

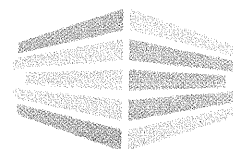
OBRA:

CAIC José Francisco Rodrigues de Oliveira
MUNICÍPIO DE JOINVILLE
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

ESTUDO DE PROTEÇÃO:

- ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS
- SATURAÇÃO DOS TC'S
- ESTUDO DE SELETIVIDADE

Fevereiro/2015
Revisão 03

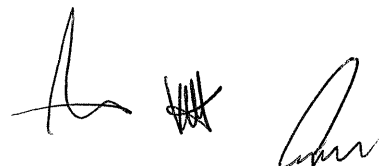


1. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS – TP, TC'S E RELÉ DE PROTEÇÃO

As Especificações abaixo estabelecem os requisitos mínimos que deverão ser atendidos no fornecimento de relés de proteção, transformadores de corrente e potencial a serem utilizados em sistemas trifásicos com tensões de 13,8kV.

Quando mais de uma unidade for solicitada sob um mesmo item da encomenda, todas deverão possuir o mesmo projeto e ser essencialmente iguais, com todas as suas peças correspondentes iguais e intercambiáveis.

Especificação do Transformador de Corrente	
TIPO:	TRANSFORMADOR DE CORRENTE PROTEÇÃO
CORRENTE PRIMARIA:	350A
CORRENTE SECUNDARIA	5A
CLASSE EXATIDAO SECUNDÁRIA	10B300
CLASSE TENSAO	15kV
IMPEDÂNCIA INTERNA	Máximo 2 ohms
FREQUENCIA	60 Hz
FATOR TERMICO	1,2xIn
TIPO	BARRA
CORRENTE TERMICA	10kA
NBI (NIVEL BASICO IMPULSO)	95kV
MODELOS INDICADOS	NKR-24
FABRICANTE	BALTEAU / BRASPTEL



Especificação do Transformador de Potencial(Alimentação Auxiliar Proteção)	
TIPO	TRANSFORMADOR POTENCIAL
TIPO REDE	MONOFASICA
CLASSE ISOLACAO	15 Kv
FREQUENCIA	60 Hz
GRUPO LIGACAO	GL1
TENSAO PRIMARIA	13,8 kV
TENSAO SECUNDARIA	220 V
POTENCIA TERMICA	1 kVA
CLASSE TEMPERATURA	A - 105°C;
NIVEL BASICO IMPULSO (NBI)	95 kV
POSICAO TERMINAL	PADRÃO
CLASSE EXATIDAO	0,3P75
BLINDAGEM ELETROSTATICA	SIM
MODELO	VFI-15 / BPS-11
FABRICANTE	BALTEAU / BRASPEL

Especificação do Relé de Proteção	
RELE PROTECAO	Microprocessado/Multifunção
FUNÇÕES DE PROTEÇÃO	50,51,50N,51N
ALIMENTAÇÃO AUXILIAR	72-250Vca/Vcc
APLICACAO	P/ ALIMENTADORES
ACESSÓRIOS	C/ FONTE CAPACITIVA INCORPORADA
ENTRADA DE CORRENTE	5A
MODELO	URPE 7104
FABRICANTE	PEXTRON

2. SATURAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE COM NÚCLEO DE PROTEÇÃO

A. INTRODUÇÃO

A seleção inapropriada de transformadores de corrente resultará na saturação do núcleo durante condições de falta e pode afetar a atuação da proteção executada pelos relés.

O impacto da saturação dos TC's é diferente para condições de proteção e regime normal de funcionamento. Este documento explica de maneira sucinta a influência da saturação de TC's sobre relés digitais, em sistemas de distribuição onde as cargas são relativamente pequenas e conectadas a sistemas com altos níveis de correntes de curto circuito.

O critério para seleção de TC's para operação em relés de proteção digitais é apresentado, levando em consideração a eficácia com a coordenação de outros dispositivos.

