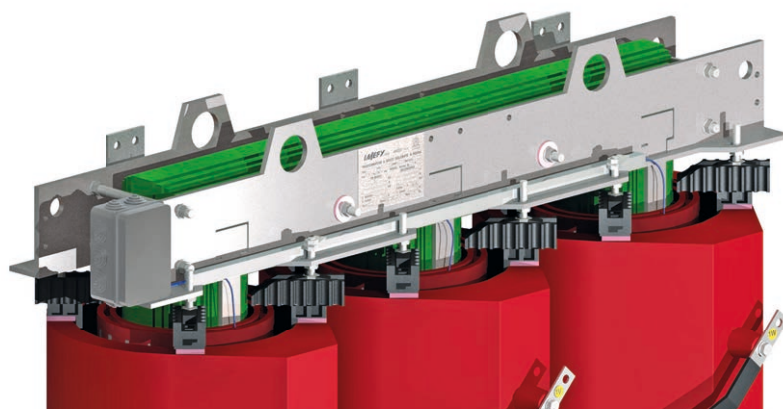
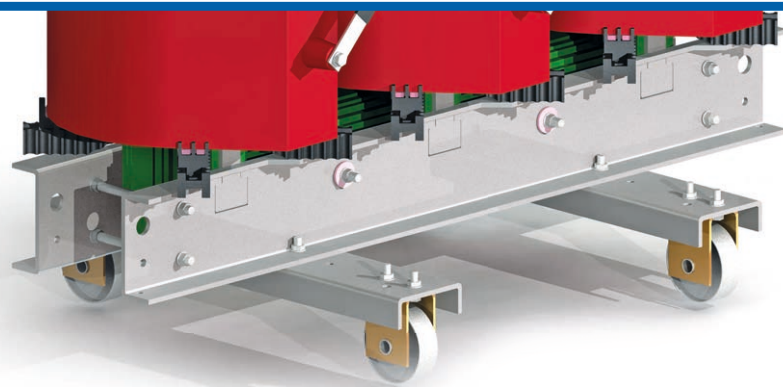


TRASFORMATORI IN RESINA



IMEFY



EU548
TESTED
CESI **ENEA**



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare
Divisione Tecnologie Fusione Nucleare
Il Responsabile

Frascati, 6 Maggio 2016

Spett.le
IMEFY S.p.A.
Zona Industriale Rigutino Ovest,259
52100 Arezzo – Italia
PEC: imefy@pec.it

Oggetto: Prove sulle perdite a vuoto e a carico di trasformatori secondo il Regolamento UE 548/2014 e norme tecniche applicabili.

Si trasmettono i Rapporti relativi alle prove effettuate nel periodo 18-22 aprile 2016 presso il laboratorio del Centro Ricerche ENEA di Frascati ENEA su due trasformatori trifase isolati in resina (“di tipo a secco”) con tensione nominale 20000/400 V. Il laboratorio è organizzato con sistema di gestione certificato ISO9001:2008.

I risultati ottenuti per le perdite a vuoto P_0 e per le perdite a carico P_k sono riassunti nella seguente tabella.

Trasformatore provato	Potenza nominale	Rapporto di Prova (ENEA ID)	Parametro di perdita	Valore misurato	Massimo consentito dal Regolamento UE per la taglia del trasformatore
IMEFY Modello 630-B-24 Matricola 7708	630 kVA	TR-IEE-TRAFI-01	P_0	992 W	1100 W
			P_k	7440 W	7600 W
IMEFY Modello 1250-A-24 Matricola 7709	1250 kVA	TR-IEE-TRAFI-02	P_0	1668 W	1800 W
			P_k	10534 W	11000 W

I dettagli delle prove e le misure complete sono riportati nei Rapporti di Prova allegati.

Dalle misure effettuate e relativamente alle caratteristiche nominali assegnate dal costruttore, i due trasformatori provati sono conformi al Regolamento UE 548/2014.

I risultati delle prove sono validi solo per i due trasformatori con le matricole indicate e solo nel momento e nelle condizioni di prova.

ENEA
DIPARTIMENTO FUSIONE E TECNOLOGIE
PER LA SICUREZZA NUCLEARE
Divisione Tecnologie Fusione Nucleare
Il Responsabile
Dr. Giuseppe Mazzitelli

Dipartimento Fusione e Tecnologie
per la Sicurezza Nucleare
Divisione Tecnologie Fusione Nucleare

Centro Ricerche Frascati
Via Enrico Fermi, 45
00044 Frascati (Roma)

Tel. +39-06-94005692
Fax +39-06-94005734
giuseppe.mazzitelli@enea.it

Sede Legale - Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma - Italia - Tel. +39-06-36271
Partita IVA 00985801000 - Codice Fiscale 01320740580 - www.enea.it



EU548
ENEA TESTED

**Ancora una volta IMEFY
si distingue per tempestività
e qualità, fedele alla vocazione
di sentirsi primi.**

Your ref. Order No. **IMEFY S.p.A.**
 <Our ref. B5027226 **Zona Industriale Rigutino Ovest, 259**
52100 Arezzo (AR) - Italia
 Date December 22, 2015
Attn. Mr. B. Maggini

Subject: Declaration of Type Tests Results.

We herewith declare that on December 11 and 14, 2015 CESI has tested the following samples:

- A. Non-enclosed three-phase dry-type power transformer, with encapsulated windings, for continuous duty, with cooling by air natural convection (AN): Type 400-A-24 - 400 kVA - 20 kV / 0,4 kV.
- B. Non-enclosed three-phase dry-type power transformer, with encapsulated windings, for continuous duty, with cooling by air natural convection (AN): Type 800-A-24 - 800 kVA - 20 kV / 0,4 kV.
- C. Non-enclosed three-phase dry-type power transformer, with encapsulated windings, for continuous duty, with cooling by air natural convection (AN): Type 1600-A-24 - 1600 kVA - 20 kV / 0,4 kV.

1 TESTED OBJECTS

The following characteristics are assigned by the Client:

Dry-type power transformers	sample A	sample B	sample C
Manufacturer	IMEFY S.p.A. ITALY		
Type	400-A-24	800-A-24	1600-A-24
Serial number	7570	7587	7582
Number of phases	3	3	3
Rated voltage of the high-voltage winding (primary winding)	20 ± 2 x 2,5 % kV	20 ± 2 x 2,5 % kV	20 ± 2 x 2,5 % kV
Rated voltage of the low-voltage winding (secondary winding)	400 V	400 V	400 V
Rated frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Rated power	400 kVA	800 kVA	1600 kVA
Rated current of the high-voltage winding (primary winding)	11,5 A	23,09 A	46,19 A

PAD B5027226 (21/20031) - USO RISERVATO

Mod. LETT v. 12



EU548

CESI TESTED

100%

ECODESIGN

Pagina 2 di 2

Protocollo B5027226

Rated current of the low-voltage winding (secondary winding)	577,4 A	1154,7 A	2309,4 A
Short-circuit impedance at 75°C	6,33 %	6,22 %	6,36 %
Connection symbol	Dyn11	Dyn11	Dyn11
Cooling method	AN	AN	AN
No load loss	≤ 750 W	≤ 1300 W	≤ 2200 W
Load loss (120°C)	≤ 5500 W	≤ 8000 W	≤ 13000 W

2 REFERENCE DOCUMENTS

Standard IEC 60076-11 (Ed.1.0) (2004-05).

3 TESTS CARRIED OUT

Hereafter the list of tests carried out on the quoted samples.

