioni primarie, ma che può essere esteso all'automazione della rete di distribuzione. La città di Brescia è all'avanguardia nella realizzazione di una rete energetica integrata, come dimostrano importanti progetti pilota, quali il progetto INTEGRIS (7° Programma Quadro Europeo) [2] e il progetto Smart City - Brescia Smart Living, che vedrà coinvolte, tra

gli altri, l'Università degli Studi di Brescia e A2A spa, e recentemente finanziato dal MIUR.

La gestione della rete elettrica moderna richiede un sistema di controllo e protezione distribuito, che può essere realizzato solo attraverso un'infrastruttura di comunicazione che collega tra di loro le sottostazioni di trasformazione. Tuttavia, l'installazione di un'infrastruttura di comunicazione dedicata non è fattibile dal punto di vista economico, a causa delle dimensioni geografiche. Tipicamente si integrano infrastrutture già esistenti con altre dedicate, formando una rete eterogenea [2]. Un possibile approccio consiste nel collegare un piccolo numero di sottostazioni con fibre ottiche (FO), e quindi estendere la comunicazione utilizzando altre tecnologie che abbiano un costo d'installazione limitato, come Wi-Fi, Power Line Communication (PLC) o Broadband Power Line di media tensione (MT-BPL) [3]. Diversi sono i parametri che devono essere presi in considerazione prima di scegliere la tecnologia adatta, tra cui i più importanti sono:

- Ridotto tempo di latenza;
- Sincronizzazione temporale;

- Disponibilità e affidabilità;
- Larghezza di Banda.

Per quanto riguarda il primo punto, l'automazione delle rete elettrica richiede che le informazioni siano trasferite entro un certo tempo massimo, chiamato tempo di latenza. Si pensi ad esempio alle protezioni elettriche. In alcune applicazioni, oltre alla latenza, è importante anche che sia limitato il jitter di comunicazione, inteso come la massima variazione del ritardo di propagazione dei pacchetti. Le applicazioni di controllo e di monitoraggio con requisiti più stringenti richiedono inoltre che i diversi dispositivi installati sulla rete condividano la stessa base temporale: si pensi ad esempio a un sistema di monitoraggio distribuito. Un'altra caratteristica molto importante è che la rete di comunicazione trasferisca le informazioni senza la perdita di dati, obiettivo che può essere ottenuto attraverso la ridondanza a livello fisico delle connessioni della rete di comunicazione.

RETE DI COMUNICAZIONE A BANDA LARGA PER SMART GRID: L'ESEMPIO DI BRESCIA

La caratterizzazione sperimentale è stata condotta su parte della rete di distribuzione elettrica della città di Brescia. Quest'area è gestita da A2A Reti Elettriche SpA. Durante il progetto INTEGRIS (7° Programma Quadro Europeo) [2], una parte della rete elettrica di distribuzione è stata attrezzata con una rete di comunicazione eterogenea, costituita da un mix di fibra

¹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Brescia
stefano.rinaldi@unibs.it

² A2A Reti Elettriche spa, Brescia

ottica, MT-BPL e Wi-Fi. L'area di prova, rappresentata in Fig. 1, è composta di 13 sottostazioni secondarie MT/BT alimentate da tre linee in media tensione provenienti dalla Cabina Primaria denominata PS0023.

La rete di comunicazione primaria è composta da un anello in fibra ottica che collega tre cabine secondarie e una cabina primaria. La comunicazione è stata estesa ad altre nove cabine secondarie, utilizzando la MT-BPL. Un esempio di sottostazione secondaria coinvolta dalla sperimentazione in Fig. 2.a. Ogni modem MT-BPL è stato connesso alla rete elettrica attraverso un accoppiatore in media tensione (Fig. 2.b). Durante la sperimentazione sono state considerate sotto-reti (chiamate anche celle) operanti in banda a bassa frequenza (2-7 MHz) e ad alta frequenza (8-18 MHz). Un'ulteriore sottostazione è collegata alla cabina primaria tramite un collegamento Wi-Fi e MT-BPL. I dati provenienti dal campo possono essere trasferiti al centro di controllo dell'azienda di distribuzione utilizzando l'anello in fibra ottica esistente che collega tutte le cabine primarie della città.

LA CARATTERIZZAZIONE DELLA COMUNICAZIONE IN UNA SMART GRID

La latenza di comunicazione in reti MT-BPL

Una delle tecnologie di comunicazione più promettenti per le Smart Grid è la



Figura 2 – Esempio di sottostazione secondaria coinvolta nella sperimentazione (a) e accoppiatore di media tensione utilizzato per permettere la comunicazione power line (b)

tecnologia di MT-BPL. Tuttavia nella letteratura scientifica la maggior parte dei lavori focalizzano l'attenzione solo sulla caratterizzazione a livello fisico della comunicazione, mentre non ci sono indicazioni sull'analisi della latenza di comunicazione su reti MT-BPL. Il parametro principale che viene utilizzato per la valutazione delle prestazioni di una rete di comunicazione è la latenza, definita come l'intervallo di tempo che intercorre tra la trasmissione di un'informazione e la sua ricezione. Di seguito viene fornita una caratterizzazione sperimentale delle prestazioni di comunicazione, applicate a uno scenario di rete di distribuzione reale.

La caratterizzazione della latenza di comunicazione è avvenuta sfruttando i servizi offerti dal protocollo ICMP, che ha permesso d'identificare il ritardo di comunicazione, a livello applicativo, introdotto da ogni singola tratta. I test sono stati eseguiti sia su singoli link che su tratte multihop della rete MT-BPL di Fig. 1. Le distribuzioni dei ritardi di comunicazione ottenute nella cella MT-BPL ad alta frequenza (cella 8-18 MHz), sono riportate in Fig. 3. In particolare, si noti come il ritardo di comunicazione aumenta all'aumentare del numero di hop intermedi tra il nodo sorgente e quello di destinazione, come si può notare anche dalla Tab. 1. L'analisi ha dimostrato chiaramente che, nel 95% delle prove effettuate, il tempo di andata e ritorno a livello applicativo di un pacchetto è inferiore ai 120 ms [3], anche quando sono considerate tratte con 4 hop. Tale risultato consente di affermare, in via preliminare, che è possibile gestire l'automazione della rete di distribuzione anche utilizzando la rete MT-BPL.

Valutazione della sincronizzazione temporale

Le applicazioni di monitoraggio e controllo della Smart Grid richiedono la sincronizzazione temporale dei

diversi attori che compongono il sistema. La norma IEC 61850 definisce diverse classi di accuratezza, principalmente definite per le

sottostazioni primarie [4]: da centinaia di millisecondi, come richiesto in applicazioni di monitoraggio SCADA, a pochi microsecondi, come richiesto dalle applicazioni di misura distribuite. Come ben noto in letteratura, il protocollo Network Time Protocol (NTP) è in grado di distribuire il riferimento temporale con un'accuratezza dell'ordine di centinaia di microsecondi in una rete locale. Una sincronizzazione temporale più esatta richiede un attento impiego della rete e l'uso di un protocollo dedicato, come lo IEEE 1588.

Quando l'infrastruttura si basa su diverse tecnologie, ogni segmento fornisce prestazioni diverse. Per esempio, il jitter di un collegamento FO è molto inferiore ai collegamenti wireless o MT-BPL. Un'accurata sincronizzazione temporale in un'infrastruttura eterogenea richiede un'attenta analisi. L'infrastruttura di riferimento, caratterizzata nella sezione precedente (Fig. 1), è stata quindi utilizzata per validare le capacità di distribuire l'informazione temporale [5].

I risultati ottenuti indicano che le diverse tecnologie di comunicazione influenzano la prestazione di sincronizzazione in modi diversi. Il collegamento in fibra ottica fornisce le migliori prestazioni di sincronizzazione: tali link forniscono un jitter di sincronizzazione dell'ordine di pochi millisecondi. Si veda, ad esempio, la distribuzione dell'offset temporale di due client NTP installati nelle sottostazioni PS0023 e SS1341 di Fig. 4. Al contrario, la connessione MT-BPL influenza profondamente la prestazione di sincronizzazione a causa delle caratteristiche intrinseche di questa tecnologia: attraverso di essi si può ottenere un jitter di sincronizzazione dell'ordine di 20 ms su un link di tre hop MT-BPL (SS0827), con un'analisi effettuata per 2 giorni consecutivi (Fig. 4). I risultati confermano che questa architettura è adatta per quelle applicazio-

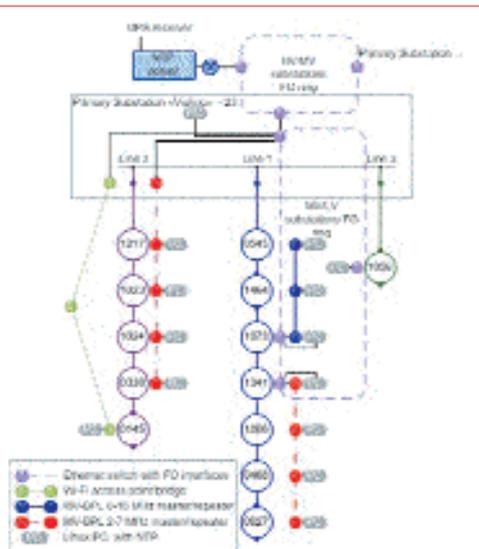


Figura 1 – L'infrastruttura di comunicazione considerata durante i test

Tabella 1 – Il tempo di andata e ritorno misurato sui diversi segmenti della rete MT-BPL (2.600 campioni, pacchetti di 64 byte)

Dir.	Media (ms)	Dev. Std. (ms)	95 per. (ms)	Jitter (ms)
1341->1006	8	3	13	27
1341->0468	14	3	19	23
1341->0867	15	3	20	57
1006->0468	8	3	13	20
0468->0867	8	3	13	39

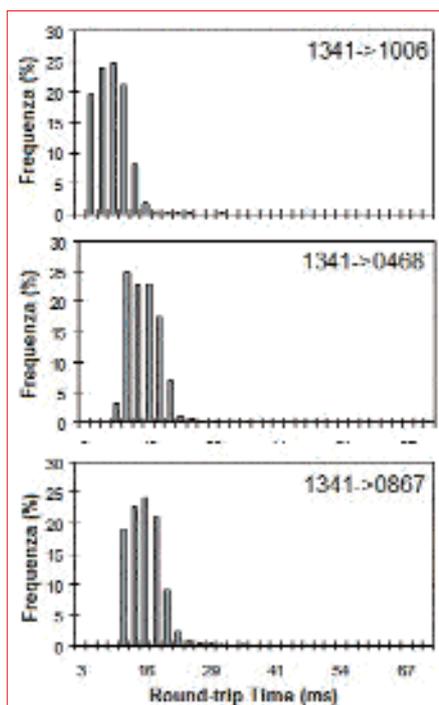


Figura 3 – Il tempo di andata e ritorno misurato utilizzando i messaggi ICMP (64 byte) in diversi segmenti della rete MT-BPL

ni che richiedono un'accuratezza di sincronizzazione nell'ordine di poche decine di millisecondi.

PROSPETTIVE PER L'AUTOMAZIONE DELLA RETE ELETTRICA

L'infrastruttura di comunicazione necessaria per l'automazione della rete di distribuzione elettrica deve essere costituita da tecnologie etero-

genee, tra cui la MT-BPL riveste un ruolo primario. Parte della rete di distribuzione della città di Brescia, gestita da A2A reti elettriche, è stata connessa attraverso una rete di comunicazione eterogenea, tra cui spicca la MT-BPL. Tale infrastruttura è stata oggetto di una valutazione sperimentale della latenza di servizio: il 95% delle richieste di servizio su MT-BPL vengono trasmesse sulla rete con un tempo di andata e ritorno inferiore a 120 ms, sufficiente per garantire l'automazione dei sistemi più semplici. Inoltre, attraverso il protocollo NTP, è possibile distribuire l'informazione temporale, sulla stessa infrastruttura, con un'incertezza di sincronizzazione che può variare da 1 ms a 20 ms, a seconda della tecnologia adottata per la realizzazione del segmento di rete (ad esempio FO, BPL e Wi-Fi).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. C.M. De Dominicis, P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, M. Quarantelli, "On the Use of IEEE 1588 in Existing IEC 61850-Based SASs: Current Behavior and Future Challenges", IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, Sept., 2011, Vol. 60, N. 9, pp. 3070-3081.
2. S. Repo, D. Della Giustina, G. Ravera, L. Cremaschini, S. Zanini, J. M. Selga and P. Järventausta, "Use Case Analysis of Real Time Low Voltage Network Management", in Proc. of IEEE ISGT-EU, UK, Dec. 5-7 2011, pp. 1-8.
3. D. Della Giustina, P. Ferrari, A.

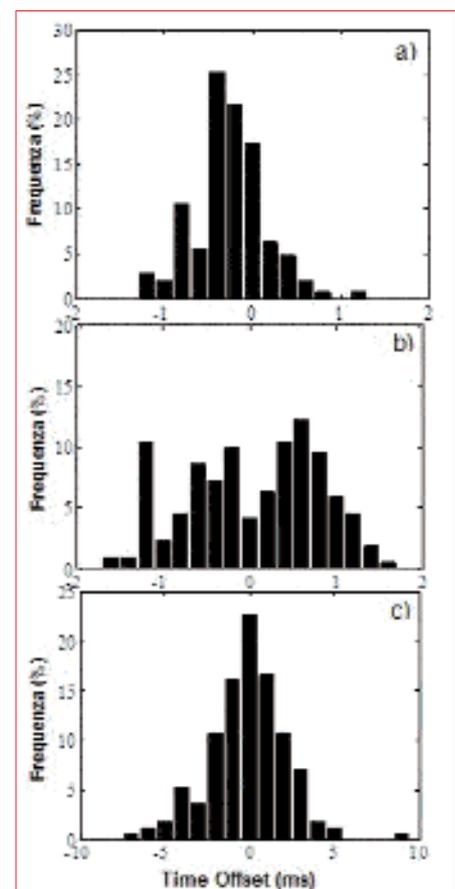


Figura 4 – La distribuzione dell'offset temporale del client NTP installato in diverse sottostazioni

Flammini, S. Rinaldi, E. Sisinni, "Automation of Distribution Grids With IEC 61850: A First Approach Using Broadband Power Line Communication", IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, Sept., 2013, Vol. 62, N. 9, pp. 2372-2383.

4. P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, many, Sept. 28-30, 2011, pp. 112-117. Characterization of Time Synchronization over a Heterogeneous Network for Smart Grids", In Proc. of IEEE AMPS, Germany, Sept. 25-27, 2013.
5. D. Della Giustina, P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi, "Experimental



Paolo Ferrari ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso l'Università degli Studi di Brescia nel 2003. Attualmente è Ricercatore di Misure presso l'Università degli studi di Brescia. Le sue attività di ricerca riguardano l'elaborazione dei segnali per i sistemi di misura *embedded*, *smart sensor*, le reti di sensori, le reti di comunicazione industriale e per applicazioni di *Smart Grid*.



Stefano Rinaldi ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso l'Università degli Studi di Brescia nel 2010. Attualmente è titolare di Assegno di Ricerca presso l'Università di Brescia. Le sue attività di ricerca riguardano le reti di comunicazione industriali e per l'automazione elettrica, le reti di sensori, i metodi di sincronizzazione temporale, i protocolli di ridondanza, le *Smart Grid* e l'*Home Automation*.



Alessandra Flammini è responsabile scientifico di numerosi progetti di ricerca scientifica finanziati dal MIUR. Attualmente è Professore Associato presso l'Università degli studi di Brescia. Le sue attività di ricerca includono la strumentazione elettronica, l'elaborazione di segnali digitali provenienti da sensori, *smart sensor*, le reti di sensori *wireless* e cablate, con particolare attenzione alle tecniche di sincronizzazione.



Davide Della Giustina ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso l'Università degli Studi di Milano nel 2010, occupandosi di elettronica di potenza ed elaborazione digitale dei segnali. Attualmente svolge il ruolo di *project manager* presso A2A Reti Elettriche per i progetti riguardanti le *Smart Grid*.



Lonos Test

Lonos Test Srl: Passione e Competenza nel settore delle macchine prove materiali da oltre 30 anni

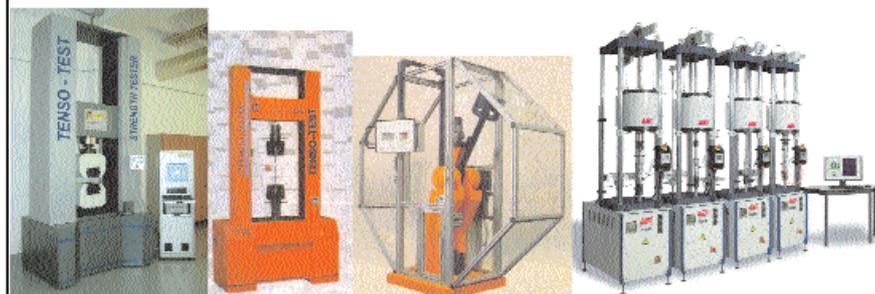
Da noi potete trovare qualità, affidabilità, professionalità per soddisfare ogni vostra esigenza di prove materiali a prezzi estremamente competitivi!

- Range completo di Macchine Universali di prova da 2 kN a 1000 kN
- Stativi manuali e motorizzati
- Pendoli Charpy 300-450 J e completa accessoristica per prove di resilienza (Brocciatrici, Brocche, Attrezzatura per prove di resilienza a bassa temperatura)
- Macchine di Creep, Macchine Prova Jominy, Macchine per Prove di Piega, Torsiometri, Macchine per rilievo indice di aderenza, Durometri per prove Rockwell, Vickers, Brinell

- E altro ancora...
Contattateci per saperne di più!

Lonos Test Srl
Via Mentana 17, 20900 Monza (MB)

www.lonostest.com
info@lonostest.com



MISURE PER L'ENERGIA

L. Angrisani¹, F. Bonavolontà¹, G. Ianniello¹, A. Liccardo²,
R. Schiano Lo Moriello¹, A. Tedesco²

Energy Harvesting in ambito tramviario

Dispositivo basato su generatori piezoelettrici per il recupero dell'energia dissipata durante il moto di tram

ENERGY HARVESTING IN URBAN RAILWAY TRANSPORT

Activities performed within the "PiezoRail" project are briefly described. Funded by MATTM, the project arose from the need of energy harvesting from railway transport systems in urban areas. Thanks to an industrial/academic partnership, enlisting the companies Ansaldo STS and Pantecnica as well as the University of Naples Federico II, a piezoelectric generator-based device has been developed, capable of converting the energy produced by the pressure exerted by the tram in motion in electrical energy.

RIASSUNTO

Viene presentata una sintesi dell'attività svolta nell'ambito del progetto triennale "PiezoRail", finanziato dal MATTM e nato dall'esigenza di soluzioni di recupero di energia da sistemi di trasporto su rotaia in ambito urbano. Grazie alla partnership industriale/accademica formata da Ansaldo STS, Pantecnica e Federico II, è stato sviluppato un dispositivo, basato su generatori piezoelettrici, in grado di convertire l'energia prodotta dalla pressione esercitata dal tram in movimento in energia elettrica.

INTRODUZIONE

Il progetto **PiezoRail** trova collocazione nel più ampio scenario concernente la domanda, ormai in continua crescita, di sistemi pubblici di trasporto e di tramvie contraddistinti da elevate prestazioni e ridotto impatto sull'ambiente urbano, specie nei centri a elevato pregio architettonico. Finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e sviluppato dalla società Ansaldo STS, capofila, in collaborazione con la società *Pantecnica* e con i gruppi di "Misura" e di "Progettazione Industriale" dell'Università di Napoli Federico II, ha voluto fornire una possibile risposta a tale domanda, puntando all'efficienza energetica di un sistema di trasporto urbano su rotaia e alla conseguente benefica ricaduta ambientale.

Il progetto, nello specifico, è nato dalla sfidante idea di allocare sotto rotaia generatori piezoelettrici, che hanno ricevuto e ricevono molta attenzione nell'ambito delle tecniche di *energy harvesting* a partire da fenom

eni vibratorii [1], al fine di produrre energia elettrica sfruttando il gradiente di pressione generato dalle sollecitazioni a cui la rotaia è sottoposta durante il passaggio dei veicoli tramviari [2-3].

Grazie allo studio teorico di tutti gli aspetti meccanici, elettronici e strutturali coinvolti e a una adeguata sperimentazione in un sito dimostratore, è stato sviluppato un sistema di conversione dell'energia meccanica in elettrica, costituito da moduli di generatori piezoelettrici e circuiti di accumulo dell'energia prodotta. La sperimentazione ha consentito di effettuare la caratterizzazione elettrica e meccanica, la valutazione dell'efficienza energetica, la verifica della robustezza alle sollecitazioni, dell'affidabilità/manutenibilità nel tempo e della compatibilità normativa.

SISTEMA DI ENERGY HARVESTING

Il cuore del sistema di conversione dell'energia è costituito da un modu-

lo di generatori piezoelettrici posto al di sotto della rotaia. Ciascun asse del veicolo tramviario, nel passaggio sul tratto di binario equipaggiato con il modulo, esercita una pressione che si trasferisce dalla rotaia al modulo di generazione. I generatori piezoelettrici si comprimono e decomprimono in corrispondenza del passaggio degli assi del veicolo tramviario sul modulo, generando così potenza elettrica mediante la conversione dell'energia meccanica dovuta alla deformazione.

Il singolo modulo di generazione è costituito da dieci provini di materiale piezoelettrico, disposti in coppie su due file lungo la direzione longitudinale dell'asse della rotaia. Questa configurazione geometrica, unitamente a un'opportuna scelta dei materiali da interporre tra base della rotaia e suolo, garantisce la massima sollecitazione per tutti i generatori, consentendo di massimizzare la conversione di energia meccanica in elettrica. Gli elementi piezoelettrici sono muniti di calotta sferica nella parte superiore e di piastre di ripartizione in acciaio nella parte inferiore. Il modulo è stato inserito in un innovativo armamento ferrotramviario antivibrante CSFL-ERS (Continuously Supported FastenerLess Embedded Rail System) realizzato dalla società CDM, capace d'isolare un binario in modo continuo, con elasticità omogenea, senza organi di fissaggio meccanico, garantendo il

¹ Dip. di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione, Università di Napoli Federico II
angrisan@unina.it

² Innovation&Competitiveness - Ansaldo STS, Napoli
annarita.tedesco@ansaldo-sts.com



Figura 1 – Circuito di accumulo del sistema di conversione



Figura 2 – Simulacro di *embedded rail system* equipaggiato con un modulo di generazione piezoelettrica e circuito di accumulo

pieno rispetto dei requisiti di compattezza e rigidità strutturale del blocco sottorotaia.

Per immagazzinare l'energia elettrica prodotta in seguito alla deformazione in un accumulatore (batteria e/o supercondensatore) e poterla riutilizzare quando richiesto, è necessario un circuito che provveda a eseguire la conversione AC/DC dell'energia elettrica. Poiché in ogni istante ciascuna coppia del modulo è sollecitata in maniera differente, i segnali di uscita saranno tra loro disallineati temporalmente. Quindi, il circuito di accumulo presenta cinque ingressi, ciascuno equipaggiato con un ponte raddrizzatore e un primo condensatore di *storage*, che provvede a raddrizzare e immagazzinare separatamente l'energia proveniente da ciascuna delle cinque coppie di generatori presenti nel modulo (Fig. 1).