B. CÁLCULO DE SATURAÇÃO

Relação do TC por Icc Assimétrico

Relação de transformação do TC = IccAssimétrico / 20

Relação de transformação do TC = 3344 A / 20

Relação de transformação do TC = 167,2A

Relação de transformação do TC = 350-5A (valor de fabricação)

Cálculo da Tensão Secundária VS

$$V_{sat} = FS \times Z_t \times I_{sec}$$

FS ► corresponde a um fator de sobre corrente de 20xIn conforme NBR-6856;

Isec ► corrente secundária e

Zt ► impedância total (Zcarga + Zsecundária).

Zcarga ► corresponde a uma parcela resistiva e uma parcela indutiva referente a soma da impedância do cabo de conexão rele/TC e a impedância interna do próprio relé de proteção.

Zsecundária ► corresponde somente a uma parcela resistiva, já que, à reatância de dispersão do enrolamento secundário possui um valor desprezível devido ao modelo construtivo.

Assim a impedância total a ser considerada em cálculos será uma soma entre Zcarga e Zsecundária. Utilizando os descritivos acima, concluímos que:

$$V_{sat} = FS \times (Z_{sec} + Z_{relé} + Z_{cabo}) \times I_{sec}$$

$$V_{sat} = 20 \times (2 + 0,007 + 0,0828) \times 5$$

$$V_{sat} = 208,98V$$

Tensão secundária do TC = 300V (valor de fabricação)



C. CONCLUSÃO

Como a tensão exigida no secundário do TC no curto circuito, o TC com exatidão de 10B300 atende aos critérios de proteção e garante que não haverá saturação do núcleo ferromagnético.

3. ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE

A. DADOS DE ENTRADA

Impedância acumulada no ponto de conexão:

R1 = 0,414 p.u. X1 = 1,364 p.u.
R0 = 0,711 p.u. X0 = 3,661 p.u.

Potência de base: 100 MVA
Tensão de base: 13,8 kV

Proteção Celesc: Chave fusível com Elo fusível tipo 25K (25 A)
Relação dos TC's: 350-5 A
Relé de proteção: URPE-7104, Fabricante: Pextron