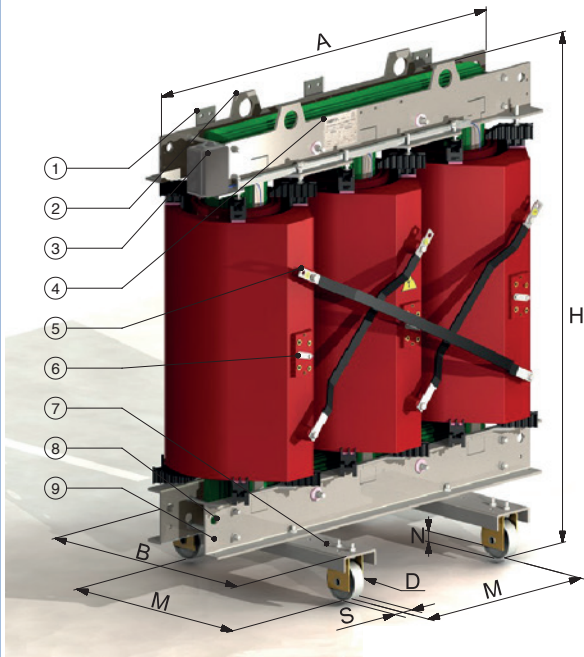
Dry-type power transformers	sample A	sample B	sample C
Measurement of winding resistance	passed	passed	passed
Measurement of no-load loss and current	passed	passed	passed
Measurement of short-circuit impedance and load loss	passed	passed	passed

With reference to the Standards/Specifications in reference and the characteristics assigned by the Client, the measurement of no-load loss (Po) and load loss (Psc) passed **SUCCESSFULLY** and are compliant with the COMMISSION REGULATION (EU) No. 548/2014.

This letter is issued on request of IMEFY S.p.A. for the purpose of being a summary statement of the test results.

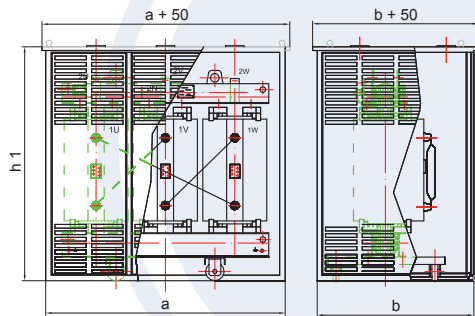
Best Regards.

CESI S.p.A.
 Testing & Certification Division
 Testing Operations Area
 "Milan Platform"
 Monza

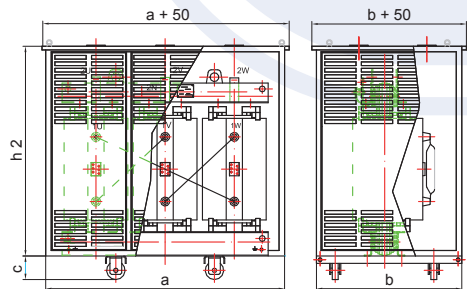


- 1 - Terminale B.T.
- 2 - Golfare di sollevamento
- 3 - Scatola IP55 per PT100
- 4 - Targa caratteristiche
- 5 - Terminale primario
- 6 - Morsetteria variazione I⁰
- 7 - Carrello reversibile
- 8 - Attacchi per traino
- 9 - Morsetteria di terra

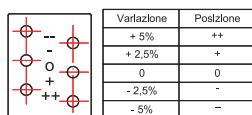
BOX DI PROTEZIONE TIPO : " AUTOPORTANTE "



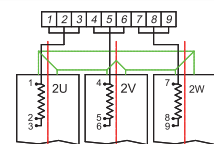
BOX DI PROTEZIONE TIPO : " SOLIDALE "



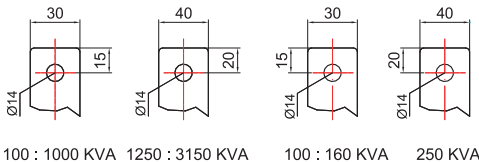
MORSETTIERA REGOLAZIONE TENSIONE



SCHEMA COLLEG. PT 100 Ω



TERMINALI MEDIA TENSIONE



TRASFORMATORE TRIFASE IN RESINA

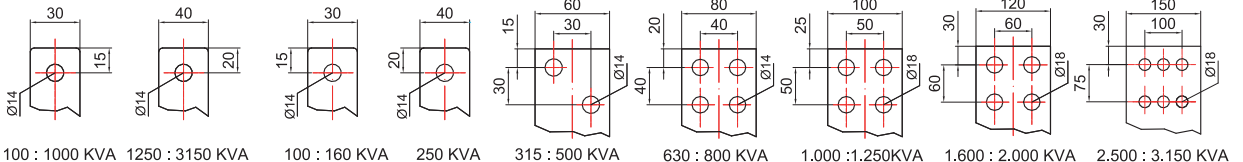
Caratteristiche Nominali		
Applicazione - Contenuto armonico		Distribuzione - THD ≤ 5%
REGOLAMENTO UE 548/2014		AOAK
Codice Modello		1600-A-24
Classi ambientali, climatiche e di comportamento al fuoco - CESI cert. B0005487		E3 - C2 - F1
Potenza nominale in servizio continuo	kVA	1.600
Frequenza	Hz	50
Tensione nominale primaria	V	20.000
Regolazione primaria	%	± 2 x 2,5
Tensione secondaria a vuoto	V	400
Materiale conduttore		Alluminio
Protezione avvolgimento (Prim / Sec)		Inglobato / Impregnato
Installazione		Interna
Tipo di raffreddamento		AN
Classe di isolamento Primario	kV	24 - 50 - 125
Classe di isolamento Secondario	kV	1,1 - 3
Gruppo vettoriale		Dyn11
Connessione Primario		Triangolo
Connessione Secondario		Stella + Neutro
Classe isolamento (Primario - Secondario)		F - F
Temperatura ambiente massima °C		40
Sovratemperature (Prim-Sec-Nucleo)	K	100 - 100 - 100
Altitudine	m	≤ 1000
Garanzie riferite al rapporto	kV	20 / 0,4
Livello scariche parziali	pC	≤ 10
Perdite a Vuoto	W	2.200
Perdite a Carico (120°C)	W	13.000
Tensione di cortocircuito (120°C)	%	6
Corrente a vuoto	%	0,6
Livello Acustico (LpA - LwA)	dBA	57-68
Dimensioni Trasformatore (A x B x H)	mm	1790 x 1000 x 2200
Peso Trasformatore	Kg	4.000
Grado di protezione Box	IP	31
Colorazione Box	RAL	7030
Dimensioni Box	mm	2150 x 1350 x 2330
Peso Box:	Kg	360
Interasse carrello (M x M)	mm	820 x 820

ACCESSORI DI SERIE

Isolatori portanti per collegamento Primario - Piastre di attacco per collegamento Secondario - Morsetteria regolazione Tensione Primario - Golfari di sollevamento - Carrello con ruote orientabili - Attacchi di messa a terra - Targa caratteristiche - N° 3 termosonde PT100 Ω riportate in cassetta IP55

Potenza kVA	Classe 12 - 17,5 - 24 kV						Classe 36 kV					
	a	b	h1	h2	c	Kg	a	b	h1	h2	c	Kg
≤ 400	1750	1100	1600	1440	160	220	2400	1500	2030	1850	180	350
500 - 800	1950	1200	1950	1790	180	285	2550	1600	2230	2050	180	450
1000 - 1600	2150	1350	2330	2150	180	360	2900	1700	2600	2350	250	550
2000 - 3150	2600	1450	2700	2450	250	500	3400	1900	2900	2650	250	700

