

ETDE-IT--93-143

9300

0542

ENEL

DIREZIONE STUDI E RICERCHE
CENTRO DI RICERCA ELETTRICA

Relazione
N. 410.245/1

Misure di campo elettrico con
sensore elettro-ottico

R. Brambilla

Marzo 1992

Riunione CNR-CNU-AEI
Baveno, Giugno 1990

IT 93E 0342

ETDE-IT--93-143

DE93 784596

Misure di campo elettrico con
sensore elettro-ottico

R. Brambilla

MASTER

Marzo 1992

Riunione CNR-CNU-AEI
Baveno, Giugno 1990

ENEL

**Direzione Studi e Ricerche
Centro di Ricerca Elettrica**

**Relazione
410.245/1**

MISURE DI CAMPO ELETTRICO CON SENSORE ETTRO-OTTICO

La seguente relazione contiene una fotocopia ridotta da formato A3 a formato A4 delle 6 tavole a colori presentate alla Panel Section della riunione CNR - CNU - AEI tenutasi a Baveno nel Giugno 1990.

Elenco:

- Tav.1 Misure di campo elettrico con sensore elettro-ottico**
- Tav.2 Sistema di rivelazione**
- Tav.3 Sensore elettro-ottico**
- Tav.4 Conduttore a fascio - Distanziatore flottante**
- Tav.5 Distribuzione di campo su catene di isolatori**
- Tav.6 Innalzamento di campo su manichino**

MISURE DI CAMPO ELETTRICO CON SENSORE ELETTROOTTICO

R. Brambilla
ENEL - DSR Centro Ricerca Elettrica

Il calcolo del campo elettrico sulle superfici degli elettrodi e degli isolanti di componenti di sistemi elettrici è presente spesso di alcune applicazioni a causa della complessità geometrica degli oggetti da rappresentare e della diversità delle loro caratteristiche dielettriche. Una misura diretta del campo risulta pertanto estremamente utile. Purtroppo le sonde tradizionali basate sull'effetto capacitivo risultano essere inutilizzabili per le seguenti cause:

- forte perturbazione introdotta nel campo da misurare con la loro presenza
- difficoltà di isolamento tra sensore e strumentazione quando il punto di misura si trova a potenziale elevato
- impossibilità pratica, in molti casi, di effettuare misure su elettrodi a potenziale libero o su superfici isolanti.

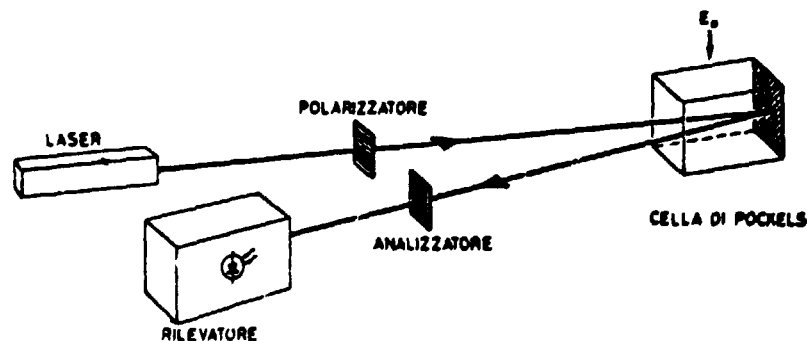
Allo scopo di ovviare a tali difficoltà è stato ideato un sistema di misura del campo elettrico in cui il sensore è un cristallo con indice di rifrazione sensibile al campo elettrico (effetto Pockels) e che pertanto è in grado di modulare la polarizzazione di un raggio laser libero, usato come linea di trasmissione del segnale.

Schematicamente il sistema si compone di:

- sorgente laser HeNe di piccola potenza con ottica di focalizzazione e polarizzazione lineare
- sensore, costituito da un cristallo di ADP o quarzo con specchio dielettrico
- analizzatore del raggio laser in grado di rivelare la variazione di polarizzazione indotta dal sensore.

