

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011						
	CLIENTE: TRANSPETRO		FOLHA: 1 de 117						
	PROGRAMA: AMPLIAÇÃO DA SUBESTAÇÃO PRINCIPAL		-						
	ÁREA: TERMINAL AQUAVIÁRIO DE SÃO SEBATIÃO		-						
ENGENHARIA/ IETEG/IET/R	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		CORPORATIVO						
			IETR						
CONTRATO Nº 0800.0060766.10.2 RESP. TÉCNICO – CREA Nº Arnaldo Bandeira - CREA 260404643-1 RAZÃO SOCIAL ABB LTDA.									
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	Para Aprovação								
A	Atendendo Comentários da PETROBRAS								
B	Atendendo a mudança de diagrama unifilar								
C	Atendendo comentários da PETROBRAS – TRT para 138 kV								
D	Considerando novos dados de rede interna fornecidos em formato PTW								
E	Versão contendo especificamente o estudo de TRT, atendendo solicitação da Petrobrás								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	10/01/2011	11/02/2011	11/03/2011	31/03/2011	01/06/2011	24/10/2011			
PROJETO	ABF	ABF	ABF	ABF	ABF	ABF			
EXECUÇÃO	Farfilho	Farfilho	Farfilho	Farfilho	Farfilho	Farfilho			
VERIFICAÇÃO	A.Bandeira	A.Bandeira	A.Bandeira	A.Bandeira	A.Bandeira	A.Bandeira			
APROVAÇÃO	A.Arcon	A.Arcon	A.Arcon	A.Arcon	A.Arcon	A.Arcon			
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE A PETROBRAS N-381 REV. J.									

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 2 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

SUMÁRIO

PÁGINA	
1	INTRODUÇÃO 4
2	ANÁLISE DE TENSÕES DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIAS (TRT) EM DISJUNTORES DE 138 KV DA TRANSPETRO 5
2.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS NOVAS SIMULAÇÕES REALIZADAS PARA A AVALIAÇÃO DAS TRTS 5
2.2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 5
2.3	DADOS UTILIZADOS 6
2.4	INSTALAÇÃO CONSIDERADA (TEBAR) E O SISTEMA DE SUBTRANSMISSÃO 7
2.5	PARÂMETROS DE REFERÊNCIA DE TRT RELATIVOS À SUPORTABILIDADE DE DISJUNTORES 9
2.6	SIMULAÇÕES 12
2.6.1	PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÕES DE TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS EM REDE DE POTÊNCIA 12
2.6.2	REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES DA REDE ELÉTRICA NAS SIMULAÇÕES DA TRT 12
2.6.3	SIMULAÇÃO DE DEFEITO E ABERTURA DO DISJUNTOR 20
2.6.4	TIPO DE DEFEITO CONSIDERADO 20
2.6.5	INFLUÊNCIA DO ESTADO DOS BANCOS DE CAPACITORES (BCS) 21
2.6.6	PASSO DE TEMPO DE SIMULAÇÃO 21
2.7	CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ADEQUADAS DOS DISJUNTORES 21
2.8	CASOS SIMULADOS 22
2.9	RESULTADOS OBTIDOS 22
2.9.1	DISJUNTOR PD-0052 (TRANSFORMADOR TF3202A – 138/13.8 KV) 26
2.9.2	DISJUNTOR PD-0066 (TF-3217A – 138/13.8 KV) 30
2.9.3	DISJUNTOR PD-0084 (TF-3217A – 138/4.16 KV) 32
2.10	VERIFICAÇÃO DOS EFEITOS DAS DIFERENTES REPRESENTAÇÕES DA CARGA DO SISTEMA NOS NÍVEIS DE TRT 32
2.11	COMENTÁRIOS SOBRE OS RESULTADOS DO ESTUDO 36
2.12	CONCLUSÕES 38

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 3 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		
<div>3. ANÁLISE DE TENSÕES DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIAS (TRT) EM DISJUNTORES DE MÉDIA TENSÃO39</div> <div>3.1 INTRODUÇÃO39</div> <div>3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS NOVAS SIMULAÇÕES REALIZADAS39</div> <div>3.3 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA39</div> <div>3.4 DADOS UTILIZADOS40</div> <div>3.5 INSTALAÇÃO CONSIDERADA (TEBAR)41</div> <div>3.6 PARÂMETROS DE REFERÊNCIA DE TRT RELATIVOS À SUPORTABILIDADE DE DISJUNTORES DE MT43</div> <div>3.7 SIMULAÇÕES45</div> <div>3.8 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ADEQUADAS DOS DISJUNTORES45</div> <div>3.9 CASOS SIMULADOS47</div> <div>3.10 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES49</div> <div>3.11 ANÁLISE DOS RESULTADOS60</div> <div>3.11.1 DISJUNTORES DO SISTEMA DE 13.8 KV61</div> <div>3.11.2 DISJUNTORES DO SISTEMA DE 4.16 KV63</div> <div>3.11.3 RESUMO DOS RESULTADOS E INDICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS PARA OS DISJUNTORES DE MT NAS INSTALAÇÕES DO TEBAR64</div> <div>3.12 FALTAS QUILOMÉTRICAS66</div> <div>3.13 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES68</div> <div> ANEXO 1 – DADOS DE CURTO-CIRCUITO FORNECIDO PELA EDP BANDEIRANTE70</div> <div>ANEXO 2 - RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE TRT’S EM DISJUNTORES DE AT71</div> <div>ANEXO 3 - RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE TRT’S EM DISJUNTORES DE MT84</div>			



1 INTRODUÇÃO

A presente revisão deste relatório, relativo à Memória de Dimensionamento dos Equipamentos Principais da SE, considerou a rede do Tebar, com seus condutores aéreos e subterrâneos, atualizada conforme informações fornecidas pela Petrobras à ABB, através de arquivo em formato PTW. O Sistema de subtransmissão, supridor da rede do Tebar, também se encontra atualizado.

Observa-se que na primeira emissão deste relatório os resultados consideraram o sistema supridor com menor grau de detalhamento e o sistema do Tebar aterrado por meio de impedâncias de aterramento pré-estabelecidas.

Revisão subsequente, atendendo solicitação da própria Petrobras, contemplou apenas a análise das Tensões de Restabelecimento Transitórias (TRTs) para os disjuntores de 138 kV da Transpetro.

A presente revisão, atualizada conforme informações fornecidas pela Petrobras à ABB, através de arquivo em formato PTW, apresenta em seus capítulos 2 e 3 a Análise de Tensões de Restabelecimento Transitórias (TRTs) para os Disjuntores da Transpetro considerando todos os principais disjuntores da rede, tanto no 138 kV (capítulo 2) como no sistema de MT (capítulo 3).

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 5 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

2 ANÁLISE DE TENSÕES DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIAS (TRT) EM DISJUNTORES DE 138 KV DA TRANSPETRO

2.1 Considerações sobre as novas Simulações realizadas para a Avaliação das TRTs

Em relação às simulações realizadas no primeiro estudo sobre o assunto, cabe ressaltar que as novas simulações realizadas e apresentadas no presente trabalho consideram um maior detalhamento na representação do sistema de subtransmissão, tanto no que se refere à ampliação da extensão de trechos de linha representados até o equivalente do sistema, como no uso de modelos de representação dos componentes da rede que possibilitam uma melhor representação para o fenômeno em estudo. Foram também levadas em consideração as influências dos bancos de capacitores do lado de média tensão (MT) nos valores de TRT. Além disso, foi considerada a nova situação determinada pela mudança no diagrama unifilar referente à reforma da SE Tebar.


Com isso buscou-se uma maior precisão nos resultados, procurando confirmar ou não a necessidade da adoção da tensão nominal superior a 145 kV para os disjuntores do lado de 138 kV da SE Tebar.

2.2 Normas e Documentos de Referência

Para a elaboração deste relatório as seguintes normas e bibliografias foram consultadas:

[2.1] ABNT – NBR IEC 62271-100 - 2006 – Disjuntores de Alta Tensão de Corrente Alternada

[2.2] IEC 62271-100 – Edition 2.0 2008-04 – High-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 100: Alternatign-Current Circuit-Breakers

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 6 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

[2.3] IEEE Std C37.011-1994 Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis

[2.4] FURNAS (D’Ajuz, A., Fonseca, C. S e outros) – Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento – Aplicação em Sistemas de Potência de Alta-Tensão – Editora Universitária-Furnas – 1987

[2.5] Azevedo, W. V., Neve, L. A, e outros – Mitigação de Tensão de Restabelecimento Transitória em Equipamentos de Média Tensão – SBSE – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – 2010 – Belém, Pará

[2.6] Wang, X., Wilson, P. – Transient Recovery Voltage Investigation in the Application of 15 kV Circuit Breaker Failure – International Conference on Power Systems Transients (IPST’05) – Montreal, Canada – June 19-23, 2005

[2.7] Neto, A. S., Fernandes, A. B. Efeito da Modelagem da Carga para Estudos de Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Transmissão – XIII ERIAC – 24 a 28 de maio de 2009 – Puerto Iguazú - Argentina

2.3 Dados Utilizados


Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos através de documentação originária da Transpetro, da concessionária EDP Bandeirante e ONS (Operador Nacional do Sistema).

Documentos de referência:

[a] Diagrama de impedâncias entregue pela Petrobrás à ABB em formato PTW

[b] Esquema unifilar geral DE-4250.01-5142-946-PEN-001 com alterações indicadas pela Petrobrás

[c] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9002 - Esp. Técnica – Disjuntor 145 kV

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 7 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

[d] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9004 - Esp. Técnica – Pára-Raios 120 kV

[e] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9005 - Esp. Técnica – Transf. Corrente 145 kV

[f] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9006 - Esp. Técnica – Transf. Potencial 145 kV

[g] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9008 - Esp. Técnica – Painei 17,5 kV

[h] Documentos da concessionária Bandeirante

[h.1] Parâmetros do ramal Petrobras São Sebastião.xls

[h.2] Relatório de curto-circuito.rel

[i] ONS: Diagramas de impedâncias – São Paulo 06/13 – Plano de Obras até 2011 – 15/06/2009 – <http://www.ons.org.br>

[j] ONS: Dados do Sistema Interligado – CONF JUN/2010 versão 08/09/2010 – BR1006B.ANA - <http://www.ons.org.br>

2.4 Instalação considerada (Tebar) e o sistema de Subtransmissão

A figura 2.1 mostra a configuração da instalação da Tebar considerada no estudo de TRT dos disjuntores de 138 kV.

TÍTULO: **MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE**

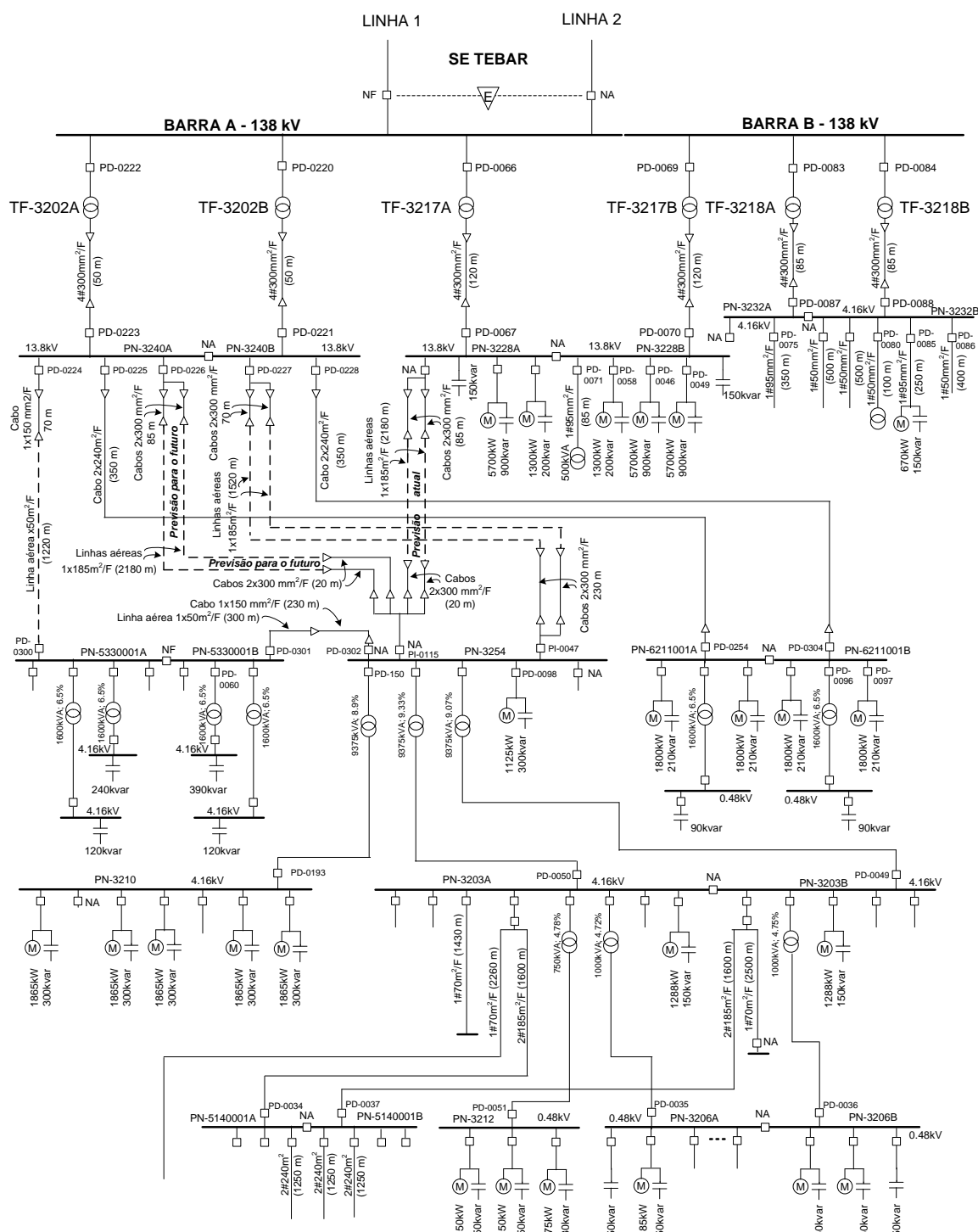


Figura 2.1 – SE Tebar e Instalação Interna

A figura 2.2 mostra a configuração do sistema de subtransmissão que supre a SE Tebar considerada neste estudo, baseada nos dados dos documentos [i,j] referenciados na seção 4 deste relatório.

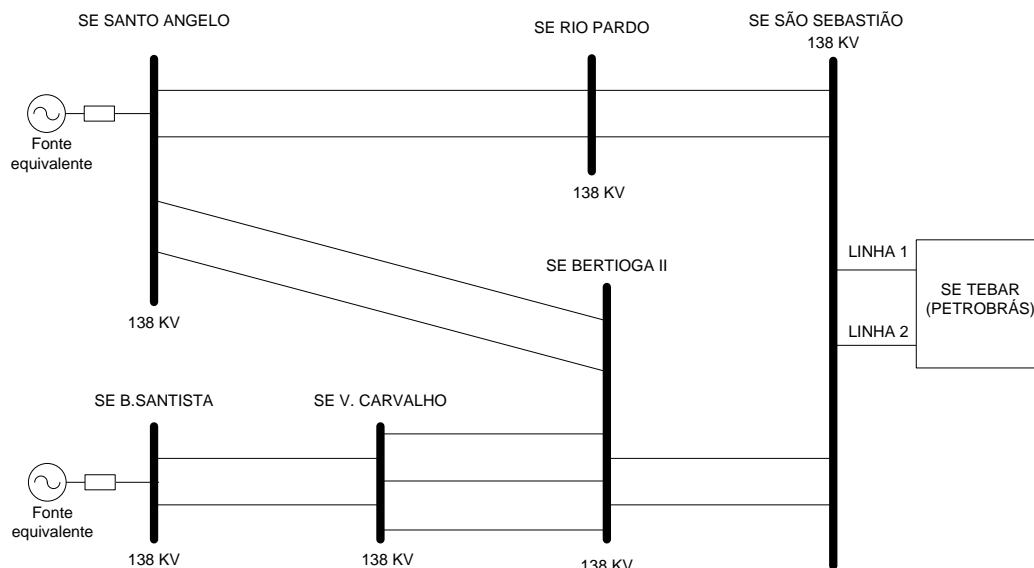
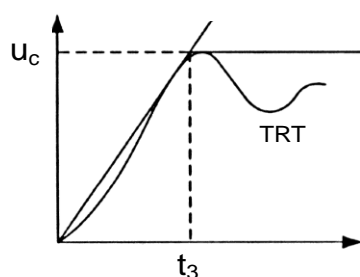


Figura 2.2 – Sistema de subtransmissão

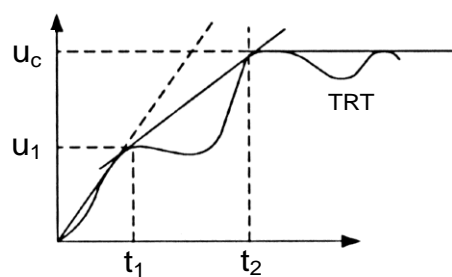
2.5 Parâmetros de referência de TRT relativos à Suportabilidade de Disjuntores

Para estabelecer parâmetros de referência para os valores de TRT são definidos nas normas NBR/IEC 62271-100 e IEC 62271-100 curvas envoltórias que fornecem a indicação sobre a suportabilidade do disjuntor. A TRT no disjuntor não deve superar a envoltória definida por norma, ou seja, a condição para a qual o disjuntor é testado.

Essas normas assumem uma envoltória de TRT definida por segmentos de reta. Há curvas de 2 e 4 parâmetros. A curva de 2 parâmetros é caracterizada basicamente por (u_c , t_3) e a de 4 parâmetros por (u_1 , t_1) e (u_c , t_2) (figura 2.3).




Envoltória de 2 parâmetros



Envoltória de 4 parâmetros

Figura 2.3 – Envoltória de TRT das normas NBR/IEC e IEC

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 10 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

Os parâmetros das envoltórias normalizadas para testes são definidos para correntes correspondentes a 10%, 30%, 60% e 100% da capacidade de interrupção nominal de curto-circuito do disjuntor, que correspondem às seqüências de testes denominadas, nessas normas, como T10, T30, T60 e T100, respectivamente.

Neste estudo, as TRTs obtidas de simulações de defeito na rede são comparadas com as envoltórias de referência de TRT e as características nominais do disjuntor (tensão nominal e capacidade nominal de interrupção de curto-circuito) são consideradas adequadas se a TRT não superar a envoltória de referência.

Para a aplicação desse critério, tendo-se o valor de curto-circuito no local considerado, toma-se como referência a curva (de 2 ou 4 parâmetros) correspondente (10%, 30%, 60% ou 100% da capacidade nominal). No caso de se ter valores de corrente intermediários, adotou-se o critério de tomar a curva de porcentagem imediatamente superior.

Foram consideradas as curvas de suportabilidade das seguintes normas:

a) NBR IEC 62271-100 - 2006 (que adota os valores de suportabilidade da norma IEC 62271-100 – 2003);

b) NBR 62271-100 - 2008 (versão mais atual da norma IEC)

As tabelas 2.1 e 2.2 apresentam os valores dessas normas. Para facilitar a visualização, na tabela 2.3 estão mostrados os valores de crista dessas normas, para os níveis de curto-circuito considerados em função dos valores de correntes de defeito. Para defeito na alta tensão (na SE Tebar) é considerado o valor T30 e para defeito na média tensão é considerado o valor T10, tendo em vista os valores de corrente de defeito resultantes no disjuntor de AT.

Merece destaque o fato de que a norma IEC de 2008 admite valor de TRT mais elevado na condição T10, o que significa que disjuntor que atende à IEC 2008 pode suportar maior TRT do que aquele que atende à NBR/IEC de 2006.

Tabela 2.1 - NBR IEC 62271-100 - 2006 - Valores normalizados da TRT presumida para sistemas com neutro solidamente aterrado – Representação por dois ou quatro parâmetros (Baseados na IEC 62271-100 - 2003)

Tensão nominal U_r kV	Sequência de ensaio	Fator de primeiro pólo k_{pp} p.u.	Fator de amplitude k_{af} p.u.	Primeira tensão de referência u_1 kV	Tempo t_1 μs	Valor de cristada TRT u_c kV	Tempo t_2 ou t_3 μs	Tempo de retardo t_d μs	Tensão u' kV	Tempo t' μs	Taxa de crescimento u_1/t_1 u_c/t_3 kV/μs
145	T100	1,3	1,40	115	58	215	232	2-(16)	58	31-45	2
	T60	1,3	1,50	115	38	231	228	2-12	58	21-31	3
	T30	1,3	1,54	-	-	237	47	7	79	23	5
	T10	1,3	0,9x1,7	-	-	235	34	5	78	16	7
	OP1-OP2	2	1,25	178	116	296	232-464	2-12	89	60-70	
170	T100	1,3	1,40	135	68	253	272	2-(19)	68	36-53	2
	T60	1,3	1,50	135	45	271	270	2-14	68	25-36	3
	T30	1,3	1,54	-	-	278	56	8	93	27	5
	T10	1,3	0,9x1,70	-	-	276	39	6	92	19	7
	OP1-OP2	2	1,25	208	136	347	272-544	2-14	104	70-82	1,54
245	T100	1,3	1,40	195	98	364	392	2-(27)	98	51-76	2
	T60	1,3	1,50	195	65	390	390	2-20	98	35-52	3
	T30	1,3	1,54	-	-	400	80	12	133	39	5
	T10	1,3	0,9x1,70	-	-	398	57	9	133	27	7
	OP1-OP2	2	1,25	300	196	500	392-784	2-20	150	99-117	1,54

Tabela 2.2 - IEC 62271-100 - 2008 - Valores normalizados da TRT presumida para sistemas com neutro efetivamente aterrado – Representação por dois ou quatro parâmetros

Rated voltage	Test-duty	First-pole-to-clear factor	Amplitude factor	First reference voltage	Time	TRV peak value	Time	Time delay	Voltage	Time	Rate-of-rise
145	T100	1,3	1,40	115	58	215	232	2 (16)	58	31 (45)	2
	T60	1,3	1,50	115	38	231	228	2-12	58	21-31	3
	T30	1,3	1,54	-	-	237	47	7	79	23	5
	T10	1,5	0,9 x 1,7	-	-	272	39	6	91	19	7
	OP1-OP2	2	1,25	178	116	296	232-464	2-12	89	60-70	1,54
170	T100	1,3	1,40	135	68	253	272	2 (19)	68	36 (53)	2
	T60	1,3	1,50	135	45	271	270	2-14	68	25-36	3
	T30	1,3	1,54	-	-	278	56	8	93	27	5
	T10	1,5	0,9 x 1,7	-	-	319	46	7	106	22	7
	OP1-OP2	2	1,25	208	136	347	272-544	2-14	104	70-82	1,54
245	T100	1,3	1,40	195	98	364	392	2 (27)	98	51 (76)	2
	T60	1,3	1,50	195	65	390	390	2-20	98	35-52	3
	T30	1,3	1,54	-	-	400	80	12	133	39	5
	T10	1,5	0,9 x 1,7	-	-	459	66	10	153	32	7
	OP1-OP2	2	1,25	300	196	500	392-784	2-20	150	99-117	1,54

Tabela 2.3 – Valores de crista de TRT normalizados

Condição	Tensão nominal Ur (kV)	Valor de crista de TRT normalizado	
		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
T30	145	235	237
	170	278	278
	245	400	400
T10	145	235	272
	170	276	319
	245	398	459

2.6 Simulações

Atualmente os estudos de TRT são realizados valendo-se, normalmente, de simulações computacionais em que são obtidas as tensões transitórias através de cálculos no domínio do tempo.

2.6.1 Programa Computacional para Simulações de Transitórios Eletromagnéticos em rede de Potência

Para o presente estudo foi utilizado o programa PSCAD/EMTDC, com o auxílio do programa ATP para verificações de consistência.

2.6.2 Representação dos Componentes da Rede Elétrica nas Simulações da TRT

Nas simulações foram adotadas as seguintes formas de representação da rede elétrica:

- Fonte equivalente do sistema de subtransmissão

As origens das linhas de subtransmissão que suprem o sistema onde se conecta a SE Tebar foram ligadas a fontes equivalentes de Thévenin que representam as SEs Santo Ângelo e Baixada Santista (figura 2.2).

As amplitudes das fontes equivalentes foram admitidas como iguais à tensão nominal do sistema, ou seja, tensão eficaz de linha de 138 kV ou tensão eficaz de fase de 79.67 kV.

As impedâncias das fontes equivalentes de Thévenin foram determinadas a partir do valor da potência de curto-circuito trifásico na SE Tebar informado pela EDP Bandeirante, de 1414 MVA (ver Anexo 1) e considerando as impedâncias das linhas de subtransmissão das fontes até a SE Tebar. A impedância de seqüência positiva equivalente assim obtida foi de 3.8Ω , para SE Santo Ângelo e para a SE Baixada Santista. O ângulo adotado para essas impedâncias foi de 89° . Para a impedância de seqüência zero foi adotado o mesmo valor da seqüência positiva.

Para a SE Santo Ângelo adotou-se o ângulo de fase do gerador equivalente da fonte da fase A igual a 0° . Os ângulos de fase da fonte colocada na SE Baixada Santista foram determinados em função do fluxo de potência resultante das cargas consideradas no sistema de subtransmissão. Os ângulos foram determinados por meio da rotina **“fix source”** do programa ATP. No caso em que foram consideradas cargas nas SEs São Sebastião, Bertioga e Rio Pardo, foi admitida a hipótese de se ter a metade da potência total suprida pela SE Santo Ângelo e outra metade pela SE Baixada Santista, resultando um ângulo de 0.2° para a fase A do gerador equivalente da SE Baixada Santista.

- Linhas aéreas de subtransmissão

Com o intuito de obter uma melhor resposta às freqüências dos transitórios calculados, as linhas de subtransmissão de 138 kV foram representadas utilizando o modelo com parâmetros distribuídos dependentes da freqüência (modelo de fase).

Para a obtenção dos parâmetros das linhas de 138 kV foram considerados os dados geométricos de linha fornecidos pela EDP Bandeirante, apresentados na figura 2.4 (documento [h], referenciado na seção 2.4).

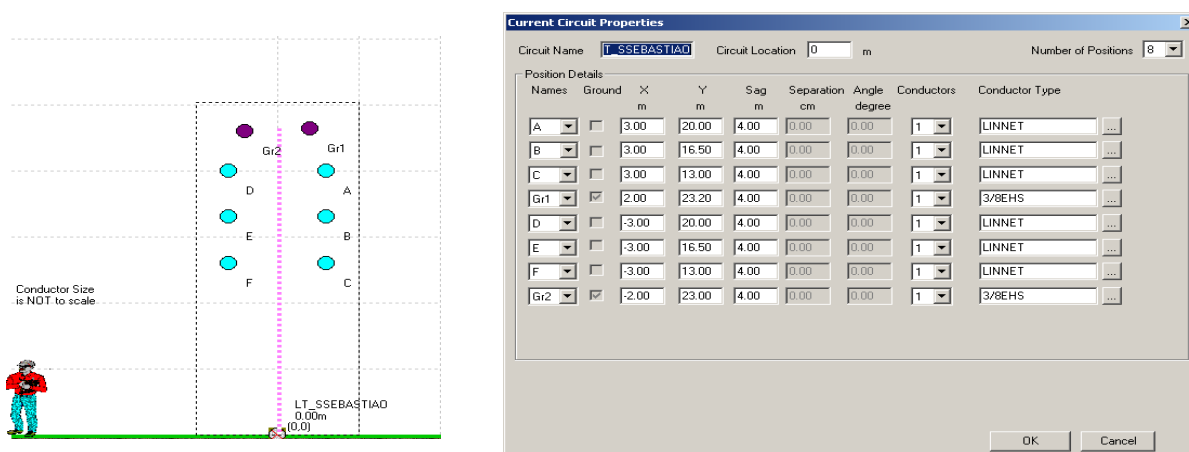


Figura 2.4 - Dados da linha de subtransmissão de 138 kV considerada nas simulações

Valores utilizados para a obtenção dos parâmetros:

Condutor de fase: r_{dc} : 0.1738 Ω /km; RMG = 0.9145 cm (336.4 MCM)

Cabo pára-raios: r_{dc} : 4.232 Ω /km; RMG = 0.4572 cm

A configuração da rede de subtransmissão foi baseada nas informações do Diagrama de impedância – São Paulo 06/13 – Plano de Obras até 2011 – 15/06/2009 – ONS e dados do documento “ONS - SISTEMA INTERLIGADO - CONF JUN/2010 VERSÃO 08/09/2010 * BR1006B.ANA” [i,j]. Os comprimentos dos trechos das linhas de 138 kV foram estimados a partir dos dados de impedâncias do Diagrama de impedância – São Paulo 06/13 – Plano de Obras até 2011 – 15/06/2009 – ONS e considerando o padrão de linha da Figura 4. Os comprimentos assim estimados são:

- Trecho SE Santo Ângelo – SE Rio Pardo: 62 km
- Trecho SE Rio Pardo – SE São Sebastião: 28 km
- Trecho SE Santo Ângelo – SE Bertioga II: 35 km
- Trecho SE Bertioga II – SE São Sebastião: 71 km
- Trecho SE Baixada Santista – SE Vicente de Carvalho: 10 km

- Trecho SE Vicente de Carvalho – SE Bertioga II: 16 km
- Ramal de alimentação SE São Sebastião – SE Tebar: 0.5 km

Cabe observar que, nos estudos iniciais apresentados no primeiro relatório sobre o assunto, o sistema de subtransmissão foi representado simplesmente pelo ramal de alimentação SE São Sebastião–SE Tebar com uma fonte equivalente na SE São Sebastião. O detalhamento do sistema de subtransmissão contemplado no presente estudo permite, sem dúvida, uma avaliação do fenômeno de TRT com maior precisão, principalmente nos casos em que se considera a aplicação de faltas no lado de AT.

- Cabos subterrâneos de média tensão

Foram representados pelo modelo de Bergeron, com parâmetros distribuídos (constantes).

Os parâmetros básicos utilizados estão na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Parâmetros de cabos subterrâneos de MT (isolação EPR)

Seção (mm ²)	r_1 (Ω/km)	x_1 (Ω/km)	r_0 (Ω/km)	x_0 (Ω/km)	$C_1 = C_0$ (ηF/km)
300	0.0827	0.1378	1.8254	1..2718	480.0
240	0.1018	0.1417	1.8678	1.3364	438.9
185	0.1306	0.1466	1.9189	1.4059	397.3
150	0.1601	0.1503	1.9644	1.4606	366.2
120	0.1993	0.1554	2.0184	1.5179	336.6
95	0.2509	0.1599	2.0829	1.5721	309.8
70	0.3397	0.1651	2.1858	1.6399	278.0
50	0.4748	0.1748	2.3323	1.7047	249.7

- Transformadores

Foi utilizado o modelo geral de transformador, com reatância de dispersão, perdas no cobre e perda em vazio. Valores admitidos para as perdas: cobre: 0.5%; em vazio: 0.5%.

A característica de saturação foi representada por uma função assintótica contínua que converge para o eixo de fluxo vertical à medida que a corrente tende para valores baixos e converge para a linha de reatância de núcleo de ar à

medida que a corrente tende para valores elevados. Valores admitidos: Ponto de joelho: 1.2 pu; Reatância de núcleo de ar: 20%.

▪ Pára-raios

Embora verificações iniciais tenham indicado que pára-raios praticamente não influem nos valores de TRTs, os pára-raios do lado de 138 kV foram incluídos nas simulações, utilizando-se o modelo de resistência não linear representada pela característica $V \times I$ dada por pares de valores (V , I). A tabela 2.5 apresenta a característica do pára-raios de 120 kV usada para as simulações.

Tabela 2.5 – Característica $V \times I$ de pára-raios ZnO

I (kA)	V (kV)
1.0E-6	159.0
1.0E-5	183.6
1.0E-4	197.5
1.0E-3	226.0
0.100	240.0
0.125	243.0
0.50	258.0
1.0	283.0
5.0	304.0
10.0	327.0
20.0	360.0

▪ Disjuntor

Foi representado como chave ideal controlada no tempo com abertura efetiva na passagem da corrente pelo zero.

▪ Banco de capacitores

Foi utilizado modelo de capacitância ideal.

▪ Capacitâncias parasitas de componentes/equipamentos da SE

As capacitâncias típicas e as utilizadas nas simulações são mostradas nas tabelas 2.6, 2.7 e 2.8.

Tabela 2.6 – Capacitâncias de elementos de subestação (Fonte: IEEE C37.011-1994)

Elemento	Valor típico	Valores considerados
Barramento	8.2 -18 pF/m	12 pF/m; total: 360pF
Transformador de corrente	150 a 450 pF	300 pF
Transformador de potencial	150 a 450 pF	300 pF
Disjuntor fechado	50 a 250 pF	200 pF
Disjuntor aberto	25 a 150 pF	100 pF
Chave	60 a 200 pF (fech)	90 pF
Pára-raios	80 a 120 pF	80 pF

Tabela 2.7 - Elementos considerados no estudo e as capacitâncias

Descrição	Total de equipamentos	Capacitância
Chegada de linha principal até barramento anterior à derivação para transformadores e parte da chegada da linha reserva entre disjuntor aberto até o barramento	- pára-raios; - 3 chaves seccionadoras; - 2 TCs; - TP; - disjuntor fechado; - disjuntor aberto; - barramento	1910 pF
Derivação para transformador	-chave seccionadora; - disjuntor	290 pF

Nota: A capacitância do barramento foi representada dentro do modelo de linha com parâmetro distribuído.

Tabela 2.8 - Capacitâncias parasitas dos transformadores de potência (Fonte: IEEE C37.011-1994)

Potência (MVA)	Valor típico	Valor considerado
1 a 10 (15 a 121 kV)	900 a 10000 pF	4000 pF
10 a 100 (15 a 121 kV)	2000 a 12000 pV	4000 pF (13.8 kV)
10 a 100 (121 a 550 kV)	2000 a 6500 pF	4000 pF (138 kV)

▪ Curto-circuito

Foi representado pelo fechamento de uma chave ideal controlada por tempo.

A potência de curto-circuito trifásico considerada para a barra de 138 kV da SE Tebar é de 1414 MVA, conforme informação fornecida pela EDP Bandeirante Energia [h.2].

- Cargas do sistema supridor

Em estudos de transitórios eletromagnéticos de manobras, a carga pode exercer um papel significativo no amortecimento e nos valores das tensões transitórias. O impacto das cargas nos resultados depende não só do valor da carga, mas também do modelo utilizado para a sua representação. Existem esforços no sentido de aprimorar a modelagem da carga e algumas diferentes formas de representação são possíveis [2.7]. Entretanto, usualmente é grande a incerteza quanto à melhor forma de representação em simulações.

Para as avaliações das influências da carga do sistema supridor na TRTs, foram utilizados os modelos de representação mostrados na Figura 2.5.

