

Efficienza Energetica

Progettazione ecocompatibile dei trasformatori

A cura di ANIE Energia

Vademecum ANIE Energia sul Regolamento UE n. 548/2014.

Il 21 maggio 2014 la Commissione Europea ha emanato il Regolamento UE N.548/2014 (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.

L'obiettivo del presente articolo è chiarire le prescrizioni introdotte dal Regolamento e fornire a tutti gli operatori del settore delucidazioni in merito alle sue applicazioni e alle tempistiche.

CAMPO E TEMPISTICHE DI APPLICAZIONE DEL REGOLAMENTO

Il Regolamento fissa i requisiti (obbligatori) in materia di progettazione ecocompatibile per i trasformatori elettrici con una potenza minima di 1 kVA utilizzati nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Esso indica le perdite massime a carico e a vuoto che devono essere rispettate dalle varie tipologie di trasformatori. Tali valori sono definiti nell'Allegato

I del Regolamento e sono riportati nelle pagine seguenti del presente articolo.

Tempistiche di applicazione

Le perdite massime da rispettare fanno riferimento alla data di immissione sul mercato (1) del trasformatore, con due tempistiche differenti:

- fase 1 dal 1 luglio 2015;
- fase 2 dal 1 luglio 2021.

A tre anni dall'entrata in vigore del Regolamento (vedi art. 7(2)), successivamente alla fase 1, ci sarà uno step intermedio per verificare l'applicabilità dei valori al momento riportati nella fase 2 e valutare o meno l'introduzione nel Regolamento stesso anche di unità al momento escluse.

Entro luglio 2017 verranno quindi esaminati i dati relativi alle unità messe in servizio dal 1 luglio 2015; la Commissione Europea raccoglierà e valuterà tali dati per confermare i valori riportati nella fase 2 del 2021 o definire nuovi congrui valori applicabili.

Pertanto, gli obblighi in materia di progettazione ecocompatibile dei trasformatori, previsti dal Regolamento, riguardano unicamente i

prodotti che vengono immessi sul mercato a partire dal 1 luglio 2015 (fase 1) e dal 1 luglio 2021 (fase 2).

I prodotti immessi sul mercato prima di tali date, non conformi ai requisiti introdotti dal Regolamento, potranno continuare ad essere legittimamente commercializzati.

Inoltre, l'art. 1, comma 1 prevede che gli obblighi si applichino unicamente ai trasformatori acquistati dopo la data di entrata in vigore del Regolamento, ossia dopo l'11 giugno 2014.

Non sono casi di immissione di prodotti sul

QUANDO NON SI APPLICA IL REGOLAMENTO

Il Regolamento non si applica ai trasformatori specificatamente progettati e utilizzati per i seguenti utilizzi:

- trasduttori progettati specificatamente per alimentare strumenti di misurazione, contatori, commutatori e altri apparecchi simili;
- trasformatori con avvolgimenti di bassa tensione progettati specificamente per essere utilizzati come raddrizzatori al fine di fornire un'alimentazione in corrente continua;



Tenuto conto di quanto indicato dal “considerando 4 del Regolamento”, secondo l’interpretazione di ANIE Energia, ciò escluderebbe dall’ambito di applicazione del Regolamento i trasformatori acquistati nell’ambito di contratti quadro (ad esempio, appalti pubblici di fornitura) prima dell’11 giugno 2014.



mercato ai sensi della Direttiva 2009/125 e dei relativi regolamenti di attuazione:

- se il trasformatore è esportato dal produttore UE verso un Paese terzo al di fuori dello Spazio Economico Europeo (SEE);
- se il trasformatore viene trasferito dal produttore UE ad un esportatore, il quale quindi lo esporta al di fuori dello SEE.

Infine, la semplice messa a magazzino non può considerarsi di per sé come immissione sul mercato, a meno della presenza di idonea documentazione che attesti l'avvenuta vendita delle apparecchiature.

La Direttiva 2009/125 prevede che la conformità ai requisiti di progettazione ecocompatibile sia da attestarsi mediante marcatura CE.

Nel caso dei trasformatori, non essendo questi soggetti ad altre direttive, la marcatura CE si riferirà unicamente al Regolamento.

