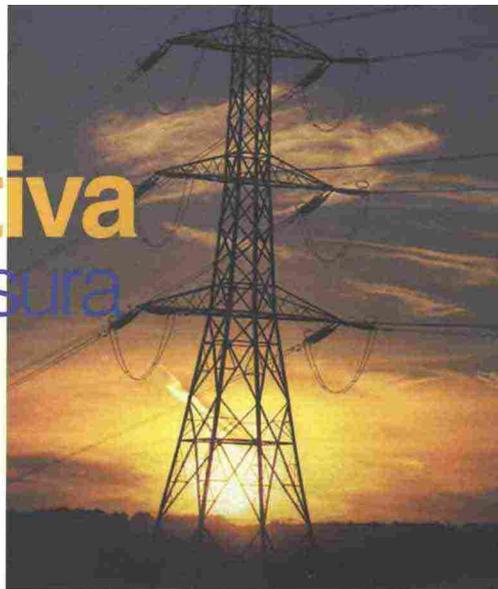


aspetti **tecnici** ed evoluzione **normativa** dei trasformatori di misura

Sono elementi importanti nella tecnica di misura dell'energia elettrica. Proprio per questo sono soggetti a continue evoluzioni sia tecniche che normative

a cura di **ANIE ENERGIA**, Sotto-Gruppo "Trasformatori di misura"



I trasformatori di misura sono ben coperti dalla normativa tecnica data l'importanza che hanno negli impianti elettrici. I segnali derivati dalla misura di correnti e tensioni vanno ad alimentare i dispositivi di misura dell'energia elettrica e quelli di protezione dei circuiti in cui sono inseriti. Nel corso degli anni, le tecniche di misura delle correnti e delle tensioni sono andate evolvendosi sia nel filone delle tec-

nologie tradizionali sia in quello delle tecnologie innovative. Gli organismi di normazione IEC, CENELEC e CEI hanno sempre cercato di accompagnare al meglio questo percorso evolutivo sia aggiornando la normativa di base sia aggiungendo capitoli dedicati alle nuove soluzioni. Il Comitato Tecnico 38 di IEC ha deciso una decina di anni fa di rivedere strutturalmente l'intero pacchetto delle norme serie

IEC 60044 e di trasformarlo in un nuovo impianto normativo basato su documenti dedicati ai requisiti generali dei trasformatori di misura e su altri dedicati ai requisiti degli specifici apparecchi. Questo nuovo quadro normativo (serie 61869) è sintetizzato nella figura 1.

Evoluzione normativa

Vista l'articolazione del nuovo quadro normativo, il comitato normativo italiano CEI nel recepire la nuova impostazione ha deciso di gestire opportunamente la transizione dalle norme serie 60044 a quella serie 61869, definendo per la singola vecchia norma un periodo di validità residuo rispetto l'entrata in vigore della nuova. Ad esempio la CEI EN 61869-2 contenente le prescrizioni specifiche per i trasformatori di corrente è stata pubblicata nel luglio del 2013. Tale norma sostituisce le norme CEI EN 60044-1 e CEI EN 60044-6, che però rimangono applicabili fino al 23 ottobre 2015.

I costruttori di trasformatori di misura **ANIE** che operano sul mercato nazionale ma anche su quello internazionale, in realtà, stanno già adottato le nuove norme serie 61869. Con riferimento alla figura 1, le nuove norme già pubblicate dal CEI sono:

- CEI EN 61869-1: Prescrizioni generali (pubblicata nel luglio 2010);
- CEI EN 61869-2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente (pubblicata nel luglio 2013);
- CEI EN 61869-3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione induttivi (pubblicata nel luglio 2012);
- CEI EN 61869-5: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione capacitivi (pubblicata nel luglio 2012).

Ci si sofferma brevemente sul contenuto della CEI EN 61869-1.

