



MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
Cliente:	SMAE
Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
Unidade:	Caxias do Sul - RS
Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
00	EMIÇÃO INICIAL
01	ADEQUAÇÃO DA PROTEÇÃO EXISTENTE

REVISÕES	REV. 01	REV. 02	REV. 03	REV. 04	REV. 05
DATA	07.04.2025				
PROJETO	4614				
EXECUÇÃO	E. D. ANTUNES				
VERIFICAÇÃO	E. D. ANTUNES				
APROVAÇÃO	F. ZANCHI				

As informações deste documento são propriedades do cliente, sendo proibida a utilização fora da sua finalidade.

**SUMÁRIO**

1	DADOS INICIAIS	3
1.1	Contratante	3
1.2	Local da Obra	3
1.3	Documentos de Projeto	3
2	INTRODUÇÃO	3
2.1	Objetivo	3
2.2	Normas de Referência	3
2.3	Definições de Fornecimento	4
3	CRITÉRIOS	4
3.1	Compromisso de Seletividade	4
3.2	Proteção dos Alimentadores	4
3.3	Proteção dos Transformadores	5
3.4	Intervalos de Coordenação	5
3.5	Avaliação dos Transformadores de Corrente (TC's)	6
4	METODOLOGIA PARA OS CÁLCULOS DE CURTO CIRCUITO	7
4.1	Curto Circuito Abrangente	7
4.2	Modelagem dos Transformadores	8
5	VALORES DE CURTO CIRCUITO DA INSTALAÇÃO	8
5.1	Dados de Curto Circuito no Ponto de Conexão	8
5.2	Dados de Impedância no Ponto de Conexão	8
5.3	Equipamento de Proteção à Montante	8
5.4	Ajuste das Proteções no Relé da Concessionária	9
6	DADOS DOS EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO	9
6.1	Inversores de Frequência	9
6.2	Transformadores de Potência	10
6.3	Dados dos Motores de Bombeamento de Água	12
6.4	Banco de Capacitores	14
6.5	Transformadores de Corrente	14
7	CÁLCULO DOS AJUSTES DE PROTEÇÃO	20
7.1	Disjuntor de MT Proteção Geral (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005)	20
7.2	Disjuntor de MT Proteção Motor 01 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005)	22
7.3	Disjuntor de MT Proteção Motor 02 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005)	23
7.4	Disjuntor de MT Proteção Motor 03 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005)	25
7.5	Disjuntor de MT Proteção Motor 04 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005)	26



MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
Cliente:	SMAE
Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
Unidade:	Caxias do Sul - RS
Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

8	COORDENOGRAMAS	28
8.1	Curva de fase, concessionária RGE e proteção DJ Geral 50-0 SMAE Faxinal	28
8.2	Curva de fase e neutro, concessionária RGE e proteção DJ Geral 50-0 SMAE Faxinal	28
8.3	Curva de fase e neutro com ponto ANSI e INRUSH DJ Geral 50-0 SMAE Faxinal	29
8.4	Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do grupo 01 50-1	29
8.5	Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do grupo 02 50-2	30
8.6	Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do grupo 03 50-3	30
8.7	Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do grupo 04 50-4	31
9	DIAGRAMA FUNCIONAL DO SISTEMA	31
10	DIAGRAMA UNIFILAR DO PROJETO	32

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

1 DADOS INICIAIS

1.1 Contratante

Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto - SAMAE

1.2 Local da Obra

Endereço: Est. Estância Boca da Serra 2.300

Bairro: Ana Rech

Cidade: Caxias do Sul - RS

1.3 Documentos de Projeto

Estudo de coordenação, proteção e seletividade - Power Service - SAMAE

2 INTRODUÇÃO

A concepção do projeto de um sistema de proteção dentro de um sistema elétrico tem como objetivo oferecer proteção ao patrimônio, minimizando, na ocorrência de qualquer falta no sistema, os danos a equipamentos e instalações.

Sob o ponto de vista da proteção ideal, seria conveniente que todos os dispositivos atuassem instantaneamente, o que faria que o sistema ficasse sujeito a uma situação de defeito o menor tempo possível. Porém essa situação traria outros inconvenientes, como por exemplo, áreas não envolvidas diretamente com o defeito seriam desenergizadas, ocasionando a interrupção da produção em áreas que, a rigor, não necessitariam.

Em vista disso, ao se fazer o estudo da proteção de um sistema, persegue-se dois conceitos: Seletividade e Coordenação da proteção.

SELETIVIDADE: No caso de uma falta em um ponto qualquer de um sistema elétrico, a menor porção possível do circuito deverá ser desenergizada.

COORDENAÇÃO: Na ocorrência de uma falta de um ponto do sistema o dispositivo mais próximo do defeito deverá ser o primeiro a atuar. Caso este falhe o segundo dispositivo deverá atuar, e assim por diante.

2.1 Objetivo

Apresentar os ajustes de proteção da subestação de 13,8 kV da EBAB do Faxinal.

2.2 Normas de Referência

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR 14039-2021	Instalações Elétricas de Média Tensão
IEEE 315-1975	Graphic Symbols For Electrical And Electronics Diagrams
IEEE 141-1994	Recommended Practice For Electric Power Distribution For Industrial Plants
NBR 5356-2007	Transformadores de Potência
IEEE 399-1997	Recommended Practice For Industrial and Commercial Power Systems Analysis

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

2.3 Definições de Fornecimento

Este relatório tem por objetivo apresentar ao SAMAE o estudo técnico de proteção e seletividade referente a subestação de 13,8 kV da EBAB Faxinal.

Os relés a serem ajustados são:

Subestação	TAG do Relé	Modelo do Relé
EBAB FAXINAL	50-0	SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005
	50-1	SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005
	50-2	SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005
	50-3	SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005

3 CRITÉRIOS

Aqui serão apresentados os critérios básicos utilizados para definição dos principais ajustes de proteção.

3.1 Compromisso de Seletividade

Um "compromisso" de seletividade é a situação nas quais dois dispositivos de proteção em série, e por razões intencionais ou não, podem operar simultaneamente em casos de defeito.

A) Condição 1

Quando os dois dispositivos desligam o mesmo circuito e a sinalização de atuação dos dois dispositivos não dificulta a localização e identificação do defeito, e houver necessidade de redução dos tempos de atuação da proteção do sistema.

B) Condição 2

Quanto a solução a ser adotada para se obter seletividade, colocar em risco vidas humanas, a operação do sistema ou os equipamentos.

C) Condição 3

Quando a solução a ser adotada para se obter seletividade implicar em modificações no sistema consideradas tecnicamente inviáveis.

3.2 Proteção dos Alimentadores

Normalmente, nenhuma proteção é colocada exclusivamente para proteção de cabos e barramentos, pois sua suportabilidade quanto a esforços térmicos e dinâmicos, são superiores aos dos demais equipamentos do sistema. De forma geral, será respeitada a curva de danos do elemento a ser protegido.

Função 51: De 1,0 a 1,5 vezes a corrente calculada de acordo com a potência da carga.

Função 50: Em condições ideais deve cobrir um trecho de até 85% do alimentador, podendo também ser utilizado um ajuste entre 8 e 10 vezes a corrente de ajuste da função 51, até o valor máximo da corrente de curto circuito trifásica.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

Função 51N: De 10 a 30% da corrente calculada de acordo com a potência da carga.

Função 50N: Em condições ideais deve cobrir um trecho de até 85% do alimentador, podendo também ser utilizado um ajuste entre 8 e 10 vezes a corrente de ajuste da função 51N, até o valor máximo da corrente de curto circuito fase terra.