TERMINALI BASSA TENSIONE



CARATTERISTICHE TECNICHE (REG. UE 548/2014 - IEC 60076-11 - IEC 50588-1)

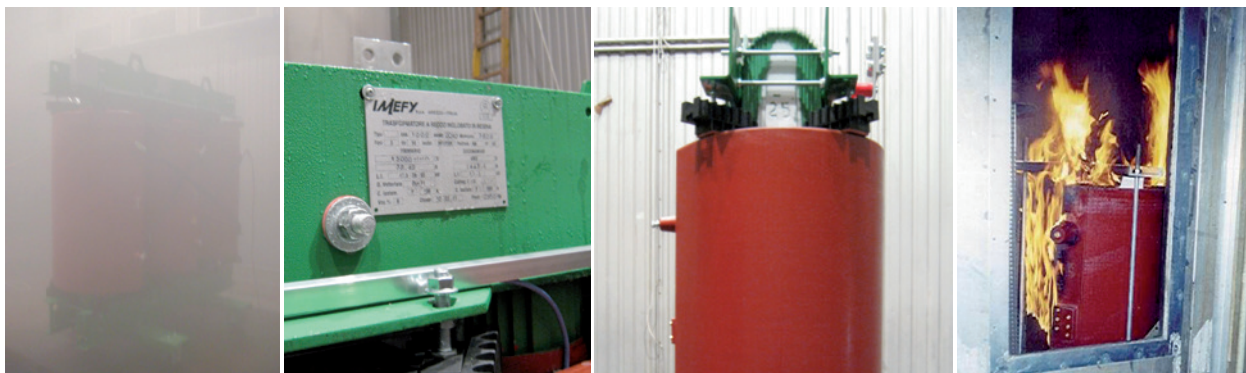
	Potenza kVA	Codice	Liv. Isol. kV	Perdite		Vcc. %	I _o %	LwA dB(A)	A mm	B mm	H mm	M mm	D mm	S mm	N mm	Peso Kg
				P ₀	P _K											
				Watt	120°C Watt											
A ₀ B _K	100	100-B-12	12 - 28 - 75	280	2050	6	2	51	1320	700	1150	520	125	40	35	850
	160	160-B-12		400	2900		1,9	54	1290	700	1210					950
	250	250-B-12		520	3800		1,5	57	1360	700	1320					1200
	315	315-B-12		620	4530		1,4	58	1390	800	1350					1380
	400	400-B-12		750	5500		1,2	60	1390	800	1430					1430
	500	500-B-12		900	6410		1,1	61	1440	800	1530					1670
A ₀ A _K	630	630-B-12		1100	7600	1	62	1440	800	1560	1770					
	800	800-A-12		1300	8000	0,9	64	1560	800	1660	2250					
	1000	1000-A-12		1550	9000	0,8	65	1610	1000	1850	2650					
	1250	1250-A-12		1800	11000	0,7	67	1670	1000	1950	3100					
	1600	1600-A-12		2200	13000	0,6	68	1800	1000	2100	3840					
	2000	2000-A-12		2600	16000	0,5	70	1860	1300	2300	4500					
A _K	2500	2500-A-12	3100	19000	0,45	71	1980	1300	2450	5500						
	3150	3150-A-12	3800	22000	7	0,4	74	2220	1300	2500	7300					
A ₀ B _K	100	100-B-17	17,5 - 38 - 95	280	2050	6	2	51	1320	700	1150	520	125	40	35	850
	160	160-B-17		400	2900		1,9	54	1290	700	1210					950
	250	250-B-17		520	3800		1,5	57	1360	700	1320					1200
	315	315-B-17		620	4530		1,4	58	1390	800	1370					1400
	400	400-B-17		750	5500		1,2	60	1390	800	1450					1450
	500	500-B-17		900	6410		1,1	61	1440	800	1540					1700
A ₀ A _K	630	630-B-17		1100	7600	1	62	1440	800	1580	1800					
	800	800-A-17		1300	8000	0,9	64	1560	800	1670	2300					
	1000	1000-A-17		1550	9000	0,8	65	1610	1000	1870	2700					
	1250	1250-A-17		1800	11000	0,7	67	1670	1000	1960	3150					
	1600	1600-A-17		2200	13000	0,6	68	1800	1000	2100	3900					
	2000	2000-A-17		2600	16000	0,5	70	1860	1300	2300	4600					
A _K	2500	2500-A-17	3100	19000	0,45	71	1980	1300	2450	5700						
	3150	3150-A-17	3800	22000	7	0,4	74	2220	1300	2500	7300					
A ₀ B _K	100	100-B-24	24 - 50 - 125	280	2050	6	2	51	1320	700	1150	520	125	40	35	850
	160	160-B-24		400	2900		1,9	54	1290	700	1210					950
	250	250-B-24		520	3800		1,5	57	1360	700	1320					1200
	315	315-B-24		620	4530		1,4	58	1390	800	1370					1400
	400	400-B-24		750	5500		1,2	60	1410	800	1460					1500
	500	500-B-24		900	6410		1,1	61	1470	800	1550					1800
A ₀ A _K	630	630-B-24		1100	7600	1	62	1500	800	1580	1900					
	800	800-A-24		1300	8000	0,9	64	1590	800	1720	2400					
	1000	1000-A-24		1550	9000	0,8	65	1660	1000	1910	2900					
	1250	1250-A-24		1800	11000	0,7	67	1720	1000	1990	3400					
	1600	1600-A-24		2200	13000	0,6	68	1810	1000	2170	4000					
	2000	2000-A-24		2600	16000	0,5	70	1950	1300	2300	5050					
A _K	2500	2500-A-24	3100	19000	0,45	71	2020	1300	2470	5800						
	3150	3150-A-24	3800	22000	7	0,4	74	2290	1300	2550	7500					
A ₀ B _K	250	250-B-36	36 - 70 - 170	595	4180	6	1,5	59	1750	800	1700	670	150	60	40	1850
	315	315-B-36		715	4990		1,4	60	1770	800	1720					2050
	400	400-B-36		860	6050		1,2	62	1780	800	1810					2300
	500	500-B-36		1035	7050		1,1	63	1850	800	1890					2700
	630	630-B-36		1265	8360		1	64	1890	800	2010					3150
	800	800-A-36		1495	8800		0,9	66	1960	800	2080					3600
A ₀ A _K	1000	1000-A-36		1780	9900	0,8	67	2020	1000	2300	4200					
	1250	1250-A-36		2070	12100	0,7	69	2180	1000	2390	5100					
	1600	1600-A-36		2530	14300	0,6	70	2260	1000	2470	6050					
	2000	2000-A-36		2990	17600	0,5	72	2480	1300	2550	7550					
	2500	2500-A-36		3565	20900	0,45	73	2570	1300	2650	8700					
	3150	3150-A-36		4370	24200	7	0,4	76	2770	1300	2780	10600				

Dimensioni e pesi sono indicativi, ci riserviamo di apportare modifiche ai dati sopra riportati senza preavviso alcuno.

CLASSI AMBIENTALI, CLIMATICHE E DI COMPORTAMENTO AL FUOCO

Il comitato tecnico del CENELEC per i trasformatori isolati in resina ha definito i requisiti dei trasformatori per poterli impiegare in condizioni ambientali particolarmente avverse come presenza di umidità, inquinazione industriale e/o marina e ambienti a rischio di incendio. Questi documenti elaborati dal CENELEC sono stati inseriti nella norma IEC 60076-11 con inclusi i requisiti richiesti e le modalità di prove atte a verificarli.