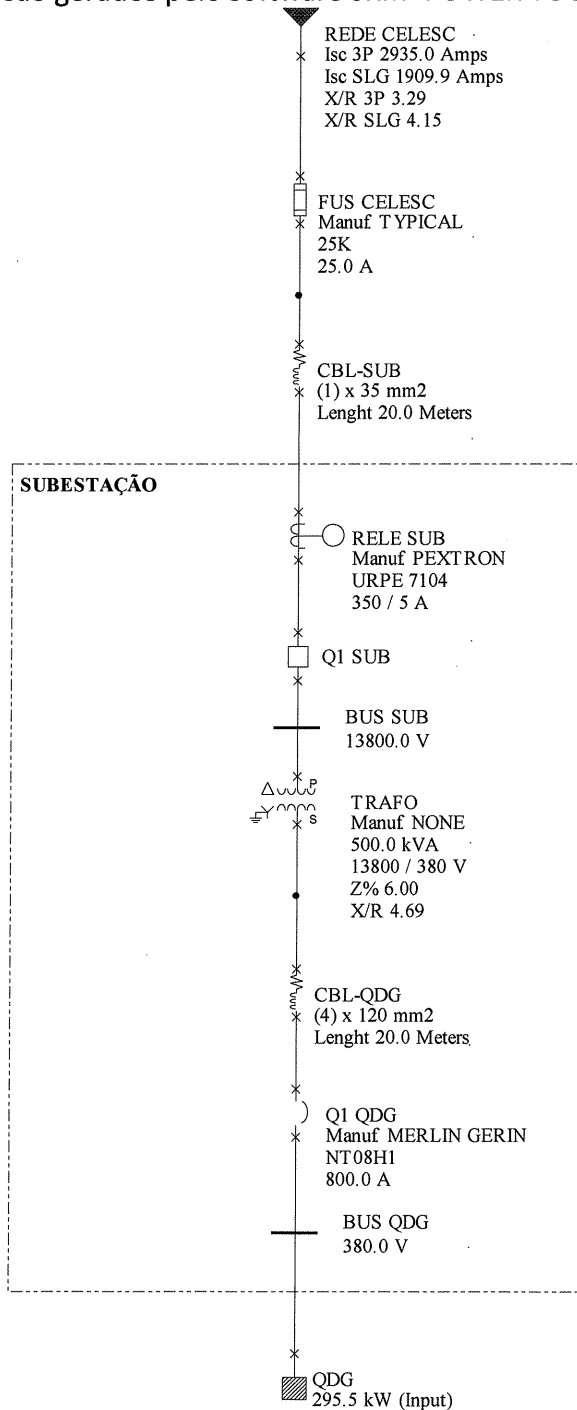
B. DADOS DO TRANSFORMADOR

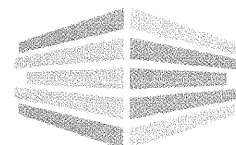
Potência: 500 kVA
Relação de tensão: 13800 / 380 V
Z = 6,0 %
Inrush = 8 x In por 0,1 segundos
Demanda da Carga: 295,50kW (321,2kVA)



C. DIAGRAMA UNIFILAR

Os dados de cálculo são gerados pelo software SKM- POWER TOOLS FOR WINDOWS.





D. CALCULO DE CURTO-CIRCUITO

ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO PARA SELETIVIDADE
CAIC PROF. DES. FRANCISCO J. RODRIGUES DE OLIVEIRA
ICC TRIFÁSICO E MONOFÁSICO

ALL PU VALUES ARE EXPRESSED ON A 100 MVA BASE

BUS NAME	SWING GENERATORS		VOLTAGE	ANGLE
	SOURCE NAME			
BUS CELESC	REDE CELESC		1.00	0.00

***** P R E - F A U L T V O L T A G E P R O F I L E *****

BUS#	NAME	BASE VOLTS	PU VOLTS	ANGLE (D)
BUS QDG		380.00	1.0000	-30.
BUS SUB		13800.00	1.0000	0.

***** F A U L T A N A L Y S I S R E P O R T *****

FAULT TYPE: 3PH
MODEL INDUCTION MOTOR CONTRIBUTION: NO
MODEL TRANSFORMER TAPS: YES
MODEL TRANSFORMER PHASE SHIFT: YES

=====

BUS QDG	VOLTAGE BASE LL:	380.0 (VOLTS)
	INI. SYM. RMS FAULT CURRENT:	10985.5 / -105. (AMPS/DEG)
	THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE:	3.572 +j 13.361 (PU)
	THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO:	3.740

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
12871.3	10998.7	10985.9	10985.5	10985.5	

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)
AT TIME = 0.5 CYCLES

---	PHASE A---	---	PHASE B---	---	PHASE C---
0.0000 /	0.0	0.0000 /	0.0	0.0000 /	0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)
AT TIME = 0.5 CYCLES

---	PHASE A---	---	PHASE B---	---	PHASE C---
10985.5 /	-105.0	10985.5 /	135.0	10985.5 /	15.0

BUS QDG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

FIRST BUS FROM FAULT	AT TIME =	0.5 CYCLES				
---	PHASE A---	---	PHASE B---	---	PHASE C---	
380.0	0.0507 /	-83.	0.0507 /	157.	0.0507 /	37.

BUS QDG ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME =	0.5 CYCLES					
BRANCH NAME	VBASE LL	-PHASE A-	-PHASE B-	-PHASE C-		
BUS TRAF0	BUS QDG	CBL-QDG	380.	10985.5/-105.	10985.5/ 135.	10985.5/15.