Le prescrizioni generali applicabili trasversalmente ai diversi tipi di trasformatori di misura riguardano:

- le condizioni di servizio normali e speciali;
- le grandezze nominali;
- il progetto e la costruzione;
- le prove;

PRODUCT FAMILY STANDARDS	PRODUCT STANDARD	PRODUCTS	OLD STANDARD	
61869-1 GENERAL REQUIREMENTS FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS	61869-2	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS	60044-1 60044-6	
	61869-3	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR INDUCTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-2	
	61869-4	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED TRANSFORMERS	60044-3	
	61869-5	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-5	
	61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENT FOR LOW POWER INSTRUMENT TRANSFORMERS	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
		61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS	60044-8
		61869-9	DIGITAL INTERFACE FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS	
		61869-10	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER STAND-ALONE CURRENT SENSORS	
		61869-11	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER STAND-ALONE VOLTAGE SENSORS	60044-7
		61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED STAND-ALONE SENSORS	
		61869-13	STAND ALONE MERGING UNIT	
		61869-14	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR DC CURRENT TRANSFORMERS	
		61869-15	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR DC VOLTAGE TRANSFORMERS	

Figura 1 - Nuovo quadro normativo 61869 vs 60044



Figura 2 - Sezione di un trasformatore di corrente

1. Viteria AT
2. Piastrine di connessione
3. Morsetti primari
4. Avvolgimento primario
5. Nuclei secondari
6. Resina
7. Piastra di fissaggio
8. Morsetto di messa a terra
9. Fori di fissaggio
10. Targa dati
11. Morsetti secondari
12. Coprimorsetti secondari

- le regole per il trasporto, l'immagazzinamento, la messa in opera, il funzionamento e la manutenzione;
 - la sicurezza;
 - l'influenza dei prodotti sull'ambiente naturale.
- Alcuni aspetti tecnici innovativi (rispetto le norme serie 60044) sono stati:
- prescrizioni per i trasformatori di misura con isolamento in gas (tensione massima $\geq 72,5$ kV);
 - prove speciali aggiuntive;
 - prescrizioni per la protezione contro il guasto d'arco interno;
 - prescrizioni per i gradi di protezione forniti dall'involucro;
 - prescrizioni per la resistenza contro la corrosione;
 - prescrizioni per la sicurezza e gli aspetti ambientali.

Le norme specifiche di prodotto si occupano, in coordinamento con la 61869-1, di dare le prescrizioni aggiuntive specifiche per le diverse tipologie di trasformatore di misura.

Criteri di scelta di TA e TV

Il TA Trasformatore di corrente può essere di:

- tipo avvolto con riportati all'esterno i due morsetti terminali del circuito primario e i due morsetti terminali del circuito secondario;
- tipo a sbarra passante in cui vi è un pezzo di sbarra già annessa nella resina;
- tipo toroidale ove il primario non è previsto e sarà costituito dal conduttore che passa nel foro centrale del TA.

Per i TA di misura può essere definito un fattore di sicurezza tale per cui per correnti superiori alla corrente nominale il TA è sicuramente saturato, proteggendo conseguentemente il circuito secondario. Nella realtà il TA non viene caricato al secondario con la sua prestazione nominale ma ad un carico inferiore. Il fattore di sicurezza reale risulta quindi maggiore del nominale ed è essenziale una verifica per garantire che la strumentazione collegata al circuito secondario risulti adeguatamente protetta. I TA che vengono associati alle protezioni hanno la peculiarità di non saturare fino a quando l'intervento della protezione non è garantito per la massima corrente di cortocircuito. Nella scelta delle caratteristiche del TA di protezione occorre rispettare le seguenti condizioni:

- la prestazione del TA deve essere superiore al carico secondario;
- i TA da associare alle protezioni di massima corrente non devono saturare fino a quando non ne è garantito il sicuro funzionamento;
- i TA devono saturare per correnti molto alte al fine di preservare i relè ed i circuiti secondari in caso di cortocircuito.

Come per il fattore limite di sicurezza per i TA di misura, anche per i TA di protezione il fattore limite di precisione vero deve essere calcolato in funzione del carico realmente collegato al secondario.

