

Indicazioni:

I richiami tecnici di seguito riportati possono rappresentare delle linee guida per una corretta scelta e impiego dei trasformatori nei vari campi di utilizzo. Le differenze di costruzione dei trasformatori sono determinate dalle esigenze stabilite nelle disposizioni sulle installazioni e apparecchiature. In questa sede ci limiteremo a riportare le principali definizioni contenute nelle norme EN 61558.1 e parte 2. Altre norme cui fare riferimento sono: CEI 14-5, 14-8, EN 60076-1 (trasformatori di potenza), UL 5085-1-2-3.

Trasformatori

Trasformatore di isolamento: trasformatore adatto a limitare i rischi dovuti a contatti tra la terra e le parti attive che possono provocare folgorazioni in caso di guasto o danni all'isolamento.

Tensione primaria: 1000V max - Tensione secondaria: max 500V a vuoto - Frequenza: 500Hz max - Potenza nominale: 25kVA se monofase, max. 40kVA se trifase. Tipo di isolamento: doppio o rinforzato.

Trasformatore di sicurezza: trasformatore di isolamento adatto ad alimentare circuiti a bassissima tensione di sicurezza. Tensione primaria: 1000V max - Tensione secondaria: 50V max. a vuoto - Frequenza 500Hz - Potenza nominale: 10kVA se monofase, max. 16kVA se trifase. Tipo di isolamento: doppio o rinforzato.

Temperatura ambiente nominale:

È la temperatura che circonda il trasformatore. Se non diversamente specificato, la temperatura ambiente nominale è 40°C. Particolare attenzione va posta in caso di temperature ambiente più elevate. Non superare i valori riportati nella seguente tabella. La potenza del nucleo va quindi adattata approssimativamente ai seguenti valori:

Temperatura ambiente nominale	Potenza nominale x fattore
40 ° C	1
50 ° C	0,92
60 ° C	0,84
70 ° C	0,75

Sovratemperatura: È la temperatura che si verifica nel trasformatore durante il funzionamento a regime. In particolare negli avvolgimenti, a seconda della classe dei materiali di isolamento e della temperatura ambiente nominale, non devono essere superati i seguenti valori:

Sovratemperature (ΔT) con temperatura ambiente ($t_a=40^\circ\text{C}$)
 A=60 °C - E=75 °C - B=80 °C - F=100 °C - H=125 °C

Tensione di ingresso nominale: Tensione di rete di alimentazione del trasformatore. Se non diversamente concordato, il limite massimo visualizzato è un valore 1,1 volte superiore la tensione di ingresso nominale, fintanto che non danneggi il funzionamento in continuo del trasformatore.

Corrente a vuoto: È la corrente d'ingresso del trasformatore senza carico a tensione e frequenza nominale d'ingresso. Il valore della corrente a vuoto è condizionato soprattutto dalle proprietà dei lamierini magnetici impiegati e agli effetti pratici può oscillare anche tra trasformatori della stessa produzione. È ammessa un'oscillazione del -10%/+20% rispetto al valore nominale.

Classe di protezione:

È una caratteristica costruttiva di un'apparecchiatura di sicurezza contro le correnti pericolose.

Classe I: tutte le parti metalliche accessibili del trasformatore sono isolate dalle parti in tensione tramite l'isolamento fondamentale e da una misura di sicurezza supplementare costituita da un conduttore di protezione facente parte dell'impianto elettrico dell'installazione.

Classe II: tutte le parti metalliche accessibili del trasformatore sono separate dalle parti in tensione tramite un isolamento doppio o rinforzato. Il trasformatore non deve essere collegato a terra.

Classe di isolamento:

Temperatura max del sistema di isolamento	Temperatura max sull'avvolgimento con $T_a=40^\circ\text{C}$
A (105 ° C)	60°C
E (120 ° C)	75°C
B (130 ° C)	80°C
F (155 ° C)	100°C
H (180 ° C)	125°C

Avvolgimento di ingresso (Primario): particolare attenzione va posta se invece di una sola tensione di ingresso la richiesta è di tensioni supplementari. In tal caso si rende necessario un innalzamento della potenza del nucleo. Ad esempio:

Tensione primaria	Potenza nominale x fattore= dimensionamento della potenza del nucleo	
	1 sezione	2 sezioni
230	1	1
230+400	1,23	1,52
230+500	1,26	1,49
400+440	1,06	1,12
400+440+500	1,12	1,25

Tensione di uscita nominale: È la tensione di uscita del trasformatore alla frequenza nominale, alla tensione di ingresso nominale, con corrente di uscita nominale al fattore di potenza nominale (=1). Va rilevata con il trasformatore in stato di funzionamento continuo con temperatura ambiente nominale. Se non diversamente concordato è ammessa una tolleranza del $\pm 5\%$. Per i trasformatori resistenti al c.c. per costruzione è: $\pm 10\%$.