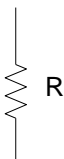
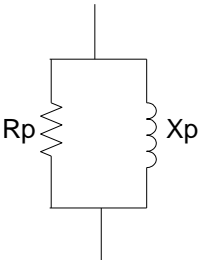
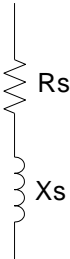
<p>Resistência pura</p> 	$R = \frac{V^2}{P}$
<p>RL paralelo</p> 	$R_p = \frac{V^2}{P}$ $X_p = \frac{V^2}{Q}$
<p>RL serie</p> 	$R_s = P \frac{V^2}{P^2 + Q^2}$ $X_s = Q \frac{V^2}{P^2 + Q^2}$

Figura 2.5 - Modelos de carga utilizados para verificação da sua influência nas TRTs

Considerou-se que a carga é equilibrada e conectada em estrela, ligada à barra de SE através de duas transformações em delta-estrela ($S = 30$ MVA cada; $z=8\%$), devido ao fato de que na prática as cargas geralmente são ligadas em baixa tensão.

Foram realizadas simulações com cargas colocadas na SE São Sebastião e também colocadas simultaneamente nas SEs São Sebastião, Bertioga II e Rio Pardo. Foram admitidas situações com cargas de 10, 20 e 30 MW.

2.6.3 Simulação de Defeito e Abertura do Disjuntor

O processo desde a ocorrência de defeito (curto-circuito) até conseqüente abertura do disjuntor foi simulado da seguinte forma:

- A ocorrência de defeito foi simulada utilizando-se uma chave de fechamento controlado por tempo. O fechamento de chave é realizado de acordo com o tipo de defeito considerado. Nas simulações realizadas, o instante de fechamento foi ajustado para 0.150 s.
- Após um intervalo de tempo procede-se a abertura do disjuntor analisado, representado também por uma chave controlada por tempo. Escolheu-se um intervalo de tempo desde o início da ocorrência do defeito no qual a assimetria inicial da corrente se torna insignificante. Com isso, a abertura do disjuntor ocorre quando a corrente de defeito já se encontra praticamente em regime. Utilizou-se o instante 0.507 s para o comando de abertura. A interrupção efetiva da corrente em cada pólo ocorre na passagem por zero.
- As faltas foram aplicadas sem nenhuma impedância de defeito.

2.6.4 Tipo de Defeito Considerado

A TRT mais severa do ponto de vista da amplitude ocorre no defeito trifásico isolado (não aterrado), na abertura do primeiro polo. Neste estudo, as recomendações das características mínimas dos disjuntores foram baseadas no defeito trifásico isolado.

2.6.5 Influência do Estado dos Bancos de Capacitores (BCs)

Para verificar a influência dos BCs instalados no lado de média tensão (MT) sobre as TRTs, as simulações contemplaram condições com os BCs ligados e desligados.

Cabe observar que os BCs podem estar desconectados da rede no momento da abertura do disjuntor, quando ocorre a TRT, num caso de curto-circuito, por diferentes motivos, como: questão de compensação reativa, manutenção, abertura do disjuntor ou contator por subtensão provocada pelo defeito, etc.

2.6.6 Passo de tempo de simulação

As simulações foram realizadas utilizando-se um passo de tempo de 0.1 μ s ou, mediante testes de validação, um passo de tempo de 1 μ s.

2.7 Critérios para a Seleção das Características Adequadas dos disjuntores

A seleção de disjuntor adequado se baseou no seguinte:

- a) Capacidade nominal de interrupção de corrente de curto-circuito: valor básico considerado: 31.5 kA
- b) Considerou-se que a suportabilidade à TRT será adequada quando a TRT do sistema, obtida pela simulação, for inferior à envoltória de TRT do disjuntor para a tensão nominal (U_r) considerada, com uma margem de segurança mínima de 5%.

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 22 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

2.8 Casos Simulados

Para a avaliação das TRTs, os seguintes disjuntores foram destacados para a análise, considerando que são objetos de atenção neste relatório os disjuntores do primário dos transformadores de 138/13.8 kV e 138/4.16 kV:

- a) Disjuntor do primário do transformador TF-3202A considerando as seguintes situações:
 - a.1) TF3202A alimentando as cargas de acordo com a configuração da figura 2.1
 - a.2) TF3202A alimentando toda carga dos transformadores TF3201A e TF3202B (configuração em L)
- b) Disjuntor do primário do transformador TF3217A considerando a configuração da figura 2.1
- c) Disjuntor do primário do transformador TF3218B

As simulações consideram os seguintes pontos de falta:

- a) falta terminal na saída do disjuntor (curto-circuito na alta tensão (AT))
- b) falta terminal alimentada por transformador (curto-circuito na média tensão (MT))

Para cada falta foram consideradas duas situações:

- a) com todos os BCs (bancos de capacitores) ligados
- b) com os BCs desligados

2.9 Resultados Obtidos

Os resultados obtidos nas simulações estão apresentados em forma de gráficos no Anexo 2.

As figuras 2.6 a 2.9 ilustram algumas das simulações realizadas, a saber:

- a) Figura 2.6: Curto circuito trifásico isolado no lado de AT com todos os BCs ligados, com carga de 10 MW na SE São Sebastião
- b) Figura 2.7: Curto circuito trifásico isolado no lado de AT com os BCs desligados, com carga de 10 MW na SE São Sebastião
- c) Figura 2.8: Curto circuito trifásico isolado no lado de MT com todos os BCs ligados, com carga de 10 MW na SE São Sebastião
- d) Figura 2.9: Curto circuito trifásico isolado no lado de MT com os BCs desligados, com carga de 10 MW na SE São Sebastião

Essas figuras apresentam gráficos das TRTs ao longo do tempo juntamente com as curvas envoltórias de referência das normas NBR/IEC 62271-100-2006 e IEC 62271-100-2008. As curvas de referências mostradas se referem às tensões nominais $U_r = 145 \text{ kV}$, 170 kV e 245 kV , respectivamente, de baixo para cima.

Conforme exposto anteriormente, a tensão nominal U_r é considerada adequada se a curva envoltória não for ultrapassada pela TRT do sistema. Ainda, conforme exposto anteriormente, o critério para se considerar adequado inclui uma margem de segurança mínima de 5%, isto é, a TRT deve ficar pelo menos 5% abaixo da curva de referência.

No exemplo da figura 2.6 (curto-circuito na AT, com BCs ligados) pode-se verificar visualmente que a TRT ultrapassa a envoltória correspondente a $U_r = 145 \text{ kV}$ e fica abaixo das envoltórias correspondentes a $U_r = 170 \text{ kV}$ e 245 kV . Sendo o valor de crista da TRT normalizada para $U_r = 170 \text{ kV}$ igual a 278 kV (conforme pode ser verificado na Tabela 3) e o valor de pico da TRT calculada igual a 262.6 kV , este valor corresponde a 94.5% de 278 kV . Portanto, há uma

margem de 5.5% e, assim, Ur de 170 kV seria adequado para a situação considerada, tanto para NBR/IEC 62271-100-2006 como para IEC 62271-100-2008.

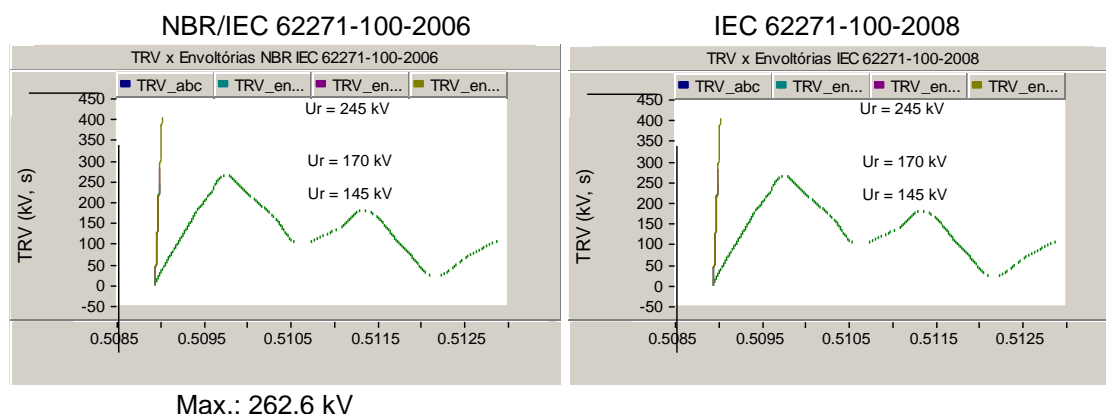


Figura 2.6 -TRT no disjuntor de AT 138/13.8 kV – PD-0052 - CC3F AT - Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW na SE S. Sebastião)

Por outro lado, no caso da Figura 7 (curto-circuito na AT, com BCs desligados), verifica-se que a curva de TRT ultrapassa ligeiramente a envoltória de Ur = 170 kV. Portanto, neste caso, o valor de Ur adequado é 245 kV (tanto para NBR/IEC 62271-100-2006 como para IEC 62271-100-2008).

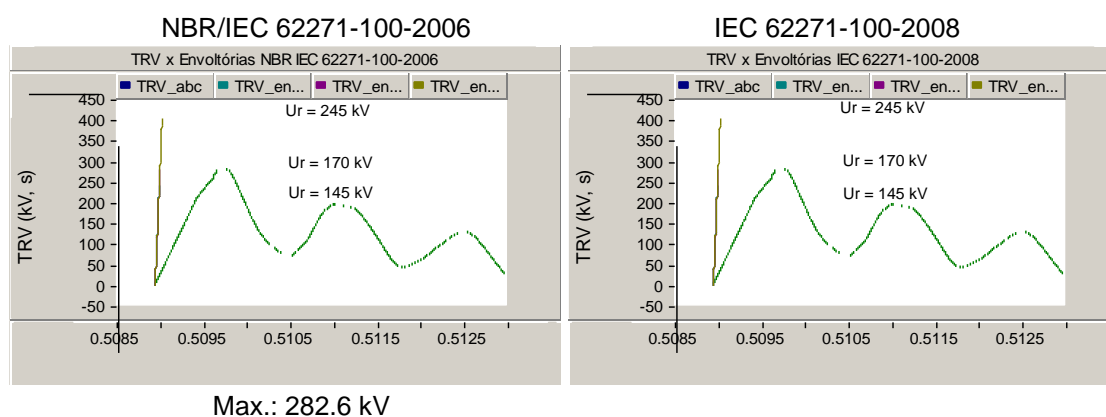


Figura 2.7 - TRT no disjuntor de AT 138/13.8 kV – PD-0052 - CC3F AT - Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW na SE S. Sebastião)

As figuras 2.8 e 2.9, relativas à aplicação de curto-circuito no secundário do transformador (curto circuito na MT), mostram o seguinte:

- a) As curvas envoltórias de referência da IEC 62271-100-2008 são mais tolerantes do que as da NBR/IEC 62271-100-2006.
- b) As curvas de TRT ultrapassam a envoltória de $U_r = 170$ kV da NBR/IEC 62271-100-2006 e a envoltória de $U_r = 145$ kV da IEC 62271-100-2008, ficando abaixo das envoltórias de $U_r = 245$ kV e 170 kV, respectivamente para NBR/IEC 62271-100-2006 e IEC 62271-100-2008, com margem de segurança superior a 5%. Assim, os valores adequados são $U_r = 245$ kV para NBR/IEC 62271-100-2006 e $U_r = 170$ kV para IEC 62271-100-2008.
- c) Observa-se que no caso de curto-circuito na MT as TRTs são pouco dependentes do estado dos BCs do lado de MT (ligado ou desligado).

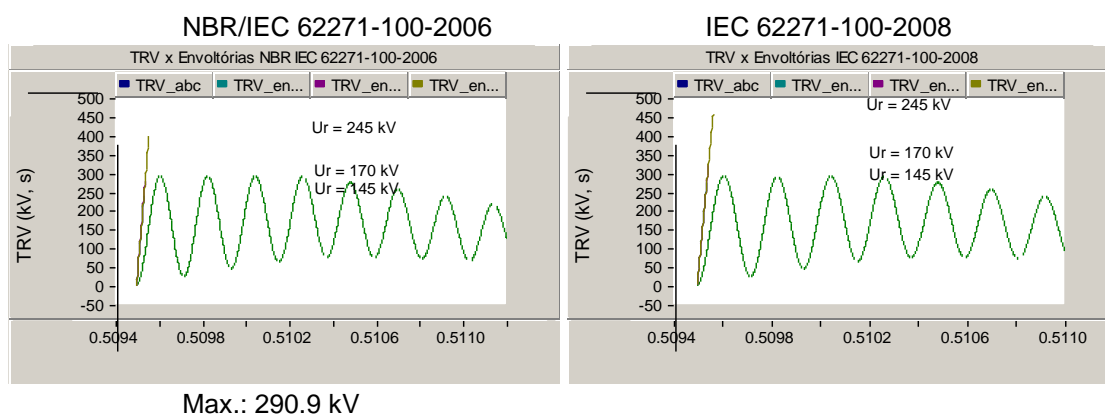


Figura 2.8 - TRT no disjuntor de AT 138/13.8 kV – PD-0052 - CC3F MT - Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW na SE S. Sebastião)

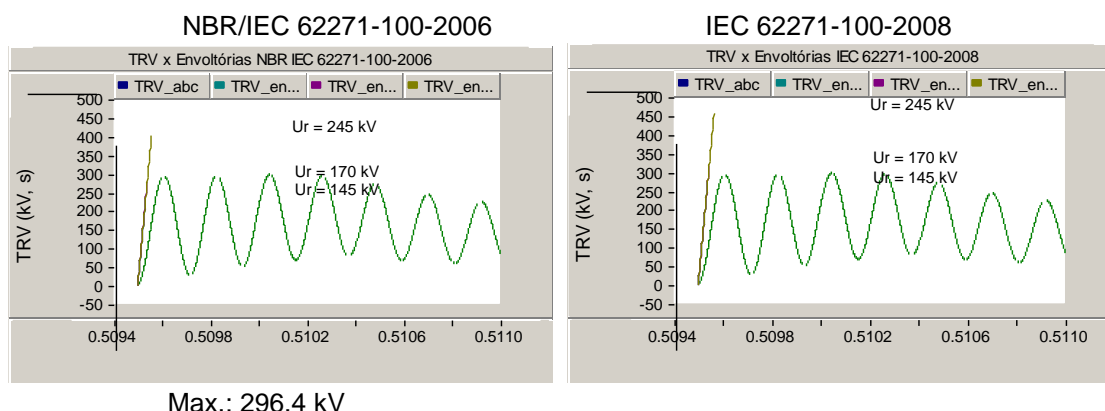


Figura 2.9 - TRT no disjuntor de AT 138/13.8 kV – PD-0052 - CC3F MT - Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW na SE S. Sebastião)

Efetuada análises semelhantes para todos os outros casos simulados, foram obtidos os resultados apresentados a seguir, para diferentes situações, sendo

indicados os valores mínimos de tensão nominal (U_r) de disjuntor que atendem às solicitações de TRTs do sistema, para as situações consideradas.

Para essa análise, foi considerado que o disjuntor deve atender às solicitações de faltas na AT e na MT, nas condições de bancos de capacitores (da MT) ligados e desligados.

2.9.1 Disjuntor PD-0052 (transformador TF3202A – 138/13.8 kV)

a) Simulações sem considerar carga do sistema supridor

Os resultados são apresentados na tabela 2.9. Os valores de U_r mínimos resultantes são os seguintes:

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

Tabela 2.9 – Disjuntor PD-0052 (TF-3202A) – Sem carga no sistema de subtransmissão

Disjuntor	Situação					Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal U_r (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto-circuito	BCs	Carga no Sist. Subtrans		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0052	TF-3202A (138/13.8 kV)	Normal (conforme Figura 1)	AT	Ligados	0	288.6	245	245
				Desligados	0	294.5	245	245
			MT	Ligados	0	295.8	245	170
				Desligados	0	298.7	245	170

b) Simulações considerando carga de 10 MW (resistiva) na SE São Sebastião

Os resultados são apresentados na tabela 2.10 e os valores mínimos de U_r resultantes são:

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

Tabela 2.10 – Disjuntor PD-0052 (TF-3202A) – Com carga de 10 MW na SE São Sebastião

Disjuntor	Situação					Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal U_r (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto-circuito	BCs	Carga no Sist. Subtrans		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0052	TF-3202A (138/13.8 kV)	Normal (conforme Figura 1)	AT	Ligados	10 MW na SE. S. Sebast.	262.6	170*	170*
				Desligados	10 MW na SE. S. Sebast.	282.6	245	245
			MT	Ligados	10 MW na SE. S. Sebast.	290.9	245	170
				Desligados	10 MW na SE. S. Sebast.	296.4	245	170

* Para tensão nominal $U_r = 170$ kV a margem de segurança é igual a 5% (portanto, atende à margem mínima admissível adotada de 5%)

c) Simulações considerando carga de 10 MW (resistiva) na SE São Sebastião – Configuração dos barramentos secundários em L (TF3202A assumindo toda a carga dos transformadores TF3202A e TF3202B)

Os resultados são mostrados na tabela 2.11 e os valores mínimos de Ur resultantes são:

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

Tabela 2.11 – Disjuntor PD-0052 (TF-3202A) – Com carga de 10 MW na SE São Sebastião – Configuração em L (TF-3202A assumindo carga toda, com disj. de interlig. de barras fechado)

Disjuntor	Situação					Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal Ur (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto-circuito	BCs	Carga no Sist. Subtrans		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0052	TF-3202A (138/13.8 kV)	TF-3202A assumindo o carga toda (disj. de interlig. de barras fechado)	AT	Ligados	10 MW na SE. S. Sebast.	278.4	245	245
				Desligados	10 MW na SE. S. Sebast.	283.1	245	245
			MT	Ligados	10 MW na SE. S. Sebast.	293.8	245	170
				Desligados	10 MW na SE. S. Sebast.	296.7	245	170

d) Simulações considerando carga de 10 MW (resistiva) nas SEs São Sebastião, Bertiooga II e Rio Pardo


A tabela 2.12 mostra os resultados, sendo os valores de Ur mínimo os seguintes:

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV, ou 170 kV se margem de segurança de 4.8% for admitida

Tabela 2.12 – Disjuntor PD-0052 (TF-3202A) – Com carga de 10 MW nas SEs São Sebastião, Bertiooga e Rio Pardo

Disjuntor	Situação				Carga no Sist. Subtrans	Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal Ur (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto-circuito	BCs			NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0052	TF-3202A (138/13.8 kV)	Normal (conform e Figura 1)	AT	Ligados	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	248.6	170	170
				Desliga dos	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	264.6	245** (170**)	245** (170**)
			MT	Ligados	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	289.8	245	170
				Desliga dos	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	293.6	245	170

** Ur = 170 kV caso uma margem de segurança de 4.8% seja admitida (pouco inferior à margem mínima admissível adotada, de 5%).

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 30 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

2.9.2 Disjuntor PD-0066 (TF-3217A – 138/13.8 kV)

Os resultados estão na tabela 2.13 e os valores de Ur mínimos resultantes são:

a) Com carga de 10 MW (resistiva) na SE S. Sebastião

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

b) Com carga de 20 MW (resistiva) na SE S. Sebastião

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

c) Com carga de 30 MW (resistiva) na SE S. Sebastião

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

d) Com carga de 10 MW (resistiva) nas SEs S. Sebastião, Bertiooga II e Rio Pardo

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV ou 170 kV se margem de segurança de 4.0% for admitida

Tabela 2.13 – Disjuntor PD-0066 (TF-3217A) – Com carga no sistema de subtransmissão

Disjuntor	Situação				Vpico TRT do siste ma (kV)	Valor mínimo da tensão nominal Ur (kV) que atende à TRT do sistema		
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto- circuito	BCs		NBR/IE C 62271- 100 - 2006	IEC 62271- 100 - 2008	
PD-0066	TF- 3217A (138/13.8 kV)	Normal (conform e Figura 1)	AT	Ligados	10 MW na SE S.Seب.	257.9	170	170
				Desligados	10 MW na SE S.Seب.	283.0	245	245
				Ligados	20 MW na SE S.Seب.	-	-	-
				Desligados	20 MW na SE S.Seب.	276.0	245*	245*
				Ligados	30 MW na SE S.Seب.	-	-	-
				Desligados	30 MW na SE S.Seب.	271.8	245**	245**
				Ligados	10 MW nas SEs S.Seب.,Bertioga e R. Pardo	246.8	170	170
				Desligados	10 MW nas SEs S.Seب.,Bertioga e R. Pardo	266.9	245*** (170***)	245*** (170***)
			MT	Ligados	10 MW na SE S.Seب.	293.0	245	170
				Ligados	20 MW na SE S.Seب.	291.8	245	170

* Para tensão nominal Ur = 170 kV a margem de segurança é de 0.7%, que é menor do que a margem mínima admissível adotada (5%)

** Para tensão nominal Ur = 170 kV a margem de segurança é de 2.2%, que é menor do que a margem mínima admissível adotada (5%)

*** Ur = 170 kV caso uma margem de segurança de 4.0% seja admitida

2.9.3 Disjuntor PD-0084 (TF-3217A – 138/4.16 kV)

Com carga de 10 MW (resistiva) na SE S. Sebastião

Os resultados estão na tabela 2.14 e os valores de Ur mínimo resultantes são:

- pela NBR/IEC 62271-100-2006: 245 kV
- pela IEC 62271-100-2008: 245 kV

Tabela 2.14 – Disjuntor PD-0084 (TF-3218B) – Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW na SE S. Sebastião)

Disjuntor	Situação					Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal Ur (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	Curto-circuito	BCs	Carga SE S.Seb.		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0084	TF-3218A (138/4.16 kV)	Normal (conform e Figura 1)	AT	Ligados	10 MW	254.4	170	170
				Desligados	10 MW	283.1	245	245
			MT	Ligados	10 MW	319.5	245	245*
				Desligados	10 MW	318.6	245	245*

* no limite de Ur = 170 kV (TRT do sistema = valor da envoltória = 319 kV, ou seja, margem = 0 para Ur = 170 kV)

2.10 Verificação dos Efeitos das Diferentes Representações da Carga do Sistema nos Níveis de TRT

Com a finalidade de verificar a influência do modelo de representação de carga nos resultados de TRT, são apresentadas a seguir as diferenças nos resultados com a utilização de dois modelos: RL série e RL paralelo (figura 2.5), em comparação com o modelo resistivo utilizado nas simulações apresentadas nas



seções anteriores deste capítulo. Considerou-se que as cargas são ligadas em estrela e são alimentadas através de duas transformações em delta-estrela.

Para esta verificação foi considerada a condição de curto-circuito no lado de AT, com BCs da MT desligados. Vale lembrar que na condição de curto-circuito no lado de MT as TRTs sofrem pouca influência das condições de carga do sistema supridor.

Descrição da situação considerada nas simulações

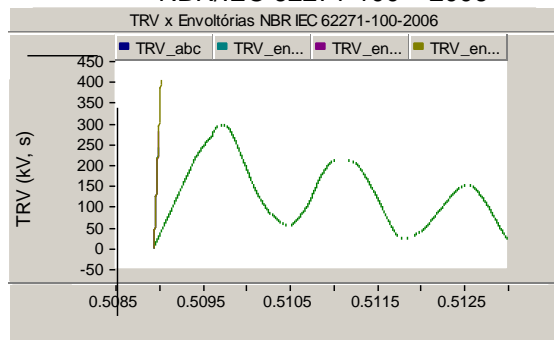
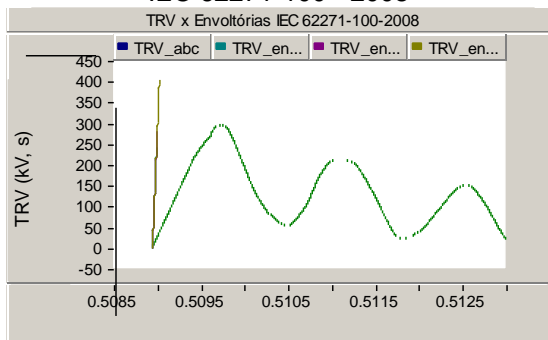
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F AT

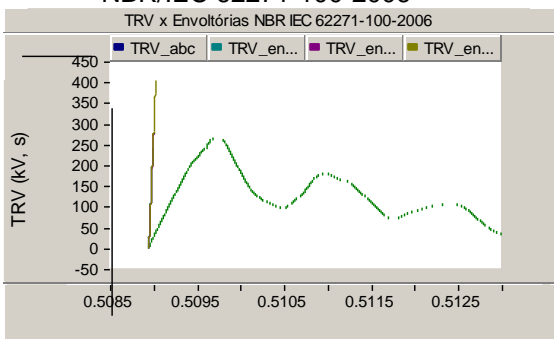
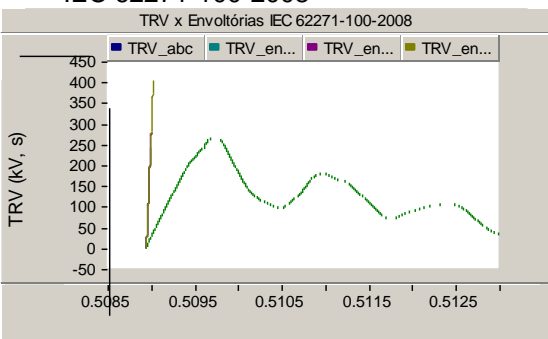
Sem BCs da MT

Com carga no sistema de subtransmissão (10 MW, FP=0.9) na SE S. Sebastião, Bertiooga e R. Pardo

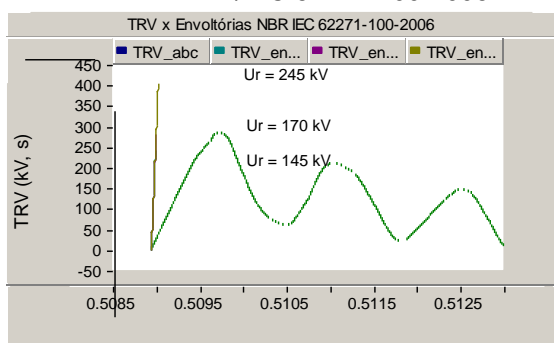
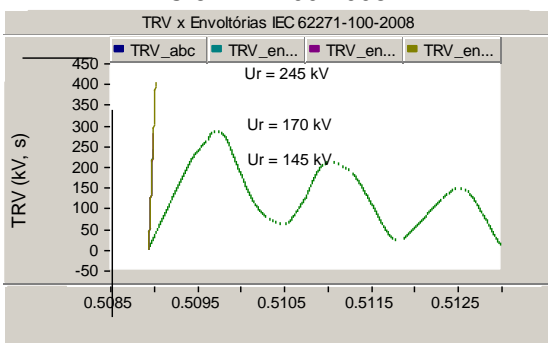
A figura 2.10 e a tabela 2.15 apresentam os resultados com diferentes modelos de carga e incluem resultados do caso sem carga no sistema de subtransmissão, para comparação.

TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE
NBR/IEC 62271-100 – 2006

IEC 62271-100 - 2008


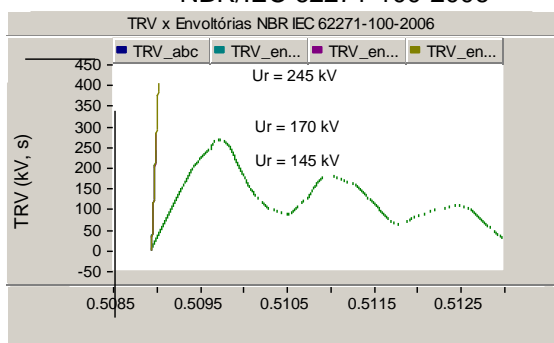
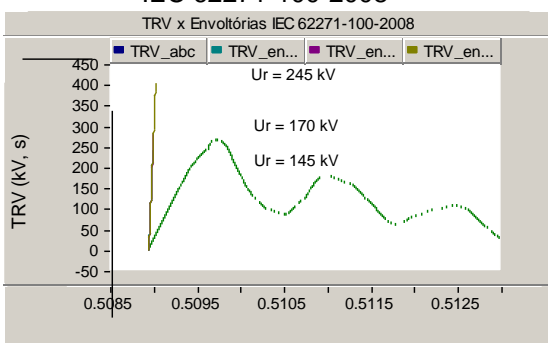
a) Sem carga no sistema de subtransmissão: Vmax.: 293.9 kV

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


b) Modelo resistivo: Vmax.: 264.6 kV

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


c) Modelo RL série: Max.: 283.7 kV

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


d) Modelo RL paralelo: Max.: 265.2 kV

Figura 2.10 – Resultados com diferentes modelos de carga

Tabela 2.15 – Comparação entre resultados obtidos com diferentes modelos para a representação da carga do sistema de subtransmissão – Situação considerada: curto-circuito na AT - sem bancos de capacitores da MT

Disjuntor	Situação					Vpico TRT do sistema (kV)	Valor mínimo da tensão nominal Ur (kV) que atende à TRT do sistema	
	Transf.	Config. Barra secund.	BCs	Modelo de carga	Carga no Sist. Subtrans		NBR/IEC 62271-100 - 2006	IEC 62271-100 - 2008
PD-0052	TF-3202A (138/13.8 kV)	Normal (conform e Figura 1)	Desliga dos	-	Sem carga	293.9	245	245
				Com carga resistiva R	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	264.6	245* (170*)	245* (170*)
				Com carga RL paralelo	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	265.2	245** (170**)	245** (170**)
				Com carga RL série	10 MW nas SEs S. Sebast., R. Pardo e Bertiooga	283.7	245	245***

Considerando o valor de crista de referência de 278 kV (conforme Tabela 3), tem-se o seguinte:

* Ur = 170 kV caso uma margem de segurança de 4,8% seja admitida (inferior a 5%)

** Ur = 170 kV caso uma margem de segurança de 4,6% seja admitida (inferior a 5%)

*** Para a tensão nominal Ur = 170 kV, o valor da TRT ultrapassa envelope (278 kV)

Constatações sobre os resultados de verificação com diferentes modelos de carga

Os resultados mostram o seguinte:

- Para curto-circuito no lado de AT, o nível de TRT observado com o modelo paralelo é menor do que com o modelo série e é aproximadamente semelhante ao nível obtido com resistência pura; isto é, a atenuação resultante do modelo paralelo é próxima à do modelo resistivo puro. A margem de segurança para Ur =

170 kV é bastante próxima ao limite adotado (5%). Por outro lado, o modelo série não produz atenuação muito significativa e a TRT se mantém em nível praticamente igual à situação sem carga a situação sem carga.

- Para curto-circuito no lado de MT, a influência das cargas nas TRTs é muito pequena, isto é, as TRTs praticamente independem da carga do sistema supridor.

- Tendo em vista as incertezas existentes na modelagem, bem como no valor da carga, uma vez que as cargas variam não só de acordo com as variações da demanda, mas também com as condições operativas e configurações do sistema, é necessária muita cautela quando a idéia é contar com as cargas do sistema para o amortecimento das TRTs. Cabe ressaltar que em estudos de TRTs, que são fenômenos que ocorrem após um falta no sistema e que a carga do sistema no período de ocorrência do fenômeno pode ser significativamente diferente das cargas em regime permanente, sendo uma tarefa difícil avaliar não somente o modelo de representação da carga, mas também o valor da carga envolvida.

2.11 Comentários sobre os Resultados do Estudo

Uma análise dos resultados das simulações permite as seguintes observações:

- Defeitos (trifásicos isolados), tanto no lado de alta tensão (AT) como no lado de média tensão (MT), podem causar TRTs severos, que ultrapassam os níveis suportáveis se for considerada a tensão nominal (U_r) de 145 kV ou mesmo de 170 kV para os disjuntores do lado de 138 kV da SE Tebar.

- Os níveis de TRTs do sistema sofrem influência do estado (ligado ou desligado) dos bancos de capacitores instalados no lado de MT, principalmente no caso de defeito no lado de AT. As TRTs obtidas se mostraram maiores com os BCs desligados.

- Cargas de outras instalações conectadas ao sistema de subtransmissão tem o efeito de causar uma certa redução nos níveis de TRT.
- Verifica-se que, mesmo considerando carga no sistema de subtransmissão, em nenhuma condição considerada a tensão nominal $U_r = 145 \text{ kV}$ atende aos requisitos de TRT.
- Disjuntor de $U_r = 170 \text{ kV}$ pode atender aos requisitos de TRT em algumas situações, mas não em todas. Por outro lado, disjuntor com $U_r = 245 \text{ kV}$ atende a todas as situações.
- Disjuntor especificado pela norma IEC 62271-100-2008 permite maior suportabilidade em relação aos defeitos no lado de MT na instalação considerada, em comparação com a norma NBR/IEC 62271-100-2006. Assim, considerando principalmente os disjuntores dos transformadores de 138/13.8 kV, o valor mínimo de U_r seria de 245 kV pela NBR/IEC 62271-100-2006 e 170 kV pela IEC 62271-100-2008. Entretanto, para defeito no lado de AT, os resultados são iguais para ambas as normas. Desta maneira, para que a tensão nominal $U_r = 170 \text{ kV}$ seja viável, seria necessário que haja os seguintes requisitos:
 - a) As condições do sistema elétrico garantam a limitação de TRTs a níveis compatíveis com $U_r = 170 \text{ kV}$ para defeitos na AT.
 - b) O disjuntor com $U_r = 170 \text{ kV}$ seja especificado pela norma IEC-62271-100-2008.
- O atendimento do requisito a do item anterior é bastante dependente das condições de carga do sistema alimentador; isto é, caso haja risco de não poder contar com os amortecimentos proporcionados pela carga poderá haver risco para o disjuntor.

2.12 Conclusões

Em função dos resultados apresentados conclui-se que:

- a) Disjuntor de $U_r = 145 \text{ kV}$ não atende aos requisitos de suportabilidade às TRTs esperadas.
- b) Disjuntor de $U_r = 170 \text{ kV}$ poderia ser aceitável caso possa haver a garantia das contribuições das cargas do sistema para o amortecimento das TRTs. Entretanto, há incerteza quanto a este fator.
- c) Tendo em vista que as características de suportabilidade atendem a todas as situações consideradas neste estudo, recomenda-se o valor de $U_r = 245 \text{ kV}$ para os disjuntores da alta tensão da SE Tebar.

3. ANÁLISE DE TENSÕES DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIAS (TRT) EM DISJUNTORES DE MÉDIA TENSÃO

3.1 Introdução

Este capítulo refere-se à revisão do estudo realizado anteriormente sobre TRT em disjuntores de média tensão da Tebar, em que foi apresentada uma primeira avaliação dos disjuntores de 13.8 kV e 4.16 kV.


3.2 Considerações sobre as Novas Simulações Realizadas

Esta revisão contempla as alterações introduzidas no sistema da Tebar. Além disso, em relação às simulações realizadas no primeiro estudo de TRT de média tensão, merece menção principalmente o fato de que as novas simulações realizadas e apresentadas na presente versão consideram um maior detalhamento na representação de componentes da instalação de média tensão, como pequenos trechos de cabos subterrâneos, além de maior detalhamento do sistema de subtransmissão, mencionado no capítulo anterior, na seção 2.2. Além disso, as simulações cobriram um universo muito maior de disjuntores, com o intuito de contemplar as mais variadas situações encontradas na instalação.

