

PREMESSA

Le Prove Elettriche non Distruttive DLA su macchine elettriche rotanti eseguite a macchina ferma, permettono di verificare le condizioni dei materiali isolanti con cui tali macchine sono costituite, permettendo di vedere il loro invecchiamento.

Nel corso della vita operativa ogni macchina evidenzia una tendenza al degrado dovuta principalmente a quattro cause fondamentali, di seguito descritte, ed all'accumulo di sporcizia: olio, polvere di carbonio, ossidi metallici, umidità, inquinanti in genere.

CAUSE TERMOMECCANICHE

Le dilatazioni termiche dei vari materiali conseguenti alle variazioni di carico possono dare luogo allo scorrimento dell'isolante in punti caratteristici (estremità delle cave, canali di ventilazione) con rigonfiamenti locali o separazione degli strati isolanti.

CAUSE MECCANICHE

Sono dovute alle vibrazioni alle quali sono sottoposti gli isolanti e le sovracorrenti che possono danneggiare soprattutto le teste di matasse producendo fratture nell'isolante.

EFFETTI DELLA TENSIONE

Per effetto della tensione alternata alla quale è sottoposto, l'isolamento subisce un certo invecchiamento. Inoltre il dielettrico contiene inclusioni gassose nelle quali possono manifestarsi scariche parziali che nel tempo possono provocare la perforazione.

CAUSE TERMOCHIMICHE

Nel legante possono essere presenti componenti volatili che liberandosi producono inclusioni gassose e rigonfiamenti causando la diminuzione della rigidità dielettrica e l'insorgere di scariche parziali.

L'effetto di tutte le cause di invecchiamento degli isolanti citate può essere accelerato dalla presenza di temperature di funzionamento elevate.

Le misure sono eseguite, sia con tensione continua che con tensione alternata, senza mai superare la tensione nominale di funzionamento della macchina e perciò definite non distruttive.

Il periodico controllo attraverso queste prove permette l'analisi dei dati per stabilire la curva della vita della macchina e programmare eventuali interventi di manutenzione.

INTERPRETAZIONE DELLE MISURE DI $Tg\delta$

Un dielettrico sottoposto ad una tensione alternata tende, sia pure in misura molto piccola, a riscaldarsi. Tale riscaldamento, dovuto a una certa quantità di energia che viene dissipata nel dielettrico stesso, a lungo andare compromette le proprietà isolanti iniziali del materiale dando adito in esercizio possibili cedimenti, perforazioni, ecc. Quale indice di tale dissipazione di energia, caratteristica di ogni dielettrico ad una determinata frequenza, si assume il valore di tangendelta $tg\delta$ (tangente dell'angolo di perdita).

Se l'esame della curva di tangendelta viene integrato con quello della curva di capacità in funzione della tensione, si può stabilire se l'aumento di tangendelta è dovuto al fenomeno di ionizzazione. Infatti in questo caso la capacità aumenta insieme al tangendelta. Sotto l'azione del campo elettrico intenso le occlusioni gassose presenti nella massa del dielettrico si ionizzano a partire da un certo valore di tensione, si formano allora ad ogni semi periodo di tensione, delle successioni di scariche brevi, irregolari in ampiezza e distribuzione che aumentano progressivamente in numero e ampiezza nel tempo. L'inizio dell'attacco si manifesta con un leggero strato polverulento di colore verde sul rame; a mano a mano che l'attacco diviene più profondo si osserva la perforazione della mica e la formazione di una polvere colore giallastro. La mica è perforata con conseguenti vuoti d'aria. L'ossigeno, sotto l'azione degli effluvi si trasforma in ozono attivo (O_3) che combinandosi con l'azoto dell'aria, forma ossidi di azoto. Questi gas reagiscono con l'umidità presente nell'aria che assorbita dall'isolante forma acido nitrico (HNO_3), il quale attacca non solo il legante dell'isolamento, ma anche il rame.