3.3 Proteção dos Transformadores

A curva ANSI dos transformadores indica o limite de suportabilidade térmica e dinâmica dos mesmos, segundo os limites estabelecidos pela norma IEEE Std C57.109 [07], aplicada para transformadores imersos em óleo, e IEEE Std C57.12.59 DT [8] para transformadores a seco.

Para transformadores com ligação Delta-Estrela aterrada são representadas ainda as curvas ANSI deslocadas a 58%, que corresponde ao limite de suportabilidade do transformador visto pelo elemento de proteção do primário, no caso de um curto circuito fase-terra no secundário.

A corrente de Inrush adotada será entre 8 (oito) e 10 (dez) vezes a corrente nominal com tempo de Inrush de 100 ms. Em casos específicos esta corrente poderá ser calculada.

Função 51 (Primário): De 1,0 a 1,25 vezes a corrente nominal devendo proteger o ponto de limite térmico do transformador.

Função 50 (Primário): Ajuste maior que a corrente de magnetização do transformador e maior que o valor da corrente de curto circuito refletida pelo secundário, até o valor máximo da corrente de curto circuito trifásica.

Função 51N (Primário): De 10 a 30% da corrente nominal de fase. Em transformadores Delta-Estrela, não é necessário coordenar com o ajuste do secundário.

Função 50N (Primário): Ajuste maior que a corrente de curto circuito refletida pelo secundário, até o valor máximo da corrente de curto circuito fase terra. Em transformadores Delta-Estrela, não é necessário coordenar com o ajuste do secundário.

Função 51 (Secundário): De 1,0 a 1,25 vezes a corrente nominal.

Função 50 (Secundário): Poderá ser ajustada até o valor da corrente de curto circuito trifásico e, quando necessário, temporizada para permitir a coordenação com as demais proteções.

Função 51N (Secundário): De 10 a 30% da corrente nominal de fase.

Função 50N (Secundário): Poderá ser ajustada até o valor da corrente de curto circuito fase terra e, quando necessário, temporizada para permitir a coordenação com as demais proteções.

3.4 Intervalos de Coordenação

Os tempos de atuação das funções temporizadas em série, devem seguir alguns critérios básicos durante a elaboração do estudo de seletividade, considerando os seguintes intervalos:

Relé a Relé: 200 a 300 ms, dependendo do tipo de relé, valor da corrente de curto circuito (erros) e tempo de abertura do disjuntor.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

Disjuntores de média tensão, costumeiramente operam com extinção do arco em 5 ciclos (80 ms) e os relés digitais tem tempo de sensibilização média de 30 ms. Portanto, o tempo médio provável para a eliminação do curto circuito é de 110 ms. A temporização mínima de 200 ms será adotada em geral com a finalidade de se alcançar o tempo de eliminação à montante não superior a 1 s.

3.5 Avaliação dos Transformadores de Corrente (TC's)

Os elevados valores das correntes de curto circuito podem levar à saturação do núcleo magnético do TC, fazendo com que a proteção não atue adequadamente. Não há necessidade de se obter precisão absoluta, mas apenas um valor aproximado de sua grandeza. O fator de sobrecorrente que é um fator que expressa a relação entre a máxima corrente com a qual o TC mantém sua classe de exatidão nominal e sua corrente nominal em valores eficazes. A ABNT NBR 6856/2021 especifica o fator de sobrecorrente para o serviço de proteção em 20 (vinte) vezes a corrente nominal.

Na operação normal de um sistema elétrico a corrente de carga é pequena, portanto, o TC deve operar dentro da região linear da curva de magnetização. Para o caso específico da proteção pode-se admitir uma precisão de até 10% nas correntes secundárias do TC.

Os TC's de proteção devem ser dimensionados para suportar as correntes de carga máxima do sistema e principalmente para evitar que sofram efeitos danosos de saturação durante uma condição de curto circuito, portanto será utilizado o seguinte critério:

$$20 \geq \left(\frac{X}{R} + 1 \right) \times \left(\frac{I_{cc}}{I_n} \right) \times \left(\frac{Z_{sec}}{Z_n} \right)$$

Onde:

I_{cc} = Corrente de curto circuito

I_n = Corrente nominal do TC

Z_{sec} = Impedância associada ao secundário do TC

$$Z_{sec} = Z_{relé} + Z_{cabos} + Z_i$$

IMPEDÂNCIA DOS CABOS APLICADOS AO SECUNDÁRIO DOS TCs (70 °C)			
Seção cabo	R [Ω / km]	X [Ω / km]	Z [Ω / km]
2.5	8.87	0.16	8.87
4	5.52	0.16	5.52
6	3.69	0.15	3.69
10	2.19	0.14	2.19

Z_i : Pode ser estimado ou fornecido pelo fabricante do TC.

$$Z_i = 0,00234 \times R_{TC} + 0,0262$$

Z_n : Impedância padronizada do TC (Carga).

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

4 METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DE CURTO CIRCUITO

Este item tem por finalidade descrever a metodologia de cálculos utilizada para definições dos valores de curto circuito utilizado para definir as proteções.

4.1 Curto Circuito Abrangente

A metodologia para os cálculos das correntes de curto circuito, atendem as equações determinadas nas normas citadas nas referências deste estudo.

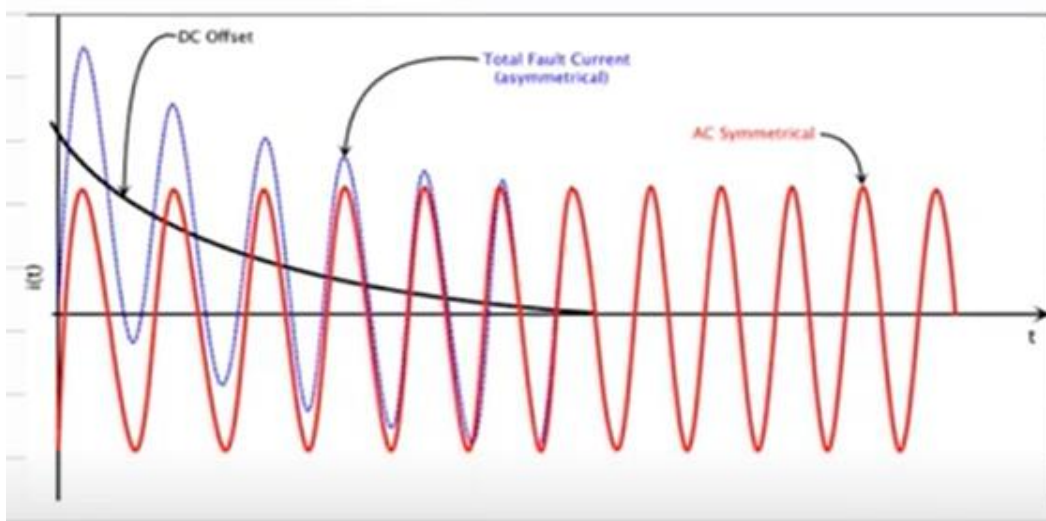
A metodologia para o cálculo de curto circuito compreensivo, utiliza as seguintes equações para os cálculos, conforme IEEE Std. 141-1993:

$$I_{cc'3F} = I_{cc3F} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot e^{\frac{-4\pi \cdot t}{X/R}}}$$

$$I_{cc''3F} = I_{cc3F} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot e^{\frac{-2\pi}{X/R}}}$$

$$I''_{ASSIM_DE_PICO\ 3F} = \sqrt{2} \cdot I_{cc3F} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\pi}{x/r}}\right)$$