Adicionalmente, para as análises dos resultados, foram considerados os níveis de referência de TRTs na norma IEC 62271-100-2008, além da NBR/IEC 62271-100-2006.

3.3 Normas e Documentos de Referência

Para a elaboração deste relatório as seguintes normas e bibliografias foram consultadas:

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 40 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

[1] ABNT – NBR IEC 62271-100 - 2006 – Disjuntores de Alta Tensão de Corrente Alternada

[2] IEC 62271-100 – Edition 2.0 2008-04 – High-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 100: Alternating-Current Circuit-Breakers

[3] IEEE Std C37.011-1994 Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis

[4] FURNAS (D’Ajuz, A., Fonseca, C. S e outros) – Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento – Aplicação em Sistemas de Potência de Alta-Tensão – Editora Universitária-Furnas – 1987

[5] Azevedo, W. V., Neve, L. A, e outros – Mitigação de Tensão de Restabelecimento Transitória em Equipamentos de Média Tensão – SBSE – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – 2010 – Belém, Pará

[6] Wang, X., Wilson, P. – Transient Recovery Voltage Investigation in the Application of 15 kV Circuit Breaker Failure – International Conference on Power Systems Transients (IPST’05) – Montreal, Canada – June 19-23, 2005

[7] Neto, A. S., Fernandes, A. B. Efeito da Modelagem da Carga para Estudos de Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Transmissão – XIII ERIAC – 24 a 28 de maio de 2009 – Puerto Iguazú - Argentina


3.4 Dados Utilizados

Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos através de documentação originária da Transpetro, da concessionária EDP Bandeirante e ONS (Operador Nacional do Sistema).

Documentos de referência:

[a] Diagrama de impedâncias entregue pela Petrobrás à ABB em formato PTW

[b] Esquema unifilar geral DE-4250.01-5142-946-PEN-001 – B

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 41 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

[c] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9002 - Esp. Técnica – Disjuntor 145 kV

[d] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9004 - Esp. Técnica – Pára-Raios 120 kV

[e] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9005 - Esp. Técnica – Transf. Corrente 145 kV

[f] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9006 - Esp. Técnica – Transf. Potencial 145 kV

[g] Documento DE-4250.10-5142-741-ATS-9008 - Esp. Técnica – Painei 17,5 kV

[h] Documentos da concessionária Bandeirante

[h.1] Parâmetros do ramal Petrobras São Sebastião.xls

[h.2] Relatório de curto-circuito.rel

[i] ONS: Diagramas de impedâncias – São Paulo 06/13 – Plano de Obras até 2011 – 15/06/2009 – <http://www.ons.org.br>

[j] ONS: Dados do Sistema Interligado – CONF JUN/2010 versão 08/09/2010 – BR1006B.ANA - <http://www.ons.org.br>

3.5 Instalação considerada (Tebar)

A Figura 3.1 mostra a configuração da instalação do Tebar considerada no estudo de TRT dos disjuntores de média tensão.

Cabe ressaltar que a configuração apresentada na Figura 3.1 e utilizada nos estudos de TRT é baseada nas informações contidas no documento (a) citado na seção 3.4, porém levando em consideração o projeto de circuito de 13.8 kV previsto no documento (b) citado na mesma seção, em que são previstos circuitos com trechos de cabos subterrâneos e trechos de linhas aéreas.

Figura 3.1 – SE Tebar e instalação interna

3.6 Parâmetros de Referência de TRT relativos à Suportabilidade de Disjuntores de MT

Analogamente ao exposto no capítulo 2, seção 2.6 (que tratou de disjuntores de AT), foram consideradas, também para a análise dos disjuntores de MT, as curvas envoltórias de referência de TRT das normas NBR/IEC 62271-100-2006 e IEC 62271-100-2008.

As Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam os valores dessas normas, para disjuntor de média tensão de interesse para este estudo.

Tabela 3.1 - NBR-IEC 62271-100-2006 - Valores normalizados da TRT presumida – Representação por dois parâmetros

Tensão nominal U_r kV	Sequência de ensaios	Fator de primeiro pólo k_{pp} p.u.	Fator de amplitude K_{af} p.u.	Valor de crista da TRT U_c kV	Tempo t_3 μs	Tempo de retardo (ver nota) t_d μs	Tensão u' kV	Tempo (ver nota) t' μs	Taxa de crescimento U_c/t_3 kV/ μs
4,76*	T100	1,5	1,4	8,2	51	8	2,7	24	0,16
	T60	1,5	1,5	8,7	31	5	2,9	15	0,28
	T30	1,5	1,5	8,7	20	3	2,9	10	0,44
	T10	1,5	1,5	8,7	20	3	2,9	10	0,44
7,2	T100	1,5	1,4	12,3	51	8	4,1	25	0,24
	T60	1,5	1,5	13	22	3	4,4	11	0,60
	T30	1,5	1,5	13	11	2	4,4	6	1,20
	T10	1,5	1,5	13	11	2	4,4	6	1,20
8,25*	T100	1,5	1,4	14,1	59	9	4,7	29	0,24
	T60	1,5	1,5	15,1	35	5	5,0	17	0,43
	T30	1,5	1,5	15,1	24	4	5,0	12	0,63
	T10	1,5	1,5	15,1	24	4	5,0	12	0,63
12	T100	1,5	1,4	20,6	61	9	6,9	29	0,34
	T60	1,5	1,5	22	26	4	7,3	13	0,85
	T30	1,5	1,5	22	13	2	7,3	6	1,70
	T10	1,5	1,5	22	13	2	7,3	6	1,70
15*	T100	1,5	1,4	25,7	76	11	8,6	36	0,34
	T60	1,5	1,5	27,6	46	7	9,2	22	0,60
	T30	1,5	1,5	27,6	30	5	9,2	15	0,92
	T10	1,5	1,5	27,6	30	5	9,2	15	0,92
17,5	T100	1,5	1,4	30	71	11	10	35	0,42
	T60	1,5	1,5	32	31	5	11	16	1,04
	T30	1,5	1,5	32	15	2	11	7	2,14
	T10	1,5	1,5	32	15	2	11	7	2,14
24	T100	1,5	1,4	41	87	13	14	43	0,47
	T60	1,5	1,5	44	38	6	15	18	1,16
	T30	1,5	1,5	44	19	3	15	9	2,32
	T10	1,5	1,5	44	19	3	15	9	2,32

Tabela 3.2 - Tabela IEC 62271-100-2008. Valores normalizados de TRT presumida para disjuntores classe S1 (sistema com cabos) – Representação por 2 parâmetros

Rated voltage U_r kV	Test duty	First-pole-to-clear factor k_{pp} p.u.	Amplitude factor k_{ar} p.u.	TRV peak value u_0 kV	Time t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV ^a u_0/t_3 kV/ μs
4,76 ^b	T100	1,5	1,4	8,2	44	7	2,7	21	0,19
	T60	1,5	1,5	8,7	19	3	2,9	9	0,46
	T30	1,5	1,6	9,3	10	1,5	3,1	5	0,93
	T10	1,5	1,7	9,9	10	1,5	3,3	5	0,99
7,2	T100	1,5	1,4	12,3	51	8	4,1	25	0,24
	T60	1,5	1,5	13,2	22	3	4,4	11	0,60
	T30	1,5	1,6	14,1	11	2	4,7	5	1,28
	T10	1,5	1,7	15,0	11	2	5,0	5	1,36
8,25 ^b	T100	1,5	1,4	14,1	52	8	4,7	25	0,27
	T60	1,5	1,5	15,2	23	3	5,1	11	0,66
	T30	1,5	1,6	16,2	11	2	5,4	6	1,47
	T10	1,5	1,7	17,2	11	2	5,7	6	1,56
12	T100	1,5	1,4	20,6	61	9	6,9	29	0,34
	T60	1,5	1,5	22,0	27	4	7,3	13	0,81
	T30	1,5	1,6	23,5	13	2	7,8	6	1,81
	T10	1,5	1,7	25,0	13	2	8,3	6	1,92
15 ^b	T100	1,5	1,4	25,7	66	10	8,6	32	0,39
	T60	1,5	1,5	27,6	29	4	9,2	14	0,95
	T30	1,5	1,6	29,4	15	2	9,8	7	1,96
	T10	1,5	1,7	31,2	15	2	10,4	7	2,08
17,5	T100	1,5	1,4	30,0	71	11	10,0	34	0,42
	T60	1,5	1,5	32,1	31	5	10,7	15	1,04
	T30	1,5	1,6	34,3	16	2	11,4	8	2,14
	T10	1,5	1,7	36,4	16	2	12,1	8	2,28
24	T100	1,5	1,4	41	87	13	13,7	42	0,47
	T60	1,5	1,5	44,1	38	6	14,7	19	1,16
	T30	1,5	1,6	47,0	19	3	15,7	9	2,47
	T10	1,5	1,7	50	19	3	16,7	9	2,63

Para facilitar a visualização, são mostradas nas Tabela 3.3 e 3.4 os valores de crista e os tempos especificados pelas normas citadas, para os níveis de curto-circuito considerados em função dos valores de correntes de defeito. Tendo em vista os níveis de curto-circuito resultantes nos casos analisados neste estudo, são consideradas as condições T60 e T30. Verifica-se que, também para os disjuntores de MT, a IEC-2008 tem níveis de referência um pouco superiores aos da NBR/IEC-2006.

Tabela 3.3 - Parâmetros de referência de TRT, para análise de disjuntores para o sistema de 13.8 kV

Norma	Nível de curto-circuito em relação à capacidade nominal	Tensão nominal do disjuntor (Ur)					
		Ur=15 kV		Ur=17.5 kV		Ur=24 kV	
		TRTmax (kV)	Tempo (µs)	TRTmax (kV)	Tempo (µs)	TRTmax (kV)	Tempo (µs)
IEC	T60	27.6	29	32.1	31	44.1	38
	T30	29.4	15	34.3	16	47	19
NBR	T60	27.6	46	32	31	44	38
	T30	27.6	30	32	15	44	19

Tabela 3.4 - Parâmetros de referência de TRT, para análise de disjuntores para o sistema de 4.16 kV

Norma	Nível de curto-circuito em relação à capacidade nominal	Tensão nominal do disjuntor (Ur)					
		Ur=4.76 kV		Ur=7.2 kV		Ur=12 kV	
		TRTmax (kV)	Tempo (µs)	TRTmax (kV)	Tempo (µs)	TRTmax (kV)	Tempo (µs)
IEC	T60	8.7	19	13.2	22	22	27
	T30	9.3	10	14.1	11	23.5	13
NBR	T60	8.7	31	13	22	22	26
	T30	8.7	20	13	11	22	13

3.7 Simulações

Para as simulações de TRTs de disjuntores de média tensão foi utilizado o programa PSCAD/EMTDC, com a mesma representação dos componentes da rede elétrica e parâmetros utilizados para análise de TRTs de disjuntores de alta tensão e que foram apresentados no capítulo anterior, na seção 2.6.

3.8 Critérios para a Seleção das Características Adequadas dos Disjuntores

A determinação das características adequadas para os disjuntores do sistema de média tensão do Tebar, em termos de TRT, consiste na determinação da tensão nominal (Ur) e da capacidade de interrupção de curto-circuito (Isc), de maneira que as TRTs do sistema não ultrapasassem o envelope de referência de TRT, mantendo uma margem de segurança (MS) de 5%.

Para a seleção de disjuntor adequado as seguintes considerações são feitas:

- a) Valores básicos de capacidade nominal de interrupção de corrente de curto-circuito: 25 kA e 31.5 Ka
- b) A suportabilidade do disjuntor em relação à TRT será considerada adequada quando a TRT do sistema, obtida pela simulação, for inferior à envoltória de TRT do disjuntor para a tensão nominal (U_r) considerada, com uma margem de segurança de 5%
- c) Tendo em vista a influência significativa dos bancos de capacitores (BCs) da instalação nas TRTs, nas simulações consideram-se as condições com e sem os BCs.
- d) O tipo de defeito considerado para a definição dos disjuntores quanto à TRT é o trifásico isolado, que pode produzir os maiores níveis de TRTs.
- e) Os valores de referência das normas são tomados de acordo com a relação entre o nível de curto-circuito e a capacidade nominal de interrupção (T100, T60, T30, T10, que correspondem às porcentagens de 100%, 60%, 30% e 10%, respectivamente). Para valores intermediários adota-se a porcentagem padronizada imediatamente superior.

As simulações sem os BCs levam em consideração que os BCs da instalação podem ficar fora de operação por diferentes motivos, como: questão de compensação reativa, b) abertura do disjuntor do circuito onde se localiza o BC em consequência da atuação da proteção de subtensão durante o defeito, c) manutenção de BC, etc.

3.9 Casos Simulados

O foco deste estudo de TRT em MT são os disjuntores do Tebar que se encontram na parte localizada no primeiro nível de transformação a partir da entrada de alimentação da SE Tebar, em AT, ou seja, os disjuntores de 13.8 kV do lado de MT da transformação 138/13.8 kV e os disjuntores de 4.16 kV da transformação 138/4.16 kV.


Para a avaliação das TRTs dos disjuntores de MT, foi contemplado um conjunto bastante representativo de disjuntores, que foram agrupados em subconjuntos de acordo com a localização do disjuntor na instalação. Os grupos foram separados procurando identificar particularidades nos resultados conforme a localização. Além da separação por transformador AT/MT, as seguintes distinções foram feitas:

- a) Disjuntores de alimentação de barramentos secundários de transformadores AT/MT;
- b) Disjuntores de circuitos derivados diretamente de barramentos secundários de transformadores AT/MT (localização nível 1);
- c) Disjuntores de locais afastados de barramentos secundários de transformadores AT/MT (localização nível 2)

As simulações consideraram, na maior parte dos casos, a falta terminal no disjuntor (curto-circuito na saída do disjuntor), mas alguns casos de falta em pontos afastados (fim de circuito) foram também contemplados.

Para cada falta foram consideradas as situações:

- a) com todos os BCs ligados
- b) com os BCs desligados

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 48 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

Além disso, algumas simulações adicionais foram realizadas deixando desconectado um ou mais circuitos de MT.

Os disjuntores contemplados nas simulações estão indicados na Figura 3.1, com elipses com fundo em tom levemente escuro, que são listados a seguir:

a) 13.8 kV

- Disjuntores de barramentos secundários
TF-3202A, TF-3202B, TF-3217A, TF-3217B: disjuntores 223, 221, 67, 70, respectivamente
- Disjuntores de circuitos derivados diretamente de barramentos secundários de transformadores AT/MT (localização nível 1)
TF-3202A e TF-3202B: disjuntores 224, 225, 226, 227, 228
TF-3217A e TF-3217B: disjuntores 49, 58, 71
- Disjuntores de locais afastados de barramentos secundários de transformadores AT/MT (localização nível 2)
TF-3202A: disjuntores 300, 60
TF-3202B: disjuntores 47, 98, 150, 302, 304, 96, 97

b) 4.16 kV

- Disjuntores de barramentos secundários
TF-3218A e TF-3218B: disjuntores 87, 88, respectivamente
- Disjuntores de circuitos derivados diretamente de barramentos secundários de transformadores AT/MT (localização nível 1)
TF-3218A: disjuntor 75
TF-3218B: disjuntores 80, 85, 86

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 49 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

3.10 Resultados das Simulações

Os resultados obtidos nas simulações estão apresentados em forma de gráficos no Anexo.

As Figuras 3.2 e 3.3 ilustram duas simulações realizadas, a saber:


- a) Figura 3.2: Curto-circuito trifásico isolado na saída do disjuntor, com todos os BCs ligados
- b) Figura 3.3: Curto-circuito trifásico isolado na saída do disjuntor, sem os BCs

Essas figuras mostram as TRTs ao longo do tempo juntamente com as curvas envoltórias de referência das normas NBR/IEC 62271-100-2006 e IEC 62271-100-2008, tomadas de acordo com o nível de corrente de curto-circuito obtida na simulação (de 9 kA, que corresponde a 28.6% da capacidade de interrupção considerada, $I_{sc} = 31.5$ kA, resultando na utilização da curva T30 das normas). Os envelopes de referência se referem às tensões nominais $U_r = 15$ kV, 17.5 kV e 24 kV, como pode ser visto nas figuras.

Na Figura 3.2 pode ser verificado que a TRT ultrapassa a envoltória correspondente a $U_r = 15$ kV e fica abaixo das envoltórias correspondentes a $U_r = 17.5$ kV. Considerando que os valores de crista de TRT de referência para $U_r = 17.5$ kV igual a 34.3 kV pela IEC 62271-100-2008 e 32 kV pela NBR/IEC 62271-100-2006, e que o valor de pico de TRT calculado é igual a 31.0 kV, tem-se as seguintes margens de segurança (MS):

- a) Pela IEC 62271-100-2008: $MS = (1 - 31.0/34.3) \times 100\% = 9.6\%$
- b) Pela NBR/IEC 62271-100-2006: $MS = (1 - 31.0/32) \times 100\% = 3.1\%$

Verifica-se que pela IEC 62271-100-2008 tem-se $MS > 5\%$. Portanto, conclui-se que $U_r = 17.5$ kV é adequado para a $I_{sc} = 31.5$ kA. Entretanto, pela NBR/IEC 62271-

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 50 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

100-2006 resulta $MS < 5\%$; portanto não atende ao critério adotado e, assim, o valor de Ur necessário para o disjuntor seria de 24 kV. Isso indica que a norma IEC tende a ter suportabilidade a TRT um pouco maior do que disjuntor especificado pela NBR/IEC, de uma forma similar à que ocorre também com disjuntor de AT, conforme verificado no capítulo 2 deste relatório.

Por outro lado, analisando a situação sem BCs, mostrada na Figura 3.3, verifica-se o seguinte:

a) Pela IEC 62271-100-2008:

A TRT fica abaixo da curva relativa a $Ur = 15$ kV, mas tem-se uma $MS = 2.4\%$, menor do que o valor mínimo de 5%.

Portanto, resulta o valor de Ur mínimo necessário de 17.5 kV.

b) Pela NBR/IEC 62271-100-2006

A TRT fica acima da curva relativa a $Ur = 15$ kV. Para $Ur = 17.5$ kV tem-se uma margem $> 5\%$.

Portanto, resulta o valor de Ur mínimo necessário de 17.5 kV.

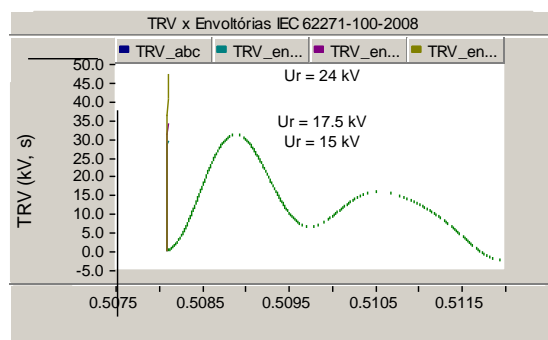
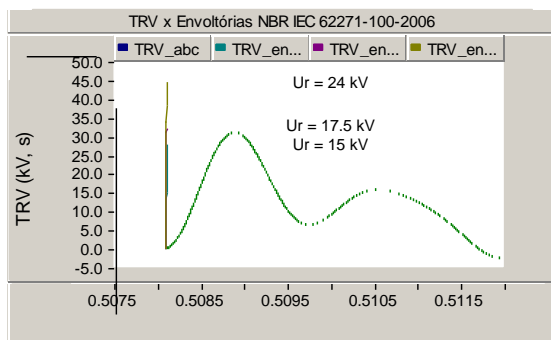
NBR/IEC 62271-100-2006
IEC 62271-100-2008

TRV_crista.: 31.0 kV

Figura 3.2 – TRT no disjuntor PD-0058 do PN-3228B – Curto-circuito trifásico isolado na saída do disjuntor; com BCs ligados; $I_{sc} = 31.5 \text{ kA}$

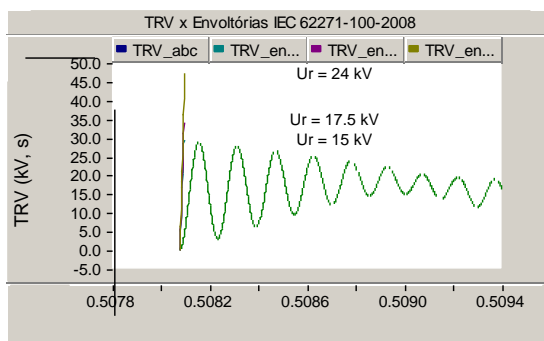
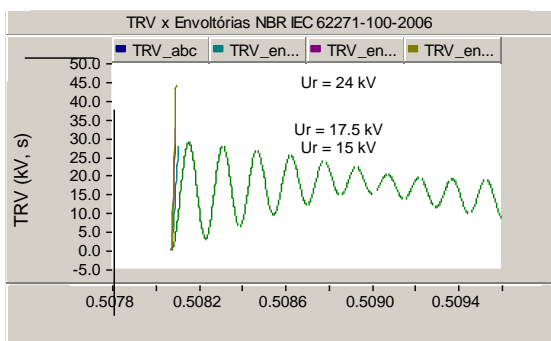
NBR/IEC 62271-100-2006
IEC 62271-100-2008

Max.: 28.7 kV

Figura 3.3 – TRT no disjuntor PD-0058 do PN-3228B – Curto-circuito trifásico isolado na saída do disjuntor; sem BCs; $I_{sc} = 31.5 \text{ kA}$

Tabelas de Resultados de Comparação entre TRT's Calculados e Níveis de Referência

As Tabelas 3.5.a 3.12 apresentam os resultados de comparação entre as TRTs calculadas e os níveis de referência, indicando, para cada caso simulado, se há ou não ultrapassagem do envelope de referência e as margens de segurança, para diferentes valores de U_r , de forma a possibilitar a visualização das condições resultantes.

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO			FOLHA 52 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE			

A. DISJUNTORES DO SISTEMA DE 13.8 KV

A.1 – Disjuntores de alimentação de barramentos secundários de transformadores 138kV/13.8kV

Tabela 3.5 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa- ção dos BCs	TRT obtida na simula- ção (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA							Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA						
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curv a de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV
223 (b) TF-3202A	saída	3F isol.	Lig.	27.2	9.05	T60	MS= 2.2%	N	N	MS= 2.2%	N	N	T30	MS= 2.2%	N	N	N	N	N
			Desl.	27.4	9.02	T60	MS= 0.7%	N	N	MS= 0.7%	N	N	T30	MS= 0.7%	N	N	N	N	N
223 (b) TF-3202A	saída	3F isol.	Lig.	28.5	9.05	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 3.1%	N	N
221 TF-3202B	saída	3F isol.	Lig.	25.0	9.05	T60	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	27.3	9.02	T60	MS= 1.1%	N	N	MS= 1.1%	N	N	T30	MS= 1.1%	N	N	N	N	N
67 (a) TF-3217B	saída	3F isol.	Lig.	28.1	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.4%	N	N
			Desl.	28.6	8.99	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.7%	N	N
67 (b) TF-3217B	saída	3F isol.	Lig..	28.6	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.7%	N	N
70 TF-3217B	saída	3F isol.	Lig.	27.0	9.02	T60	MS= 2.2%	N	N	MS= 2.2%	N	N	T30	MS= 2.2%	N	N	N	N	N
			Desl.	27.6	9.00	T60	MS= 0%	N	N	MS= 0%	N	N	T30	MS= 0%	N	N	N	N	N

Notas: a) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; b) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc : valor de crista da TRT calculado e kVp_ref : valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

223(a), 67(a): com os circuitos do barramento conectados; 223(b), 67(b): sem os circuitos do barramento (disjuntores dos circuitos abertos)

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO			FOLHA 53 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE			

A.2 – Disjuntores de circuitos derivados diretamente do barramento secundário de transformador TF-3202A - 138kV/13.8kV (Localização Nível 1)

Tabela 3.6 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simula-ção (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)														
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA						Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA								
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curv a de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	
224	saída	3F isol.	Lig.	27.6	9.05	T60	MS= 0.4%	N	N	MS= 0.4%	N	N	T30	MS= 0.4%	N	N	N	N	N	
			Desl.	28.6	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.7%	N	N	
224 (L)	saída	3F isol.	Lig.	26.6	8.98	T60	MS= 3.6%	N	N	N	N	N	T30	MS= 3.6%	N	N	N	N	N	
			Desl.	28.1	8.98	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.4%	N	N	
225	saída	3F Isol.	Lig.	24.9	9.05	T60	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N	
			Desl.	27.1	9.02	T60	MS= 1.8%	N	N	MS= 1.8%	N	N	T30	MS= 1.8%	N	N	N	N	N	N
226	saída	3F isol.	Lig.	28.5	9.05	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 3.1%	N	N	
			Desl.	28.9	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 1.7%	N	N	
	fim circ.	3F isol.	Lig.	28.0	5.98	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.8%	N	N	
			Desl.	29.6	5.93	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N	
	Circ. de emerg. *	3F isol.	Lig.	28.1	4.44	T30	S	N	N	MS= 4.4%	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.4%	N	N	
			Desl.	23.8	4.41	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N	

Notas: a) * defeito no circuito de emergência junto ao disjuntor NA do PN-3228A; b) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; c) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc: valor de crista da TRT calculado e kVp_ref: valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV).

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº:	MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV.	C
	TRANSPETRO				FOLHA	54 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE					

A.3 – Disjuntores de locais afastados em relação ao barramento secundário do transformador (Localização Nível 2) - TF-3202A

Tabela 3.7 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simulação (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA						Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA							
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV
300	saída	3F isol.	Lig.	23.6	5.00	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	23.5	4.98	T30	S**	N	N	N	N	N	N	T30	S**	N	N	N	N
60	saída	3F isol.	Lig.	27.9	5.00	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
			Desl.	25.4	4.98	T30	N	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N

Notas: a) S**: A TRT ultrapassa a envoltória de referência durante a subida inicial; b) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; c) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc : valor de crista da TRT calculado e kVp_ref : valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº:	MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV.	C
	TRANSPETRO				FOLHA	55 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE					

A.4 – Disjuntores de circuitos derivados diretamente do barramento secundário de transformador TF-3202B - 138kV/13.8kV (Localização Nível 1)

Tabela 3.8 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simula-ção (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA						Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA							
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curv a de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV
227	saída	3F isol.	Lig.	24.1	9.04	T60	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	26.4	8.98	T60	MS= 4.3%	N	N	MS= 4.3%	N	N	N	T30	MS= 4.3%	N	N	N	N
228 (a)	saída	3F isol.	Lig.	27.8	9.05	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	N	N	N
			Desl.	30.2	8.98	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
228 (b)	saída	3F isol.	Lig.	26.9	9.05	T60	MS= 2.5%	N	N	MS= 2.5%	N	N	T30	MS= 2.5%	N	N	N	N	N
			Desl.	26.9	8.98	T60	MS= 2.5%	N	N	MS= 2.5%	N	N	T30	MS= 2.5%	N	N	N	N	N
228 (c)	saída	3F isol.	Desl.	28.5	9.05	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 3.1%	N	N
228(L) (d)	saída	3F isol.	Lig.	26.9	9.04	T60	MS= 2.5%	N	N	MS= 2.5%	N	N	T30	MS= 2.5%	N	N	N	N	N
			Desl.	28.1	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T60	S	N	N	MS= 4.4%	N	N

Notas: a) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; b) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc: valor de crista da TRT calculado e kVp_ref: valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

228 (a): configuração normal

228 (b): sem outros circuito da barra

228 (c): sem outros circuito da barra e sem o cabo do circuito desse circuito

228 (d): configuração em L (barras secundárias interligadas e alimentadas pelo TF-3202B)

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO			FOLHA 56 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE			

A.5 – Disjuntores de locais afastados em relação ao barramento secundário do TF-3202B - 138kV/13.8kV (Localização Nível 2)

Tabela 3.9 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa- ção dos BCs	TRT obtida na simula- ção (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA							Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA						
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curv a de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV
47	saída	3F Isol.	Lig.	24.3	6.60	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	29.8	6.58	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
98	saída	3F isol.	Lig.	28.1	6.60	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.4%	N	N
			Desl.	29.4	6.58	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 0	N	N
150	saída	3F isol.	Lig.	25.7	6.60	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	30.4	6.58	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
302 (emerg.)	Chega da ao PN- 53300 01B	3F isol.	Lig.	29.0	5.66	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 1.4%	N	N
			Desl.	28.2	5.64	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.1%	N	N
304	fim circ.	3F isol.	Lig.	28.2	8.75	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 4.1%	N	N
			Desl.	29.2	8.75	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 0.7%	N	N
96	saída	3F isol.	Lig.	30.4	8.75	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
			Desl.	29.9	8.75	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N
97	saída	3F isol.	Lig.	27.4	8.75	T30	MS= 0.7%	N	N	MS= 0.7%	N	N	T30	MS= 0.7%	N	N	N	N	N
			Desl.	29.9	8.75	T30	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	S	N	N

Notas: a) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; bb) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc : valor de crista da TRT calculado e kVp_ref : valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO		FOLHA 57 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

A.6 – Disjuntores de circuitos derivados diretamente do barramento secundário de transformador TF-3217B - 138kV/13.8kV (Localização Nível 1)

Tabela 3.10 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simula-ção (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA							Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA						
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curv a de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV		Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV	Ur 15kV	Ur 17.5kV	Ur 24kV
49	saída	3F isol.	Lig.	29.1	9.02	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 1.0%	N	N
			Desl.	28.7	8.99	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.4%	N	N
58	saída	3F isol.	Lig.	31.0	9.02	T60	S	MS= 3.1%	N	S	MS= 3.4%	N	T30	S	MS= 3.1%	N	S	N	N
			Desl.	28.7	8.99	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.4%	N	N
71	saída	3F isol.	Lig.	31.1	9.02	T60	S	MS= 2.8%	N	S	MS= 3.1%	N	T30	S	MS= 2.8%	N	S	N	N
71 (L)	saída	3F isol.	Lig.	31.8	8.96	T60	S	MS= 0.6%	N	S	MS= 0.9%	N	T30	S	MS= 0.6%	N	S	N	N
			Desl.	28.7	8.98	T60	S	N	N	S	N	N	T30	S	N	N	MS= 2.4%	N	N

Notas: a) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; b) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc : valor de crista da TRT calculado e kVp_ref : valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

71(L): Configuração em L, ou seja, com disjuntor de interligação de barras entre PN-3228A e PN-3228B fechado e com alimentação ou pelo TF-3217A ou TF-3217B

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO			FOLHA 58 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE			

B. DISJUNTORES DO SISTEMA DE 4.16 KV

B.1 – Disjuntores de alimentação de barramentos secundários de transformadores 138kV/4.16kV

Tabela 3.11 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simulação (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
	local	tipo				Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA						Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA							
						Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV	Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV		Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV	Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV
88 (a) TF-3218B	saída	3F isol.	Lig.	7.5	12.94	T60	S*	N	N	N	N	N	T60	S*	N	N	N	N	N
			Desl.	7.9	12.87	T60	S*	N	N	N	N	N	T60	S*	N	N	N	N	N
88 (b) TF-3218B	saída	3F isol.	Desl.	9.1	12.87	T60	S S*	N	N	S	N	N	T60	S S*	N	N	S	N	N
87 (b) TF-3218A	saída	3F isol.	Lig.	9.1	12.94	T60	S S*	N	N	S	N	N	T60	S S*	N	N	S	N	N

Notas: a) S*: A TRT ultrapassa a envoltória de referência durante a subida inicial; b) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; c) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc: valor de crista da TRT calculado e kVp_ref: valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

88(a): com os circuitos alimentados pela barra conectados

88(b): com os circuitos alimentados pela barra desconectados (disjuntores dos circuitos de 4.16 kV abertos)

87(b): com os circuitos alimentados pela barra desconectados (disjuntores dos circuitos de 4.16 kV abertos)

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. C
	TRANSPETRO		FOLHA 59 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		


B.2 – Disjuntores de circuitos derivados diretamente de barramento secundário de transformador TF-3218B - 138kV/4.16kV (Localização Nível 1)

Tabela 3.12 – Resultados de TRT

Dis-juntor	Curto-circuito		Situa-ção dos BCs	TRT obtida na simulação (kVp)	ICC (kAef)	TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT? (N: não; S: sim)													
						Disj. c/ capacid. nominal de CC: 25 kA							Disj. c/ capacid. nominal de CC: 31.5 kA						
	local	tipo				Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008			Curva de refer.	NBR/IEC 62271-100-2006			IEC 62271-100-2008		
							Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV	Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV		Ur 4.76kV	Ur 7.2kV	Ur 12kV			
85	saída	3F Isol.	Lig.	7.9	13.1	T60	N	N	N	N	N	N	T60	N	N	N	N	N	N
			Desl.	8.9	12.9	T60	S	N	N	N	N	N	T60	S	N	N	N	N	N
			Lig.	6.8	10.1	T60	S*	N	N	N	N	N	T60	S*	N	N	N	N	N
85	após cabo de 250m	3F isol.	Desl.	8.3	10.1	T60	S*	N	N	MS= 4.6%	N	N	T60	S*	N	N	MS= 4.6%	N	N
			Lig.	8.7	12.9	T60	MS= 0%	N	N	MS= 0%	N	N	T60	MS= 0%	N	N	MS= 0%	N	N
			Desl.	8.3	12.9	T60	S*	N	N	MS= 4.6%	N	N	T60	S*	N	N	MS= 4.6%	N	N
			Lig.	7.0	7.3	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
			Desl.	6.2	7.3	T30	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N
86	saída	3F isol.	Lig.	9.2	12.9	T60	S	N	N	S	N	N	T60	S	N	N	S	N	N
			Desl.	9.3	12.9		S	N	N	S	N	N	T60	S	N	N	S	N	N
80 (L)	saída	3F isol.	Lig.	9..3	12.9	T60	S	N	N	MS= 0%	N	N	T60	S	N	N	S	N	N
75	saída	3F isol.	Lig.	8.2	12.9	T60	N	N	N	N	N	N	T60	N	N	N	N	N	N
75	Fim do circ.	3F isol.	Lig.	7.49	9.2	T60	N	N	N	N	N	N	T30	N	N	N	N	N	N

Notas: a) S*: A curva de TRT ultrapassa a envoltória de referência durante a subida inicial; b) Ur: Valor padronizado de tensão nominal do disjuntor; c) MS: Margem de segurança para valores de pico (casos em que não há ultrapassagem do valor de crista da envoltória de referência), sendo: $MS = (1 - kVp_calc/kVp_ref) \times 100\%$, onde kVp_calc : valor de crista da TRT calculado e kVp_ref : valor de crista da envoltória de TRT de referência (kV)

80(L): Configuração em L, ou seja, com disjuntor de interligação de barramentos entre PN-3232A e PN-3232B fechado, com alimentação pelo TF-3218A ou TF-3218B.

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 60 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

3.11 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos nas simulações de TRT em disjuntores de MT indicaram diferentes níveis e taxas de crescimento de TRTs para os disjuntores das instalações da Tebar, em função da localização, componentes de rede envolvidos, presença ou não de capacitores, etc..


Neste estudo, procurou-se avaliar as TRTs de disjuntores agrupados de acordo com a localização, com a finalidade de observar o comportamento das TRTs em diferentes locais da instalação e caracterizar possíveis particularidades em função da localização.