Allo scopo di rendere chiaro il ragionamento conviene schematizzare il concetto di misura di tangendelta relativo ad un avvolgimento di macchina elettrica rotante in Media Tensione. La macchina viene in generale considerata come un condensatore i cui elettrodi sono rappresentati da un lato dall'avvolgimento, dall'altro dalla carcassa, mentre la struttura dell'isolamento con o senza vernici, viene considerata "il dielettrico". Il valore di $tg\delta$ è usato quale indicatore della bontà di un isolamento perché mentre il condensatore ideale (con isolamento perfetto) il vettore tensione e il vettore corrente sono fra di loro in quadratura cioè a 90° l'uno dall'altro, in un condensatore reale tale angolo non sarà mai perfettamente uguale a 90° ma si scosterà da tale valore di una quantità δ (angolo di perdita). Quindi quanto maggiore è l'angolo δ tanto peggiore è la qualità dell'isolamento.

La misura della funzione trigonometrica "tangente" dell'angolo δ è particolarmente agevole con strumentazioni a "ponte" per cui è universalmente usata tale funzione $tg\delta$ quale misura della validità di un isolamento. Il significato di tangendelta tuttavia è principalmente applicabile alle macchine in media tensione mentre non dovrebbe essere data soverchia importanza a questo elemento nel caso di macchine normali in bassa tensione ad eccezione di un indicazione generale della qualità della struttura dell'isolamento e della stabilità o meno di un avvolgimento durante il funzionamento.

INTEGRITY LEVEL

GRADO DI AFFIDABILITA' DIELETTRICO DELLA MACCHINA

PROVA	LIMITI DI TOLLERANZA STATORE	
INDICE DI POLARIZZAZIONE IP	da 0 a 2	SCADENTE
	da 2 a 3	TOLLERABILE
	da 3 a 4	BUONO
	da 4 a 6	OTTIMO
	oltre 6	SCADENTE
RESISTENZA ISOLAMENTO RI	da 0 a 10 MΩ	SCADENTE
	da 10 a 100 MΩ	TOLLERABILE
	da 100 a 1000 MΩ	BUONA
	oltre 1000 MΩ	OTTIMA
TANGENTE DELTA Tg δ	oltre 160 * 10 ⁻³	SCADENTE
	da 80 a 160 * 10 ⁻³	TOLLERABILE
	da 40 a 80 * 10 ⁻³	BUONO
	da 0 a 40 * 10 ⁻³	OTTIMO
CAPACITA' (Variazione in %)	oltre 10 %	SCADENTE
	da 5 a 10 %	TOLLERABILE
	da 3 a 5 %	BUONA
	da 0 a 3 %	OTTIMA

CONSIDERAZIONI FINALI

STATORE

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI POLARIZZAZIONE I.P.

ESITO OTTIMO su tutte 3 le FASI.

Gli avvolgimenti si presentano puliti ed asciutti, non si rilevano correnti di conduzione o inneschi di scariche verso massa.

MISURA DELLA RESISTENZA DI ISOLAMENTO R.I.

ESITO OTTIMA su tutte 3 le FASI.

Gli avvolgimenti presentano alti valori in mega ohm.

MISURA DEL FATTORE DI PERDITA TANGENTE DELTA

ESITO BUONO su tutte 3 le FASI.

Gli avvolgimenti si presentano con isolanti compatti e omogenei.

MISURA DEL FATTORE DI PERDITA CAPACITA'

ESITO BUONA su tutte 3 le FASI.

Gli avvolgimenti non presentano fenomeni di ionizzazione in corso.

MISURA DELLA RESISTENZA OHMICA DI FASE

ESITO EQUILIBRATE tutte 3 le FASI

I valori omogenei delle 3 fasi escludono eventuali corto circuiti fra le spire degli avvolgimenti.

CONTROLLI VARI

La fase -u- si presenta interrotta, i collegamenti dei poli fase sono tutti aperti a causa del guasto avvenuto.

Anche il centro stella è completamente aperto.

LA MACCHINA E' DIELETTRICAMENTE IN CONDIZIONI BUONE.