- trasformatori progettati specificamente per essere direttamente collegati ad un forno;
- trasformatori progettati specificamente per essere utilizzati in impianti offshore e impianti offshore galleggianti;
- trasformatori progettati specificamente per impianti di emergenza;
- trasformatori e autotrasformatori progettati specificamente per sistemi di alimentazione ferroviaria;
- trasformatori di messa a terra, vale a dire trifasi, destinati a fornire un punto neutro per la messa a terra di un impianto;
- trasformatori di trazione installati sul materiale rotabile, vale a dire trasformatori collegati, direttamente o tramite un convertitore, ad una linea di contatto a corrente alternata o a corrente continua, utilizzati negli impianti fissi di applicazioni ferroviarie;
- trasformatori di avviamento, progettati spe-

(1) Per “immissione sul mercato”, la Direttiva 2009/125 intende “rendere disponibile per la prima volta sul mercato comunitario un prodotto in vista della sua distribuzione o del suo utilizzo all'interno della Comunità Europea, contro compenso o gratuitamente e a prescindere dalla tecnica di vendita utilizzata”.

(2) Articolo 7 - Riesame: “Entro tre anni dall'entrata in vigore del presente Regolamento, la Commissione procede al suo riesame, tenendo conto dei progressi tecnologici, e presenta i risultati di tale riesame al forum consultivo.”

- cificamente per l'avviamento di motori trifase in modo da eliminare le cadute di tensione di alimentazione;
- trasformatori di prova, progettati specificamente per essere utilizzati in un circuito al fine di produrre una data tensione o una data corrente per testare materiale elettrico;
 - trasformatori per saldatrici, progettati specificamente per essere utilizzati in apparecchiature per saldatura ad arco o apparecchiature per la saldatura a resistenza;
 - trasformatori progettati specificamente per applicazioni antideflagrazione e per attività minerarie sotterranee;
 - trasformatori progettati specificamente per utilizzo in acque profonde (in immersione);
 - trasformatori di interfaccia di media tensione fino a 5 MVA;
 - grandi trasformatori di potenza, ove si dimostri che per una particolare applicazione non sono disponibili alternative tecnicamente praticabili che soddisfino i requisiti minimi di efficienza del Regolamento;
 - b) numero della Norma;
 - c) nome del costruttore;
 - d) numero di serie del costruttore;
 - e) anno di costruzione;
 - f) numero delle fasi;
 - g) potenza nominale (in kVA o MVA); per trasformatori a più di due avvolgimenti, si deve indicare la potenza di ognuno di essi. Si devono indicare altresì le combinazioni dei carichi, a meno che la potenza nominale di uno degli avvolgimenti non sia uguale alla somma delle potenze nominali degli altri avvolgimenti;
 - h) frequenza nominale (Hz);
 - i) tensioni nominali (in V o kV) e campo di regolazione.

Per trasformatori immessi sul mercato successivamente al 15 luglio 2015, la targa dei trasformatori dovrà contenere:

- il marchio CE (indicante la conformità al Regolamento);
- informazioni sulla potenza nominale, sulle

Per una più completa informazione, alle voci obbligatorie sopra elencate, è opportuno aggiungere in targa anche le voci indicate dalla Norma CEI EN 60076-1, ai punti: a), c), d), e), f), h), i). In aggiunta l'informazione relativa alla conformità alla norma, punto b) è utile in particolare per definire le condizioni di esercizio e di prova non contemplate dal Regolamento.



- grandi trasformatori di potenza equivalenti, utilizzati per la sostituzione nella stessa ubicazione fisica o installazione dei grandi trasformatori di potenza esistenti se detta sostituzione non comporta costi sproporzionati legati al loro trasporto e/o alla loro installazione.
 - grandi trasformatori di potenza equivalenti, utilizzati per la sostituzione nella stessa ubicazione fisica o installazione dei grandi trasformatori di potenza esistenti se detta sostituzione non comporta costi sproporzionati legati al loro trasporto e/o alla loro installazione.
- TARGA E DOCUMENTAZIONE A CORREDO**
Prima del 15 luglio 2015 i trasformatori costruiti in accordo alla Norma CEI EN 60076-1 dovevano avere una targa conforme a quanto prescritto al punto 7.1.
Informazioni da indicare in ogni caso:
- a) tipo di trasformatore (per esempio trasformatore, autotrasformatore, trasformatore booster ecc.);
 - perdite a carico e sulle perdite a vuoto e sulla potenza elettrica di ogni sistema di raffreddamento necessario per il funzionamento a vuoto;
 - per i trasformatori di potenza medi (con potenza > 3150 kVA) e per quelli grandi, il valore dell'indice di efficienza di picco e la potenza alla quale essa si manifesta;
 - per i trasformatori bitensione, la potenza massima nominale assegnata alla tensione più bassa, conformemente alla tabella I.3 dell'Allegato 1 del Regolamento;
 - informazioni sul peso di tutti i componenti principali (compresi almeno il conduttore, la sua natura ed il materiale di base).