Pela análise dos resultados foram obtidas as características mínimas necessárias para os grupos de disjuntores separados em função da sua localização, conforme exposto anteriormente. As características mínimas de um grupo de disjuntores são aquelas determinadas pela condição mais severa encontrada no grupo.

A seguir são apresentadas as características mínimas de disjuntores (tensão nominal U_r e capacidade de interrupção nominal de corrente de curto-circuito I_{sc}) agrupados de acordo com a localização do disjuntor na instalação, separando-se em grupos de acordo com a tensão do sistema (13.8 kV ou 4.16 kV), transformador, a zona de proteção dada (disjuntor de barramento secundário de transformador AT/MT ou disjuntor de circuito de MT), bem como a localização em relação ao barramento secundário. As características mínimas necessárias são indicadas de maneira a atender à pior condição de TRT no grupo considerado.

Como exemplo dessa análise, considerem-se os disjuntores de alimentação de barramentos de 13.8 kV, cujos resultados de simulações comparados com os níveis de referência de TRT são apresentados na Tabela 3.5.

Verificando, inicialmente, os resultados para a capacidade de interrupção de 25 kA, constata-se que com $U_r = 15$ kV há vários casos em que a TRT do sistema ultrapassa a curva de referência de TRT ou casos em que a margem de segurança

	MEMÓRIA DE CALCULO		Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO			FOLHA 61 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE			

(MS) é menor que 5%. Isso ocorre tanto para as curvas da NBR/IEC-2006 como da IEC-2008. Por outro lado, constata-se que com $U_r = 17.5 \text{ kV}$, as TRTs não são ultrapassadas e uma margem de segurança $\geq 5\%$ é mantida. O mesmo acontece com $U_r = 24 \text{ kV}$. Assim, o valor mínimo de U_r para esse grupo de disjuntores é $U_r = 17.5 \text{ kV}$. Para a capacidade de interrupção de 31.5 kA, efetuando-se a mesma análise, chega-se ao valor mínimo de U_r também de 17.5 kV, para ambas as normas.

Considerando esses resultados para o grupo em questão (disjuntores de alimentação de barramento secundário de transformador 138/13.8 kV), chega-se à conclusão de que as características mínimas indicadas são: $U_r = 17.5 \text{ kV}$ e $I_{sc} = 25 \text{ kA}$.

Essa análise foi feita para todos os grupos de disjuntores considerados, obtendo-se os resultados apresentados a seguir.

3.11.1 Disjuntores do sistema de 13.8 kV

3.11.1.1 Disjuntores de alimentação de barramentos secundários dos transformadores 138KV/13.8 kV: TF-3202A, TF-3202B, TF-3217A e 3217B

a) Tensão nominal U_r mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de U_r necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	17.5 kV	17.5 kV
31.5 kA	17.5 kV	17.5 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA

3.11.1.2 Disjuntores de circuitos ligados aos barramentos secundários de transformadores 138kV/13.8kV
a) TF-3202A ou TF-3202B

a) Tensão nominal U_r mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de U_r necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	17.5 kV	17.5 kV
31.5 kA	17.5 kV	17.5 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA

b) TF-3217A ou TF-3217B

a) Tensão nominal U_r mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de U_r necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	24 kV	24 kV
31.5 kA	24 kV	17.5 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
24 kV / 25 kA	17.5 kV / 31.5 kA ou 24 kV / 25 kA

3.11.1.3 Disjuntores de locais afastados do barramento secundário de transformador AT/MT (sob TF-3202A ou TF-3202B)

a) Tensão nominal Ur mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de Ur necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	17.5 kV	17.5 kV
31.5 kA	17.5 kV	17.5 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA

3.11.2 Disjuntores do Sistema de 4.16 kV

3.11.2.1 Disjuntores de alimentação de barramentos secundários dos transformadores 138KV/4.16 kV: TF-3218A, TF-3218B

a) Tensão nominal Ur mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de Ur necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	7.2 kV	7.2 kV
31.5 kA	7.2 kV	7.2 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA

3.11.2.2 Disjuntores de circuitos de 4.16 kV ligados aos barramentos secundários de transformadores 138kV/4.16kV (TF-3218A ou TF-3218B)

a) Tensão nominal U_r mínima necessária em função da capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito

Capacidade nominal de interrupção de curto-circuito	Valor mínimo de U_r necessário	
	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
25 kA	7.2 kV	7.2 kV
31.5 kA	7.2 kV	7.2 kV

b) Características mínimas necessárias

NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA

3.11.3 Resumo dos Resultados e Indicação das Características Mínimas para os Disjuntores de MT nas Instalações do TEBAR

3.11.3.1 Resumo dos resultados da análise

As seguintes características mínimas são apresentadas, como resumo da análise realizada, para os grupos de disjuntores indicados.

a) Sistema de 13.8 kV

Disjuntores	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
Barramentos secundários de 13.8 kV	17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA
Circuitos de 13.8 kV* sob TF3202A e TF3202B	17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA
Circuitos de 13.8 kV sob TF3217A e TF3217B	24 kV / 25 kA	17.5 kV / 31.5 kA ou 24 kV / 25 kA

Nota: * incluem tanto os disjuntores de circuitos derivados diretamente do barramento secundário de TF3202A e TF3202B como os mais distantes.

Observa-se a vantagem de especificação pela norma IEC 62271-100-2008, tendo em vista a possibilidade de uso de tensão nominal Ur de 17.5 kV em vez de 24 kV, que seria o caso com a norma NBR-IEC 62271-100-2006. Assim, recomenda-se a utilização da norma IEC 62271-100-2008.

b) Sistema de 4.16 kV

Disjuntores	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
Barramento secundário de 4.16 kV	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA
Circuitos de 4.16 kV sob TF3218A e TF3218B	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA

3.11.3.2 Padronização das características mínimas recomendadas para disjuntores de MT

Nos resultados apresentados no sub-item anterior verificou-se que, particularmente no sistema de 13.8 kV, os disjuntores sob TF3217A e TF3217B estão sujeitos a TRTs mais severas do que nos outros disjuntores de 13.8 kV.

Embora seja possível manter especificações diferenciadas para diferentes grupos de disjuntores, cabe observar que uma padronização das características dos

disjuntores usados numa instalação de maneira a atender às condições mais severas entre os diferentes disjuntores pode ser, em muitas situações, conveniente tendo em vista fatores como: possibilidade de alteração da configuração ou das características de componentes da instalação no futuro, intercambiabilidade, etc., desde que não cause um sobrecusto excessivo.

Nesse sentido, as seguintes características nominais padronizadas podem ser recomendadas para as instalações da Tebar:

Sistema	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
13.8 kV	24 kV / 25 kA	17.5 kV / 31.5 kA*
4.16 kV	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA

* Possibilidade de adotar 17.5 kV / 31.5 kA ou 24 kV / 25 kA, mas aqui está sendo recomendada a alternativa com tensão nominal U_r menor.

Do ponto de vista de TRT, é recomendável, também, que a especificação dos disjuntores seja baseada na norma IEC 62271-100-2008, cujas curvas de referência de TRT favorecem o uso de U_r de nível menor (17.5 kV em vez de 24 kV no sistema de 13.8 kV)

3.12 Falhas Quilométricas

A NBR-IEC 62271-100-2006 não traz exigências ou níveis de referência relativos a falhas quilométricas para disjuntores de média tensão. A IEC 62261-100-2008 também não traz exigência ou níveis de referência para esse tipo de falta para disjuntores de média tensão do tipo S1, que é o tipo a ser utilizado em sistemas com cabos (subterrâneos), que é o caso aplicável ao sistema do Tebar.

Entretanto a IEC 62261-100-2008 traz níveis de referência para disjuntores de $U_r = 15$ a 24 kV do tipo S2, que é o tipo a ser utilizado em sistemas com linhas ou sistemas com cabos com conexão direta (sem cabo) a linhas aéreas, que não é exatamente o caso aplicável ao Tebar.

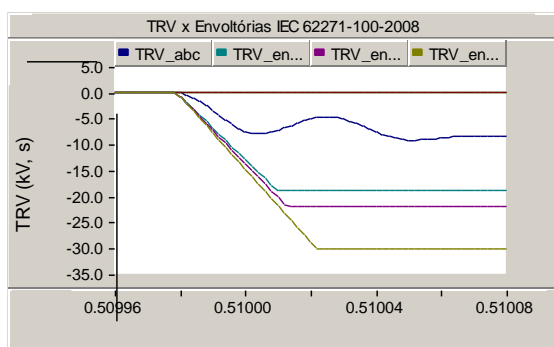
Neste estudo foi feita, a título de verificação, uma simulação de falta quilométrica fase-terra, comparando-se as TRTs obtidas com os níveis de referência da IEC 62261-100-2008 especificados para disjuntor tipo S2, que estão mostrados na Tabela 3.13.

Considerou-se o disjuntor 58 (ver Figura 3.1) na abertura de defeito fase-terra no final do circuito, na chegada na ETE.

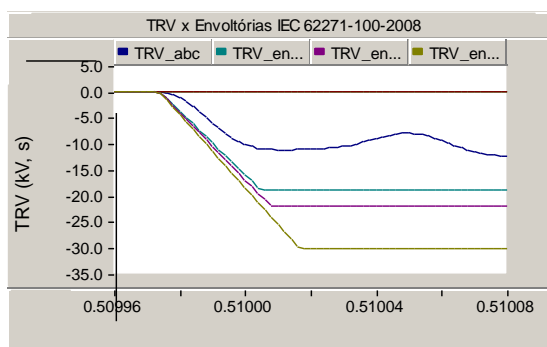
Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 3.4, que mostram que, para a instalação estudada, a taxa de crescimento da TRT produzida pela falta quilométrica é inferior às taxas de crescimento de referência, indicando que essa falta não imporia restrições ao disjuntor quanto à TRT.

Tabela 3.13 - IEC 62271-100-2008 – Valores normalizados de TRT para classe de disjuntores S2 (sistema com linha ou sistema com cabo sem conexão direta a linhas aéreas, sem cabo)– Representação por 2 parâmetros

Rated voltage U_r kV	Type of test	First-pole-to-clear factor k_{pp} p.u.	Amplitude factor k_{ar} p.u.	TRV peak value u_0 kV	Time t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV ^a u_0/t_3 kV/ μs
15 ^b	Terminal fault	1,5	1,54	28,3	31	2	9,4	12	0,91
	Short-line fault	1	1,54	18,9	31	2	6,3	12	0,61
	Out-of-phase	2,5	1,25	38,3	62	9	12,8	30	0,62
17,5	Terminal fault	1,5	1,54	33,0	34	2	11,0	13	0,97
	Short-line fault	1	1,54	22,0	34	2	7,3	13	0,65
	Out-of-phase	2,5	1,25	45	68	10	14,9	33	0,65
24	Terminal fault	1,5	1,54	45,3	43	2	15,1	16	1,05
	Short-line fault	1	1,54	30,2	43	2	10,1	16	0,70
	Out-of-phase	2,5	1,25	61	86	13	20,4	42	0,71



(a) Com BCs ligados



(b) Sem BCs

Figura 3.4 – TRT no disjuntor 224 do circuito de 13.8 kV comparada às curvas de referência da IEC 62271-100-2008 (para $U_r = 15$ kV, 17.5 kV e 24 kV) – Falta fase-terra no final da linha aérea de 13.8 kV (na chegada à ETE)

3.13 Considerações Finais e Conclusões

Os estudos realizados mostraram que os disjuntores podem ficar sujeitos a solicitações além da sua capacidade de TRT caso este aspecto não for levado em consideração na seleção das suas características nominais.

Considerando os resultados obtidos neste estudo de TRT, são apresentadas as seguintes recomendações:

a) Para os disjuntores de média tensão da Tebar, recomenda-se adotar as características mínimas padronizadas indicadas na seção 3.11.3.2, ou seja:

Sistema	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
13.8 kV	24 kV / 25 kA	17.5 kV / 31.5 kA*
4.16 kV	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA

* Possibilidade de adotar 17.5 kV / 31.5 kA ou 24 kV / 25 kA, mas aqui está sendo recomendada a alternativa com tensão nominal Ur menor.


Cabe aqui destacar a vantagem, do ponto de vista de TRT, da especificação dos disjuntores pela norma IEC 62271-100-2008, pelo fato de permitir o uso de Ur = 17.5 kV em vez de 24 kV.

b) Caso se opte por especificações diferenciadas de disjuntores, poderão ser adotadas as características mínimas indicadas na seção 3.11.3.1, ou seja:

Sistema de 13.8 kV

Disjuntores	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
Barramentos secundários de 13.8 kV	17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA
Circuitos de 13.8 kV* sob TF3202A e TF3202B	17.5 kV / 25 kA	17.5 kV / 25 kA
Circuitos de 13.8 kV sob TF3217A e TF3217B	24 kV / 25 kA	17.5 kV / 31.5 kA*

* Possibilidade de adotar 17.5 kV / 31.5 kA ou 24 kV / 25 kA, mas aqui está sendo recomendada a alternativa com tensão nominal Ur menor.

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 69 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

Sistema de 4.16 kV

Disjuntores	NBR/IEC 62271-100-2006	IEC 62271-100-2008
Barramento secundário de 4.16 kV	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA
Circuitos de 4.16 kV sob TF3218A e TF3218B	7.2 kV / 25 kA	7.2 kV / 25 kA



MEMÓRIA DE CALCULO

Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011

REV. E

TRANSPETRO

FOLHA 70 de 116

TÍTULO:

MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE

ANEXO 1

Dados de curto-circuito fornecido pela EDP BANDEIRANTE

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas


Pag.1

Caso Inicial, somente para atualização da Base de dados.

RELATORIO DE DADOS DE CURTO-CIRCUITO

SAPRE - REDE:<vazia> CASO:<trabalho>

IDENTIFICACAO		Z1		Z0		X0/X1	T R I F A S I C O		M O N O F A S I C O		R0/X1	KV	ATERR	
NUM.	NOME	MOD (pu)	ANG (gr)	MOD (pu)	ANG (gr)		MOD (MVA)	ANG (gr)	MOD (MVA)	ANG (gr)				
21029	GLEBA	138A	0.0707	74.65	0.1070	81.70	1.55	1414.56	-74.65	1209.99	-77.68	0.23	88.99	ATR
21030	GLEBA	138B	0.0707	74.65	0.1070	81.70	1.55	1414.56	-74.65	1209.99	-77.68	0.23	88.99	ATR

	MEMÓRIA DE CALCULO	Nº: MC-4250.01-5142-700-ABF-011	REV. E
	TRANSPETRO		FOLHA 71 de 116
	TÍTULO: MEMÓRIA DE DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA SE		

ANEXO 2

RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE TRT'S EM DISJUNTORES DE AT

Os gráficos seguintes mostram as TRTs obtidas de simulações. São plotadas juntamente com as envoltórias de TRT correspondentes a $U_r = 145 \text{ kV}$, 170 kV e 245 kV , respectivamente de baixo para cima.

Legenda

AT: alta tensão

MT: média tensão

CC3F AT: curto-circuito trifásico isolado no lado de alta tensão

CC3F MT: curto-circuito trifásico isolado no lado de média tensão

BC: banco de capacitores

I - SIMULAÇÕES SEM CARGAS NO SISTEMA DE SUBTRANSMISSÃO – DISJUNTOR PD-0052

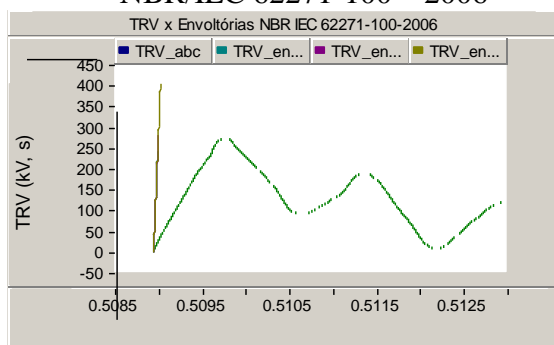
TF-3202A (138/13.8 kV)

Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F AT

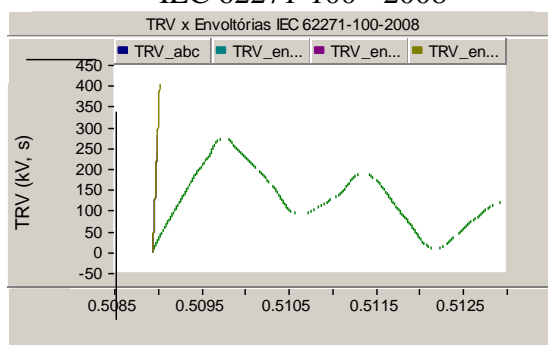
Com BCs da MT – Sem carga no sistema de subtransmissão

NBR/IEC 62271-100 – 2006



Max.: 271.8 kV

IEC 62271-100 - 2008

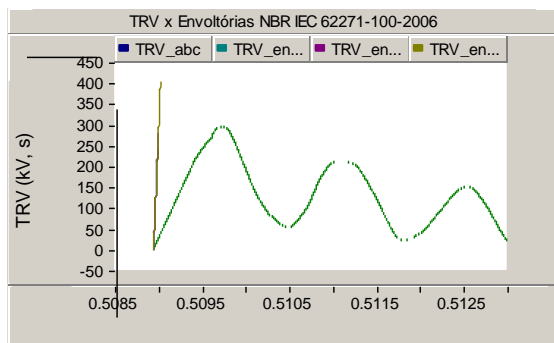


Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F AT

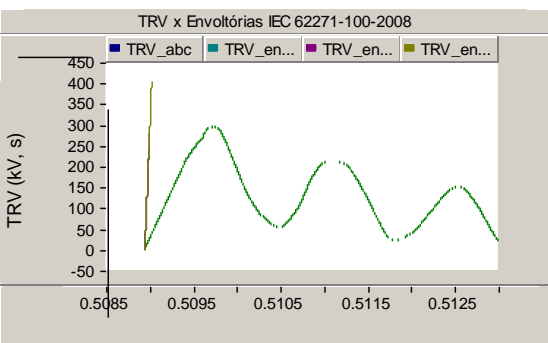
Sem BCs da MT – Sem carga no sistema de subtransmissão

NBR/IEC 62271-100 – 2006

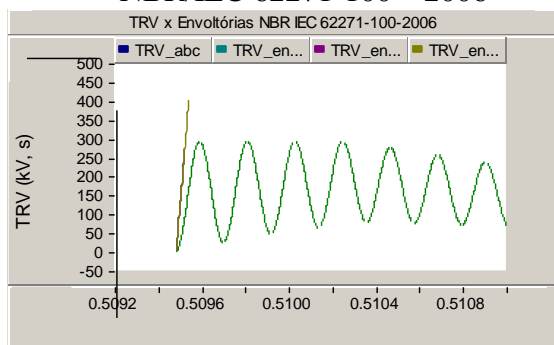


Vmax.: 293.9 kV

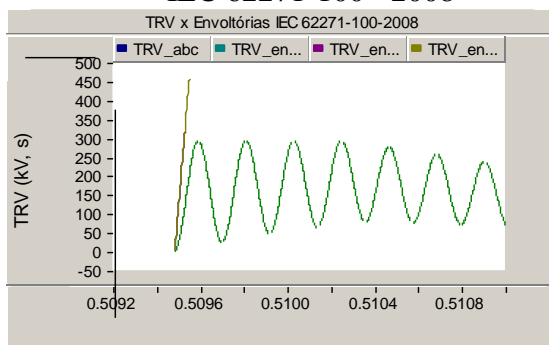
IEC 62271-100 - 2008



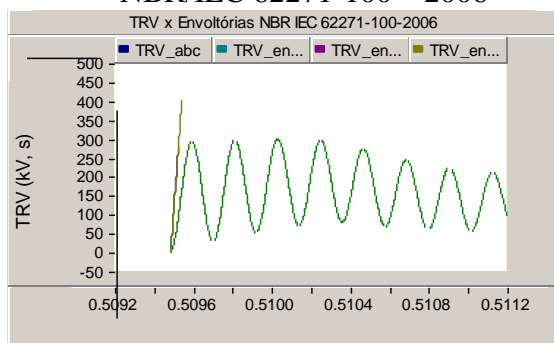
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052
CC3F MT
Com BCs da MT – Sem carga no sistema de subtransmissão

NBR/IEC 62271-100 – 2006


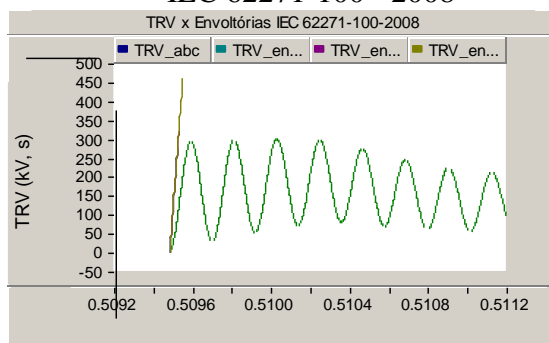
Max.: 292.3 kV

IEC 62271-100 - 2008


Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052
CC3F AT
Sem BCs da MT – Sem carga no sistema de subtransmissão

NBR/IEC 62271-100 – 2006


Max.: 298.5 kV

IEC 62271-100 - 2008


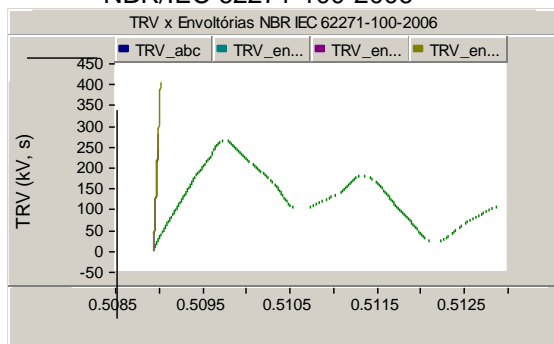
II - SIMULAÇÕES COM CARGAS (RESISTIVAS) NA SE SÃO SEBASTIÃO – DISJUNTOR PD-0052

TF-3202A (138/13.8 kV)

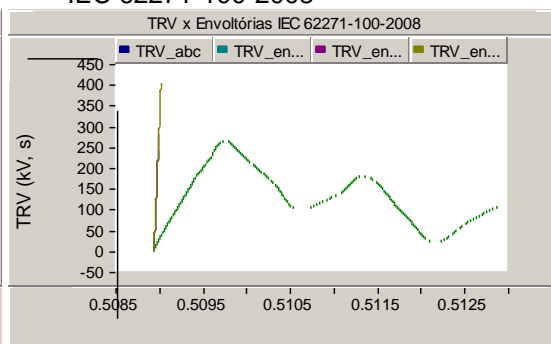
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F AT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


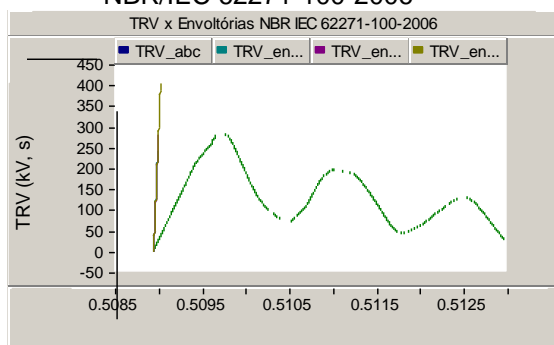
Max.: 262.6 kV

IEC 62271-100-2008


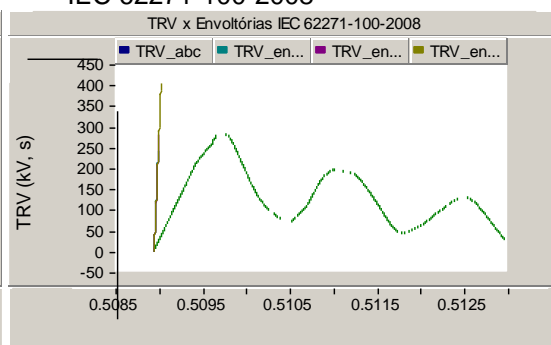
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


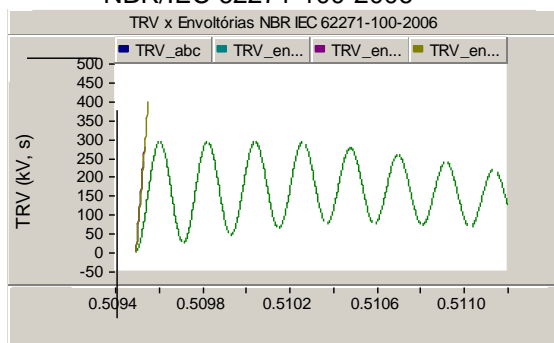
Max.: 282.6 kV

IEC 62271-100-2008


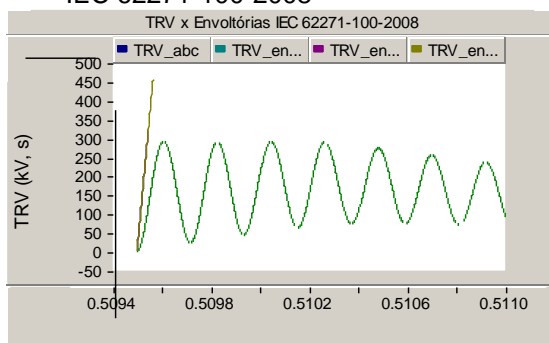
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F MT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


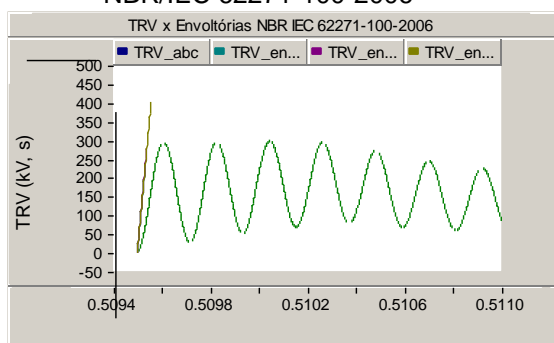
Max.: 290.9 kV

IEC 62271-100-2008


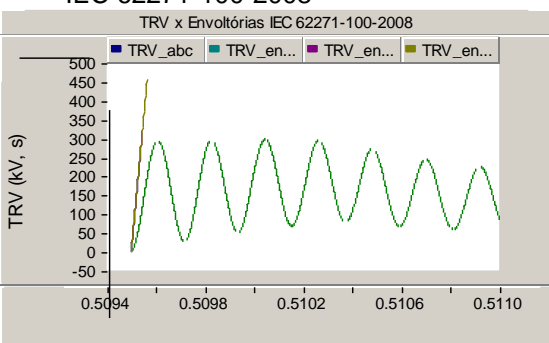
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052

CC3F MT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 296.4 kV

IEC 62271-100-2008


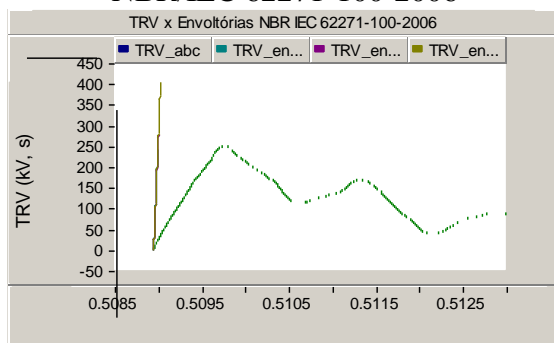
III - SIMULAÇÕES COM CARGAS DE 10 MW (RESISTIVA) NAS SE'S SÃO SEBASTIÃO, BERTIOGA II E RIO PARDO – DISJUNTOR PD-0052

TF-3202A (138/13.8 kV)

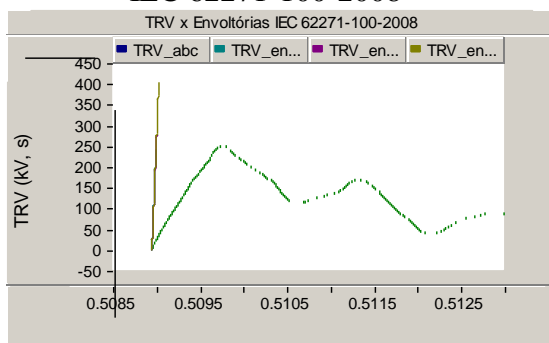
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052 – 31.5 kA

CC3F AT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioiga e R. Pardo)

NBR/IEC 62271-100-2006


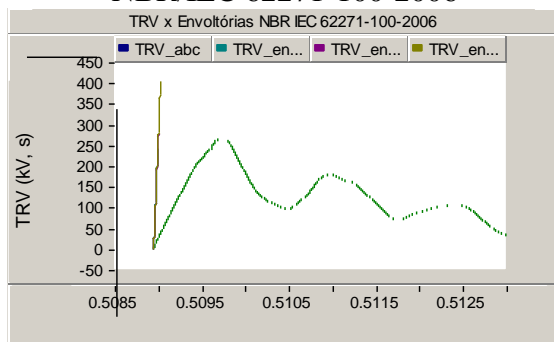
Vmax.: 248.6 kV

IEC 62271-100-2008


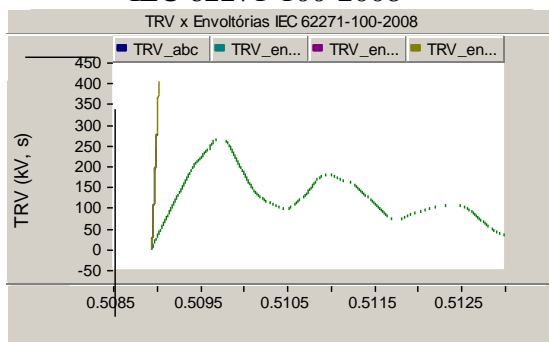
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052 – 31.5 kA

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioiga e R. Pardo)

NBR/IEC 62271-100-2006


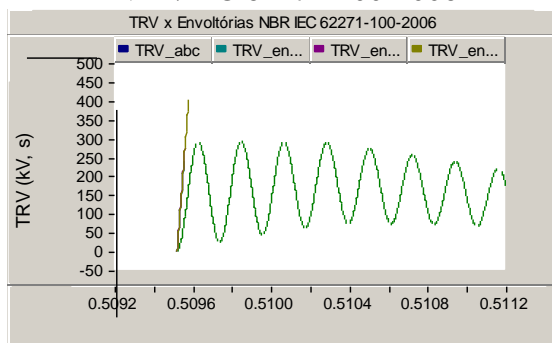
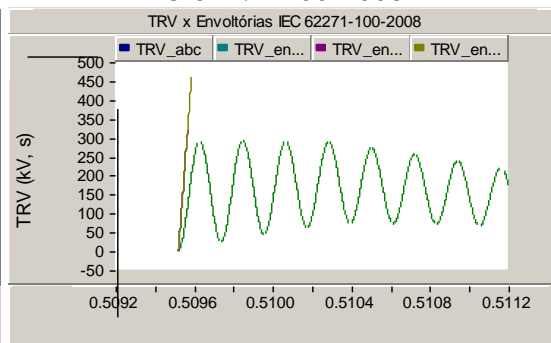
Vmax.: 264.6 kV

IEC 62271-100-2008


Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052 – 31.5 kA

CC3F MT

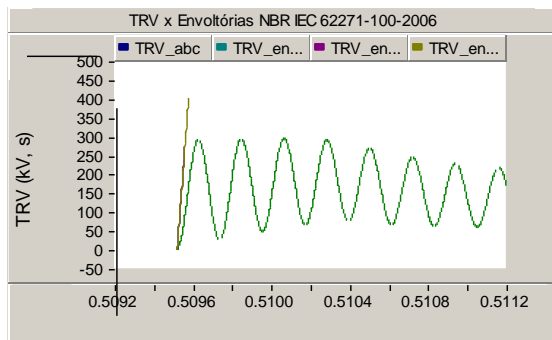
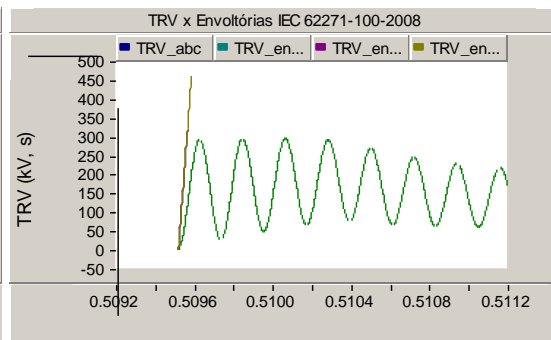
Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioja e R. Pardo)

NBR/IEC 62271-100-2006

Vmax.: 289.8 kV
IEC 62271-100-2008


Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0052 – 31.5 kA

CC3F MT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioja e R. Pardo)


Vmax.: 293.6 kV


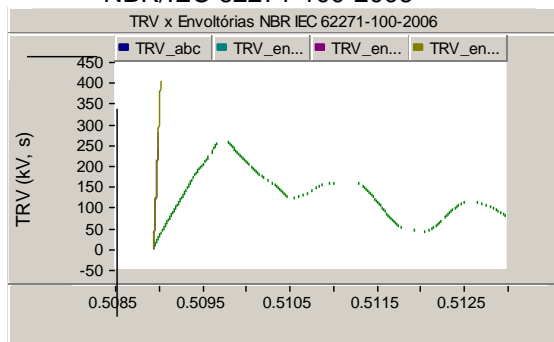
IV – SIMULAÇÕES COM CARGA DE 10 MW (RESISTIVA) NA SE SÃO SEBASTIÃO – DISJUNTOR PD-0066

TF-3217A (138/13.8 kV)

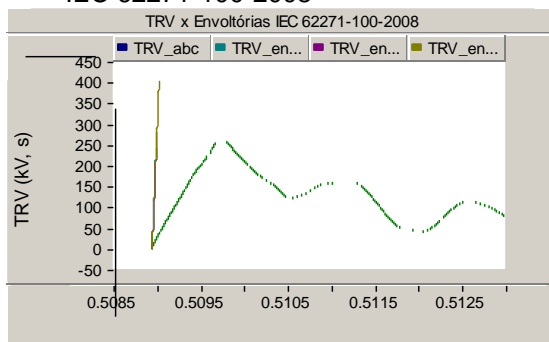
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


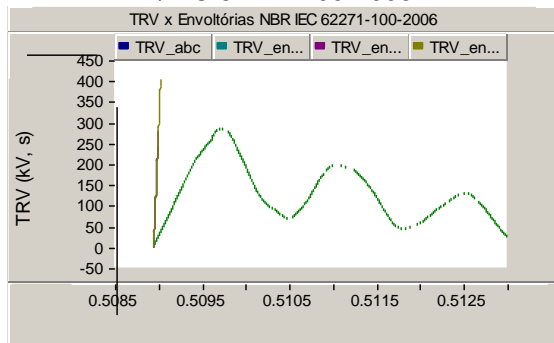
Max.: 257.9 kV

IEC 62271-100-2008


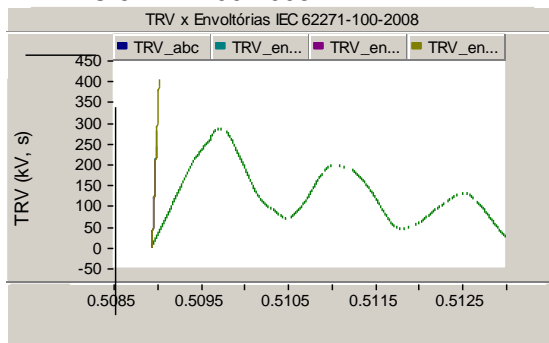
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


