

INTERESSADO: Potencial Equipamentos Elétricos Ltda
Rua Rodolfo Vieira Pamplona, 3200. Gaspar Mirim
Gaspar, SC

ORDEM DE SERVIÇO: 44167

DATA DE EMISSÃO: 30/04/07 – REW

ENSAIOS DE CAPACITORES EM POLIPROPILENO METALIZADO COM RESISTÊNCIA EXTERNA DE DESCARGA

1. OBJETO DE ENSAIO:

- 06 Capacitores, marca TLA, 2,5 kVAr, 380V, 50/60 Hz, Classe C;
- 06 Capacitores, marca TLA, 5 kVAr, 380V, 50/60 Hz, Classe C;
- 06 Capacitores, marca TLA, 10 kVAr, 380V, 50/60 Hz, Classe C;
- 06 Capacitores, marca TLA, 15 kVAr, 380V, 50/60 Hz, Classe C.



Fig.01 – Amostra dos capacitores ensaiados

2. DATA E LOCAL DO ENSAIO:

Os ensaios foram realizados entre os dias 01/12/2006 e 30/04/2007, no Laboratório de Engenharia Elétrica, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Blumenau (IPTB), da Universidade Regional de Blumenau.

3. OBJETIVO:

Realizar os seguintes ensaios, segundo IEC-831-1/2 /88

Ensaio de rotina

- Teste do dispositivo externo de descarga;
- Teste de selagem.

Ensaio de tipo:

- Tensão entre terminais;
- Tensão entre terminais e invólucro;
- Teste de impulso entre terminais e invólucro;
- Teste de descarga.

4. EQUIPAMENTOS/INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

- 01 Osciloscópio digital, Tektronix, modelo TDS 3012, com drive 3/2 1.44 Mb;
- 01 Analisador de isolamento, Metrel, modelo TeraOhm 5kV;
- 01 Medidor LCR, Minipa, modelo LCR-816;
- 01 Divisor capacitivo com kilovoltímetro digital, Phenix, modelo KVM 200;
- 01 Divisor de tensão resistivo, Foster, tipo d/ya 442;
- 01 Gerador de impulso, Foster, 5 estágios, tipo Marx d/ya;
- 01 Transformador de ensaio, Foster, modelo D/YA442;
- 01 Variador de tensão trifásico, STP, modelo VTRE-170;
- 01 Transformador trifásico, Blutrafos, 960V - 35 kVA;
- 01 Estufa com circulação de ar, Nova Ética, modelo N480;
- 01 Ponte retificadora;
- 01 Paquímetro, Mitutoyo;
- 01 Cronômetro.

5. EQUIPE EXECUTANTE:

- Rafael Eduardo Werlich, Engenheiro Eletricista – FURB / IPTB;
- Bruno Ricardo Schipmann, Bolsista de Trabalho – FURB / IPTB;
- Marcos Ivan Tribess, Bolsista de Trabalho – FURB / IPTB.

6. DESENVOLVIMENTO:

Os capacitores foram numerados de 1 a 6, subdivididos em grupos conforme

a potência em kVAr e os terminais identificados como A, B e C, conforme Fig.02.

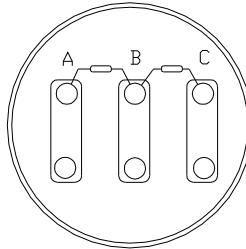


Fig.02 – Identificação dos bornes dos capacitores

6.1. Resultados

6.1.1. Teste do dispositivo externo de descarga

Tensão de fase-fase aplicada no capacitor: $380V \times \sqrt{2} = 537,4V(DC)$.

N°do Capacitor	Tempo de descarga em segundos (s)											
	2,5 kVAr			5 kVAr			10 kVAr			15 kVAr		
	Terminais			Terminais			Terminais			Terminais		
	AB	BC	CA	AB	BC	CA	AB	BC	CA	AB	BC	CA
1	7	-	10	13	-	19	25	-	40	34	-	54
2	7	-	10	13	-	20	25	-	41	37	-	60
3	7	-	10	13	-	20	25	-	40	36	-	60
4	6,84	-	10	13	-	20	24	-	40	35	-	57
5	6,81	-	10	13	-	20	24	-	41	35	-	61
6	7,19	-	10,41	12	-	20	25	-	41	35	-	60

6.1.2. Teste de selagem

Os capacitores são colocados na horizontal, em estufa na temperatura de 50°C (Classe C) durante 2 horas. Nenhum vazamento de fluido deve ocorrer.

N°do Capacitor	Teste de selagem			
	2,5 kVAr	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
1	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
2	Aprovado	Houve vazamento	Aprovado	Aprovado
3	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
5	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Houve vazamento
6	Houve vazamento	Aprovado	Aprovado	Aprovado

6.1.3. Tensão entre terminais

Cada capacitor é submetido a uma tensão de linha senoidal trifásica de $1,75 \times V_{\text{nominal}}$ (665V) durante 10 segundos, nos seus terminais A, B e C. Nenhuma descarga significativa deve ocorrer, com exceção de descargas auto-regenerativas.

Teste tensão entre terminais – 665V- 10s				
Nº do Capacitor	2,5 kVAr	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
1	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
2	Aprovado	NR	Aprovado	Aprovado
3	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
5	Aprovado	Aprovado	Aprovado	NR
6	NR	Aprovado	Aprovado	Aprovado

NR = Não realizado – Reprovados no teste de selagem

6.1.4. Tensão aplicada entre terminais e invólucro

Cada capacitor é submetido a uma tensão senoidal monofásica 3000V durante 1 minuto entre os terminais A, B e C curto-circuitados e ao invólucro, este último devidamente aterrado. Nenhuma descarga deve ocorrer.