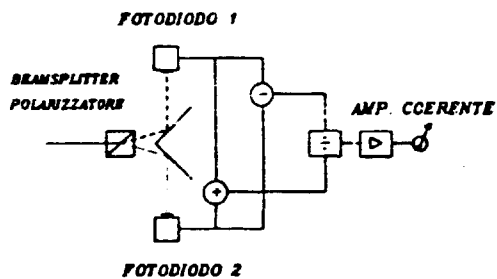
Per ottenere un sistema di facile impiego in laboratorio, si è scelta una disposizione a riflessione, in modo da avere sorgente laser e analizzatore allo stesso posto. Il sensore viene fissato nel punto di misura ed il raggio è riflesso su di esso. Uno specchio dielettrico fissato sulla faccia posteriore del cristallo riflette il raggio, dopo che esso ha subito la modulazione in fase, sull'obiettivo dell'analizzatore di polarizzazione. Il segnale raccolto dai fotodiodi ed elaborato analiticamente viene convertito al valore del campo elettrico con opportune prove di taratura.

L'esperienza acquista ha mostrato le prestazioni del sistema, la sua precisione, la scarsa perturbazione del campo da misurare, date le dimensioni ridotte del sensore, e la sua applicabilità a situazioni estremamente diversificate. Tali qualità lo caratterizzano come uno strumento molto versatile e quindi adatto alla valutazione dei campi elettrici quando l'utilizzo di codici di calcolo numerico si mostra poco adeguato.

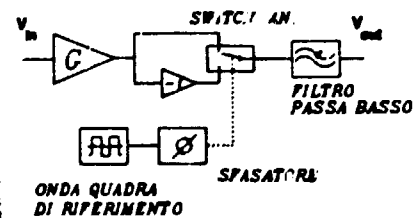
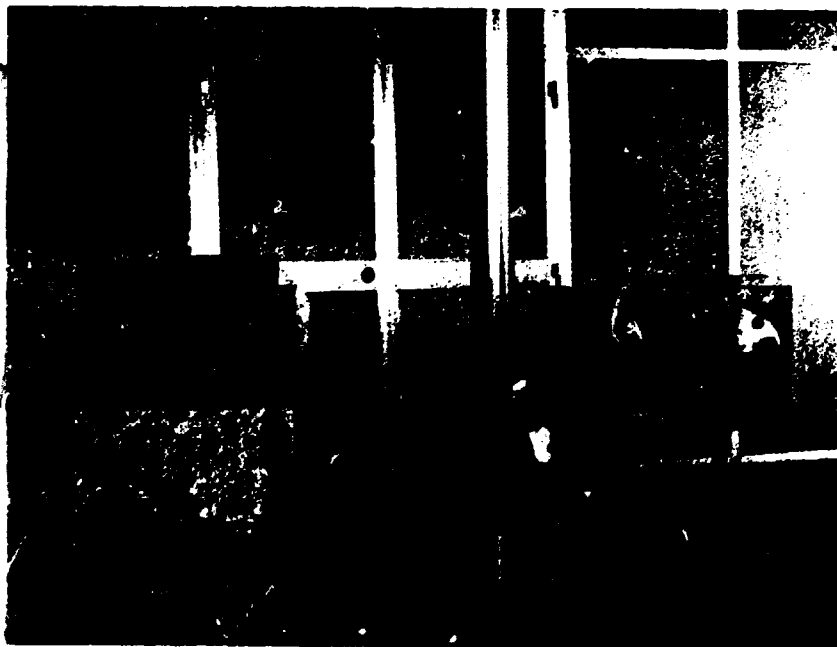
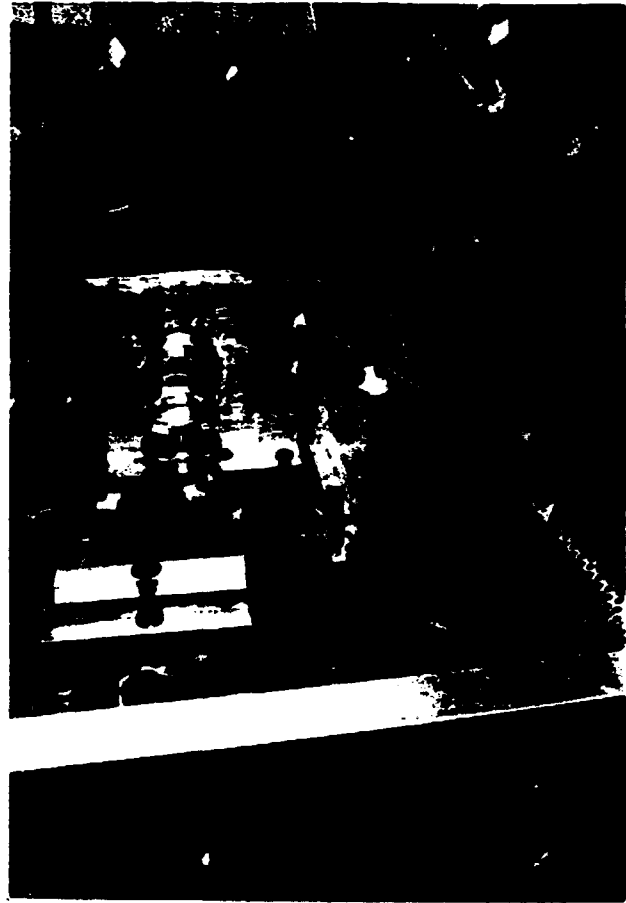