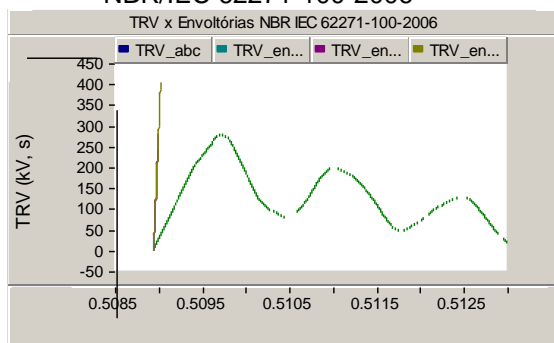
Max.: 283.0 kV

IEC 62271-100-2008


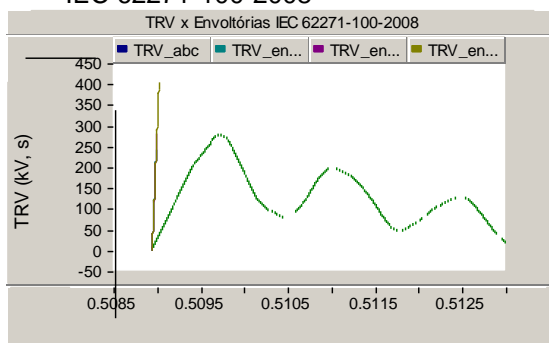
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 20 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


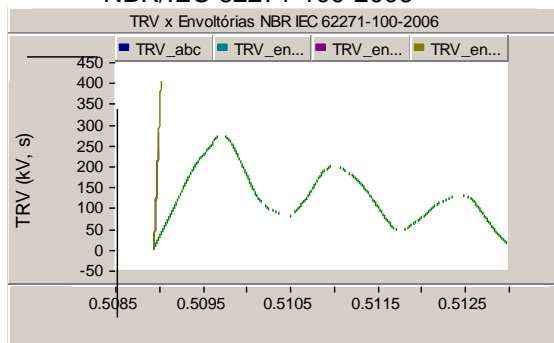
Max.: 276.0 kV

IEC 62271-100-2008


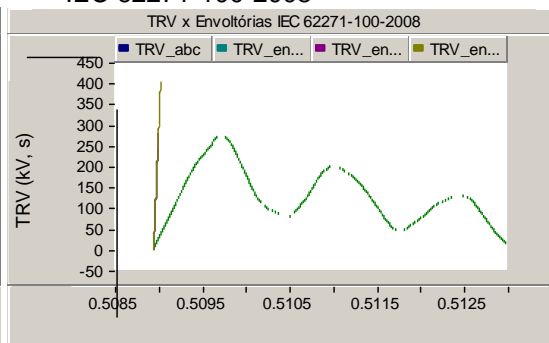
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 30 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 271.8 kV

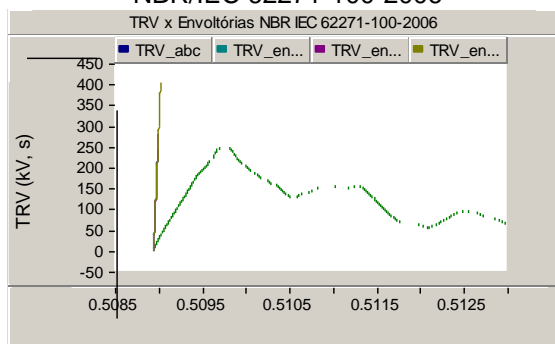
IEC 62271-100-2008


V – SIMULAÇÕES COM CARGA DE 10 MW (RESISTIVA) NAS SE'S SÃO SEBASTIÃO, BERTIOGA II E RIO PARDO – DISJUNTOR PD-0066

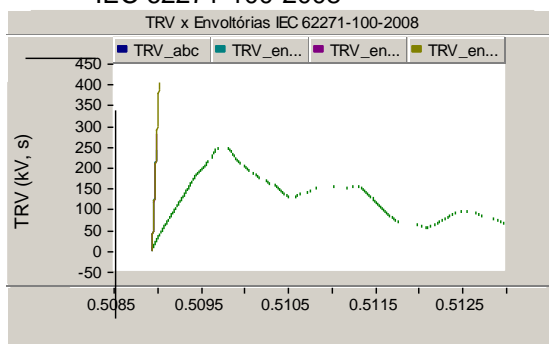
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioiga II e Rio Pardo)

NBR/IEC 62271-100-2006


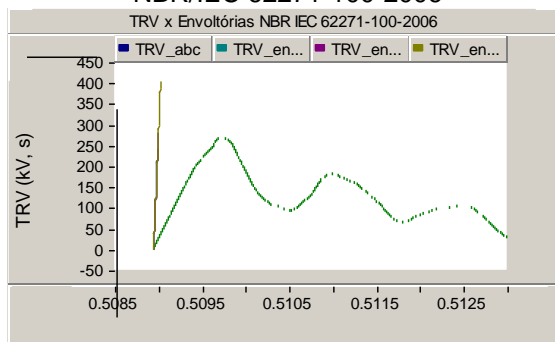
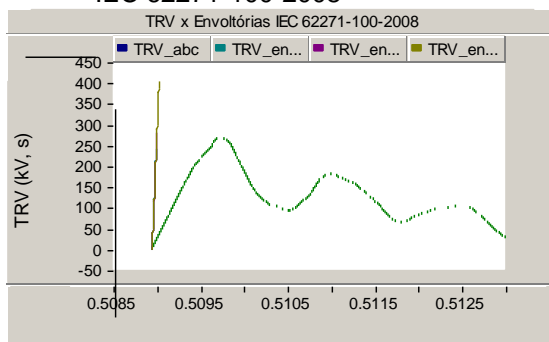
Max.: 246.8 kV

IEC 62271-100-2008


Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW nas SEs S. Sebastião, Bertioiga II e Rio Pardo)

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 266.9kV - Margem(170kV): 4%

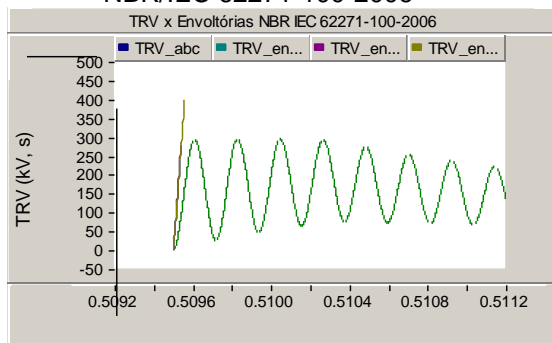
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F MT

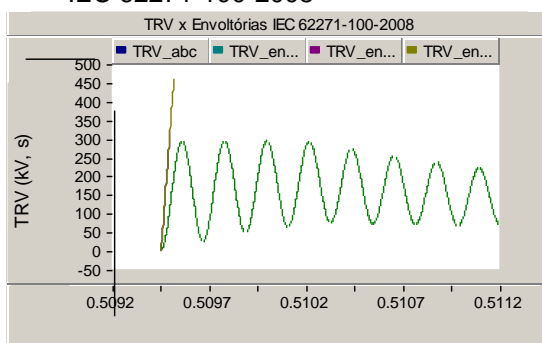
Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008



Max.: 293.0 kV



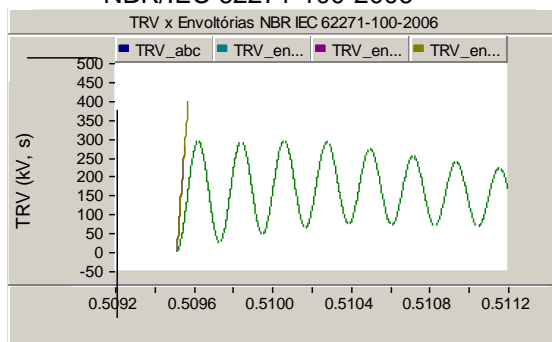
Disj. AT 138/13.8 kV – PD-0066

CC3F MT

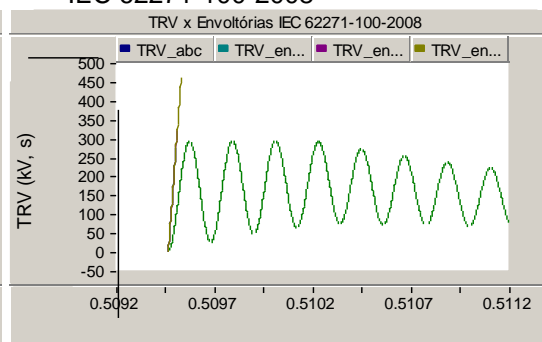
Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 20 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008



Max.: 291.8 kV



VI – SIMULAÇÕES COM CARGAS DE 10 MW (RESISTIVA) NA SE SÃO SEBASTIÃO – DISJUNTOR PD-0084

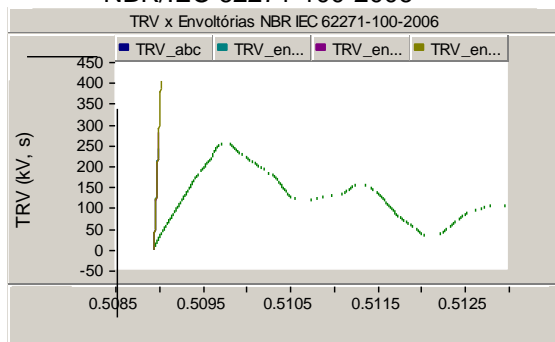
TF 3218A (138/4.16 kV)

Disj. AT 138/4.16 kV – PD-0084

CC3F AT

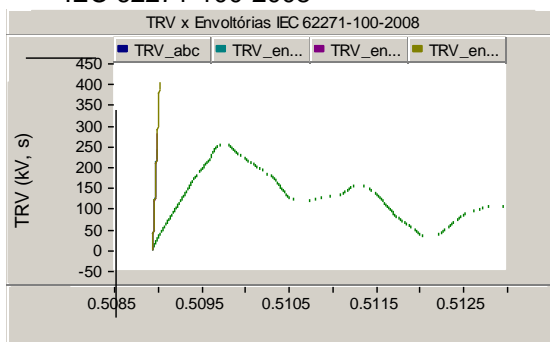
Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006



Vmax.: 254.4 kV

IEC 62271-100-2008

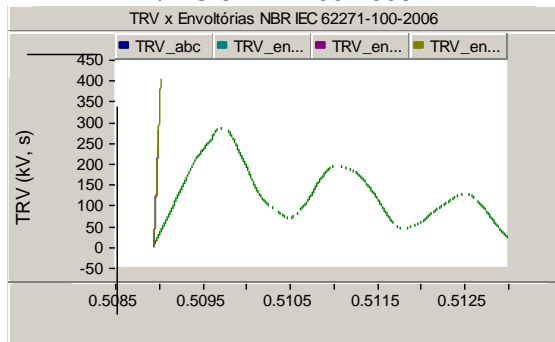


Disj. AT 138/4.16 kV – PD-0084

CC3F AT

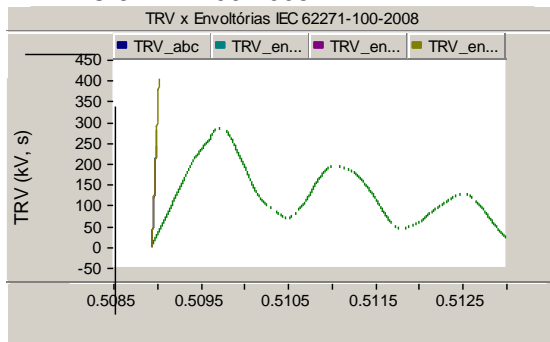
Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006



Vmax.: 283.1 kV

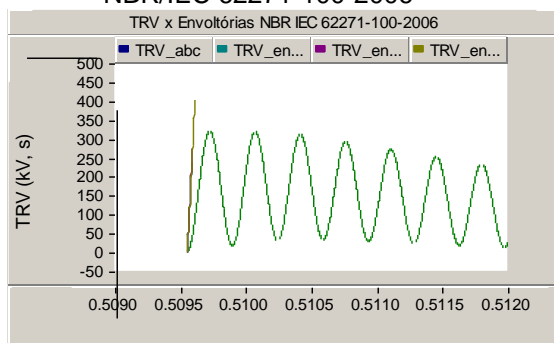
IEC 62271-100-2008



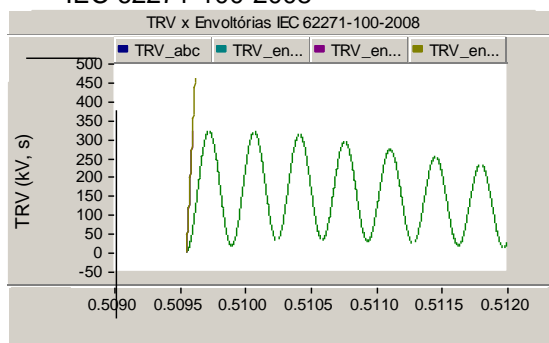
Disj. AT 138/4.16 kV – PD-0084

CC3F AT

Com BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

NBR/IEC 62271-100-2006


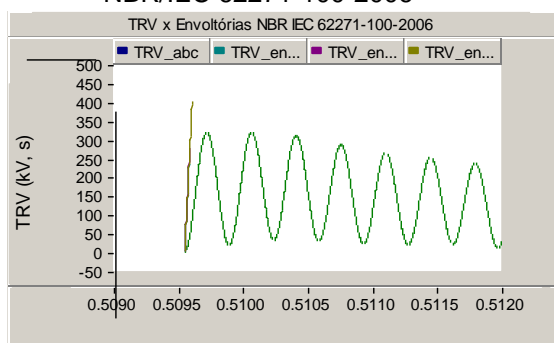
Max.: 319.5 kV

IEC 62271-100-2008


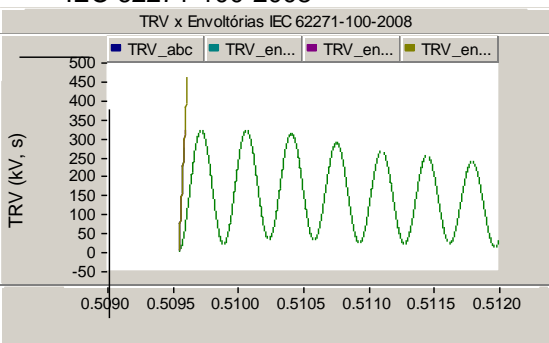
Disj. AT 138/4.16 kV – PD-0084

CC3F AT

Sem BCs da MT – Com carga no sistema de subtransmissão (com carga resistiva de 10 MW na SE S. Sebastião)

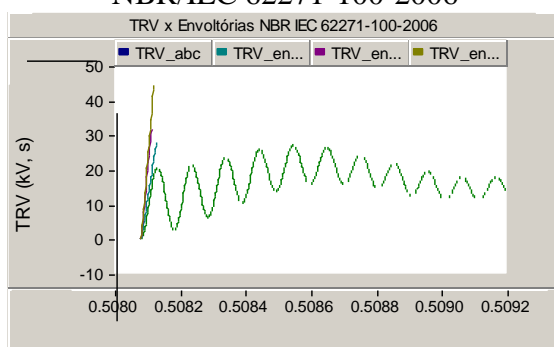
NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 318.6 kV

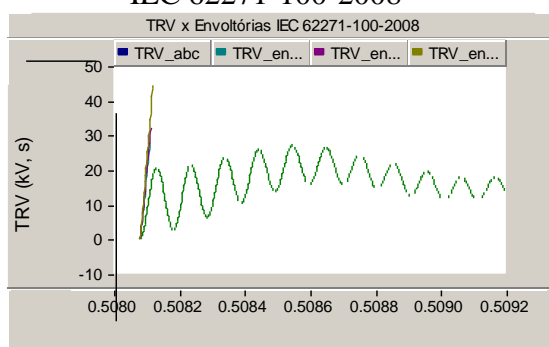
IEC 62271-100-2008


ANEXO 3
RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE TRT'S EM DISJUNTORES DE MT
SISTEMA DE 13.8 KV

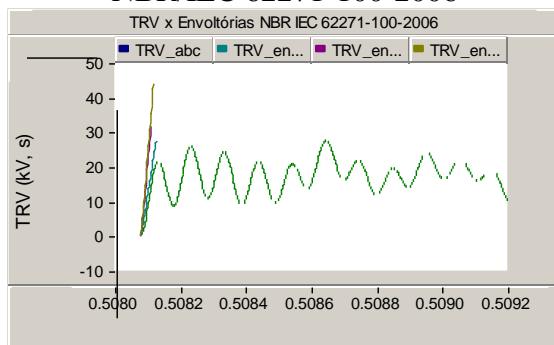
Disj. MT – PD-0223 (alim. do barramento secund. do TF-3202A) – 25 KA – T60
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


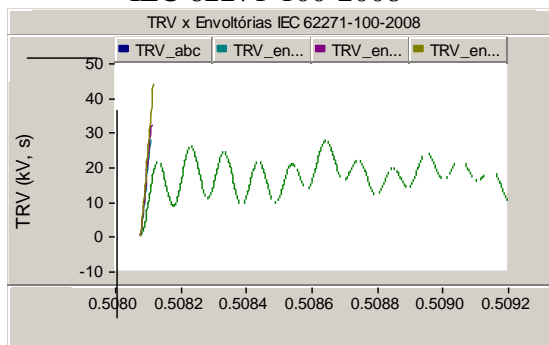
Max.: 27.0 kV

IEC 62271-100-2008


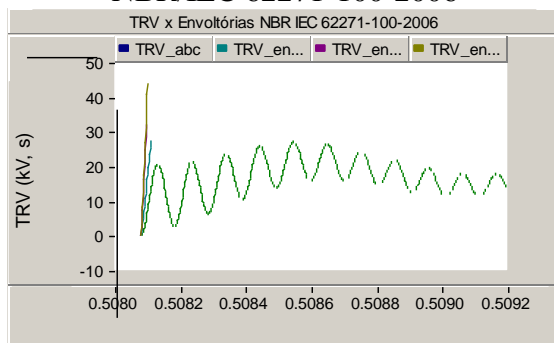
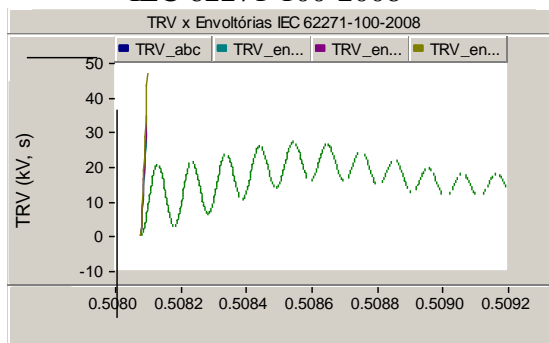
Disj. MT – PD-0223 (alim. do barramento secund. do TF-3202A) – 25 KA – T60
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 27.4 kV

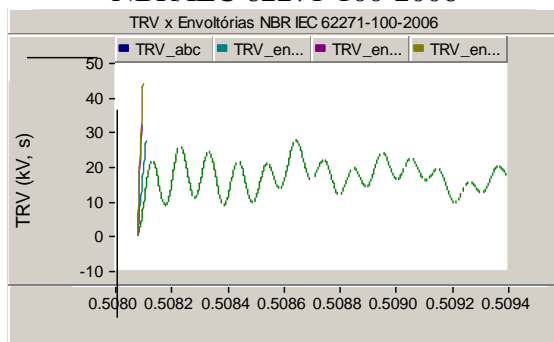
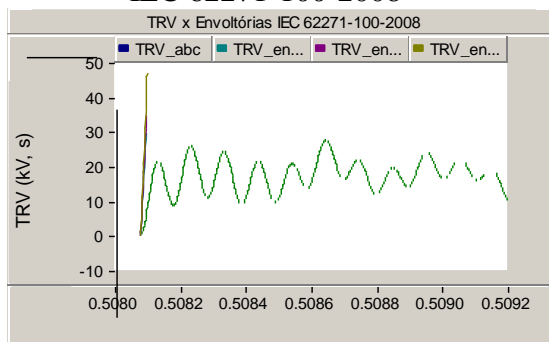
IEC 62271-100-2008


Disj. MT – PD-0223 (alim. do barramento secund. do TF-3202A) – 31.5 kA -T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


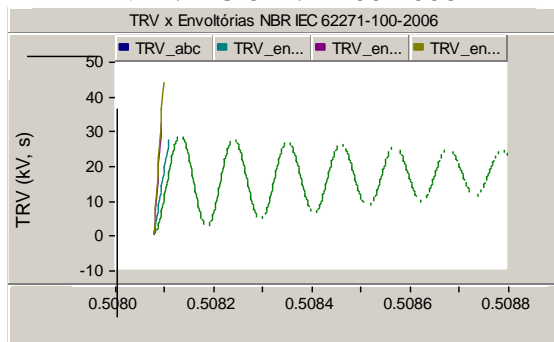
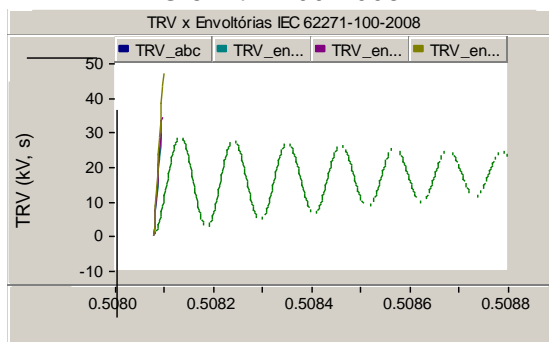
Max.: 27.0 kV

Disj. MT – PD-0223 (alim. do barramento secund. do TF-3202A) – 31.5 kA -T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


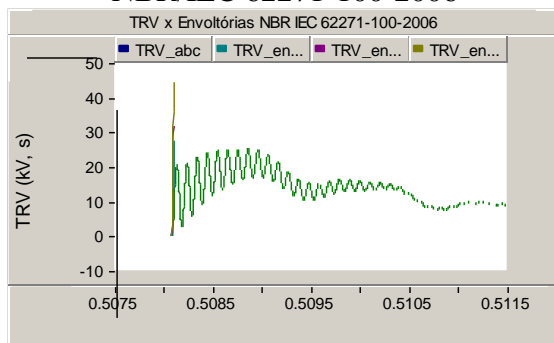
Max.: 27.4 kV

Disj. MT – PD-0223 (alim. do barramento secund. do TF-3202A) – 25 KA – T60
CC3F na saída
Sem circuitos do barramento
Com BCs ligados

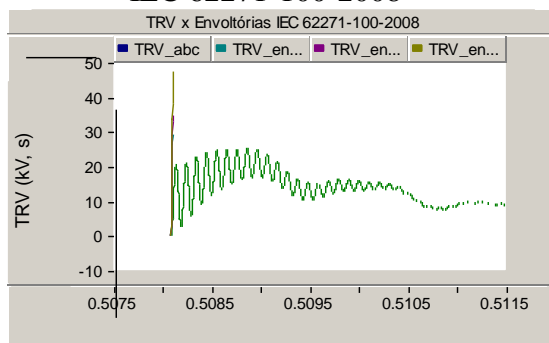
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.:28.5 kV

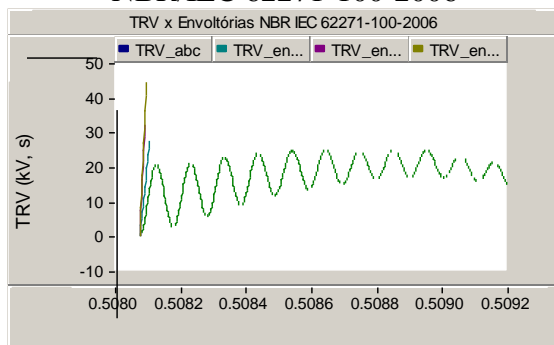
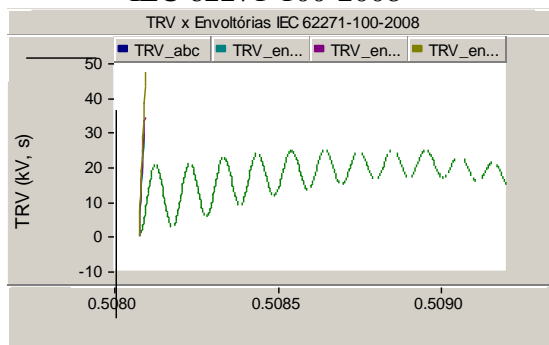
Disj 221 (Alimentação do barram. secund. do TF-3202B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


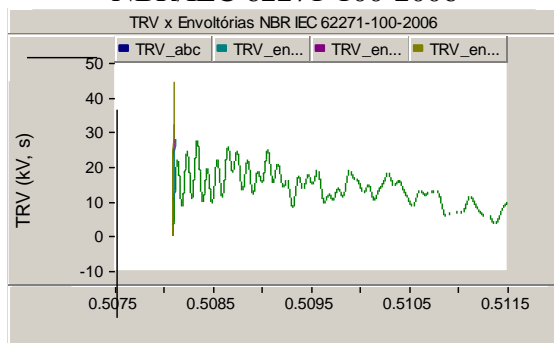
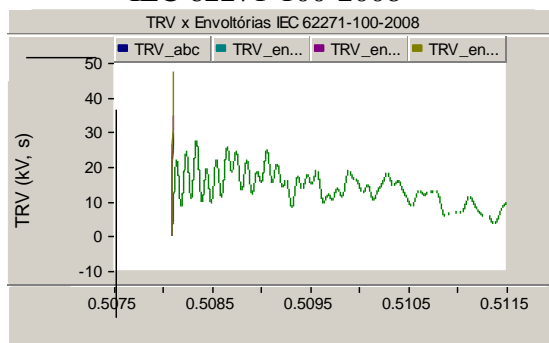
Max.: 25.0 kV

IEC 62271-100-2008


Detalhes iniciais

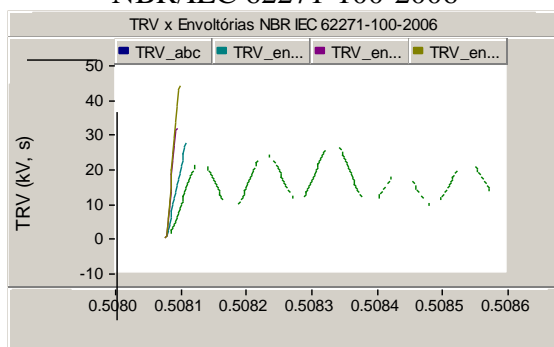
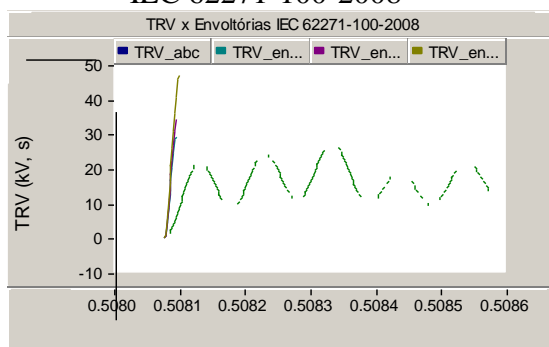
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 221 (Alimentação do barram. secund. do TF-3202B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

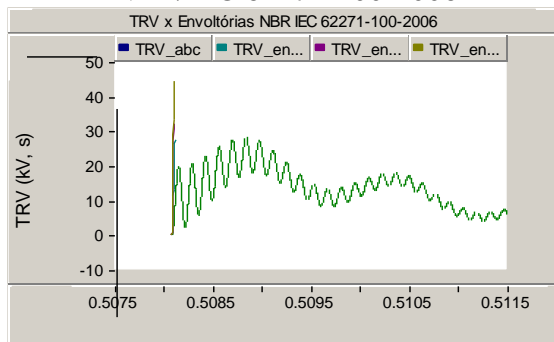
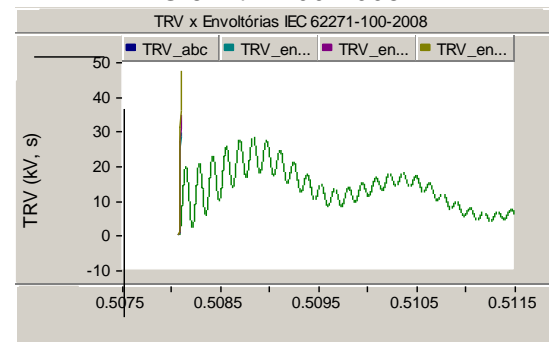
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 27.3 kV

Detalhes iniciais

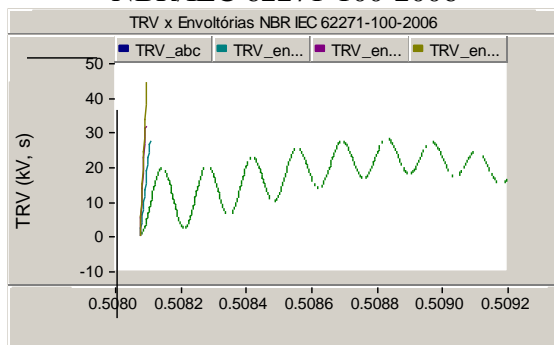
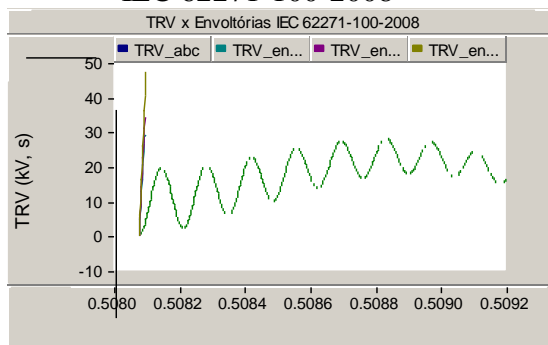
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 67 (Alimentação do barram. secund. do TF-3217A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

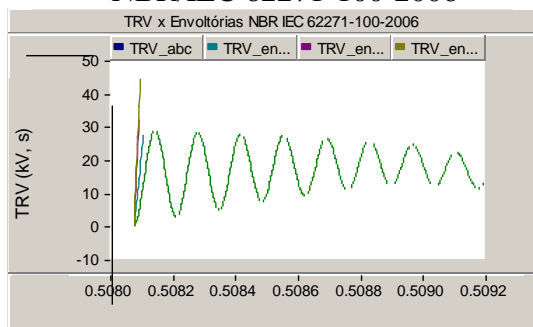
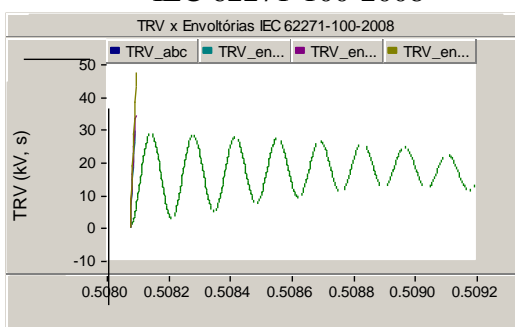
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.1kV

Detalhes iniciais

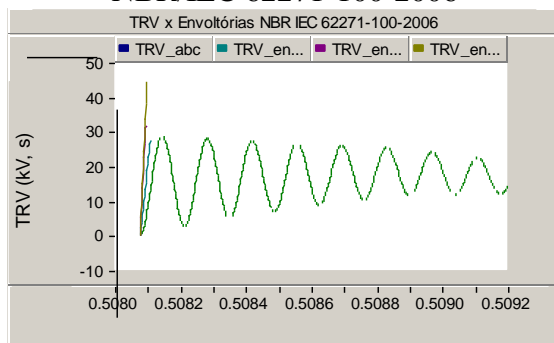
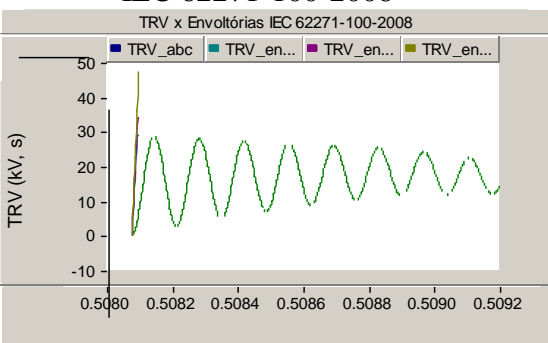
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 67 (Alimentação do barram. secund. do TF-3217A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


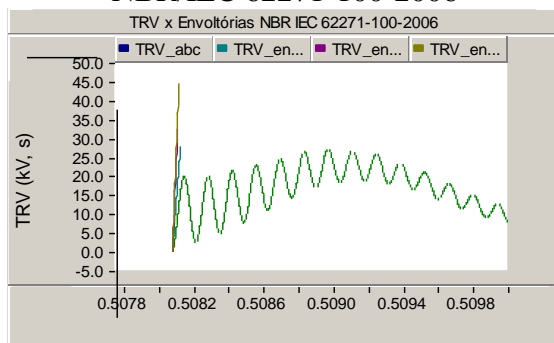
Max.: 28.6 kV

Disj 67 (Alimentação do barram. secund. do TF-3217A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem circuitos do barramento
Com BCs ligados

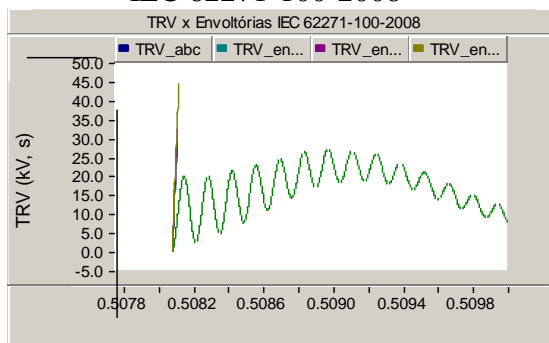
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.6 kV

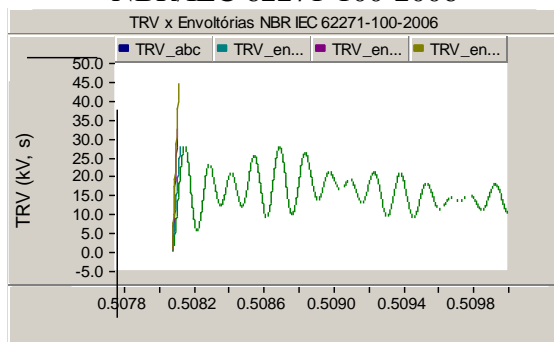
Disj 70 (alim. de barramento secund. – TF-3217B) – 25 kA – T60
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