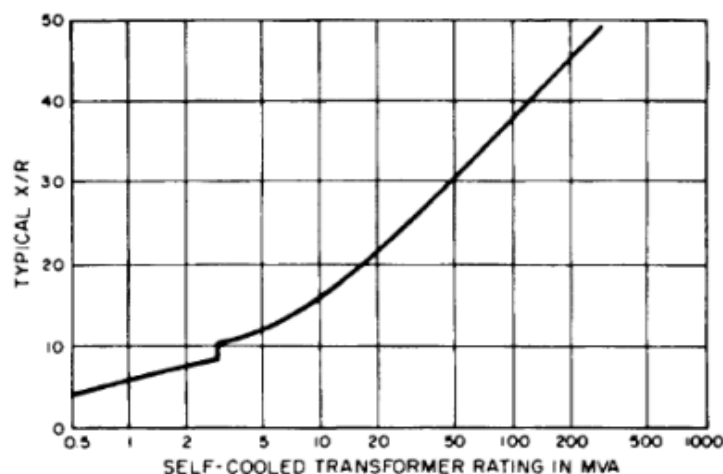
A corrente de curto circuito no primeiro momento é assimétrica, pois contém os componentes de corrente alternada e outra componente contínua que determina um pico de corrente no primeiro ½ ciclo, conforme figura abaixo.



Forma de Onda da Corrente de Curto Circuito

**MEMÓRIA DE CÁLCULO****Nº 4614 - 6608/23****Cliente:** SMAE**Título:** Estudo de Coordenação e Seletividade**Unidade:** Caxias do Sul - RS**Subtítulo:** Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV**4.2 Modelagem do Transformador**

Para a modelagem dos transformadores serão utilizados os dados descritos nos diagramas unifilares recebidos, e os que não apresentarem seus valores de placa serão utilizados o X/R segundo IEEE Std. 141/1993.



Relação entre X/R e potência de transformadores segundo IEEE Std. C37.010-1979

5 VALORES DE CURTO CIRCUITO DA INSTALAÇÃO**5.1 Dados de Curto Circuito no Ponto de Conexão****Unidade Consumidora UC:** 3082081188**Alimentador:** CXD 14**Trifásico Simétrico:** 1,797 kA**Trifásico Assimétrico:** 1,878 kA**Dupla Fase:** 1,556 kA**Fase Terra:** 939,499 A**Fase Terra min:** 182,211 A**5.2 Dados de Impedância no Ponto de Conexão****Tensão de Base:** 13,8 kV**Potência de Base:** 100 MVA**Impedância Sequência Positiva:** 2,391164+j3,733448 ohms**Impedância Sequência Zero:** 4,220689+j16,328431 ohms**5.3 Equipamento de Proteção à Montante****Religador:** 761745**Fabricante:** TAVRIDA**Modelo:** TAVRIDA

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

5.4 Ajuste das Proteções no Relé da Concessionária

5.4.1 Função 51

Pickup (Corrente Primária): 350 A

Dial: 1

Curva: ANSI - Extremamente Inversa (EI)

5.4.2 Função 50

Pickup (Corrente Primária): 3.000 A

5.4.3 Função 51N

Pickup (Corrente Primária): 70 A

Dial: 3

Curva: ANSI - Inversa (I)

5.4.4 Função 50N

Pickup (Corrente Primária): 1.600 A

6 Dados dos Equipamentos da Subestação

6.1 Inversores de Frequência

Inversor de Frequência do Grupo 01

Fabricante do inversor de frequência: SIEMENS

Modelo do inversor de frequência: 6SR4602-0SF42-0AF0-Z-54 PULSOS

Potência Nominal do Inversor de Frequência: 2.250 kVA

Tensão Nominal de Entrada do Inversor de Frequência: 13,8 kV

Tensão Nominal de Saída do Inversor de Frequência: 0 à 4.16 kV

Corrente Nominal:
$$I_n = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot E_f}$$

Corrente Primária:
$$I_{nP} = \frac{2.250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 94,13 \text{ A}$$

Corrente Secundária:
$$I_{nS} = \frac{2.250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 4,16 \text{ kV}} = 312,26 \text{ A}$$

Ponto ANSI:
$$I_{ansi} = \frac{100}{Z_t} \times I_n \quad t = 4,0 \text{ s}$$

$$I_{ansi} = \frac{100}{6,5\%} \times 94,13 \text{ A} = 1.448 \text{ A} \quad t = 4,0 \text{ s}$$

Ponto ANSI deslocado:
$$I_{ansid} = \frac{I_{ansi}}{\sqrt{3}} \quad t = 4,0 \text{ s}$$

$$I_{ansid} = \frac{1.448 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 836,00 \text{ A} \quad t = 4,0 \text{ s}$$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

Corrente de Magnetização: $I_m = 10 \times I_{nP} \quad t = 0,1s$
 $I_m = 10 \times 94,13 = 941,30 \quad t = 0,1s$

Inversor de Frequência do Grupo 02

Fabricante do inversor de frequência: WEG
 Modelo do inversor de frequência: MVW3000A0265V041T6A138PANFSD - 24 PULSOS
 Potência Nominal do Inversor de Frequência: 1.875 kVA
 Tensão Nominal de Entrada do Inversor de Frequência: 13,8 kV
 Tensão Nominal de Saída do Inversor de Frequência: 0 à 4.16 kV

Corrente Nominal: $I_n = \frac{Pt}{\sqrt{3} \cdot Ef}$

Corrente Primária: $I_{nP} = \frac{1.875 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 78,44A$

Corrente Secundária: $I_{nS} = \frac{1.875 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 4,16 \text{ kV}} = 260,22A$

Ponto ANSI: $I_{ansi} = \frac{100}{Z_t} \times I_n \quad t = 4,0s$

$I_{ansi} = \frac{100}{9\%} \times 78,44A = 871,55A \quad t = 4,0s$

Ponto ANSI deslocado: $I_{ansid} = \frac{I_{ansi}}{\sqrt{3}} \quad t = 4,0s$

$I_{ansid} = \frac{871,55A}{\sqrt{3}} = 503,18A \quad t = 4,0s$

Corrente de Magnetização: $I_m = 10 \times I_{nP} \quad t = 0,1s$
 $I_m = 10 \times 78,44A = 784,4A \quad t = 0,1s$

6.2 Transformadores de Potência

Transformador do Grupo 03

Potência Nominal: 2.500 kVA
 Impedância: 5,98%

Corrente Nominal: $I_n = \frac{Pt}{\sqrt{3} \cdot Ef}$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

Corrente Primária:
$$I_{nP} = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 104,6A$$

Corrente Secundária:
$$I_{nS} = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 2,3 \text{ kV}} = 628A$$

$$I_{ansi} = \frac{100}{Z_t} \times I_n \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI:

$$I_{ansi} = \frac{100}{5,98\%} \times 104,6A = 1.749A \quad t = 4,0s$$

$$I_{ansid} = \frac{I_{ansi}}{\sqrt{3}} \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI deslocado:

$$I_{ansid} = \frac{1.749A}{\sqrt{3}} = 1.010A \quad t = 4,0s$$

$$I_m = 8 \times I_{nP} \quad t = 0,1s$$

Corrente de Magnetização:

$$I_m = 8 \times 104,6A = 837A \quad t = 0,1s$$

Transformador do Grupo 04 (Reserva)