È stato anche posizionato un diodo di blocco per evitare il ricircolo di corrente e la conseguente redistribuzione di carica elettrica sui condensatori. I cinque rami che effettuano la conversione AC/DC confluiscono in un condensatore di *storage* di capacità elevata, in grado d'immagazzinare tutta

l'energia proveniente dalle singole coppie.

Tale condensatore è posto in ingresso a un convertitore *buck* DC/DC ad alta efficienza, ottimizzato per sorgenti di energia ad alta impedenza di uscita, come i generatori piezoelettrici, e con caratteristiche specifiche per *energy harvesting*, che riversa la carica in ingresso in un condensatore finale di accumulo.

PROVE DI LABORATORIO SUL SISTEMA DI ENERGY HARVESTING

Al fine di verificare e ottimizzare la funzionalità del sistema proposto sono state eseguite numerose simulazioni numeriche e prove sperimentali di laboratorio, dapprima su singoli provini di materiale piezoelettrico, e successivamente su un simulacro di *embedded rail system* (un pezzo di rotaia della lunghezza di 1 m, immerso nel predetto armamento CSFL-ERS ed equipaggiato con un modulo di generazione – Fig. 2).

Il passaggio del veicolo tramviario sul tratto di rotaia è stato riprodotto in laboratorio mediante una pressa

idraulica a controllo numerico, la quale, esercitando una pressione periodica di ampiezza e frequenza variabile, simulava diverse condizioni di carico e velocità di transito del tram. I diversi segnali in uscita dal modulo di generazione e dal circuito di accumulo sono stati acquisiti attraverso una stazione automatica di misura sviluppata in ambiente LabVIEW®.

I risultati ottenuti sono stati molto confortanti, dimostrando la piena funzionalità del sistema di *energy harvesting* sviluppato, con valori di potenza recuperata nell'ordine di alcune centinaia di milliwatt per modulo.

IN LABORATORIO FUNZIONA TUTTO, MA NELLA REALTÀ?

I risultati promettenti ottenuti in laboratorio hanno incoraggiato la realizzazione di un sito dimostratore presso la sede napoletana di Ansaldo STS. All'uopo, è stata equipaggiata con 6 moduli generatori una sezione di lunghezza 2 m di un binario sperimentale della lunghezza complessiva di 36 m (Fig. 3).

Per emulare il passaggio del veicolo



Figura 3 – Sito dimostratore presso la sede napoletana di Ansaldo STS

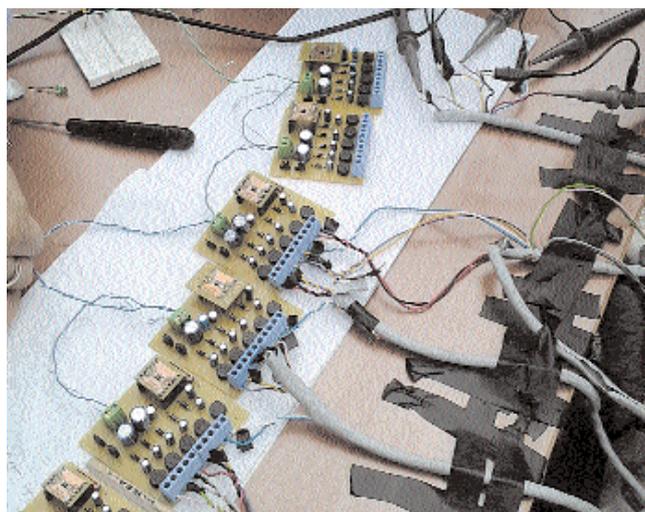


Figura 4 – Circuiti di accumulo disposti sul banco di prova

tramviario sul binario sperimentale, è stato utilizzato un carrello ferroviario di peso noto trainato da un carrello elevatore. Particolare attenzione è stata posta sulla posizione del muletto rispetto al binario sperimentale, per non alterare la pressione esercitata dal solo carrello ferroviario sui generatori piezoelettrici. A tal fine, la sezione di rotaia strumentata è stata posta al centro del tratto sperimentale, in maniera tale da rendere trascurabile la direzione di percorrenza del rotabile di prova.

La realizzazione del sito dimostratore ha permesso di evidenziare e affrontare problematiche e criticità d'installazione e funzionamento del sistema che potrebbero emergere in un'eventuale sperimentazione su una tratta in esercizio. Per ridurre al minimo le perdite nei conduttori di collegamento, la stazione di misura è stata allestita su un banco prossimo alla rotaia di prova. Sullo stesso banco sono stati disposti anche i circuiti di accumulo, collegati in rapporto 1:1 alle uscite dei moduli di generazione (Fig. 4). La Fig. 5.a riporta alcuni esempi di segnali acquisiti su un singolo sistema di conversione; la diversa ampiezza delle due forme d'onda di ogni coppia è da imputare a uno sbilanciamento del carico tra gli assi del carrello, dovuto alla non centralità del suo baricentro. Inoltre, aspetto più specifico del sistema, l'ampiezza dei

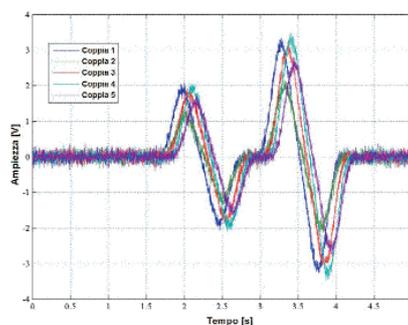
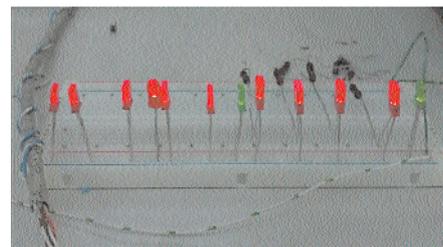


Figura 5 – a) Segnali acquisiti su un singolo sistema di conversione; b) Pannello luminoso alimentato con il sistema di conversione sul sito di prova



segnali varia da coppia a coppia indicando una criticità nella riproducibilità tecnologica dei moduli di generazione, che devono essere assemblati con particolare cura al fine di garantire un'uniforme distribuzione del carico tra le diverse coppie. Oltre che per la verifica della funzionalità del sistema di conversione, il sito dimostratore è servito anche per dare diretta evidenza della sua efficacia e utilità, facendo sì che l'energia immagazzinata nel circuito di accumulo fosse utilizzata per accendere piccoli pannelli realizzati con LED ad alta luminosità.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] S.R. Anton, H.A. Sodano, "A

review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)", *Smart Materials and Structures*, vol. 16, n. 3, 2007, pp. R1-R21.

[2] E. Lefevre, M. Lallart, C. Richard, D. Guyomar, "Piezoelectric material-based energy harvesting devices: advances of SSH optimization techniques (1999-2009)", Cap. 9 in *Piezoelectric Ceramics*, Ottobre 2010, pp. 165-184.

[3] C. Keawboonchuy, T.G. Engel, "Electrical Power Generation Characteristics of Piezoelectric Generator Under Quasi-Static and Dynamic Stress Conditions", *IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 50, n. 10, Ottobre 2003, pp. 1377-1382.



Leopoldo Angrisani è Professore Ordinario presso l'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca è principalmente focalizzata sulla definizione di metodi di misura per applicazioni del "compressive sampling" e tecnologie e metodi per l'alimentazione senza fili di sensori e apparecchiature di misura.



Giacomo Ianniello è Assegnista di Ricerca presso l'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca è focalizzata sulla definizione e implementazione di sistemi *embedded* per *automatic test equipment*.



Rosario Schiano Lo Moriello è Ricercatore presso l'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca è focalizzata sulla definizione di metodi di misura per applicazioni del "compressive sampling" e realizzazione di stazioni automatiche di misura per la caratterizzazione di materiali in fase liquida.



Francesco Bonavolontà è Dottorando di Ricerca presso l'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca è focalizzata sulla definizione di metodi di misura per applicazioni del "compressive sampling".



Annalisa Liccardo è Ricercatrice presso l'Università di Napoli Federico II. La sua attività di ricerca è principalmente focalizzata sulla definizione e implementazione su sistemi *embedded* di metodi di misura per applicazioni del "compressive sampling" e sensori innovativi per dispositivi d'interesse biomedicale.



Annarita Tedesco è un Innovation Project Development Senior Engineer presso la Innovation & Competitiveness BU di Ansaldo STS. Si occupa di progettazione di sistemi di *security* per grandi stazioni, ed è coinvolta in diversi progetti europei di *security* in ambito ferroviario.



we create synergies

www.crase.com



Durometri



Evolventimetri



Metallografia



Prova Materiali

CRASE SRL
Via Primo Villa n. 15/f
20875 Burago di Molgora (MB)
Tel. 039 668423 - Fax. 039 8942819

CRASE, con 25 anni di esperienza, si posiziona come dinamica e giovane realtà nel settore della strumentazione di misura: sempre attenta a rispondere alla continua evoluzione delle richieste del mercato, offre prodotti e servizi innovativi e caratterizzati da un ottimo rapporto **QUALITÀ/PREZZO**

Carlo Carobbi¹, Alessio Bonci¹, Marco Cati²

Strumentazione di base nelle misure di Compatibilità Elettromagnetica

Il Ruolo dello schermo nelle sonde di campo magnetico. Parte II

THE ROLE OF THE SHIELD IN MAGNETIC FIELD PROBES. PART II

In the first issue of the year 2014 of Tutto_Misure we have shown that the shield in the probes used for the measurement (or generation) of the magnetic field at radio frequency is not a simple electric shield. In this second issue we describe the expression of the shield current and of the antenna characteristics (ACF, Antenna Calibration Factor) for the different types of construction of probes used for the magnetic field generation (detection).

SOMMARIO

Nel primo numero dell'anno 2014 di Tutto_Misure abbiamo mostrato che lo schermo nelle sonde utilizzate per la misura (o la generazione) del campo magnetico a radiofrequenza non è un semplice schermo elettrico. In questo secondo numero descriveremo l'espressione della corrente sullo schermo e delle caratteristiche di antenna (ACF, Antenna Calibration Factor) per le diverse tipologie costruttive di sonde utilizzate per la generazione (ricezione) del campo magnetico.

di radiazione/ricezione dei *loop*. Supponiamo che la condizione $t > 4\delta$ sia valida, dove abbiamo indicato con t lo spessore dello schermo e con δ la profondità di penetrazione.

Con questa ipotesi, e assumendo la simmetria assiale della linea coassiale con la quale è realizzato il *loop* schermato, l'unica corrente che fornisce un contributo non nullo alla generazione (ricezione) di campo magnetico è la corrente I_{Se} che si manifesta sulla "pelle" esterna dello schermo. Infatti la corrente I_{Si} che scorre sulla "pelle" interna dello schermo è identica e opposta alla corrente I_A che scorre sul conduttore interno allo

schermo, e quindi il loro contributo netto è nullo.

Occorre inoltre notare che la presenza di un polo nella funzione di trasferimento dell'impedenza d'ingresso (si veda l'equazione (1) nell'articolo del precedente numero 1/2014

di Tutto_Misure) non implica una corrente netta I_{Se} sullo schermo nulla ovunque lungo la circonferenza del *loop* schermato.

Questo significa che l'accoppiamento esterno non ne è influenzato.

Per dimostrare quanto affermato,

¹ Università di Firenze, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
marco.cati@gmail.com

² Powersoft spa, via E. Conti 5 Scandicci (FI)

INTRODUZIONE

Nel primo numero del 2014 di Tutto_Misure abbiamo iniziato a discutere di quale sia il ruolo dello schermo nelle sonde utilizzate per la misura (o la generazione) del campo magnetico a radiofrequenza. In particolare abbiamo mostrato che, per quanto sorprendente possa sembrare a prima vista, sullo schermo di un *loop* schermato scorre una corrente non trascurabile. Tale corrente scorre lungo la superficie esterna dello schermo ed è, nei progetti tipici dei *loop* schermati, la stessa di quella che scorre attraverso il conduttore interno allo schermo e che, a sua volta, è la stessa (ma opposta) di quella che scorre sulla superficie interna dello schermo. In questo articolo di Tutto_Misure descriveremo l'espressione della corrente sullo schermo e delle caratteristiche di trasmissione (ACF, Antenna Calibration Factor) per le diverse tipologie costruttive di sonde per campo magnetico.

LA CORRENTE SULLO SCHERMO

Ricordiamo che, dal punto di vista

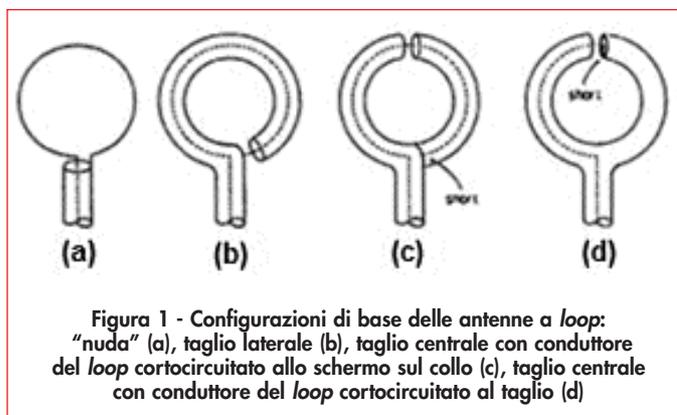


Figura 1 - Configurazioni di base delle antenne a *loop*: "nuda" (a), taglio laterale (b), taglio centrale con conduttore del *loop* cortocircuitato allo schermo sul collo (c), taglio centrale con conduttore del *loop* cortocircuitato al taglio (d)

costruttivo le configurazioni di base delle sonde di campo magnetico sono riportate nella Fig. 1 dove sono rappresentate quattro differenti tipologie: "nuda" (Fig. 1a), a taglio laterale (Fig. 1b), a taglio centrale con conduttore del *loop* cortocircuitato allo schermo sul collo (Fig. 1c), a taglio centrale con conduttore del *loop* cortocircuitato al taglio (Fig. 1d). Come analizzato nel primo numero del 2014 di Tutto_Misure le configurazioni presentate in Fig. 1 sono descritte da differenti tipologie di circuiti equivalenti che possono essere utilizzati per analizzare le proprietà

supponiamo che l'impedenza interna R_g del generatore che alimenta il $loop$ sia uguale all'impedenza caratteristica Z_0 della linea di trasmissione costituita dal conduttore interno del $loop$ e dalla superficie interna dello schermo. In queste ipotesi la corrente I_{se} è data dalla relazione:

$$I_{se}(\omega) = \frac{V_g}{R_g + j\omega L_{se}} \quad (1)$$

per il circuito equivalente della configurazione con taglio laterale (conduttore del $loop$ messo a terra sul collo della sonda, $l=2\pi b$) o taglio centrale (conduttore del $loop$ messo a terra sul taglio, $l=\pi b$).

Dall'espressione (1) si osserva che il comportamento della corrente I_{se} è regolare in tutto l'intervallo di frequenza per il quale il modello è valido ($\lambda \gg 2\pi b$, b raggio del $loop$); questo implica che nessuna singolarità risulta presente nella corrente responsabile della radiazione del $loop$ e quindi anche nelle proprietà di trasmissione che ne derivano, p. es. il campo magnetico radiato e, come sarà mostrato più avanti, il fattore di antenna (ACF).

Analogamente, per il circuito equivalente della configurazione con taglio centrale con conduttore del $loop$ cortocircuitato allo schermo sul collo ($l=2\pi b$) la corrente I_{se} è data dalla relazione:

$$I_{se}(\omega) = \frac{V_g}{R_g - j\omega L_{se} + jZ_0 \tan(\beta l / 2)} \quad (2)$$

In questo caso, dall'espressione (2) si osserva che il comportamento della corrente I_{se} è più complicato rispetto al caso precedente e presenta un polo (zero di corrente) quando la lunghezza d'onda λ è uguale a $l/2$. Come sarà mostrato più avanti, questa singolarità si presenta anche nelle proprietà di trasmissione che ne derivano, p. es. il campo magnetico radiato e il fattore di antenna (ACF).

IL FATTORE DI ANTENNA

Per le diverse configurazioni del $loop$ schermato il fattore di antenna (ACF) può essere derivato dalle proprietà di ricezione (o trasmissione) utilizzando l'ipotesi di $loop$ elettricamente corto rispetto alla lunghezza d'onda, assieme all'espressione della corrente I_{se} , responsabile della ricezione (o trasmissione). Indicando con H_{ave} il campo magnetico concatenato con il $loop$ schermato, cioè il campo magnetico attraverso la superficie $S = \pi(b - a_{se})^2$, con V_r la tensione ai capi di una resistenza R posta ai terminali del $loop$ schermato, il fattore di antenna (ACF) per la configurazione con taglio laterale o taglio centrale con corto al taglio è dato dalla relazione:

$$ACF + \frac{H_{ave}}{V_r} = \frac{\sqrt{R^2 + (\omega L_{se})^2}}{\omega \mu_0 S R} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{cs}}\right)^2} (\omega L_{se})^2}{\omega \mu_0 S} \quad (3)$$

Dove con $f_{cs} = R / (2\pi L_{se})$ abbiamo indicato la frequenza caratteristica del $loop$ schermato. Analogamente, per la configurazione con taglio centrale con conduttore del $loop$ cortocircuitato allo schermo sul collo, il fattore di antenna (ACF) è dato dalla relazione:

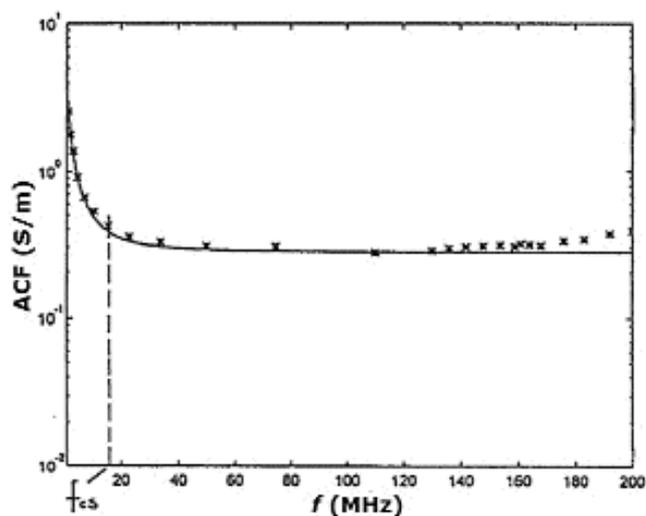


Figura 2 - ACF configurazione con taglio centrale con conduttore del $loop$ cortocircuitato sul taglio

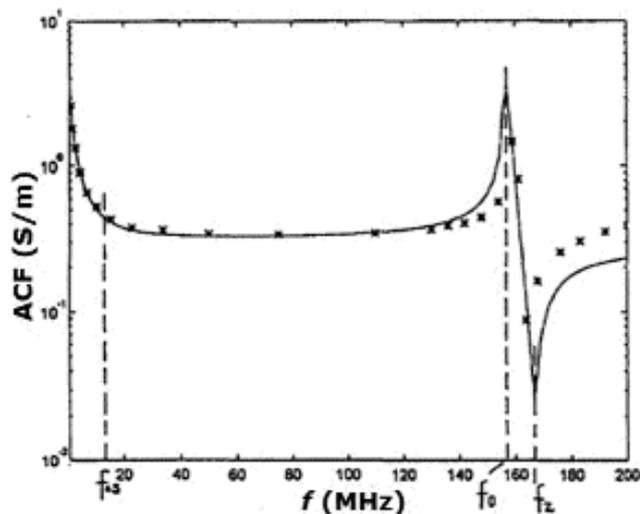


Figura 3 - ACF configurazione con taglio centrale con conduttore del $loop$ cortocircuitato allo schermo sul collo

$$ACF + \frac{H_{ave}}{V_r} = \frac{\sqrt{R^2 + [(\omega L_{se} + Z_0 \tan(\beta l / 2))]^2}}{\omega \mu_0 S R} \quad (4)$$

Nell'espressione sopra si nota che un tratto di linea con lunghezza $l/2 = \pi b$ è presente in serie all'induttanza L_{se} . Un esempio dell'andamento del fattore di antenna per le due differenti configurazioni di $loop$ schermato è riportato in Fig. 2 e in Fig. 3 assieme ai risultati sperimentali ottenuti con un analizzatore di rete (l'isolante nel cavo è polietilene solido, in questo esempio $n=1,52$, $t=0,175$ mm, $a_{se}=1,65$ mm, $b=10$ cm). Gli andamenti delle Figg. 2 e 3 con-



fermano la regolarità del fattore di taratura per la configurazione con taglio laterale (conduttore del loop messo a terra sul collo della sonda, $l=2\pi b$) o taglio centrale (conduttore del loop messo a terra sul taglio, $l=\pi b$) e un andamento con una singolarità per la configurazione con taglio centrale con conduttore del loop cortocircuitato allo schermo sul collo ($l=2\pi b$).

LA REIEZIONE AL MODO COMUNE

Un altro fondamentale aspetto dei loop schermati è rappresentato dalla reiezione dall'accoppiamento non intenzionale dovuto al modo comune (CM). Supponiamo che il loop schermato sia collegato a un ricevitore tarato attraverso un cavo coassiale (linea di servizio). La situazione che stiamo considerando è ancora quella dove un modello a parametri concentrati è intrinsecamente legittimato, e quindi con il loop schermato corto rispetto alla lunghezza d'onda in modo da essere sensibile al campo magnetico rigettando un campo elettrico che può essere simultaneamente presente. Supponiamo inoltre che lo spessore dello schermo t sia maggiore rispetto alla profondità di penetrazione ($t > 4\delta$). Si consideri il caso di Fig. 4 dove il taglio è spostato rispetto alla posizione centrale e quindi il braccio #1 (arm #1 in Fig. 4) è diverso dal braccio #2 (arm #2 in Fig. 4). Indichiamo con Δ un parametro proporzionale allo spostamento del taglio dalla posizione centrale:

$$l_1 = \pi b(1 - \Delta), \quad l_2 = \pi b(1 + \Delta) \quad (5)$$

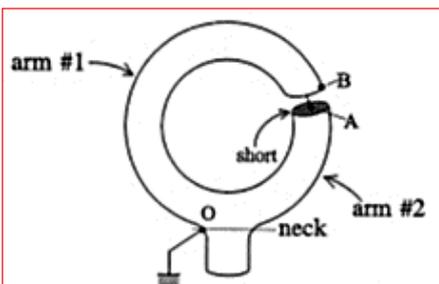


Figura 4 - Geometria del loop con una generica posizione del taglio. Terminali del taglio identificati con A e B. Il taglio divide la periferia del loop in due parti (braccio #1 da O a B, braccio #2 da O a A). Struttura messa a terra al collo del loop (punto O)

dove l_1 è la lunghezza del braccio #1 e l_2 è la lunghezza del braccio #2. Se il loop è alimentato da un generatore, allora è possibile mostrare che il rapporto tra la corrente di modo comune I_{CM} (non intenzionale) che scorre lungo la superficie esterna della linea di servizio e la corrente che scorre lungo il loop responsabile della generazione (intenzionale) del campo magnetico è data dalla relazione:

$$\frac{I_{CM}}{I_{Se}} = \left(\frac{2\pi b}{\lambda} \right) 2\pi^2 \Delta \quad (6)$$

È stato assunto che la lunghezza della linea di servizio è trascurabile. Dall'espressione (6) risulta che il rapporto tra la corrente di modo comune e quella di modo differenziale non dipende da dove il conduttore interno è collegato allo schermo (cortocircuitato al taglio oppure cortocircuitato al collo). Il rapporto è proporzionale al parametro Δ e al quadrato del perimetro del loop misurato in lunghezze d'onda. Il risultato è anche indipendente dall'impedenza del generatore equivalente "guardando all'interno del taglio" e dal raggio dello schermo a_{Se} .