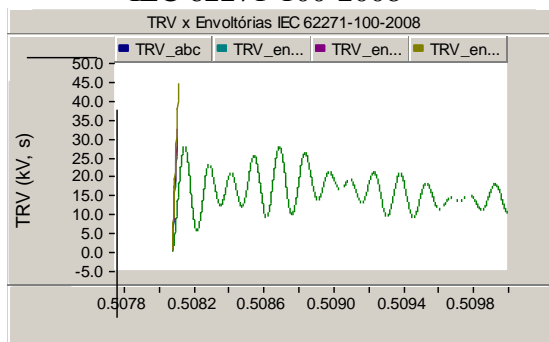
Max.: 27.0 kV

IEC 62271-100-2008


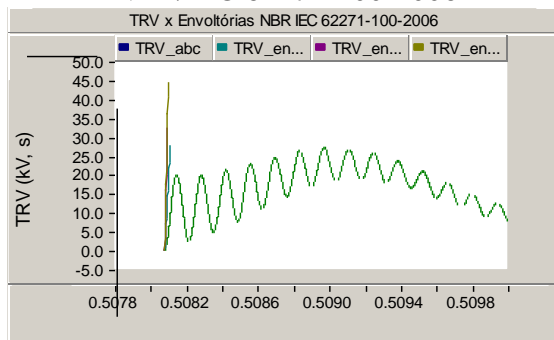
Disj 70 (alim. de barramento secund. – TF-3217B) – 25 kA – T60
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006


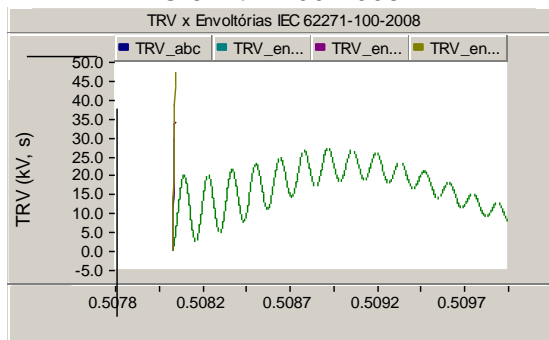
Max.: 27.6 kV

IEC 62271-100-2008


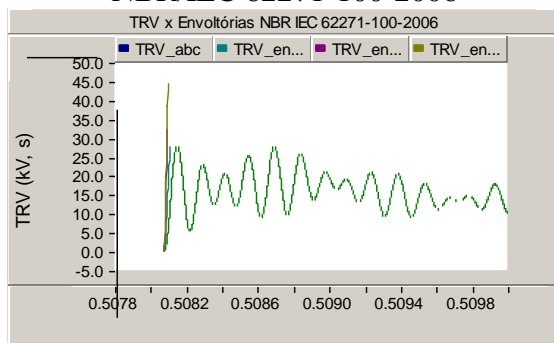
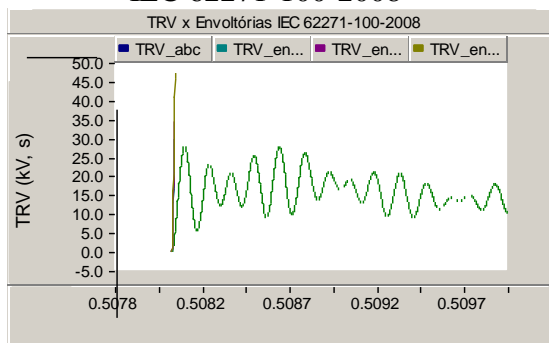
Disj 70 (alim. de barramento secund. – TF-3217B) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 27.0 kV

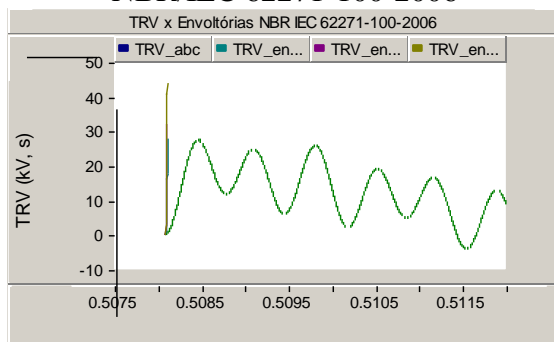
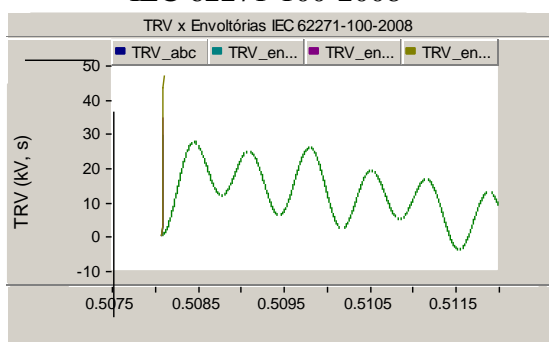
IEC 62271-100-2008


Disj 70 (alim. de barramento secund. – TF-3217B) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


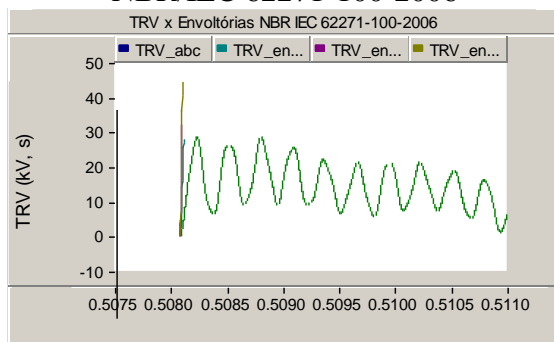
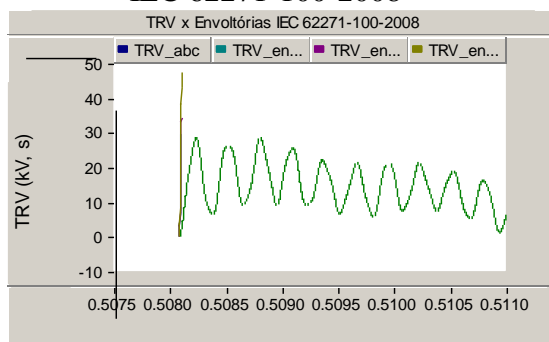
Max.: 27.6 kV

Disj 224 (circuito que alimenta ETE) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


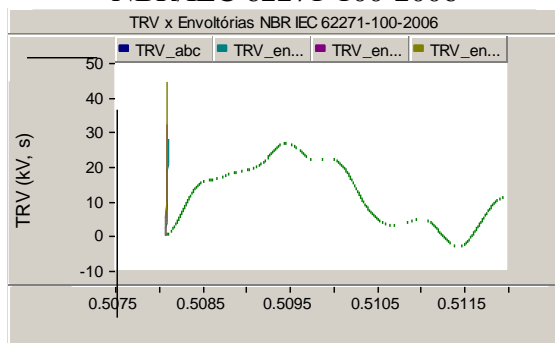
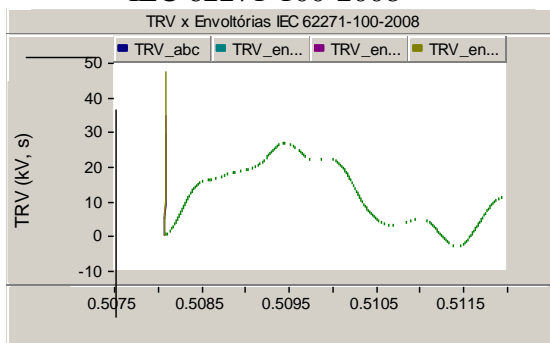
Max.: 27.5 kV

Disj 224 (circuito que alimenta ETE) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


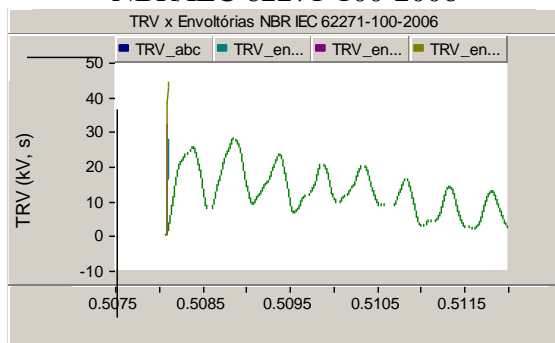
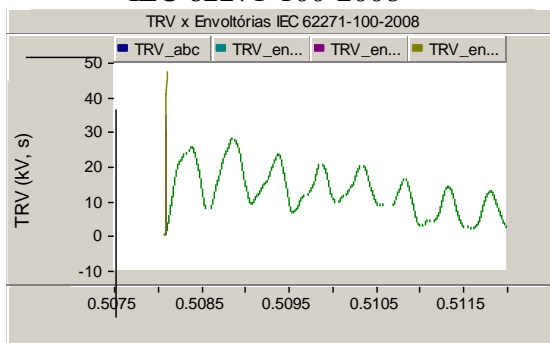
Max.: 28.6 kV

Disj 224 (circuito que alimenta ETE) – 31.5kA – T30
 CC3F na saída
 Com barramento em L (barras interligadas, alimentada pelo TF-3202A)
 Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


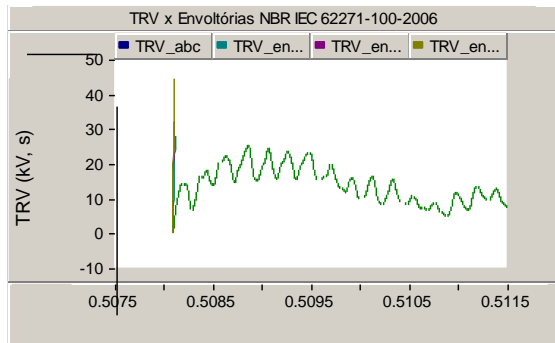
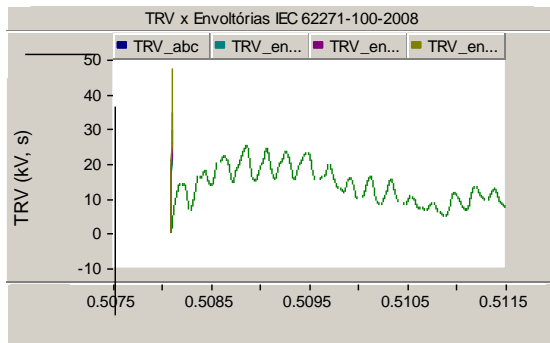
Max.: 26.6 kV

Disj 224 (circuito que alimenta ETE) – 31.5kA – T30
 CC3F na saída
 Com barramento em L (barras interligadas, alimentada pelo TF-3202A)
 Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


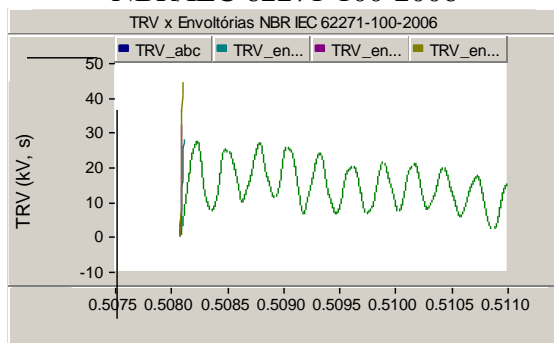
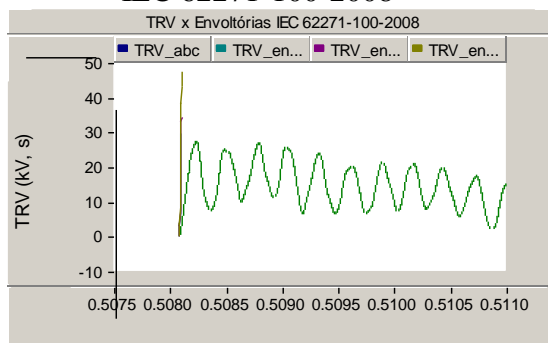
Max.: 28.1kV

Disj 225 (circuito com cabo subterr. de 350m que sai do PN-3240A) – 31.5kA – T30
 CC3F na saída
 Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


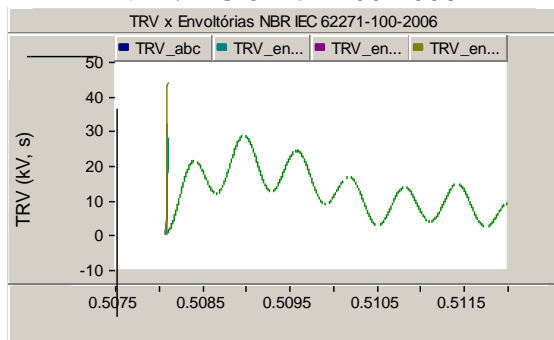
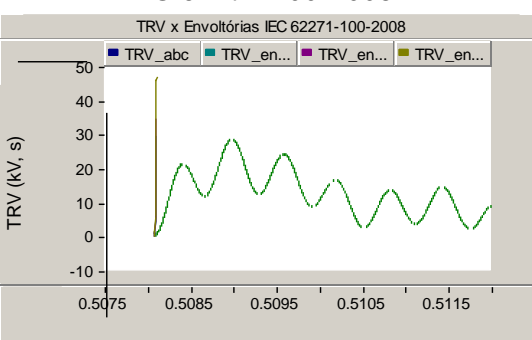
Max.: 24.9 kV

Disj 225 (circuito com cabo subterr. de 350m que sai do PN-3240A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


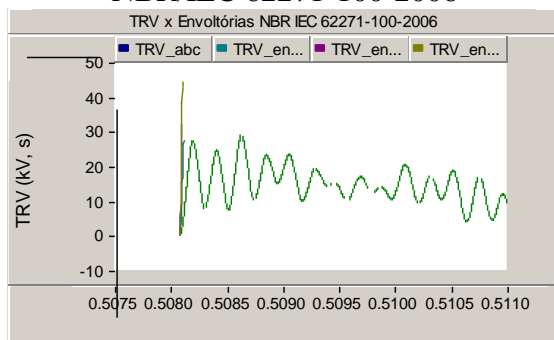
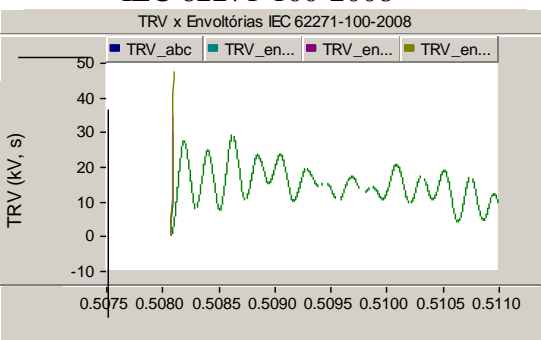
Max.: 27.1 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


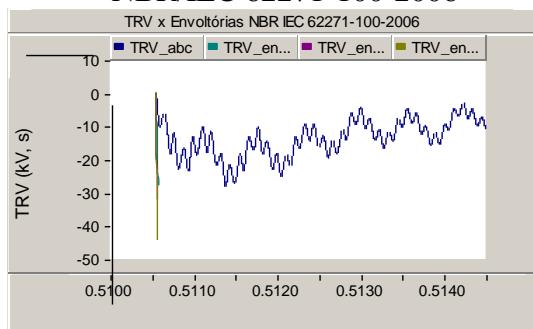
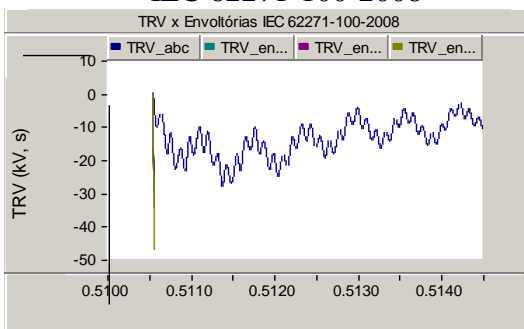
Max.: 28.5 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


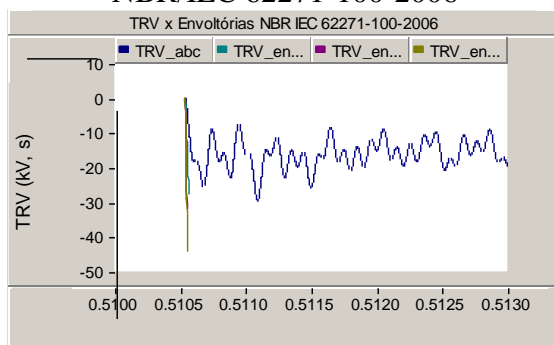
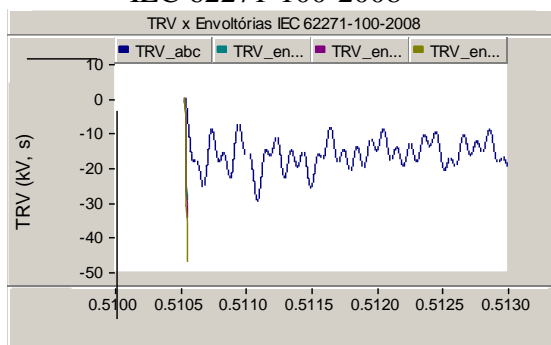
Max.: 28.9 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F no final do circuito, junto ao PN-3254
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


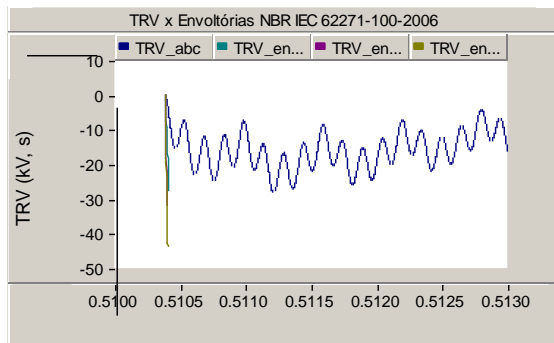
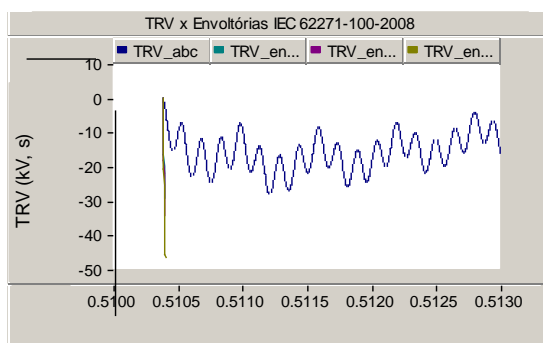
Max.: 28.0 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F no final do circuito, junto ao PN-3254
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


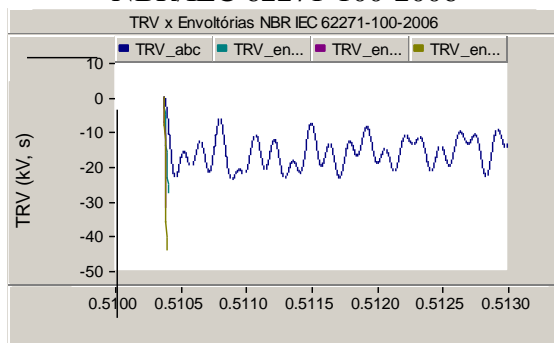
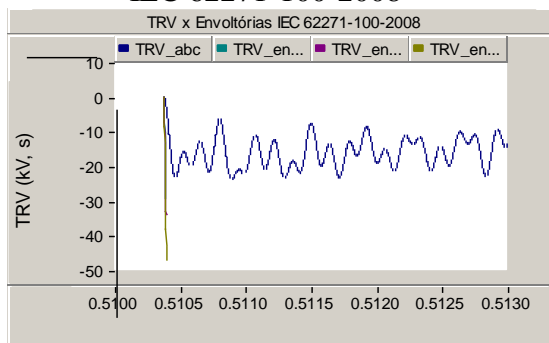
Max.: 29.6 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F no circuito de emergência junto ao disjuntor NA do PN-3228A
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


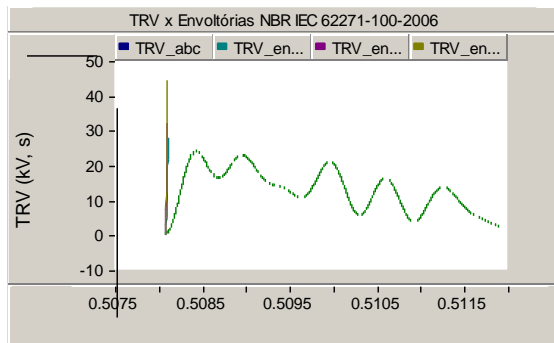
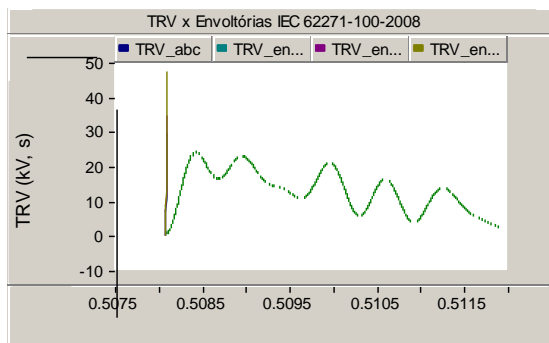
Max.: 28.1 kV

Disj 226 (circuito duplo cabo/linha que sai do PN-3240A) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F no circuito de emergência junto ao disjuntor NA do PN-3228A
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


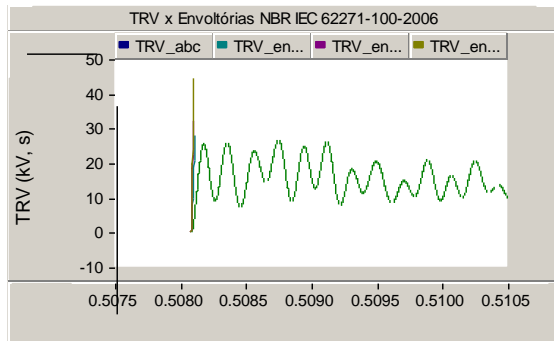
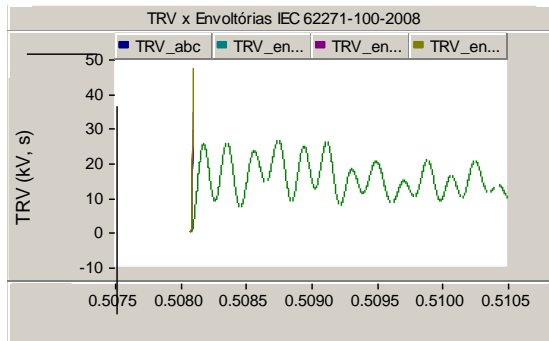
Max.: 23.8 kV

Disj 227 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


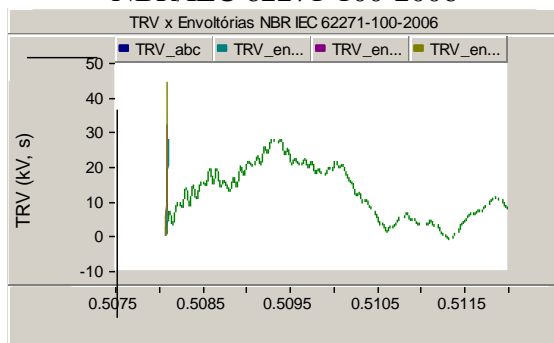
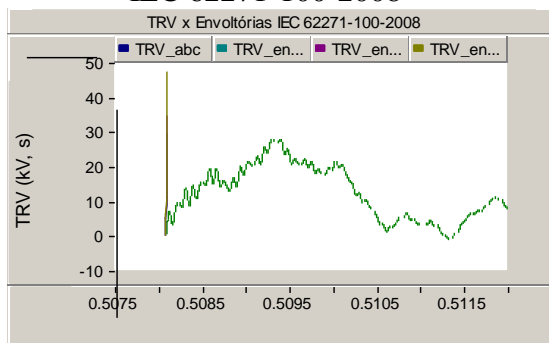
Max.: 24.1 kV

Disj 227 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


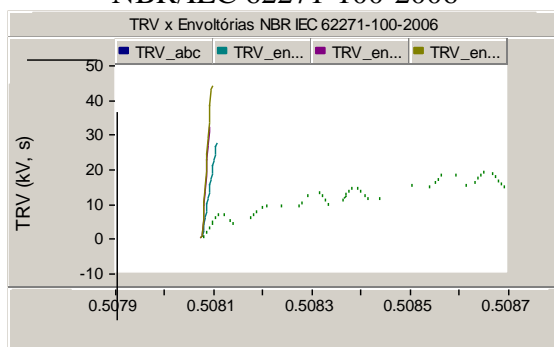
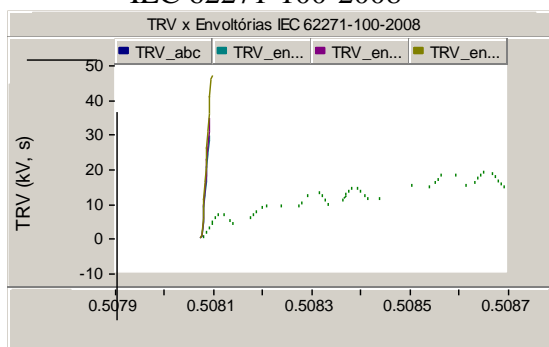
Max.: 26.4 kV

Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

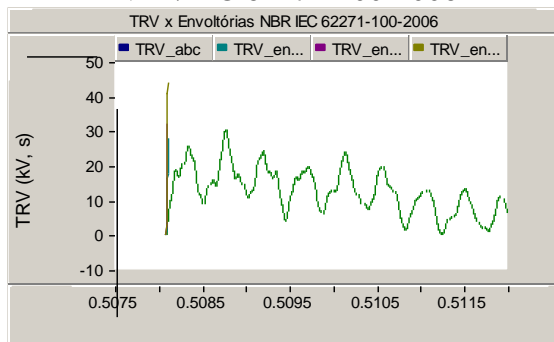
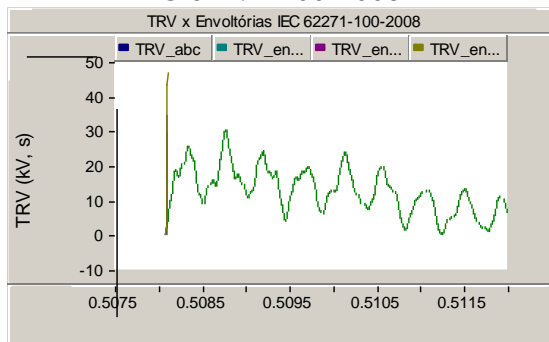
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 27.8 kV

Detalhes iniciais

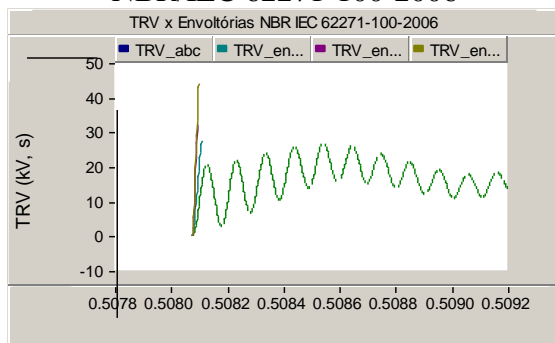
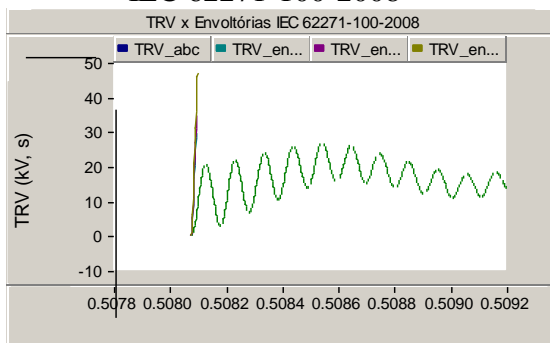
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


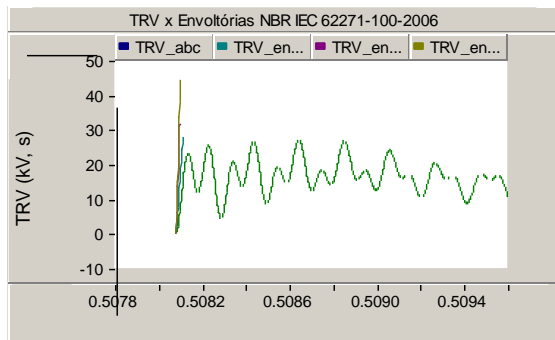
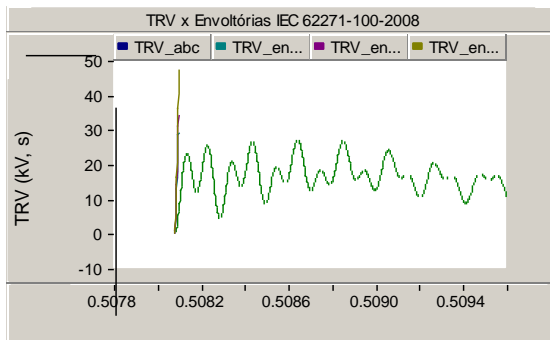
Max.: 30.2kV

Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados – Sem outros circuitos da barra

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


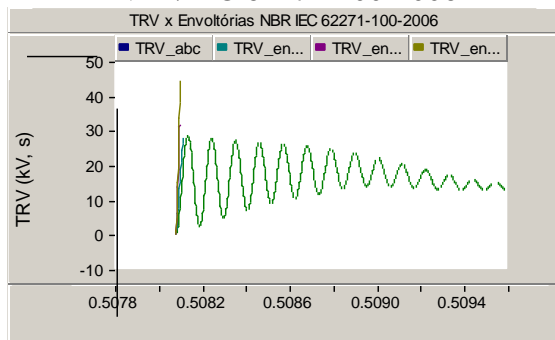
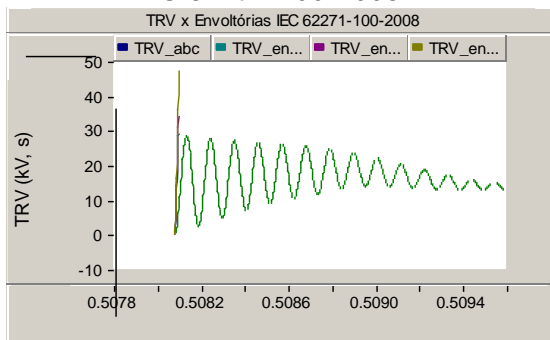
Max.: 26.9kV

Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs – Sem outros circuitos da barra

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


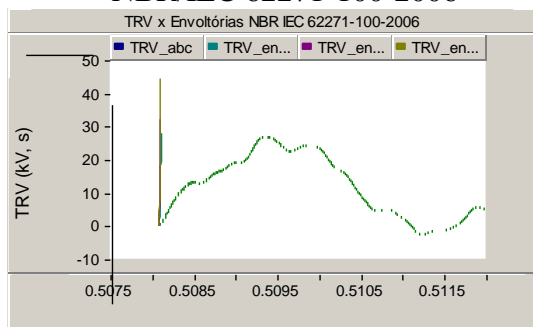
Max.: 26.9 kV

Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs – Sem outros circuitos da barra e sem o cabo do próprio circuito

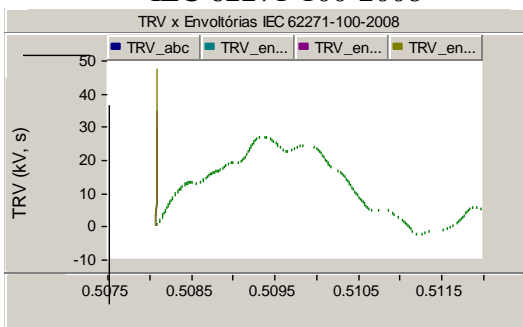
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.5 kV

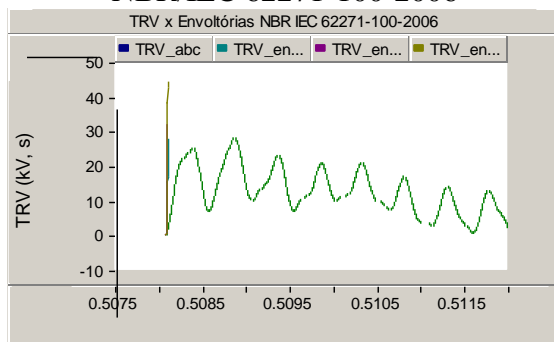
Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
 CC3F na saída
 Configuração L
 Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


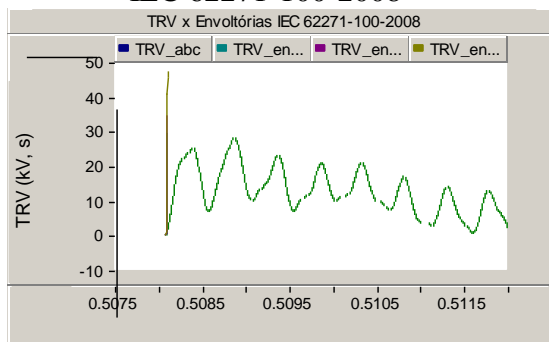
Max.: 26.9 kV

IEC 62271-100-2008


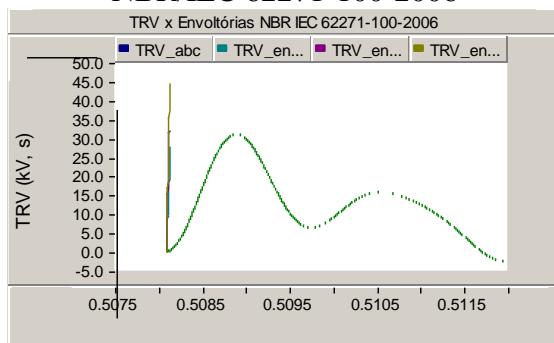
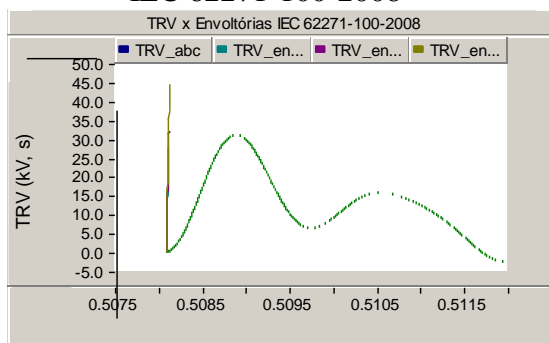
Disj 228 (circuito com cabo + linha aérea) – 31.5kA – T30
 CC3F na saída
 Configuração L
 Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 28.1 kV

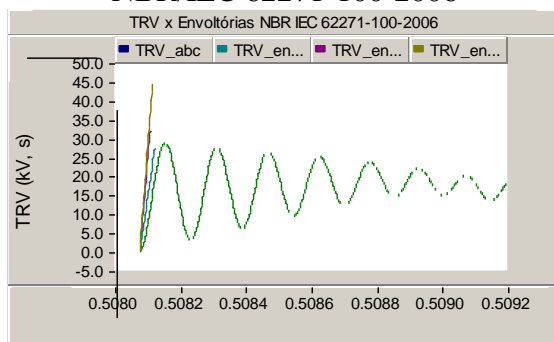
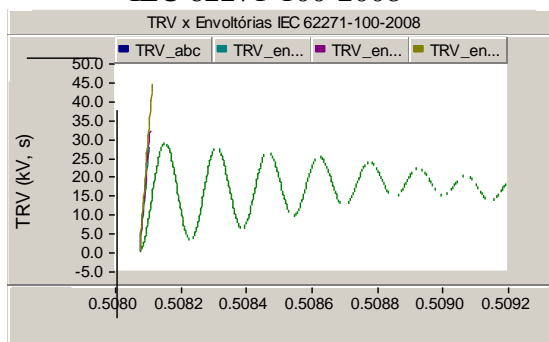
IEC 62271-100-2008