**E' NECESSARIO RIPRISTINARE I COLLEGAMENTI DELLE FASI STATORICHE
TRAMITE SOSTITUZIONE DELLE BARRE DI SERIE COMPLETE DI NASTRATURE.**

DATI DI TARGA

MOTORE ASINCRONO 3 FASE CON ROTORE A GABBIA

COSTRUTTORE	ANSALDO	POTENZA kW	450
TIPO	N355W4	POTENZA kVA	
MATRICOLA N.	59742	POTENZA HP	
SITE		TENSIONE kV ac	6
POSIZIONE	??	COLLEGAMENTO	STELLA
FUNZIONAMENTO h		CORRENTE A	53
Cos ϕ	0,87	GIRI/1'	1.476
AVVOLGIMENTO TIPO	MATASSE UGUALI	POLI N.	4
N. MORSETTI	3	CLASSE ISOLAMENTO	F
ANNO COSTRUZIONE	1979	ROTORE	GABBIA C/C
ANNO REVISIONE		SERVIZIO	S1
ANNO RIAVVOLGIMENTO		SCALDIGLIE	NON ESISTENTI
FORMA COSTRUTTIVA	ORIZZONTALE B3	TERMOSONDE PT100	NON ESISTENTI
IM	B3	TEMP. cu °C	20
IC	ARIA-ARIA	TEMP. AMBIENTE °C	15
IP		UMIDITA' RELATIVA %	55
CERTIFICATO CESI N.			
PESO MACCHINA kg	1.656		
TIPO ROTOLAMENTO	CUSCINETTI		
SIGLA INVENTARIO			
COLLAUDATO	TOSCANI E.		
PROVE ESEGUITE IN:	SALA PROVE REM S.R.L.		
DATA RILEVAMENTO	10-mar-10		