L'ampiezza della corrente di modo comune è zero se il taglio è centrato ($\Delta=0$) e massima quando il taglio è in posizione laterale ($\Delta=\pm 1$). La corrente di modo comune risulta inoltre in opposizione di fase rispetto alla corrente di modo differenziale se il taglio è spostato in senso orario ($\Delta=-1$) rispetto alla posizione centrale e, viceversa, in fase ($\Delta=+1$). Una verifica sperimentale è mostrata in Fig. 5.

In Fig. 5 l'asse delle ordinate mostra il rapporto tra la corrente di modo comune e la corrente di modo differenziale espressa in decibel come $20 \log_{10} |I_{CM}/I_{Se}|$. Il raggio del loop è $b=10$ cm e il raggio dello schermo è $a_{Se}=1,65$ mm. Le linee continue

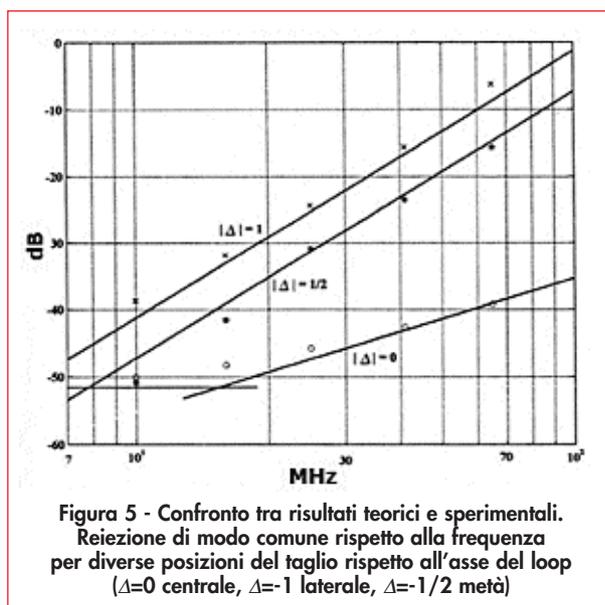


Figura 5 - Confronto tra risultati teorici e sperimentali. Reiezione di modo comune rispetto alla frequenza per diverse posizioni del taglio rispetto all'asse del loop ($\Delta=0$ centrale, $\Delta=-1$ laterale, $\Delta=-1/2$ metà)

mentre le crocette, gli asterischi e i punti rappresentano i risultati sperimentali. La linea più in basso rappresenta il caso di loop con taglio centrale ($\Delta=0$) (idealmente reiezione infinita) dove i valori visualizzati corrispondono al rumore interno del ricevitore. L'esperimento è realizzato disponendo il loop sopra un piano di massa quadrato di lato 50 cm con il piano del loop perpendicolare al piano di massa. La lunghezza della linea di servizio è pochi centimetri e il loop è alimentato dal sotto al piano di massa usando un connettore da pannello passante. Sia la corrente I_{CM} che la corrente I_{Se} sono misurate con una sonda di corrente. Il risultato presentato può essere generalizzato nei casi in cui la lunghezza della linea di servizio non risulti trascurabile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] L.L. Libby, "Special Aspects of Balanced Shielded Loops", Proceedings of the I.R.E. and Waves and Electrons, vol. 34, issue 9, pp. 641-646, 1946.
- [2] R.W.P. King, *The loop antenna for transmission and reception*, in

R.E. Collin, F.J. Zucker, *Antenna Theory, Part 1, Chapter 11*, McGraw-Hill, New York, 1969.

[3] C.F.M. Carobbi, L.M. Millanta, L. Chiosi, *"The High-Frequency Behavior of the Shield in the Magnetic-*

Field Probes", in Proc. 2000 IEEE Intern. Symp. on EMC, pp. 35-40, Washington, DC, August 21-25, 2000.

[4] Carlo F.M. Carobbi and Luigi M. Millanta, *"Analysis of the Common-*

Mode Rejection in the Measurement and Generation of Magnetic Fields Using Loop Probes", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 53, no. 2, pp. 514-523, Apr. 2004.



Carlo Carobbi si è laureato con lode in Ingegneria Elettronica nel 1994 presso l'Università di Firenze. Dal 2000 è Dottore di Ricerca in Telematica. Dal 2001 è ricercatore presso

il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Firenze dove è docente di Misure Elettroniche e di Compatibilità Elettromagnetica. Collabora come ispettore tecnico con l'Ente unico di accreditamento Accredia. È presidente del SC 210/77B (Compatibilità Elettromagnetica, Fenomeni in alta frequenza) del CEI.



Alessio Bonci si è laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso l'Università di Firenze nel 1999. Lo stesso anno è passato a Magnetek spa, dove è stato

coinvolto nel progetto e sviluppo di alimentatori a commutazione. Dal 2002 è insegnante del corso di sistemi elettrici presso l'"Istituto Professionale Statale Francesco Buitoni" di Sansepolcro. Attualmente svolge il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale e dell'Affidabilità presso l'Università di Firenze.



Marco Cati si è laureato con lode ed encomio solenne in Ingegneria Elettronica all'Università di Firenze nel 2001. Dal 2013 è responsabile tecnico del laboratorio prove e misure

Elettra srl. Dal 2005 fa parte del reparto R&S di Esaote dove è responsabile delle verifiche di Compatibilità Elettromagnetica su dispositivi ecografici. Collabora come ispettore tecnico con l'ente unico di accreditamento Accredia. Svolge attività di consulente nel campo della compatibilità elettromagnetica e della sicurezza elettrica.



Dal 1984... al Servizio dell'Industria

Vendita di Strumenti di Misura per Industria e il Processo
Produzione Termocoppie e Termoresistenze anche ATEX
Centro Tarature Accredia Lat. N° 150

Tarature Accreditate con rilascio di certificazioni per le seguenti grandezze:

Temperatura - Umidità Relativa e Temperatura dell'Aria - Grandezze Elettriche
Pressione relativa in mezzo liquido, Gasoso e Pressione Assoluta

Per l'anno corrente, a conferma dei 30 anni di attività, Asit Instruments diversifica i servizi del proprio Centro Accredia LAT N° 150 per Laboratori e Industria con le seguenti estensioni di accreditamento:

Dew Point da -10 °C a +70 °C
Temperatura dell'Aria da -20 °C a +180 °C
Pressione Assoluta fino a 0,01 Pa

...e nuovi accreditamenti per:
Masse e Bilance
Tempo e Frequenza

Asit Instruments Srl
Strada Antica di Nonè, 28/A
10043 Orbassano (Torino)
Tel: +39 011 9040796
Fax: +39 011 9040389

www.asitstruments.it
info@asitstruments.it









M. Catelani¹, L. Cristaldi², M. Lazzaroni³

Tecniche di analisi della fidatezza

FMEA – Failure Mode, Effects and Criticality Analysis - Parte I

FMECA – FAILURE MODE, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS – PART I

FMECA, acronym of Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis, represents an extension with respect to FMEA proposed in [1,2]. In fact, FMECA allows to derive information about the criticality of failure and the corresponding probability of occurrence. In addition, information concerning the availability of diagnosis such as failure is possible. In this paper a FMECA approach will be presented and discussed, based on the concept of risk, while the approach based on the failure rate will be presented in the next issue of the Journal.

RIASSUNTO

A integrazione di quanto riportato in precedenti lavori [1,2] si prende in considerazione l'aspetto della criticità che un guasto può generare a livello di sistema, operatore e/o ambiente. La tecnica FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) consente infatti di acquisire informazioni quantitative che integrano un'analisi dei modi e degli effetti di guasto, tipica di FMEA. Tali informazioni riguardano in particolare, oltre alle criticità conseguenti al manifestarsi di un evento di guasto, la sua probabilità di accadimento e la possibilità di diagnosticarne l'insorgenza. In questo articolo verrà presentato e discusso l'approccio FMECA basato sul concetto di rischio, mentre l'analisi che tiene conto del tasso di guasto, considerando quale fattore peso la probabilità di accadimento del modo di guasto analizzato, verrà presentato nel prossimo numero della rivista.

INTRODUZIONE

Le tecniche di analisi dei modi e degli effetti di guasto sono state presentate in precedenti lavori [1,2]. In tale trattazione è emersa l'importanza di approfondire, anche in termini quantitativi, le conseguenze provocate da un evento di guasto, o da un malfunzionamento, sul sistema analizzato, sull'operatore o nei confronti dell'ambiente. In questo caso si ricorre a una estensione di FMEA integrando la trattazione con informazioni sulla criticità del manifestarsi di un evento sfavorevole (guasto o malfunzionamento). Si parla, in questo caso, di analisi dei modi e degli effetti di guasto e delle relative criticità FMECA (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*).

Stabilire quanto un guasto è critico e con quale probabilità si manifesta è spesso di grande aiuto, non solo per individua-

re azioni correttive ma anche, e soprattutto, per stabilire il confine fra rischio accettabile e rischio non accettabile.

In funzione delle diverse tipologie di guasto (guasti classificati secondo normativa o definiti dall'Azienda) si possono individuare livelli di criticità differenziati:

- morte o lesioni a carico del personale incaricato dell'esercizio o del pubblico;
- danni all'apparecchiatura stessa o ad altre apparecchiature;
- danni economici derivanti dalla perdita delle uscite o delle funzioni del sistema;
- incapacità a eseguire un compito a causa dell'incapacità dell'apparecchiatura di eseguire correttamente la sua funzione principale.

Può essere utile, a questo scopo, prendere in considerazione la classificazione riportata in Tab. 1.

La scelta delle categorie di criticità richiede un attento studio oltre che un atteggiamento prudente. È necessario tener presente tutti i fattori che hanno impatto sulla valutazione del sistema, sulle sue prestazioni, sui costi, sui programmi, sulla sicurezza, sui rischi.

Modi di guasto e loro probabilità

Una volta individuati i modi di guasto presenti, è necessario valutare la probabilità con cui gli stessi ricorrono. Tale valutazione è effettuata, nella FMECA, per via analitica. Per fare ciò è necessario poter accedere a informazioni dettagliate circa l'affidabilità dei componenti/dispositivi utilizzati, quali ad esempio il loro tasso di guasto.

Valutazione della criticità

La valutazione può essere effettuata mediante una matrice di criticità (un esempio è riportato in Tab. 2) in cui sulle righe si riportano la probabilità o la frequenza di guasto, e sulle colonne la classe di criticità. I modi di guasto, debitamente classificati dopo averne valutato le probabilità di accadimento, sono riportati nelle celle della matrice. È evidente che più un modo di guasto si colloca in celle vicine all'origine, più il rischio che consegue del suo verificarsi è basso, e viceversa.

La valutazione della criticità comporta la quantificazione degli effetti di un modo di guasto o di una non conformità. Tale operazione non sempre è

¹ Università degli Studi di Firenze
marcantonio.catelani@unifi.it

² Politecnico di Milano
loredana.cristaldi@polimi.it

³ Università degli Studi di Milano e INFN Milano
massimo.lazzaroni@unimi.it

Tabella 1 – Esempio di classificazione degli effetti finali

Classe	Impatto o gravità/criticità del guasto. Livello di Criticità	Effetti di guasto
I	Insignificante	Evento suscettibile di nuocere al buon funzionamento del sistema, causando però danni trascurabili al sistema o all'ambiente circostante e senza presentare rischi di morti o menomazioni alle persone.
II	Marginale	Evento che nuoce al buon funzionamento di un sistema senza tuttavia causare danni notevoli al sistema né presentare rischi importanti di morti o menomazioni.
III	Critico	Ogni evento che potrebbe causare la perdita di (una) funzioni(e) essenziali(e) del sistema provocando danni importanti al sistema o al suo ambiente, ma con un rischio trascurabile di morti o menomazioni.
IV	Catastrofico	Ogni evento che potrebbe causare la perdita di (una) funzioni(e) essenziali(e) del sistema provocando danni importanti al sistema o al suo ambiente e/o che potrebbe causare morti o menomazioni.

di facile esecuzione ed è normalmente il risultato di un lavoro di *Brainstorming*. La misura della criticità può essere eseguita in vari modi, da cui derivano differenti tipologie di FMECA. Nel seguito ne sarà presentata una, quella basata sul rischio. La seconda, basata sui tassi di guasto, sarà invece presentata in un successivo articolo.

FMECA BASATE SUL CONCETTO DI RISCHIO

In questa trattazione, seguendo la norma CEI EN 60812:2006, ci riferiremo ai concetti di Rischio R e di *Risk Priority Number (RPN)*. Il rischio¹ è valutato per mezzo di un'opportuna misura di severità degli effetti e di una stima della probabilità attesa che il modo di guasto stesso si verifichi in un intervallo di tempo determinato a

priori. Una misura del Rischio potenziale è, quindi:

$$R=S \times P \quad (1)$$

dove:

- S (*Severity*), rappresenta la severità, ovvero la stima di quanto l'effetto del guasto impatta sul sistema o sulle persone, in altri termini l'impatto o la gravità/criticità del guasto. È generalmente espresso in livelli di criticità;
- P è la probabilità che il modo di guasto si verifichi.

La valutazione dell'*RPN* è data, invece, dalla seguente relazione:

$$R=S \times O \times D \quad (2)$$

dove:

- O (*Occurrence*) è la probabilità che un modo di guasto si verifichi in un determinato tempo che spesso coincide con la vita utile del componente in esame;

• (*Detection*) è la stima della possibilità d'individuare/diagnosticare ed eliminare/prevenire l'insorgenza del guasto prima che manifesti i suoi effetti sul sistema o sulle persone. Più alto è D meno probabile è la possibilità d'individuare il guasto e viceversa. Un valore elevato di *RPN* è indice della necessità d'intervenire e risolvere con la massima celerità il modo di guasto.

Il grado di severità, insieme al *RPN*, consentono di stabilire su quali modi di guasto è necessario concentrare le risorse onde mitigarne o minimizzarne gli effetti. I parametri S , O e D sono generalmente stimati per valori che vanno da 1 a 4 o 5 e, in alcuni ambiti, da 1 a 10. In particolare la Norma citata riporta gli esempi di cui alle Tabb. 3, 4, 5.

Anche se è possibile nella pratica riferirsi alle precedenti tabelle, occorre precisare che esse rappresentano una esemplificazione; ulteriori tabelle sono riportate nel documento CEI di riferimento [5, 6]. In ogni caso le valutazioni dei parametri S , O , D non possono prescindere dall'esperienza personale, dal tipo di analisi che si sta compiendo (prodotto), dal contesto operativo.

Tuttavia, non sempre una accurata valutazione di *RPN* mette al riparo da deduzioni errate. Infatti, per questo parametro, così come è definito, occorre precisare che:

- Dai valori di S , O e D riportati nelle tabelle citate si constata che l'*RPN* non assume 1.000 valori, come ci si aspetterebbe moltiplicando i 3 fattori, ciascuno dei quali compreso nella scala 1-10, ma solo 120 differenti valori. Per esempio, due valori di *RPN* identici possono derivare da differenti valori del parametro S e di ciò si deve tener debito conto;
- Per quanto appena detto si possono avere situazioni assai differenti che portano ad avere valori di *RPN* identici;
- Una variazione anche piccola in uno dei fattori comporta una notevole variazione nel valore di *RPN* se gli altri due fattori sono elevati, e viceversa;
- La distanza fra valori contigui di *RPN* non è sempre costante.

Tabella 2 – Matrice di criticità

Probabilità	C	P_m				
	5	$P_m > 0,2$				Rischio alto
4	$0,1 \leq P_m < 0,2$			Modo di guasto A		
3	$0,01 \leq P_m < 0,1$					
2	$0,001 \leq P_m < 0,01$				Modo di guasto B	
1	$0 \leq P_m < 0,001$	Rischio basso				
			I	II	III	IV
			Severità			

Tabella 3 – Tabella per la determinazione del parametro S
(è riportato un esempio di classificazione utilizzato delle case automobilistiche)

S	Probabilità di rilevare il modo di guasto in fase di progettazione	Valore
Nessuna	Nessun effetto percepibile	1
Molto lieve	Difetti di assai modesta entità che sono percepiti da meno del 25% dei clienti/operatori.	2
Lieve	Difetti di assai modesta entità che sono percepiti dal 25% al 75% dei clienti/operatori.	3
Molto basso	Difetti di assai modesta entità che sono percepiti da più del 75% dei clienti/operatori.	4
Basso	Difetti tali che il veicolo è in grado di muoversi ma alcuni dispositivi relativi al comfort funzionano al livello di performance ridotto. Il cliente è talvolta insoddisfatto.	5
Moderato	Difetti tali che il veicolo è in grado di muoversi ma alcuni dispositivi relativi al comfort non funzionano. Il cliente è insoddisfatto.	6
Alto	Il veicolo è in grado di muoversi ma con un calo delle prestazioni. Il cliente è molto insoddisfatto.	7
Molto alto	Il veicolo è inutilizzabile (perdita della funzione primaria).	8
Rischioso con allarme o segnale di allerta	Quando un modo di guasto potenziale comporta una diminuzione della sicurezza del veicolo e/o non rispetta vincoli di tipo legislativo pur essendo presente un segnale di allarme (che avvisi del problema).	9
Rischioso senza allarme o segnale di allerta	Quando un modo di guasto potenziale comporta una diminuzione della sicurezza del veicolo e/o non rispetta vincoli di tipo legislativo senza che sia presente un segnale di allarme.	10

Tabella 4 – Ricorrenza dei modi di guasto, frequenza e probabilità

Ricorrenza (del modo di guasto)	O	Frequenza (%o)	Probabilità
Remota ovvero improbabile	1	≤ 0,010	≤ 1·10 ⁻⁵
Bassa: si verificano pochi guasti	2	0,1	1·10 ⁻⁴
	3	0,5	5·10 ⁻⁴
Moderata: guasti occasionali	4	1	1·10 ⁻³
	5	2	2·10 ⁻³
	6	5	5·10 ⁻³
Alta: si verificano molti guasti	7	10	1·10 ⁻²
	8	20	2·10 ⁻²
Molto alta: il guasto è praticamente inevitabile	9	50	5·10 ⁻²
	10	> 100	> 1·10 ⁻¹

Da tutto ciò si deduce che trarre le debite conclusioni dallo studio di RPN è un'attività da eseguirsi con estrema prudenza.

PROCEDURA E DOCUMENTI DI ANALISI

Lo schema a blocchi mediante il quale si può sintetizzare una analisi FMECA è riportato in Fig. 1.

Appare evidente che la procedura differisce da quella del FMEA solo nella parte di analisi delle criticità. Nella Tab. 6 è riportato un esempio di modulo utilizzabile per l'analisi FMECA.

CONCLUSIONI

Il lavoro ha messo in chiara evidenza il contributo aggiuntivo della tecnica FMECA basata sull'analisi del rischio rispetto alla FMEA. L'analisi di tale metodologia ha messo in risalto come, nella realtà pratica, una corretta definizione di FMECA quale utile strumento di analisi di disponibilità necessita d'informazioni a volte difficili da reperire e la cui attendibilità è però determinante ai fini progettuali. Nel prossimo numero, partendo dalle considerazioni precedenti, verrà presentato e discusso l'approccio che si

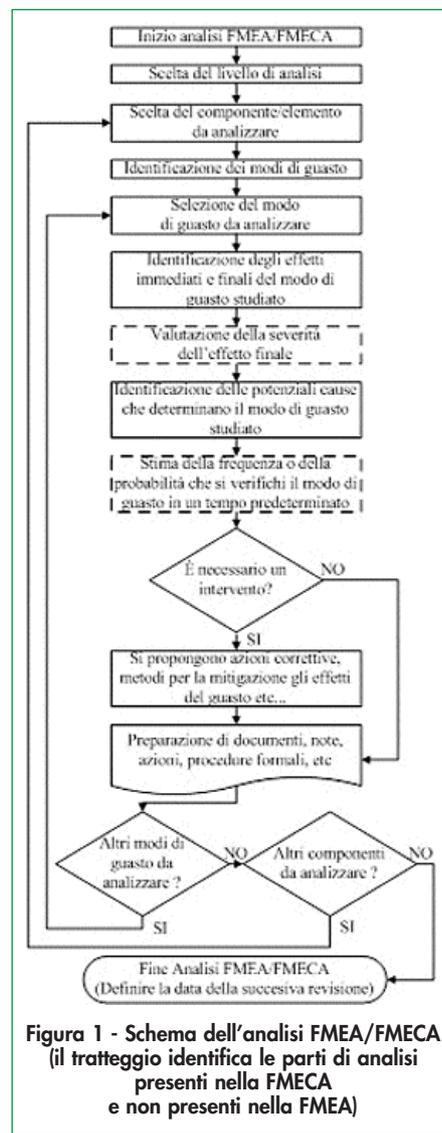


Figura 1 - Schema dell'analisi FMEA/FMECA
(il tratteggio identifica le parti di analisi presenti nella FMECA e non presenti nella FMEA)

basa sull'analisi dei tassi di guasto. Un confronto tra le due tecniche e l'analisi di alcuni esempi verranno quindi presentati e discussi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, "Tecniche di Analisi della affidabilità: FMEA – Analisi dei modi ed effetto dei guasti", Tutto_Misure n. Anno 15, N° 4, Dicembre 2013, pp. 281-286, ISSN 2038-6974.
2. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, "Tecniche di Analisi della affidabilità: FMEA – Casi di studio", Tutto_Misure n. Anno 16, N° 1, Marzo 2014, pp. 67-70, ISSN 2038-6974.
3. M. Lazzaroni, L. Cristaldi, L. Peretto, P. Rinaldi and M. Catelani, Reliability Engineering: Basic Concepts and Applications in ICT, Springer, ISBN 978-3-642-20982-6, e-ISBN 978-3-642-20983-3, DOI 10.1007/

Tabella 5 – Criteri per la valutazione del parametro D

D	Probabilità di rilevare il modo di guasto in fase di progettazione	Valore
Quasi certo	La verifica del progetto è quasi sicuramente in grado di rilevare le potenziali cause/meccanismi e il conseguente modo di guasto	1
Molto Alto	Sussiste una probabilità molto alta che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	2
Alto/Elevato	Sussiste una elevata/alta probabilità che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	3
Moderatamente alto	Sussiste una probabilità moderatamente elevata/alta che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	4
Moderato	Sussiste una modesta probabilità che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	5
Basso	Sussiste una bassa probabilità che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	6
Molto basso	Sussiste una probabilità molto bassa che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	7
Remoto	Sussiste una remota probabilità che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	8
Molto remoto	Sussiste una probabilità molto remota che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto	9
Absolutamente improbabile	È impossibile che in fase di verifica del progetto venga rilevata una potenziale causa con il relativo modo di guasto. Una seconda possibilità è quando non è prevista nessuna attività di verifica del progetto	10



Marcantonio Catelani è Professore Ordinario di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Firenze. La sua attività di ricerca si svolge prevalentemente nei settori dell’Affidabilità, della diagnostica e qualificazione di componenti e sistemi, del controllo della qualità e del miglioramento dei processi. Fa parte del CT 56 – Affidabilità – del CEI ed è coordinatore di gruppi di ricerca, anche applicata, nelle tematiche citate.



Loredana Cristaldi è Professore Associato di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Dipartimento di Elettrotecnica del Politecnico di Milano. La sua attività di ricerca è svolta principalmente nei campi delle misure di grandezze elettriche in regime distorto e dei metodi di misura per l’affidabilità, il monitoraggio e la diagnosi di sistemi industriali. Fa parte del CT 56 – Affidabilità – del CEI.