Il Regolamento prescrive che tutta la docu-

mentazione relativa al prodotto, comprese le pagine web dei fabbricanti accessibili al pubblico contenga:

- nome e recapito del fabbricante;
- identificazione del modello e codice alfanumerico per poter distinguere il modello da altri modelli prodotti dallo stesso fabbricante;
- i dati di targa: obbligatoriamente quelli indicati nei punti 2, 3 e 4 del paragrafo precedente;
- il valore dell'indice di efficienza di picco e la potenza alla quale essa si manifesta, per i trasformatori di potenza medi con potenza > 3150 kVA e per quelli grandi;
- per i trasformatori di potenza medi montati su palo, una targa visibile recante la dicitura "destinati esclusivamente al montaggio su palo".

Se la documentazione tecnica si basa interamente o in parte sulla documentazione tecnica di un altro modello, deve essere fornito l'identificatore di tale modello. La documentazione tecnica deve contenere inoltre informazioni dettagliate su come tali informazioni sono state ottenute dalla documentazione tecnica dell'altro modello, ad esempio sui calcoli e sulle estrapolazioni, compresi i risultati delle prove eseguite dal fabbricante a fini della verifica.

COME SI APPLICA IL REGOLAMENTO AI TRASFORMATORI

Trasformatori medi

La classificazione "trasformatori medi" non è di uso corrente. Il Regolamento ne dà la seguente definizione:

- "trasformatore di potenza media: un trasformatore di potenza la cui tensione d'uscita massima sia superiore a 1,1 kV ma pari o inferiore a 36 kV, e la cui potenza nominale sia pari o superiore a 5 kVA ma inferiore a 40 MVA".

I trasformatori medi si suddividono in due categorie in funzione della potenza nominale:

- potenza \leq 3150 kVA;
- potenza > 3150 kVA, ma < 40 MVA.

In questo paragrafo si trattano i trasformatori di categoria \leq 3150 kVA.

Già le Norme indicate di seguito davano una classificazione energetica dei trasformatori mediante tabelle con livelli di perdite diversificati sia a vuoto che a carico. All'interno di dette tabelle, per esempio l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, aveva deciso un premio sugli investimenti per le utilities che acquistavano trasformatori con perdite $\leq A_k$, B0 secondo CEI EN 50464-1.

Qui di seguito sono elencate le Norme dei trasformatori di distribuzione a secco ed immersi in olio:

- trasformatori a secco: CEI EN 50541-1:2011-04, trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 3150 kVA e con una tensione massima per il componente non superiore a 36 kV. Parte 1: Prescrizioni generali (3);
- trasformatori in olio: CEI EN 50464-1: 2007-08, trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 3150 kVA e con una tensione massima per il componente non superiore a 36 kV. Parte 1: Prescrizioni generali (4).

A breve saranno emesse nuove Norme europee preparate in seguito ad un mandato della Commissione Europea al CENELEC (Comitato normativo europeo) e che sostituiranno quelle sopra citate, attualmente in vigore.

Per i trasformatori medi:

- EN 50588-1: Trasformatori medi a 50 Hz, con tensione massima per il componente non superiore a 36 kV, riguarda i trasformatori trifasi da 25 kVA a 40 MVA con due avvolgimenti ed una tensione massima per il componente di 36 kV.

La Norma, che sostituirà sia la EN 50464-1 che la EN 50541-1 attualmente in vigore, introduce i seguenti significativi cambiamenti tecnici:

- nello stesso documento sono contenuti sia i trasformatori a secco che quelli in olio;
- lo scopo di applicazione è esteso da 3150 kVA a 40 MVA;
- nelle tabelle di perdite sono introdotti nuovi

(3) Norma preparata dal CENELEC, valida in Europa come Norma europea e quindi valida in Italia, in vigore dal 1 dicembre 2011.

(4) Norma preparata dal CENELEC, valida in Europa come Norma europea e quindi valida in Italia, in vigore dal 1 dicembre 2011.

valori ridotti;

- per i trasformatori con potenza > 3150 kVA viene introdotto il concetto di Peak Efficiency Index;
- le tolleranze sulle perdite sia a vuoto che a carico sono ridotte rispetto a quanto previsto dalla Norma CEI EN 60076-1.

Il Regolamento ha recepito nell'Allegato I, al punto 1.1 i requisiti applicabili ai trasformatori trifase medi con potenza nominale < aggiungere il simbolo minore uguale 3150 kVA, i valori di perdite tratti dalle tabelle contenute nelle norme pertinenti citate sopra.