Potência Nominal: 2.500 kVA

Impedância: 5,43%

Corrente Nominal:
$$I_n = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot E_f}$$

Corrente Primária:
$$I_{nP} = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 104,6A$$

Corrente Secundária:
$$I_{nS} = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 2,3 \text{ kV}} = 628A$$

$$I_{ansi} = \frac{100}{Z_t} \times I_n \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI:

$$I_{ansi} = \frac{100}{5,43\%} \times 104,6A = 1.926A \quad t = 4,0s$$

$$I_{ansid} = \frac{I_{ansi}}{\sqrt{3}} \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI deslocado:

$$I_{ansid} = \frac{1.926A}{\sqrt{3}} = 1.112A \quad t = 4,0s$$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

$$I_m = 8 \times I_{nP} \quad t = 0,1s$$

Corrente de Magnetização:

$$I_m = 8 \times 104,6A = 837A \quad t = 0,1s$$

Transformador de Serviços Auxiliar

Potência Nominal: 75 kVA

Impedância: 3,47%

Corrente Nominal: $I_n = \frac{Pt}{\sqrt{3} \cdot E_f}$

Corrente Primária: $I_{nP} = \frac{75kVA}{\sqrt{3} \times 13,8kV} = 3,13A$

Corrente Secundária: $I_{nS} = \frac{75kVA}{\sqrt{3} \times 0,38kV} = 113,95A$

$$I_{ansi} = \frac{100}{Z_t} \times I_n \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI:

$$I_{ansi} = \frac{100}{3,47\%} \times 3,13 = 90,20A \quad t = 4,0s$$

$$I_{ansid} = \frac{I_{ansi}}{\sqrt{3}} \quad t = 4,0s$$

Ponto ANSI deslocado:

$$I_{ansid} = \frac{90,20}{\sqrt{3}} = 52,07A \quad t = 4,0s$$

$$I_m = 8 \times I_{nP} \quad t = 0,1s$$

Corrente de Magnetização:

$$I_m = 8 \times 3,13A = 25,04A \quad t = 0,1s$$

6.3 Dados dos Motores de Bombeamento de Água

Motor do Grupo 01

Fabricante: WEG

Potência: 2.000 CV (1.472 kW)

Tensão Nominal de Operação: 4.160 V

Corrente Nominal de Operação: 237,9 A

Tipo de Partida: Inversor de Frequência

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

Motor do Grupo 02

Fabricante: WEG
 Potência: 2.000 CV (1.472 kW)
 Tensão Nominal de Operação: 4.160 V
 Corrente Nominal de Operação: 237,9 A
 Tipo de Partida: Inversor de Frequência

Motor do Grupo 03

Fabricante: WEG
 Potência: 2.000 CV (1.472 kW)
 Tensão Nominal de Operação: 2.300 V
 Corrente Nominal de Operação: 369,5 A
 Rendimento: 96%
 Ip/In: 5,5 (Dados de Placa)
 $I_p = 5,5 \times 369,5A = 2.032,2A$
 Tipo de Partida: Auto compensadora com TAP de 65%
 Tempo de Partida Normal: 12s
 Tempo de Partida Com a Auto Compensadora: 8s

Corrente de Partida Com a Auto Compensadora:

$$I_{pac} = I_p \times 0,65\%$$

$$I_{pac} = 2.032,2A \times 0,65\% = 1.320,93A$$

Carga: Bomba de recalque

Motor do Grupo 04 (Reserva)

Fabricante: WEG
 Potência: 2.000 CV (1.472 kW)
 Tensão Nominal de Operação: 2.300 V
 Corrente Nominal de Operação: 369,5 A
 Rendimento: 95,8%
 Ip/In: 5,6 (Dados de Placa)
 $I_p = 5,6 \times 369,5A = 2.069,2A$
 Tipo de Partida: Auto compensadora com TAP de 65%
 Tempo de Partida Normal: Não disponível
 Tempo de Partida Com a Auto Compensadora: 3,5 s

Corrente de Partida Com a Auto Compensadora:

$$I_{pac} = I_p \times 0,65\%$$

$$I_{pac} = 2.069,2A \times 0,65\% = 1.344,98A$$

Carga: Bomba de recalque

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

6.4 Banco de Capacitores

Potência do Banco de Capacitores: 350 kVAr

Tensão de Alimentação do banco de Capacitores: 2.300 V

Corrente Nominal do banco de Capacitores:

$$I_n = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot E_f}$$

$$I_n = \frac{350 \text{ kVAr}}{\sqrt{3} \times 2,3 \text{ kV}} = 87,85 \text{ A}$$

6.5 Transformadores de Corrente

Proteção Geral do Alimentador

Corrente Primária: 400 A

Corrente Secundária: 5 A

Relação de transformação:

$$RTC = \frac{I_P}{I_S}$$

$$RTC = \frac{400}{5} = 80$$

Classe de Exatidão: 10B100

Os transformadores de corrente de média tensão instalados foram determinados de modo que não ocorra a violação de seus limites térmicos, bem como a sua saturação por corrente de curto circuito.

Potência instalada - 9.200 kVA

Tensão de operação - 13.800 V

Regime permanente

A corrente nominal primária dos TC's deve atender a corrente de carga prevista, com a nominal dos transformadores.

Cálculos de Saturação

Considerando que a carga nos TC's de proteção (relés, cabos, barras) é bem menor que sua menor carga nominal, partirá da análise de 01 (um) TC com relação 400/5 e classe de exatidão 10 B 100.

$$I_{nTC} = \frac{\text{kVA total}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}}$$

$$I_{nTC} = \frac{9.200 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 384,90 \text{ A}$$

Fator de Sobre Corrente

O fator de sobrecorrente é a máxima corrente que pode circular pelo TC sem que ocorra a ultrapassagem na classe de exatidão, este valor máximo está na norma NBR 6856/2021 e define que o TC deve suportar um valor de corrente de 20 (vinte) vezes o seu valor nominal (20 x I_n TC), sendo assim:

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

$$I_{cc3f} = 384,90 \times 20 = 7.698A$$

$$TC = 400 \times 20 = 8.000A$$

$$(I_{cc3f} = 7.698A) < (TC = 8.000A)$$

Portanto o TC 400/5 A, suportará a corrente de curto-circuito sem que haja ultrapassagem na classe de exatidão.

Carregamento dos TC's

O relé utilizado é do tipo digital sendo que:

Condutor utilizado: Barra de cobre eletrolítico diâmetro 5/8"

Impedância total (cálculo conservativo escalar): $Z_{Total} = Z_{condutor} + Z_{relé} + Z_{TC}$

Impedância do condutor = barra de cobre é desprezível = 0,0 Ω

Impedância do relé = 0,7 Ω

Impedância dos TC's = 2 Ω

Impedância Total = 0,0 + 0,7 + 2 = 2,07 Ω

$$I_{cc} = \frac{I_{cc3f}}{RTC}$$

$$I_{cc} = \frac{7.698}{400} = 19,245A$$

$$V_{sat} = I_{cc} \times Z_{total}$$

$$V_{sat} = 19,245 \times 2,07 = 39,837 V$$

Mesmo com níveis de 7.698 A, a tensão máxima de saturação será de 39,837 V, abaixo do ponto de saturação, que é de 100 V, já que a precisão adotada, inicialmente, é 10 B 100 e, portanto, dentro do padrão.

Pelo cálculo de carregamento do secundário dos TC's, não haverá saturação, visto que a carga a ser ligada no secundário destes transformadores de corrente apresentam baixa impedância (0,7 Ω), sendo constituída basicamente de um relé digital.