Teste de tensão aplicada entre terminais e invólucro – 3000V – 1min				
Nº do Capacitor	2,5 kVAr	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
1	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
2	Aprovado	NR	Aprovado	Aprovado
3	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
4	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
5	Aprovado	Aprovado	Aprovado	NR
6	NR	Aprovado	Aprovado	Aprovado

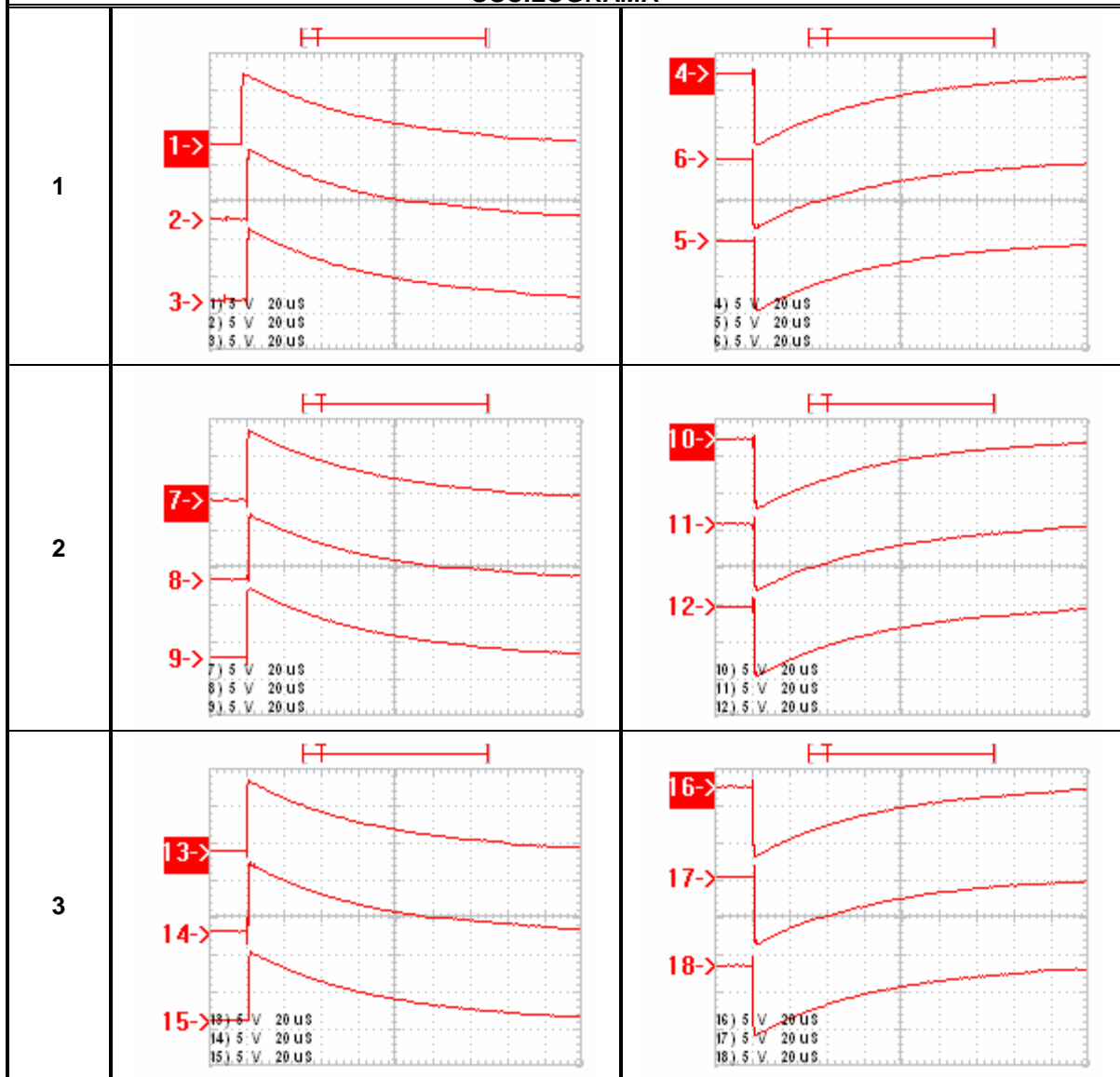
NR = Não realizado – Reprovados no teste de selagem

6.1.5. Teste de impulso entre terminais e invólucro

Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 2,5 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 23,6 °C	Umidade Relativa: 63%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,00 x 49,6 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