SISTEMA DI RIVELAZIONE

Il raggio modulato viene focalizzato su un beamsplitter polarizzante. Le due componenti in quadratura sono quindi deviate su due fotodiodi che ne misurano l'intensità. La differenza dei due segnali divisa per la loro somma produce un segnale proporzionale alla variazione di polarizzazione, indipendentemente dalle fluttuazioni di intensità totale di emissione del laser. Successivamente il segnale viene filtrato con un amplificatore coerente sincronizzato alla frequenza del campo da misurare. Con tale metodo si possono rivelare segnali di intensità assai bassi, inferiori a quello del rumore di fondo del sistema.



ANALIZZATORE DI POLARIZZAZIONE



AMPLIFICATORE COERENTE

SENSORE ELETTROOTTICO

Si sono realizzate celle elettroottiche usando l'ADP (fosfato diidrogenato di ammonio) e quarzo. L'ADP possiede elevata sensibilità elettroottica, ma presenta alcuni vantaggi, quali la bassa durezza, l'igroscopicità, bassa resistenza e forte dipendenza dalla temperatura. Necessita pertanto di housing complessi e compensazione in temperatura ottenuta sovrapponendo cristalli con assi ottici opportunamente sfasati.

Il quarzo, nonostante abbia proprietà elettroottiche inferiori, possiede caratteristiche meccaniche e dielettriche assai migliori dell'ADP, tali da renderlo complessivamente preferibile. Con esso, date le sue buone lavorabilità, si possono realizzare celle molto piccole che non necessitano compensazione in temperatura.



Celle elettroottiche



Quarzo (4x4x4mm)

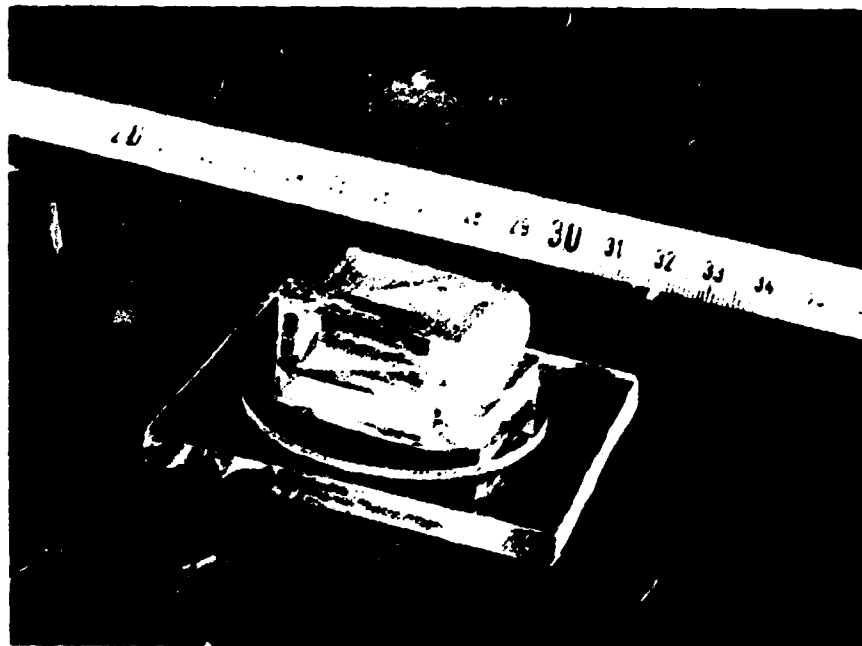
ADP (6x6x10mm)

