**Scheda tecnica per capitolati   
Trasformatori in resina ad alta efficienza MT/BT**

**GreenT.HE- EU Bticino   
(Green Transformer High Efficiency)**

Contenuto

[1. Introduzione 2](#_Toc61987616)

[2. – Leggi e Norme 2](#_Toc61987617)

[2.1 – Regolamento Europeo (UE) N.548/2014 3](#_Toc61987618)

[2.2 – Norma – EN50708 3](#_Toc61987619)

[3. – Caratteristiche Costruttive 4](#_Toc61987621)

[3.1 – Avvolgimento di Media Tensione (MT) 4](#_Toc61987622)

[3.2 – Avvolgimento di Bassa Tensione (BT) 5](#_Toc61987623)

[3.3 – Il montaggio degli avvolgimenti 5](#_Toc61987624)

[3.4 - Terminali 6](#_Toc61987625)

[3.5 – Nucleo magnetico 6](#_Toc61987626)

[3.6 – Caratteristiche della Targa Dati 6](#_Toc61987627)

[3.7 – Caratteristiche sismiche, ambientali, climatiche e di comportamento al fuoco 7](#_Toc61987628)

[4. – Documentazione e prove 8](#_Toc61987629)

[4.1 – Prove di Accettazione (routine tests) 8](#_Toc61987630)

[4.2 – Prove di Tipo (type tests) 8](#_Toc61987631)

[4.3 – Prove Speciali (special tests) 8](#_Toc61987632)

[5. – Controlli di fabbricazione 9](#_Toc61987633)

[6. - Accessori 9](#_Toc61987634)

[7. Specifiche del Trasformatore 10](#_Toc61987635)

# 1. Introduzione

Il presente documento descrive in termini generali le caratteristiche tecnico - costruttive che

sono richieste per i trasformatori trifase MT/BT con avvolgimenti primari inglobati in resina

epossidica e contestualmente specifica le condizioni ambientali in cui questo tipo di macchine

elettriche statiche dovranno operare.

L'obiettivo è focalizzato sull'installazione dei trasformatori che garantiscono una significativa

riduzione dei consumi rispetto alle macchine standard, migliorando l‘efficienza energetica

dell’intero impianto.

L’obiettivo di utilizzo di questi trasformatori è di contenere significativamente le perdite e di

conseguenza determinare un importante vantaggio per l'utente finale (riduzione dei costi

energetici di esercizio) e una notevole riduzione di emissioni di CO2, nel rispetto dell'ambiente e

in linea con i più recenti accordi internazionali per la tutela dell'ambiente.

**Generalità**

I trasformatori devono essere in grado di erogare la loro potenza nominale in servizio continuo

tramite la ventilazione naturale AN senza superare i limiti di sovratemperatura previsti

dall’isolamento.

In caso venga richiesta, la ventilazione forzata tramite l’ausilio di ventilatori tangenziali potrà

determinare un incremento temporaneo della potenza nominale.

# 2. – Leggi e Norme

I trasformatori devono essere costruiti a regola d’arte con l’impiego di materiali della migliore qualità in maniera conforme alle leggi e in accordo all'ultima edizione delle norme internazionali, europee e nazionali applicabili (IEC, CENELEC e CEI).

I trasformatori devono essere progettati e costruiti in conformità alle seguenti norme:

* Regolamento europeo (UE) N. 548/2014 della Commissione del 21 Maggio 2014 modificato da [Regolamento (UE) 2016/2282 della Commissione del 30 Novembre 2016](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=celex:32016R2282) e successivamente dal Regolamento (UE) 2019/[1783 della Commissione del 1° Ottobre 2019](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=celex:32019R1783) recante *modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccoli, medi e grandi*;
* IEC/EN/CEI 60076-11 – Trasformatori di potenza – Parte 11: Trasformatori di tipo a secco
* IEC/EN/CEI 60076-1 – Trasformatori di potenza – Parte 1: Generalità
* EN/CEI 50708 – Trasformatori di potenza (requisiti addizionali Europei)
* IEC/EN/CEI 60529 – Grado di protezione degli involucri (Codice IP)

## 2.1 – Regolamento Europeo (UE) N.548/2014

Il 21 maggio 2014 la Commissione Europea ha emanato il Regolamento UE N.548/2014 modificato da [Regolamento (UE) 2016/2282 della Commissione del 30 Novembre 2016](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=celex:32016R2282) e successivamente dal Regolamento (UE) 2019/[1783 della Commissione del 1° Ottobre 2019](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=celex:32019R1783) (in seguito Regolamento), recante le modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa all’istituzione di un quadro per l’elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all’energia.

