



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
CTAE-04 - SERVIÇO TÉCNICO DE CONVERSÃO, TRANSFORMAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE ENERGIA

Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 • Cidade Universitária • Butantã
CEP 05508-010 • São Paulo • SP • BRASIL • www.lee.usp.br
CNPJ: 63.025.530/0042-82 • Inscrição Estadual: isento

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 75175

Folha

1 de 8

A. Laboratório Responsável: CTAE-04 - SERVIÇO TÉCNICO DE CONVERSÃO, TRANSFORMAÇÃO E ACUMULAÇÃO DE ENERGIA

B. Ordem de Serviço nº: 201343

C. Descrição do corpo de prova:

Um transformador trifásico seco com os seguintes dados declarados em placa: Marca: UNIÃO; Número: 121.2006-A01; Tipo: TTMAHK1; Potência útil: 500 kVA; Sistema de resfriamento: AN; Frequência: 60 Hz; Sistema de isolamento: encapsulado; Grau de proteção: IP-00; Tensão suportável à frequência industrial (AT/BT): 34 kV/4 kV; Tensão suportável impulso atmosférico: 95 kV; Classe de temperatura do material isolante: F - 155°C; Elevação de temperatura dos enrolamentos: 105°C; Impedância à 115 °C: 4,78% em 13800 V; Temperatura ambiente máxima: 40 °C Enrolamento de tensão superior: 13800/13200/12600/12000/11400 V; Enrolamento de tensão inferior: 380/220 V; Material dos enrolamentos: Alumínio.

D. Cliente: TRANSFORMADORES UNIÃO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

Endereço: Rua Marciano Capella, 760 – Vila Ré

CEP: 03669-030

Cidade/Estado: São Paulo - SP

E. Interessado: TRANSFORMADORES UNIÃO INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

Endereço: Rua Marciano Capella, 760 – Vila Ré

CEP: 03669-030

Cidade/Estado: São Paulo - SP

F. Objetivo: Determinação da relação de tensões em vazio e do diagrama fasorial; medição da resistência elétrica dos enrolamentos; determinação da impedância, das perdas, do rendimento e da regulação; medição da resistência de isolamento; ensaio de tensão suportável; ensaio de tensão induzida; medição do nível de ruído acústico e determinação da elevação de temperatura.

G. Norma e/ou Procedimento: Ensaios realizados segundo as normas NBR 10295/2011, NBR 5356-1/2007 e NBR 7277/1988.

H. Observações:

- O Corpo de Prova foi recebido em: 22/03/2013
- Ensaios realizados no período de 25 a 28/03/2013
- Forma de apresentação: impresso em 2 vias.
- Os instrumentos de medição utilizados estão descritos no Anexo A.

• A reprodução deste documento não pode ser parcial e depende da aprovação por escrito do laboratório;
• O conteúdo e as conclusões aqui apresentadas são da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, as opiniões da Universidade de São Paulo.
• Os resultados apresentados neste documento referem-se exclusivamente ao corpo de prova submetido ao(s) ensaio(s) nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer lotes;
• O IEE-USP manterá o original deste documento arquivado por um período de cinco anos, no mínimo.



1. DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO DE TENSÕES EM VAZIO E DO DIAGRAMA FASORIAL

1.1. Método de ensaio

Transformador padrão de relação variável.
Tensão de 8V no enrolamento de tensão inferior

1.2. Resultados obtidos

1.2.1. Relação de tensões em vazio:

LIGAÇÃO DO TRANSFORMADOR	RELAÇÃO NOMINAL	RELAÇÃO MEDIDA (média)
13800/380V	36,32	36,30
13200/380V	34,74	34,72
12600/380V	33,16	33,15
12000/380V	31,58	31,58
11400/380V	30,00	30,01

1.2.2. Diagrama fasorial:

Ligação: Tensão superior: Triângulo
Tensão inferior: Estrela com neutro acessível
Deslocamento angular: Dyn1 (30°)

2. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DOS ENROLAMENTOS

2.1. Condições de ensaio

Temperatura do transformador após o seu equilíbrio com o ambiente: 23°C.

2.2. Método de ensaio

Voltímetro-Amperímetro para o enrolamento de tensão superior e dupla ponte de Kelvin para o enrolamento de tensão inferior.

2.3. Resultados obtidos

2.3.1. Enrolamento de tensão inferior:

TERMINAIS	RESISTÊNCIA ELÉTRICA (miliohms)
X1X2	2,07
X2X3	2,04
X3X1	2,09



2.3.2. Enrolamento de tensão superior:

LIGAÇÃO DO TRANSFORMADOR	RESISTÊNCIA ELÉTRICA (ohms)		
	HIH2	H2H3	H3H1
13800 V	3,15	3,14	3,14
13200 V	3,03	3,03	3,03
12600 V	2,86	2,88	2,88
12000 V	2,72	2,73	2,74
11400 V	2,59	2,60	2,61

3. DETERMINAÇÃO DA IMPEDÂNCIA, DAS PERDAS, DO RENDIMENTO E DA REGULAÇÃO

3.1. Condições de ensaio

Fonte de alimentação: rede pública, 60 Hz, senoidal, com regulador de tensão trifásico.