Diversamente dalle tabelle delle Norme che contengono anche i valori di impedenza di cortocircuito e del livello di rumore, il Regolamento prescrive solo i valori massimi delle perdite. In generale per ogni eventuale discordanza tra Norme e Regolamento prevale quest'ultimo.

Un'attenzione particolare deve essere posta nell'attribuzione delle tolleranze ai valori di perdite indicati nelle tabelle contenute nell'Allegato I, al punto 1.1.

Su questo argomento il Regolamento dà indicazioni nella tabella dell'Allegato III - Procedura di verifica. Nell'effettuare i controlli di sorveglianza del mercato (affidata agli Stati Membri) le autorità degli Stati Membri attuano la seguente procedura di verifica dei valori di perdite indicati nelle tabelle contenute nell'Allegato I, al punto 1.1. Gli Stati Membri nel sottoporre a prova il trasformatore effettuano le misurazioni utilizzando una procedura affidabile, accurata e riproducibile che tenga conto delle metodologie più avanzate e generalmente riconosciute. Le tolleranze stabilite (+ 5% sulle perdite sia a vuoto che a carico) nel suddetto allegato si riferiscono esclusivamente alla verifica dei parametri misurati dalle autorità degli Stati Membri e non sono utilizzate dal fabbricante o dall'importatore come tolleranze ammesse per stabilire i valori riportati nella documentazione tecnica.

Quindi per il fabbricante o l'importatore i valori di perdite indicati sulle tabelle e riportati nella documentazione tecnica sono da ritenersi valori massimi.

Trasformatori Grandi

I valori minimi dell'indice di efficienza di picco (PEI) riportati nella tabella 6 riguardano i grandi

trasformatori di potenza immersi in un liquido, mentre quelli riportati nella tabella 8 riguardano i grandi trasformatori di potenza di tipo a secco.

Valori del PEI inferiori a quelli riportati nelle tabelle non sono accettabili, quindi i valori riportati sono i minimi applicabili per le tipologie di trasformatori indicati.

Le tolleranze indicate nelle Norme solitamente applicabili nel campo dei trasformatori (CEI, IEC, IEEE ecc.) possono essere ancora utilizzate per i valori di perdite (a vuoto, a carico ecc.), ma non devono influire sul minimo valore del PEI misurato; in pratica, già in fase di progettazione, bisogna tener conto di queste informazioni in modo da potersi tenere dei margini di sicurezza tra i valori calcolati e quelli successivamente misurati in collaudo finale.

SORVEGLIANZA DI MERCATO

■ Allegato III - Procedura di verifica: *"Nell'effettuare i controlli di sorveglianza del mercato, di cui all'articolo 3, paragrafo 2, della direttiva 2009/125/CE, le autorità degli Stati Membri attuano la seguente procedura di verifica per quanto riguarda i requisiti di cui all'Allegato I...".*

■ Direttiva 2009/125/CE - Articolo 3 - Immissione sul mercato e/o messa in servizio - paragrafo 1: *"Gli Stati Membri adottano tutte le opportune disposizioni per garantire che i prodotti oggetto delle misure di esecuzione possano essere immessi sul mercato e/o messi in servizio soltanto se ottemperano a tali misure e siano provvisti della marcatura CE conformemente all'articolo 5".*

■ Direttiva 2009/125/CE - Articolo 3 - Immissione sul mercato e/o messa in servizio - paragrafo 2: *"Gli Stati Membri possono designare le autorità responsabili della sorveglianza del mercato. Essi provvedono affinché tali autorità dispongano dei poteri necessari e li esercitino per adottare gli opportuni provvedimenti che ad esse incombono in applicazione della presente direttiva...".*

Il Regolamento prevede che ogni Stato Membro si attivi per incaricare alcune autorità locali delle attività di sorveglianza di mercato. In Italia l'ente preposto a tale attività è ENEA (Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) che,

con propria strumentazione o avvalendosi di collaborazioni esterne o in alternativa presso gli stessi laboratori dei costruttori, è chiamata a verificare la conformità al Regolamento dei prodotti immessi sul mercato. Tenuto conto delle limitazioni di peso e di dimensioni nel trasporto dei trasformatori di potenza medi e grandi, le autorità degli Stati Membri possono

co (PEI) per i trasformatori di potenza medi e grandi (> 3150 kVA) si basa sul rapporto tra la potenza apparente trasferita di un trasformatore meno le perdite elettriche e la potenza apparente trasferita del trasformatore; mentre per i trasformatori medi/piccoli (≤ 3150 kVA) le misurazioni terranno conto solamente dei livelli di perdite a vuoto ed a carico.