Nella tabella sono riportate le varie classificazioni che evidenziano quanto sopra esposto.



Il nostro trasformatore durante le prove E3 - E2 - C2 - F1

CLASSI AMBIENTALI

E0	Sul trasformatore non si manifesta condensa e l'inquinamento è trascurabile. Questa condizione si verifica nelle installazioni all'interno in ambiente pulito e asciutto
E1	È possibile la presenza di un modesto inquinamento, condensa occasionale specialmente quando il trasformatore non è alimentato
E2	Il trasformatore è soggetto a consistente condensa (umidità > 93%) o a intenso inquinamento o ad una combinazione di entrambi i fenomeni con salinità dell'aria pari ad 1,5 S/m
E3	Il trasformatore è soggetto a condensa pressochè totale (umidità > 95%) o a intenso inquinamento o ad una combinazione di entrambi i fenomeni con salinità dell'aria pari ad 4 S/m

CLASSI CLIMATICHE

C1	Installazione all'interno. Il trasformatore è atto a funzionare a temperature ambiente non inferiori a -5°C, ma può essere esposto durante il trasporto e il magazzino a temperature ambiente sino a -25°C
C2	Installazione all'esterno. Il trasformatore è atto a funzionare, essere trasportato ed essere immagazzinato a temperature ambiente sino a -25°C

CLASSI DI COMPORTAMENTO AL FUOCO

F0	Non è previsto particolare rischio di incendio, non vengono prese particolari misure per limitare l'infiammabilità, a parte le caratteristiche intrinseche al progetto del trasformatore
F1	Trasformatori soggetti a rischio d'incendio, è richiesta: <ul style="list-style-type: none"> • Infiammabilità ridotta • Entro un tempo determinato il fuoco deve autoestinguersi. • Deve essere minima la emissione di sostanze tossiche e di fumi opachi. • I materiali e i prodotti della combustione devono essere praticamente esenti da composti alogeni e dare solo un limitato contributo di energia termica ad un incendio esterno.

IMEFY è certificata: E3 - E2 - C2 - F1

Conforme alla norma IEC 60076 - 11

CESI
Cert N° B0005487

IMEFY E3-E2-C2-F1

Nel Febbraio 2010 IMEFY ha conseguito la certificazione per le classi E2-C2-F1 su un trasformatore da 1000 KVA presso il CESI di Milano secondo la procedura di prova conforme alla norma IEC 60076-11.

Gia nel 1997 e poi nel 2001 IMEFY aveva conseguito il medesimo certificato su trasformatori di potenze diverse.

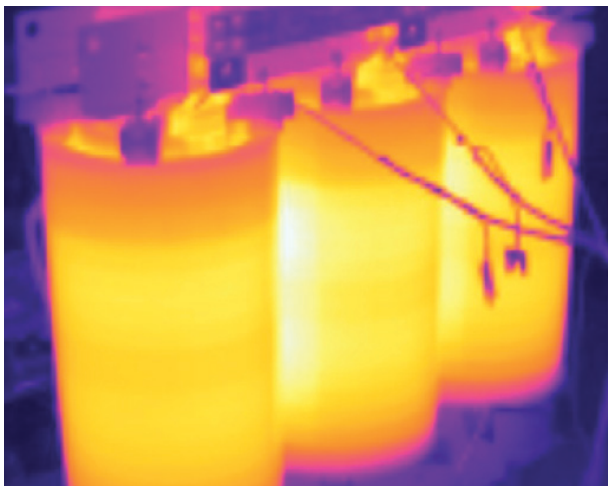
Contestualmente all'ultima procedura di prova IMEFY ha completato, nello stesso trasformatore da 1000 KVA, il test per la nuova classe di riferimento ambientale E3 (IEC 60076-16 standard).

E3-E2-C2-F1



Type Test Certificate		CESI	B0005487
		Approved	Page 1
Test Certificate of	Special test to prove suitability to climatic class C2, to environmental class E2 and to fire behaviour test class F1		
Tested sample/items	Dry-type power transformer		
Designation	"TRASFORMATORE A SECCO INGLOBATO IN RESINA" Rated power 1000 kVA ; Rated voltages 15/0,4 kV ; Rated frequency 50 Hz		
Manufacturer	IMEFY S.p.A. - Arezzo - Italy		
Client	IMEFY S.p.A. - Arezzo - Italy		
Tests date	from January 20, 2010 to February 24, 2010		
Tested by	CESI S.p.A. - Milan - ITALY		
The apparatus, constructed in accordance with the description, drawings and photographs incorporated in the reference documents, identified in this certificate, has been subjected to the series of proving tests in accordance with IEC 60076-11 (2004) This Test Certificate has been issued by CESI in accordance with above mentioned Standard.			
The results are shown in the record of Proving Tests and the oscillograms attached in the Test Reports. The values obtained and the general performance are considered to comply with the above Standard and to justify the ratings assigned by the Manufacturer as listed on page No.2.			
This Test Certificate applies only to the apparatus tested. The responsibility for conformity of any apparatus having the same designations with that tested rests with the Manufacturer.			
Only integral reproductions of this Test Certificate, or reproductions of this page accompanied by any pages on which are stated the endorsed ratings of the apparatus tested, are permitted without written permission from CESI.			
No. of pages 3		No. of pages annexed -	
Issue date	March 1, 2010		
Prepared	PFR - Mantegazza Vittorio		
Verified	QED - Amedeo Giorgio, OOR - Pizzi Franco		
Approved	LAP - The Manager - Nicolini Roberto		
<small> CESI Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacomo Motta spa Via R. Rubattino 54 20134 Milano - Italia Telefono +39 0212311 Fax +39 021235445 http://www.cesi.it </small>			

E2-C2-F1



CESI		pag. 1/1
Fax - Prot. B0013241		
Milan	> May 11, 2010	Pages 1
From	> Franco Pizzi	Tel. +39 02 2125 5327
Dept.	> Energy Division - Component Technical Area Laboratory Unit	Fax +39 02 2125 5491
To	> IMEFY S.p.A. - Via Aretina, 194 - 52043 Castiglion Fiorentino (Arezzo)	
Fax	> +39 0575 657856	Tel. +39 0575 680701
Attention	> Mr. Bruno Maggini	
Subject	> tests on your 1000 kVA dry-type transformer	
Your Ref.	> e-mail message dated May 11, 2010	
C.C.	>	Fax
Dear Sirs, following your request in reference we confirm that your three-phase dry-type transformer with the following main ratings: A) 1000 kVA (AN), 15±2x2,5%/0,4 kV, Dyn11, 50 Hz, insulation system temperature class F has been subjected to: - special climatic test C2 class, - special environmental test E2 class, - special fire behaviour test F1 class with positive results as per CESI Type Test Certificate B0005487 dated January 20, 2010. In addition, the same transformer unit withstood also (with positive result) special environmental test E3 class as per IEC document 14/618/CDV dated August 7, 2009, clause 7.5.2: see relevant CESI Test Report B0004832. Best regards. F. Pizzi.		
Information included in this fax transmission is intended only for use by the addressee person or Company named above and may be confidential. If you are not the intended recipient, you are hereby notified that any distribution or copy of this communication is absolutely forbidden. If you have received this fax in error, please destroy it and kindly inform us immediately. Thank you.		
<small> CESI S.p.A. Via Rubattino 54 I-20134 Milano - Italia Telefono +39 0212311 Fax +39 021235445 www.cesi.it </small>		