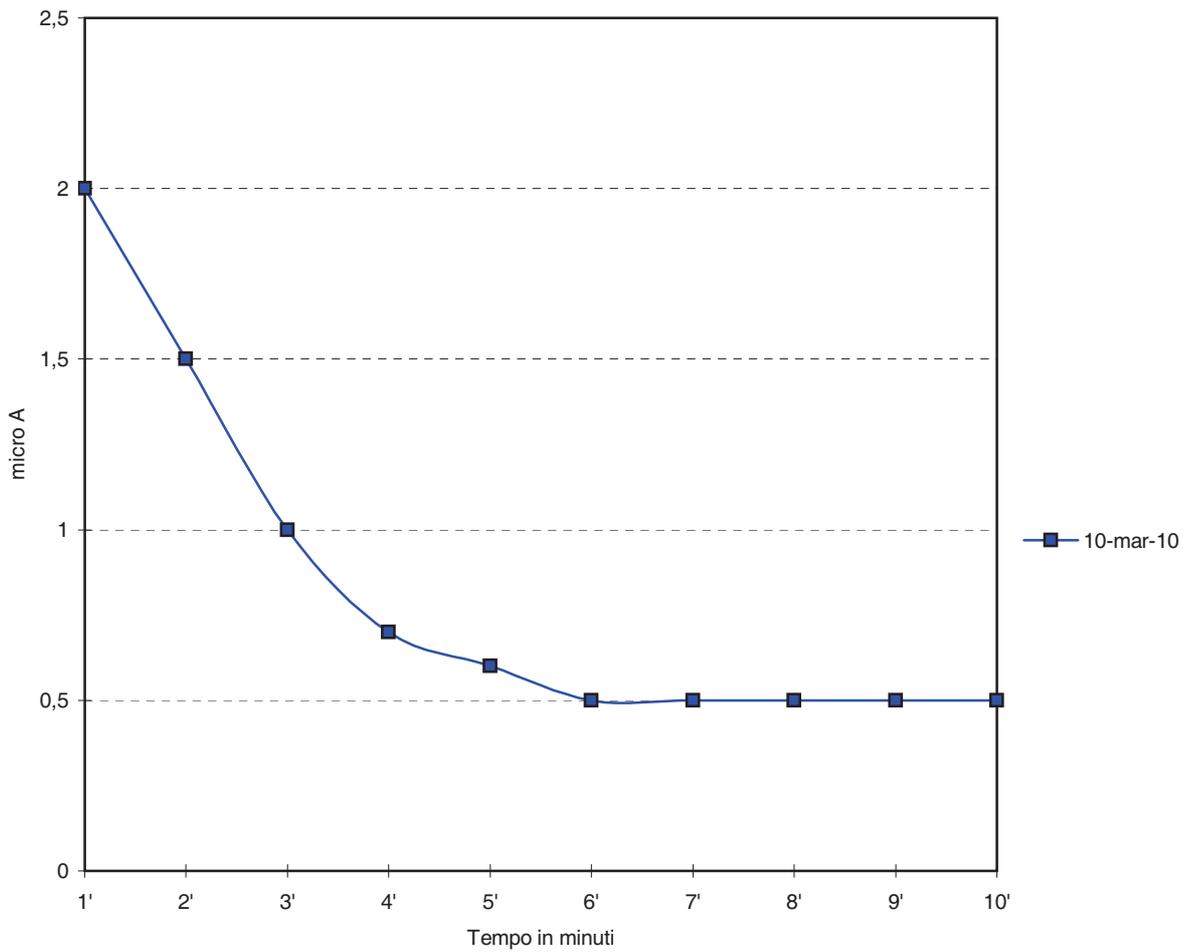
I.P. CURVA DI POLARIZZAZIONE μA

AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

TENSIONE DI PROVA V cc

6.000

Tempo	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
10-mar-10	2,00	1,50	1,00	0,70	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50



MATRICOLA N. 59742

I.P. INDICE DI POLARIZZAZIONE

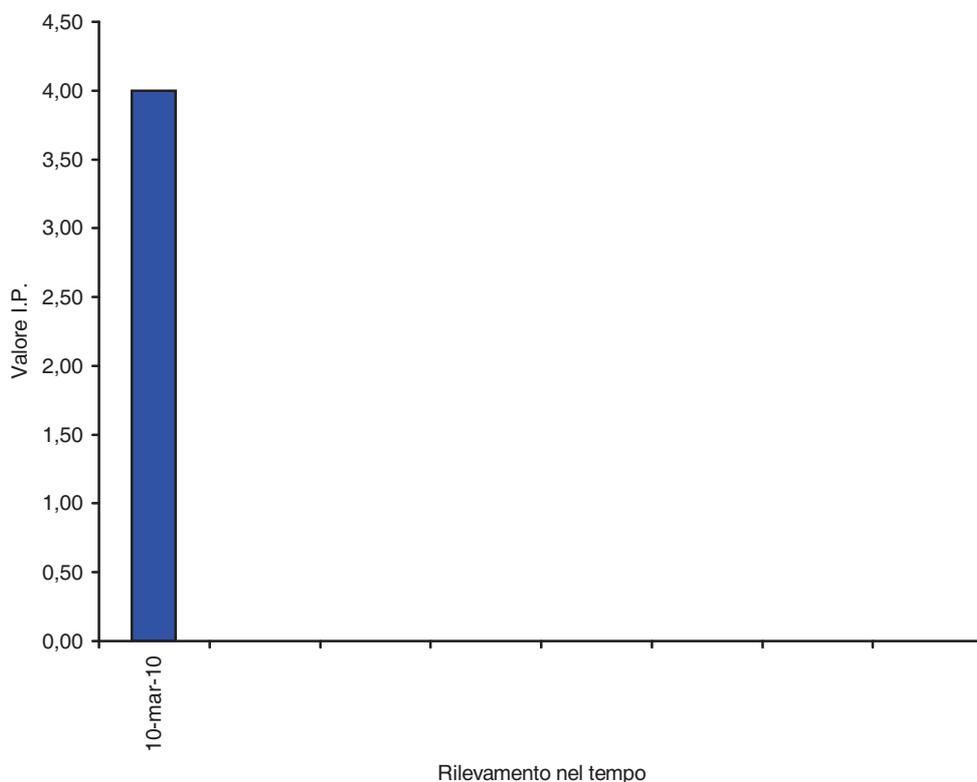
AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

TENSIONE DI PROVA V cc

6.000

Tempo	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
10-mar-10	2,00	1,50	1,00	0,70	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ESITO I.P.	4,00		OTTIMO							

