

cliente **SCHNEIDER ELECTRIC S.p.A. Circonvallazione EST 1 - 24040 Stezzano (BG)**

oggetto in prova **Trasformatore trifase di potenza immerso in olio, per servizio continuo, con raffreddamento esterno per circolazione naturale dell'aria (ONAN): MF Trasformatori s.r.l-tipo 800TORO30/0,66-800 kVA-30 kV/0,66 kV**

prove eseguite **prova di riscaldamento
verifiche dopo le prove di cortocircuito**

documenti normativi **IEC 60076 - 2**

data ricevimento del campione **17 Febbraio 2004**

data prove: **dal 19 Febbraio 2004 al 10 Marzo 2004**

n. pagine **16** **n. pagine fuori testo /**

i risultati di prova riportati nel presente documento si riferiscono al solo campione provato senza l'autorizzazione scritta del CESI questo documento può essere riprodotto solo integralmente



data prima emissione **16 Marzo 2004**

elaborato **PeC/TEST - V. Mantegazza**

verificato **PeC/TEST - F. Pizzi**

approvato **PeC/TEST - M. De Nigris**

CESI
CENTRO ELETTROTECNICO SPERIMENTALE ITALIANO
Business Unit
Prove e Componenti
Il Responsabile del Laboratorio

presenti alle prove: Sig. Lecchi - SCHNEIDER ELECTRIC
 Sig. Morelli - MF Trasformatori
 Sig. Migliavacca - EDISON S.p.A.

riconoscimento dell'oggetto: non richiesto

ulteriori dati per consentire la ripetizione delle prove sono contenuti nel documento: —

Le incertezze di misura dei risultati di prova riportati nel presente documento sono le seguenti:

tensione: $\pm 5 \%$; **corrente:** $\pm 5 \%$; **tempo:** $\pm 5 \%$

Le incertezze di misura sono espresse come due volte lo scarto tipo (corrispondente nel caso di distribuzione normale ad un livello di confidenza di circa il 95 %) e sono da considerarsi come valori massimi.

informazioni del laboratorio

personale di prova CESI: Perotti, Caglio

laboratorio di prova: MP3/P120

codice attività: 40347X

parole chiave: 12015R - 22601Y - 33020C - 44040V - 53001D - 62420Z

caratteristiche dell'oggetto in prova dichiarate dal Cliente

| | |
|---|-------------------------|
| - Costruttore | MF Trasformatori s.r.l. |
| - tipo | 800TORO30/0,66 |
| - numero di serie del Costruttore | 260104/5 |
| - anno di costruzione | 2004 |
| - numero delle fasi | 3 |
| - tensione nominale dell'avvolgimento ad alta tensione (primario) | 30 kV \pm 2 x 2,5 % |
| - tensione nominale dell'avvolgimento a bassa tensione (secondario) | 660 V |
| - rapporto di trasformazione nominale | 30 kV / 0,66 kV |
| - frequenza nominale | 50 Hz |
| - potenza nominale | 800 kVA |
| - corrente nominale dell'avvolgimento ad alta tensione (primario) | 15,4 A |
| - corrente nominale dell'avvolgimento a bassa tensione (secondario) | 700 A |
| - impedenza di cortocircuito | 5,89 % |
| - simbolo di collegamento | Dyn11 |
| - modo di raffreddamento | ONAN |
| - massa totale | 3400 kg |
| - massa dell'olio di isolamento | 900 kg |

caratteristiche degli avvolgimenti:

| | |
|---|---------------------------------|
| - livelli nominali di isolamento | IA 170 FI 36 / FI 3 |
| - tipo di costruzione | a bobine circolari concentriche |
| - conduttore dell'avvolgimento ad alta tensione | filo di rame |
| - conduttore dell'avvolgimento a bassa tensione | nastro di metallo (rame) |

nome e firma del rappresentante del Cliente _____

Misura della resistenza degli avvolgimenti
valori misurati

Le misure sono state effettuate in corrente continua, dopo aver lasciato il trasformatore immerso nell'olio, senza eccitazione, per un tempo superiore a tre ore.