E3-C2-F1



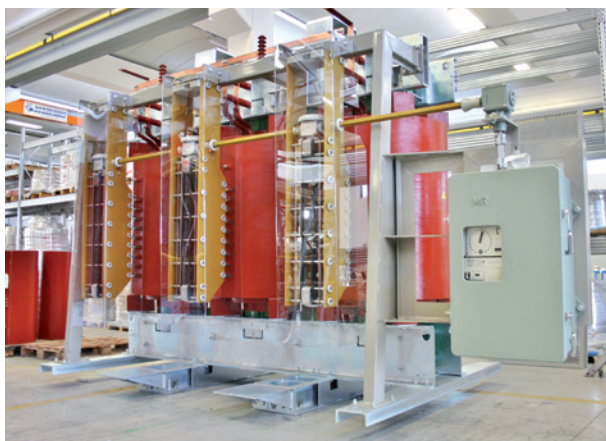
LA SOCIETÀ

Imefy Spa nasce da sinergie organizzative e tecnico produttive di primissimo piano internazionale.

Imefy SL, società spagnola con sede nelle vicinanze di Madrid, che sin dal 1973 produce trasformatori di distribuzione isolati in liquido dielettrico e successivamente in resina epossidica, mantenendo nel tempo una crescita produttiva costante, tale da arrivare alla fabbricazione di trasformatori con potenza fino a 160 MVA e con tensioni fino a 245 kV, con oltre 150.000 trasformatori in servizio in tutti i continenti e gli altri partner che offrono un'esperienza trentennale nel settore dei trasformatori in resina, in pratica dagli albori delle prime esperienze pionieristiche, ai giorni d'oggi.



Nasce così Imefy Spa, società produttrice di trasformatori di distribuzione in resina, ma che grazie all'enorme *know how* di cui dispone, è in grado di soddisfare qualsiasi tipo di esigenza del cliente, anche la più sofisticata.



5 MVA ± 4x990V - 33.000 / 6.600 V



16 MVA - 20.000 / 10.000 V

LE CARATTERISTICHE

I trasformatori a secco inglobati in resina epossidica prodotti da Imefy sono calcolati e costruiti nel rispetto della Direttiva 2009/125/CE, del Regolamento UE 548/2014, delle principali normative internazionali, ISO 9001:2008 (Cert. N. C2015-0175), ISO 14001:2004 (Cert. N. 02_A_2016), IEC, CE-NELEC, CEI, VDE, BSI e su richiesta su ogni altra normativa vigente.

Principali tipologie di servizio

- Parchi eolici
- Impianti fotovoltaici
- Impianti di cogenerazione
- Gruppi di continuità
- Datacenters
- Ferrovie, tramvie, funivie e metropolitane
- Linee di saldatura
- Impianti di sollevamento
- Forni ad induzione
- Trasformatori a frequenza variabile
- Perforazione

Principali caratteristiche nominali

- Potenza nominale fino a 25.000 kVA
- Frequenza 50 - 60 Hz
- Tensione nominale primaria e secondaria fino a 36 kV
- Classe d'isolamento termica fino a H

SCelta DEL TRASFORMATORE

Il trasformatore molto frequentemente deve essere installato il più vicino possibile alla fonte utilizzatrice, per questo motivo, oltre ad altri aspetti di uso e manutenzione che tralasciamo, spesso non è consigliabile l'uso dei trasformatori ad isolamento in olio minerale, fonte nell'impianto dove sono installati, di un notevole potere calorifico. Il rispetto della sicurezza e l'autoestinguenza sono i cardini della scelta, per cui è preferibile installare un trasformatore in resina all'interno di un reparto e/o in ambienti ad alto rischio d'incendio.

TRASFORMATORE IN RESINA

Il trasformatore in resina è un particolare tipo di trasformatore a secco, ovvero quelle macchine che non hanno le parti attive immerse in un liquido isolante. Quando un trasformatore ha uno o più avvolgimenti inglobati viene comunemente detto trasformatore in resina.

Queste particolari macchine grazie alla notevole evoluzione raggiunta dalle tecniche costruttive e dei materiali impiegati come la resina epossidica, stanno sempre più trovando largo impiego per la grande affidabilità d'esercizio, la manutenzione praticamente nulla ed il minor impatto ambientale rispetto all'olio, in quanto riducono al minimo i rischi d'incendio e di inquinamento ambientale. Le parti attive di media tensione di un trasformatore in resina sono inglobate con la resina epossidica dopo che sono poste su di uno stampo e preriscaldiate sottovuoto per impedire la formazione di bolle d'aria e gas all'interno dei materiali isolanti.

Questo inglobamento permette all'avvolgimento in media tensione d'essere perfettamente cilindrico e liscio in superficie con minore deposito di polveri e agenti inquinanti e/o corrosivi, d'essere robusto meccanicamente e impermeabile.

Gli avvolgimenti inglobati sono suddivisi in numerose gallette aventi una sola spira per strato e per questo sono ridotti al minimo i gradienti di tensione interni con scarsa probabilità d'innesco di scariche parziali.

L'avvolgimento è normalmente realizzato in nastro di alluminio. Viene utilizzato l'alluminio perché il suo coefficiente di dilatazione termica è molto simile a quello della resina, per cui al variare della temperatura della macchina le tensioni meccaniche che si generano sono molto limitate.

Gli avvolgimenti di bassa tensione sono realizzati con un unico nastro conduttore di altezza identica a quello di media tensione. Questa particolarità costruttiva, cioè di avere la MT in più nastri di alluminio e la BT in un foglio d'alluminio diminuisce gli sforzi assiali in un eventuale cortocircuito.

L'isolamento tra le spire è assicurato da un foglio di materiale pre-impregnato di resina epossidica la quale dietro trattamento termico e nell'esercizio stesso va ad accoppiarsi al conduttore rendendo l'avvolgimento solido e resistente ma allo stesso tempo libero di muoversi con una certa elasticità. Gli avvolgimenti così composti sono molto resistenti alla condensa e all'inquinamento.



4 MVA - 20.000 / 420 V



16 MVA - 20.000 / 10.000 V

POTENZA NOMINALE IN SERVIZIO CONTINUO

Valore della potenza apparente espressa in kVA. La potenza attiva prelevabile da un trasformatore a due avvolgimenti è data dalla potenza nominale per il fattore di potenza.

FREQUENZA

Frequenza della rete a cui il trasformatore verrà allacciato. In Italia la frequenza è di 50 Hz.

TENSIONE NOMINALE PRIMARIA

Tensione della rete o dell'impianto a cui il trasformatore verrà allacciato, normalmente il valore più elevato delle tensioni (MT).

REGOLAZIONE PRIMARIA

Si tratta di prese di regolazione, che modificando il rapporto spire, compensano le cadute di tensione in linea o gli sbalzi prolungati di tensione sempre della linea. Normalmente sono 5 gradini di $\pm 2 \times 2.5\%$ della tensione nominale. La variazione si effettua spostando le barrette posizionate sulle tre colonne del trasformatore, obbligatoriamente a macchina disinserita.

TENSIONE SECONDARIA A VUOTO

Valore della tensione secondaria di uscita del trasformatore a vuoto ovvero senza carico allacciato, normalmente il valore più basso delle tensioni (BT).