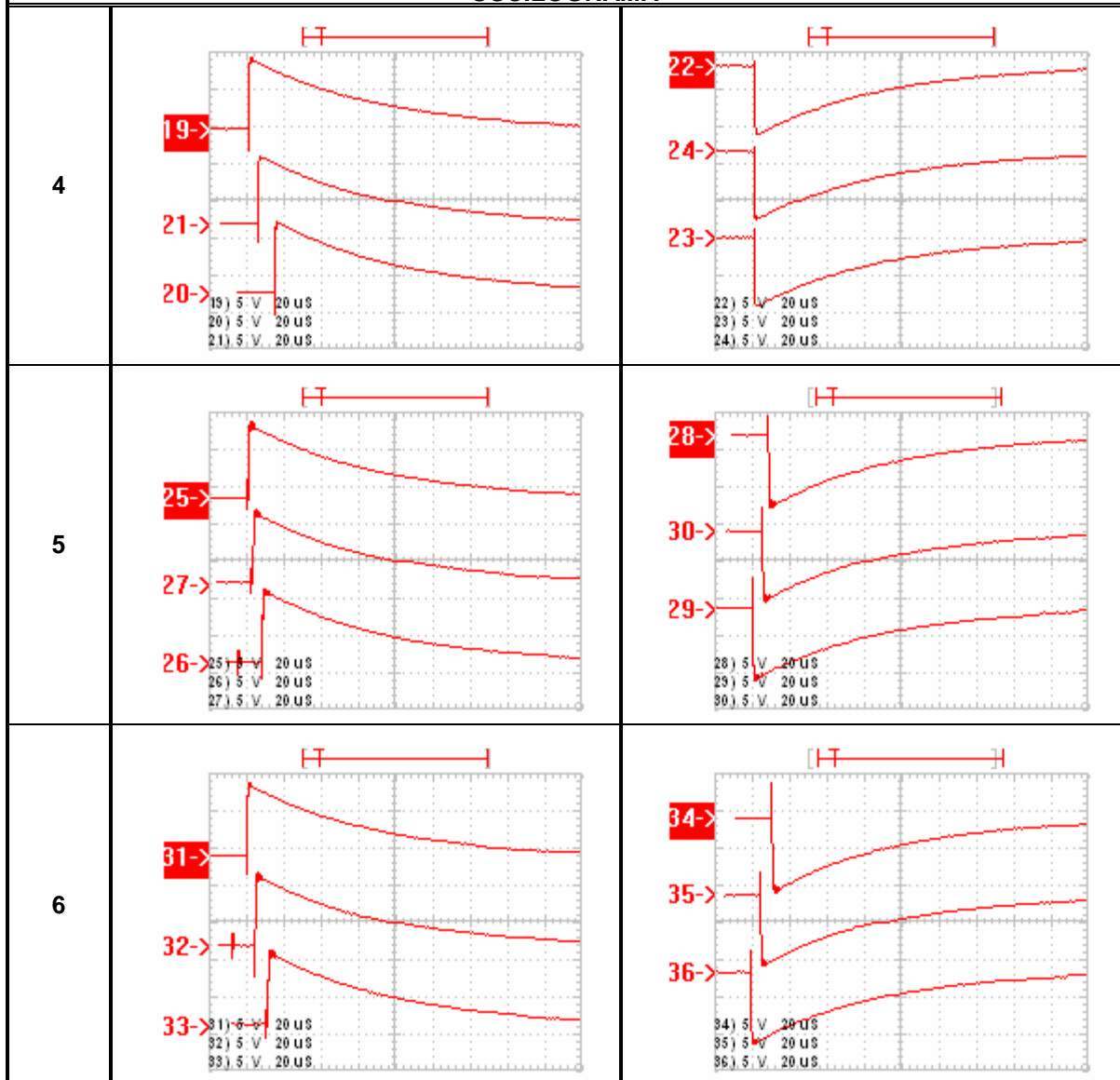
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 2,5 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 23,6 °C	Umidade Relativa: 63%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,00 x 49,6 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

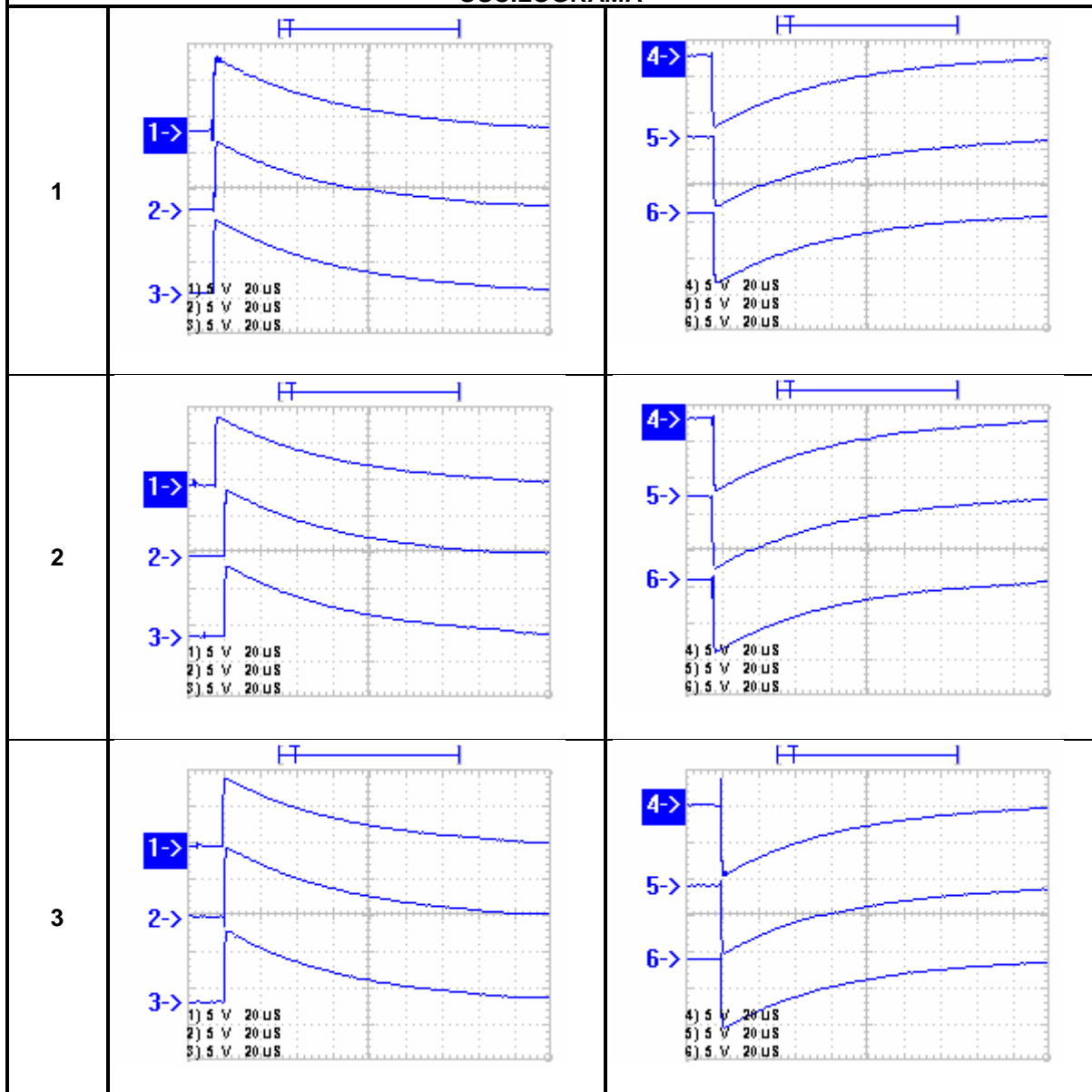
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 5 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 23,8 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,07 x 52,4 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