data: 19 Febbraio 2004

| posizione del commutatore di prese | avvolgimento ad alta tensione | | | | avvolgimento a bassa tensione | | | |
|--|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------|
| | resistenza misurata tra i terminali | | | temperatura ambiente | resistenza misurata tra i terminali | | | temperatura ambiente |
| | U-V | U-W | V-W | °C | u-v | u-w | v-w | °C |
| - | Ω | Ω | Ω | °C | mΩ | mΩ | mΩ | °C |
| 1 | 10,49 | 10,47 | 10,44 | 14,6 | - | - | - | - |
| 3 | 10,16 | 9,976 | 9,941 | 15,0 | 2,971 | 2,972 | 2,950 | 14,9 |
| 5 | 9,519 | 9,521 | 9,698 | 14,2 | - | - | - | - |

valori calcolati

| posizione del commutatore di prese | resistenza di fase (valore medio) | | | |
|--|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| | dell'avvolgimento ad alta tensione | | dell'avvolgimento a bassa tensione | |
| | a temperatura ambiente | a 75 °C | a temperatura ambiente | a 75 °C |
| - | Ω | Ω | mΩ | mΩ |
| 1 | 15,71 | 19,50 | - | - |
| 3 | 15,04 | 18,65 | 1,482 | 1,839 |
| 5 | 14,37 | 17,88 | - | - |

Misura dell'impedenza di cortocircuito e delle perdite a carico
valori misurati

Le misure sono state effettuate alimentando l'avvolgimento ad alta tensione con valori di corrente prossimi alla corrente nominale (a frequenza nominale), con l'avvolgimento a bassa tensione cortocircuitato.

data: 19 Febbraio 2004

| posizione del commutatore di prese | V_{cc} (valore medio) | I_{cc} (valore medio) | P_{cc} (valore medio) | temperatura ambiente °C |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| - | V | A | W | °C |
| 1 | 1637 | 13,18 | 5058 | 14,8 |
| | 1639 | 13,19 | 5070 | |
| | 1638 | 13,18 | 5069 | |
| 3 | 1526 | 13,41 | 4867 | 14,8 |
| | 1515 | 13,29 | 4800 | |
| | 1514 | 13,29 | 4801 | |
| 5 | 1423 | 13,79 | 4777 | 14,7 |
| | 1422 | 13,79 | 4779 | |
| | 1421 | 13,78 | 4781 | |

valori calcolati

| posizione del commutatore di prese | $R_{cc} I_r$ a 75 °C | $X_{cc} I_r$ a 75 °C | $Z_{cc} I_r$ a 75 °C | perdite a carico P_{cc} a 75 °C |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| - | % | % | % | W |
| 1 | 0,932 | 5,74 | 5,81 | 7453 |
| 3 | 0,958 | 5,80 | 5,87 | 7668 |
| 5 | 0,988 | 5,81 | 5,89 | 7904 |

Misura delle perdite e della corrente a vuoto
valori misurati

Le misure sono state effettuate applicando valori di tensione prossimi alla tensione nominale (a frequenza nominale) all'avvolgimento a bassa tensione, con l'avvolgimento ad alta tensione aperto.

data: 19 Febbraio 2004

| misure effettuate | V_0 | P_0 | I_0 |
|-------------------|-------|-------|-------|
| n. | V | W | A |
| 1 | 722,1 | 1341 | 1,36 |
| 2 | 715,6 | 1303 | 1,29 |
| 3 | 674,1 | 1114 | 1,05 |
| 4 | 662,0 | 1066 | 1,01 |
| 5 | 655,1 | 1039 | 0,99 |

valori calcolati

I seguenti valori sono stati ricavati tramite interpolazione dei valori misurati.

| perdite a vuoto P_0 a tensione nominale U_1 | corrente a vuoto I_0 a tensione nominale U_1 | | perdite a vuoto P_0 a tensione 1,1 U_1 | corrente a vuoto I_0 a tensione 1,1 U_1 | |
|--|---|------|---|--|------|
| W | A | % | W | A | % |
| 1058 | 1,0 | 0,14 | 1360 | 1,39 | 0,20 |

