

Trasformatori di misura

I trasformatori di misura permettono di standardizzare i valori di corrente e tensione al secondario. Sono impiegati in circuiti nei quali la corrente o la tensione raggiungono valori non compatibili con quelli degli strumenti di uso standard, dei relè di controllo e dei sistemi di protezione; garantiscono inoltre un miglioramento delle condizioni di sicurezza per gli operatori.

I trasformatori di misura sono di due tipi fondamentali: *trasformatori di tensione (TV)* e *trasformatori di corrente (TA)*.

In generale si hanno due valori secondari unificati: 5 A per la corrente nei TA e 100 V per la tensione nei TV.

Trasformatori di tensione TV

I TV vengono inseriti con il circuito primario in parallelo alla linea da controllare mentre la strumentazione (bobine dei voltmetri e dei relè di tensione), viene collegata in parallelo all'avvolgimento secondario secondo lo schema di FIGURA 1. La condizione di funzionamento che occorre determinare è quella di garantire la massima precisione nel rapporto di trasformazione che a vuoto si configura nel solito modo:

$$k_{TV} = \frac{V_1}{V_{20}}$$

Occorre in questo caso che la tensione secondaria a carico sia la più vicina possibile a quella a vuoto, riducendo al minimo la quantità: $\Delta V_2 = V_{20} - V_2$.

Questa condizione si ottiene usando strumentazioni ad altissima resistenza interna e con bassissimo assorbimento di corrente, tutte collegate in parallelo al secondario: *di fatto si cerca di far funzionare il TV come se lavorasse a vuoto (il valore unificato della tensione al secondario è di 100 V).*

In queste condizioni il rapporto di trasformazione vale:

$$k_{TV} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_{20}} = \frac{N_1}{N_2}$$

coincidendo di fatto con quello teorico.

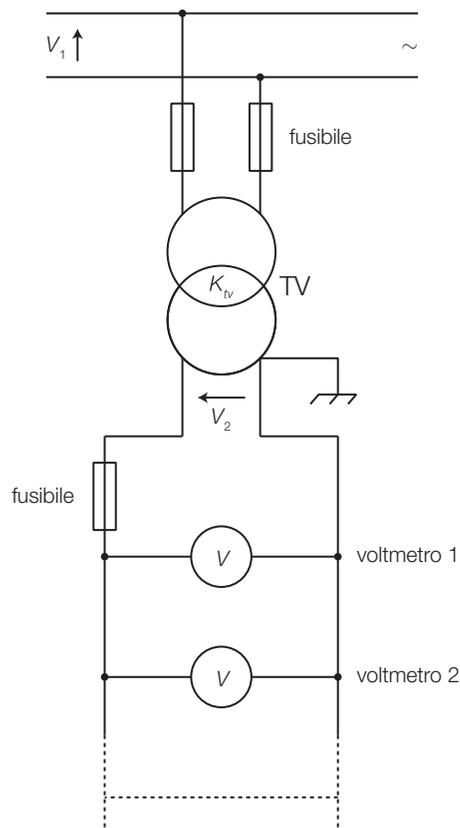


FIGURA 1 Inserzione del TV.

In pratica la tensione al secondario si riduce dal valore V_{20} al valore V_2 per cui si verifica un *errore di rapporto percentuale* esprimibile nel modo seguente:

$$\varepsilon_{\%} = \frac{k_{TV} \cdot V_2 - V_1}{V_1} \cdot 100$$

Essendo $k_{TV} \cdot V_2$ il valore della tensione primaria espressa attraverso quella secondaria effettiva.

Un altro errore che può introdurre il TV è l'errore d'angolo, espresso come l'angolo di sfasamento tra la tensione primaria e l'opposto di quella secondaria, secondo il modello di FIGURA 2.

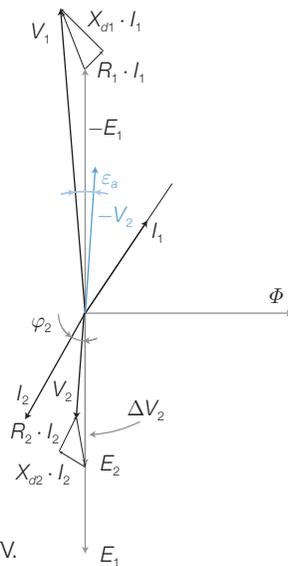


FIGURA 2 Errore d'angolo per il TV.

L'errore d'angolo è positivo se V_2 è in anticipo sulla V_1 , negativo in caso contrario.

Questo tipo di errore non influisce sul valore della tensione secondaria e sul rapporto di trasformazione ma ha effetto sulla potenza resa al secondario, influenzando le misure di potenza che impiegano i circuiti voltmetrici che il TV alimenta.

Si definisce prestazione nominale del TV la massima potenza apparente A_n che esso può erogare al secondario senza che la corrente in questo circuito assuma un valore tale da produrre un sovraccarico che ne comprometta la precisione di funzionamento, espressa dal suo indice di *classe di precisione*. Occorre pertanto che le grandezze secondarie rimangano rigorosamente entro i dati di targa che ne indicano i limiti di funzionamento. In base alle classi di precisione vengono garantiti i valori massimi ammissibili degli errori di rapporto e d'angolo.

In funzione della prestazione nominale e della tensione nominale al secondario si definisce anche la *massima impedenza che può essere collegata al secondario* in parallelo:

$$Z_{2\max} = \frac{V_{2N}^2}{A_n} \quad [\Omega]$$

Il TV, non potendo lavorare che in condizioni quasi a vuoto, deve essere protetto contro i cortocircuiti, sia al primario sia al secondario. A tale si inseriscono fusibili o relè di tensione che interrompano il passaggio della corrente non appena essa assume un valore superiore a quella nominale.