Proteção Geral do Grupo 01

Corrente Primária: 150 A

Corrente Secundária: 5 A

Relação de transformação:

$$RTC = \frac{I_P}{I_S}$$

$$RTC = \frac{150}{5} = 30$$

Classe de Exatidão: 10B100

Os transformadores de corrente de média tensão instalados foram determinados de modo que não ocorra a violação de seus limites térmicos, bem como a sua saturação por corrente de curto circuito.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

Potência instalada - 2.250 kVA

Tensão de operação - 13.800 V

Regime permanente

A corrente nominal primária dos TC's deve atender a corrente de carga prevista, com a nominal dos transformadores.

Cálculos de Saturação

Considerando que a carga nos TC's de proteção (relés, cabos, barras) é bem menor que sua menor carga nominal, partirá da análise de 01 (um) TC com relação 150/5 e classe de exatidão 10 B 100.

$$I_{nTC} = \frac{kVA \text{ total}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} \quad I_{nTC} = \frac{2.250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 94,13 \text{ A}$$

Fator de Sobre Corrente

O fator de sobrecorrente é a máxima corrente que pode circular pelo TC sem que ocorra a ultrapassagem na classe de exatidão, este valor máximo está na norma NBR 6856/2021 e define que o TC deve suportar um valor de corrente de 20 (vinte) vezes o seu valor nominal (20 x I_{nTC}), sendo assim:

$$I_{cc3f} = 94,13 \times 20 = 1.882,60 \text{ A}$$

$$TC = 150 \times 20 = 3.000 \text{ A}$$

$$(I_{cc3f} = 1.882,60) < (TC = 3.000 \text{ A})$$

Portanto o TC 150/5 A, suportará a corrente de curto-circuito sem que haja ultrapassagem na classe de exatidão.

Carregamento dos TC's

O relé utilizado é do tipo digital sendo que:

Condutor utilizado: Cabo de cobre de média tensão 12/20 kV 50 mm²

Impedância total (cálculo conservativo escalar): $Z_{\text{Total}} = Z_{\text{condutor}} + Z_{\text{relé}} + Z_{\text{TC}}$

Impedância do condutor = 28,37 mΩ

Impedância do relé = 7 mΩ

Impedância dos TC's = 1.000 mΩ

Impedância Total = 28,37 + 7 + 1.000 = 1.035,37 mΩ = 1,035 Ω

$$I_{cc} = \frac{I_{cc3f}}{RTC} \quad I_{cc} = \frac{1.882,60}{150} = 12,550 \text{ A}$$

$$V_{\text{sat}} = I_{cc} \times Z_{\text{total}}$$

$$V_{\text{sat}} = 12,550 \times 1,035 = 12,989 \text{ V}$$

Mesmo com níveis de 1.882,60 A, a tensão máxima de saturação será de 12,989 V, abaixo do ponto de saturação, que é de 100 V, já que a precisão adotada, inicialmente, é 10 B 100 e, portanto, dentro do padrão.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

Pelo cálculo de carregamento do secundário dos TC's, não haverá saturação, visto que a carga a ser ligada no secundário destes transformadores de corrente apresentam baixa impedância (1,035 Ω), sendo constituída basicamente de um relé digital.

Proteção Geral do Grupo 02

Corrente Primária: 100 A

Corrente Secundária: 5 A

Relação de transformação:

$$RTC = \frac{IP}{IS}$$
$$RTC = \frac{100}{5} = 20$$

Classe de Exatidão: 10B100

Os transformadores de corrente de média tensão instalados foram determinados de modo que não ocorra a violação de seus limites térmicos, bem como a sua saturação por corrente de curto circuito.

Potência instalada - 1.875 kVA

Tensão de operação - 13.800 V

Regime permanente

A corrente nominal primária dos TC's deve atender a corrente de carga prevista, com a nominal dos transformadores.

Cálculos de Saturação

Considerando que a carga nos TC's de proteção (relés, cabos, barras) é bem menor que sua menor carga nominal, partirá da análise de 01 (um) TC com relação 100/5 e classe de exatidão 10 B 100.

$$InTC = \frac{kVA \text{ total}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}}$$
$$InTC = \frac{1.875 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 78,44 \text{ A}$$

Fator de Sobre Corrente

O fator de sobrecorrente é a máxima corrente que pode circular pelo TC sem que ocorra a ultrapassagem na classe de exatidão, este valor máximo está na norma NBR 6856/2021 e define que o TC deve suportar um valor de corrente de 20 (vinte) vezes o seu valor nominal (20 x In TC), sendo assim:

$$I_{cc3f} = 78,44 \times 20 = 1.568,80$$

$$TC = 100 \times 20 = 2.000$$

$$(I_{cc3f} = 1.568,80) < (TC = 2.000 \text{ A})$$

Portanto o TC 100/5 A, suportará a corrente de curto-circuito sem que haja ultrapassagem na classe de exatidão.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
	Unidade:	Caxias do Sul - RS
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

Carregamento dos TC's

O relé utilizado é do tipo digital sendo que:

Condutor utilizado: Cabo de cobre de média tensão 12/20 kV 35 mm²

Impedância total (cálculo conservativo escalar): $Z_{Total} = Z_{condutor} + Z_{relé} + Z_{TC}$

Impedância do condutor = 4,02 mΩ

Impedância do relé = 7 mΩ

Impedância dos TC's = 1.000 mΩ

Impedância Total = 4,02 + 7 + 1.000 = 1.011,02 mΩ = 1,011 Ω

$$I_{cc} = \frac{I_{cc3f}}{RTC} \quad I_{cc} = \frac{1.568,80}{100} = 15,688 \text{ A}$$

$$V_{sat} = I_{cc} \times Z_{total} \quad V_{sat} = 15,688 \times 1,011 = 15,860 \text{ V}$$

Mesmo com níveis de 1.568,80 A, a tensão máxima de saturação será de 15,860 V, abaixo do ponto de saturação, que é de 100 V, já que a precisão adotada, inicialmente, é 10 B 100 e, portanto, dentro do padrão.

Pelo cálculo de carregamento do secundário dos TC's, não haverá saturação, visto que a carga a ser ligada no secundário destes transformadores de corrente apresentam baixa impedância (1,011 Ω), sendo constituída basicamente de um relé digital.

Proteção Geral do Grupo 03 e 04

Corrente Primária: 150 A

Corrente Secundária: 5 A

$$RTC = \frac{I_P}{I_S}$$

Relação de transformação:

$$RTC = \frac{150}{5} = 30$$

Classe de Exatidão: 10B100

Os transformadores de corrente de média tensão instalados foram determinados de modo que não ocorra a violação de seus limites térmicos, bem como a sua saturação por corrente de curto circuito.

Potência instalada grupo 03 - 2.500 kVA

Potência instalada grupo 04 - 2.500 kVA

Tensão de operação - 13.800 V

Regime permanente

A corrente nominal primária dos TC's deve atender a corrente de carga prevista, com a nominal dos transformadores.