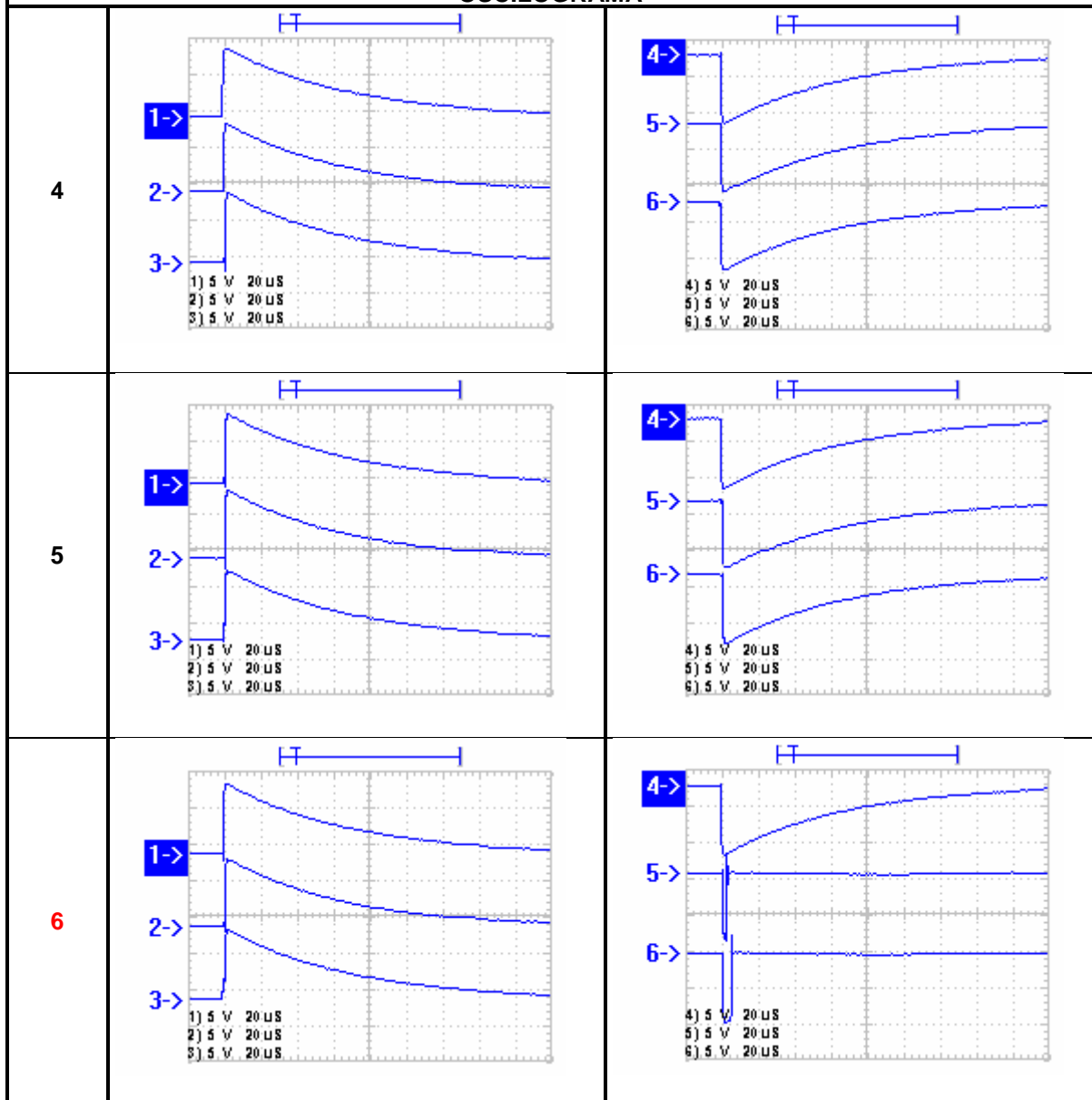
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 5 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 23,8 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,07 x 52,4 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Terminal da bucha 02 com tampa aterrada.