Nella tabella dell'Allegato III del Regolamento, sono riportati erroneamente dei valori definiti di "tolleranze applicabili alla verifica"; tali valori sono semplicemente le incertezze di misura che l'ente incaricato (ENEA) potrà riscontrare durante la verifica rispetto ai valori dichiarati dal costruttore.

decidere di avviare la procedura di verifica nei locali dei fabbricanti, prima che gli apparecchi siano messi in servizio nel loro luogo di destinazione finale. Il metodo di calcolo utilizzato per individuare l'indice di efficienza di pic-

REQUISITI IN MATERIA DI PROGETTAZIONE ECOCOMPATIBILE

Correzione delle perdite a carico e a vuoto per altre combinazioni di tensione (potenza nominale 3150 kVA (5)):

Tabella 1: Requisiti applicabili (valori di perdita) ai trasformatori trifase medi con potenza nominale ≤ 3150 kVA immersi in un liquido, con un avvolgimento con U_m 24 kV e l'altro con U_m 1,1 kV

Potenza nominale (kVA)	Fase 1 (dal 1 luglio 2015)		Fase 2 (dal 1 luglio 2021)	
	Perdite massime a carico P_k (W)	Perdite massime a vuoto P_0 (W)	Perdite massime a carico P_k (W)	Perdite massime a vuoto P_0 (W)
≤ 25	C_k (900)	A_0 (70)	A_k (600)	$A_0 - 10\%$ (63)
50	C_k (1100)	A_0 (90)	A_k (750)	$A_0 - 10\%$ (81)
100	C_k (1750)	A_0 (145)	A_k (1250)	$A_0 - 10\%$ (130)
160	C_k (2350)	A_0 (210)	A_k (1750)	$A_0 - 10\%$ (189)
250	C_k (3250)	A_0 (300)	A_k (2350)	$A_0 - 10\%$ (270)
315	C_k (3900)	A_0 (360)	A_k (2800)	$A_0 - 10\%$ (324)
400	C_k (4600)	A_0 (430)	A_k (3250)	$A_0 - 10\%$ (387)
500	C_k (5500)	A_0 (510)	A_k (3900)	$A_0 - 10\%$ (459)
630	C_k (6500)	A_0 (600)	A_k (4600)	$A_0 - 10\%$ (540)
800	C_k (8400)	A_0 (650)	A_k (6000)	$A_0 - 10\%$ (585)
1000	C_k (10500)	A_0 (770)	A_k (7600)	$A_0 - 10\%$ (693)
1250	B_k (11000)	A_0 (950)	A_k (9500)	$A_0 - 10\%$ (855)
1600	B_k (14000)	A_0 (1200)	A_k (12000)	$A_0 - 10\%$ (1080)
2000	B_k (18000)	A_0 (1450)	A_k (15000)	$A_0 - 10\%$ (1305)
2500	B_k (22000)	A_0 (1750)	A_k (18500)	$A_0 - 10\%$ (1575)
3150	B_k (27500)	A_0 (2200)	A_k (23000)	$A_0 - 10\%$ (1980)

Tabella 2: Requisiti applicabili (valori di perdita) ai trasformatori trifase medi con potenza nominale ≤ 3150 kVA di tipo a secco, con un avvolgimento con U_m 24 kV e l'altro con U_m 1,1 kV

Potenza nominale (kVA)	Fase 1 (dal 1 luglio 2015)		Fase 2 (dal 1 luglio 2021)	
	Perdite massime a carico P_k (W)	Perdite massime a vuoto P_0 (W)	Perdite massime a carico P_k (W)	Perdite massime a vuoto P_0 (W)
≤ 50	B_k (1700)	A_0 (200)	A_k (1500)	$A_0 - 10\%$ (180)
100	B_k (2050)	A_0 (280)	A_k (1800)	$A_0 - 10\%$ (252)
160	B_k (2900)	A_0 (400)	A_k (2600)	$A_0 - 10\%$ (360)
250	B_k (3800)	A_0 (520)	A_k (3400)	$A_0 - 10\%$ (468)
400	B_k (5500)	A_0 (750)	A_k (4500)	$A_0 - 10\%$ (675)
630	B_k (7600)	A_0 (1100)	A_k (7100)	$A_0 - 10\%$ (990)
800	A_k (8000)	A_0 (1300)	A_k (8000)	$A_0 - 10\%$ (1170)
1000	A_k (9000)	A_0 (1550)	A_k (9000)	$A_0 - 10\%$ (1395)
1250	A_k (11000)	A_0 (1800)	A_k (11000)	$A_0 - 10\%$ (1620)
1600	A_k (13000)	A_0 (2200)	A_k (13000)	$A_0 - 10\%$ (1980)
2000	A_k (16000)	A_0 (2600)	A_k (16000)	$A_0 - 10\%$ (2340)
2500	A_k (19000)	A_0 (3100)	A_k (19000)	$A_0 - 10\%$ (2790)
3150	A_k (22000)	A_0 (3800)	A_k (22000)	$A_0 - 10\%$ (3420)

Tabella 3: Requisiti applicabili (indice PEI) ai trasformatori trifase medi con potenza nominale > 3150 kVA immersi in un liquido.