Prova di riscaldamento

disposizioni e modalità di prova

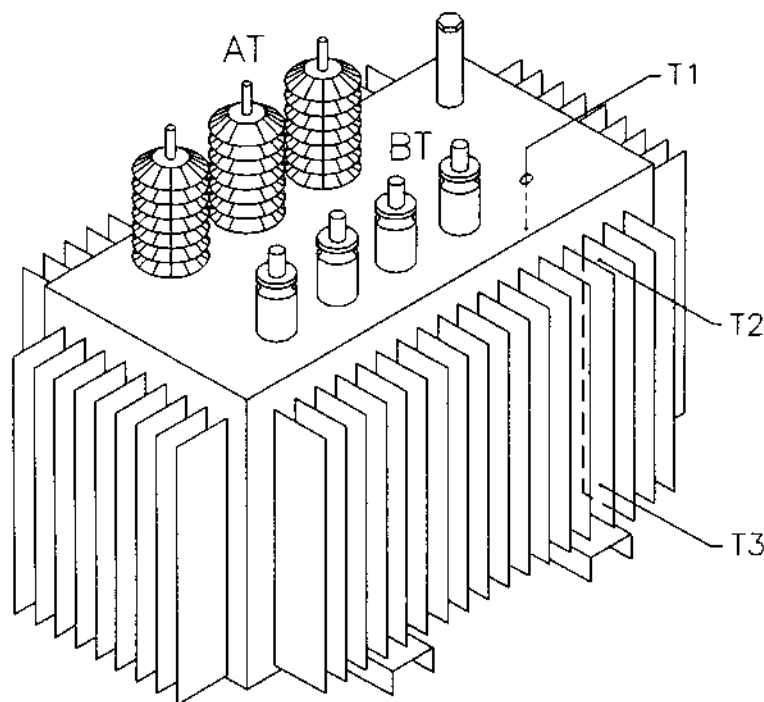
Per verificare i limiti di sovratemperatura del trasformatore è stata scelta la "Prova con il metodo di cortocircuito fino ad equilibrio termico"; tale prova è stata eseguita secondo le modalità specificate al Paragrafo 5.2.2 della Norma IEC 76-2 (1993-04).

Il trasformatore è stato montato sulle sue ruote, come nelle condizioni normali di servizio ed il commutatore di prese è stato posizionato sulla presa principale.

L'avvolgimento a bassa tensione del trasformatore è stato cortocircuitato e l'avvolgimento ad alta tensione è stato alimentato con una tensione tale che al trasformatore è stata fornita una potenza pari alla somma delle perdite a vuoto e delle perdite a carico (perdite totali); queste grandezze sono state applicate fino al raggiungimento della condizione di equilibrio termico. Sono state allora rilevate le temperature dell'olio nelle posizioni necessarie per determinare la sovratemperatura dell'olio nella parte superiore della cassa e la sovratemperatura media dell'olio (vedi grafico).

Successivamente, la tensione di alimentazione è stata ridotta ad un valore tale da far passare la corrente nominale, alla frequenza nominale, nell'avvolgimento ad alta tensione; questa condizione è stata mantenuta per un'ora e quindi sono state misurate le resistenze degli avvolgimenti, in corrente continua (vedi grafici), per determinare la loro sovratemperatura col metodo della variazione di resistenza.

Le tre termocoppie rame-costantina utilizzate per rilevare la temperatura dell'olio nel pozzetto del coperchio e nella parte superiore ed inferiore della cassa (aletatura), sono state posizionate nello stesso lato del trasformatore (vedi figura seguente) per ricavare un valore medio omogeneo della sovratemperatura dell'olio.



metodo di cortocircuito fino ad equilibrio termico

trasformatore predisposto sul rapporto di trasformazione 28,5 kV / 0,66 kV

data: 19-20 Febbraio 2004

Parametri di prova:

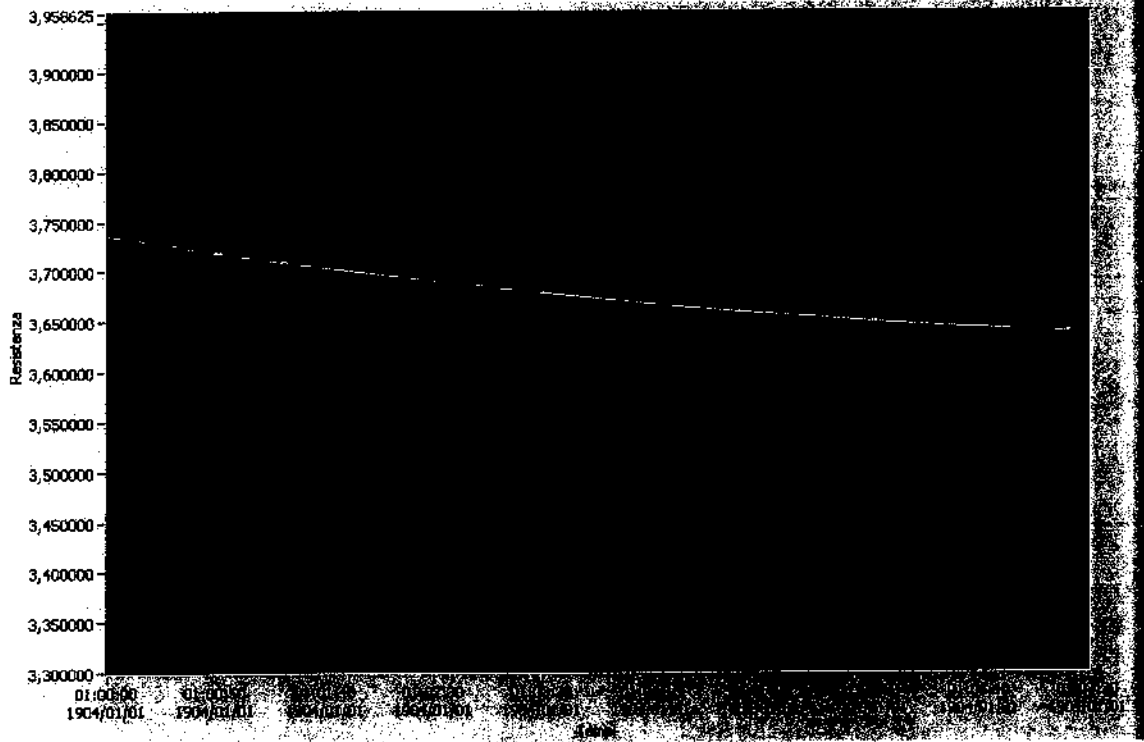
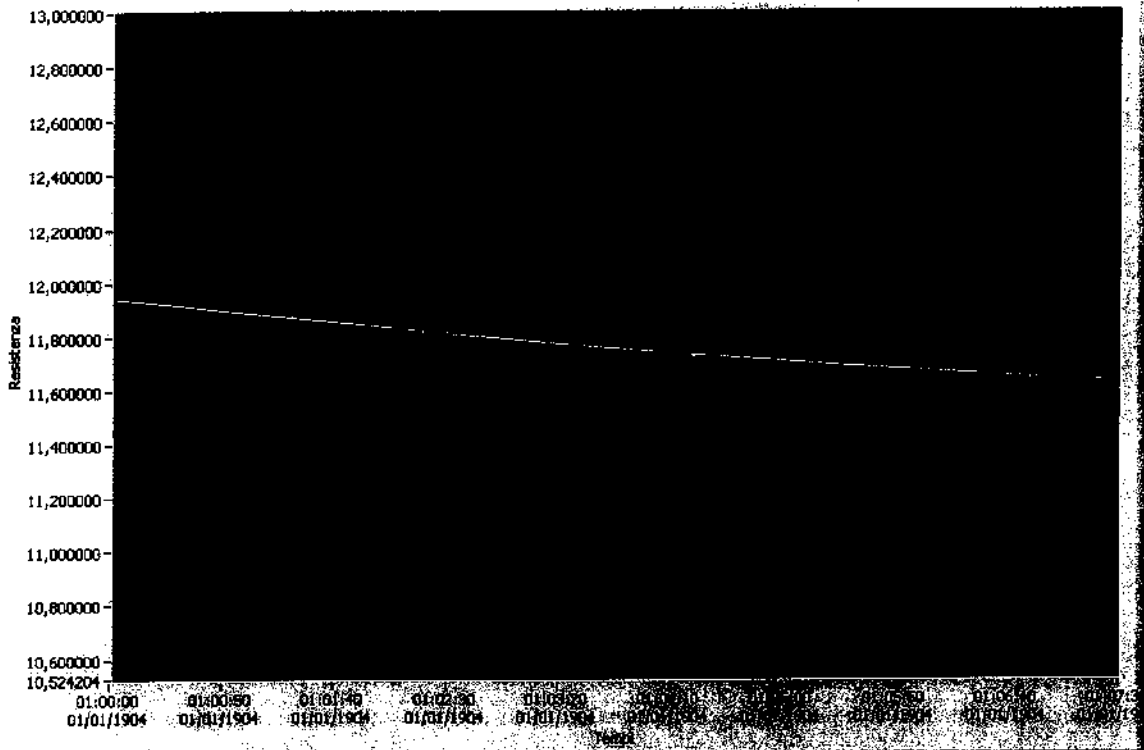
| | |
|--|--------|
| - perdite a vuoto (P_0) a tensione nominale | 1058 W |
| - perdite a carico (P_{cc}) a 75 °C | 7904 W |
| - perdite totali a 75 °C | 9062 W |
| - corrente nominale (I_n) dell'avvolgimento ad alta tensione | 15,4 A |
| - frequenza nominale (f_n) | 50 Hz |