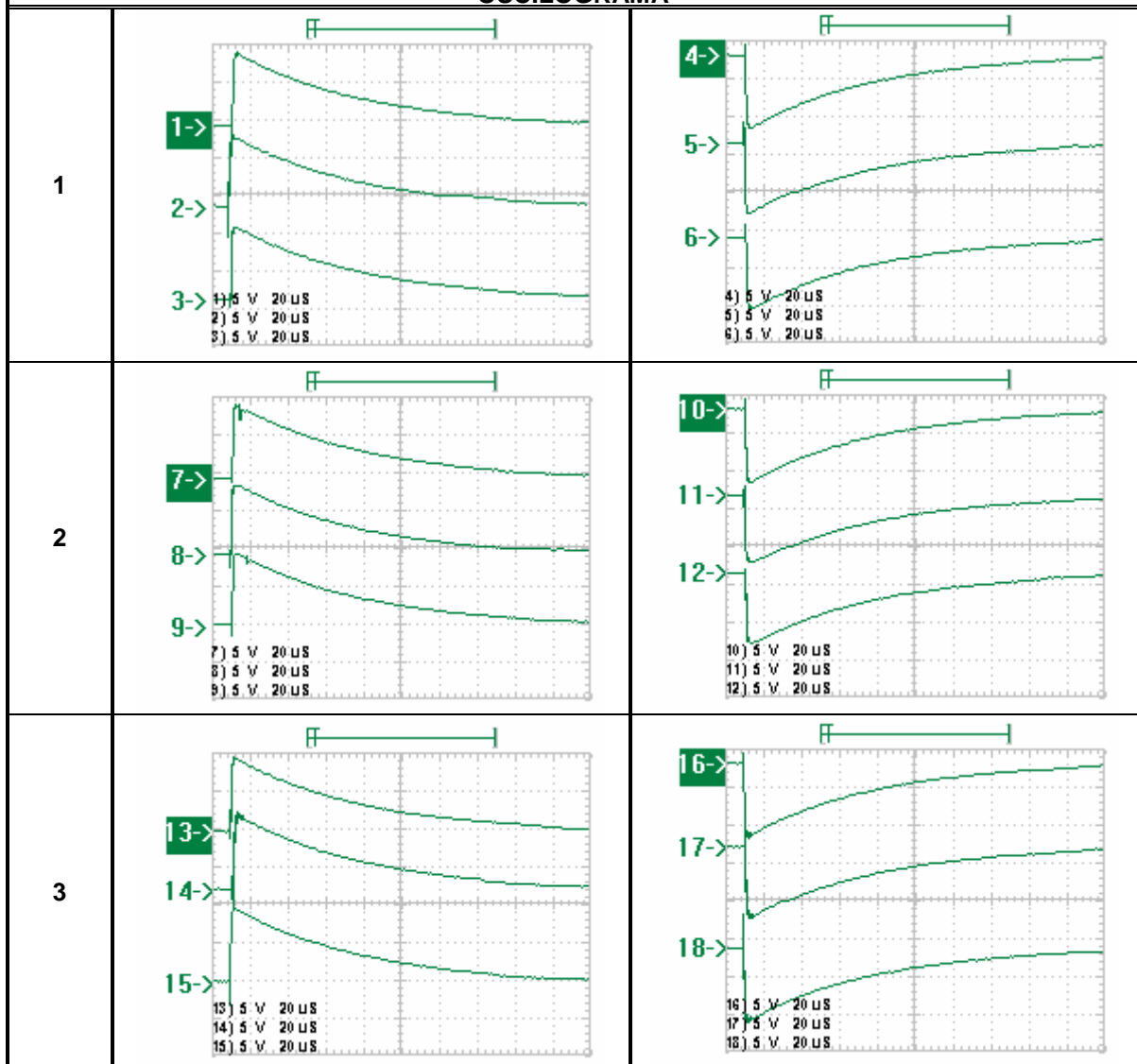
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 10 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 24 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,33 x 47,2 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