Per i TV Trasformatori di tensione di tipo induttivo, gli accorgimenti che si prendono per evitare fenomeni di ferrisonanza sono principalmente:

- aumentare l'impedenza di magnetizzazione del TV;
- utilizzare TV che lavorano ad induzione inferiore a quella preconizzata;
- inserire resistenze di smorzamento (o comunque dispositivi con resistenza non lineare) in serie agli avvolgimenti secondari collegati a triangolo aperto (il relè di tensione deve essere collegato in parallelo alla resistenza antiferrisonanza).

Connessione alla rete secondo la Norma CEI 0-16

Nella III edizione della Norma CEI 0-16 sono state definitive nuove regole per semplificare l'installazione dei trasformatori di misura nei quadri elettrici, rendendone possibile l'installazione anche a valle del dispositivo di interfaccia oltre che a monte. Inoltre, circa i TV,

sia induttivi (TV-I) che non induttivi (TV-NI), la Norma CEI 0-16 ha introdotto alcune regole, tra le quali si evidenziano:

- la frequenza, le tensioni concatenate e/o di fase, le tensioni di sequenza diretta e inversa devono essere misurate mediante TV-I collegati tra due fasi MT o BT, oppure direttamente da tensioni concatenate in BT (senza impiego di TV) oppure mediante TV-NI collegati fase-terra. La misura di frequenza con TV-I fase-terra non è ammessa;
- la tensione residua deve essere misurata direttamente da TV-I stella-triangolo aperto oppure come somma vettoriale delle tre tensioni di fase misurate da TV-I o TV-NI inseriti fase-terra;
- se i TV-I sono posizionati a valle del dispositivo generale e dei TA di fase del sistema di protezione generale non sono richieste protezioni dei TV-I, mentre, se posizionati a monte del dispositivo generale o dei TA di fase del SPG, i TV-I devono essere protetti sul lato MT con un IMS combinato con fusibili;
- è ammessa l'installazione dei TV-NI a monte del DG o dei TA di fase del SPG senza necessità di alcuna protezione.

Secondo la Norma di connessione, i TV-I o TV-NI che forniscono grandezze secondarie alle protezioni di minima/massima frequenza e tensione devono garantire una classe di precisione 0,5-3P.

Manutenzione / vita impianti per adeguatezza

I trasformatori di misura al termine del ciclo produttivo sono controllati secondo le prove di routine prescritte dalla normativa allo scopo di presentare un prodotto di qualità e tale da garantire un buon funzionamento in esercizio. Queste verifiche limitano al massimo, se non addirittura escludono, la necessità d'intervento per manutenzione una volta in esercizio. D'altra parte, risulta impossibile la sostituzione della parte attiva a causa del suo inglobamento nella resina sintetica.

Per garantire una maggiore vita dei TA e dei TV sono comunque consigliabili alcune verifiche periodiche:

- corretto serraggio delle connessioni primarie e secondarie;
- che i morsetti secondari di un TA siano sempre collegati alla prestazione nominale o in corto circuito;
- che i morsetti secondari di un TV siano sempre collegati alla prestazione nominale o lasciati aperti;
- che lo strato superficiale della resina non presenti deterioramenti o gradi di sporcizia elevati.

Nei casi di adeguamento di un impianto industriale esistente installando i nuovi relè di protezione digitali e/o contatori elettronici è possibile sostituire i vecchi trasformatori di misura con dei nuovi TA e TV induttivi compatti aventi prestazioni molto ridotte e classi di misura più elevate rispetto a quelle originali. Questo criterio di bassi VA, abbinato quando necessario all'utilizzo di nuovi materiali magnetici (nanocristallino), garantisce una più elevata precisione delle misure e una maggior linearità di risposta del TA.



Figura 3 - Sezione di un trasformatore di tensione

1. Morsetti primari AT
2. Isolamento in resina
3. Avvolgimento AT
4. Avvolgimento BT
5. Circuito magnetico
6. Morsetto di messa a terra
7. Morsetti secondari
8. Coprimorsetti