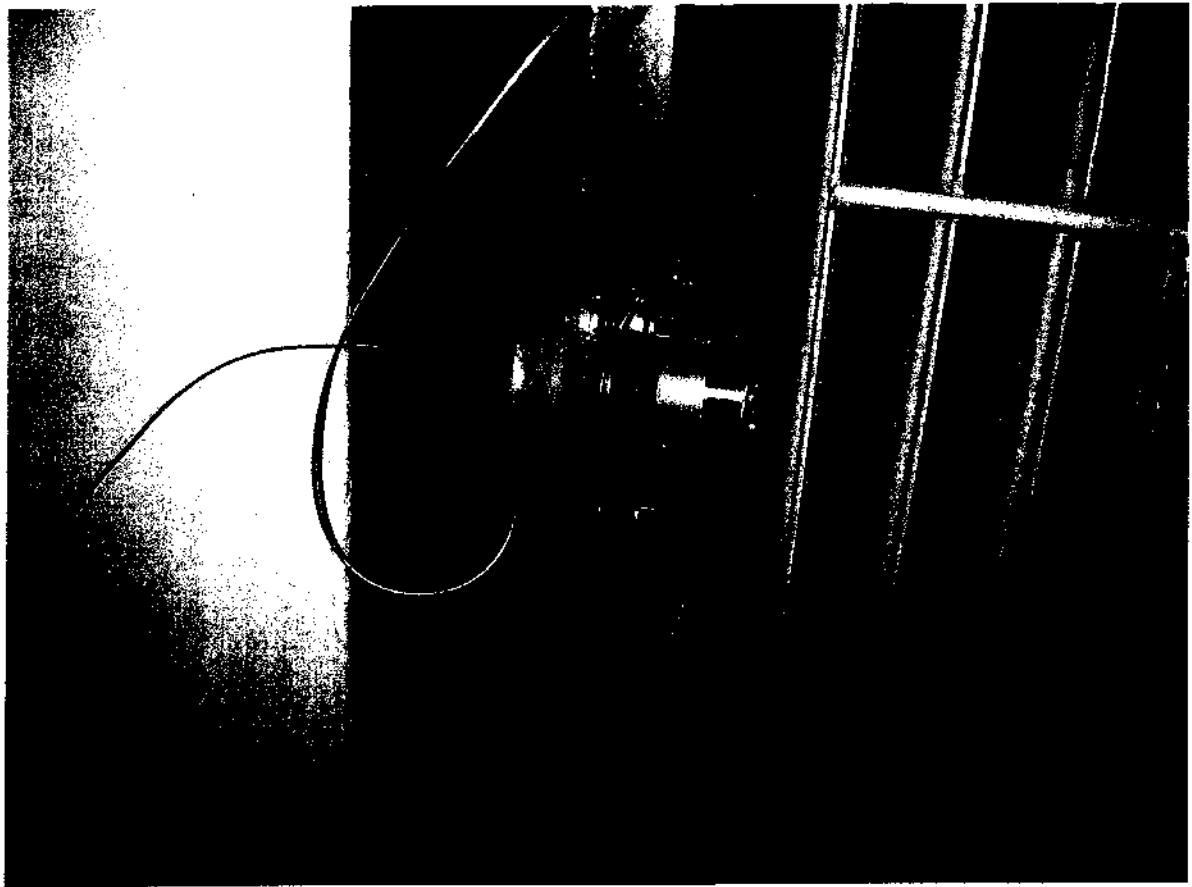
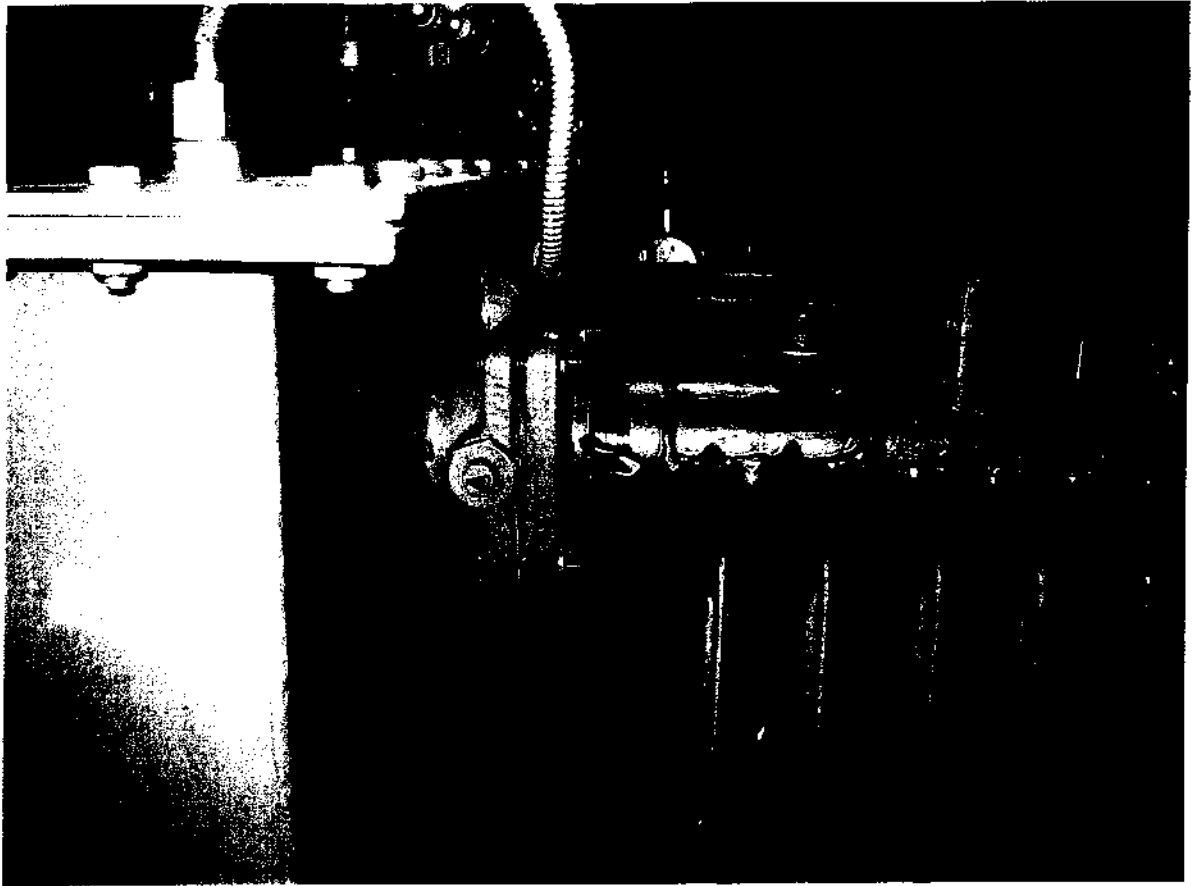
Risultati di prova:

- la condizione di equilibrio termico della sovratemperatura dell'olio nella parte superiore ($\Delta t \leq 1$ K/h per quattro ore) è stata raggiunta dopo 16 ore di prova con iniezione delle perdite totali, alla temperatura ambiente di 16,5 °C
- le misure di resistenza degli avvolgimenti sono state effettuate dopo un'ulteriore ora di prova con iniezione della corrente nominale, alla temperatura ambiente di 16,7 °C

| parte misurata | sovratemperatura | |
|--|------------------|-------------|
| | rilevata | ammessa (*) |
| | K | K |
| avvolgimento ad alta tensione | 56,7 | 65 |
| avvolgimento a bassa tensione | 66,2 | 65 |
| olio nella parte superiore (della cassa) | 51,1 | 60 |

(*) Limite di sovratemperatura ammesso dalla Norma.





verifiche dopo le prove di cortocircuito

prove di isolamento (al 100% dei valori iniziali)

Le prove sono state effettuate con il trasformatore approssimativamente a temperatura ambiente.

prova con tensione applicata a frequenza industriale

La tensione di prova (monofase) è stata applicata tra i terminali dell'avvolgimento in prova ed i terminali dell'altro avvolgimento e la cassa, collegati insieme e a terra.

data: 10 Marzo 2004

| avvolgimento in prova | posizione del comm. di prese | tensione di presa avvolgimento AT | parametri di prova | | |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------|--------|
| | | | tensione | frequenza | durata |
| - | - | kV | kV | Hz | s |
| ad alta tensione | 0 | 30 | 70 | 50 | 60 |
| a bassa tensione | 0 | 30 | 3 | 50 | 60 |

Esito della prova: non si è riscontrato alcun cedimento della tensione di prova.