BUS SUB	VOLTAGE BASE LL:	13800.0 (VOLTS)
---------	------------------	-----------------

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 2927.7 / -73. (AMPS/DEG)
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.421 +j 1.366 (PU)
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 3.243

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
3322.9	2929.0	2927.7	2927.7	2927.7	

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 2927.7 / -72.9 2927.7 / 167.1 2927.7 / 47.1

BUS SUB ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 BUS CELESC 13800.0 0.0050 / -60. 0.0050 / 180. 0.0050 / 60.
 BUS TRAF0 380.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.
 BUS SUB ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====
 FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-
 BUS CELESC BUS SUB CBL-SUB 13800. 2927.7/ -73. 2927.7/ 167. 2927.7/47.
 BUS SUB BUS TRAF0 TRAF0 13800. 0.0/ 0. 0.0/ 0. 0.0/ 0.

***** FAULT ANALYSIS REPORT *****

FAULT TYPE: SLG
 MODEL INDUCTION MOTOR CONTRIBUTION: NO
 MODEL TRANSFORMER TAPS: YES
 MODEL TRANSFORMER PHASE SHIFT: YES

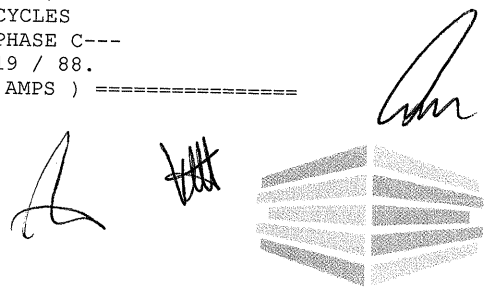
BUS QDG VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 11240.7 / -105. (AMPS/DEG)
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 10.679 +j 39.118 (PU)
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 3.663
 SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 3.572 +j 13.361 (PU)
 Z2: 3.572 +j 13.361 (PU)
 Z0: 3.534 +j 12.396 (PU)

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
13108.1	11252.5	11241.1	11240.7	11240.7	

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 0.0000 / 0.0 0.9839 / -149.0 0.9933 / 88.7

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 11240.7 / -104.7 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

BUS QDG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 BUS TRAF0 380.0 0.0645 / -78. 0.9839 / -148. 0.9819 / 88.
 BUS QDG ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====



FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BUS TRAFQ	BUS QDG	BRANCH NAME	VBASE LL	-PHASE A-	-PHASE B-	-PHASE C-
		CBL-QDG	380.	11240.7/-105.	0.0/-105.	0.0/-105.

BUS SUB VOLTAGE BASE LL: 13800.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 1906.9 / -76. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 1.560 +j 6.394 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.099

SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 0.421 +j 1.366 (PU)

Z2: 0.421 +j 1.366 (PU)

Z0: 0.718 +j 3.663 (PU)

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES
2281.7	1911.0	1907.1
		5 CYCLES
		8 CYCLES
		1906.9
		1906.9

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A---	---PHASE B---	---PHASE C---
0.0000 / 0.0	1.2414 / -133.2	1.1859 / 135.8

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A---	---PHASE B---	---PHASE C---
1906.9 / -76.3	0.0 / 0.0	0.0 / 0.0

BUS SUB ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

FIRST BUS FROM FAULT	AT TIME =	0.5 CYCLES
BUS CELESC	13800.0	0.0033 / -62.
BUS TRAFQ	380.0	0.6847 / -44.
BUS SUB		

-----PHASE A-----PHASE B-----PHASE C-----

1.2413 / -133. 1.1858 / 136.

0.7167 / -133. 1.0000 / 90.

===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME	VBASE LL	-PHASE A-	-PHASE B-	-PHASE C-
BUS CELESC BUS SUB CBL-SUB	13800.	1906.9/ -76.	0.0/ 0.	0.0/ 0.
BUS SUB BUS TRAFQ TRAFQ	13800.	0.0/ 0.	0.0/ 0.	0.0/ 0.