Trasformatori di corrente TA

I TA vengono inseriti con il primario in serie alla linea da controllare, mentre gli strumenti e le bobine dei sistemi di controllo vengono tutti collegati in serie al secondario, secondo lo schema indicativo di FIGURA 3.

Questo tipo di trasformatore viene realizzato allo scopo di ottenere al secondario un valore di corrente, *predeterminato di* 5 A, per alimentare le bobine amperometriche di strumenti o organi di controllo, in presenza di correnti primarie di linea di valore superiore a quelli di più frequente utilizzo che vanno oltre le portate amperometriche normalmente prodotte (da qualche decimo fino a qualche decina di A).

I TA trovano impiego nelle linee ad alta e altissima potenza, dove le I possono raggiungere anche valori di diverse migliaia di ampere (sbarre di uscita di alternatori, lato B.T. di trasformatori di potenza ecc.).

In condizioni di funzionamento a carico occorre garantire la migliore precisione nel rapporto di trasformazione (con riguardo alle correnti):

$$k_{TA} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{I_2}{I'_1}$$

Per realizzare la condizione di cui sopra si deve rendere trascurabile la corrente a vuoto I_0 , realizzando un nucleo a elevata sezione e con un'induzione molto bassa, tale da richiedere una piccola corrente magnetizzante I_μ . Il numero delle spire al primario è sempre molto piccolo (l'avvolgimento è realizzato con poche spire di conduttore di grossa sezione) mentre quello al secondario verrà scelto in modo da garantire il rapporto voluto e ottenere $I_2 = 5$ A. Il numero delle spire primarie può essere anche uguale a 1 (come nelle pinze amperometriche per la misura di corrente, di largo impiego). La condizione di funzionamento equivale di fatto a un *funzionamento in cortocircuito* per cui le impedenze collegate al secondario debbono essere di valore molto piccolo in modo da non dar luogo a cadute di tensione.

Anche per il TA si definisce l'*errore di rapporto percentuale* definito dalla:

$$\varepsilon_{\%} = \frac{\frac{I_2}{k_{TA}} - I_1}{I_1} \cdot 100$$

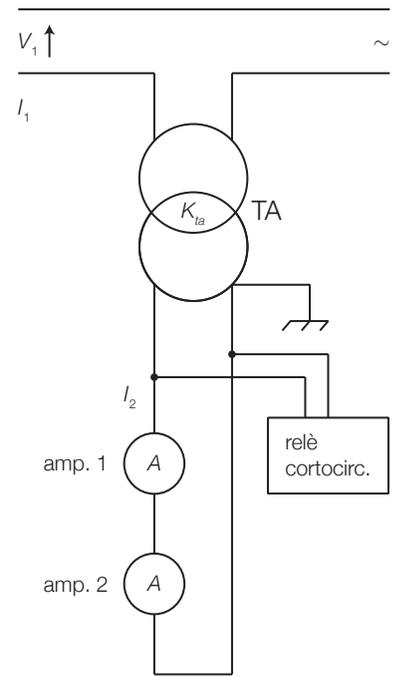


FIGURA 3 Inserzione del TA.

dove I_1 è la corrente primaria effettivamente presente a carico e I_2/k_{TA} il valore della corrente primaria calcolata attraverso la I_2 e il rapporto di trasformazione.

Anche per il TA si definisce l'*errore d'angolo* come rappresentato in FIGURA 4, inteso come spostamento angolare tra la I_1 e l'opposto di I_2 .

L'errore sarà positivo se I_2 è in anticipo su I_1 , negativo in caso contrario.

Questo tipo di errore non influisce sul valore della corrente secondaria e sul rapporto di trasformazione ma ha effetto sulla potenza resa al secondario, influenzando le misure di potenza che impiegano i circuiti amperometrici che il TA alimenta.

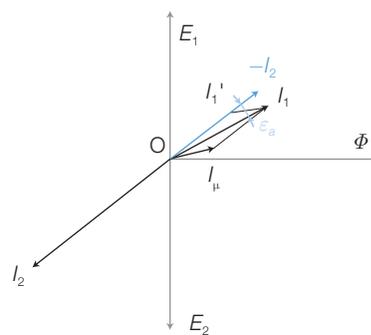


FIGURA 4 Errore d'angolo nel TA.

Si definisce *prestazione nominale* del TA la massima potenza apparente A_n che il trasformatore può erogare verso i circuiti collegati in serie al secondario, senza che varino le sue caratteristiche di targa relative alla classe di precisione per la quale è costruito. In base alle classi di precisione vengono garantiti i valori massimi ammissibili degli errori di rapporto e d'angolo.

In funzione della prestazione nominale e della corrente nominale al secondario, si definisce anche la *massima impedenza che può essere collegata al secondario* in serie:

$$Z_{2\max} = \frac{A_n}{I_{2n}^2} \quad [\Omega]$$

Il TA deve lavorare sempre in condizioni di cortocircuito: non deve mai verificarsi una apertura del circuito al secondario in quanto, per l'elevato rapporto di trasformazione (scelto per ridurre la corrente da primario a secondario), si verificherebbe un'eccessiva sopraelevazione della tensione di uscita, che danneggerebbe tutte le strumentazioni e sarebbe pericolosa anche per gli operatori.

Si pone quindi in parallelo al secondario un relè di cortocircuito, destinato a intervenire, collegando i morsetti di uscita con un opportuno ponte, non appena la tensione sale al di sopra di un limite prestabilito.