INSTALLAZIONE

Il trasformatore in resina non può essere installato all'esterno in maniera diretta, può essere impiegato all'esterno solo se adeguatamente protetto contro gli agenti atmosferici come pioggia, neve, grandine. Questo può avvenire ponendo il trasformatore in resina all'interno di appositi armadi metallici comunemente detti box. Normalmente viene installato all'interno di locali con o senza il box di protezione. In ogni caso si devono mantenere delle distanze d'isolamento e sicurezza da qualsiasi punto in tensione del trasformatore a qualsiasi altro punto posto a terra che lo circonda, di seguito alcune tabelle che possono dare un'idea di tali distanze.

Tens. max (Um) (kV)	Tensione di tenuta		Distanza di isolamento (cm)
	FI (kV)	Impulso (kV)	
3.6	10	20 - 40	6
7.2	20	40 - 60	6 - 9
12	28	60 - 75	9 - 12
17.5	38	75 - 95	12 - 16
24	50	95 - 125	16 - 22
36	70	145 - 170	27 - 32

Quando il trasformatore è completo di box non occorre mantenere queste distanze poiché sono già rispettate tra il trasformatore e il box stesso. Nell'installazione vanno evitati pericoli di contatti accidentali alle persone con le parti in tensione, resina compresa. Le distanze minime di guardia per la protezione delle persone contro contatti accidentali secondo le principali normative Internazionali sono riportate nella seguente tabella:

Tens. max (Um) (kV)	Tensione di tenuta		Distanza di guardia (cm)
	FI (kV)	Impulso (kV)	
3.6	10	20 - 40	15
7.2	20	40 - 60	15
12	28	60 - 75	15
17.5	38	75 - 95	18 - 20
24	50	95 - 125	22 - 28
36	70	145 - 170	34 - 40

TIPO DI RAFFREDDAMENTO

I trasformatori in resina generalmente sono a raffreddamento naturale in aria (AN), a volte esigenze particolari richiedono l'impiego di gruppi di ventilazione per raffreddamento in aria forzata (AF).

In ogni caso si deve sempre porre particolare riguardo nell'installazione della macchina alle aperture d'aerazione per permettere lo smaltimento del calore prodotto dalla macchina per effetto joule.

Per una corretta installazione e più lunga durata di vita del trasformatore è necessario smaltire il calore prodotto dal nucleo magnetico e dagli avvolgimenti per effetto joule avendo cura di non superare i limiti di sovratemperatura stabiliti in funzione della classe termica del trasformatore.

Si deve assicurare un corretto raffreddamento a circolazione naturale d'aria, la stessa dovrà lambire le superfici del trasformatore con un moto naturale dal basso verso l'alto.

Per questo motivo si devono praticare, nel locale ricevente il trasformatore, delle aperture adeguate, in modo tale che per ogni kW di perdite circoli circa 3,5 metri cubi di aria al minuto.

Nel locale di installazione dovranno essere eseguite delle aperture a livello del pavimento per l'entrata dell'aria di smaltimento, e in alto dalla parte opposta per l'uscita dell'aria carica di smaltimento termico (es. vedi figura 1). La formula teorica delle aperture da eseguire in funzione dei kW da disperdere è la seguente:

$$S = (0,188 \times P) / \sqrt{H}$$

(vedi figura 1)

S = Superficie apertura (mq)

P = Somma delle perdite a vuoto e a carico a 120° (kW)

H = Altezza delle due aperture (m)

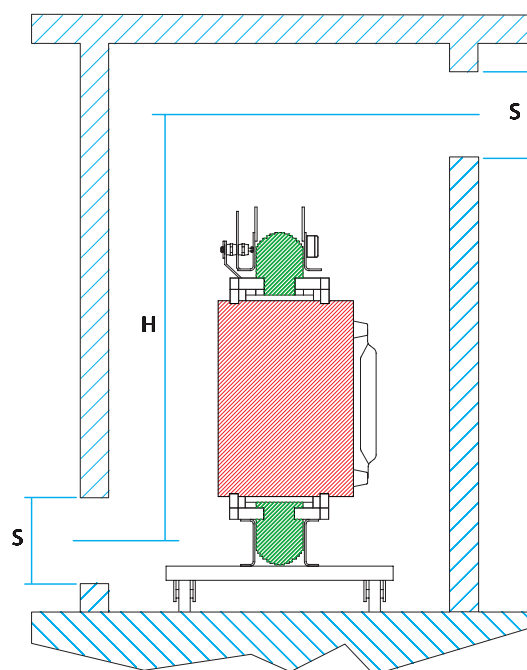


Figura 1

CLASSE D'ISOLAMENTO

Il livello d'isolamento e la relativa classe per ciascun avvolgimento è funzione della tensione massima del sistema. Dove FI è la prova a frequenza industriale per un minuto. La prova di tenuta ad impulso ha due valori per classe.

Tens. max (Um) (kV)	Tensione di tenuta	
	FI (kV)	Impulso (kV)
3.6	10	20 - 40
7.2	20	40 - 60
12	28	60 - 75
17.5	38	75 - 95
24	50	95 - 125
36	70	145 - 170



6 MVA - 20.000 / 6.300 V



Ventilatori Tangenziali

CLASSE TERMICA TEMPERATURA AMBIENTE SOVRATEMPERATURE MASSIME ALTITUDINE

In funzione delle classi di isolamento termico, nella tabella che segue sono riportati i limiti di sovratemperatura che gli avvolgimenti dei trasformatori possono sopportare con 40°C ambiente max.

Classe Termica	Sovratemperatura Massima (K)
B	80
F	100
H	125

Questi valori si riducono qualora i trasformatori sono previsti per funzionare oltre i 1000 metri di altitudine, vengono collaudati ad altitudini normali in misura del 2.5% per ogni 500 m in caso di raffreddamento in aria naturale. Ogni trasformatore è dotato di tre termosonde (PT100Ω) se non diversamente richiesto dal cliente, posizionate una per ogni avvolgimento B.T. da collegare ad una centralina provvista di due livelli di intervento (allarme-sgancio), per la cui taratura si consigliano i seguenti valori:

Classe Termica	Temperatura Allarme (°C)	Temperatura Sgancio (°C)
B	120	140
F	130	150
H	150	170

GRUPPO VETTORIALE

Gli avvolgimenti di ogni singola fase possono essere collegati a stella, triangolo o zig-zag. Nelle diverse combinazioni che si possono ottenere il sistema delle tensioni indotte sulla bassa tensione risulta sfasato di un certo angolo rispetto a quello delle tensioni di media tensione e questo angolo è multiplo di 30°. Questo gruppo di appartenenza viene identificato con un codice alfanumerico dove le lettere stanno per il tipo di collegamento.

Y = stella D = triangolo Z = zig-zag



1.6 MVA - 10.000 / 400 V



Prova di rumore al CESI (MI)

Il carattere maiuscolo richiama l'avvolgimento a tensione maggiore e il minuscolo invece quello a tensione minore, il collegamento a stella di solito è seguito dalla lettera "n" questo significa che il neutro deve essere accessibile. Dopo le lettere si trova il numero che identifica il gruppo, ovvero il coefficiente che si deve moltiplicare a 30° per ottenere lo spostamento angolare tra il triangolo delle tensioni concatenate primarie e il triangolo delle tensioni secondarie, a seconda del tipo di collegamento degli avvolgimenti. A titolo d'esempio il gruppo Dyn11 identifica un trasformatore trifase con il primario in media tensione collegato a triangolo, il secondario in bassa tensione collegato a stella con neutro accessibile ed uno spostamento angolare come sopra descritto di 330°. Rimandiamo alla consultazione delle norme per gli schemi ed altro.