Il Regolamento riguarda i trasformatori elettrici di potenza piccoli, medi e grandi.

Il Regolamento fissa i requisiti minimi obbligatori in materia di progettazione ecocompatibile per

i trasformatori con una potenza minima di 1 kVA utilizzati nelle reti di trasmissione e

distribuzione dell’energia elettrica a 50 Hz o per applicazioni industriali.

Nell’Allegato del Regolamento vengono definiti i requisiti in materia di progettazione

ecocompatibile indicando i valori massimi di perdite a carico e a vuoto (o della loro

combinazione) che devono essere rispettati per le varie tipologie di trasformatori a seconda

della loro potenza nominale.

Nell’ambito di applicazione del Regolamento, valido solo nelle nazioni facenti parti della Unione

Europea (28 paesi) sono definite per l’immissione nel mercato, due distinte fasi temporali:

* Fase 1 (dal 1o Luglio 2015)
* Fase 2 (dal 1o Luglio 2021)

che sottendono due differenti requisiti in termini di perdite.

Per la Fase 2 sono definiti requisiti più stringenti rispetto a quelli definiti nella Fase 1.

## 2.2 – Norma – EN50708

# La norma EN 50708 - Trasformatori di potenza (requisiti addizionali Europei) che sostituisce la norma precedente EN 50588.

# 3. – Caratteristiche Costruttive

## 3.1 – Avvolgimento di Media Tensione (MT)

Gli avvolgimenti di Media Tensione devono essere realizzati:

* a mezzo di avvolgitrici a controllo numerico
* con la tecnica del disco continuo
* in nastro d’alluminio con integrato un doppio strato isolante

La classe termica dei materiali isolanti impiegati deve corrisponde alla classe **155 °C (F),** a cui corrisponde la sovratemperatura di **100 K** così come definito dalla norma IEC 60076-11.

Al fine di garantire la tenuta agli sforzi elettrodinamici in caso di corto circuito e l’immunità alle fessurazioni della resina sia internamente che esternamente agli avvolgimenti deve essere utilizzata una rete in fibra di vetro.

L'avvolgimento deve essere inglobato in resina tramite stampo riempito sottovuoto.

La resina utilizzata deve essere del tipo epossidico e deve essere miscelata con silice e allumina per poter garantire il comportamento al fuoco F1 stabilito dalla norma IEC 60076-11.

L’intero processo di resinatura deve essere tale da determinare un livello di scariche parziali sul trasformatore inferiore a ***<5pC***.

Gli avvolgimenti finiti devono essere di colore verde **RAL 6024**, al fine di evitare di riconoscere visivamente l’appartenenza alla famiglia di trasformatori ad alta efficienza energetica (non sono consentite colorazioni della sola superficie e/o adesivi che potrebbero deteriorarsi nel tempo).

La regolazione della tensione primaria deve essere pari al valore ± 2 x 2,5% e deve realizzata con boccole affioranti dalla resina, bulloneria e cavallotti in ottone e deve essere identificata con numerazione indelebile dal n. 3 al n. 8 con la presa centrale sulla connessione 5-6.

La numerazione conforme alla norma sull’identificazione delle fasi deve essere ripetuta anche sulla targa dati (nessun adesivo o etichetta e consentito).

## 3.2 – Avvolgimento di Bassa Tensione (BT)

L’avvolgimento di Bassa Tensione deve essere realizzato:

* a mezzo di avvolgitrici a controllo numerico
* tramite un nastro di alluminio unico
* con un’altezza pari all’altezza dell’avvolgimento di MT
* con un foglio isolante di materiale poliestere

Le saldature del nastro conduttore con le barre di uscita devono essere realizzate mediante la saldatura di testa in atmosfera inerte e sotto controllo elettronico, in modo da evitare qualsiasi codolo di materiale che possa incidere o danneggiare, per sollecitazione ripetuta, l’isolante interposto tra capo di uscita e spira successiva.