Potenza nominale (kVA)	Fase 1 (1 luglio 2015)	Fase 2 (1 luglio 2021)
	Valore minimo dell'indice di efficienza di picco (%)	
$3150 < S_r \leq 4000$	99,465	99,532
5000	99,483	99,548
6300	99,510	99,571
8000	99,535	99,593
10000	99,560	99,615
12500	99,588	99,640
16000	99,615	99,663
20000	99,639	99,684
25000	99,657	99,700
31500	99,671	99,712
40000	99,684	99,724

(5) Nella traduzione italiana del Regolamento è presente un errore editoriale: si indica che la tabella vale per trasformatori di potenza > 3150 kVA, anziché ≤ 3150 kVA.

Tabella 4: Requisiti applicabili (indice PEI) ai trasformatori trifase medi con potenza nominale > 3150 kVA di tipo a secco.

Potenza nominale (kVA)	Fase 1 (1 luglio 2015)	Fase 2 (1 luglio 2021)
	Valore minimo dell'indice di efficienza di picco (%)	
3150 < S_r ≤ 4000	99,348	99,382
5000	99,354	99,387
6300	99,356	99,389
8000	99,357	99,390
- 10000	99,357	99,390

Un avvolgimento con U_m 24 kV e l'altro con U_m > 1,1 kV

Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle precedenti sono maggiorate del 10% per le perdite a vuoto e per le perdite a carico

Un avvolgimento con U_m = 36 kV e l'altro con U_m 1,1 kV

Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle precedenti sono maggiorate del 15% per le perdite a vuoto e del 10% per le perdite a carico (6)

Un avvolgimento con U_m = 36 kV e l'altro con U_m > 1,1 kV

Le perdite massime ammissibili indicate nelle tabelle precedenti sono maggiorate del 20% per le perdite a vuoto e del 15% per le perdite a carico

Per tutte le tabelle si intende che le perdite massime per le potenze nominali in kVA (o i valori di indice PEI) che si situano tra i valori indicati sono ricavate mediante interpolazione lineare. Ad esempio, se si volesse ricavare il

Tabella 6: Requisiti applicabili (indice PEI) ai grandi trasformatori di potenza immersi in un liquido.

Potenza nominale (MVA)	Fase 1 (1 luglio 2015)	Fase 2 (1 luglio 2021)
	Valore minimo dell'indice di efficienza di picco (%)	
≤ 4	99,465	99,532
5	99,483	99,548
6,3	99,510	99,571
8	99,535	99,593
10	99,560	99,615
12,5	99,588	99,640
16	99,615	99,663
20	99,639	99,684
25	99,657	99,700
31,5	99,671	99,712
40	99,684	99,724
50	99,696	99,734
63	99,709	99,745
80	99,723	99,758
- 100	99,737	99,770

(6) Nella traduzione italiana del Regolamento è presente un errore editoriale: si indica il valore del 15% per perdite a vuoto e a carico, quando nella versione inglese è riportato 15% per le perdite a vuoto e 10% per le perdite a carico.

Tabella 7: Requisiti applicabili (indice PEI) ai grandi trasformatori di potenza di tipo a secco.

Potenza nominale (MVA)	Fase 1 (1 luglio 2015)	Fase 2 (1 luglio 2021)
	Valore minimo dell'indice di efficienza di picco (%)	
≤ 4	99,158	99,225
5	99,200	99,265
6,3	99,242	99,303
8	99,298	99,356
10	99,330	99,385
12,5	99,370	99,422
16	99,416	99,464
20	99,468	99,513
25	99,521	99,564
31,5	99,551	99,592
40	99,567	99,607
50	99,585	99,623
- 63	99,590	99,626

valore di perdite a carico per un trasformatore di media potenza immerso in un liquido da 2300 kVA, si deve fare riferimento alla tabella 1 come segue:

Trasformatore da 2000 kVA → $P_k = 18000 \text{ W}$

Trasformatore da 2500 kVA → $P_k = 22000 \text{ W}$

Calcolando la retta passante per i due punti, considerando in ascissa la potenza del trasformatore e in ordinata il valore di perdita a carico, si ricava un'equazione matematica del tipo: $y = 8x + 2000$. Quindi per il trasformatore da 2300 kVA, il valore di perdita a carico è $P_k = 20400 \text{ W}$.