MEMÓRIA DE CÁLCULO	Nº 4614 - 6608/23
Cliente:	SAMAE
Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade
Unidade:	Caxias do Sul - RS
Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV

Cálculos de Saturação

Considerando que a carga nos TC's de proteção (relés, cabos, barras) é bem menor que sua menor carga nominal, partirá da análise de 01 (um) TC com relação 150/5 e classe de exatidão 10 B 100.

$$I_{nTC} = \frac{kVA \text{ total}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}}$$

$$I_{nTC} = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}} = 104,6 \text{ A}$$

Fator de Sobre Corrente

O fator de sobrecorrente é a máxima corrente que pode circular pelo TC sem que ocorra a ultrapassagem na classe de exatidão, este valor máximo está na norma NBR 6856/2021 e define que o TC deve suportar um valor de corrente de 20 (vinte) vezes o seu valor nominal (20 x I_{nTC}), sendo assim:

$$I_{cc3f} = 104,6 \times 20 = 2.092 \text{ A}$$

$$TC = 150 \times 20 = 3.000 \text{ A}$$

$$(I_{cc3f} = 2.092 \text{ A}) < (TC = 3.000 \text{ A})$$

Portanto o TC 150/5 A, suportará a corrente de curto-circuito sem que haja ultrapassagem na classe de exatidão.

Carregamento dos TC's

O relé utilizado é do tipo digital sendo que:

Condutor utilizado: Cabo de cobre de média tensão 12/20 kV 50 mm²

Impedância total (cálculo conservativo escalar): $Z_{\text{Total}} = Z_{\text{condutor}} + Z_{\text{relé}} + Z_{\text{TC}}$

Impedância do condutor = 28,37 mΩ

Impedância do relé = 7 mΩ

Impedância dos TC's = 1.000 mΩ

Impedância Total = 28,37 + 7 + 1.000 = 1.035,37 mΩ = 1,035 Ω

$$I_{cc} = \frac{I_{cc3f}}{RTC}$$

$$I_{cc} = \frac{2.092}{150} = 13,946 \text{ A}$$

$$V_{sat} = I_{cc} \times Z_{\text{total}}$$

$$V_{sat} = 13,946 \times 1,035 = 14,434 \text{ V}$$

Mesmo com níveis de 2.092 A, a tensão máxima de saturação será de 14,434 V, abaixo do ponto de saturação, que é de 100 V, já que a precisão adotada, inicialmente, é 10 B 100 e, portanto, dentro do padrão.

Pelo cálculo de carregamento do secundário dos TC's, não haverá saturação, visto que a carga a ser ligada no secundário destes transformadores de corrente apresentam baixa impedância (1,035 Ω), sendo constituída basicamente de um relé digital.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7 CÁLCULO DOS AJUSTES DE PROTEÇÃO

7.1 Disjuntor de MT Proteção Geral (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005-0)

7.1.1 Cálculo das Funções 50/51 - 50N/51N

7.1.1.1 Ajustes do Elemento 51 - Temporizada de fase

Nota 01:

Em caso de falta ou desligamento programado da energia, os relés de proteção permanecem energizados por uma fonte de alimentação auxiliar (NOBREAK), conforme dados de placa abaixo:

Modelo: Pinot 1400 3 Q 1/2

Tensão de entrada (VAC): 115/220

Fusível de entrada (A): 10

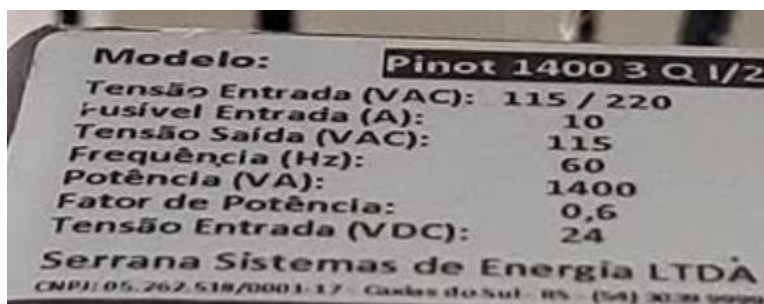
Tensão de saída (VAC): 115

Frequência (Hz): 60

Potência (VA): 1400

Fator de potência: 0,6

Tensão de entrada (VDC): 24



Os ajustes implantados na proteção geral de MT (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005) permitem utilizar a corrente de carga nominal do cliente mais 10% conforme NTD-00.024.

Potência Total Instalada

$$I_n = \frac{\text{kVA Total}}{\sqrt{3} \times U_l} \quad I_n = \frac{9.200 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 384,90 \text{ A}$$

Considerando a Potência em Regime Normal de Trabalho

S (kVA) = Inversor 01 + Inversor 02 + Trafo 03 + Trafo Auxiliar

$$\text{kVA} = 2.250 + 1.875 + 2.500 + 75 \quad S = 6.700 \text{ kVA}$$

$$I_n = \frac{6.700 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 280,30 \text{ A}$$

$$I \geq I_n + 10\% \quad I \geq 280,30 \text{ A} \times 1,1 \quad I \geq 308,33 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{IP}{RTC} \quad I \geq \frac{308,33}{80} \quad I \geq 3,85$$

7.1.1.2 Ajustes do Elemento 51N - Temporizada de neutro

A proteção temporizada de neutro será ajustada em 20% da corrente de carga de fase para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

$$I_o \geq I > - 80\%$$

$$I_o \geq 280,30 \text{ A} - 80\%$$

$$I_o \geq 56,08 \text{ A}$$

$$I_o \geq \frac{56,08}{80}$$

$$I_o \geq 0,70$$

7.1.1.3 Ajustes do Elemento 50 - Instantânea de fase

A corrente de magnetização (Inrush) – In para transformadores a seco com potência até 2.250 kVA, será considerada igual a 10 x In com tempo de duração na ordem de 0,1 s (100 ms).

Este valor é importante, pois, a proteção não deve atuar na energização da subestação.

Considerando que o relé instantâneo de fase não pode atuar para correntes de Inrush e deve coordenar com a proteção da concessionária, será utilizado 10 x In do alimentador interno do sistema elétrico de maior potência mais a soma da In dos demais alimentadores mais 10% seu valor mínimo de ajuste será de 1.127,47 A, o relé será ajustado em 1.240,21 A, conforme cálculo abaixo.

$$In \text{ Alim. Ger.} = 280,30 \text{ A}$$

$$In \text{ Gr1} = 94,13 \text{ A}$$

$$In \text{ Gr2} = 78,44 \text{ A}$$

$$In \text{ Gr3} = 104,60 \text{ A}$$

$$In \text{ TR Aux.} = 3,13 \text{ A}$$

$$In \text{ Rush} = (10 \times In \text{ GR1}) + In \text{ GR2} + In \text{ GR3} + In \text{ TR Aux.}$$

$$In \text{ Rush} = (10 \times 94,13) + 78,44 + 104,60 + 3,13$$

$$In \text{ Rush} = 1.127,47 \text{ A}$$

$$In \text{ Rush} = 1.127,47 \text{ A} \times 1,10$$

$$In \text{ Rush} = 1.240,21 \text{ A}$$

$$I \gg = \frac{1.240,21}{80} \quad I \gg = 15,5$$

7.1.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \gg = 56,08 \text{ A} \times 8$$

$$I_o \gg = 448,64 \text{ A}$$

$$I_o \gg = \frac{448,64}{80}$$

$$I_o \gg = 5,60$$

7.1.1.5 Ajustes dos Diais de Tempo das Funções 51 e 51N

Os ajustes de Dial bem como as Curvas de operação são selecionados de modo a se obter a seletividade para toda a faixa de coordenação entre relé da concessionária e o da instalação em questão, conforme considerações descritas anteriormente. Ajustes descritos nas tabelas abaixo para cada caso calculado.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7.1.1.6 Tabela de Ajustes do Relé da Concessionária - RGE

ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51		AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N	
1	RGE	AL CXD 14	600/5	I>	350 A	Io>	70 A
				DIAL	1	DIAL	3
				CURVA	ANSI - EI	CURVA	ANSI - NI
				I>>	3.000 A	Io>>	1.600 A

7.1.1.7 Tabela de Ajustes do Relé de Proteção Geral

ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51		AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N	
2	1	Geral de Entrada	400/5	I>	3,9 x RTC 312	Io>	0,70 x RTC 56
				DIAL	0,5	DIAL	1
				CURVA	ANSI - EI	CURVA	ANSI - NI
				I>>	15,5 x RTC 1240	Io>>	5,60 x RTC 448

7.2 Disjuntor de MT Proteção Motor 01 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005-1)

7.2.1 Cálculo das Funções 50/51 - 50N/51N

7.2.1.1 Ajustes do Elemento 51 - Temporizada de fase

Os ajustes implantados no alimentador do Grupo 01 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005) permitem utilizar a corrente de carga nominal do motor 01 mais 20% conforme NTD-00.024.