PERDITE A VUOTO (P_0)

Anche dette perdite nel ferro perché sono localizzate nel nucleo magnetico. È la potenza attiva assorbita dalla macchina quando è alimentato alla tensione e frequenza nominale. Va da sé che queste perdite sono sempre presenti sulla macchina anche in assenza di carico e cioè a vuoto. La corrente assorbita in queste condizioni è la corrente a vuoto. Con l'entrata in vigore del regolamento UE548/2014 le perdite a vuoto sono state notevolmente ridotte rispetto alla precedenti normative vigenti, tutto questo per una maggiore efficienza energetica. (Vedi tab pag. 5)

PERDITE A CARICO (P_k)

Anche dette perdite in corto circuito perché vengono determinate in sede di collaudo con la prova di cortocircuito essendo localizzate negli avvolgimenti. È la potenza attiva assorbita dagli avvolgimenti per effetto joule con il carico nominale allacciato alla tensione nominale. Vengono riferite alla temperatura di 120°C. Con l'entrata in vigore del regolamento UE548/2014 le perdite a carico sono state notevolmente ridotte rispetto alla precedenti normative vigenti, tutto questo per una maggiore efficienza energetica. (Vedi tab pag. 5)

TENSIONE DI CORTOCIRCUITO

È la tensione che si deve applicare ai terminali di linea del primario per farvi circolare la corrente nominale con il secondario chiuso in cortocircuito (espressione percentuale della tensione nominale). Molto importante quando è previsto un funzionamento in parallelo in quanto i rispet-

tivi valori della tensione di cortocircuito ($V_{cc}\%$) determinano la ripartizione del carico. Al variare della tensione di cortocircuito varia pure la corrente di cortocircuito ai terminali secondari, secondo: $I_{cc} = (100/V_{cc}) \times I_{2n}$ dove I_{2n} è la corrente secondaria nominale. Negli impianti di grande potenza per limitare le correnti di c.to c.to è frequente utilizzare trasformatori con $V_{cc} = 8 - 10\%$.

LIVELLO DI RUMORE

Il rumore prodotto da un trasformatore è dovuto alle vibrazioni dei lamierini sottoposti ad un campo magnetico variabile nel tempo. A tal proposito le normative Internazionali indicano i livelli massimi di potenza sonora alla frequenza e tensione nominale in accordo alle vigenti disposizioni di legge. Per praticità vengono invece garantiti livelli di pressione acustica ad 1 metro.

Le pareti ed il soffitto del locale ospitante il trasformatore provocano per riflessione un aumento del ronzio nell'aria. Il rumore prodotto dal trasformatore, normalmente un ronzio si propaga alle pareti anche attraverso gli appoggi della macchina sul pavimento, per questo motivo l'utilizzo di isolanti, come gomme, diminuisce questa propagazione tanto da non dover isolare acusticamente le pareti ed il soffitto del locale.

SOVRACCARICHI

I trasformatori in resina usando l'aria per il raffreddamento hanno un tempo più lungo di raggiungimento della propria temperatura di regime, per questo risultano maggiormente sovraccaricabili rispetto all'olio. Possono essere sovraccaricati, purché le sovratemperature degli avvolgimenti non rimangano a lungo al di sopra dei valori ammessi.

Per la semplicità d'installazione si è molto diffuso l'uso dei ventilatori tangenziali montati a bordo macchina. L'uso di questi ventilatori permette di sovraccaricare il trasformatore mediamente del 125% anche permanentemente, tenendo presente però che le perdite dovute al carico aumentano con il quadrato della corrente cioè con 125% aumentano di 1.56 volte il valore nominale. Per questo motivo è consigliabile l'uso dei ventilatori solo per fronteggiare situazioni di particolare emergenza o per avere una scorta di potenza in certi periodi. I trasformatori Imefy spa hanno comunque questi livelli di sovraccarico anche nei prodotti standard con una temperatura ambiente di 30 °C:

- 105% continuo;
- 110% x 2 ore solo una volta nelle 24 ore;
- 120% x 1 ora solo una volta nelle 24 ore;
- 130% x 1/2 ora solo una volta nelle 24 ore.

CONTROLLO DELLA TEMPERATURA

I trasformatori nella loro vita sono caratterizzati da elevate temperature di funzionamento che devono essere costantemente monitorate.

Le sovratemperature non dipendono solo dal carico e/o sovracorrenti ma anche da fattori ambientali come inefficienza della circolazione dell'aria sia naturale che forzata, aumento della temperatura ambiente essenzialmente dovuta ad una cattiva aerazione dei locali riceventi il trasformatore. Per questo sono sempre previsti degli

apparecchi per il rilievo delle temperature delle tre fasi del trasformatore ed a volte anche del nucleo magnetico. Tutti i trasformatori, se non diversamente specificato, hanno di serie tre termosonde collocate su ciascuna colonna di BT della macchina, per mezzo di queste si può rilevare la temperatura degli avvolgimenti con l'ausilio di una centralina termometrica che permette anche d'impostare la soglia d'allarme e la soglia di sgancio della macchina dalla linea.

Sul manuale d'uso e manutenzione sono riportati i valori consigliati in funzione delle varie classi termiche.

CORRENTE D'INSERZIONE

I trasformatori di media tensione al momento dell'inserzione assorbono una corrente magnetizzante elevata ma di breve durata la quale può provocare intempestivi interventi delle protezioni sul lato media tensione. Le norme non trattano questo argomento ed i valori sono normalmente dati dal costruttore che li ha rilevati empiricamente nel tempo.

Il tempo di ritardo che consigliamo per tutte le potenze è di $0.80 \div 1$ secondi.

Potenza nominale (kVA)	Valore di picco della corrente d'inserzione x In
250	12
400	11
630	10
1000	9
1600	7
2500	5



10 MVA - 15.000/6.300 V

COLLAUDI

Tutti i trasformatori prodotti da Imefy spa sono sottoposti alle seguenti prove di accettazione:

- Prova di tensione applicata
- Prova di tensione indotta
- Misura del livello di scariche parziali
- Misura delle perdite e della corrente a vuoto
- Misura rapporti di trasformazione
- Verifica gruppo vettoriale
- Misura della resistenza degli avvolgimenti
- Misura delle perdite a carico
- Misura della tensione di corto circuito

Per ciascun trasformatore viene redatto e rilasciato un bollettino di collaudo, in accordo alle norme CEI EN 60076-11, effettuato nei nostri laboratori dai nostri tecnici specializzati, il manuale di installazione manutenzione e messa in servizio, targa caratteristiche conformemente al Reg. UE 548/2014 e Direttiva 2009/125/CE, relativa dichiarazione di conformità ambientale e marcatura CE. All'interno della sala collaudi dello stabilimento IMEFY ad Arezzo è inoltre possibile effettuare, su specifica richiesta, le seguenti prove di tipo:

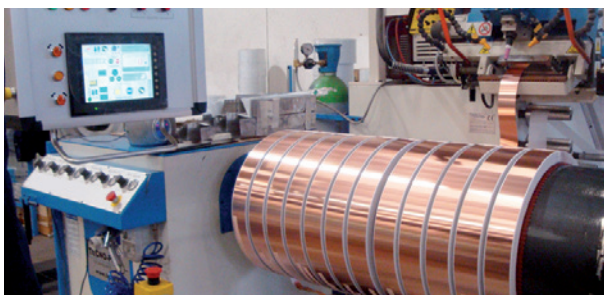
- Misura del livello di rumore
- Prova di tenuta ad Impulso atmosferico
- Prova di riscaldamento.