PUNTI DI ATTENZIONE

Nella paragrafo che segue si chiariscono meglio i casi che si possono presentare per l'applicazione o meno del Regolamento a seconda delle date di firma del contratto e immissione sul mercato.

Situazione fino al 11 giugno 2014

Ogni contratto firmato prima di tale data non rientra nell'applicazione del Regolamento (non esistendo fino al 11 giugno 2014 il Regolamento stesso) anche se la merce verrà "immessa sul mercato" oppure "messa in servizio" dopo il 1 luglio 2015. In pratica per i contratti firmati prima del 11 giugno 2014 i trasformatori non devono soddisfare i requisiti richiamati nel Regolamento.

Situazione dal 11 giugno 2014 al 1 luglio 2015

I contratti firmati (o gare uscite) dopo l'11 giugno 2014 devono tenere conto, anche se non esplicitato nelle condizioni contrattuali tra acquirente e fornitore, dell'esistenza del Regolamento. In pratica i trasformatori "immessi sul mercato" oppure "messi in servizio" dal 1 luglio 2015 dovranno essere pienamente conformi ai valori della "Fase 1" riportata nell'Allegato I del Regolamento, mentre quelli riferiti a contratti firmati dopo l'11 giugno 2014 ma "immessi sul mercato" oppure "messi in servizio" prima del 1 luglio 2015 potranno essere ancora esenti dall'applicazione del Regolamento stesso.

Situazione dal 1 luglio 2015 al 30 giugno 2021

I contratti firmati (o gare uscite) dopo l'1 luglio 2015 devono tenere conto, anche se non esplicitato nelle condizioni contrattuali tra acquirente e fornitore, dell'esistenza del Regolamento. I trasformatori "acquistati", "immessi sul mercato" oppure "messi in servizio" dal 1 luglio 2015 fino al 30 giugno 2021 dovranno essere pienamente conformi ai valori della "Fase 1" riportata nell'Allegato I del Regolamento.

Situazione dal 1 luglio 2021

I contratti firmati (o gare uscite) dopo il 1 luglio 2021 devono tenere conto, anche se non esplicitato nelle condizioni contrattuali tra acquirente e fornitore, dell'esistenza del Regolamento. I trasformatori "acquistati", "immessi sul merca-

to” oppure “messi in servizio” dal 1 luglio 2021 dovranno essere pienamente conformi ai valori della “Fase 2” riportata nell’Allegato I del Regolamento.

Marcatura CE

Una novità introdotta dal Regolamento per il fatto che in esso è richiamata la Direttiva 2009/125, riguarda la marcatura “CE” del trasformatore. Fino ad ora tale marcatura era esclusa sui trasformatori perché non applicabile secondo quanto riportato nella Tabella sotto riportata in tabella 8.

Prestazioni dei trasformatori

Nel paragrafo c) dell’Allegato IV del Regolamento, in merito alle prestazioni dei trasformatori con nucleo in acciaio amorfo, è riportato un errore relativo al valore indicato $A_k - 50\%$ (7). Questo tipo di trasformatori ha un note-

vole vantaggio nell’utilizzo per la costruzione del nucleo di materiale amorfo che riduce notevolmente il valore delle perdite a vuoto per cui l’obiettivo delle perdite a vuoto $A_0 - 50\%$ appare sicuramente raggiungibile. Le perdite a carico del trasformatore, correlate alle perdite ohmiche ed addizionali nel rame e/o alluminio, non sono però influenzate dall’utilizzo di tale tecnologia quindi il parametro $A_k - 50\%$ sembra non coerente per questo tipo di trasformatori.

QUESTIONI PARTICOLARI

Un argomento da valutare perché non chiaramente esplicitato nel Regolamento è quello dei Contratti Quadro con eventuali “unità in opzione”, ossia quantitativi ulteriori di apparecchiature il cui acquisto è solo eventuale, essendo subordinato ad opzione da sciogliersi da parte del committente, a sua scelta, entro un certo periodo dalla conclusione dell’accordo quadro.