Potência Total do Grupo 01

$$I_n = \frac{\text{kVA GR 01}}{\sqrt{3} \times U_L}$$

$$I_n = \frac{2.250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 94,13 \text{ A}$$

$$I \geq I_n + 20\%$$

$$I \geq 94,13 \text{ A} \times 1,2$$

$$I \geq 112,96 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{IP}{RTC}$$

$$I \geq \frac{112,96}{30}$$

$$I \geq 3,80$$

7.2.1.2 Ajustes do Elemento 51N - Temporizada de neutro

A proteção temporizada de neutro será ajustada em 20% da corrente de carga de fase para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq I \geq - 80\%$$

$$I_o \geq 112,96 \text{ A} - 80\%$$

$$I_o \geq 22,59 \text{ A}$$

$$I_o \geq \frac{22,59}{30}$$

$$I_o \geq 0,70$$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7.2.1.3 Ajustes do Elemento 50 - Instantânea de fase

A corrente de magnetização (Inrush) – In, será considerada igual a 8 x In com tempo de duração na ordem de 0,1 s (100 ms).

Este valor é importante, pois, a proteção não deve atuar na energização do transformador.

Considerando que o relé instantâneo de fase não pode atuar para correntes de Inrush e deve coordenar com a proteção do alimentador da subestação, será utilizado 8 x In do transformador do Grupo 01, seu valor mínimo de ajuste será de 753,04 A, o relé será ajustado em 753,04 A, conforme cálculo abaixo.

$$I_{n \text{ Rush}} = 8 \times I_n \text{ GR 01}$$

$$I_{n \text{ Rush}} = 8 \times 94,13 \text{ A}$$

$$I_{n \text{ Rush}} = 753,04 \text{ A}$$

$$I \gg = \frac{753,04}{30}$$

$$I \gg = 25$$

7.2.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \gg = 22,59 \text{ A} \times 8 \quad I_o \gg = 180,72 \text{ A} \quad I_o \gg = \frac{180,72}{30} \quad I_o \gg = 6,0$$

7.2.1.5 Tabela de Ajustes do Relé de Proteção do Grupo 01

ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51			AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N		
3	2	Grupo 01	150/5	I>	3,8 x RTC	114 A	Io>	0,70 x RTC	21 A
				DIAL	1		DIAL	0,5	
				CURVA	ANSI - EI		CURVA	ANSI - NI	
				I>>	25 x RTC	750 A	Io>>	6 x RTC	180 A

7.3 Disjuntor de MT Proteção Motor 02 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005-2)

7.3.1 Cálculo das Funções 50/51 - 50N/51N

7.3.1.1 Ajustes do Elemento 51 - Temporizada de fase

Os ajustes implantados no alimentador do Grupo 02 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005) permitem utilizar a corrente de carga nominal do motor 02 mais 2% conforme NTD-00.024.

Potência Total do Grupo 02

$$I_n = \frac{kVA \text{ GR 02}}{\sqrt{3} \times UL}$$

$$I_n = \frac{1.875 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 78,44 \text{ A}$$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

$$I \geq I_n + 2\%$$

$$I \geq 78,44 \text{ A} \times 1,02\%$$

$$I \geq 80 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{IP}{RTC}$$

$$I \geq \frac{80}{20}$$

$$I \geq 4 \text{ A}$$

7.3.1.2 Ajustes do Elemento 51N - Temporizada de neutro

A proteção temporizada de neutro será ajustada em 23,5% da corrente de carga de fase para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq I \geq -76,5\%$$

$$I_o \geq 80 - 76,5\%$$

$$I_o \geq 18,8 \text{ A}$$

$$I_o \geq \frac{18,8}{20}$$

$$I_o \geq 0,94 \text{ A}$$

7.3.1.3 Ajustes do Elemento 50 - Instantânea de fase

A corrente de magnetização (Inrush) – I_n , será considerada igual a 6 x I_n com tempo de duração na ordem de 0,1 s (100 ms).

Este valor é importante, pois, a proteção não deve atuar na energização do transformador.

Considerando que o relé instantâneo de fase não pode atuar para correntes de Inrush e deve coordenar com a proteção do alimentador da subestação, será utilizado 6 x I_n do transformador do Grupo 02 mais 6,5%, seu valor mínimo de ajuste será de 470,64 A, o relé será ajustado em 500 A, conforme cálculo abaixo.

$$I_n \text{ Rush} = 6 \times I_n \text{ GR 02}$$

$$I_n \text{ Rush} = 6 \times 78,44 \text{ A}$$

$$I_n \text{ Rush} = 470,64 \text{ A}$$

$$I \geq 470,64 \times 1,065$$

$$I \geq 500 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{500}{20}$$

$$I \geq 25 \text{ A}$$

7.3.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq 18,82 \text{ A} \times 8$$

$$I_o \geq 150,56 \text{ A}$$

$$I_o \geq \frac{150,56}{20}$$

$$I_o \geq 7,52 \text{ A}$$

7.3.1.5 Tabela de Ajustes do Relé de Proteção do Grupo 02

ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51			AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N		
4	3	Grupo 02	100/5	I>	4 x RTC	80 A	I_o>	0,94 x RTC	18,8 A
				DIAL	1		DIAL	0,5	
				CURVA	ANSI - EI		CURVA	ANSI - NI	
				I>>	25 x RTC	500 A	I_o>>	7,52 x RTC	150,4 A

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7.4 Disjuntor de MT Proteção Motor 03 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005-3)

7.4.1 Cálculo das Funções 50/51 - 50N/51N

7.4.1.1 Ajustes do Elemento 51 - Temporizada de fase

Os ajustes implantados no alimentador do Grupo 03 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005) permitem utilizar a corrente de carga nominal do motor 03 mais 14,8% conforme NTD-00.024.

Potência Total do Grupo 03

$$I_n = \frac{kVA \text{ GR } 03}{\sqrt{3} \times UL} \qquad I_n = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 104,6 \text{ A}$$

$$I \geq I_n + 14,8\% \qquad I \geq 104,6 \times 1,148\% \qquad I \geq 120 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{IP}{RTC} \qquad I \geq \frac{120}{30} \qquad I \geq 4 \text{ A}$$

7.4.1.2 Ajustes do Elemento 51N - Temporizada de neutro

A proteção temporizada de neutro será ajustada em 20% da corrente de carga de fase para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq I \geq - 80\% \qquad I_o \geq 120 \text{ A} - 80\%$$

$$I_o \geq 24 \text{ A} \qquad I_o \geq \frac{24}{30} \qquad I_o \geq 0,8 \text{ A}$$

7.4.1.3 Ajustes do Elemento 50 - Instantânea de fase

A corrente de magnetização (Inrush) – In, será considerada igual a 6,5 x In com tempo de duração na ordem de 0,1 s (100 ms).