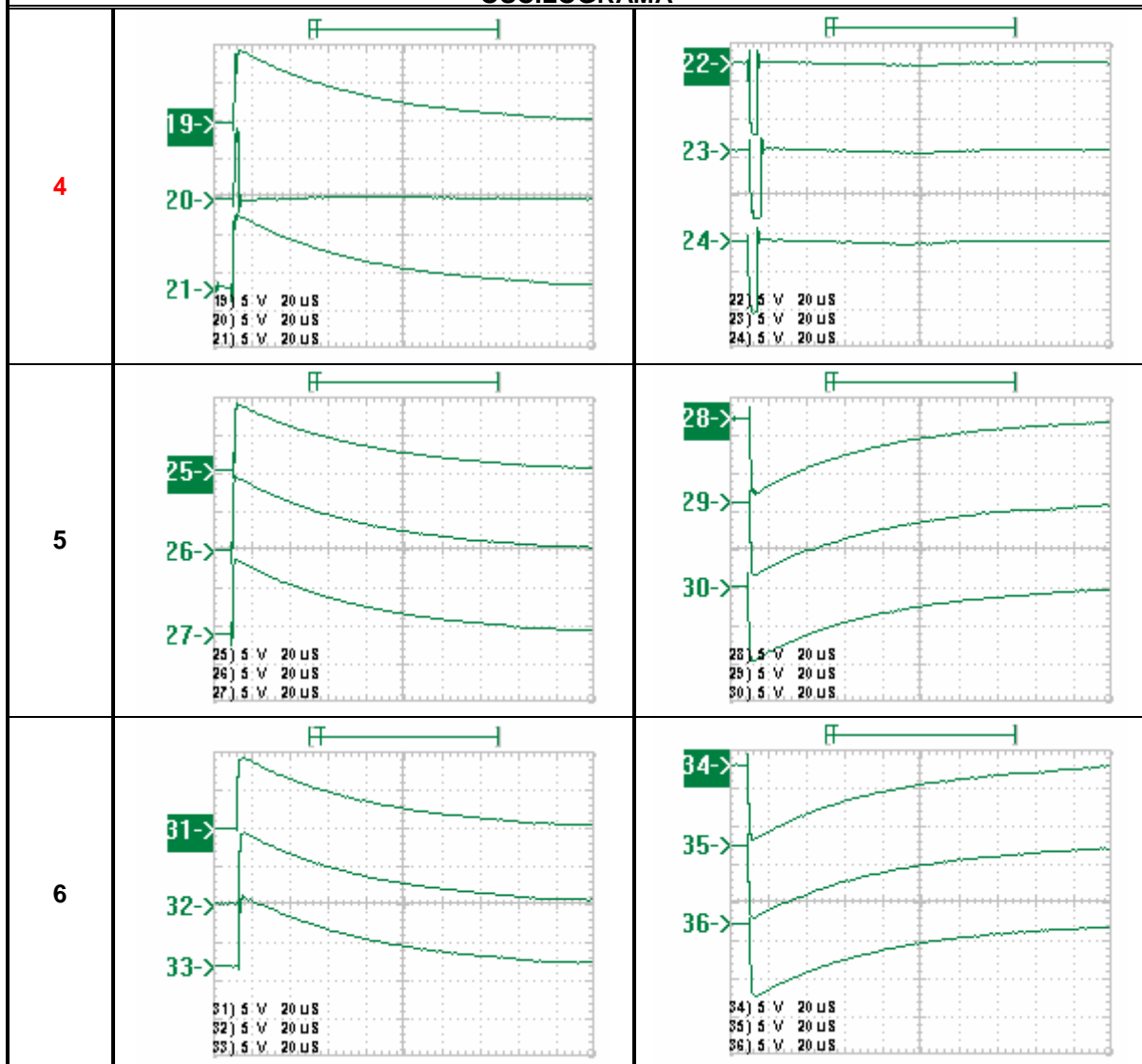
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 10 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 24 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,33 x 47,2 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

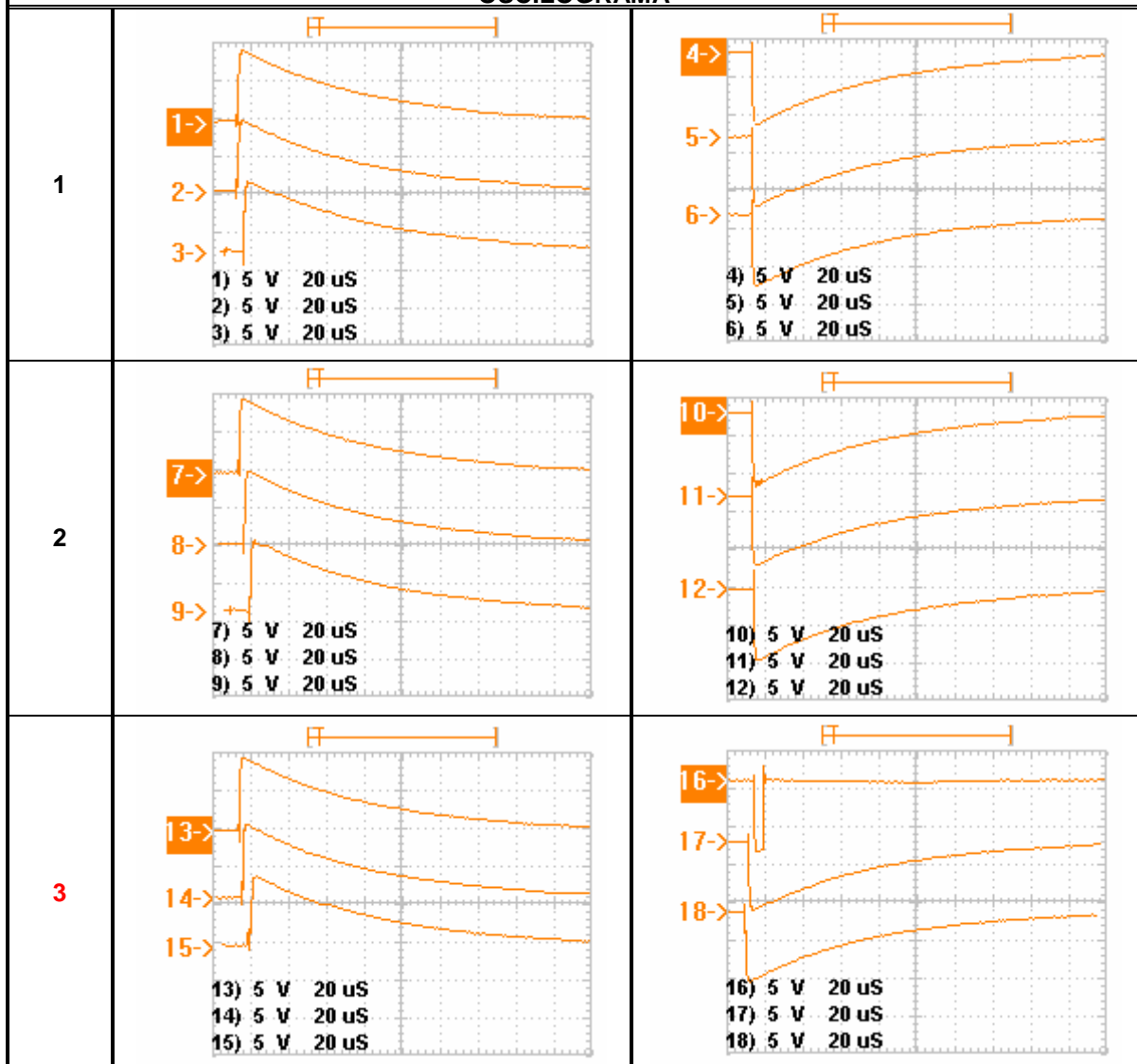
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 15 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	Nº de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 24 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,46 x 51,6 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