Massimo Lazzaroni è Professore Associato di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Dipartimento di Fisica dell’Università degli Studi di Milano. La sua attività di ricerca è rivolta alle misure per le applicazioni industriali, per la diagnostica dei sistemi industriali, per l’Affidabilità e il Controllo della Qualità. Fa parte del CT 85/66 – Strumenti di misura delle grandezze elettromagnetiche Strumentazione di misura, di controllo e di laboratorio e del CT 56 – Affidabilità del CEI.

978-3-642-20983-3, 2011 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

4. M. Catelani, L. Cristaldi, M. Lazzaroni, L. Peretto, P. Rinaldi, "L'affidabilità nella moderna progettazione: un elemento competitivo che collega sicurezza e certificazione", Collana I quaderni del GMEE, Vol. 1 Editore: A&T, Torino, 2008, ISBN 88-90314907, ISBN-13: 9788890314902.

5. Norma CEI EN 60812:2006.

6. A. Birolini: Reliability Engineering – Theory and Practice. Springer, Heidelberg, 6 Ed. 2010, ISBN: 978-3-642-14951-1.

Tabella 6 – Esempio di tabella per la raccolta dei dati di una FMECA in cui si è deciso di utilizzare il parametro RPN

Data.....	Nome del responsabile del progetto	RPN	.....	.....
		D			O
.....	.....	Comments	.....	.....
		Procedimenti alternativi	.....	.....
		Rilevamento del guasto	.....	.....
		Effetto finale	.....	.....
		Effetto locale	.....	.....
.....	Nome dell'analista	Causa di guasto	.....	.....
		Modo di guasto	.....	.....
		Numero di identificazione	.....	.....
.....	Codice N°	Funzione	.....	.....
		Designazione apparecchiatura	.....	.....

FMECA

FMEA

Presentazione di IMEKO

International Measurement Confederation

AN INTRODUCTION TO IMEKO

IMEKO, International Measurement Confederation, has been added to the permanent collaborations to the Journal starting from the beginning of 2014. This section contains information about the Association, publications, events and news of interest to our readers.

RIASSUNTO

IMEKO, International Measurement Confederation, si è aggiunta ai collaboratori stabili della Rivista a partire dall'inizio del 2014. Questa rubrica contiene informazioni sull'Associazione, pubblicazioni, eventi, e notizie di utilità per i nostri lettori.



L'IMEKO, ovvero l'International Measurement Confederation, è stata fondata nel 1958 a Budapest, Ungheria. È una federazione non governativa di organizzazioni diverse provenienti da 38 Paesi del mondo, che si occupano a vario titolo di ricerca scientifica, svi-

Commissione tecnica	Responsabile	Affiliazione
TC1 – Education and Training in Measurement and Instrumentation	Jan Holub	University of Prague – Repubblica Ceca
TC2 – Photonics	Bernhard Zagar	Johannes Kepler Universität – Austria
TC3 – Measurement of Force, Mass, Torque and Density	Rolf Kümme	Physikalisch-Technische Bundesanstalt – Germania
TC4 – Measurement of Electrical Quantities	Janusz Mindykowski	Gdynia Maritime University – Polonia
TC5 – Hardness Measurement	Gun-Woong Bahng	Korea Research Institute of Standards and Science – Corea del Sud
TC6 – Vocabulary Committee	Attività sospesa	
TC7 – Measurement Science	Giovanni B. Rossi	Università di Genova – Italia
TC8 – Traceability in Metrology	Jong-Oh Choi	Korea Research Institute of Standards and Science – Corea del Sud
TC9 – Flow Measurement	M. J. Reader-Harris	National Engineering Laboratory – Regno Unito
TC10 – Technical Diagnostics	Marcantonio Catelani	Università di Firenze - Italia
TC11 – Metrological Infrastructures (in developing countries)	Mladen Boršić	Croatian Metrology Society – Croazia
TC12 – Thermal and Temperature Measurement	Francesco Righini	I.N.Ri.M. Istituto Nazionale Ricerca Metrologica – Italia
TC13 – Measurements in Biology and Medicine	Ron Summers	Loughborough University – Regno Unito
TC14 – Measurement of Geometrical Quantities	A. Weckenmann	University Erlangen-Nuremberg – Germania
TC15 – Experimental Mechanics	Lajos Borbas	Budapest University – Ungheria
TC16 – Pressure and Vacuum Measurement	Sam-Yong Woo	KRISS - Korea Research Institute of Standards and Science – Corea del Sud
TC17 – Measurement in Robotics	Dr. Susumu Tachi	Keio University – Giappone
TC18 – Measurement of Human Functions	Yasuharu Koike	Tokyo Institute of Technology – Giappone
TC19 – Environmental Measurement	Aimé Lay-Ekuakille	Università del Salento – Italia
TC20 – Energy Measurement	Frank Lienesch	Physikalisch-Technische Bundesanstalt – Germania
TC21 – Mathematical Tools for Measurement	Franco Pavese	I.N.Ri.M. Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica – Italia
TC22 – Vibration Measurement	Gustavo Ripper	National Institute of Metrology, Quality and Technology – Brasile
TC23 – Food and Nutrition Metrology	Isabel Castanheira	Instituto Nacional de Saúde - Dr. Ricardo Jorge – Portogallo
TC24 – Chemical Measurements	Jin Seog Kim	Korea Research Institute of Standards and Science – Corea del Sud

luppo e applicazioni della scienza e tecnologia delle misure. Nel proprio Paese tali organizzazioni sono un punto di riferimento per tutti coloro che si occupano di misure. Per l'Italia la organizzazione membro è il CNR.

Il principale obiettivo di IMEKO è lo scambio internazionale d'informazioni tecniche e scientifiche nel campo delle misure e degli strumenti di misura, e di favorire la cooperazione internazionale fra tutti coloro che sono coinvolti nella ricerca e nelle applicazioni sulle misure. Questi obiettivi sono perseguiti dalle commissioni tecniche (**Technical Committees - TCs**) di seguito elencate, assieme ai nomi delle persone che ne sono attualmente responsabili.

IMEKO è fortemente attiva nella organizzazione di eventi scientifici che coprono temi di ricerca d'interesse delle commissioni tecniche. L'elenco aggiornato dei *call for papers*

si può trovare sul nuovo sito all'url: <http://joomla.imeko.org>. Informazioni di carattere generale sull'IMEKO e sui vari TC sono disponibili all'url: www.imeko.org.

Molti ricercatori italiani hanno dato e stanno dando un contributo rilevante alle attività dell'IMEKO. L'attuale presidente è il Prof. **Pasquale Daponte**, dell'Università del Sannio, mentre negli anni 1994-97, presidente dell'IMEKO è stato il Prof. **Giuseppe Zingales**, dell'Università degli Studi di Padova.

IN USCITA IL PRIMO NUMERO DI ACTA IMEKO DEL 2014

All'indirizzo <http://acta.imeko.org/index.php/acta-imeko/issue/view/6/showToc> potete trovare il primo numero della rivista ACTA IMEKO del 2014. Si tratta di una *issue* speciale dedicata ai fonda-



menti della metrologia, curata dal Prof. **Luca Mari**. La storia di IMEKO è fortemente e tradizionalmente legata a questi temi.

Il Prof. Mari ha selezionato 9 lavori fra quelli presentati ai congressi IMEKO del passato che sono pubblicati nuovamente oggi in ACTA IMEKO, come riconoscimento del valore che hanno rivestito e per dare loro nuova vita. Il volume è dedicato al 'world metrology day' che ha avuto luogo il 20 Maggio u.s.

(www.worldmetrologyday.org)

Buona lettura!

NEWS

DAVID CAMERON VISITA RENISHAW

L'8 maggio scorso il premier britannico David Cameron ha visitato la sede di Woodchester della Renishaw, accompagnato da Sir David McMurtry, Presidente e Amministratore Delegato della multinazionale, leader nel settore delle misure.

Nel corso della visita, il premier ha potuto apprezzare i processi di assemblaggio avanzati, elettronici e meccanici, realizzati dalla società, e assistere alla dimostrazione di tecnologie innovative, tra cui il sistema di stampa 3D per materiali metallici.

Una parte fondamentale della visita del Primo Ministro è stato l'incontro di 30 minuti con 300 dipendenti Renishaw, basato su domande e risposte, durante la quale ha parlato dell'importanza della produzione avanzata per l'economia britannica: *"Ora che l'economia migliora, dobbiamo produrre di più, esportare di più, investire di più nella scienza e nella ricerca e sviluppo per consolidare questo trend. Da quello che ho visto in Renishaw si stanno facendo tutte queste cose per il nostro Paese. Quindi grazie per quello che state facendo"*.

Lo stabilimento di Woodchester (*"è una meraviglia da vedere"* - ha dichiarato Cameron) ha ricevuto il Best Awards come migliore impianto per produzione Elettronica ed Elettrotecnica nel 2012 nel Regno Unito. Con 15.000 m² e 350 dipendenti, è il più grande dei quattro stabilimenti del Gruppo Renishaw. Opera in un contesto di alta innovazione, in costante cambiamento e con una vasta gamma di prodotti realizzati in piccole serie. La struttura è attrezzata per l'intero processo, dalla produzione dei circuiti stampati al montaggio e collaudo finale.

Durante il suo tour il Primo Ministro ha incontrato apprendisti e neolaureati, in rappresentanza dei 111 apprendisti attualmente in formazione e dei 55 laureati (record di assunzioni nel 2013).

Sir David McMurtry ha anche presentato al Primo Ministro alcuni dei prodotti di ingegneria avanzata Renishaw, compreso il PH20, sonda per macchine di misura a coordinate (CMM), una macchina per stampa 3D in metallo Renishaw AM250 e un robot NeuroMate[®],

piattaforma per procedure neurochirurgiche funzionali. Riguardo a quest'ultimo prodotto, Renishaw ha appena ricevuto il benessere della Food and Drug Administration statunitense (FDA) per commercializzare il NeuroMate[®] negli Stati Uniti, il più grande mercato mondiale per i dispositivi medici.

Robin Weston, Marketing Manager di Additive Manufacturing, ha mostrato al Primo Ministro una panoramica delle potenzialità della macchina AM250, attraverso l'esempio della mountain bike Empire Cycles MX6: la prima al mondo con struttura in metallo stampato 3D.

Un'altra eccellenza mostrata al Primo Ministro è stato l'utilizzo della tecnologia additiva per produrre ausili alla chirurgia ricostruttiva facciale.

McMurtry ha concluso l'incontro: *"Avere una visita del Primo Ministro britannico è un ulteriore riconoscimento a tutto ciò che il nostro personale a livello globale ha raggiunto attraverso l'innovazione di prodotto, la produzione di alta qualità e l'impegno nelle operazioni commerciali. Ho percepito un vero e proprio orgoglio nel nostro staff e vorrei rendere omaggio al duro lavoro che ha portato il nostro sito di Woodchester a essere l'impianto di produzione di classe mondiale che è oggi e che ha chiaramente impressionato il Primo Ministro"*.



Analisi ematiche: il caso Abbott

Blood samples: the Abbott case



LEGAL AND FORENSIC METROLOGY

This section intends to discuss the great changes on Legal Metrology after the application of the Dlgs 22/2007, the so-called MID directive. In particular, it provides information, tips and warnings to all "metric users" in need of organizations that can certify their metric instruments according to the Directive. This section is also devoted to

enlightening aspects of ethical codes during forensic activities where measurements are involved. Please send all your inquiries to Ms. Scotti or to the Director!

RIASSUNTO

Questa rubrica intende discutere i significativi cambiamenti in tema di Metrologia Legale a seguito dell'entrata in vigore del Dlgs 22/2007, altrimenti detto Direttiva MID. In particolare, vuole fornire utili informazioni, consigli e ammonimenti a tutti gli "utenti Metrici" che si rivolgono per reperire informazioni su Enti e organizzazioni notificate per la certificazione del loro prodotto/strumento secondo la Direttiva. La rubrica tratta anche di aspetti etici correlati allo svolgimento di misurazioni legate ad attività in ambito forense (CTU, CTP). Scrivete all'Avv. Scotti o al Direttore, e verrete accontentati!

IL CASO ABBOTT

Recentemente è venuto alla luce un caso di malasanità, fortunatamente non foriero di danni irreversibili, riferito a un *kit* utilizzato per le **analisi ematiche** con riguardo a un parametro, il PHT, che concerne la misurazione di concentrazione di paratornone (che regola il livello del calcio nel sangue) e consente al medico di rilevare anomalie o patologie trattabili, principalmente con terapia farmacologica.

Nel mese di febbraio 2014, l'azienda americana Abbott, produttrice del *kit*, attraverso un comunicato di richiamo, informa i propri clienti della presenza di un **difetto nel proprio prodotto** che altera i risultati, **sovrastimandoli fino al 45%** rispetto al valore restituito dall'esame condotto su campioni ematici. Le ASL coinvolte provvedono subito alla campagna informativa di

rintraccio dei pazienti interessati da esami ematici condotti con questo *kit* di analisi al fine di sottoporli nuovamente ad analisi. Tale situazione ha ovviamente dato luogo, dato il delittato settore coinvolto, a polemiche anche sotto il profilo politico, che hanno condotto la vicenda in Parlamento ove è stata presentata una interrogazione rivolta al Ministro della Salute. L'interrogazione era tesa, principalmente, a richiedere quali misure si intendesse adottare per la verifica dell'impatto economico e sanitario determinato dalla suddetta situazione. (Vd lavori della Camera dei Deputati 14 marzo 2014 seduta n. 190).

A mio modesto avviso il problema, senza comunque trascurare le conseguenze derivanti dalle circostanze di fatto verificatesi, concerne principalmente la gestione ordinaria delle attività di laboratorio di analisi che non avviene, evidentemente, nel

rispetto delle norme tecniche (metrologiche e di qualità) previste e (teoricamente) applicate o da applicarsi nelle realtà ospedaliere. Al riguardo non si può dimenticare che la regione Lombardia, teatro dei fatti avvenuti, ha predisposto già da diverso tempo un sistema di accreditamento delle strutture sanitarie, che impone il rispetto di dati standard, facilmente soddisfatti mediante l'adozione di un sistema di gestione per la qualità ISO 9001, che prevede, tra i vari requisiti, un controllo e un monitoraggio delle apparecchiature e dei sistemi di prova qualora gli stessi siano utilizzati per l'esercizio dell'attività aziendale.

A prescindere dal fatto che, sotto il profilo logico prima ancora che quello giuridico o normativo, è necessaria e fondamentale l'esistenza di una garanzia del corretto funzionamento di dati sistemi o procedimenti (tra i quali quelli di analisi), soprattutto nel settore sanitario, idonea a tutelare i fruitori del servizio, nella vicenda in esame sono stati totalmente disattesi gli adempimenti stabiliti dalle norme ISO cui le ASL coinvolte devono conformarsi. Si ritiene opportuno rammentare che la ISO 9001:2008 stabilisce, al punto 7.4.3. "Verifica dei prodotti approvigionati", che "L'organizzazione deve stabilire ed effettuare i controlli e i collaudi o altre attività necessarie per **assicurare che i prodotti approvigionati ottemperino ai requisiti specificati per l'approvvigionamento**".

Risulta a tutti chiaro come, nel caso di specie, detti adempimenti siano stati del tutto disattesi. In particolare, va evidenziato il fatto che il problema è emerso solamente a seguito di una informativa proveniente dalla stessa azienda produttrice del *kit*, e non mediante altri e diversi procedimenti

che, ugualmente, potevano rilevare il suddetto difetto.

LE LACUNE

La vicenda in esame **mette in luce le debolezze di un sistema** che, sebbene apparentemente gestito in conformità alle norme ISO in materia di qualità, **non assicura, di fatto, le verifiche sui prodotti in ingresso** con conseguenti riflessi negativi sull'attività che, dato il delicato settore di appartenenza, dovrebbe invece essere costantemente monitorata e svolta in modo da tutelare la salute, bene giuridico costituzionalmente riconosciuto.

Il settore medico ospedaliero dichiara sovente di applicare le norme ISO in materia di qualità al fine di garantire un servizio efficace ed efficiente a favore degli utenti. In particolare, tra le norme che risultano di più ampia diffusione, citiamo la ISO 9001:2008

che prevede l'adozione di un sistema di gestione idoneo a prevenire non conformità mediante l'introduzione di **specifiche procedure di verifica e controllo** utili a consentire, ove possibile, l'eliminazione di questi rischi e, in ogni caso, la gestione degli eventuali scostamenti (solo quelli *in pejus* ovviamente) rispetto agli standard che l'azienda si sia prefissata.

Inoltre, nonostante possa rimanere oscurata dalla predominante forza della norma ISO 9001, va rammentata l'esistenza di una **norma rilevante in materia di laboratori di analisi**, valida anche per le realtà ospedaliere che gestiscono al proprio interno le attività di analisi, rappresentata dalla Norma Europea UNI EN ISO 15189:2013¹. Tale documento normativo, disponibile solo in lingua inglese, prevede l'obbligo, più specifico e circostanziato rispetto al



generico (ma altrettanto importante e utile) requisito di cui al punto 7.4.3 della ISO 9001, di **verificare e testare il materiale utilizzato per le analisi ogni volta che sia effettuata una nuova fornitura**. Questo controllo di ciascun materiale in ingresso consente l'accertamento della conformità del prodotto alle caratteristiche richieste, nonché l'eventuale rilevazione dei vizi al fine di provvedere all'eliminazione dei difetti identificati o, in caso diverso, all'esclu-

NEWS ▶

NUOVO SISTEMA DI VISIONE ARTIFICIALE AD ALTA VELOCITÀ E ALTE PRESTAZIONI

Keyence Italia ha recentemente presentato un nuovo sistema di elaborazione delle immagini, compatibile con telecamere da 21 Megapixel. La Serie CV-X200, realizzata grazie all'adozione di un sensore CMOS compatto e ad alta sensibilità, è la più piccola telecamera da 21 Megapixel al mondo e la prima a supportare ottiche con attacco C su sensori da 4/3", aumentando così le possibilità di scelta degli obiettivi. Anche la flessibilità d'installazione è stata notevolmente migliorata, rendendo possibile il montaggio in spazi preclusi ai sistemi convenzionali. L'elaborazione di immagini da 21 Megapixel consente l'ispezione di un campo più ampio con una maggiore precisione. Un'immagine di grandi dimensioni da 21 milioni di pixel validi (5104 x 4092) può essere trasferita a una velocità 16x di 110 ms. Il nuovo sistema consente di rilevare piccolissimi difetti o avere maggiore precisione sui target grandi, cosa impossibile con i sistemi convenzionali.

Alcune delle caratteristiche di maggiore interesse delle nuove telecamere:

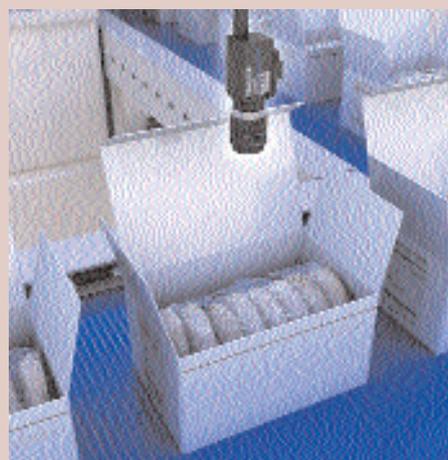
- Ispezioni più diversificate e più precise, sfruttando appieno le immagini ad alta risoluzione di 21 milioni di pixel senza alcuna preoccupazione;

- 24 tipi di filtri di ottimizzazione delle immagini, per compensare in modo significativo le variazioni delle condizioni di ispezione causate dalle condizioni dei pezzi e dall'ambiente esterno, riducendo lo scarto di pezzi non difettosi dovuto a errori d'ispezione;

- il 3D in linea rende possibili nuove ispezioni: la Serie LJ-V offre un rilevamento stabile di vari pezzi con l'acquisizione ad altissima velocità di 64.000 profili al secondo e ogni pezzo può essere sottoposto all'elaborazione delle immagini 3D.

- Il 3D "rende possibile l'impossibile": utilizzando la funzione di "estrazione dell'altezza", i dati 3D possono essere convertiti in un'immagine in scala di grigi, che evidenzia l'altezza che si desidera controllare. Applicando a quest'immagine un algoritmo esistente di elaborazione delle immagini, ora è possibile effettuare ispezioni prima impossibili con una telecamera matriciale.

Per ulteriori informazioni: www.keyence.it



sione dal processo aziendale del prodotto non conforme².

Infine, anche a prescindere dalla specifica applicazione di suddetta norma, che potrebbe (anche se così non dovrebbe essere) sfuggire agli addetti ai lavori, il sistema di gestione ISO 9001, che le realtà ospedaliere s'impegnano ad applicare pedissequamente, richiede implicitamente che i laboratori procedano a effettuare una conferma metrologica delle proprie apparecchiature, o dei metodi o materiali che utilizzano. Ciò al fine, se non di escludere, quanto meno di quantificare l'errore (**la c.d. incertezza di misura o, come spesso si usa in termine medico, lo scarto**) associato a tale attività.

Pertanto, nonostante il dichiarato impegno alla corretta applicazione di sistemi di gestione ISO 9001, con la conseguente necessaria adozione di precisi adempimenti in materia di utilizzo di prodotti per la gestione di un processo di misura, sia in osservanza delle buone prassi metrologiche, sia nel rispetto di quanto stabilito dalla norma UNI EN ISO 15189:2013, risulta evidente la **non giustificabile mancanza**, a livello di gestione di processo, in cui sono incorse le realtà ospedaliere *de quibus* che hanno determinato le conseguenze ormai note con la necessità di provvedere alla ripetizione delle analisi già effettuate ma il cui risultato è stato "contaminato" dalla non conformità del *kit* in dotazione.

Infine, non si possono trascurare anche le potenziali responsabilità rilevanti sotto il profilo giuridico, in specie con riguardo ai rapporti tra cliente (azienda ospedaliera) e fornitore (Abbott), derivanti dal mancato controllo del prodotto alla consegna. Nel nostro ordinamento la regola generale in materia di compravendita di beni mobili, che può comunque essere derogata dalle parti mediante specifici patti e accordi validi e vincolanti, impone che il cliente, a seguito della consegna della merce, dispone di un termine massimo entro il quale deve denunciare i vizi non occulti del prodotto al fine di poter fruire delle garanzie contrattuali (ivi incluso l'even-

tuale risarcimento del danno).

Ora, posto che, allo stato, non sono qui in grado di affermare se si tratti di vizio occulto o meno, benché ritenga, a mio modesto avviso, che il difetto del prodotto, per un tecnico del settore laboratori, possa essere facilmente individuato mediante un'attività comparativa (analisi di campione di sangue con due analoghi *kit* di reagenti), nella ipotesi in cui il lamentato vizio del *kit* rientrasse tra quelli individuabili dall'acquirente, risulterebbero precluse o, quanto meno, limitate le pretese risarcitorie delle aziende ospedaliere coinvolte nella vicenda, attesa la loro responsabilità data dal mancato rispetto del termine decadenziale per la denuncia dei vizi del prodotto acquistato³.

Ulteriormente si rende necessario in ogni caso evidenziare le **responsabilità a carico delle aziende ospedaliere nei confronti dei pazienti** ignari dell'errore che, nemmeno con la più approfondita conoscenza del settore, avrebbero potuto conoscere. In tal caso le aziende restano esposte alle **richieste di risarcimento danni** (che dovranno essere certamente provati in ordine alla sussistenza ed entità) patiti dai pazienti a causa degli eventi verificatisi, senza che, sul punto, l'azienda possa assumere a propria difesa l'impossibilità di conoscere il difetto del *kit* consegnato, considerato che non si tratta di elemento non indagabile in senso assoluto.