10-mar-10	4,00



MATRICOLA N. 59742

R.I. RESISTENZA ISOLAMENTO MΩ

AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

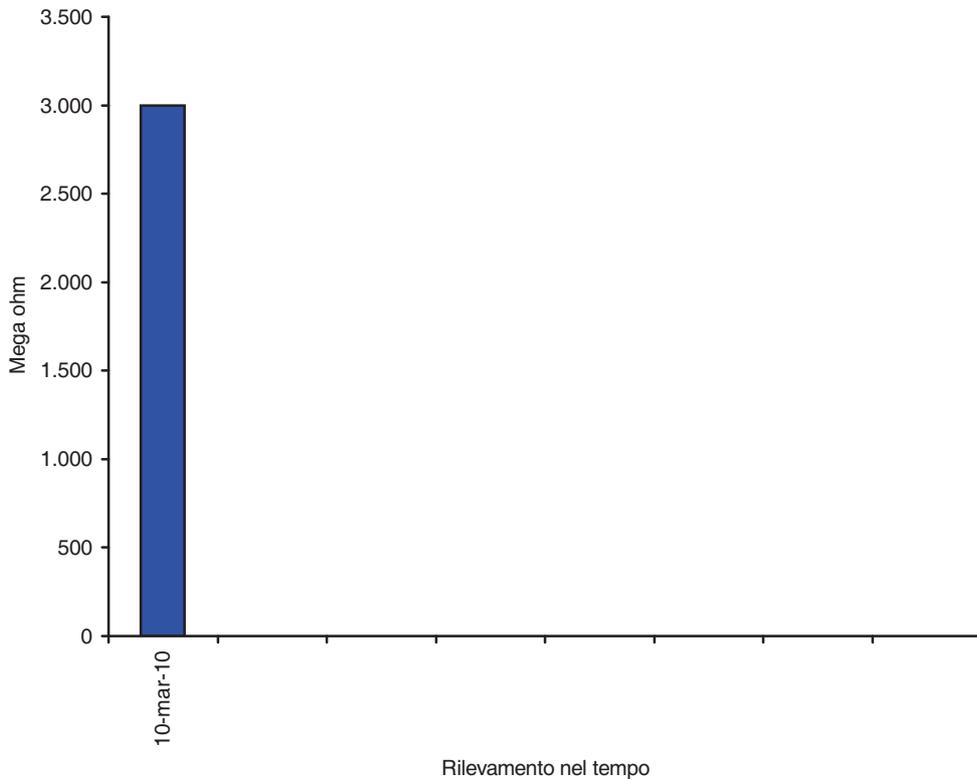
TENSIONE DI PROVA V cc

6.000

Tempo	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
10-mar-10	2,00	1,50	1,00	0,70	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