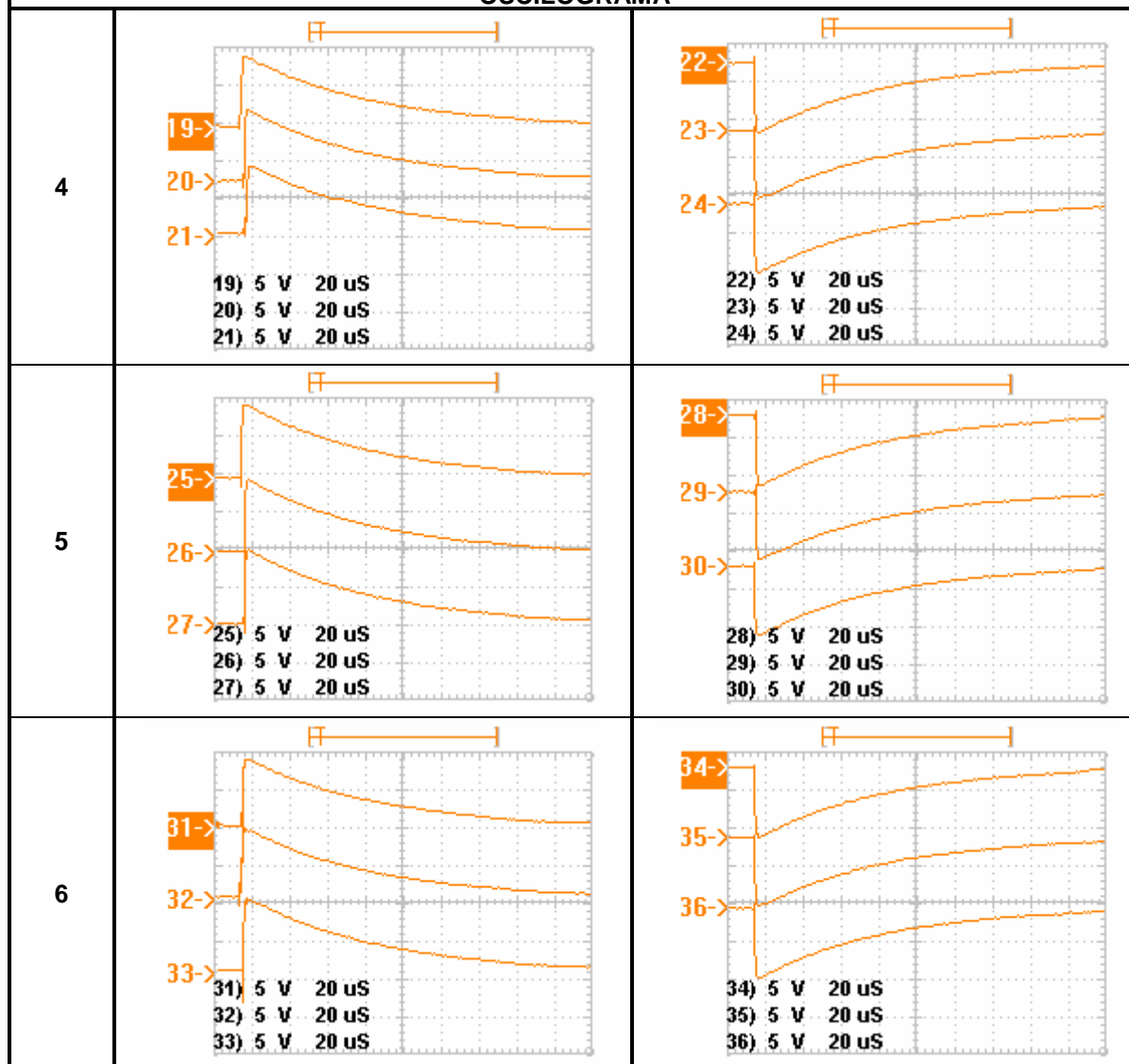
OSCILOGRAMA



Objeto sob ensaio: Capacitor	Marca: TLA	Tipo: 15 kVAr	Tensão: 380 V
Gerador Impulso: FOSTER	N° de estágios: 5	Divisor de Tensão: FOSTER	Relação do Divisor: 0,60036 V/kV
Temperatura: 24 °C	Umidade Relativa: 64%	Pressão Atm.: 1009 mbar	Forma de Onda: 1,46 x 51,6 µs
Polaridade: Positiva (+)	Tensão aplicada: 15 kV		Polaridade: Negativa (-)