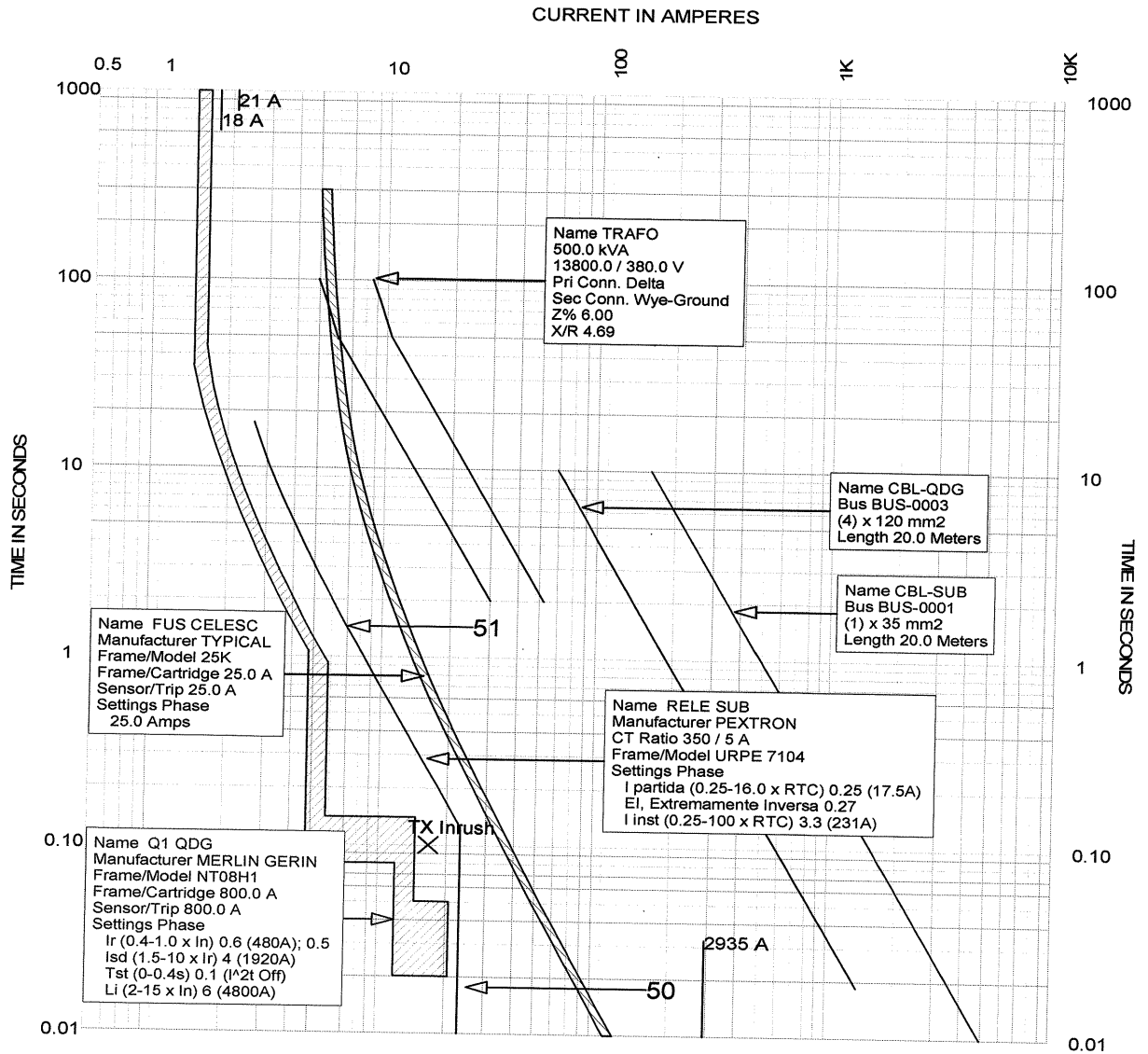
***** FAULT ANALYSIS SUMMARY *****

BUS NAME	VOLTAGE L-L	AVAILABLE FAULT CURRENT			
		3 PHASE	X/R LINE/GRND	X/R	
BUS QDG	380.	10985.5	3.7	11240.73	3.7
BUS SUB	13800.	2927.7	3.2	1906.89	4.1