ESITO R.I. a 1' 3.000 MΩ OTTIMA

10-mar-10	3.000	



MISURE DEL FATTORE DI PERDITA

AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

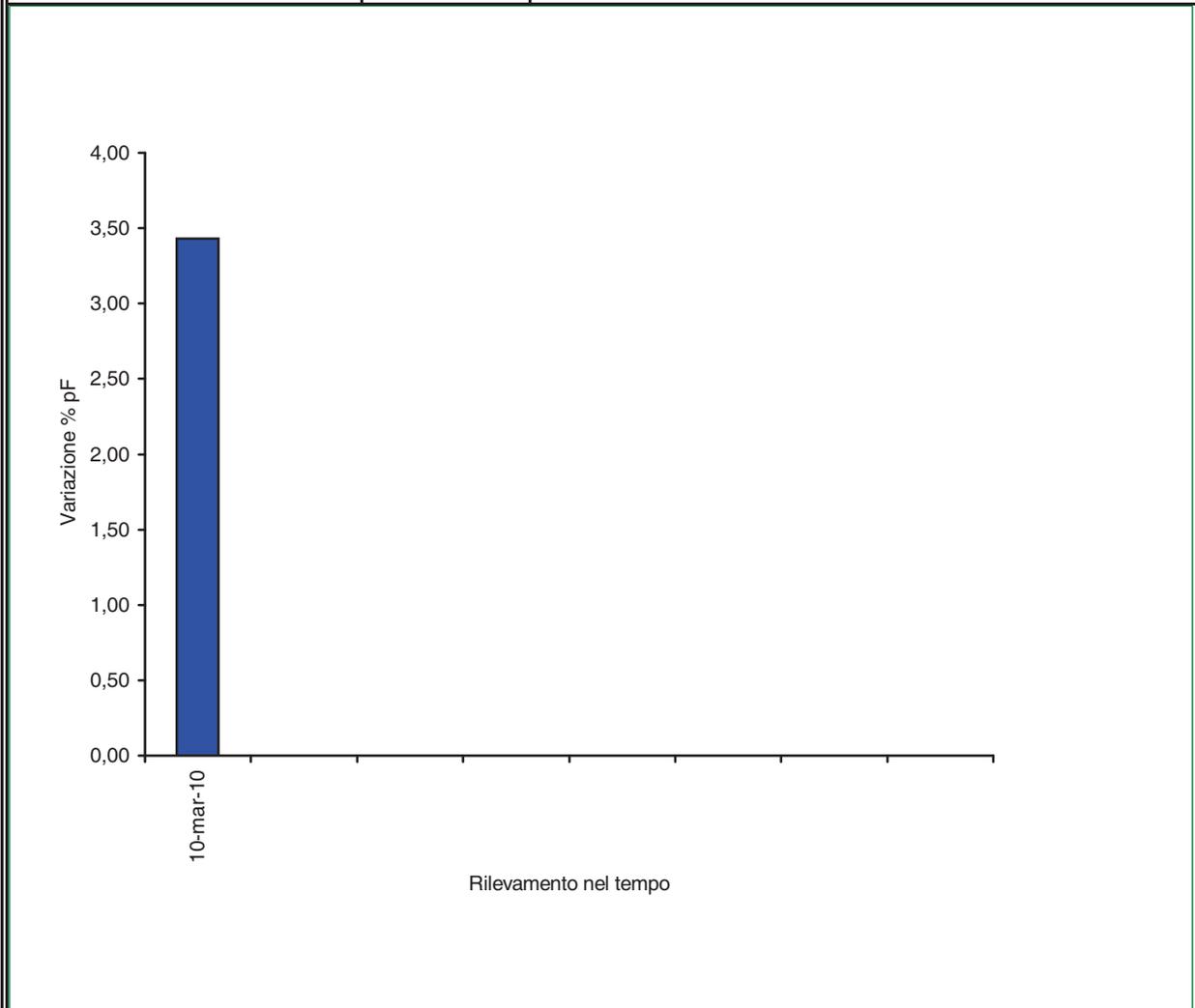
TENSIONE DI PROVA V ac	1.200	2.400	3.600	4.800	6.000	
<i>Misura del circuito di prova - Cu E -</i>						
Cu E	Tg δ * 10 - 3	4,40	4,40	4,60	4,75	4,80
	mA	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00
	Cu E	9,42	9,38	9,37	9,37	9,36
<i>Misura della macchina elettrica - C1 -</i>						
C1	Tg δ * 10 - 3	19,77	24,26	41,11	52,39	68,72
	mA	30,00	60,00	90,00	120,00	150,00
	C1	115,64	116,21	117,69	118,70	119,22
MILLIAMPERE TOTALI						
mA	29,00	58,00	86,00	114,00	142,00	
CAPACITA' CX						
CX=C1-Cu E	106,22	106,83	108,32	109,33	109,86	
CAPACITA' REALE						
pF=CX * CN	106.857	107.471	108.970	109.986	110.519	
(CN=capacità condensatore campione)						
TANGENTE DELTA Tg δ * 10 - 3						
Tg δ * 10 - 3	21,13	26,00	44,27	56,47	74,17	
POTENZA DISSIPATA IN WATT						
W	0,74	3,62	13,69	30,85	63,02	
POTENZA DISSIPATA PER UNITA' DI CAPACITA'						
uW/pF	6,88	33,67	125,65	280,52	570,18	
MATICOLA N. 59742						

CAPACITA' VARIAZIONE % pF

AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

TENSIONE DI PROVA kV ac	1,2	2,4	3,6	4,8	6
10-mar-10	106.857	107.471	108.970	109.986	110.519
ESITO VARIAZIONE % CAPACITA'		3,43	BUONA		

10-mar-10	3,43	



MATRICOLA N. 59742

RESISTENZA DI FASE Ω

AVVOLGIMENTO STATORICO FASI CHIUSE A STELLA

	FASE -U-	FASE -V-	FASE -W-	TEMPERATURA cu $^{\circ}\text{C}$
10-mar-10	1,088	1,088	1,088	Ω a $^{\circ}\text{C}$ 20
	1,323	1,323	1,323	Ω a $^{\circ}\text{C}$ 75
ESITO RESISTENZA DI FASE EQUILIBRATE				
10-mar-10	1,323	1,323	1,323	