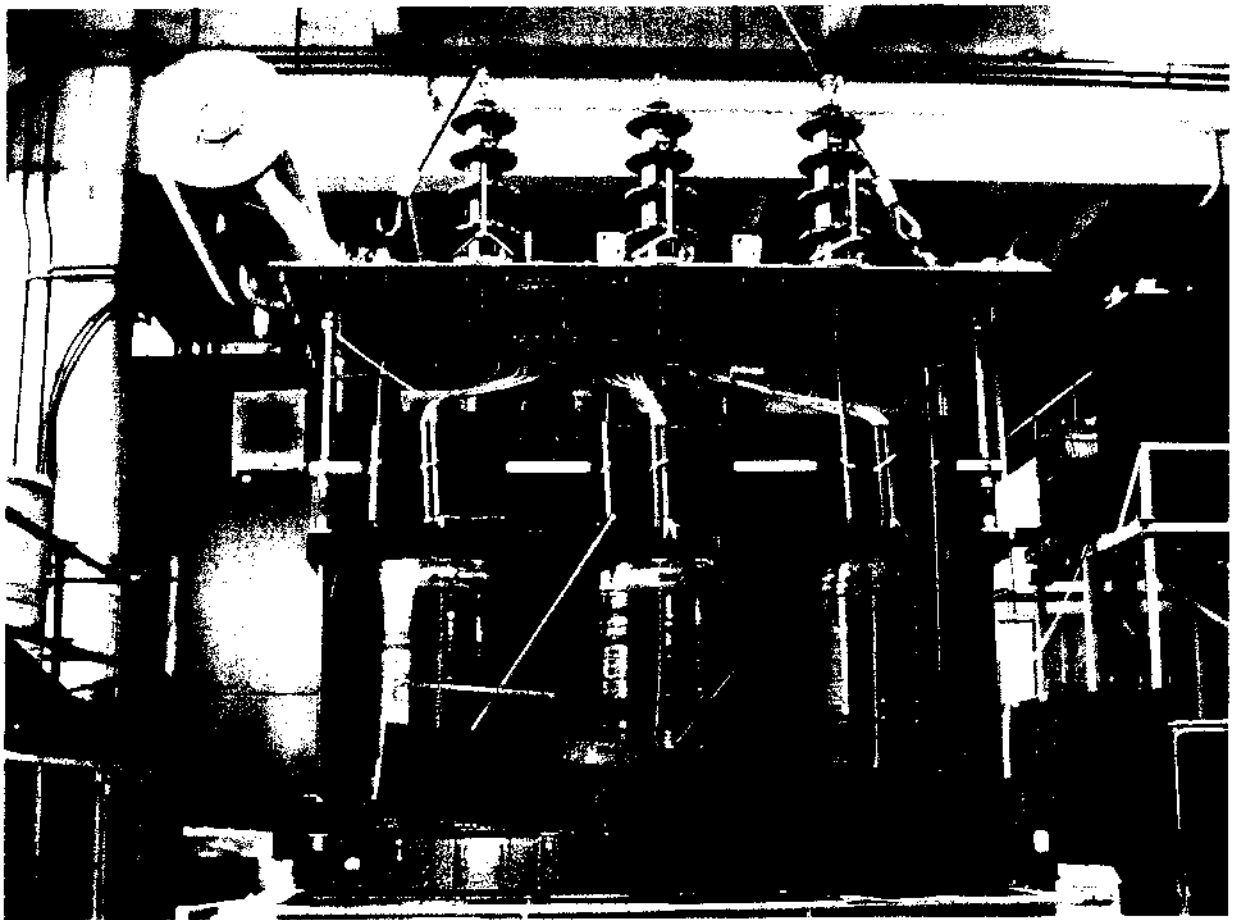
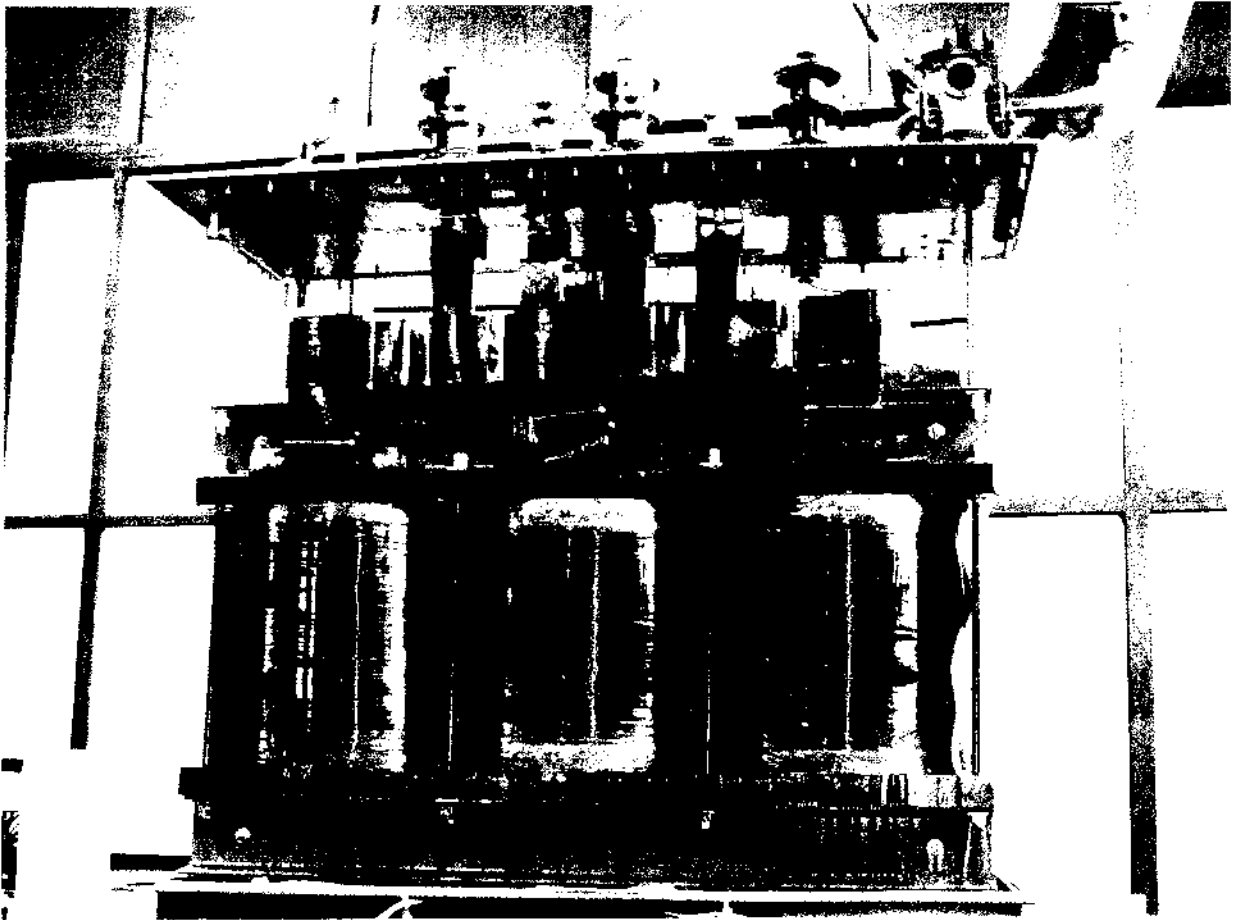
prova con tensione indotta