3.2. Método de ensaio

Ensaio em curto-circuito e em vazio.

3.3. Resultados obtidos

DERIVAÇÃO	13800 V	12600 V	11400 V
TENSÃO DE IMPEDÂNCIA EM PORCENTO DA NOMINAL	4,74 %	4,83 %	5,09 %
COMPONENTE RESISTIVA DA TENSÃO DE IMPEDÂNCIA	1,11 %	1,18 %	1,29 %
COMPONENTE REATIVA DA TENSÃO DE IMPEDÂNCIA	4,61 %	4,68 %	4,93 %
PERDAS DEVIDO À CARGA	5,53 kW	5,89 kW	6,44 kW
PERDAS EM VAZIO	1,62 kW		
CORRENTE EM VAZIO	1,72 %		
RENDIMENTO COM CARGA NOMINAL E FATOR DE POTÊNCIA 1,0	98,6 %	98,5 %	98,4 %
REGULAÇÃO COM CARGA NOMINAL E FATOR DE POTÊNCIA 1,0	1,21 %	1,29 %	1,41 %
REGULAÇÃO COM CARGA NOMINAL E FATOR DE POTÊNCIA 0,8	3,70 %	3,80 %	4,04 %
NOTA: Todos os resultados se referem a uma temperatura de 115°C.			



4. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

4.1. Condições de ensaio

Temperatura do transformador: 21 °C.

4.2. Método de ensaio

Megaohmímetro de 1000 Volts.
Leitura após um minuto.

4.3. Resultados obtidos

Resistência de isolamento entre o
enrolamento de tensão superior e o
de tensão inferior ligado à massa: >20000 MΩ;
Resistência de isolamento entre o
enrolamento de tensão inferior e o
de tensão superior ligado à massa: 1200 MΩ.

5. ENSAIO DE TENSÃO SUPORTÁVEL

5.1. Condições de ensaio

5.1.1. Temperatura do transformador: 72 °C (medida por termopar
instalado no canal da baixa tensão).

5.1.2. Tempo de aplicação da tensão de ensaio: 1 minuto.

5.1.3. Tensão de ensaio (Valor eficaz):

Entre o enrolamento de tensão superior
e o de tensão inferior ligado à massa: 30 kV;
(limitado pela máxima corrente da fonte)

Entre o enrolamento de tensão inferior
e o de tensão superior ligado à massa: 4 kV;
Frequência: 60 Hz, forma de onda senoidal.

5.2. Resultados obtidos

Não foi constatada a ocorrência de descarga disruptiva
quando da aplicação da tensão de ensaio.



6. ENSAIO DE TENSÃO INDUZIDA

6.1. Condições de ensaio

6.1.1. Temperatura do transformador: 72 °C (medida por termopar instalado no canal da baixa tensão).

6.1.2. Tempo de aplicação da tensão de ensaio: 20 segundos

6.1.3. Tensão de ensaio (Valor eficaz):

Aplicada aos terminais de tensão superior: 760 V;

Frequência: 360 Hz;

Forma de onda senoidal.

6.2. Resultados obtidos

Não foi constatada a ocorrência de descarga disruptiva quando da aplicação da tensão de ensaio.

7. MEDIÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO ACÚSTICO

7.1. Condições de ensaio

7.1.1. Captação do ruído sonoro

Foi efetuada em 11 (onze) pontos distribuídos e numerados de 1 a 11 a partir do terminal X2, no sentido anti-horário de giro, a um metro de distância da superfície de irradiação, em torno do transformador.

7.1.2. Alimentação

Transformador alimentado pelo enrolamento de tensão inferior. Rede pública trifásica, 60 Hz, 380 V, forma de onda senoidal.

7.1.3. Condições ambientes

Temperatura ambiente: 20 °C;

Pressão atmosférica: 93,2 kPa (699 mmHg);

Nível médio de ruído ambiente: 40,5 dB(A).