Una utile misura che avrebbe potuto essere adottata al riguardo dall'azienda, al fine di escludere o minimizzare le richieste di risarcimento danni da parte dei pazienti, sarebbe stata quella di fornire una completa informativa al paziente circa gli errori della procedura di analisi indicando lo scarto (o incertezza di misura o analogo elemento) in modo da rendere edotti i fruitori del servizio di analisi che tale attività non è esente da errori che possono essere stimati. Una soluzione simile è stata, di fatto, percorsa da un'azienda ospedaliera (reparto diabetologia) dove è stato comunicato ai pazienti affetti da diabete, che utilizzano i glucometri per la

misurazione della glicemia, che gli apparecchi non restituiscono risultati certi in ordine al valore di glicemia ma che hanno un margine di errore di $\pm 20\%$.

Alla luce di quanto sopra appare chiaro come le normative di natura tecnica e le buone prassi nel settore di specie risultino spesso formalmente applicate, in ragione della presenza di un sistema di gestione della qualità, con conseguenti effetti sostanziali di notevole portata. Al riguardo ritengo, tuttavia, opportuno evidenziare che episodi analoghi a quelli verificatisi ben avrebbero potuto accadere anche in caso di corretta applicazione di un sistema di gestione della qualità ma, certamente, **avrebbero costituito oggetto di azione correttiva tempestiva** (non certamente un anno come nel caso di specie) quale gestione di una sorta di emergenza di cui l'azienda avrebbe dovuto dare evidenza secondo quanto stabilito dai requisiti della norma ISO 9001 evitando, in tal modo, il ripetersi dell'errore per un così lungo lasso temporale.

NOTE

¹ UNI EN ISO 15189:2013: Laboratori medici. Requisiti riguardanti la qualità e la competenza.

² UNI EN ISO 15189:2013: 5.3.2.3 Reagents and consumables – Acceptance testing – Each new formulation of examination kits with changes in reagents or procedure, or a new lot of shipment, shall be verified for performance, before use in examinations. Consumables that can affect the quality of examinations shall be verified for performance before use in examinations.

³ Nel presente commento si fa riferimento a una situazione ipotetica ove nel contratto stipulato tra le parti non siano state inserite clausole e condizioni specifiche in deroga a quanto stabilito dal codice civile; in caso diverso, risultano validi i patti concordati dalle parti con disapplicazione di quanto previsto dal codice e qui ipotizzato.

AMPLIFICATORE PER MISURARE COPPIA E ANGOLO DI ROTAZIONE

Oggi i torsimetri possono essere integrati nel sistema dell'amplificatore di misura industriale PMX, in grado di rilevare, in modo altamente dinamico, coppia, velocità di rotazione e angolo di rotazione. Una scheda *plug-in* dell'amplificatore di misura PMX rileva fino a quattro torsimetri contemporaneamente, con un'ampiezza della banda di misurazione fino a 6 kHz. Oltre ai segnali di coppia, è possibile rilevare, in modo assolutamente esatto, i segnali encoder fino a 2 MHz, in ambienti industriali con condizioni difficoltose. I bus di campo ethernet in tempo reale, come Profinet®, Ethercat® o Industrial Ethernet®, garantiscono un'integrazione affidabile del comando macchina e impianto.

La messa in funzione del sistema di misura PMX è estremamente semplice, grazie all'interazione di tecnologia APM (Advanced Plug & Measure) e TEDS. I trasduttori collegati ven-



gono immediatamente riconosciuti e non è necessario eseguire nessuna impostazione, pertanto l'attività di misurazione può iniziare immediatamente. I benefici per l'utente sono, quindi: risparmio di tempo, maggiore stabilità del sistema e assenza di fonti di errore.

Per ulteriori informazioni: www.hbm.com

HBM Test and Measurement

Fondata in Germania nel 1950, Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM Test and Measurement) si è costruita una reputazione come leader mondiale di tecnologia e del mercato nell'industria delle misurazioni e prove. HBM offre prodotti per la catena di misurazione completa, dalle prove virtuali a quelle fisiche. Le sedi di produzione sono situate in

Germania, U.S.A. e Cina; HBM è presente in più di 80 paesi nel mondo.

MISURE E ISPEZIONE 3D NON A CONTATTO DI ALTA PRECISIONE

Nano9000 è un sensore di misura non a contatto. Le sue caratteristiche principali sono l'alta velocità, la misura in 3D e la capacità di misurare contemporaneamente la radiazione riflessa (da superfici come vetro, specchio e coating) e quella diffusa (da superfici metalliche), con una sensibilità inferiore al micron ed elevata ripetibilità. Il Nano9000 è l'unico strumento in grado di misurare simultaneamente entrambe le superfici: riflettente e diffusiva, grazie alla sua tecnologia e al sensore interno multi-calibrato.

Le sue dimensioni contenute (92x65x33 mm³) permettono una facile integrazione OEM.

Il sistema Nano9000 è composto da: Sensor Head – Control Box – Flexible robotic cable (fino a 25 metri) e possiede le seguenti caratteristiche e funzionalità:

- Profilometria e misure di spessore con scansione ad alta velocità fino a 9 kHz.
- Misura simultanea e automatica della radiazione riflessa e diffusa dalla superficie, senza modificare il *setup* dello strumento.

- Sensibilità sub-micrometrica in profondità per analisi 3D dello spessore e profilo di superfici riflettenti.

- Alta sensibilità e ripetibilità della misura inferiore al 1µm.

- Obiettivo con lunghezza focale da 25 mm a 50 mm e opzionale una lente X10 o X20 per microscopia con risoluzione nanometrica.

- Software operativo incluso il controllo dei parametri del sensore e indicatore *In/Out of Range* per un'interfaccia *user friendly*.

- Software di Analisi 3D: *Optimet's Viewer* fornisce informazioni sulla distanza, ondulazione, spessore e rugosità della superficie misurata.

- Completamente integrabile con sistemi di scansione X,Y.



Per ulteriori informazioni: www.optoprim.it

SOLUZIONI EFFICACI DI CONTROLLO, PORTATA E REGOLAZIONE DI PROCESSO



Sin dal 1984, ASIT INSTRUMENTS srl di Orbassano (TO) si pone al servizio dell'industria, con efficaci soluzioni di controllo, portata e regolazione di processo.

L'esperienza acquisita in questi 30 anni ha consentito all'a-

zienda torinese di ampliare la gamma di strumentazione trattata, attraverso una propria produzione di sensori di temperatura, come termoresistenze e termocoppie, destinati sia ai laboratori che all'industria, in regime di qualità ISO 9001:2008 e con certificazione di tipo ATEX per le aree di

rischio dove è essenziale ottenere le misure di temperatura in piena sicurezza.

Asit Instruments non si limita alla fornitura di strumenti di misura e controllo e della relativa assistenza, ma offre anche **servizi di taratura** nell'ambito della Temperatura, Umidità Relativa dell'Aria, Grandezze Elettriche e Pressione.

Il laboratorio di taratura interno è accreditato da ACCREDIA (Centro LAT N° 150), in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, per la taratura dei seguenti strumenti:

- Temperatura
- Umidità Relativa e Temperatura dell'Aria
- Pressione assoluta o a mezzo gas (-1 ÷ 70 bar).
- Pressione relativa mezzo liquido (4 ÷ 1400 bar)
- Vuoto e riferimenti di pressione assoluta (0,005 ÷ 10 bar)
- Grandezze elettriche in bassa frequenza

Per l'anno corrente, a conferma dei **30 anni di crescita costante**, Asit Instruments ha come obiettivo l'integrazione nella propria tabella di accreditamento delle seguenti grandezze, in fase di preparazione: **Taratura di Massa e Bilance – Tempo e Frequenza.**

Per ulteriori informazioni: www.asitstruments.it

Dalle Associazioni Universitarie di Misuristi

THE ITALIAN UNIVERSITY ASSOCIATIONS FOR MEASUREMENT

This section groups all the significant information from the main University Associations in Measurement Science and Technology: GMEE (Electrical and Electronic Measurement), GMMT (Mechanical and Thermal Measurements), AUTEC (Cartography and Topography), and Nuclear Measurements.

RIASSUNTO

Questa rubrica riassume i contributi e le notizie che provengono dalle maggiori Associazioni Universitarie che si occupano di scienza e tecnologia delle misure: il GMEE (Associazione Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche), il GMMT (Gruppo Misure Meccaniche e Termiche), l'AUTEC (Associazione Universitari di Topografia e Cartografia) e il Gruppo di Misure Nucleari.

gorini2014 – del Seminario d'Ecceellenza – Scuola di Dottorato "Italo Gorini 2014", giunto quest'anno alla chiusura del quinto ciclo triennale, con l'edizione che si svolgerà a Lecce dall'1 al 5 settembre.



Lo slogan di questo ciclo, **Measure your Excellency**, vuole sintetizzare lo spirito del seminario: mettere in gioco la propria capacità di pensare e analizzare, in termini complessi, la spinta all'innovazione e alla ricerca scientifica e industriale. In particolare, il tema di questa edizione – *Measurements and Devices for the Innovation and the Technological Transfer* – vuole indicare il contributo d'innovazione e di trasferimento tecnologico di ricerca che mediante la Scuola l'Associazione GMEE intende fornire alle aziende e in generale a tutto il tessuto produttivo e imprenditoriale, anche nell'ambito del Progetto "DITRIMIS"/RIDITT finanziato dal Ministero per lo Sviluppo Economico.

La Scuola tratterà i seguenti temi, propri delle linee di ricerca del GMEE e del GMMT e in generale del settore delle Misure, mediante relazioni invitate di specialisti del settore:

- Sensori e Sistemi di Trasduzione;
- Misure per la Caratterizzazione di Componenti e Sistemi;
- Misure per la Società dell'Informazione.

Da quest'anno la Scuola diverrà internazionale, con contributi in lingua inglese e con partecipanti provenienti dai vari paesi europei e non.

GMEE: GRUPPO MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE



Collaborazione tra il DIIE dell'Università degli Studi dell'Aquila e Carbotech srl

per la progettazione e la realizzazione di un banco prova per la caratterizzazione dei componenti conduttori in carbonio

L'azienda Carbotech srl situata in Martinsicuro (TE), avendo come principale attività industriale la realizzazione di spazzole elettriche per motori, ha avviato una collaborazione con il DIIE dell'Università degli Studi dell'Aquila allo scopo di progettare e realizzare un banco prova in grado di eseguire test veloci sulle spazzole elettriche, onde determinarne in breve tempo l'usura e caratterizzarle più precisamente, fornendo ai clienti informazioni più dettagliate. Nello sviluppo di tale applicazione si è impegnato un laureando in Ingegneria Elettrica magistrale in possesso della certificazione NI CLAD conseguita presso la NI LabVIEW Academy dello stesso Dipartimento.

Sotto la supervisione del Prof. Edoardo Fiorucci e del Dott. Massimo Tozzi (responsabile dell'area ricerca e sviluppo di Carbotech srl) è stato sviluppato



dal Dott. Emanuele Fabrizi un banco che riproduce il sistema collettore-spazzole di un motore elettrico e mediante la misura di un certo numero di parametri è in grado di definire il comportamento delle spazzole installate nelle reali condizioni di esercizio.

Particolare attenzione è stata dedicata alla riproduzione di tutti i fenomeni che influenzano il comportamento reale della spazzola. Un software di controllo e misurazione *ad hoc* è stato sviluppato in ambiente NI LabVIEW.

I primi risultati ottenuti con il dispositivo di prova indicano che può essere adottato con successo per l'analisi delle prestazioni delle spazzole in diverse condizioni di lavoro. L'azienda ha messo a disposizione del DIIE dell'Università degli Studi dell'Aquila una borsa di collaborazione per continuare a sviluppare l'intero sistema.

Scuola di Dottorato "Italo Gorini", edizione 2014

Si informa che è ora attivo il sito ufficiale – <http://misure.poliba.it/>

franco.docchio@unibs.it

Dottorandi e post-doc, assegnisti di ricerca, borsisti, giovani ricercatori, personale comunque impegnato in attività di ricerca presso enti pubblici e privati, quadri e responsabili tecnici aziendali, sono invitati a sottomettere on-line la relativa domanda d'ammissione, entro il 18 giugno 2014, secondo le indicazioni riportate sul sito.

Si chiede di diffondere al massimo le informazioni su questo evento, che si ritiene strategico per lo sviluppo delle attività di ricerca del settore Misure, per la crescita culturale e professionale dei nostri giovani e per il contributo all'innovazione scientifica e tecnologica e per il suo trasferimento alle imprese.

I Direttori della Scuola

Gregorio Andria e Claudio Narduzzi

Brevetto dell'Unità INMRI - ENEA: Metodo per l'analisi d'immagini acquisite da strumenti d'indagine nucleare

Giuseppe Cotellessa dell'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti dell'ENEA è l'inventore di un procedimento fisico-matematico che permette un'analisi corretta della natura e una misura affidabile delle dimensioni degli oggetti osservati nelle immagini acquisite da strumenti d'indagine nucleare, ed estensibile a immagini non nucleari (immagini radar, sonar, TAC, RMN, radiografiche, ecografiche, da microscopi elettronici, ottici e telescopi). Il procedimento può essere applicato anche per migliorare la precisione della lettura dei rilevatori di tracce nucleari, come quelli utilizzati per misurare l'esposizione al radon e ai neutroni in ambienti di lavoro per la radioprotezione dei lavoratori, come anche garantire la sicurezza meccanica nel funzionamento dei componenti utilizzati negli impianti nucleari, contribuire in modo significativo agli studi di ricerca sulla fusione nucleare e agli studi di ricerca nucleare in generale in quanto è in grado di rilevare ed eliminare i segnali provenienti dalle pseudo tracce, cioè quei segnali prodotti dalla presenza d'impronte digitali sul rivelatore o da imperfezioni del materiale.

I sistemi d'indagine nucleare finora utilizzati si basano sulla osservazione da parte di sistemi automatici di analisi di

oggetti su immagini bidimensionali a diverse tonalità di grigio, ricostruiti a partire dalla misura del numero di danni delle radiazioni nucleari, provocati sulla superficie del rivelatore, captati da una telecamera, dopo riflessione o trasmissione sul o attraverso il rivelatore di un fascio luminoso. L'interpretazione dell'immagine ottenuta è affidata esclusivamente a procedimenti matematici di software che analizzano nella maggior parte immagini trasformate in formato binario con notevole perdita d'informazioni utili per l'interpretazione degli oggetti.

Gli oggetti delle immagini analizzate in campo diagnostico e non (immagini radar, sonar, TAC, RMN, radiografiche, ecografiche, da microscopi elettronici, ottici e telescopi) spesso sono analizzate attraverso l'occhio umano dell'operatore, con notevoli errori nell'interpretazione della natura degli oggetti, nella misura nel numero e delle dimensioni degli oggetti interpretati.

Il procedimento brevettato consente di ricostruire grafici tridimensionali facilmente interpretabili dall'occhio umano, che sono ottenuti effettuando più letture dello stesso rilevatore, per diversi valori d'intensità luminosa. Ciò permette di differenziare le tracce nucleari emesse o trasmesse dall'oggetto indagato, dalle pseudo tracce reali dovute alla presenza d'impronte digitali sul rivelatore o a imperfezioni del materiale, e da quelle virtuali dovute a una non corretta impostazione dei parametri di lavoro. L'eliminazione dei segnali delle pseudo tracce consente di ottimizzare i parametri di lavoro e migliorare l'accuratezza e la riproducibilità della lettura.

Il brevetto, di proprietà ENEA, è stato depositato il 13 dicembre 2012 con numero RM2012A000637. È consultabile nella banca dati Brevetti ENEA dal 19 dicembre 2012 ed è disponibile per *licensing*.

Sicurezza dell'illuminazione a LED: nuova pubblicazione della Società Q-Tech srl, Socio sostenitore GMEE, e dell'Unità di Brescia

Segnaliamo una nuova pubblicazione

della Ditta Q-Tech srl di Brescia, socio sostenitore del GMEE, in collaborazione con l'Unità di Brescia, sulla misura e la sicurezza dei sistemi d'illuminazione a LED.

F. Docchio, L. Fumagalli, G. Libretti, P. Tomassini: "LED illumination: illuminotechnical, optical, metrological and safety issues". In: A. Cutolo, A.G. Mignani, A. Tajani: "Photonics for safety and security", World Scientific Co. Inc., pp. 292-308 (2014).

GMET: GRUPPO MISURE MECCANICHE E TERMICHE

Dall'Unità GMET di Bari: nuovi lavori su riviste internazionali

Riceviamo dall'Unità di Bari del Gruppo di Misure Meccaniche e Termiche la seguente lista di recenti pubblicazioni su riviste internazionali, anche in collaborazione con il Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche. Gli abstract sono presenti nel numero telematico della Rivista, all'indirizzo: <http://www.affidabilita.eu/tuttomisure/articolo.aspx?idArt=1113>.

Buona lettura!

De Capua C., Fabbiano L., Morello R., Vacca G. (2014). *Optimized Procedure to Evaluate the Thermal Energy Transfer in Hemodialysis Treatment*. INSTRUMENTATION SCIENCE & TECHNOLOGY, ISSN: 1073-9149, doi: 10.1080/10739149.2013.876546

Giaquinto N., Fabbiano L., Savino M., Vacca G. (2013). *Observations on the worst case uncertainty*. JOURNAL OF PHYSICS. CONFERENCE SERIES, vol. 459, ISSN: 1742-6596, doi: 10.1088/1742-6596/1/012038

De Capua C., Fabbiano L., Lipari G., Morello R., Vacca G. (2013). *A web service based mobile application for detecting Kayser-Fleischer ring in eye cornea*. INSTRUMENTATION SCIENCE & TECHNOLOGY, vol. 42, p. 95-108, ISSN: 1073-9149, doi: 10.1080/10739149.2013.841190

2014 eventi in breve

2014			
24-27 giugno	Ancona, Italy	AIVELA 2014 - International Congress on Vibration Measurement	www.aivela.org/11th_Conference/index.html
26-27 giugno	Kohala Coast, Hawaii, USA	ASPE/ASPEN Summer Topical Meeting	www.aspe.org
26-27 giugno	Warsaw, Poland	IMEKO TC10 2014	http://imekotc10-2014.org
28-29 giugno	Shanghai, China	2014 International Conference on Materials Science and Engineering Technology (MSET 2014) 2014	www.icmset.org
14-16 luglio	Montreal, Canada	IEEE Summer Topical Meeting Series	www.photonicstopics.org/submit.php
20-24 luglio	Paris, France	NFOCOMP 2014, The Fourth International Conference on Advanced Communications and Computation	www.iaria.org/conferences2014/INFOCOMP14.html
24-28 agosto	Rome, Italy	DATA ANALYTICS 2014, The Third International Conference on Data Analytics	www.iaria.org/conferences2014/DATAANALYTICS14.html
24-28 agosto	Rome, Italy	ADVCOMP 2014, The Eighth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences	www.iaria.org/conferences2014/SubmitADVCOMP14.html
29-31 agosto	Vienna, Austria	9 th International Joint Conference on Software Technologies	www.icsoft.org
1-3 settembre	Vienna, Austria	11 th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics	www.icinco.org
1-4 settembre	Palma de Mallorca, Spain	14 th NUSOD Conference	www.nusod.org/2014
2-5 settembre	Miedzysdroje, Poland	Methods and Models in Automation and Robotics	www.mmar.edu.pl
2-5 settembre	Catania, Italy	Foritaal - Quinto forum Italiano su Ambient-assisted living	www.foritaal2014.it
2-5 settembre	Washington DC, USA	The IEEE 25 th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications	www.ieee-pimrc.org
7-10 settembre	Brescia, Italy	XXVIII EUROSENSORS 2014	www.euroensors2014.eu
8-10 settembre	Ancona, Italy	Congresso GMEE 2014	www.diism.univpm.it/gmee2014
8-10 settembre	Ancona, Italy	Congresso GMMT 2014	www.gruppomisuremt.it/info_GMM_2014.pdf
15-17 settembre	Benevento, Italy	20th IMEKO TC-4 Symposium	http://conferences.imeko.org/index.php/tc4/tc4_2014
17-18 settembre	Napoli, Italy	2014 IEEE Workshop on Environmental, Energy, and Structural Monitoring Systems (EESMS 2014)	www.ingegneria.uniparthenope.it/EESMS2014
22-27 settembre	Lemgo, Germany	ISPCS 2014 - IEEE Int. Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control and Communications	www.ispcs.org/2013/index.html
23-24 settembre	Chemnitz, Germany	IMEKO TC 19 Symposium on Environmental Instrumentation and Measurement	www.tu-chemnitz.de/eti/messtech/imeko
24-25 settembre	Napoli, Italy	3rd Renewable Power Generation Conference (RPG™)	http://conferences.theiet.org/rpg/index.cfm
8-11 ottobre	Qingdao, China	17 th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems	www.itsc2014.org
12-15 ottobre	Rome, Italy	1st IMEKOFOODS	http://imekofoods.enea.it
12-16 ottobre	San Diego, USA	27 th IEEE Photonics Conference	www.ipc-ieee.org
20-22 ottobre	Belfast, UK	2014 IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS)	www.sips2014.org
29 ottobre-1 novembre	Dallas, TX	40 th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	www.iecon2014.org
31 ottobre-4 novembre	Kenting, Taiwan	The 3 rd International Conference on Engineering and Technology Innovation 2014 (ICETI2014)	www.taeti.org/iceti2014/index.html
1-3 novembre	Qingdao, Shandong, China	The 2 nd International Conference on Photonics and Optoelectronics	www.icopo.org/2014
2-5 novembre	Valencia, Spain	IEEE SENSORS 2014	http://ieee-sensors2014.org
3-6 novembre	Venice, Italy	5th IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm 2014)	http://sgc2014.ieee-smartgridcomm.org
3-7 novembre	Vienna, Austria	The 3 rd IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE 2014)	www.iccve.org/2014
16-20 novembre	Lisbon, Portugal	CENICS 2014, The 7 th International Conference on Advances in Circuits, Electronics and Micro-electronics	www.iaria.org/conferences2014/CENICS14.html
22-24 novembre	Istanbul, Turkey	1 st International Conference on Energy Technologies	www.entechconference.com

NUOVO TRASMETTITORE DA PROCESSO, ROBUSTO ED ESTREMAMENTE PRECISO

Con l'UPT-2X, WIKA introduce sul mercato un nuovo trasmettitore da processo, estremamente preciso, adatto a ogni tipo di applicazione, dalla costruzione robusta e dotato di display LCD. La compatta custodia in plastica, con resina rinforzata (PBT), è dotata di sensori con campi di misura da 400 mbar a 1.000 bar, liberamente scalabili con un *turndown (rangeability)* massimo raccomandato di 20:1. Questo nuovo trasmettitore è molto facile da usare e comunica con la più recente versione dello standard HART® (v7). Con la sua testa regolabile, lo strumento è in grado di adattarsi a qualsiasi situazione di montaggio e il suo ampio display da 60 mm sempre leggibile, anche a grandi distanze.

Oltre a essere adatto a quasi ogni tipo di applicazione, l'UPT-2X ha un ottimo rapporto qualità/prezzo. La gestione dello strumento senza la necessità di accessori consente di risparmiare tempo, mentre l'elevata stabilità a lungo termine assicura bassi costi di manutenzione.