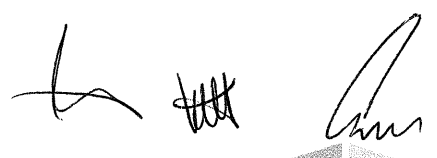
***** FAULT ANALYSIS REPORT COMPLETED *****



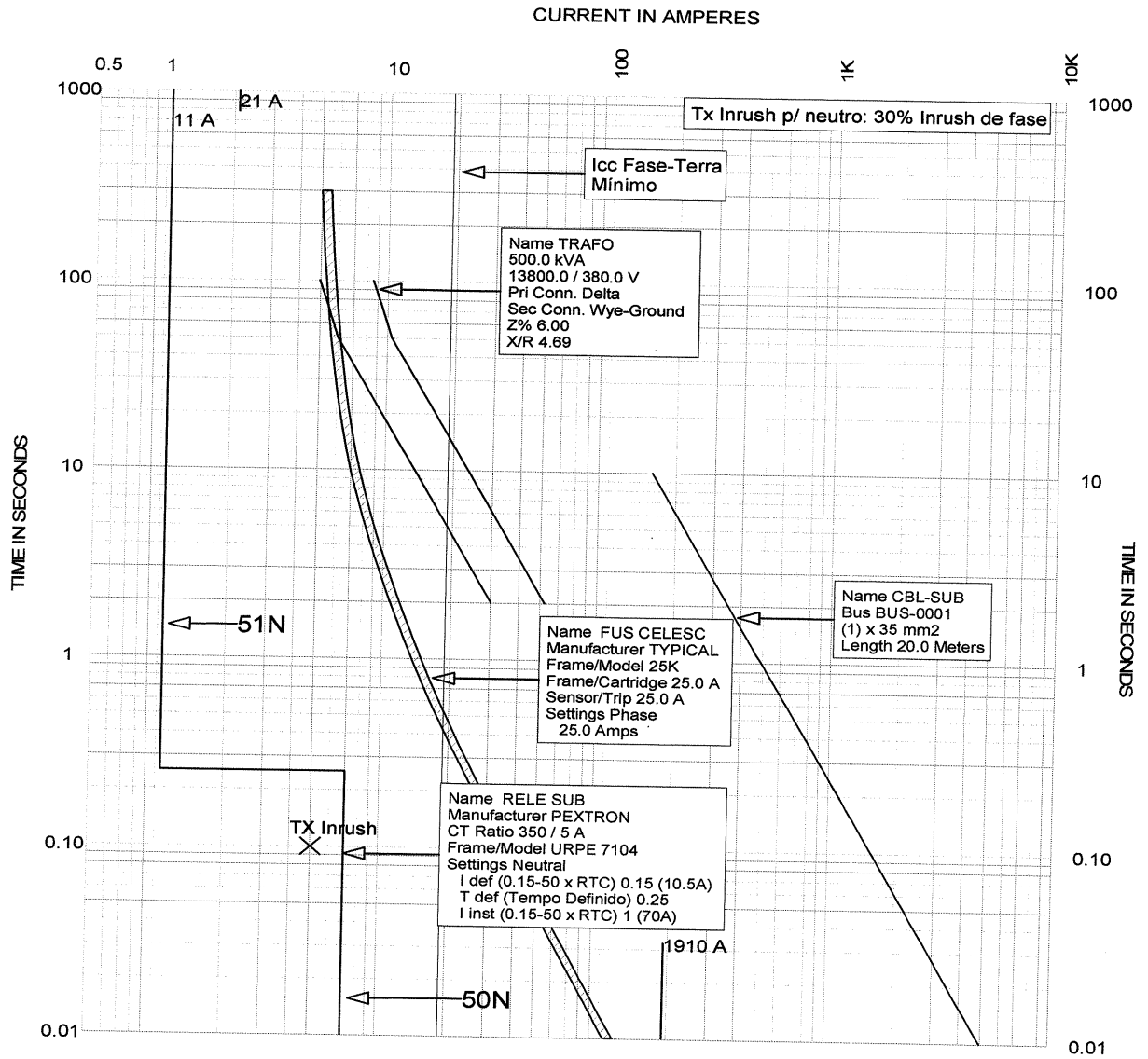

E. COORDENOGRAMA DE FASE



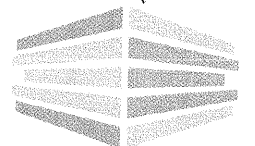
TCC Name: Prot. Fase Trafo Current Scale x 10 Reference Voltage: 13800
 Online: February 9, 2015 5:08 PM SKM Systems Analysis, Inc.




F. **COORDENOGRAMA DE NEUTRO**



TCC Name: Prot. Neutro Trafo Online: February 9, 2015 5:14 PM	Current Scale x 10	Reference Voltage: 13800 SKM Systems Analysis, Inc.
---	--------------------	--

G. CRITÉRIO PARA AJUSTES DAS PROTEÇÕES DA SUBESTAÇÃO

Função 51: Ajuste em 30% acima da demanda contratada de 295,5 kW.

$$I_n = \frac{295,5kW}{13,8kV \times \sqrt{3} \times 0,92} = 13,4A$$

$$Ajuste = 13,4 \times 1,3 = 17,4A$$

$$Ajuste = 17,4 \times \frac{5}{350} = 0,25 A_{sec}$$

A temporização da função foi ajustada de forma a coordenar com o disjuntor à jusante e o fusível a montante.

O disjuntor do secundário do transformador foi ajustado em função da demanda contratada de 295,5 kW.

$$I_n = \frac{295,5kW}{0,38kV \times \sqrt{3} \times 0,92} = 488A$$

$$Ajuste = \frac{488A}{800A} = 0,60$$

Portanto, o ajuste do disjuntor será de 0,6 x I_n .