Tensione a vuoto: È la tensione secondaria del trasformatore funzionante a vuoto, alla tensione primaria e frequenza nominale. Si può rilevare partendo dalla formula:

$$\% \text{ calo di tensione} = \left| \frac{\text{Tensione a vuoto} - \text{tensione secondaria nominale}}{\text{Tensione a vuoto}} \right| \times 100$$

La norma EN 61558.1 ammette per i trasformatori di isolamento e sicurezza i seguenti valori:

Differenza tra tensione secondario a vuoto e a carico nominale %:		
fino a 10 VA	100	
da 10VA a 25 VA	50	Nota: per i trasformatori di isolamento fino a 63 VA:20%
da oltre 25 VA a 63 VA	20	
da oltre 63 VA a 250 VA	15	È da tenere presente che nel caso di trasformatori di comando previsti dalle norme EN 61558.1 Parte 2-2, e CEI 96-3 la max differenza è di 10%
da oltre 250 VA a 630 VA	10	
oltre 630 VA	5	

Avvolgimento di uscita: s'intende che nel caso di uscita in derivazione, la corrente viene calcolata facendo riferimento alla tensione più elevata, se non diversamente specificato. Nel caso di più avvolgimenti, va considerato che, a causa della quantità dell'isolamento, può rendersi necessario un innalzamento della potenza del nucleo.

Potenza nominale: è il prodotto della tensione secondaria nominale per la corrente secondaria nominale. Nel caso di trasformatori trifase è $\sqrt{3}$ per il prodotto della tensione secondaria nominale per la corrente secondaria nominale. Nel caso di più avvolgimenti secondari è la somma dei prodotti delle tensioni secondarie nominali per le correnti secondarie nominali dei circuiti caricabili contemporaneamente.

Autotrasformatore: è un trasformatore con avvolgimenti comuni di ingresso e di uscita, senza separazione galvanica tra gli avvolgimenti. La potenza relativa è data dalla formula:

$$P_{app} = P_{nom} \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)$$

dove P_{app} = potenza (VA)
 P_{nom} = potenza nominale (VA)
 V_1 = tensione minima (V)
 V_2 = tensione massima (V)

Resistenza al corto circuito: si riporta di seguito la suddivisione che la norma EN 61558.1 applica ai trasformatori in relazione al tipo di resistenza al c.c.:

a) **Trasformatore non intrinsecamente resistente al c.c.:** è un trasformatore previsto per essere protetto contro un'eccessiva temperatura per mezzo di un dispositivo di protezione non fornito con il trasformatore stesso (es. fusibili esterni).

b) **Trasformatore resistente al c.c.:** è un trasformatore nel quale la sovratemperatura non supera i limiti specificati quando il trasformatore è cortocircuitato e che può funzionare normalmente dopo la rimozione del c.c.

• **Trasformatore resistente al c.c. per costruzione:** è un trasformatore munito di dispositivo di protezione incorporato, che apre il circuito primario o secondario o ne riduce la corrente in caso di c.c. (es. PTC, bimetallo).

• **Trasformatore resistente al c.c. non per costruzione:** è un trasformatore che, in assenza di ogni dispositivo di protezione, in caso di c.c. non supera i limiti di temperatura (es. piccoli trasformatori ad altissima resistenza interna).

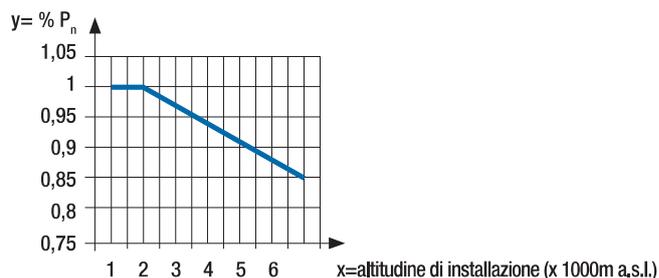
• **Trasformatore a prova di guasto:** è un trasformatore che a seguito di un uso anormale, non è più in grado di funzionare, senza alcun pericolo per l'utilizzatore (es. trasformatore con termofusibile incorporato).