Per ulteriori informazioni:
www.wika.it



TRASDUTTORI DI PRESSIONE INDUSTRIALI

I modelli *Setra 3100* e *3200*, distribuiti in Italia da Luchsinger, sono trasduttori di pressione progettati per applicazioni OEM (*Original Equipment Manufacturer*). Ideali per misure di pressioni nei sistemi idraulici, refrigerazione, HVAC/R, in campo medicale e, in generale, in applicazioni riguardanti il controllo di pompe e compressori.

Per questi trasduttori di pressione Setra utilizza un processo CVD (*Chemical Vapour Deposition*) che deposita chimicamente una griglia estensimetrica sul diaframma sensibile alla pressione. Questa tecnologia, denominata "*Thin-film*", è vantaggiosa per la produzione di grandi quantità a prezzi molto competitivi.

Seppure progettati per grandi volumi, i trasduttori della serie *3100* offrono una buona precisione del 0,25% FS (0,5% FS per la serie

3200) e una stabilità a lungo termine migliore di 0,1% FS/anno. Inoltre gli effetti termici sono compensati nell'intervallo da -40 a 105 °C. I campi di misura di pressione vanno da 3,5 a 2.200 bar; in opzione, è possibile avere un'uscita duale di pressione e temperatura.

Il modello *3200 Heavy Duty* offre le stesse caratteristiche ma, grazie a un diaframma più spesso, resiste a picchi di sovrappressioni più elevati, fino a 3 volte il fondo scala.

La costruzione in acciaio inossidabile, interamente saldata, con protezione IP67, una vasta scelta di uscite elettriche in tensione e corrente, di raccordi di pressione e connettori elettrici rendono questi trasduttori ideali per moltissime applicazioni.

Per ulteriori informazioni: www.luchsinger.it



SISTEMA DI DATALOGGING WIRELESS



Il sistema di *data logging wireless* proposto dalla Delta OHM permette di monitorare una molteplicità di grandezze fisiche nei più svariati campi di applicazione: Temperatura – Umidità relativa – Pressione atmosferica e pressione differenziale – Illuminamento (lux) e irradiazione UV – CO – CO2 – Accelerazione.

I modelli che misurano umidità relativa e temperatura calcolano grandezze di umidità derivate. Le grandezze calcolate dipendono dal modello e possono essere: temperatura del punto di rugiada, temperatura di bulbo umido, umidità assoluta, rapporto di mescolanza, pressione di vapore parziale.

Le sonde di misura esterne si collegano al *datalogger* tramite connettore M12 o morsetti, a seconda del modello. Alcuni modelli dispongono di sensori integrati. È disponibile una versione di *datalogger* con ingressi a morsetti per il collegamento di: Trasmettitori con uscita in corrente 4÷20 mA e in tensione 0÷1 V o 0÷50 mV – Sensori di temperatura Pt100 / Pt1000 e termocoppie tipo K, J, T, N, E – Sensori con uscita a contatto pulito (conteggio delle commutazioni) o potenziometrica. Ciò consente di estendere la capacità di monitoraggio del sistema a innumerevoli altre grandezze oltre a quelle sopra indicate.

Tipici campi di applicazione del sistema di *data logging wireless* Delta OHM sono: Settore alimentare (contenitori refrigerati, banchi frigo, celle frigorifere, produzione e trasporto di alimenti), Strutture sanitarie (conservazione farmaci, vaccini, sangue, monitoraggio incubatori e sale operatorie), Serre e coltivazioni agricole, Analisi ambientali, Sale museali e archivi documentali, Trasporto di merci deperibili e fragili, Condizionamento dell'aria, Camere bianche, Laboratori, Processi industriali.

Per ulteriori informazioni: www.deltaohm.com

Audit interno - Parte prima

La norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025

A great success has been attributed to this interesting series of comments by Nicola Dell'Arena to the Standard UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

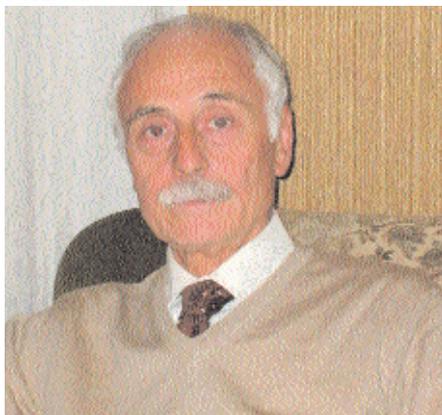
RIASSUNTO

Prosegue con successo l'ampia e interessante serie di commenti di Nicola Dell'Arena alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. I temi trattati sono: La struttura della documentazione (n. 4/2000); Controllo dei documenti e delle registrazioni (n. 1/2001 e n. 2/2001); Rapporto tra cliente e laboratorio (n. 3/2001 e n. 4/2001); Approvvigionamento e subappalto (n. 3/2002 e n. 1/2003); Metodi di prova e taratura (n. 4/2003, n. 2/2004 e n. 3/2004); Il Controllo dei dati (n. 1/2005); Gestione delle Apparecchiature (n. 3/2005, n. 4/2005, n. 3/2006, n. 3/2006, n. 4/2006, n. 1/2007 e n. 3/2007); Luogo di lavoro e condizioni ambientali (n. 3/2007, n. 2/2008 e n. 3/2008); il Campionamento (n. 4/2008 e n. 1/2009); Manipolazione degli oggetti (n. 4/2009 e n. 2/2010), Assicurazione della qualità parte 1.a (n. 4/2010); Assicurazione della qualità parte 2.a (n. 1/2011); Assicurazione della qualità parte 3.a (n. 2/2011). Non conformità, azioni correttive, ecc. parte 1.a (n. 4/2011), parte 2.a (n. 1/2012), parte 3.a (n. 2/2012), parte 4.a (n. 3/2012), parte 5.a (n. 4/2012), parte 6.a (n. 1/2013), parte 7.a (n. 2/2013), parte 8.a (n. 3/2013), parte 9.a (n. 4/2013), parte 10.a (n.1/2014).

verifica ispettiva sono stati soddisfatti". La 9000 prosegue con una nota con la quale chiarisce la differenza che esiste tra audit interni ed esterni. Se un profano dei sistemi qualità leggesse questa definizione, non capirebbe niente dell'audit. Sinceramente la frase è contorta quando parla dei criteri: vediamo di chiarirla anche per i primi lettori. La verifica ispettiva è un'attività che bisogna eseguire per raccogliere evidenze sulla conformità dell'applicazione del sistema qualità adottato da parte di una organizzazione (laboratorio o società). Il termine evidenza (già dalle prime norme si chiamava evidenza oggettiva) si capisce di più e con maggior facilità leggendo il vocabolario al posto della norma. Lo Zingarelli riporta "certezza, chiarezza" mentre per l'aggettivo evidente riporta "che non si può mettere in dubbio". Quindi le evidenze sono fatti, azioni, processi effettuati dall'organizzazione e riscontrati durante la verifica che non devono lasciare dubbi sulla loro realtà.

La 9000 al punto 3.9.4, nella definizione di evidenza della verifica ispettiva riporta alcuni esempi come "registrazioni, dichiarazioni di fatti, o altre informazioni" di evidenze che sono limitative della realtà aziendale ma sicuramente utili. La novità consiste nel fatto che una semplice dichiarazione (fatto esclusivamente verbale) di una qualsiasi persona dell'organizzazione è una evidenza. La nota precisa che "l'evidenza di una verifica ispettiva può essere qualitativa o quantitativa", e cioè che la mancanza di attuazione può avvenire sia sulla qualità che sulla quantità (misure sbagliate, incertezza superata, numero di prove da effettuare, numero di campioni, frequenza di taratura e di manutenzione non rispettata, ecc.).

PREMESSA GENERALE



La 17025, tra i requisiti, riporta l'esecuzione degli audit interni. Essi sono entrati nel mondo industriale con la legge americana 10 CFR 50 Appendix B dal titolo "Quality assurance criteria for nuclear power plants and fuel reprocessing plants" tradotto in "Criteri di garanzia della qualità per gli impianti di energia nucleari e di riprocessamento del

combustibile". Il criterio XVIII dell'App. B, nata per gli impianti nucleari, prescriveva l'audit (senza distinzione tra interni ed esterni), che nella versione italiana fu tradotto con *verifica ispettiva*.

Riporto sola una parte del criterio XVIII per capire meglio la situazione "Dovrà essere attuato un esauriente e periodico programma di verifiche ispettive allo scopo verificare la conformità con tutti gli aspetti del programma di garanzia della qualità e per determinare l'efficacia del programma". Come si vede già dalla prima norma gli audit dovevano essere utilizzati per verificare la conformità e l'efficacia del sistema adottato. Nelle nuove norme sui sistemi qualità la definizione di audit, riportata al punto 3.9.1 della ISO 9000, è la seguente: "processo sistematico, indipendente e documentato per ottenere evidenze della verifica ispettiva e valutarle con obiettività, al fine di stabilire in quale misura i criteri della

PIANO E PROGRAMMA DI AUDIT

La 17025 giustamente prescrive audit interni poiché all'esterno ci sono altri organismi che fanno rispettare la norma. Il paragrafo 4.14.1 praticamente prescrive 4 requisiti importanti che potevano essere prescritti singolarmente poiché diversi l'uno dell'altro.

Il primo prescrive che "il laboratorio deve eseguire periodicamente, secondo un piano e una procedura prefissati, audit sulle sue attività per accertare che le operazioni continuino a soddisfare i requisiti del sistema di gestione e della presente norma internazionale".

Il secondo prescrive che "il programma di audit interni deve trattare tutti gli elementi del sistema di gestione, comprese le attività di prova e/o di taratura".

La prima domanda che sorge è se bisogna utilizzare il piano o il programma, visto che la norma le prescrive entrambi. Per la prima volta devo dire *tutti e due*, poiché i due strumenti sono diversi e si utilizzano in due fasi diverse del processo di audit. Devo avvertire però che il piano per un laboratorio di piccole dimensioni diventa uno strumento pesante e difficile da utilizzare e gestire.

Il piano di audit (ricordo che esso è uno strumento più complesso rispetto al programma) è un documento che deve essere predisposto per ogni singolo audit e deve riportare: data/e di effettuazione; area da sottoporre ad audit; elementi (requisito) del sistema di gestione da auditare; personale che partecipa all'audit con indicazione del responsabile del gruppo; personale che deve essere sottoposto ad audit e a seconda della tipologia dell'audit; altre informazioni utili.

Il programma di audit (ricordo che esso è uno strumento che riporta solo tempi) è una registrazione che riporta per area di laboratorio il periodo di quando effettuare l'audit. Nella Fig. 1 si riporta un esempio di registrazione del programma delle verifiche ispettive, naturalmente si possono utilizzare altre tipologie di registrazioni, ma questa, fatta per aree di laboratorio, è la migliore e la più semplice.

Figura 1

LOGO	Tipologia: Mod 07. Rev 0			
	REGISTRAZIONE PROGRAMMA ANNUALE DELLE VERIFICHE ISPETTIVE			
Identificazione: 1	Revisione: 2	Anno: 3	Data: 3	Pag 4 di
UNITÀ MESE	PRES	QUA	PRO	ARCH
GENNAIO	5	5	5	5
FEBBRAIO				
A SEGUIRE FINO A DICEMBRE				

PROCEDURA

La norma parla di procedura (e in modo esatto ne chiede una sola). La stessa ISO 9001 chiede poche pro-

cedure e tra esse quella sulle verifiche ispettive. Si tratta naturalmente di una procedura gestionale dove riportare le cose già dette per le altre procedure.

NEWS

**UN CARO SALUTO
AD ABRAMO MONARI:
CI HA LASCIATO
LO STORICO SEGRETARIO
DI GISI**

**Enzo M. Tieghi
(Managing Director, ServiTecno)**

Nei giorni scorsi è mancato a Milano Abramo Monari, a causa di una fulminante malattia, a 82 anni appena compiuti.

Ho conosciuto Abramo oltre vent'anni fa: mio padre me lo presentò come prossimo segretario *in pectore* in un'assemblea GISI, Gruppo Imprese Strumentazione Italiane. Quelli che erano stati i fondatori e animatori di GISI lasciavano spazio alle nuove leve: mio padre diveniva Presidente Onorario (mancò dopo pochi anni), Clemente Piolini, a lungo Segretario (fu poi eletto Presidente e, infine, Presidente Onorario), lasciava il campo a un nuovo e

dinamico Segretario a tempo pieno, Abramo Monari.

Abramo è stato "il Gisi" per oltre un ventennio: rappresentava l'associazione e gli associati con grande scrupolo ed energia, attraverso momenti e anni buoni e meno buoni. Ci sentivamo regolarmente e cercava di coinvolgermi (non solo me: so che lo faceva con tanti altri associati di GISI) in molte iniziative, quali fiere, pubblicazioni, missioni, eventi, gruppo di lavoro, ecc. Lo incontravi nei convegni e nelle fiere, girava per gli stand alla ricerca di nuovi associati, annusando l'aria, chiedendo a tutti come andasse il mercato e cosa ne pensassero della fiera. In una bella mattina di primavera, in tanti ci siamo ritrovati per Abramo, che purtroppo lascia sola sua moglie (che eravamo abituati a vedere immancabile al suo fianco, nelle manifestazioni alle quali partecipava in giro per l'Italia): era un po' confusa alla vista di molte persone, che hanno voluto portare un ultimo saluto e manifestare stima a un bel personaggio del mondo della strumentazione e automazione italiana che se ne va.

Aldo Romanelli

La storia degli accelerometri

dal 1900 ai giorni nostri - Parte I

THE HISTORY OF ACCELEROMETERS

An interesting series of articles that illustrates the history of the accelerometers since their very beginning in the first years of 1900 until today, is described here and in the companion article in the next issue of the Journal.

RIASSUNTO

Una interessante serie di articoli (questo e il prossimo) descrive la storia degli accelerometri, fin dalle loro origini nei primi anni del secolo scorso e fino ai giorni nostri.

INTRODUZIONE

L'accelerometro, sensore o trasduttore, vive in questi ultimi decenni una trasformazione tecnologica, produttiva e applicativa. L'avionica è stata in passato il suo settore di riferimento, con la quasi esclusività nell'uso della tecnologia piezoelettrica, connessioni in alto isolamento, amplificatori elettrometrici poi di carica e, per ultimo, l'adattatore d'impedenza ICP®, IEPE®, Piezotron® ecc. Dai pochi costruttori di accelerometri di quel tempo, l'esigenza di mercato li ha accresciuti in modo esponenziale. Ciò è dovuto alla progressiva frammentazione tecnologica: piezoelettrica, piezocapacitiva, semiconduttore, estensimetrica, piezoresistiva, induttiva, e inoltre asservita per una copertura richiesta dal mercato nell'impatto, vibrazioni, comfort, sismica, e per l'elettronica di consumo.

Le misure e le analisi sempre più spinte necessitano di elevata stabilità dello zero gravitazionale e di opportuni fattori di smorzamento per i misure dinamiche. I costruttori più accorti hanno cercato d'integrarsi in altri gruppi oppure acquisire quante più tecnologie possibili come Measurement Specialties "MEAS" con IC Sensors, Entran, FGP, HL Planar, Schae-vitz. Conoscere le origini e la storia di questo sensore contribuisce alla completezza conoscitiva che questa misura richiede.

Questo articolo riassume la storia dell'accelerometro dal suo sviluppo alle successive evoluzioni industriali. L'argomento principale è costituito da accelerometri piezoelettrici e piezoresistivi, ma vengono presi in considerazione anche accelerometri estensimetrici, vengono elencate le aziende che per prime si sono dedicate a questo misuratore, viene dettagliato cronologicamente lo sviluppo di queste tecnologie dagli esordi a oggi.

I PRIMI ACCELEROMETRI

Il primo studio sull'accelerometro a ponte estensimetrico è da attribuire a McCollum e Peters (Fig. 1). Pesava circa 450 g e aveva le seguenti dimensioni: 19 x 98 x 215 mm³. Consisteva di una struttura a forma di E, contenente da 20 a 25 anelli di carbone configurati a mezzo-ponte di Wheatstone tensione-compressione tra la parte superiore e la sezione centrale della struttura. Dal 1925 la tecnologia a essa associata è stata spostata in Germania, e nel 1927 venne commercializzata negli Stati Uniti dalla Southwark, successivamente denominata Baldwin-Southwark e ora BLH Electronics. Il bollettino Southwark 132 riporta che la frequenza di risonanza era inferiore a 2 kHz. Dal 1936 il bollettino Southwark pubblicava un accelerometro biassiale

con "filtro a smorzamento regolabile" in campi di misura fino a 100 g. Le applicazioni di cui veniva data informazione erano "registrazione dell'accelerazione di una catapulta di un aereo, ascensori, smorzatori d'urto degli aerei e registrazione delle vibrazioni nelle turbine a vapore e delle tubature e canali sotterranei e le vibrazioni dovute a esplosioni".

In aggiunta agli otto utilizzatori d'oltremare, vennero identificati 110 utilizzatori statunitensi che apparentemente pagavano 420 USD agli inizi del 1930. Un acume particolare nell'utilizzo precoce degli accelerometri può essere riconosciuto a F.G. Tatnall, in merito al quale venne pubblicato un libro "TATNALL ON TESTING" dall'Università di Pennsylvania nel 1966. La sua carriera professionale iniziò con la laurea presso l'Università di Pennsylvania nel 1920 e durò più di 40 anni, dedicata allo sviluppo e verifica di meccanica sperimentale. Nel suo libro riflette sul fatto che durante la depressione negli Stati Uniti tutti i progressi nel campo del "testing" erano prerogativa del Washington Navy Yard e del Naval Aircraft Yard di Philadelphia. Durante questo periodo le verifiche sugli aeroplani richiedevano misuratori di pressione con segnale elettrico per l'olio e sistemi di lubrificazione degli ingranaggi, insieme ad accelerometri e trasduttori di direzione, per lo più realizzati con telemetrie induttive e contatti striscianti.

La commercializzazione su larga scala degli accelerometri dovette attendere l'avvento di estensimetri a resistenza (Fig. 2). La ridotta risposta

DSPM Industria - Milano
info@dspmindustria.it

ACCELEROMETRI OLTRE I LIMITI



La gamma di accelerometri della Kistler, frutto di un tradizionale impegno nella continua ricerca e innovazione, si amplia ulteriormente per soddisfare le più disparate esigenze applicative.

Rapporto Sensibilità/Dimensioni imbattibile: accelerometri monoassiali 8640A e triassiali 8688A PiezoBeam con standard IEPE

Progettati per accurate misure di eventi in frequenza da 0,5 Hz a 5.000 Hz, gli accelerometri Kistler Type 8640A e 8688A presentano un'ottima banda passante, fase, accuratezza e resistenza agli urti; sono ideali per l'uso in applicazioni di analisi modale SIMO (Single Input Multiple Output) o MIMO (Multiple Input Multiple Output), analisi modale operazionale o applicazioni di monitoraggio sismico.

Disponibili in formato da 5, 10, 50 g questi accelerometri incorporano un elemento sensibile piezoceramico bimorfo integrato con tecnologia Piezotron® per un'alimentazione/uscita secondo standard IEPE.

Kistler 8766A: migliore per la sua

classe con altissima stabilità in temperatura

I nuovi accelerometri triassiali Kistler Type 8766A, dotati di cristalli Piezostar®, si presentano come sensori cubici aventi massa di 3,7 g, progettati per misure accurate di eventi in frequenza da 0,5 Hz a 10.000 Hz. L'estrema stabilità in temperatura (-0,005% / °C) permette accurate misure di vibrazione anche con gap di temperatura molto elevati. Con l'ampio range operativo da -54 °C a +165 °C, questa famiglia di accelerometri triassiali è stata progettata per uso in applicazioni di analisi modale e testing in campo automotive, avionico, spaziale nonché in applicazioni di crash test. L'estrema rigidità del cristallo Piezostar®, brevettato e accresciuto nei laboratori Kistler, permette una risposta pressoché piatta su tutto il range di misura di frequenza e temperatura, con prestazioni notevolmente migliorate rispetto ai normali cristalli piezoceramici.

8315A e 8395 K-Beam® con tecnologia MEMS: eccezionale modularità, accuratezza e resistenza agli urti

Queste famiglie di accelerometri hanno sia alta stabilità in temperatura sia bassissimi livelli di rumore, per misure precise sulle basse frequenze, dalla continua fino a 1.000 Hz. Sono sensori ideali per utilizzo su veicoli, aeromobili, flutter test, test sospensioni, veicoli ferroviari e per varie altre applicazioni industriali. Le famiglie di accelerometri monoassiali Type 8315A e triassiali Type 8395 sono basate su tecnologia a capacità variabile, nota come MEMS (Micro-Electro-Mechanical System). Disponibili in 6 range, possono effettuare misure da -55 °C...125 °C (linearità e isteresi <1% FS).

Per ulteriori informazioni:

www.kistler.com

TRASDUTTORI LASER

La famiglia di sensori Laser, distribuita da Instrumentation Devices, include una varietà di modelli per misure di posizione, spostamento, distanza e per profilometria 2D / 3D.

I **laser a triangolazione** offrono campi di misura da 3 a 1.270 mm, 0,1% di accuratezza, 0,03% di risoluzione, campionamento >9 kHz, dimensioni e peso contenuti. Permettono misure di posizione, spostamento, vibrazione, oscillazione, allineamento su macchine per imballaggio e assemblaggio, nel controllo di processo, nel R&D; vi sono anche modelli specifici per il rilievo dinamico del profilo stradale (road-profiler).

I **laser a fascio collimato** di tipo range-finder, con campionamento di decine di kHz, offrono campi di misura 0÷16 m, con accuratezza 2,5 mm e risoluzione da 0,032 mm a 3.000 m, con precisione di alcuni mm; i modelli equipaggiati di Line Scanner rilevano con precisione profili 2D e 3D, ad



esempio in gallerie stradali o ferroviarie.

I **laser a scansione** utilizzano un rivelatore CMOS ad alta velocità e un generatore di linea laser; consentono misure accurate 2D di profilo e, tramite movimento lineare, la ricostruzione del profilo 3D di un oggetto.

Per ulteriori informazioni:

www.instrumentation.it

NUOVO DUROMETRO AUTOMATICO, ROBUSTO E AFFIDABILE



CRASE, con 25 anni di esperienza, oggi si posiziona come realtà dinamica e giovane nel settore della strumentazione di misura oggi presenta sul mercato il nuovo durometro combinato ROCKWELL e ROCKWELL SUPERFICIALE: **KR TWIN**.

Si tratta di uno strumento completamente automatico, robusto e affidabile, che effettua misure secondo Rockwell UNI EN ISO 6508 e ASTM E 18. Il modello TWIN è un combinato con entrambe le famiglie di carico 15-30-45 Kg e 60-100-150 Kg.

Questo durometro, realizzato con struttura in robusta lamiera saldata, monta al proprio interno una cella di carico, per applicazione del carico di prova.