Il nostro laboratorio per la prova d'impulso



Avvolgimento di alta tensione in alluminio

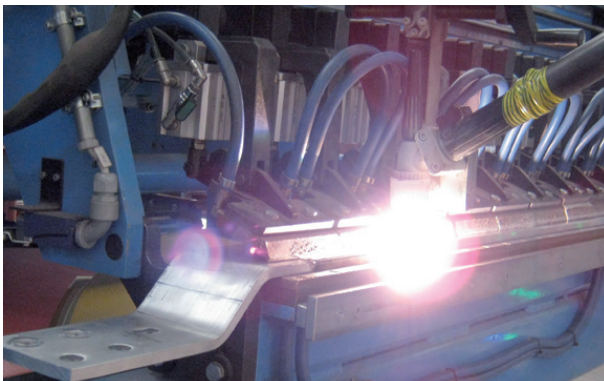


Avvolgimento di alta tensione in rame

AVVOLGIMENTO DI BASSA TENSIONE

È costituito normalmente da un singolo nastro di alluminio o rame in quanto le sollecitazioni dielettriche sono molto basse. Questa costruzione permette di ottenere un'ottima resistenza alle sollecitazioni di cortocircuito. L'isolamento tra le spire è assicurato dall'impiego di materiale isolante preimpregnato di classe F.

I terminali dell'avvolgimento sono saldati a TIG sullo stesso, sono in lega di alluminio rigido in modo da non compromettere la tenuta dinamica dell'avvolgimento.



AVVOLGIMENTO DI MEDIA TENSIONE

È costituito da una serie di bobine in nastro di alluminio o rame, l'isolamento tra le spire è assicurato da opportuno materiale ad elevato grado di isolamento.

Viene realizzato completamente in macchina automatica e dopo aver posto le terminazioni viene calato dentro uno stampo e dentro un forno a preriscaldarsi. La colata viene effettuata sottovuoto, con una resina che è una miscela di resina epossidica e farina di quarzo opportunamente dosate da un impianto di miscelazione sottovuoto automatizzato.

Questo tipo di avvolgimento presenta notevoli vantaggi, infatti, la differenza di potenziale fra le spire è sempre la stessa avendo sempre solo una spira per strato permettendo una maggiore capacità di tenuta a impulso e una minore probabilità di essere sede di scariche parziali.

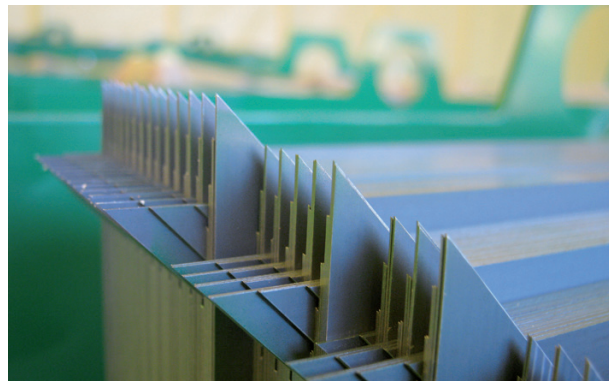
I trasformatori Imefy hanno un livello di scariche parziali inferiori a 5pC, prove verificate frequentemente anche in laboratori esterni come il CESI.

L'impiego dell'alluminio nell'inglobamento riduce al minimo gli sforzi dinamici dovuti al riscaldamento in quanto il coefficiente di dilatazione è molto simile a quello della resina impiegata.

NUCLEO MAGNETICO

Il nucleo è costituito da lamierini magnetici a grani orientati di prima scelta.

I lamierini sono intersecati a 45° con il taglio "STEP-LAP" che permette di ridurre sia le perdite a vuoto che il livello di rumore del trasformatore.



RIFASAMENTO

Gran parte dell'energia dissipata dal trasformatore è reattiva, in quanto energia magnetizzante. La compensazione di questa energia può essere fatta mediante opportuna batteria di condensatori di rifasamento da collegarsi permanentemente ai morsetti secondari della macchina. La potenza di tale batteria va scelta in funzione della potenza magnetizzante a vuoto del trasformatore, di seguito la semplice formula per il calcolo della batteria di rifasamento della corrente a vuoto dei trasformatori:

$$Q = (I_0\% \times P_n) / 100 \text{ (kVAR)}$$

Esempio pratico per trasformatore da 630 kVA

$$Q = (0.73 \times 630) / 100 = 4.6 \text{ kVAR}$$

per unificazione si renderà necessaria una batteria da 5 kVAR.

PARALLELO DEI TRASFORMATORI

Condizione frequente nell'installazione di trasformatori è quella del parallelo tra due o più macchine, esse sono in parallelo quando sono alimentate dalla stessa linea MT ed alimentano la stessa linea BT. Le condizioni necessarie per poter effettuare un parallelo sono:

- uguale rapporto di trasformazione
- uguale gruppo vettoriale
- uguale tensione di corto circuito (nei limiti delle tolleranze $\pm 10\%$)
- rapporto potenze delle macchine da parallelare compreso tra 0.50 e 2.

Le ultime due condizioni riguardano la ripartizione del carico, infatti le correnti si ripartiscono in ragione inversa della Vcc e proporzionalmente alle rispettive potenze.

COMPATIBILITÀ ELETTRIMAGNETICA (EMC)

I trasformatori in resina sono da prendere in considerazione per il disturbo provocato dal campo magnetico che genera il flusso disperso prodotto dalla corrente delle connessioni del secondario.

Il campo magnetico emesso dagli avvolgimenti è modesto e comunque inferiore a quello delle connessioni, i valori di quest'ultimo decrescono inoltre rapidamente all'aumentare della distanza dalla macchina. Come precedentemente detto i trasformatori in resina sono molto spesso installati all'interno di contenitori metallici o di locali opportunamente schermati che riducono l'ampiezza del campo magnetico prodotto di tre o quattro volte.

MARCATURA CE

In conformità e nel rispetto dal Reg. (UE) N. 548/2014 della commissione del 21 Maggio 2014 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.



Prova impulso atmosferico al CESI (MI)



Prova di cortocircuito al CESI (MI)

CESI		REPORT		CONFIDENTIAL	APPROVED	85018655	ASMES	IPHEC	EGE	
Client	IMEFY SpA									
Subject	Low frequency magnetic field measurements around a 1600 kVA 110/433 kV, 50 Hz dry type three-phase transformer in short-circuit test condition									
Order	Official order N° 272 of 18/05/2015									
Notes	Partial reproduction of this document is permitted only with the written permission from CESI.									
N. of pages	10	N. pages annexed	0							
Issue date	03/07/2015									
Prepared	ESC - Lamberto Marodi, ESC - Capra Davide									
Verified	ESC - Florio Cesare									
Approved	ESC - Capra Davide (Project Manager)									
CESI S.p.A.	Via Ruffinella 54 120134 Sforzese - Italy Tel: +39 02 21221 Fax: +39 02 2122480 e-mail: info@cesi.it www.cesi.it							Capitale sociale € 8.000.000 interamente versato C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793300150 P.I. 02029080969 R.E.A. 429222		Pag. 1/10
© Copyright 2015 by CESI. All rights reserved										

Prova di compatibilità elettromagnetica al CESI (MI)

IMEFY

GROUP



EU548
TESTED
CESI **ENEA**