Tabelle di de-rating: le condizioni di funzionamento, riferite alla potenza nominale (P_n), si riferiscono ai seguenti parametri:

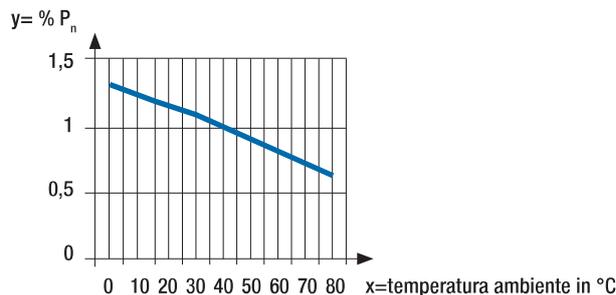
- Servizio continuo
- Frequenza: 50Hz...60Hz
- Grado di protezione: IP00
- Installazione fino a 1000m a.s.l.
- Temperatura ambiente: $t_a=40^\circ\text{C}$

Altre condizioni operative sono ammesse secondo le seguenti tabelle:

ALTITUDINE:



TEMPERATURA AMBIENTE:



Nota: le tabelle sono solo a carattere generale. A richiesta possono essere fornite tabelle per i vari tipi di trasformatori.

Servizio intermittente: per servizi di lavoro intermittente si può calcolare la potenza necessaria partendo dai seguenti dati:

- potenza nominale (P_n)
- tempo di lavoro (T_{on})
- tempo di riposo (T_{off})

Potenza nominale intermittente P_{int}

$$P_{int} = P_n \times \sqrt{\frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}} \times 1,1$$

Esempio: carico nominale = 500VA

T_{on} = 10'

T_{off} = 20'

$$P_{int} = 500 \times \sqrt{\frac{10}{10+20}} \times 1,1$$

È sufficiente usare un trasformatore da 350VA.

Dispositivi di protezione: si assume, come regola generale, che il trasformatore deve essere protetto al primario contro i corti circuiti, al secondario contro i sovraccarichi. In entrambi i casi con fusibili ritardati (T) o con interruttori magnetotermici con curva di intervento ritardata. Il calcolo della protezione al secondario (contro il sovraccarico) non presenta problemi: le norme EN61558-1 prevedono una tolleranza del ±10% sulla corrente nominale secondaria e in ogni caso la taglia del fusibile è indicata in targa. Più complesso risulta il calcolo della protezione al primario (contro il corto circuito). Occorre tenere presente che all'atto dell'inserzione si genera un picco di corrente d'inserzione (I_e) pari anche a 20-30 volte I_n per circa 10ms senza che ovviamente intervenga la protezione, che deve comunque intervenire in caso di corto circuito.

Protezione contro il corto circuito

P _n	Tensione primaria		Tensione secondaria	
	230V	400V	24V	115V
50	0,50	0,315	2	0,40
75	0,80	0,40	3,15	0,63
100	1	0,63	4	1
150	1,50	0,80/1	6,3	1,25
200	2	1,25	8	1,6
250	2,50	1,6	10	2
300	3	1,6	12	2,5
400	3,15	2,5	15	3,15/4
500	4	3	25	4/5
630	5	4	-	5/6,3
800	6	5	-	8
1000	8	6,30	-	8/10

È necessario per questo conoscere la corrente di corto circuito, anche considerando il punto più lontano della linea trasformatore-utilizzatore.

Dati conosciuti:

V₂= tensione secondaria del trasformatore

V_{cc}= tensione di corto circuito in % (rilevabile da catalogo)

P_n= potenza nominale del trasformatore

L= lunghezza della linea in metri

S= sezione del conduttore in m²

$$I_{2cc} = \frac{V_2}{\frac{V_2^2}{P_n} \times \frac{V_{cc}(\%)}{100} + \frac{0,036 \times l (m)}{S (mm^2)}}$$

In genere è sufficiente una protezione calcolata su 1,5-2,5xI_n prim.

Di seguito si riporta una tabella riguardante trasformatori monofase da 50VA a 1000VA con tensioni 230-400/24V o 115V

Trasformatori monofase - Protezioni con fusibili ritardanti serie "T"