7.2. Resultados obtidos

7.2.1.	<u>PONTO DE MEDIÇÃO</u>	<u>NÍVEL DE RUÍDO DO AMBIENTE E DO TRANSFORMADOR COMBINADOS</u>
	1	60,2 dB(A)
	2	59,7 dB(A)
	3	61,0 dB(A)
	4	56,7 dB(A)
	5	56,3 dB(A)
	6	60,3 dB(A)
	7	59,6 dB(A)
	8	64,1 dB(A)
	9	56,4 dB(A)
	10	55,4 dB(A)
	11	55,8 dB(A)

7.2.2. Nível médio de ruído corrigido: 57 dB(A).

8. DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA

8.1. Condições de ensaio

8.1.1. Temperatura ambiente média: 22 °C

8.1.2. Fonte de alimentação: a mesma referida no item 3.1.

8.2. Método de ensaio

8.2.1. Determinação da elevação de temperatura de forma indireta através dos ensaios em vazio e em curto-circuito.

8.2.2. A temperatura dos enrolamentos é determinada pela variação da resistência.

8.3. Resultados obtidos

8.3.1. Elevação de temperatura dos enrolamentos em relação ao ambiente, após o seu equilíbrio térmico, com a aplicação de tensão nominal no enrolamento de tensão superior estando os enrolamentos de tensão inferior em circuito aberto:

No enrolamento de tensão inferior: 16 K

No enrolamento de tensão superior: 3 K



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 75175

Folha

7 de 8

8.3.2. Elevação de temperatura dos enrolamentos em relação ao ambiente, após o seu equilíbrio térmico, com a aplicação de corrente no enrolamento de tensão superior, estando os enrolamentos de tensão inferior em curto circuito:

No enrolamento de tensão inferior: 95 K

No enrolamento de tensão superior: 88 K

8.3.3. Elevação de temperatura total:

No enrolamento de tensão inferior: 104 K

No enrolamento de tensão superior: 89 K

* * * * *

São Paulo, 8 de abril de 2013

MSc. Francisco Antonio Marino Salotti
Serviço Técnico de Conversão, Transformação
e Acumulação de Energia - IEE/USP
Supervisor

Eng. Fernando Gava
Serviço Técnico de Conversão, Transformação
e Acumulação de Energia - IEE/USP
Responsável pelo Ensaio



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 75175

Folha

8 de 8

ANEXO A - Relação de instrumentos

INSTRUMENTO	CALIBRADO EM	DOCUMENTO	LABORATÓRIO
Amperímetro analógico C.C., fabricante: HARTMANN & BRAUN, Nº de série: 12.3.V10.086, identificação IEE-USP: MT277.	28/06/2012	74.037	IEE-USP
Conjunto de medição de resistência, fabricante: YOKOGAWA, formado por: dupla ponte de kelvin, Nº de série: 00033N, tipo: 2752 e galvanômetro eletrônico, Nº de série: N76C66, tipo: 2707; identificação IEE-USP: MT293.	28/01/2013	74.881	IEE-USP
Cronômetro analógico (60 segundos/volta, 0 a 60 minutos, graduação 0,2 segundos, fabricante: ÔMEGA, identificação IEE-USP: MT327.	19/03/2012	115707-101	IPT
Medidor de ruído sonoro, fabricante: BRUEL & KJAER, modelo: 2238, Nº de série: 2320647, identificação IEE-USP: MT1296.	20/08/2009	27.380	CHROMPACK
Megaohmímetro, fabricante MEGGER, tipo: motorizado, Nº de série: 1881783/1841818, identificação IEE-USP: MT267.	07/05/2012	73.765	IEE-USP
Módulo transdutor de temperatura, fabricante: FLUKE, modelo: 80TK, Nº de série: 84380031, identificação IEE-USP: MT1614.	04/02/2011	107.583-101	IPT
Multímetro de precisão 6 1/2 dígitos, fabricante: FLUKE, modelo: 8846A, Nº de série: 9895001, identificação IEE-USP: MT1708.	16/08/2012	74.285	IEE-USP
Termômetro de líquido em vidro fabricante: INCOTERM, Nº de série: 127172/12, identificação IEE-USP: MT2134.	10/08/2012	113983	INCOTERM
Termômetro de líquido em vidro fabricante: INCOTERM, Nº de série: 127175/12, identificação IEE-USP: MT2135.	10/08/2012	113981	INCOTERM
Transformador de corrente, fabricante: YOKOGAWA, modelo: 2241, Nº de série: 15842, identificação IEE-USP: MT1992.	18/11/2011	72.686	IEE-USP
Transformador de corrente, fabricante: YOKOGAWA, modelo: 2241, Nº de série: 15843, identificação IEE-USP: MT1993.	18/11/2011	72.687	IEE-USP
Transformador de corrente, fabricante: YOKOGAWA, modelo: 2241, Nº de série: 15844, identificação IEE-USP: MT1994.	18/11/2011	72.688	IEE-USP
Transformador de Potencial Indutivo, fabricante: SEEDEL, modelo: Marte 30, Nº de série: TP2633/06-1, identificação IEE-USP: MT1476.	24/02/2012	73.243	IEE-USP
Voltímetro analógico C.C., fabricante: HARTMANN & BRAUN, Nº de série: 12.4.W05.079, identificação IEE-USP: MT269.	08/12/2011	72.899	IEE-USP
"Digital Power Meter", fabricante: YOKOGAWA, Nº de série: 91G852840, modelo: 760101-03-C2-D/10/MTR-WT1600, identificação IEE-USP: MT1564.	11/04/2012	73.466	IEE-USP