L'utilizzo dello strumento avviene attraverso il pannello frontale a colori TOUCH SCREEN con interfaccia in lingua Italiana e Inglese.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Conversione durezza	HV, HB HR
Risoluzione	0,1 Rockwell
Carichi di prova	15, 30, 45, 60, 100, 150 kg
Display LCD	Test di prova, risultato, min max, statistica, conversione tempo
Data input	Touch screen
Ciclo di prova	Automatico
Altezza di prova	350 mm
Profondità di prova	250 mm
Dimensioni	230x620x1030H mm ³
Peso	80 Kg

Per ulteriori informazioni:

www.crase.com

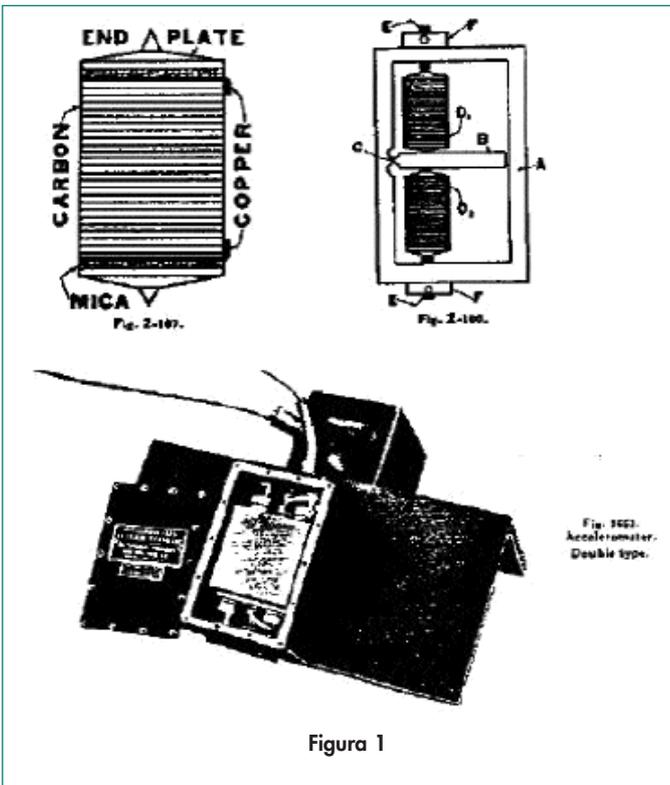


Figura 1

in frequenza dei primi accelerometri estensimetrici ne limitò l'applicabilità. David E. Weiss riferiva, in un rapporto del 1947, di misure effettuate sulla struttura di velivoli navali presso la Naval Air Experimental Station (NAES) di Philadelphia: "gli accelerometri sono necessari per questi tipi di misure". Il Sig. Weiss descrive gli accelerometri sviluppati presso la NAES, campioni costruiti dalla Douglas Aircraft Company; illustrava inoltre gli accelerometri Satham con campi di misura da ± 12 g fino a ± 40 g e frequenze naturali da 400 - 500 Hz. Il peso dello strumento Satham da 12 g era approssimativamente di 4 N.

La relazione del Sig. Weiss esaminava la risposta di un accelerometro a un impulso triangolare con diversi valori di smorzamento e concludeva che "mentre devono ancora essere fatti molti calcoli matematici per determinare la risposta degli accelerometri alle vibrazioni, è evidente che frequenze naturali elevate sono necessarie per registrare i transienti". Alla stessa conferenza in cui il Sig. Weiss presentò la sua relazione, il Sig. W.P. Welch della Westinghouse Research Laboratories presentò un'altra relazione nella quale proponeva un nuovo e scioccante strumento di misura. "Attualmente non esiste nessuno strumento con le caratteristiche necessarie per la misura degli shock meccanici in fase di sperimentazione. Questo include misure fatte su navi, aerei e altri veicoli".

Il Sig. Welch usò un analizzatore di transienti Westinghouse per studiare la risposta transitoria degli accelerometri in quattro tipi di shock dovuti a movimento. L'ulteriore risalto dato dalla misura degli shock spronò Levy e Kroll, nel 1951, a realizzare uno studio analitico presso il National Bureau of Standards sulla risposta degli accelerometri alle accelerazioni transitorie. Questo studio esaminò tale risposta degli accelerometri sulle forme d'onda di mezza senoide, triangolare e quadrata; i parametri degli accelerometri controllati erano proporzionalmente smorzati in rapporto al periodo e alla durata della sollecitazione. Questo lavoro venne svolto anche dalla Marina attraverso il Bureau of Aeronautics.

La necessità di trovare una soluzione ai problemi della risposta transitoria emersa dagli studi di Weiss, Welch, Levy e Kroll portò come risultato l'introduzione dell'accelerometro piezoelettrico nel mercato dei trasduttori. I materiali piezoelettrici usavano geometrie ingombranti; inoltre le loro risposte auto-generate producevano ampi campi di segnali dinamici. Entrambe queste proprietà e caratteristiche resero possibile la realizzazione di accelerometri con frequenze di risonanza elevate che consentono di eliminare lo smorzamento per estendere la risposta in frequenza degli accelerometri.

Anche l'espedito connesso alla frequenza di taglio fu eliminato. Quest'ampia gamma di segnali dinamici ha inoltre consentito la riduzione delle dimensioni degli accelerometri piezoelettrici, comparati a quelli estensimetrici, e al contempo un maggiore campo di misura. Come prova delle migliorate caratteristiche degli accelerometri piezoelettrici nelle misure di vibrazione possono essere

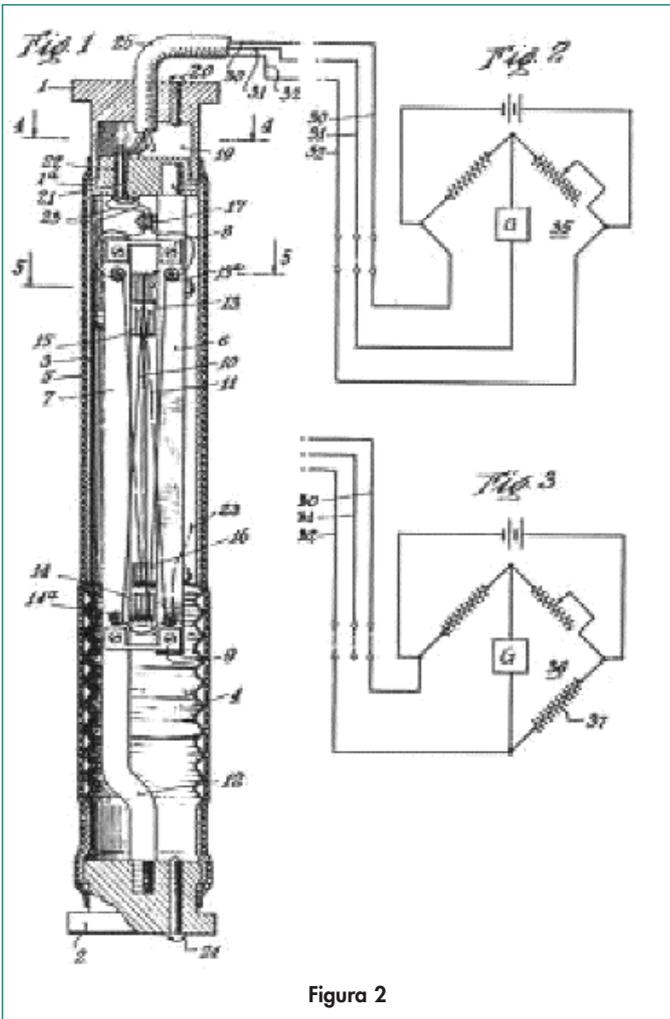


Figura 2

consultate le relazioni n. 6907 e 7066 del National Bureau of Standards, che conservano le prove delle prestazioni fornite da accelerometri piezoelettrici e accelerometri estensimetrici, costruiti anche prima del 1960. Nessuno degli accelerometri estensimetrici ha raggiunto una risposta in frequenza maggiore di 800 Hz, mentre gli accelerometri piezoelettrici hanno raggiunto e superato i 10 kHz. Anche se siamo debitori alla Statham Instruments e ad altri costruttori di trasduttori estensimetrici, i costruttori di accelerometri devono principalmente la loro esistenza all'integrazione della tecnologia piezoelettrica.

Il periodo tra la fine del 1940 e l'inizio del 1950 fu un periodo fecondo, in cui molti costruttori di accelerometri piezoelettrici iniziarono la loro attività. I materiali piezoelettrici utilizzati includevano quelli ferroelettrici e quelli non ferroelettrici (ad esempio quarzo). Le prime ceramiche piezoelettriche utilizzate furono fondamentalmente titanato di bario. I trasduttori piezoelettrici che erano essenzialmente "AC" si accoppiavano a circuiti con filtro passa alto, originariamente utilizzavano condizionatori di segnale a valvole elettroniche ad anello catodico "tubo elettrometrico". Gli amplificatori di carica furono sviluppati successivamente con circuito integrato (FET) incorporato nell'accelerometro. L'amplificatore di carica eliminava l'alimentazione dividendo l'effetto tra il cavo e la capacità e il circuito ad anello catodico.

Il Simposio "Accelerometri al titanio di Bario", svoltosi il 14-15 maggio del 1953 con 260 persone partecipanti, focalizzò l'attenzione sulla crescente importanza della misura di shock e vibrazioni nei test militari. Quattro sessioni di mezza giornata si occuparono delle proprietà del titanato di bario (un materiale ceramico relativamente nuovo a quel tempo) e i metodi di polarizzazione, della dipendenza della sensibilità nella carica, della dimensione del cristallo, della stabilità del materiale e delle costanti piezoelettriche; due test ebbero come oggetto la progettazione e prestazioni degli accelerometri al titanato di bario,

incluse costruzioni, calibrazione, risposta in frequenza, linearità, effetti di temperatura e pressione e disturbi del cavo; tre test si occuparono invece della strumentazione connessa agli accelerometri.

Un accelerometro tipo C-4 del Naval Research Lab, di altezza 25 mm e massa 70 g, è ricordato per avere avuto una operatività di 7.000 g. Un accelerometro tipo OBI-14 della NBS, è ricordato per una massa di 7,4 g e una risonanza di 90 kHz. La Gulton ebbe un'ampia gamma di accelerometri: i modelli A-312, A-314, A-320, A-403, A-413, A-410 e A-500, con masse da 2,5 a 52 g e frequenze di risonanza fino a 35 kHz (Fig. 3).

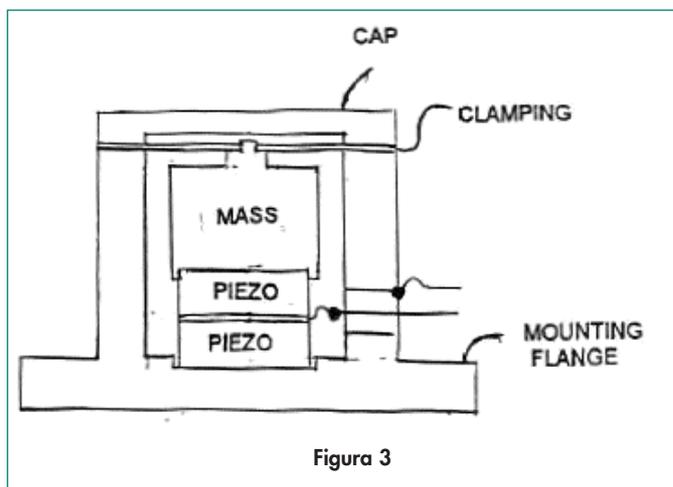


Figura 3

Tra i principali pionieri con le loro relative sedi, possiamo elencare: Bruel & Kjaer Danimarca, Columbia Research Laboratories Wooldun PA, Endevco Pasadena CA, Gulton Manufacturing Metuchen NJ, Kistler Instruments Buffalo NY. È interessante notare che tutte queste aziende sono tuttora in attività. Columbia Research Laboratories e Gulton Manufacturing (ora Gulton-Statham G-S nata dalla fusione di Columbia Research Lab e Gulton Manufacturing) è divenuta una produttrice di parti meccaniche per trasduttori su larga scala, e quindi lo sviluppo di accelerometri piezoelettrici non è più la sua attività principale. Bruel & Kjaer è attualmente focalizzata sulla produzione di sistemi, i trasduttori ne sono una parte e circa la

metà della sua produzione è rivolta a shock e vibrazioni.

Kistler Instruments ha diviso fin dall'inizio la sua attività. La sezione che ha conservato il nome Kistler ha un'ampia gamma di accelerometri piezoelettrici e uno per misure di forza e pressione. La società importante emersa da Kistler è PCB Piezotronics. PCB è una azienda cresciuta rapidamente che ha incrementato la sua specializzazione in accelerometri piezoelettrici, in particolare modo nel settore modale e industriale. Endevco ha mantenuto la sua specializzazione nelle misure di shock e vibrazioni, e ha aggiunto alla linea di accelerometri piezoelettrici una linea di accelerometri miniaturizzati al silicio. Wilco-

xon Research, fondata dopo il 1960 con una specializzazione in "job-shop", per molti anni è citata per il suo iniziale legame con il Sig. David Taylor per il suo lavoro pionieristico nelle teste d'impedenza meccaniche. Bruel & Kjaer (B&K) Situata a Naerum, Danimarca, è specializzata in misure

di suono e vibrazioni. B&K iniziò la sua attività nel 1942 in una piccola città a nord di Copenhagen (Danimarca). Vilhelm Bruel e Viggo Kjaer, appena laureati, iniziarono la produzione di voltmetri che poi ampliarono fino a includere più di 200 strumenti e trasduttori. B&K disegnò i suoi primi accelerometri piezoelettrici nel 1943, costruiti con cristalli di sale Rochelle (solubili in acqua), montati su base quadrata con un lato libero e talvolta appesantito da meccaniche di vincolo; la loro sensibilità variava da 35 a 50 mV/g e le loro frequenze di risonanza da 2 a 3 kHz. Il modello B&K 4303 rappresenta probabilmente il primo accelerometro piezoelettrico commercializzato (Fig. 4).



Vibrations pick-up

type 4303



Figura 4

Elementi ceramici sostituirono i sali di Rochelle agli inizi del 1950, con il risultato di raddoppiare la sensibilità dell'accelerometro e portare la sua risonanza a 5 kHz. Accelerometri con l'elemento precaricato vennero aggiunti alla fine del 1950, con una modifica di progetto nel 1964 per offrire una nuova serie con un minore peso del corpo e più rigidità alle tensioni meccaniche sulla base. Dal 1968 al 1975 furono apportate ulteriori migliorie. Nel 1958 B&K iniziò la sua attività negli Stati Uniti con l'apertura dello stabilimento di Cleveland, OH. Il primo accelerometro con deformazione a taglio (*shear*) modello 8307 fu sviluppato nel 1972.

Il progetto del "Delta Shear" fu messo a punto nel 1974, ed era composto da tre masse a elementi piezoelettrici posizionati a triangolo per facilitare la riduzione delle deformazioni meccaniche e l'accoppiamento termico. Questo progetto è stato standardizzato per essere intercambiabile (UniGain), e successivamente, nel 1990, ha incorporato i circuiti integrati (DeltaTron). Attualmente Theta Shear è una linea di accelerometri con circuito integrato a basso costo per applicazioni su larga scala. Il modello 8309 è l'accelerometro B&K a 10.000 g.

Gli studi su trasduttori di suoni e vibrazioni proseguono e si focalizzano per catene di misura complete. Probabilmente B&K è attualmente il maggior produttore di sistemi chiavi in mano. Inoltre mantengono la loro attenzione anche su sistemi di calibrazione.

Columbia Research Laboratories fu fondata nel 1955 dal Sig. Victor F. Alibert e da sua sorella Olive con una attività part-time di costruzione di teste di misura per alte temperature, al Philadelphia Naval Shipyard. Nel 1959 il fratello Vemon si associò agli affari e utilizzò le sue conoscenze di fisica e di test ambientali per sviluppare una linea di accelerometri ceramici ferroelettrici per misure di *shock* e vibrazione. La fabri-

ca della Columbia è da sempre a Woodlyn, PA, anche se nel 1981 il Dr. Alibert ha lasciato la compagnia. Nel 1964 la Columbia vinse il principale contratto per il monitoraggio delle vibrazioni del programma Apollo. La gamma venne ampliata: prodotti piezoelettrici per programmi USA/ICBM per applicazioni militari per la Picatinny Arsenal, accelerometri piezoelettrici differenziali, amplificatori di carica per impianti nucleari e misure di vibrazione in volo utilizzando assemblaggi ibridi. Il loro catalogo attualmente include accelerometri per *shock* (modello 5004) fino a 100.000 g e accelerometri piezoelettrici sia a carica, sia a tecnologia con circuito integrato. La loro principale attività odierna è focalizzata su alternative tecnologie per il mercato industriale.

Gulton Manufacturing fu fondata dal Dr. Leslie K. Gulton agli inizi del 1940 a Metuchen, NJ come industria chimica. Nel 1946 Glenn Howatt, proveniente dal MIT Laboratory, si affiancò a Gulton avendo brevettato la formula del titanato di bario come primo manufatto in grado di sostituire i cristalli piezoelettrici naturali. La Glenco Corp. fu creata dopo l'arrivo di Mr. Howatt e recentemente è divenuta parte della Gulton Industries. Il titanato di bario è stato utilizzato per la prima volta in applicazioni sonar e il Sig. Abe Dragnetz, che entrò nello staff Gulton nel 1948, fece i primi accelerometri piezoelettrici commerciabili. Era il 1949 e negli USA prima di allora Bush Instruments (divenuta in seguito Clevite) aveva realizzato solo un accelerometro ADP piezoelettrico grezzo, che pesava circa 3 once. Clevite decise di focalizzare principalmente l'attività nello sviluppo di materiale piezoelettrico e non divenne mai un importante costruttore di accelerometri.

Alla fine del 1950 Gulton costruiva principalmente accelerometri ceramici ferroelettrici, che venivano commercializzati con la denominazione di Glennite. Nel 1964 Gulton comprò Electra-Scientific (fondata nel '60) a Fullerton, CA acquisendo i diritti del

loro accelerometro piezoelettrico a taglio. Tutte le attività piezoelettriche furono concentrate a Fullerton nel 1965. Questo accelerometro "Base Strain" consentì la sovrapposizione degli elementi per la compensazione della temperatura. A metà degli anni '60 Gulton sviluppò una piezoceramica da lui brevettata (G-1900) che lo mise in grado di produrre l'accelerometro AQB 4901 (brevetto assegnato nel 1969) e successivamente altri modelli per il monitoraggio delle vibrazioni dei motori navali fino a 350 °C. Nel 1967 la sua offerta nel settore dei trasduttori venne consolidata dalla creazione della Servonics Division, che divenne poi Gulton Servonics in Costa Mesa, CA. Fu acquistata nel 1986 dalle industrie Mark IV insieme a quello che rimaneva della compagnia Louis Statham, nel 1992 per formare la Gulton-Statham.

Kistler Instruments Corporate iniziò la sua attività negli Stati Uniti nel 1954, con il Dott. Walter P. Kistler che in modo autonomo iniziò a sviluppare strumenti di misura piezoelettrici fin dal 1944, mentre era presso la Swiss Locomotive and Machine Works. Agli inizi degli anni 1950, mentre era ingegnere presso la Bell Aerosystems di Buffalo, NY, il Dott. Kistler commercializzò selettivamente negli Stati Uniti i trasduttori della Swiss Locomotive and Machine Works. Dopo lo sviluppo di alcuni prodotti e lasciando la Bell nel 1962, il Dott. Kistler costruì uno stabilimento a Clarence, NY. Kistler Instruments fu successivamente acquistata da Sundstrand Corporation nel 1968 e trasferita a Redmond, WA nel 1970. In seguito fu acquisita nel 1979 dalla Kistler Instrumente Ag di Winterthur, che era azionista fin dal 1958, e si trasferì ad Amherst, NY (che è anche l'attuale sede). Il fulcro dell'attività Kistler sono i trasduttori al quarzo, essenzialmente per misure di pressione, forza e accelerazione.

Il Dott. Kistler ottenne un brevetto svizzero per l'amplificatore di carica il 16 giugno 1950, e la Kistler Instruments lo ottenne negli Stati Uniti nel 1960. I primi accelerometri al quarzo Kistler e gli standard di calibrazione di vibrazione furono brevettati nel 1962. Il Dott. Kistler ideò il concetto d'incor-

SENSORI DI POSIZIONE CAPACITIVI ED ELETTRONICA DI CONDIZIONAMENTO IN UN'UNICA SOLUZIONE

PI (Physik Instrumente) offre oggi l'altissima risoluzione dei sensori PI Seca a singolo elettrodo in una soluzione industriale compatta. La preventiva definizione dei principali parametri dell'applicazione, quali la banda e la distanza di misurazione, consente risparmi significativi già per quantitativi d'ordine di alcune decine di sistemi.

Il pacchetto di misura E-852KOE include una testina di lettura capacitiva PI Seca D-510 e un'elettronica compatta, basta sull'unità di elaborazione E-852, a bassissimo rumore in grado di garantire un'elevata stabilità della misura nel tempo. Il range di lavoro è selezionabile in un intervallo compreso tra 20 µm e 500 µm; la frequenza di lavoro in una banda da 10 Hz (misurazioni con risoluzione sub-nanometrica) a 10 kHz per misurazioni ad alta dinamica e con risoluzioni tipicamente nella fascia del nanometro.

Per applicazioni che necessitano di frequenti cambiamenti delle distanze di misura e della banda o nel caso in cui sia necessario gestire diverse tipologie di sensore capacitivo, la versione standard della E-852 rimane invece la scelta più consigliabile.

I sensori capacitivi a singolo elettrodo operano una misura reale della posizione in maniera diretta e senza contatto fisico (metrolo-

gia diretta), abbattendo quindi i problemi di usura e gli errori di fase. Il funzionamento si basa sull'utilizzo di un campo elettrico per misurare la variazione di capacità ai capi del condensatore a facce piane, costituite dalla testina di misura e da una superficie conduttiva dell'elemento sotto misura.

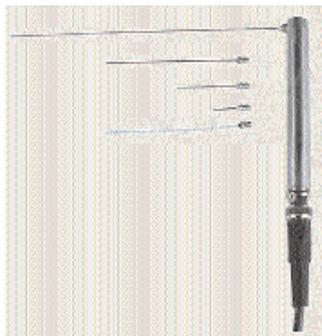
All'interno dell'elettronica, un Sistema Integrato di Linearizzazione assicura il più alto livello di accuratezza compensando l'influenza degli errori di parallelismo tra il sensore e la superficie di misura, assicurando un alto livello di linearità con un errore inferiore all'1%. L'elettronica di condizionamento dei PI Seca è equipaggiata con linee di I/O per la sincronizzazione di sistemi composti da più sensori.

Per ulteriori informazioni:

www.physikinstrumente.com/en/products/prdetail.php?sortnr=500505



NUOVA SONDA MICROFONICA AD ALTA TEMPERATURA



La nuova sonda microfonica ad alta temperatura mod. 377B26 di PCB Piezotronics Inc. si presenta utilissima per gli ingegneri di R&S che devono misurare la pressione sonora in spazi ristretti.

Il diametro alla punta della sonda è estremamente piccolo (misura 0,050", pari a 1,3 mm) e consente di effettuare misurazioni in piccole e confinate aree di difficile accesso, impossibile per i microfoni tradizionali. Ideale per impiego su elettrodomestici, telefoni, cuffie, altoparlanti e

raccomandato anche ai produttori di strumenti musicali. Le piccole dimensioni alla punta della sonda consentono anche di effettuare misurazioni in prossimità dei campi, con il minimo disturbo del campo sonoro; in questo modo i risultati dei test sono più accurati. La sonda microfonica mod. 377B26 è costituita da quattro componenti: microfono, preamplificatore, custodia con diverse punte della

sonda, aventi ognuna lunghezza differente. I componenti lavorano insieme per misure fino a una temperatura massima di 800 °C, molto più elevata rispetto ai microfoni di test e misura tradizionali. La capacità di misura in alta temperatura e il suo diametro ridotto la rendono una scelta eccellente per effettuare prove di rilevamento perdite a temperature elevate.