Tale avvolgimento deve essere impregnato in resina poliestere tramite un processo sottovuoto , in modo da garantire all’avvolgimento la compattezza tale da formare un unico cilindro resistente ad eventuali sforzi assiali e radiali, conseguenti a fenomeni di corto circuito, oltre che evitare l’assorbimento di umidità.

La classe termica dei materiali isolanti impiegati deve corrispondere alla classe **155 °C (F),** a cui corrisponde la sovratemperature di 100 K così come definito dalla norma IEC 60076-11.

Isolamenti utilizzando materiali pre-impregnati (pre-preg e simili) non sono ammessi.

## 3.3 – Il montaggio degli avvolgimenti

Gli avvolgimenti devono essere montati uno dentro l'altro in maniera coassiale con l'avvolgimento primario è all'esterno e l’avvolgimento secondario all'interno.

Appositi distanziali devono garantire la coerenza delle distanze tra il nucleo e gli avvolgimenti secondari e tra gli avvolgimenti secondari e quelli primari. La soluzione adottata deve essere tale da assicurare la tenuta alle sollecitazioni radiali in caso di corto circuito e dunque evitare ogni dissimmetria geometrica e tra i flussi magnetici concatenati tra primario e secondario.

## 3.4 - Terminali

I terminali MT devono essere solidali con l’avvolgimento e realizzati tramite perni in ottone in modo da:

• facilitare la connessione ai cavi MT, indipendentemente dalla loro direzione d’entrata

• evitare coppie galvaniche tra capicorda di vari materiali che possono coesistere nella connessione

La connessione a triangolo tra gli avvolgimenti MT deve essere realizzata in tubo di alluminio al fine di conservare la sua forma e la sua posizione relativa nel tempo *(non sono consentiti collegamenti con cavi MT isolati)* .

I terminali di BT devono essere previsti nella parte superiore del trasformatore (eventuali connessioni in basso sono possibili sono quando chiaramente indicato in offerta) e realizzati con piatti di alluminio adatti al collegamento con cavi con capicorda in rame stagnato

Solo se chiaramente indicato in offerta vengono fornite piastre intermedie bi-metalliche (CU-AL) per collegare i terminali BT con sbarre in rame non trattate.

## 3.5 – Nucleo magnetico

Il nucleo a tre colonne deve essere realizzato in lamierino magnetico a grani orientati a basse perdite isolato sulle due facce.

Sui punti di congiunzione tra le colonne e i gioghi, i fogli di lamierino devono essere tagliati a 45° gradi secondo la procedura step-lap (passo-giro) per cercare di ridurre quanto possibile il traferro equivalente.

Un collegamento equipotenziale sconnettibile deve essere garantito tra la struttura metallica ed il pacco dei fogli magnetici.

I nuclei magnetici devono essere protetti contro la corrosione utilizzando resina bicomponente nera RAL 9005.

## 3.6 – Caratteristiche della Targa Dati

La Targa Dati deve essere conforme alla norma IEC 60076-11 e EN 50708 (entrambi i riferimento devono essere presenti).

I caratteri devono essere incisi su una targa di alluminio con fondo contrastante in tal modo da garantire che essi rimangano inalterati e di facile lettura.

Per i trasformatori rispondenti al Regolamento (UE) 548/2014 deve essere presente la marcature CE realizzata con la stessa modalità (non sono ammessi adesivi).

## 3.7 – Caratteristiche sismiche, ambientali, climatiche e di comportamento al fuoco

I trasformatori devono essere in grado di resistere a perturbazioni sismiche in cui il livello di accelerazione al suolo **ag sia inferiore a 0,2 g**.

I trasformatori devono essere in grado di funzionare con temperature dell’aria non superiori a:

* 40 °C in ogni momento;
* 30 °C come media mensile del mese più caldo;
* 20 °C come media annua.

Inoltre devono essere adatti per trasporto e stoccaggio in temperature ambiente fino a -25°C.

Devono inoltre rispondere positivamente alle seguenti classi definite nella IEC 60076-11:

- temperatura ambiente minima -25°C

- temperatura ambiente massima 40°C

- umidità relativa massima (90±5)%

• Classe ambientale **E3** inerente l’umidità, la condensazione e l’inquinamento

**E3** – Il trasformatore è soggetto a condensa frequente o grave inquinamento o combinazione di questi fenomeni

• Classe climatica **C2** inerente la temperatura minima

**C2 –** Il trasformatore è adatto per il funzionamento a temperature fino ad un minimo di -25°C

• Classe di comportamento al fuoco **F1** inerente il comportamento in caso di incendio

**F1** – Il trasformatore è soggetto a rischio d’incendio per cui è richiesta un’infiammabilità ridotta e l’emissione di sostanze tossiche e di fumi opachi deve essere ridotta al minimo.

