



## ERRORI SISTEMATICI NELLE MISURE DI CAMPO ELETTRICO NEL RANGE 5 HZ – 400 kHz

Laboratorio di Elettronica e di Fisica GLOB-TEK srls

Dott. Fisico Giovanni Gavelli

[g.gavelli@glob-tek.it](mailto:g.gavelli@glob-tek.it) Cell. 327 4021275

[www.glob-tek.it](http://www.glob-tek.it)

Ottobre 2019

COPIA CONCESSA PER USO PERSONALE – VIETATA LA PUBBLICAZIONE SUL WEB



Indice:

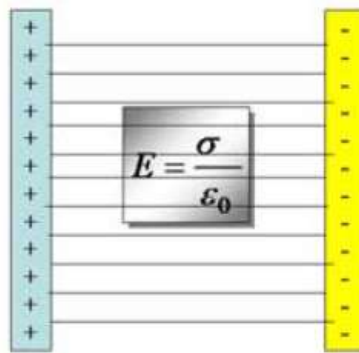
1. Introduzione .....	3
2. Metodo di misura del campo elettrico range 5Hz – 400 kHz .....	3
3. Come si genera l'errore di misura .....	4
4. Conclusioni.....	5

## 1. Introduzione

Negli ultimi anni ci sono arrivate almeno 10 segnalazioni di problematiche durante le misure di campo elettrico nel range 5 Hz – 400 kHz vicino a grandi quadri elettrici metallici, tubazioni e masse metalliche. In questi casi gli strumenti di misura mostrano valori mostruosi di campo elettrico che non hanno nessun senso. In questa trattazione si cercherà di spiegarne il motivo e di trovare delle soluzioni operative per ridurre e interpretare l'errore.

## 2. Metodo di misura del campo elettrico range 5Hz – 400 kHz

La misura dei valori di campo elettrico è realizzata tramite sensori capacitivi a potenziale flottante. In pratica si tratta di condensatori calibrati che forniscono una carica elettrica sulle proprie armature in funzione del campo elettrico incidente. Potenziale flottante vuol dire che non sono connessi a terra ovvero il circuito è isolato.



Condensatore isolato

La capacità di un condensatore piano è funzione della distanza delle armature, dalla superficie delle armature e dalla costante dielettrica del mezzo interposto le armature.

$$C = \epsilon_0 S / d \quad (\text{Formula 1})$$

Quindi gli strumenti misurano la differenza di potenziale e da qui si risale al campo elettrico incidente pressappoco utilizzando la seguente formula:

$$V = Q/C \quad (\text{Formula 2})$$

dove Q è la carica in Coulomb e C la capacità in Farad e V in Volt

Da notare che ogni variazione di capacità modifica in modo importante i valori di tensione in quanto l'andamento è iperbolico, se C diminuisce V aumenta rapidamente.

### 3. Come si genera l'errore di misura

L'errore mostruoso di misura si verifica quando si effettuano misure di campo elettrico a distanze ravvicinate grandi masse metalliche come per esempio quadri elettrici e grossi motori. In questo caso la capacità del sensore viene modificata dalla capacità delle strutture adiacenti. In questa situazione accadono due disastri:

- a) Modifica della capacità con sovrastima dei valori di campo elettrico
- b) Annullamento della situazione a potenziale flottante.

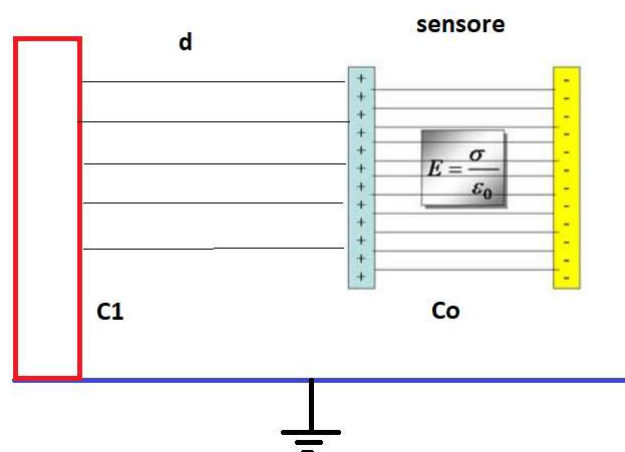
Le due situazioni creano un errore di misura del campo elettrico anche di 1000 Volte in più. Per spiegare questo effetto fisico occorre riprendere la formula della composizione di condensatori in serie:

$$C_{eq} = 1 / \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} = 1 / \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right) \quad (\text{Formola 3})$$

La formula ci dice che la capacità di due condensatori in serie è minore della capacità più piccola, ovvero diminuisce sempre; se la capacità diminuisce la tensione sul sensore aumenta. Per esempio, la capacità totale di due condensatori da 1 F in serie è esattamente uguale alla metà.

Quando lo strumento si avvicina per esempio ad un armadio metallico ci si trova in questa situazione:

**Armadio metallico**



Le due capacità  $C_1$  e  $C_0$  si connettono in serie di conseguenza la capacità totale diminuisce creando un aumento di tensione perché lo strumento non se ne accorge. La capacità totale è funzione della distanza  $d$  e più o meno segue la seguente relazione:

$$CT = S C_0 / (S+d)$$

dove S è la superficie del nuovo condensatore.

L'andamento è di tipo iperbolico ovvero la variazione (derivata) va come  $1/d^2$  ovvero varia velocemente mentre il campo elettrico varia come  $d^2$ . Questo vuol dire che per esempio passando da  $d = 0,1$  m a  $d = 1$  il campo elettrico varia di 10 volte, sembra poco ma è la differenza tra misurare 100 V/m e 1000 V/m.

Questo ragionamento è stato fatto solo pensando alla variazione di capacità. In realtà si crea un altro fenomeno ovvero quello dell'annullamento del potenziale flottante in quanto l'armadio è appoggiato a terra di conseguenza i potenziali elettrici dei due condensatori vengono riferiti a terra creando anche qui un'anomalia di misura. In questo caso oltre che la capacità dell'armadio si aggiunge, sempre in serie, la capacità del cavalletto o dell'operatore.

#### 4. Conclusioni

Da quanto esposto è evidente che questa tipologia di strumentazione può essere usata solo in situazioni di campo imperturbato ovvero lontano da masse metalliche come per esempio sotto un elettrodotto. La distanza  $d$  dove si può considerare la misura imperturbata dipende dalle dimensioni del sensore e dovrebbe essere fornita dal costruttore dello strumento insieme magari al valore di capacità.

Occorre dire però che le misure di campo elettrico in ambiente industriale, nella maggior parte dei casi, come per esempio su motori o quadri elettrici sono completamente inutili e senza senso. Infatti, gli impianti sono in bassa tensione e chiusi all'interno di materiali metallici, dalla fisica il campo elettrico all'esterno è nullo. Quello che si misura è il campo elettrico dovuto ad altre cose come per esempio cavi trifase o ritorni sulla terra di fasi non bilanciate. Quindi quando si vede che il nostro strumento misura valori di campo elettrico elevati nelle condizioni suddette vuol dire che c'è qualcosa che non va sull'apparato di misura. Una prova per rendersi conto di questo effetto è quella di misurare lo stesso quadro o motore a circuiti aperti (tutto spento) e poi effettuare le correzioni del caso. In alternativa una possibile soluzione potrebbe essere quella di ruotare rispetto la verticale il sensore per fare in modo che il piano della capacità sia ortogonale alla massa metallica e prendere come valore quello dell'asse non accoppiato.