Disj 58 (circuito que alimenta motor 1300kW + BC de 200 kvar) – 25 kA – T60
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 31.0 kV

Disj 58 (circuito que alimenta motor 1300kW + BC de 200 kvar) – 25 kA – T60
CC3F na saída
Sem BCs

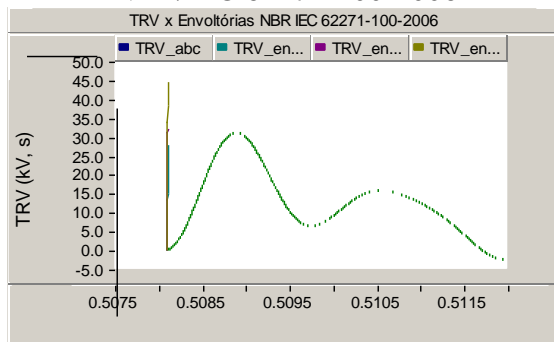
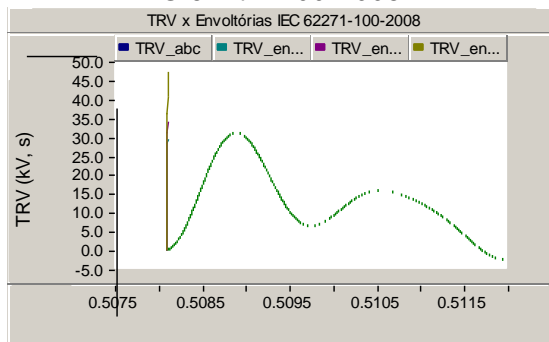
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.7 kV

p/ Ur = 170kV: MS = -10.3%

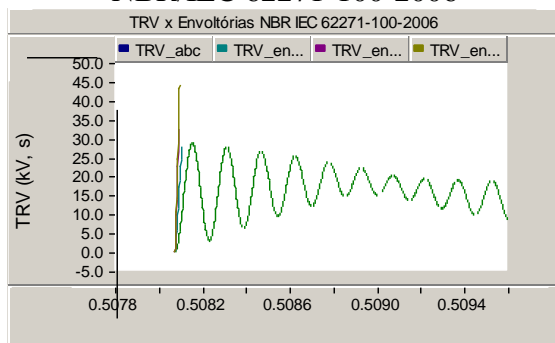
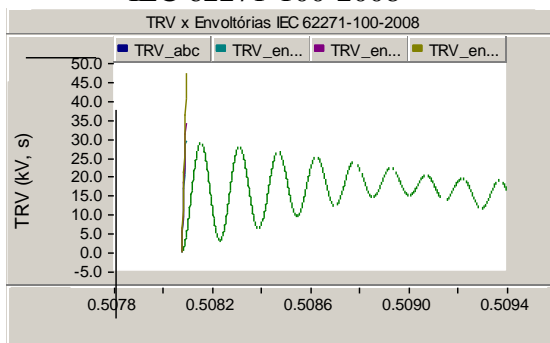
MS = -10.6%

Disj 58 (circuito que alimenta motor 1300kW + BC de 200 kvar) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


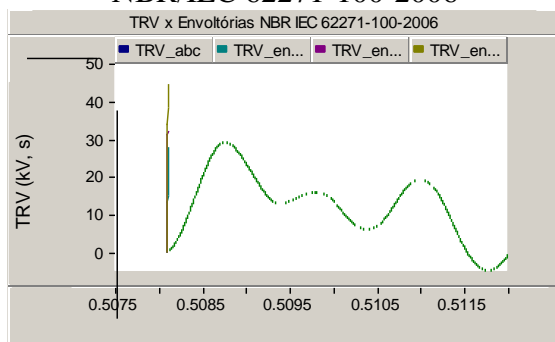
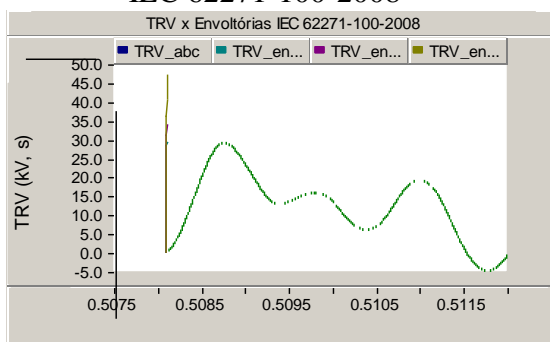
Max.: 31.0 kV

Disj 58 (circuito que alimenta motor 1300kW + BC de 200 kvar) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


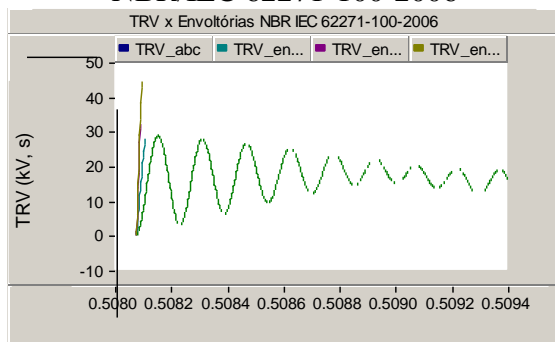
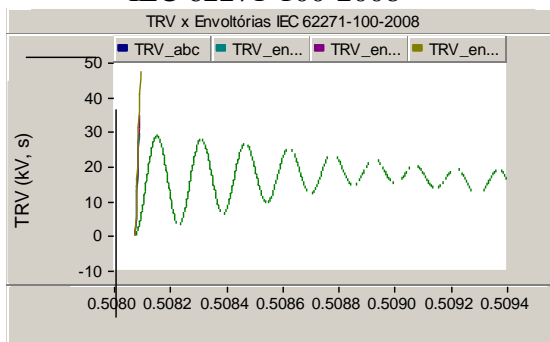
Max.: 28.7 kV

Disj 49 (circuito que alimenta motor 5700kW + BC de 900 kvar) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


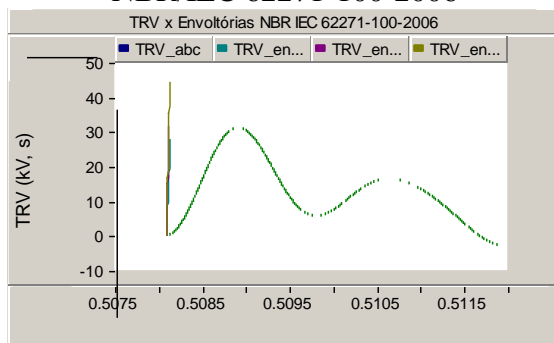
Max.: 29.1 kV

Disj 49 (circuito que alimenta motor 5700kW + BC de 900 kvar) – 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

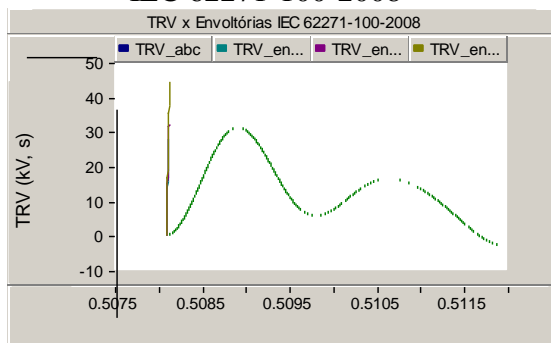
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.7 kV

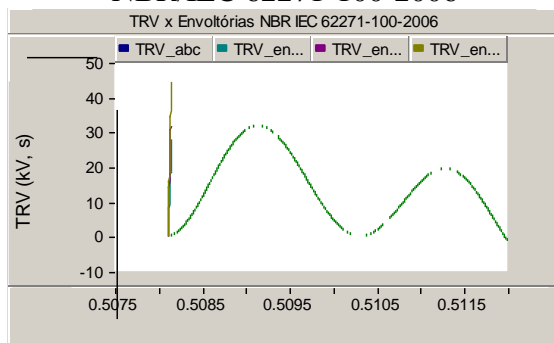
Disj 71 (circuito que alimenta trafo de 500 kVA) – 25 kA – T60
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


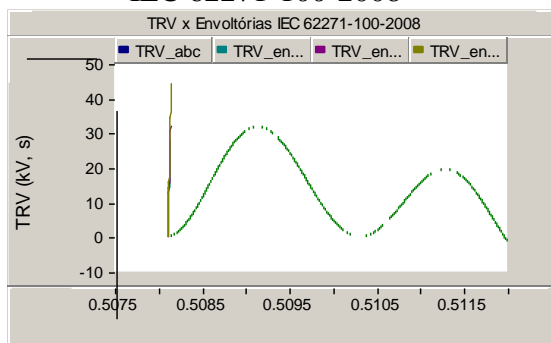
Max.: 31.1 kV

IEC 62271-100-2008


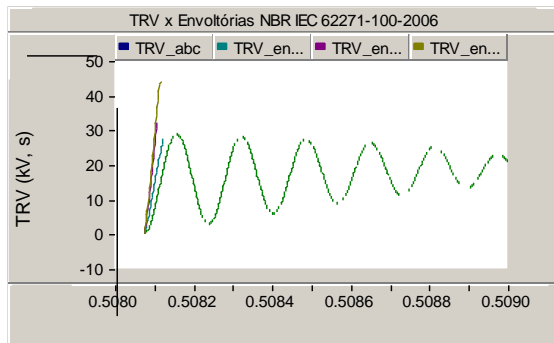
Disj 71(L) (circuito que alimenta trafo de 500 kVA) – 25 kA – T60
Com barra secundária em L (as 2 barras interligadas e alimentadas pelo TF-3217B)
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


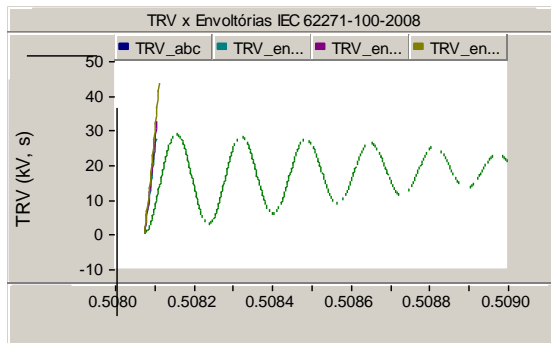
Max.: 31.8 kV

IEC 62271-100-2008


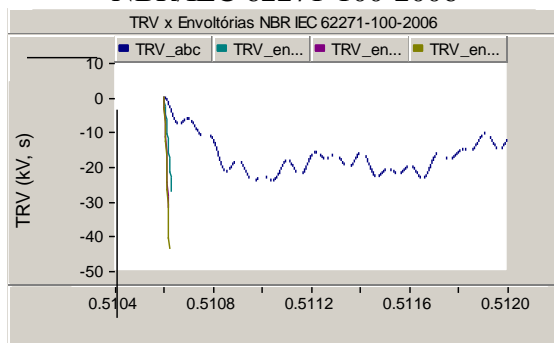
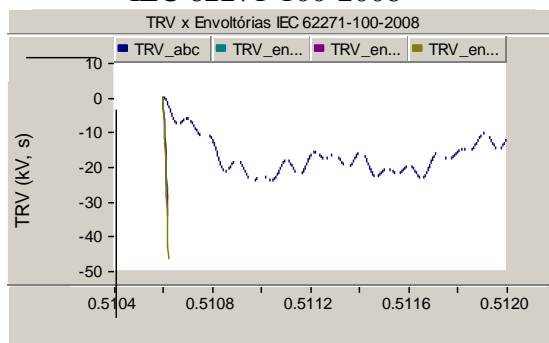
Disj 71(L) (circuito que alimenta trafo de 500 kVA) – 25 kA – T60
Com barra secundária em L (as 2 barras interligadas e alimentadas pelo TF-3217B)
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 28.7kV

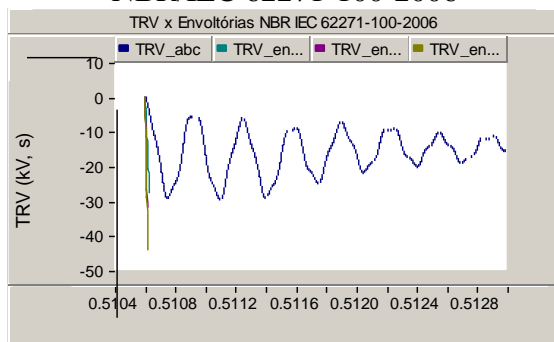
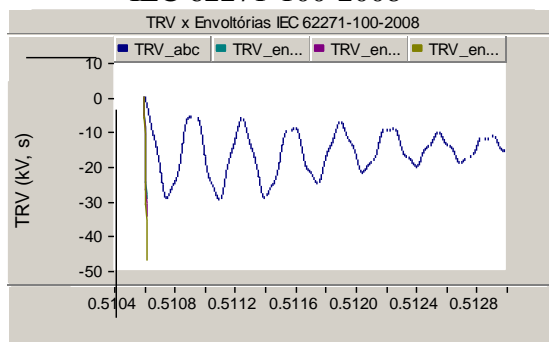
IEC 62271-100-2008


Disj 47 (disj de entrada do barram. PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


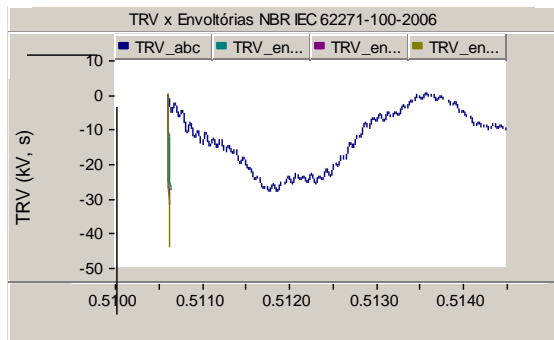
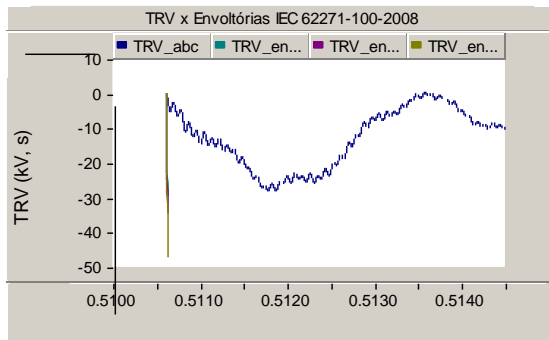
Max.: 24.3 kV

Disj 47 (disj de entrada do barram. PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 29.8 kV

Disj 98 (disj do circuito que alimenta motor de 1125kW e BC de 300kvar, do barram. PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

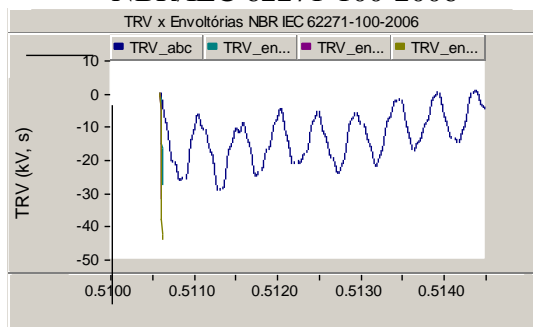
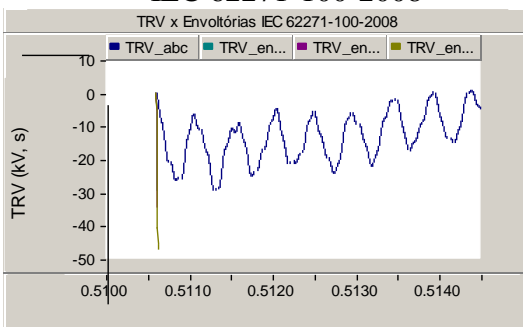
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 28.1 kV

Disj 98 (disj do circuito que alimenta motor de 1125kW e BC de 300kvar, do barram. PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30

CC3F na saída

Sem BCs

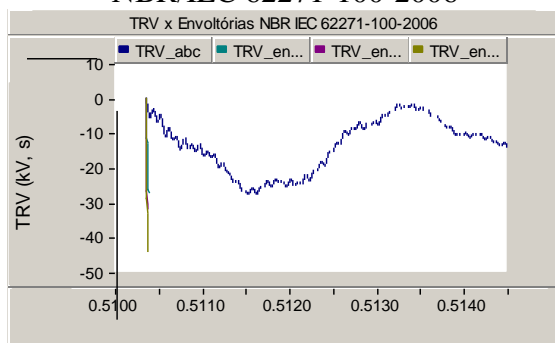
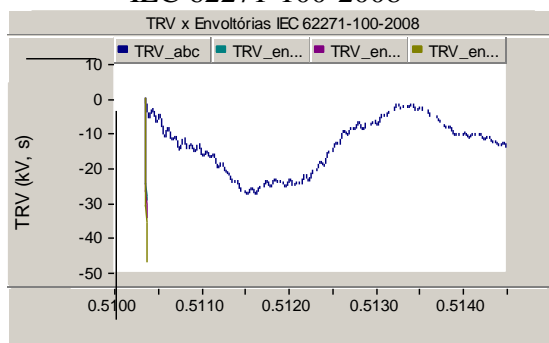
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 29.4 kV

Disj 98 (disj do circuito que alimente motor de 1125kW e BC de 300kvar, do barram. PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30

CC3F no BC, após cabo

Com BCs ligados

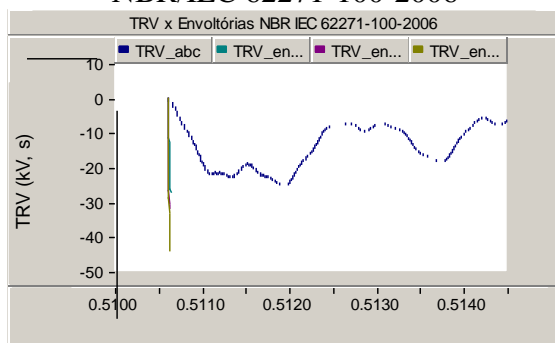
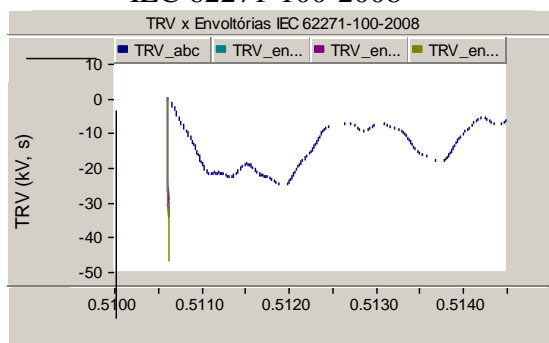
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 27.5 kV

Disj 150 (disj do circuito que alimente trafo de 9.375MVA - PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30

CC3F na saída

Com BCs ligados

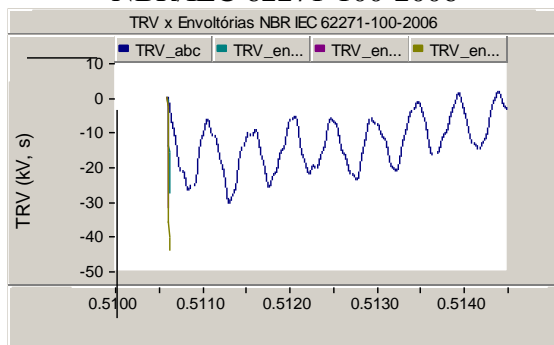
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 25.7 kV

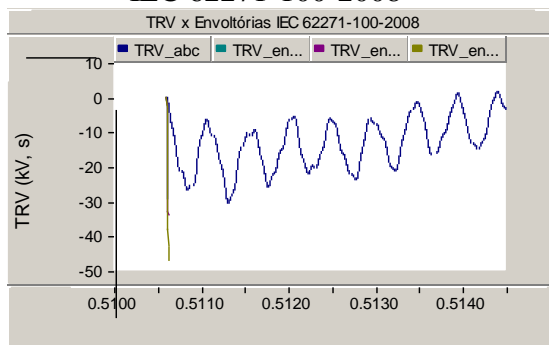
Disj 150 (disj do circuito que alimente trafo de 9.375MVA - PN-3254) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída

Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006



IEC 62271-100-2008

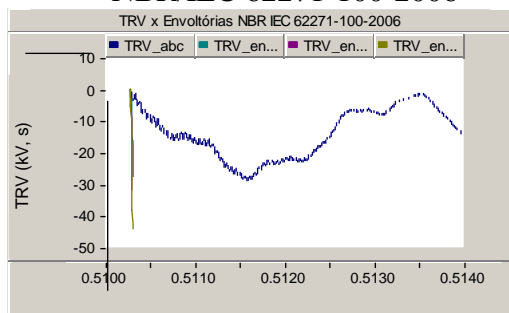


Max.: 30.4 kV

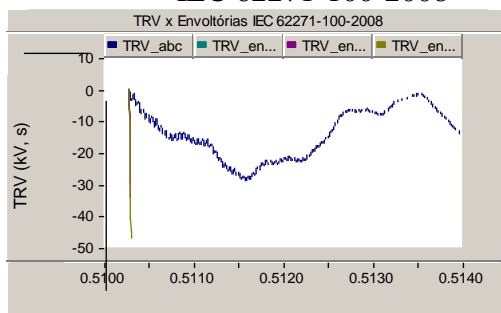
Disj 302 (disj NA de interligação entre PN-3254 e PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na chegada à ETE

Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006



IEC 62271-100-2008

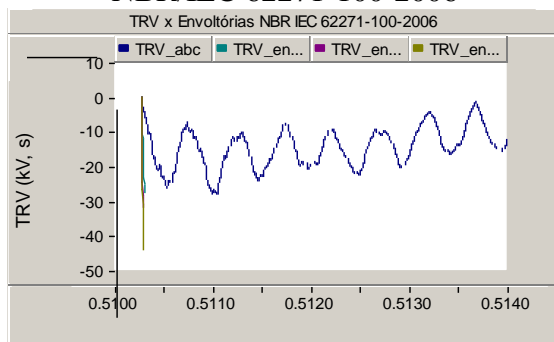


Max.: 29.0 kV

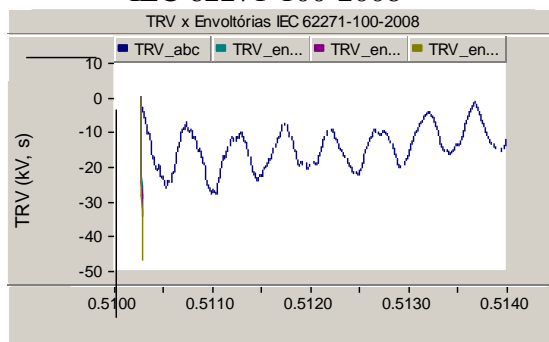
Disj 302 (disj NA de interligação entre PN-3254 e PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na chegada à ETE

Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

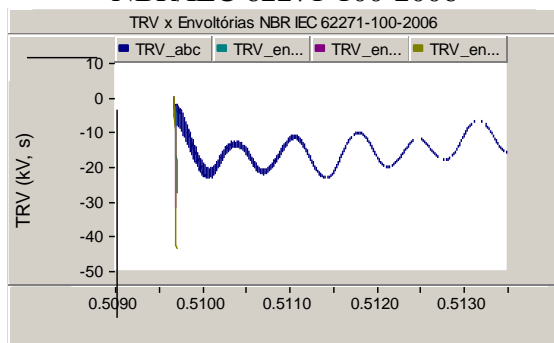
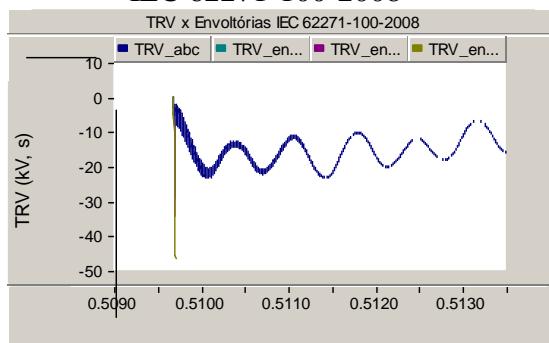


IEC 62271-100-2008



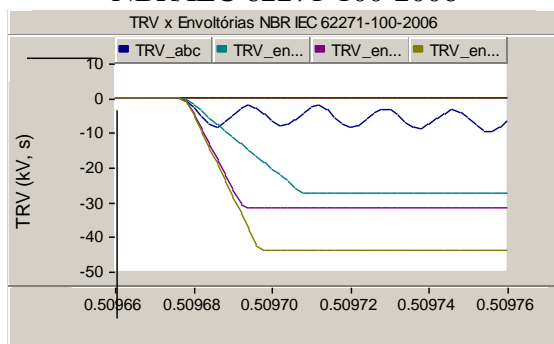
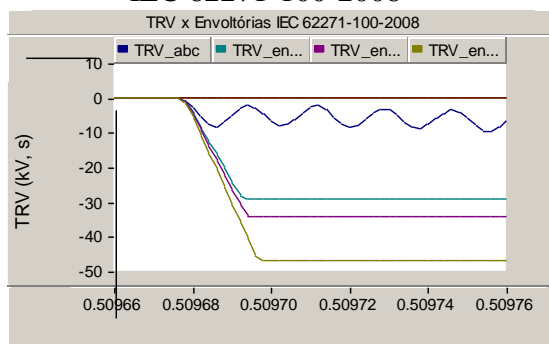
Max.: 28.2 kV

Disj 300 (disj da chegada ao barramento do PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na chegada à ETE
Com BCs ligados

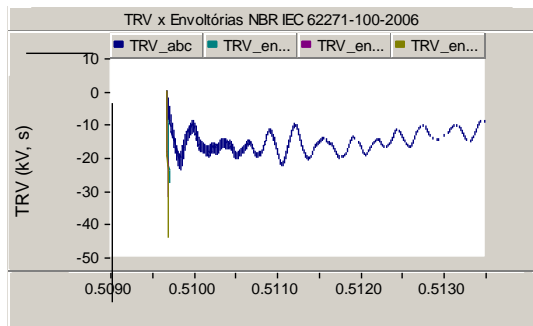
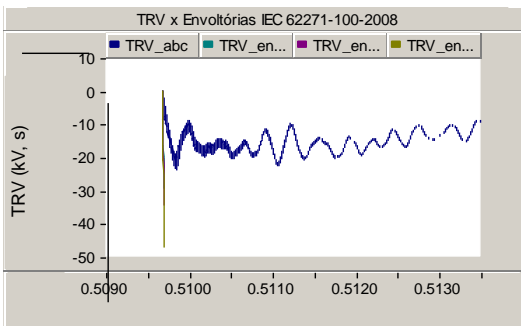
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 23.6 kV

Detalhes iniciais

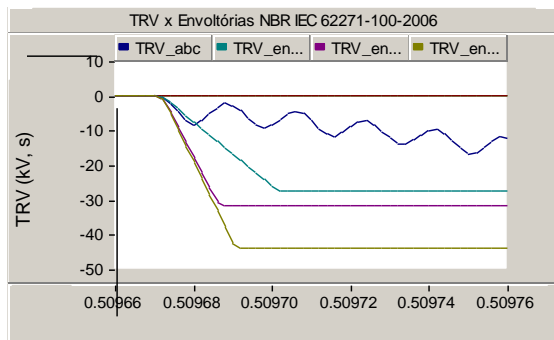
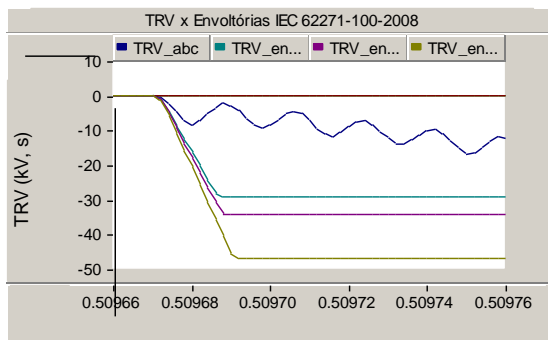
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 300 (disj da chegada ao barramento do PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na chegada à ETE
Sem BCs

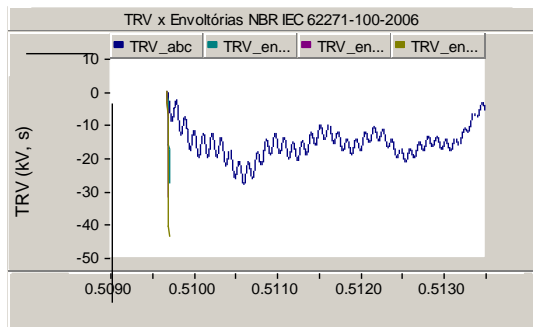
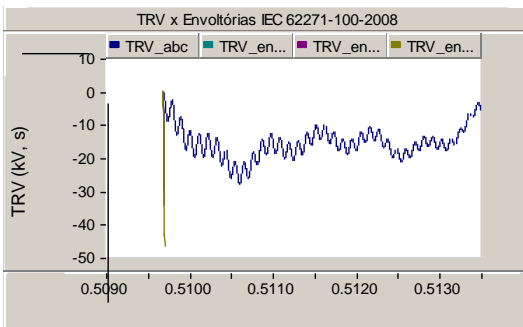
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 23.5 kV

Detalhes iniciais

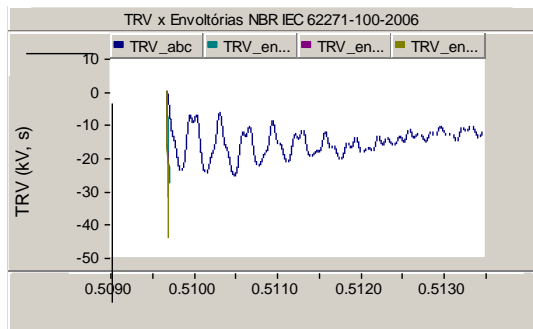
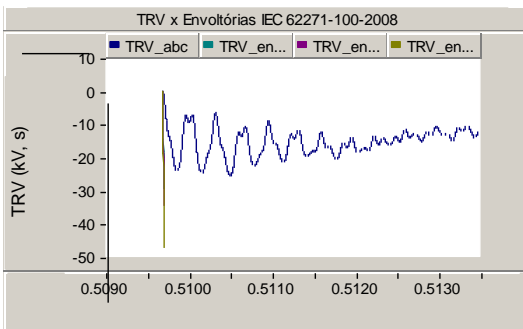
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 60 (disj de circuito de um trafo de 1600 kva do PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


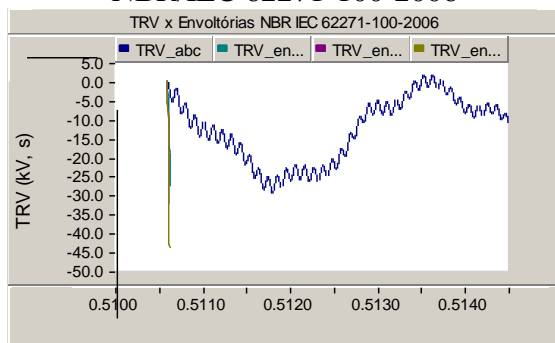
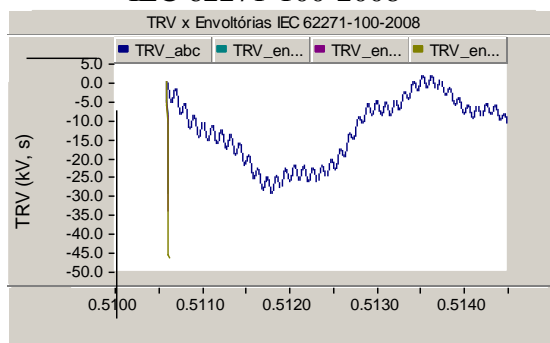
Max.: 27.9 kV

Disj 60 (disj de circuito de um trafo de 1600 kva do PN-5330001B (ETE)) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


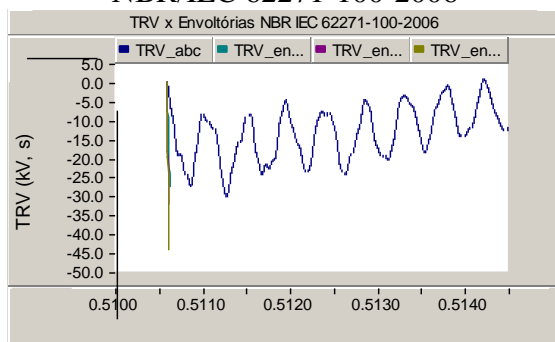
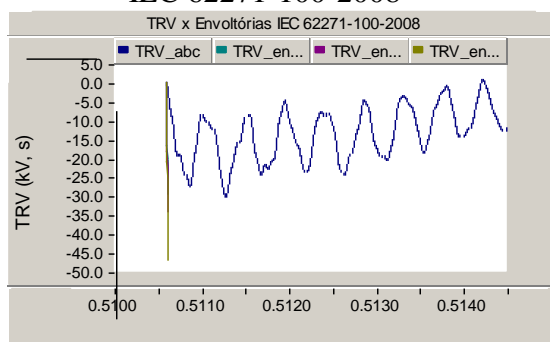
Max.: 25.4 kV

Disj 98 (circ. do PN3254 que alimenta BC de 300 kvar) – 25 ou 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


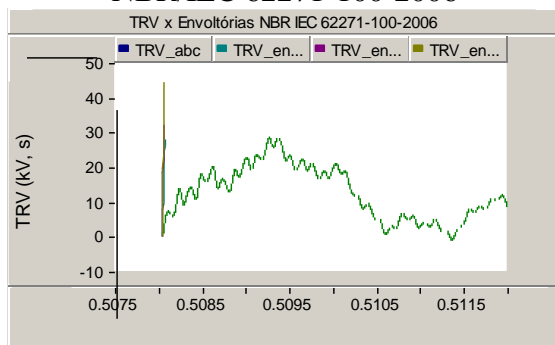
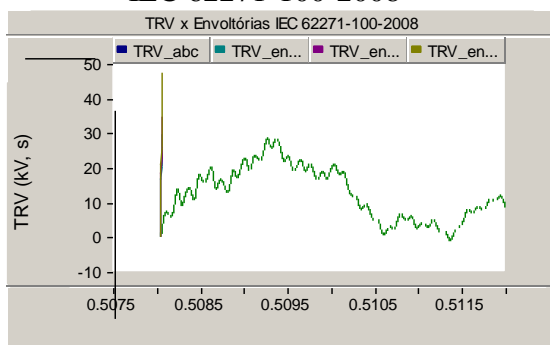
Max.: 29.4 kV

Disj 98 (circ. do PN3254 que alimenta BC de 300 kvar) – 25 ou 31.5 kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