Tabella 8

Classificazione	Titolo	Motivazione
2006/95/CE	Direttiva Bassa Tensione	Art.1 “ <i>Ai fini della presente direttiva per “materiale elettrico” si intende ogni materiale elettrico destinato ad essere adoperato ad una tensione nominale compresa tra 50 e 1000 V in corrente alternata e tra 75 e 1500 V in corrente continua, fatta eccezione per i materiali e per i fenomeni di cui all’allegato II</i> ”.
2004/108/CE	Direttiva Compatibilità Elettromagnetica (EMC)	La direttiva non risulta applicabile in quanto la Norma tecnica IEC 60076-1 (ed. 3.0 2011/04) al paragrafo 12 prevede che “ <i>i trasformatori di potenza devono essere considerati come elementi passivi nei confronti delle emissioni e dell’immunità ai disturbi elettromagnetici</i> ”. (gli elementi passivi sono quegli elementi non suscettibili di causare disturbi elettromagnetici e il loro comportamento non è suscettibile di essere influenzato da tali disturbi).
2006/42/CE	Direttiva Macchine	Componente statico che non presenta organi in movimento.
2008/768/CE	Direttiva per la marcatura CE	I trasformatori non sono assoggettati a marcatura CE in quanto le Direttive 2006/95/CE, 2004/108/CE e 2006/42/CE, che ne regolamentano la marcatura stessa, non risultano applicabili.

(7) Errore già evidenziato da ANIE all’incaricato della Comunità Europea.

Si pensi, ad esempio, ad una gara del 2013 per 50 trasformatori MT/BT, che prevedesse anche 20 ulteriori unità "in opzione". In questo caso, se i primi 50 trasformatori sono sicuramente esclusi dall'ambito di applicazione del Regolamento, in quanto oggetto di un accordo quadro anteriore all'11 giugno 2014, data di entrata in vigore del Regolamento, i successivi 20 invece, secondo l'interpretazione di ANIE Energia, non potrebbero ritenersi esclusi a priori dall'applicabilità del Regolamento, qualora l'opzione di acquisto venisse sciolta dopo l'11 giugno 2014, in quanto essendosi l'accordo sulla fornitura di tali prodotti perfezionato dopo l'entrata in vigore del Regolamento, non troverebbe applicazione l'esclusione prevista dall'art. 1, comma 1.

DEFINIZIONI

Trasformatore di potenza

Un apparecchio statico ad induzione elettromagnetica a due o più avvolgimenti destinato a trasformare un sistema di tensione e di corrente alternate in un altro sistema di tensione e corrente alternate, generalmente di valori differenti, ma della stessa frequenza, al fine di trasmettere energia elettrica.

Piccolo trasformatore di potenza

Un trasformatore di potenza la cui tensione d'uscita massima sia pari o inferiore a 1,1 kV.

Trasformatore di potenza medio

Un trasformatore di potenza la cui tensione d'uscita massima sia superiore a 1,1 kV ma pari o inferiore a 36 kV e la cui potenza nominale sia pari o superiore a 5 kVA ma inferiore a 40 MVA.

Grande trasformatore di potenza

Un trasformatore di potenza la cui tensione d'uscita massima sia superiore a 36 kV e la cui potenza nominale sia pari o superiore a 5 kVA o la cui potenza nominale sia pari o superiore a 40 MVA, indipendentemente dalla tensione d'uscita massima.

Trasformatore immerso in un liquido

Un trasformatore di potenza il cui circuito magnetico e i cui avvolgimenti sono immersi in un liquido.

Trasformatore di tipo a secco

Un trasformatore di potenza il cui circuito magnetico e i cui avvolgimenti non sono immersi in un liquido isolante.

Potenza nominale (S_r)

Valore convenzionale di potenza apparente assegnata ad un avvolgimento

Perdita a carico (P_k)

La potenza attiva relativa ad una coppia di avvolgimenti, assorbita alla frequenza nominale e alla temperatura di riferimento, quando la corrente nominale passa attraverso un terminale o terminali di linea di uno degli avvolgimenti e i terminali dell'altro avvolgimento sono in cortocircuito e ogni avvolgimento dotato di prese è connesso alla sua presa principale, mentre gli altri avvolgimenti, se esistenti, sono a circuito aperto.

Perdita a vuoto (P_0)

La potenza attiva assorbita ad una frequenza nominale quando il trasformatore è alimentato e il circuito secondario è aperto; la tensione applicata è la tensione nominale e se l'avvolgimento di eccitazione è dotato di una presa è collegato alla sua presa primaria.

Indice di efficienza di picco (PEI)

Valore massimo del rapporto tra la potenza apparente trasmessa da un trasformatore meno le perdite elettriche e la potenza apparente trasmessa dal trasformatore.

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}}$$

dove:

P_{c0} = potenza elettrica necessaria per il sistema di raffreddamento per il funzionamento a vuoto.



Puoi consultare l'articolo on-line al seguente indirizzo:

<http://editorialedelfino.it/index.php/progettazione-ecocompatibile-dei-trasformatori.html>