Configuração de Ensaio: Impulso nos terminais ABC curto-circuitados contra invólucro aterrado

OSCILOGRAMA



Obs: Capacitores reprovados no impulso: **5 kVAr – n°6**
10 kVAr – n°4
15 kVAr – n°3

6.1.6. Teste de descarga

Os capacitores são carregados com uma tensão contínua de $2 \times V_{\text{nominal}}$ correspondente a $760V_{\text{DV}}$ e descarregados em seguida através de uma gap próximo ao capacitor. Este ciclo é repetido cinco vezes dentro de um intervalo de 10 minutos. Depois de cinco minutos de repouso é realizado novamente o teste de tensão entre terminais.

As capacitâncias são medidas antes e depois do teste de descarga, não podendo divergirem em $\pm 2\%$.

Para capacitores trifásicos conectados em delta, curto-circuita-se dois terminais (AB) e aplica-se a tensão contínua entre esses terminais e o terceiro terminal (C).

2,5 kVar										
Nº	Capacitância medida antes (μF)			Capacitância medida depois (μF)			Variação (%)			Situação
	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	
1	23,298	23,3	23,285	23,283	23,248	23,281	-0,0644	-0,2232	-0,0172	A
2	23,405	23,282	23,271	23,393	23,27	23,258	-0,0513	-0,0515	-0,0559	A
3	23,182	23,296	23,159	23,175	23,289	23,148	-0,0302	-0,0300	-0,0475	A
4	23,024	23,062	22,853	22,793	23,041	22,835	-1,0033	-0,0911	-0,0788	A
5	23,224	23,148	23,305	23,205	22,795	23,285	-0,0818	-1,5250	-0,0858	A
6	23,44	23,295	23,308	23,428	23,281	23,285	-0,0512	-0,0601	-0,0987	A

5 kVar										
Nº	Capacitância medida antes (μF)			Capacitância medida depois (μF)			Variação (%)			Situação
	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	
1	46,599	46,627	46,356	46,525	46,62	46,341	-0,1588	-0,0150	-0,0324	A
2	46,729	46,515	46,486	46,723	46,515	46,474	-0,0128	0,0000	-0,0258	A
3	46,304	46,368	46,525	46,298	46,342	46,502	-0,0130	-0,0561	-0,0494	A
4	46,526	46,504	46,712	46,543	46,509	46,594	0,0365	0,0108	-0,2526	A
5	46,553	46,482	46,649	46,62	46,498	46,647	0,1439	0,0344	-0,0043	A
6	46,066	45,92	45,978	46,05	45,926	45,963	-0,0347	0,0131	-0,0326	A

10 kVar										
Nº	Capacitância medida antes (μF)			Capacitância medida depois (μF)			Variação (%)			Situação
	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	
1	93,822	93,827	93,968	93,821	93,849	93,909	-0,0011	0,0234	-0,0628	A
2	93,683	93,202	93,385	93,76	93,263	93,446	0,0822	0,0654	0,0653	A
3	93,608	93,725	93,427	93,634	93,403	93,732	0,0278	-0,3436	0,3265	A
4	93,702	93,843	93,908	93,725	94,084	93,961	0,0245	0,2568	0,0564	A
5	93,75	93,207	93,811	93,667	93,246	93,797	-0,0885	0,0418	-0,0149	A
6	93,6	94,306	93,831	93,52	94,292	93,876	-0,0855	-0,0148	0,0480	A

15 kVar										
Nº	Capacitância medida antes (μF)			Capacitância medida depois (μF)			Variação (%)			Situação
	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	
1	141,58	141,64	141,38	141,61	141,65	141,86	0,0212	0,0071	0,3395	A
2	140,96	141,5	141,15	140,52	141,53	141,39	-0,3121	0,0212	0,1700	A
3	141,82	141,08	141,63	141,28	141,04	141,55	-0,3808	-0,0284	-0,0565	A
4	139,98	139,28	135,51	140,28	139,15	135,55	0,2143	-0,0933	0,0295	A
5	141,42	140,96	141,45	141,64	141,97	141,66	0,1556	0,7165	0,1485	A
6	138,39	139,02	138,22	138,39	139,02	138,21	0,0000	0,0000	-0,0072	A

A = Aprovado

R = Reprovado

7. REFERÊNCIAS:

- IEC 831 -1 – “Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660V”, 1988.
Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation.
- IEC 831 -2 – “Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 660V”, 1988.
Part 2: Ageing test, self-healing test and destruction test.
- NBR 5389/1992 – “Técnicas de Ensaio Elétricos de Alta Tensão – Método de Ensaio”, ABNT, RJ

RESPONSÁVEL PELO ENSAIO:

RAFAEL EDUARDO WERLICH
ENGº ELETRICISTA – CREA SC 67633-7