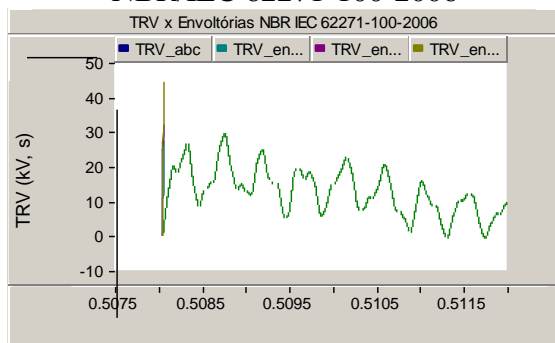
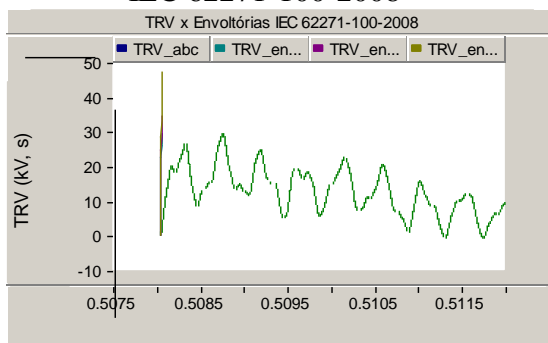
Max.: 30.3 kV

Disj 304 (disj de chegada ao barram. PN-6211001B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


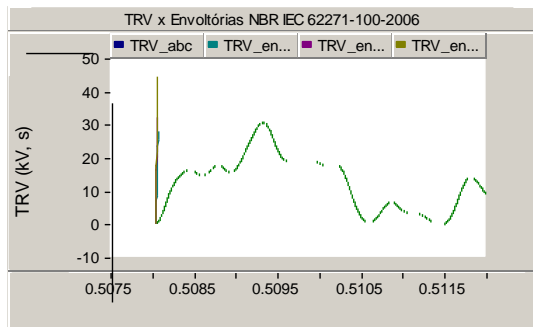
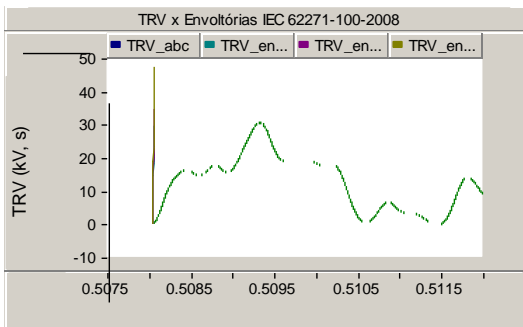
Max.: 28.2 kV

Disj 304 (disj de chegada ao barram. PN-6211001B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


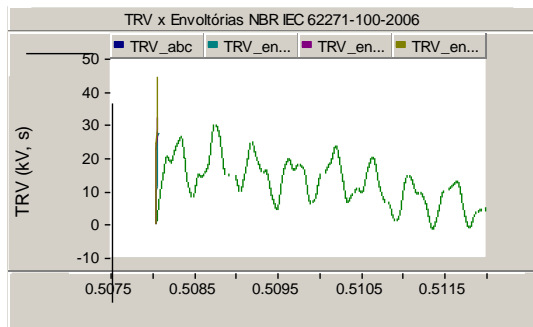
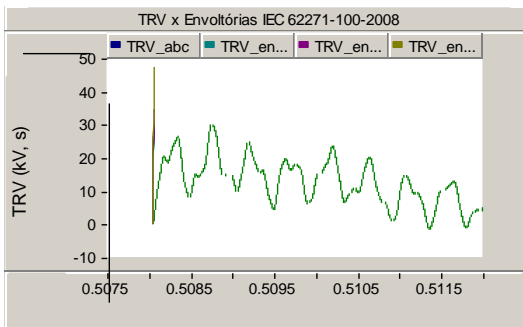
Max.: 29.2 kV

Disj 96 (disj de circuito de um trafo de 1600 kva do PN-506211001B) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


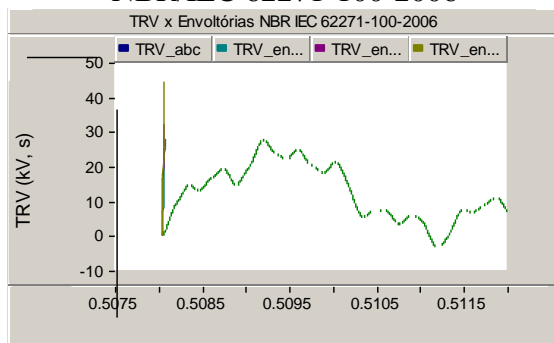
Max.: 30.4 kV

Disj 96 (disj de circuito de um trafo de 1600 kva do PN-506211001B) – 25 ou 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

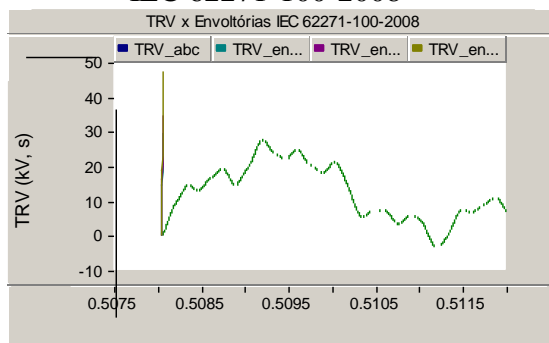
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 29.9 kV

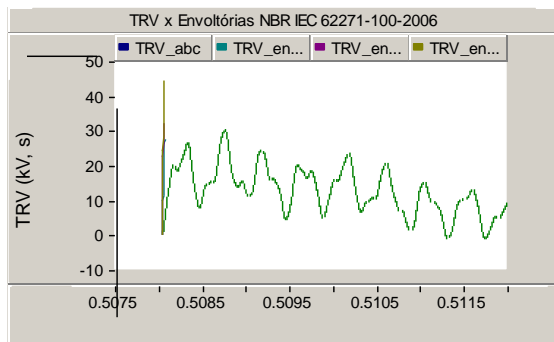
Disj 97 (disj de circuito com motor de 1800kW e BC de 210 kvar que sai do barram. PN-6211001B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


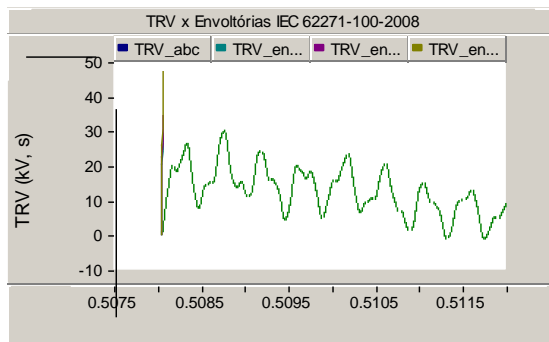
Max.: 27.4 kV

IEC 62271-100-2008


Disj 97 (disj de circuito com motor de 1800kW e BC de 210 kvar que sai do barram. PN-6211001B) – 31.5kA – T30
CC3F na saída
Sem BCs

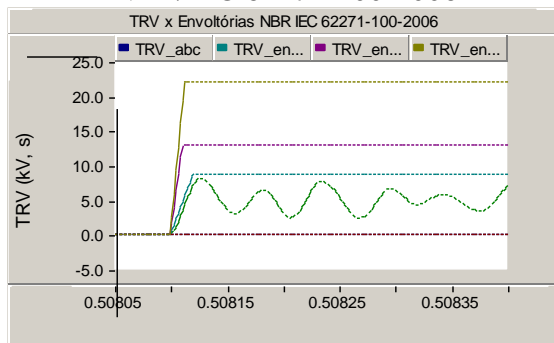
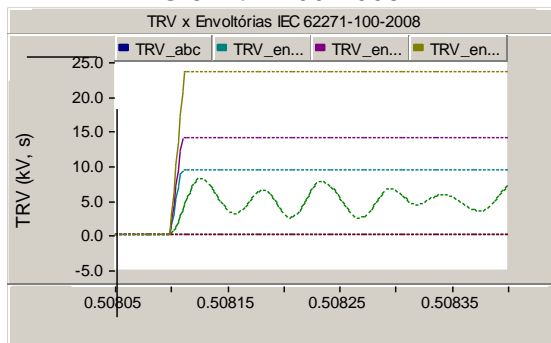
NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 29.9 kV

IEC 62271-100-2008


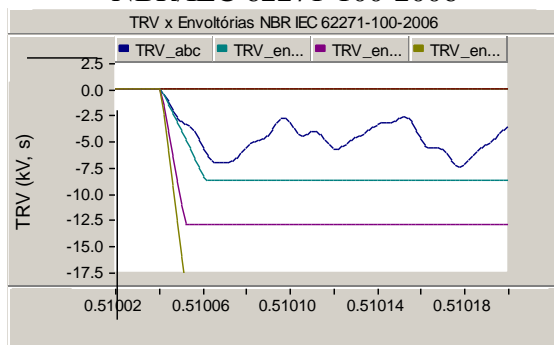
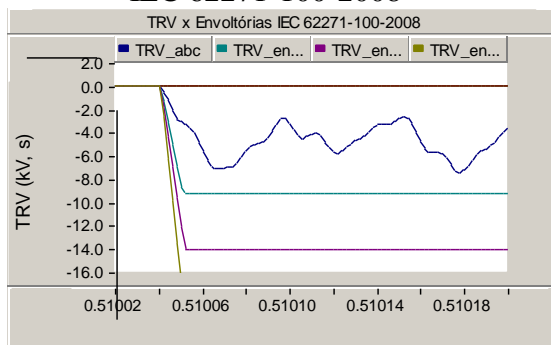
SISTEMA DE 4.16 KV

Disj 75 (circ.4.16 kV – TF-3218A) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
 CC3F na saída do disj, antes do cabo de 350 m
 Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


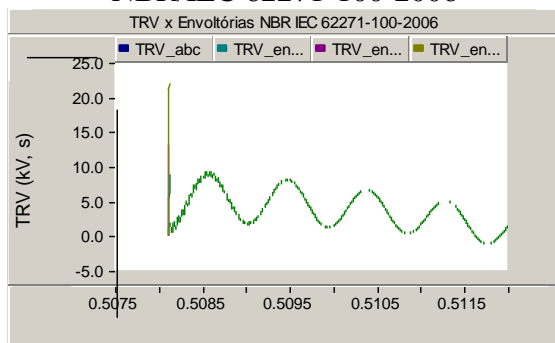
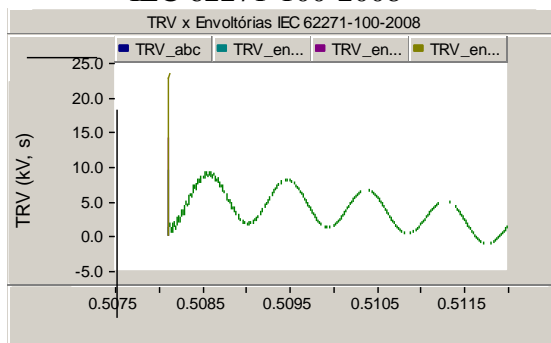
Max.: 8.2 kV

Disj 75 (circ.4.16 kV – TF-3218A) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
 CC3F na saída do disj, após o cabo de 350 m
 Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


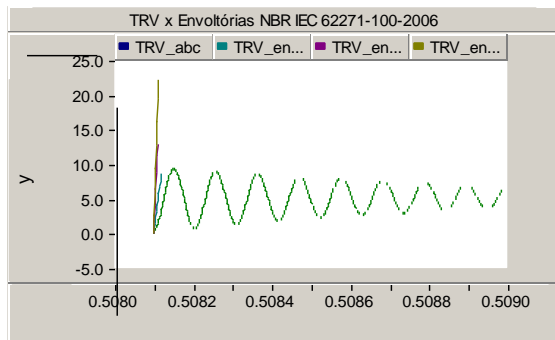
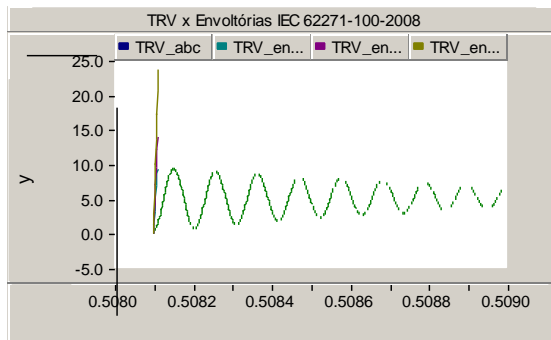
Max.: 7.49 kV

Disj 80 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída do disj, antes do cabo de 100 m
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


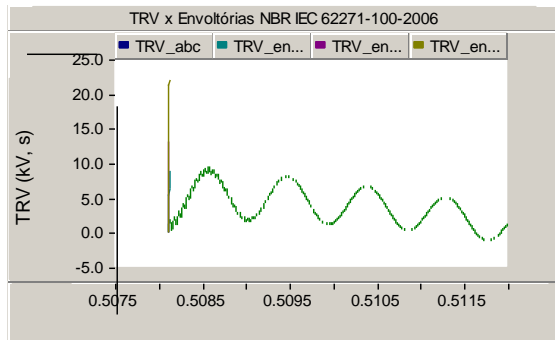
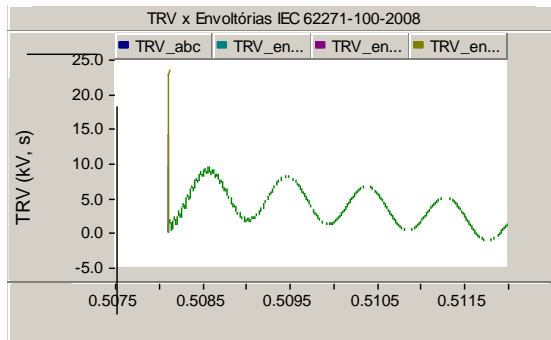
Max.: 9.2 kV

Disj 80 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída do disj, antes do cabo de 100 m
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


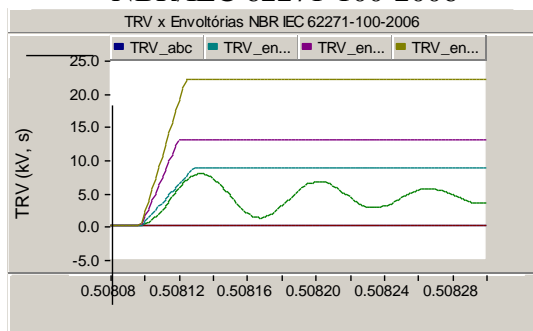
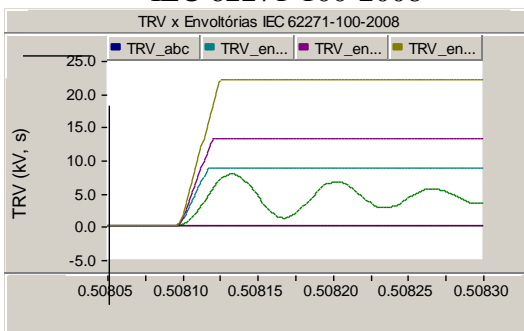
Max.: 9.3 kV

Disj 80 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
Com alimentação em L (barras interligadas, com alimentação pelo TF-3218B)
CC3F na saída do disj, antes do cabo de 100 m
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


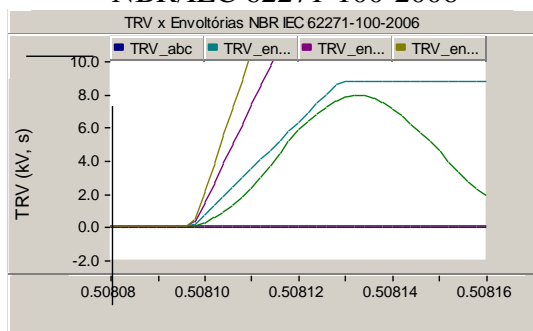
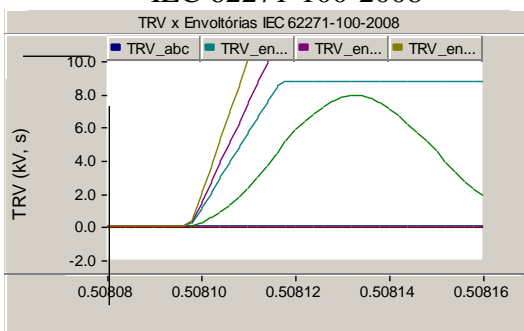
Max.: 9.3 kV

Disj 85 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F –saída do disjuntor, antes do cabo de 250 m
Com BCs ligados

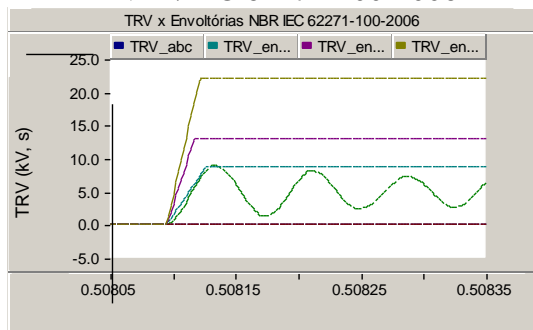
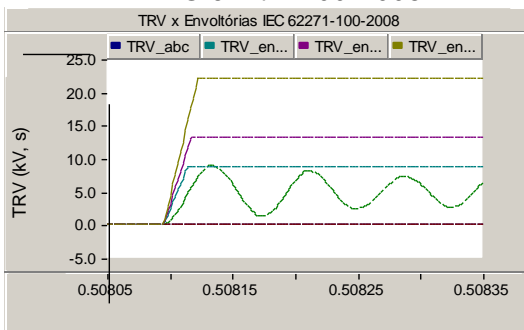
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 7.9 kV

Detalhes iniciais

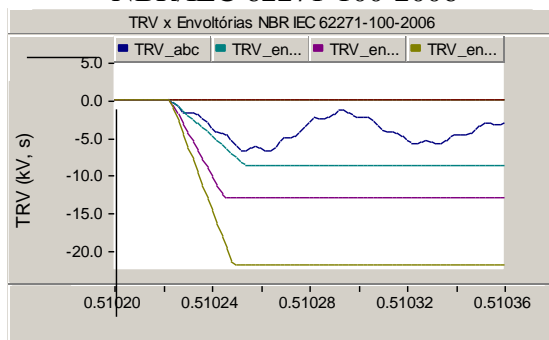
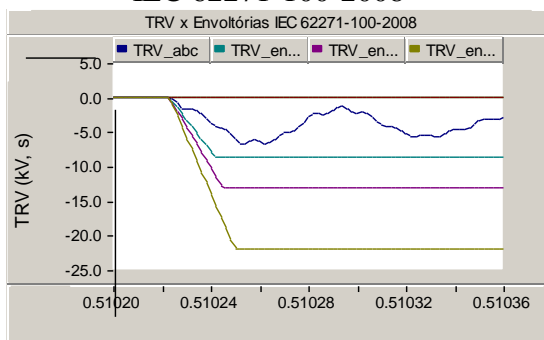
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 85 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F –saída do disjuntor, antes do cabo de 250 m
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


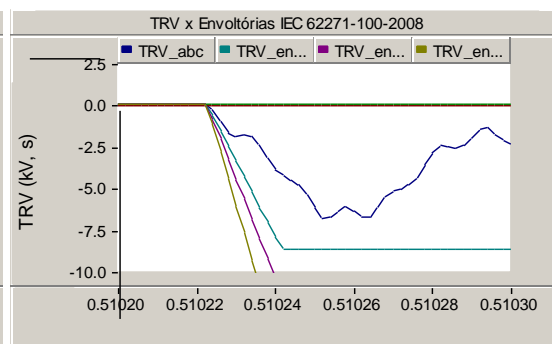
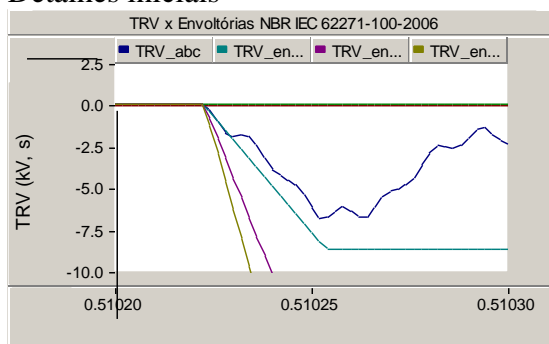
Max.: 8.9 kV

Disj 85 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F após cabo de 250 m
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


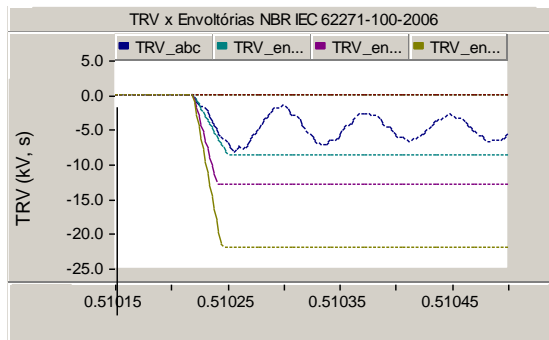
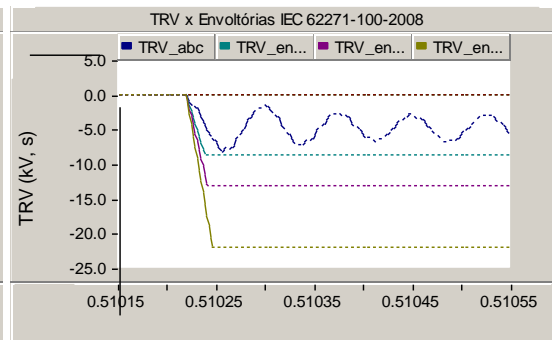
Max.: 6.8 kV

Detalhes iniciais



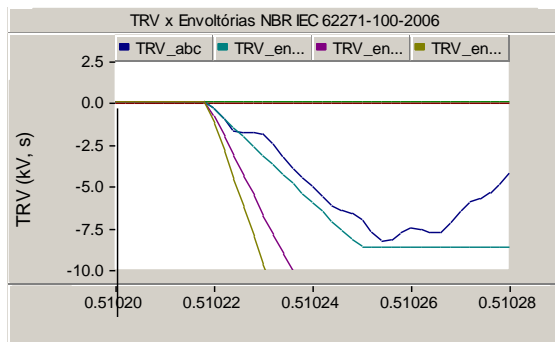
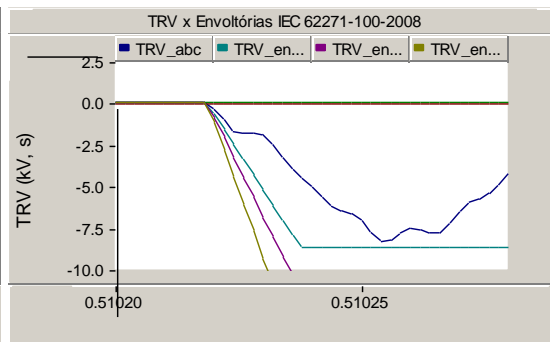
A curva de TRT do sistema corta a envoltória da NBR/IEC de 15 kV

Disj 85 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F após cabo de 250 m
Sem BCs

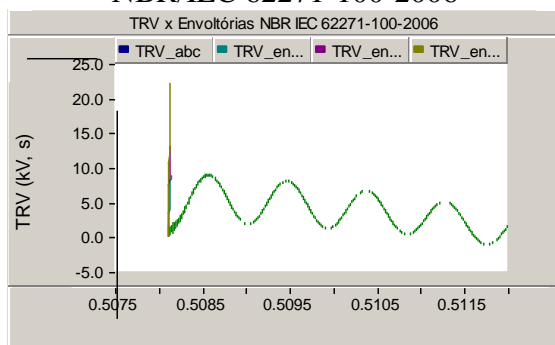
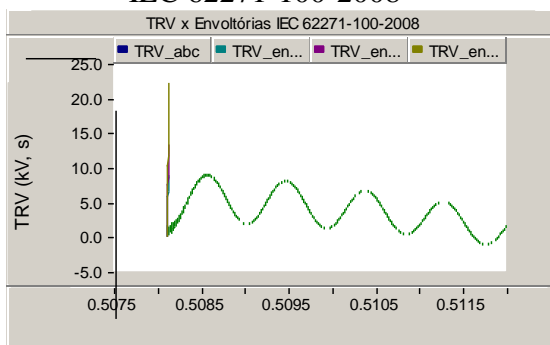
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 8.3 kV

Detalhes iniciais

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


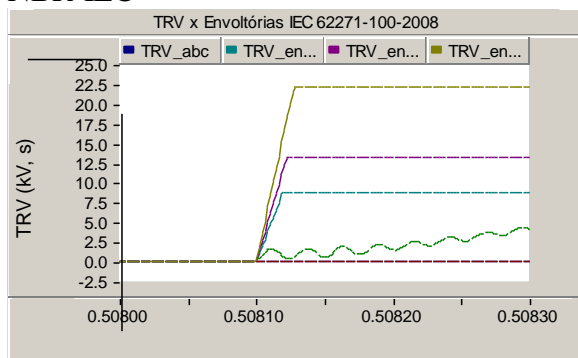
Disj 86 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída do disj, antes do cabo de 400 m
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


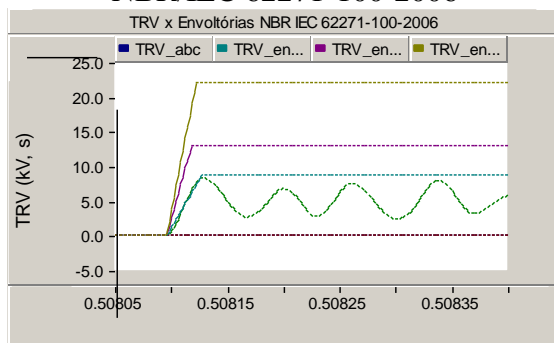
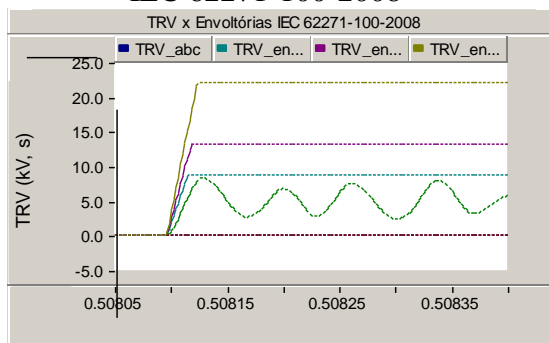
Max.: 8.7 kV

Detalhes iniciais

NBR-IEC

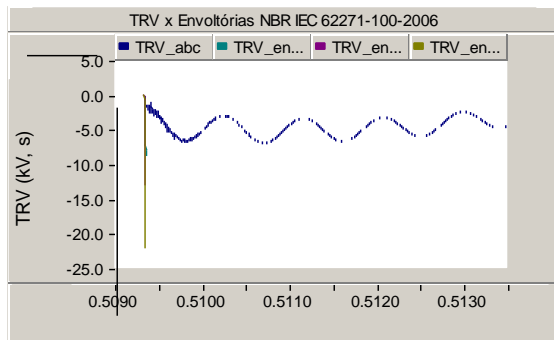
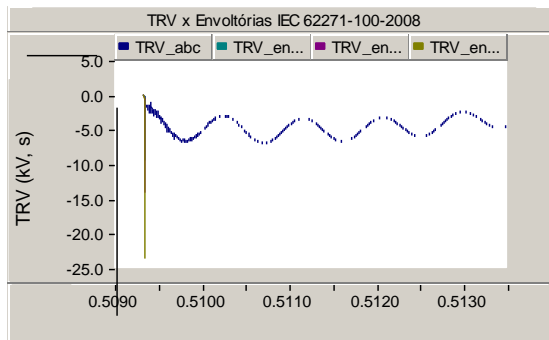


Disj 86 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída do disj, antes do cabo de 400 m
Sem BCs

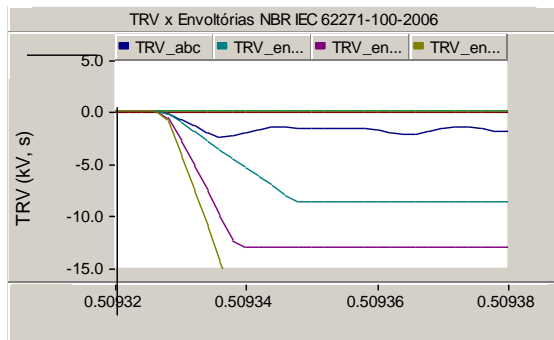
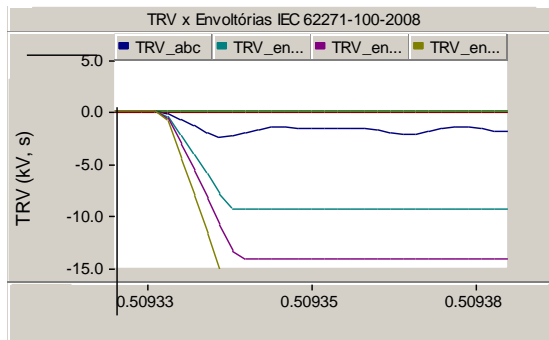
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 8.3 kV

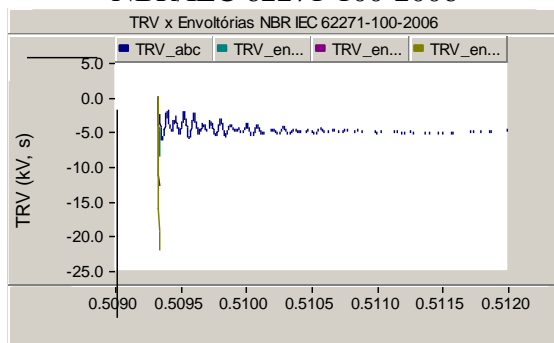
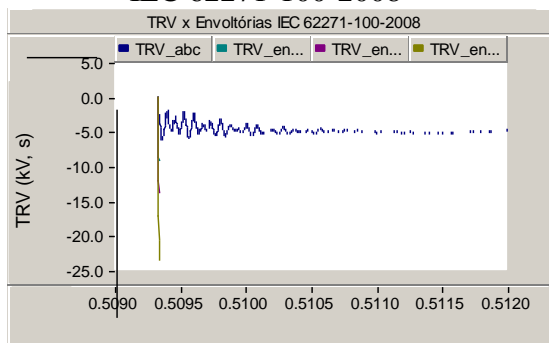
Disj 86 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T30
CC3F após o cabo de 400m
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Detalhes iniciais

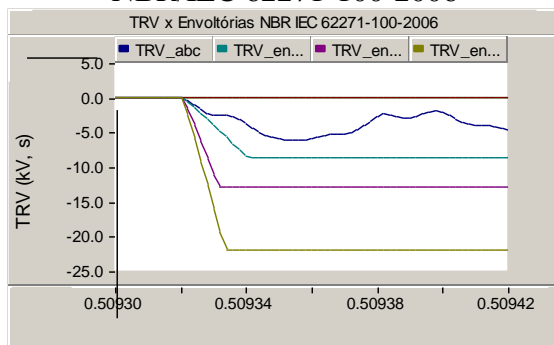
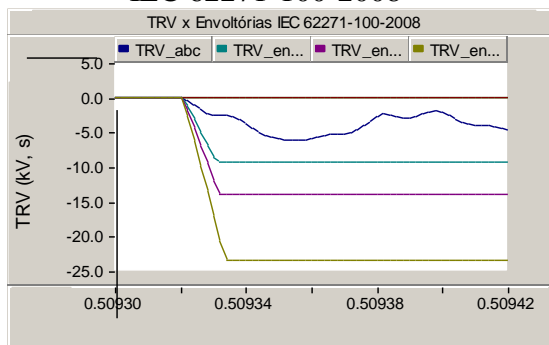
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 86 (circ.4.16 kV – TF-3218B) – 4.16 kV – 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F após o cabo de 400m
Sem BCs

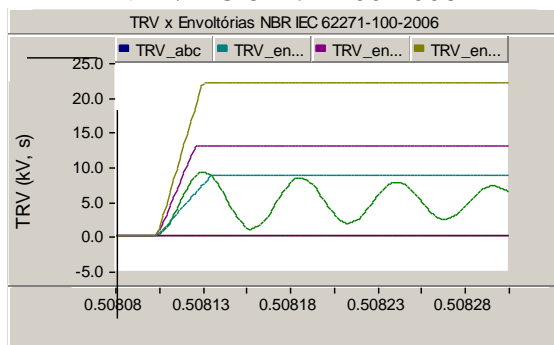
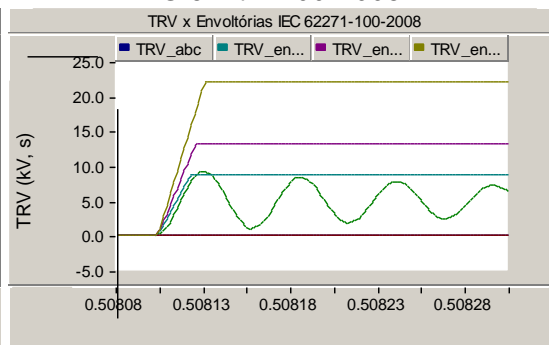
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.: 6.2 kV

Detalhes iniciais

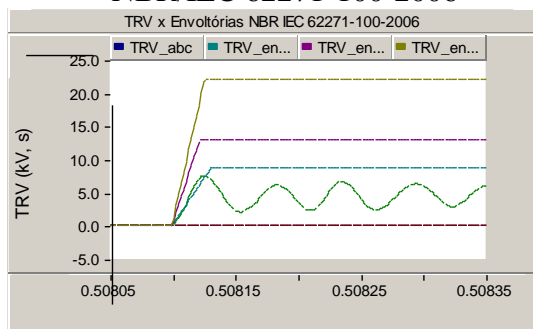
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Disj 87 (alim. de barramento secund. – TF-3218A) – 4.16 kV - 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída
Sem os circuitos (disjuntores de circuitos abertos)
Com BCs ligados

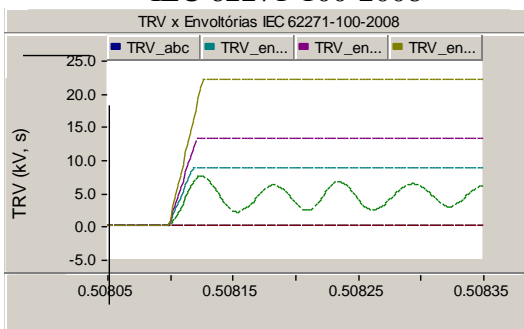
NBR/IEC 62271-100-2006

IEC 62271-100-2008


Max.:9.1 kV

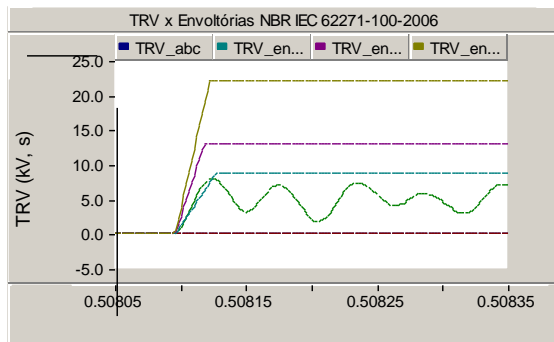
Disj 88 (alim. de barramento secund. – TF-3218B) – 4.16 kV - 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída
Com BCs ligados

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 7.5 kV

IEC 62271-100-2008


Disj 88 (alim. de barramento secund. – TF-3218B) – 4.16 kV - 25 ou 31.5 kA – T60
CC3F na saída
Sem BCs

NBR/IEC 62271-100-2006


Max.: 7.9 kV

IEC 62271-100-2008