La tensione di prova (trifase) è stata applicata ai terminali dell'avvolgimento a bassa tensione ed il relativo terminale di neutro è stato connesso a terra.

data: 10 Marzo 2004

| avvolgimento in prova | posizione del comm. di prese | tensione di presa avvolgimento AT | parametri di prova | | |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------|--------|
| | | | tensione | frequenza | durata |
| - | - | kV | kV | Hz | s |
| a bassa tensione | 0 | 30 | 1,22 | 150 | 40 |

Esito della prova: non si è riscontrato alcun cedimento della tensione di prova.



informazioni di servizio per il laboratorio

impianto di prova utilizzato : P120 / MP3
 personale di prova CESI : Moroni, Garanzini
 data di prova : 20 Febbraio 2004

caratteristiche della strumentazione di misura utilizzata

| misura | trasduttore | | Sist. Acq. Dati (SAD) | | |
|-----------------|-------------|-----------|-----------------------|--|--|
| | sigla | posizione | sigla | | |
| corrente fase U | N1 | | BB1 | | |
| corrente fase V | N2 | | BB1 | | |
| corrente fase W | N3 | | BB1 | | |
| tensione fase U | B1 | | BB1 | | |
| tensione fase V | B2 | | BB1 | | |
| tensione fase W | B3 | | BB1 | | |
| temperature | | | AT1 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

misura delle temperature:

Le termocoppie rame-costantana utilizzate per il rilievo delle temperature nelle prove di riscaldamento sono state precedentemente controllate secondo la procedura CESI 92/015552.