Função 50: Ajuste em 5 a 40% acima da corrente de Inrush do transformador.

Função 51N: Ajuste da corrente de partida em 30% acima da demanda contratada de 295,5 kW.

Uma vez que foi necessário aumentar a relação dos TC's devido ao lcc, não foi possível implementar este ajuste em 30% da demanda contratada, pois o mínimo ajuste permitido no relé é maior que isto (aproximadamente 78%). Desta forma a corrente de partida foi ajustada no mínimo valor permitido.

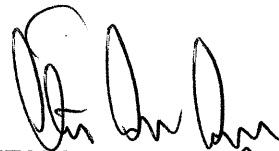
A temporização da função foi ajustada de forma a coordenar o fusível a montante.



Função 50N: Ajuste em 30% da corrente ajustada para a proteção instantânea de fase (50), de forma a garantir que não haverá falsa atuação durante o Inrush devido a circulação de harmônicas de sequência zero.

Proteção de fase		
Múltiplos	Tempo (seg)	I fase (A)
1,02	534,6	17,7
2	7,2	34,8
5	0,9	87
8	0,34	139,2
10	0,22	174

Proteção de neutro		
Múltiplos	Tempo (seg)	I neutro (A)
1,02	0,25	10,7
2	0,25	21
5	0,25	52,5
8	0	84
10	0	105



ITALO LUNA CORRÊA
Engenheiro Eletricista
CREA/SC 086923-8



Karenina Urriola Mendez
Matricula 43.670
Arquiteta - CAU A48746-5



Rosane Mebs
Gerente da Unid. Administrativa
Matricula 42.983