"Siamo entusiasti di questa nuova sonda. La combinazione fra la temperatura elevata e un piccolo fattore di forma alla punta della stessa rendono questo microfono unico per essere utilizzato in una miriade di applicazioni ove i microfoni tradizionali non sarebbero utilizzabili" - afferma Mark Valentino, responsabile Product Marketing per la divisione acustica di PCB Piezotronics.

Da notare che il costo totale dell'insieme sonda/preamplificatore si riduce, anche grazie al design prepolarizzato, che è alimentabile con tecnologia ICP® (2-20 mA costante di corrente). Questo permette agli ingegneri di utilizzare alimentatori a basso costo con tecnologia ICP® e cavi coassiali. Il tutto sicuramente a un costo inferiore rispetto a una soluzione con alimentatori 200 V necessari per microfoni polarizzati esternamente.

Per ulteriori informazioni: www.pcbpiezotronics.it

UN "TOCCO" D'INNOVAZIONE NELLA MISURA IN OFFICINA

Hexagon Metrology lancia TIGO SF, una macchina di misura 3D (CMM) precisa e compatta, progettata appositamente per l'impiego in officina, che rappresenta la soluzione ideale per componenti precisi, di piccole e medie dimensioni nei più svariati settori industriali. Con un volume di misura di 500x580x500 mm³ (X/Y/Z), TIGO SF è la macchina di misura da officina più precisa della sua categoria e le sue caratteristiche strutturali garantiscono prestazioni elevate anche nelle difficili condizioni degli ambienti produttivi. Un avanzato sistema di compensazione termica strutturale consente di ottenere misure estremamente precise in una fascia di temperatura di 15-30 °C. Antivibranti passivi proteggono la macchina dalle comuni vibrazioni presenti in officina; per vibrazioni elevate, sono disponibili sistemi di antivibranti attivi. La macchina è inoltre dotata di ripari e soffiotti per proteggere le parti mobili dall'ambiente circostante. Il supporto macchina che contiene i dispositivi elettronici è disponibile anche in versione certificata IP54. Poiché TIGO SF è compatta e non necessita di alimentazione pneumatica, può essere agevolmente collocata in celle di produzione oppure ovunque serva in officina. Grazie alla sua robustezza e affidabilità, necessita di minima



manutenzione e assicura massimi tempi di utilizzo.

TIGO SF propone un nuovo modo d'interagire con gli strumenti di misura in officina. Il cuore di questo nuovo concetto operativo è il software di misura PC-DMIS TOUCH, progettato per schermi con tecnologia touch e sistemi operativi di ultima generazione. Per applicazioni più complesse, sono disponibili anche i più tradizionali software di misura PC-DMIS e QUINDOS.

"Quando abbiamo iniziato a sviluppare questa macchina, volevamo garantire elevate prestazioni massimizzando l'ergonomia e l'interattività con l'operatore. Puntavamo a rendere la misura in officina più semplice ed efficiente che mai. Lo studio di come normalmente l'utente opera sulla macchina ci ha guidato a curare anche i più piccoli dettagli" afferma Anna Maria IZZI, Product Line Manager Bridge CMM EMEA. "Con TIGO SF abbiamo unito innovazione e tradizione, facilità d'uso e flessibilità, una struttura compatta ed ergonomica con un piano in granito ampio e robusto, e molto altro ancora".

Per ulteriori informazioni: www.hexagonmetrology.com

porare un circuito integrato FET nell'accelerometro piezoelettrico. Questo avvenne nel 1963-65, mentre la tecnologia Piezotron® venne brevettata l'8 luglio 1968. È il primo accelerometro FET a due fili commercializzato, il quarzo è un materiale piezoelettrico estremamente lineare con un'adeguata rispondenza alle alte temperature. Pur avendo il quarzo una costante di compressione piezoelettrica inferiore e meno capacità di molte ceramiche ferro elettriche, i primi accelerometri al quarzo utilizzavano pile di cristalli precaricati meccanicamente in serie ed elettricamente in parallelo. Sottoposti a forti urti, i cristalli potevano inavvertitamente subire uno spostamento nelle pile e produrre spostamenti di zero per ragioni non connesse alle proprietà piezoelettriche del quarzo. Anche il metodo di compressione scelto poteva essere suscettibile di effetti di torsione della base, al pari dei metodi di compressione scelti da altri costruttori. Attualmente il settore USA dell'attività Kistler produce principalmente diversi tipi di accelerometri Quarz Shear.

PCB è una società "fuoriuscita" dalla Kistler, che nel 1967 divenne un'azienda statunitense indipendente fondata da R.W. (Bob) Lally e Jim Lally e oggi conta oltre 300 dipendenti nella sede di Buffalo. La relazione di Bob Lally con la Kistler risale alle origini della fondazione (1950), e molte delle conoscenze tecnologiche apprese in Kistler vennero automaticamente trasferite con lui alla PCB. PCB è l'azienda che utilizza e diffonde la tecnologia ICP® nei trasduttori piezoelettrici, e oggi è il maggior produttore mondiale di questa tecnologia. PCB inserì la tecnologia ICP® in un accelerometro a 100.000 g per l'urto nel 1971. Inizialmente i principali obiettivi della PCB erano, come per la Kistler, i trasduttori di forza e pressione. La tecnologia ICP® ha spostato l'azienda nel mercato industriale (ad esempio il monitoraggio delle macchine rotanti) in tutta una serie di applicazioni a esso connesse.

Le dimensioni su larga scala del mercato industriale hanno creato automa-

ticamente una richiesta di accelerometri a basso costo, e la PCB ha immediatamente rivolto tutta la sua produzione in tal senso. La sperimentazione e l'analisi modale svolta dal Structural Dynamics Research Laboratory dell'Università di Cincinnati attraverso l'estrapolazione di parametri modali (stati vibrazionali, frequenze di risonanza e smorzamento) di sistemi strutturali rese più avanzato il processo di formazione. Nel 1972 la PCB lavorò con l'Università per sviluppare un martello impulsivo "Modally Tuned" (con regolazione modale) integrato con un trasduttore di forza per fornire una eccitazione strutturale sistematica. La realizzazione di questo martello impulsivo ha dato alla PCB una fama permanente e nel 1983 il premio IR-100.

Capitalizzando il suo ingresso nel settore in rapida espansione della tecnologia dell'analisi modale per la sperimentazione, la PCB sviluppò nel 1983 uno "Structural Modal Array Sensing System" che consentì di disporre l'installazione, l'orientamento, il cablaggio, il condizionamento di segnale e la calibrazione finale del sensore. Il suo Data Harvester del 1984 fu focalizzato alla sistemazione di una vasta gamma di canali accelerometrici. Le verifiche modali possono coinvolgere di routine centinaia di accelerometri. Per promuovere i test modali la PCB sviluppò tecniche di calibrazione dinamica semplificata. Il suo modello 963A Calibratore Gravimetrico (1973) realizzò l'amplificazione a singolo canale e calibrazione di fase. PCB si inserì nel settore accelerometri al quarzo di deformazione strutturata nel 1986, e ora produce vari modelli di accelerometri a cristalli piezoelettrici, inclusi quelli ferroelettrici. La società PCB è attualmente contraddistinta da una rapida e continua crescita e ha posto maggiore attenzione nella progettazione di accelerometri.

Endevco fu fondata nel 1947 da H. Dudley Wright come azienda di rappresentanza di strumentazione a Pasadena, CA. Si trasferì a San Juan Capistrano, CA nel 1974. Il suo primo accelerometro venne prodotto nel

1951. Attualmente Endevco ha sedi in diversi paesi ed è gestita da Meggitt Aerospace. Il Sig. Wright andò in pensione nel 1964, lasciando anche la sua carica di Presidente. Endevco è tra le più vecchie aziende produttrici di accelerometri piezoelettrici e attualmente conta 400 dipendenti negli Stati Uniti. È la sola che abbia sempre sviluppato accelerometri piezoelettrici mantenendo una speciale attenzione per shock e vibrazione. Endevco, oltre a essere l'unico produttore sia di accelerometri piezoelettrici che al silicio per shock e vibrazione, con i suoi piezoelementi e i suoi studi ha fatto la storia dello sviluppo degli accelerometri. Le aree in cui ha focalizzato la sua tecnologia accelerometrica sono: la micro miniatura, shock elevati, temperature elevate e sviluppo nella calibrazione. Il primo amplificatore di carica Endevco è del 1965. Il primo accelerometro piezoelettrico (PE) a 100.000 g è del 1965.

[Continua]

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Patrick L. Walter, Texas Christian University, Fort Worth, Texas.
2. Edward E. Herceg "Handbook of Measurement and Control Schaevitz Engineering", May 1986
3. R.C. LEWIS "Electro-Dinamic Calibrations for Vibration Pickups" September 1951
4. Dr. Claudia Taschera Marcom – DSPM Industria srl – www.dspindustria.it info@dspindustria.it



Aldo Romanelli è il fondatore di DSPM Industria, che nasce nel 1984 per divenire il partner preferito – per competenza, esperienza applicativa, disponibilità e capacità di trovare o sviluppare soluzioni più performanti – di quanti operano nei settori industriali ad alta tecnologia, nei centri ricerche e nelle università.

We have read for you



MANUALE DI TARATURA DEGLI STRUMENTI DI MISURA

Alessandro Brunelli

350 pp. – Edizioni GISI (Nov. 2012)

ISSN: 2284-0109

Prezzo: € 60,00

**ABBIAMO
LETTO PER VOI**

TUTTO_MISURE

Anno XVI - n. 2 - Giugno 2014

ISSN: 2038-6974

Sped. in A.P. - 45% - art. 2 comma 20/b
legge 662/96 - Filiale di Torino

Direttore responsabile: Franco Docchio

Vice Direttori: Alfredo Cigada, Pasuale Daponte

Comitato di Redazione: Filippo Attivissimo, Salvo Baglio,
Paolo Bianco, Marco Cati, Luciano Malgaroli,
Massimo Mortarino, Rosalba Mugno,
Carmelo Pollio, Lorenzo Scalise

Redazioni per:

Storia: Emilio Borchì, Riccardo Nicoletti,
Mario F. Tschinke

Le pagine delle Associazioni Universitarie di Misuristi:

Bruno Andò, Alfredo Cigada, Domenico Grimaldi

Lo spazio delle altre Associazioni: Franco Docchio,

Alfredo Cigada

Le pagine degli IMP: Maria Pimpinella

Lo spazio delle CMM: Alberto Zaffagnini, Alessandro Balsamo

Comitato Scientifico: ACISM-ANIMA (Roberto

Cattaneo); AEI-GMTS (Claudio Narduzzi);

AIPnD (Giuseppe Nardoni); AIPT (Paolo Coppa)

AIS-ISA (Piergiuseppe Zani); ALATI (Paolo Giardina);

ALPI (Lorenzo Thione); ANIE (Marco Vecchi);

ANIPLA (Marco Banti, Alessandro Ferrero);

AUTEC (Anna Spalla), CNR (Ruggero Jappelli);

GISI (Abramo Monari); GMEE (Giovanni Betta);

GMMT (Paolo Cappa, Michele Gasparetto);

GRUPPO MISURISTI NUCLEARI (Stefano Agosteo)

INMRI – ENEA (Pierino De Felice, Maria Pimpinella);

INRIM (Massimo Inguscio, Paolo Vigo, Franco Pavese);

ISPRa (Maria Belli); OMECO (Clemente Marelli);

ACCREDIA (Paolo Bianco, Rosalba Mugno,

Alberto Musa, Paolo Soardo).

Videoimpaginazione e Stampa:

la fotocomposizione - Torino

Autorizzazione del Tribunale di Casale Monferrato n. 204
del 3/3/1999.

I testi firmati impegnano gli autori.

A&T - sas

Direzione, Redazione,

Pubblicità e Pianificazione

Via Palmieri, 63 - 10138 Torino

Tel. 011 0266700 - Fax 011 5363244

E-mail: info@affidabilita.eu

Web: www.affidabilita.eu

Direzione Editoriale: Luciano Malgaroli,

Massimo Mortarino

È vietata e perseguibile per legge la riproduzione totale o
parziale di testi, articoli, pubblicità e immagini pubblicate
su questa rivista sia in forma scritta sia su supporti ma-
gnetici, digitali, ecc.

ABBONAMENTO ANNUALE: 40 EURO

(4 numeri cartacei + 4 numeri telematici)

ABBONAMENTO BIENNALE: 70 EURO

(8 numeri cartacei + 8 numeri telematici)

Abbonamenti on-line su: www.tuttomisure.it

L'IMPORTO DELL'ABBONAMENTO ALLA PRESENTE PUB-

BLICAZIONE È INTERAMENTE DEDUCIBILE. Per la deduci-

bilità del costo ai fini fiscali fa fede la ricevuta del versamento

effettuato (a norma DPR 22/12/86 n. 917 Art. 50 e Art. 75). Il

presente abbonamento rappresenta uno strumento ricono-

sciuto di aggiornamento per il miglioramento documentato

della formazione alla Qualità aziendale.

NEL PROSSIMO NUMERO

- Il tema: Misure per l'energia
- Visione artificiale
- Trasferimento tecnologico
- Storia degli LVDT

E molto altro ancora...

Il manuale è dedicato, in particolar modo, agli operatori impegnati nella verifica e taratura degli Strumenti di Misura nei Sistemi di Gestione per la Qualità ISO 9001, per l'Ambiente ISO 14001, per l'Industria Automobilistica ISO 16949 e per l'Industria Aeronautica EN 9100, allo scopo di essere un manuale di riferimento e di consultazione in quanto tratta argomenti cardine 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 mantenere 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, nonché per la loro verifica periodica.

Il manuale è costituito da due parti principali:

1. la Parte prima che illustra dapprima il Sistema Internazionale di unità misura (SI) ed i Servizi Nazionali, Europei e Internazionali di taratura (ACCREDIA, EA e ILAC) e quindi i requisiti prestazionali degli strumenti per misurazione e i criteri per la valutazione della riferibilità e dell'incertezza delle misure, nonché i requisiti normativi e legali;
2. la Parte seconda che tratta successivamente le problematiche della taratura, verifica e conferma metrologica delle principali famiglie di strumenti per misurazione delle diverse grandezze fisiche, chimiche, meccaniche ed elettriche, trattando prima per ogni grandezza, i concetti specifici della misura, nonché 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 schede di raccolta e di elaborazione dei dati sperimentali, adatte alla registrazione e stesura del relativo rapporto di taratura e di conferma metrologica.

L'autore

Alessandro Brunelli è esperto di strumentazione e automazione, nonché autore della collana "I Quaderni del G.I.S.I."

LE AZIENDE INSERZIONISTE DI QUESTO NUMERO

AR Europe	3a di cop.	Keyence	pp. 81-144
Asit Instruments	pp. 136-146	Kistler Italia	pp. 98-154
Aviatronik	4a di cop.	Labcert	p. 86
Bocchi	p. 104	Lonos Test	p. 128
Cibe	p. 108	LTTS	p. 88
Cruse	pp. 132-154	Luchsinger	pp. 106-150
Delta Ohm	pp. 96-150	Optoprim	pp. 112-146
DL Europa	p. 82	PCB Piezotronics	p. 158
HBM	pp. 92-146	Physik Instrumente	pp. 90-158
Hexagon Metrology	p. 158	Renishaw	pp. 84-142
IC&M	p. 110	Rupac	2a di cop.
Instrumentation Devices	pp. 102-154	WIKA	p. 150

PRESTAZIONI

Molti fornitori affermano di avere i "migliori prodotti" ma non hanno alcuna prova per sostenerlo. Da più di 43 anni AR dimostra il contrario.

Abbiamo costruito una reputazione per prodotti affidabili con prestazioni superiori alla concorrenza.

Prodotti che hanno più potenza, sono più veloci, più maneggevoli e più efficienti. Prodotti durevoli, con prestazioni migliori e più rapidi di quelli di tutti i nostri concorrenti. E, come se questo non bastasse, ciascuno dei nostri prodotti è supportato dal nostro sistema di assistenza in tutto il mondo.



Antenne con elementi radianti a forma di frecce piegate.

Abbiamo superato le regole e migliorato lo studio delle antenne log-periodiche. Sono sino al 75% più piccole, leggere, compatte e si adattano alle piccole camere anecoiche.



Nuovi moduli di potenza ibridi.

Abbiamo completato la nostra precedente linea di amplificatori di potenza ibridi da 4-18 GHz per coprire l'intera frequenza 1-6 GHz con un solo modulo.

Il modulo ad alto guadagno 50 ohm fornisce

una potenza di 15 watts in classe A o 25 watts in classe B, il tutto contenuto in un piccolo box connettizzato.



Amplificatori a stato solido 0,7-2,5 GHz

Lo stato solido quale alternativa agli amplificatori TWT. Armoniche migliorate, rumore più basso, migliore linearità ed affidabilità ed ora con 1000 watts CW.



Sistemi di test integrati

Sistemi di test multifunzione per qualsiasi applicazione EMC, DC a 50 GHz. I nostri sistemi rendono i tests più efficienti, accurati e convenienti.

Sistemi di immunità condotta RF

Questi sistemi vengono gestiti autonomamente dal nostro software brevettato; semplificano le calibrazioni e le prove, risolvono

problemi e reporting. Essi consentono un'accurata e ripetibile misurazione in un'unica unità.

E, come abbiamo già detto, un'incredibile velocità con potenze sino a 150 watts e 400 MHz.



Amplificatori a doppia banda

Per la prima volta puoi andare sino a 0,7-18 GHz con l'affidabilità dello stato solido in un'unica soluzione.

Numerosi modelli con varie

potenze in uscita ti aiutano a ridurre l'ingombro ed il costo di strumenti separati.



Amplificatori Serie "S"

Più leggero, portatile e fino a 50% più piccolo. Disponibile con tutta la potenza che serve fino a 1200 watts.

Una famiglia speciale di antenne per il test dei campi radiati ad alta intensità (HIRF)

Queste sono tutte antenne ad alto guadagno, alta potenza (microonde) che forniscono tipicamente 20dB_i rispetto a quelle isotropiche. Esse forniscono campi ad alta intensità per il test DO 160 HIRF.



multi star Analizzatori di campo

La nuova serie di analizzatori di campo elettrico alimentati laser hanno una frequenza di campionamento estremamente elevata e può misurare con precisione i campi elettrici pulsati nell'intervallo di un microsecondo. Essi rappresentano un nuovo modo di misurare con maggiore precisione i campi modulati ed elettrici sia nelle camere anecoiche convenzionali, sia in quelle riverberanti e consente all'utilizzatore di vedere la forma d'onda della modulazione.



multi star Multi-Tone Tester

Questo sistema incredibile riduce i tempi delle prove di immunità radiata RF da giorni ad ore, testando contemporaneamente frequenze multiple, riducendo i costi di sviluppo ed il tempo di commercializzazione.



multi star Ricevitore di precisione DSP

Questo ricevitore da 18 GHz cambia il modo di pensare dei test di emissione. I dati sono più precisi e si riducono i tempi di attesa durante i tests. I tester hanno una serie di nuovi strumenti di attenuazione.



16.000 watts di pura potenza

Il nuovo amplificatore modello 16000A225 copre da 10 kHz a 225 MHz e fornisce 16.000 watt di potenza ... non ci fermeremo qui.

www.ar-europe.ie

Per maggiori informazioni contatta direttamente il team tecnico
TESEO S.p.A. al 011.99.41.911 o scrivi a sales@teseo.net

ISO 9001:2008
Certified

ar europe

National Technology Park, Ashling Building, Limerick, Ireland • +353 61 504300 • www.ar-europe.ie

In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 • ar France +33147917530 • ar Deutschland +49 6101 80270 0 • ar Benelux +31 172 423000

www.arworld.us

Copyright © 2014 AR. The orange stripe on AR products is Reg. U.S. Pat. & TM. Off.



TARATURA STRUMENTI DI MISURA

Flessibilità, qualità del servizio offerto, tempi di lavorazione ridotti, messa in punto compresa nel prezzo sono alcuni dei nostri servizi qualificanti.

PICK UP AND DELIVERY

Il servizio, disponibile su richiesta, copre tutto il territorio nazionale; personale specializzato effettua il ritiro della strumentazione di misura e, al termine dell'attività, la riconsegna tarata e certificata, riducendo i rischi dovuti al trasporto.

SPECIALIZZATI NELLA TARATURA DI STRUMENTI RF/EMC

- Generatori di segnali fino a 50 GHz
- Analizzatori di spettro fino a 50 GHz
- Amplificatori di potenza fino a 150 W
- Misuratori di potenza fino a 100 W
- Sensori di potenza RF fino a 50 GHz
- Ricevitori selettivi fino a 40 GHz
- LISN monofasi e trifasi
- Generatori di scariche ESD
- Generatori di interferenze (BURST/SURGE/EFT)



**NOVITA!!
DAL 2010 TARATURE ACCREDITATE DI:
STRUMENTI DI VERIFICA
PER CRONOTACHIGRAFI!**

LABORATORI

Laboratorio Permanente Samarate:

Centro di Taratura LAT n. 019 accreditato da Accredia.
Taratura e riparazione di strumenti elettrici ed elettronici.

Laboratorio Permanente Roma (Tecnopolo Tiburtino):
per la taratura e la riparazione degli strumenti.

Laboratorio Mobile:

per la taratura On Site di strumenti elettrici ed elettronici, che consente di risparmiare tempo, costi di spedizione e l'immediata restituzione delle apparecchiature certificate.

SERVICE AUTORIZZATO

Centro di Assistenza Autorizzato in Europa dai costruttori per taratura e riparazione di generatori di segnali sintetizzati GIGA-TRONICS e degli strumenti di misura a slot VTI Instruments.



Giga-tronics



Precision Modular Instrumentation

CONSULTA LE TABELLE DI ACCREDITAMENTO SUL NOSTRO SITO: WWW.AVIATRONIK.IT

STRUMENTI TARABILI

Accoppiatori direzionali e power splitter;
Alimentatori anche di alta tensione;
Amperometri, voltmetri e ohmmetri;
Amplificatori;
Analizzatori di radiocomunicazione e di modulazione;
Analizzatori di rete (network), analizzatori di spettro e ricevitori selettivi;
Attenuatori campione;
Calibratori/Simulatori di termocoppie o termoresistenze;
Calibratori multifunzione e per oscilloscopi;
Capacità ed induttanze campione;
Contatori elettronici e frequenzimetri;
Decadi capacitive, induttive e resistive;

Derivatori di corrente (shunt);
Generatori di alta tensione;
Generatori di funzioni e di impulsi;
Generatori interferenze (ESD/BURST/SURGE);
Generatori di segnali a radiofrequenza o a microonde;
Megaohmmetri e milliohmmetri;
Misuratori di alta tensione, sonde e kilovoltmetri;
Misuratori di potenza in alta frequenza;
Multimetri;
LISN monofasi e trifasi;
Oscillatori campione al quarzo e al rubidio;
Oscilloscopi;

Pinze amperometriche e sonde di corrente;
Ponti direzionali in alta frequenza;
Ponti RCL e capacitivi;
Resistori campione, anche di alto e basso valore;
Rigidimetri e misuratori di isolamento;
Sensori di potenza e rosmetri in alta frequenza;
Tachimetri ottici;
Terminazioni coassiali;
Tester per cronotachigrafi;
Test Set per apparecchiature avioniche (Nav/Comm, XPDR/DME, Tacan, Fuel Quantity, Angle position);
Wattmetri.

Contattaci per gli strumenti non elencati!