Sensibilità 10 V/cm

Frequenza > 0

La faccia inferiore e superiore della cella è ricoperta da piastine in rame per uniformare la distribuzione di campo all'interno del cristallo

Beamsplitter
polarizzatore
in ADP



CONDUTTORE A FASCIO CON Distanziatore Flottante

Il sistema è stato utilizzato per misurare il campo di un conduttore a fascio nelle vicinanze di un distanziatore munito di supporto per fibra ottica.

Dai risultati, mostrati nella tabella seguente, si rileva l'accordo con i valori calcolati in assenza di distanziatore nei punti lontani da esso e dalla terminazione dei conduttori stessi.

Un valore di campo elevato è presente sulla terminazione del supporto della fibra ottica nonostante esso si trovi apparentemente schermato dai conduttori circostanti.



punto	Emis.	Ecalc.
A	0.7	1.95
B	1.5	"
C	1.9	"
D	2.1	"
E	2.1	"
F	2.4	"
G	5.6	"
K	2.2	-
g1	2.6	2.79
g2	1.8	1.92
g3	2.3	2.69

V. app 33 kV

In alcuni tipi di distanziatore il corpo centrale è isolato dai bracci oscillanti da giunzioni in gomma. Il suo potenziale è pertanto libero (flottante). La differenza di tensione tra esso e i bracci può causare microscariche sorgenti di rumore Rf.

Per stimare tale differenza di potenziale la cella è stata posta sul corpo centrale e si è misurata la variazione di campo quando il corpo centrale viene cortocircuitato o no ai bracci laterali. Poiché nei due casi la distribuzione di campo non cambia, la variazione percentuale di campo è la stessa di quella del potenziale.

Nella disposizione utilizzata il corpo centrale si trova ad un potenziale di circa il 5% inferiore ai bracci oscillanti.



DISTRIBUZIONE DI CAMPO SU CATENE DI ISOLATORI

La cella è stata posta nel medesimo punto sulla cappa di una catena di sei isolatori. Una tensione di 3.3 kV è applicata all'isolatore #1. Dei risultati, riportati nella tabella seguente, si nota come la distribuzione di campo sia assai diversa da quella di potenziale. In particolare sull'isolatore #4 si ha il cambiamento di segno e si trovano i punti a campo nullo.

N.is.	E [kV/cm]	segno
#1	1.41	+
#2	0.89	+
#3	0.49	+
#4	0.11	+/-
#5	0.24	-
#6	0.85	-

Taratura della cella con
applicazione diretta di
tensione di riferimento.



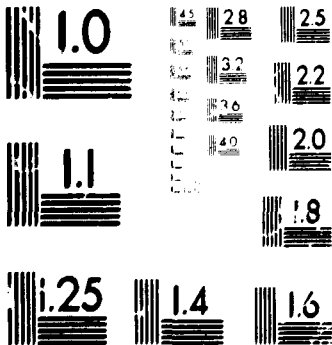
INNALZAMENTO DEL CAMPO SU MANICHINO

Nello studio degli effetti del campo elettrico sull'uomo è importante conoscere la distribuzione superficiale. Il sensore elettrostatico è stato pertanto applicato ad un manichino metallizzato posto in un campo uniforme in varie giaciture.

Nella tabella seguente i valori misurati sono rapportati al valore del campo imperturbato.

Giacitura	cella su	f.innalz.
in piedi, braccia basse	testa	10
in piedi, un braccio alto	testa	9
in piedi, braccia basse	spalla	2.5
in piedi, braccia basse	mano bassa	4
in piedi, un braccio alto	mano alta	11
in piedi, braccia basse	torace	2.8
seduto	testa	6
sdraiato	torace	2.2





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
 STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
 (ANSI and ISO TEST CHART No. 2)