Le prove che dimostrano l’idoneità a dette classi devono essere eseguite su uno stesso trasformatore secondo la sequenza definita dalla norma IEC 60076-11 (C2-E2-F1) presso un laboratorio terzo certificato (non è possibile testare il trasformatore su più laboratori ed in momenti diversi)

(vedi Documentazione e Prove).

# 4. – Documentazione e prove

Ogni trasformatore deve superare tutte Ie prove di accettazione (routine) definite nella norma IEC 60076-11.

Ogni qualvolta siano richieste al momento dell’ordine le prove di tipo e speciali devono essere completate con successo.

Ogni trasformatore deve essere spedito con il proprio bollettino di collaudo in originale (copie non sono ammesse).

A dimostrazione della qualità, dell'affidabilità e delle prestazioni del prodotto, deve essere fornita idonea documentazione, per mezzo di certificati rilasciati da organismi riconosciuti a livello internazionale, come ad esempio ACAE.

A dimostrazione delle classi climatiche C2, ambientali E2 e di comportamento al fuoco F1, il trasformatore deve essere accompagnato da un Type Test Certificate ottenuto su **un unico trasformatore ed in un unico laboratorio**.

A titolo indicativo, si riportano di seguito le prove da effettuare sui trasformatori in accordo la IEC 60076-11:

## 4.1 – Prove di Accettazione (routine tests)

• Misura della resistenza degli avvolgimenti IEC 60076-11 (clausola 15)

• Misura del rapporto di tensione e controllo dello spostamento angolare

IEC 60076-11 (clausola 16)

• Misura della tensione di corto circuito e delle perdite a carico

IEC 60076-11 (clausola 17)

• Misura delle perdite e della corrente a vuoto IEC 60076-11 (clausola 18)

• Prova di tenuta a tensione applicata in c.a. IEC 60076-11 (clausola 19)

• Prova di tenuta a tensione indotta in c.a. IEC 60076-11 (clausola 20)

• Misure delle scariche parziali IEC 60076-11 (clausola 22)

## 4.2 – Prove di Tipo (type tests)

• Prova ad impulso atmosferico IEC 60076-11 (clausola 21)

• Prova di sovratemperatura IEC 60076-11 (clausola 23)

## 4.3 – Prove Speciali (special tests)

• Misura del livello di rumore IEC 60076-11 (clausola 24)

• Prova di cortocircuito IEC 60076-11 (clausola 25)

# 5. – Controlli di fabbricazione

I trasformatori devono essere fabbricati e testati seguendo un Sistema di Gestione per la Qualità conforme alla normativa **UNI EN ISO 9001:2008.**

L’azienda produttrice deve aver implementato un Sistema di Gestione del Ambiente conforme alla norma UNI EN ISO 14001:2004.

# 6. - Accessori

I trasformatori devono essere sempre fornititi con i seguenti accessori:

• Imballaggio di protezione in polietilene;

• n°1 manuale di installazione

• n°1 Targa Dati Caratteristiche conforme alle Norme

• n°2 terminali di terra

• n°4 golfari di sollevamento

• n°4 ruote in nylon regolabili

• n°3 tubi per custodia delle sonde di temperatura sugli avvolgimenti BT (1 / fase)

• n°3 sonde di temperatura Pt100 alloggiate all'interno di una canalina metallica posizionata sul giogo superiore del nucleo magnetico

• n°1 scatola di connessione delle sonde Pt100 in alluminio pressofuso dotata di pressacavi per l'ingresso e l’uscita delle sonde

# 7. Specifiche del Trasformatore

Regolamento Europeo 548/2014 tiers2

Norma di riferimento: EN 50708; IEC 60076-11

Potenza nominale: kVA (100-3150 kVA)

Classe di isolamento:   
12 kV 17,5 kV 24 kV 36 kV

Tensione primaria:   
10 kV 20 kV \_\_\_\_\_\_ kV

Tensione secondaria: 400V 410V 420V

\_\_\_\_ V

UK%: 6% 6,5%

Grado di Protezione IP: IP00 (SENZA involucro) IP31 IP23