Este valor é importante, pois, a proteção não deve atuar na energização do transformador.

Considerando que o relé instantâneo de fase não pode atuar para correntes de Inrush e deve coordenar com a proteção do alimentador da subestação, será utilizado 6,5 x In do transformador do Grupo 03 mais 10,4%, seu valor mínimo de ajuste será de 679,9 A, o relé será ajustado em 750 A, conforme cálculo abaixo.

$$I_n \text{ Rush} = 6,5 \times I_n \text{ GR } 03 \qquad I_n \text{ Rush} = 6,5 \times 104,6 \text{ A} \qquad I_n \text{ Rush} = 679,9 \text{ A}$$

$$I \gg 679,9 \text{ A} \times 1,104 \qquad I \gg \frac{750}{30} \qquad I \gg 25 \text{ A}$$

7.4.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7.4.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq 24 \text{ A} \times 8 \qquad I_o \geq 192 \text{ A} \qquad I_o \geq \frac{192}{30} \qquad I_o \geq 6,4 \text{ A}$$

7.4.1.5 Tabela de Ajustes do Relé de Proteção do Grupo 03

ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51			AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N		
5	4	Grupo 03	150/5	I>	4 x RTC	120 A	I _o >	0,8 x RTC	24 A
				DIAL	1		DIAL	0,5	
				CURVA	ANSI - EI		CURVA	ANSI - NI	
				I>>	25 X RTC	750 A	I _o >>	6,4 x RTC	192 A

7.5 Disjuntor de MT Proteção Motor 04 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005-4)

7.5.1 Cálculo das Funções 50/51 - 50N/51N

7.5.1.1 Ajustes do Elemento 51 - Temporizada de fase

Os ajustes implantados no alimentador do Grupo 04 (SIEMENS SIPROTEC 7SJ6005) permitem utilizar a corrente de carga nominal do motor 04 mais 14,8% conforme NTD-00.024.

Potência Total do Grupo 04

$$I_n = \frac{\text{kVA GR 04}}{\sqrt{3} \times U_L} \qquad I_n = \frac{2.500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13.800 \text{ V}} = 104,6 \text{ A}$$

$$I \geq I_n + 14,8\% \qquad I \geq 104,6 \times 1,148\% \qquad I \geq 120 \text{ A}$$

$$I \geq \frac{IP}{RTC} \qquad I \geq \frac{120}{30} \qquad I \geq 4 \text{ A}$$

7.5.1.2 Ajustes do Elemento 51N - Temporizada de neutro

A proteção temporizada de neutro será ajustada em 20% da corrente de carga de fase para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq I \geq - 80\% \qquad I_o \geq 120 \text{ A} - 80\%$$

$$I_o \geq 24 \text{ A} \qquad I_o \geq \frac{24}{30} \qquad I_o \geq 0,8 \text{ A}$$

	MEMÓRIA DE CÁLCULO		Nº 4614 - 6608/23
	Cliente:	SAMAE	
	Título:	Estudo de Coordenação e Seletividade	
	Unidade:	Caxias do Sul - RS	
	Subtítulo:	Subestação EBAB Faxinal 13,8 kV	

7.5.1.3 Ajustes do Elemento 50 - Instantânea de fase

A corrente de magnetização (Inrush) – I_n , será considerada igual a $6,5 \times I_n$ com tempo de duração na ordem de 0,1 s (100 ms).

Este valor é importante, pois, a proteção não deve atuar na energização do transformador.

Considerando que o relé instantâneo de fase não pode atuar para correntes de Inrush e deve coordenar com a proteção do alimentador da subestação, será utilizado $6,5 \times I_n$ do transformador do Grupo 04 mais 10,4%, seu valor mínimo de ajuste será de 679,9 A, o relé será ajustado em 750 A, conforme cálculo abaixo.

$$I_n \text{ Rush} = 6,5 \times I_n \text{ GR 04}$$

$$I_n \text{ Rush} = 6,5 \times 104,6 \text{ A}$$

$$I_n \text{ Rush} = 679,9 \text{ A}$$

$$I \geq 679,9 \text{ A} \times 1,104$$

$$I \geq \frac{750}{30}$$

$$I \geq 25 \text{ A}$$

7.5.1.4 Ajustes do Elemento 50N - Instantânea de neutro

A proteção instantânea de neutro será ajustada em 8 vezes a corrente temporizada de neutro para manter este elemento sensível para faltas que envolvam a TERRA no setor de 13,8 kV e insensíveis para correntes desequilibradas.

$$I_o \geq 24 \text{ A} \times 8$$

$$I_o \geq 192 \text{ A}$$

$$I_o \geq \frac{192}{30}$$

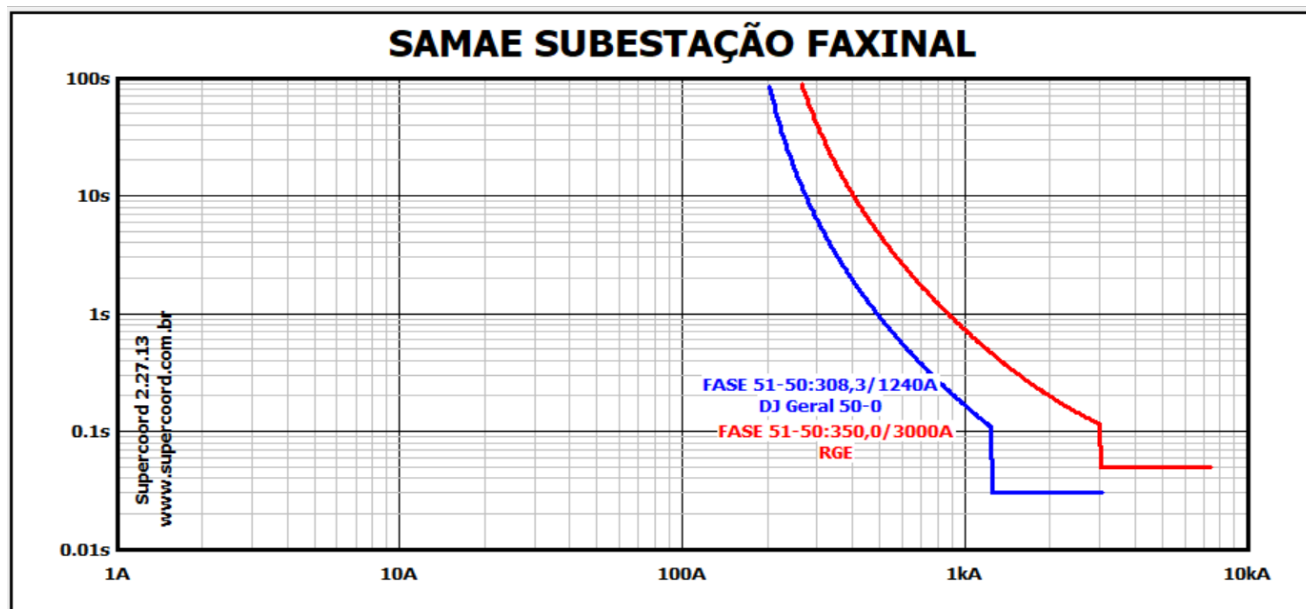
$$I_o \geq 6,4 \text{ A}$$

7.5.1.5 Tabela de Ajustes do Relé de Proteção do Grupo 04

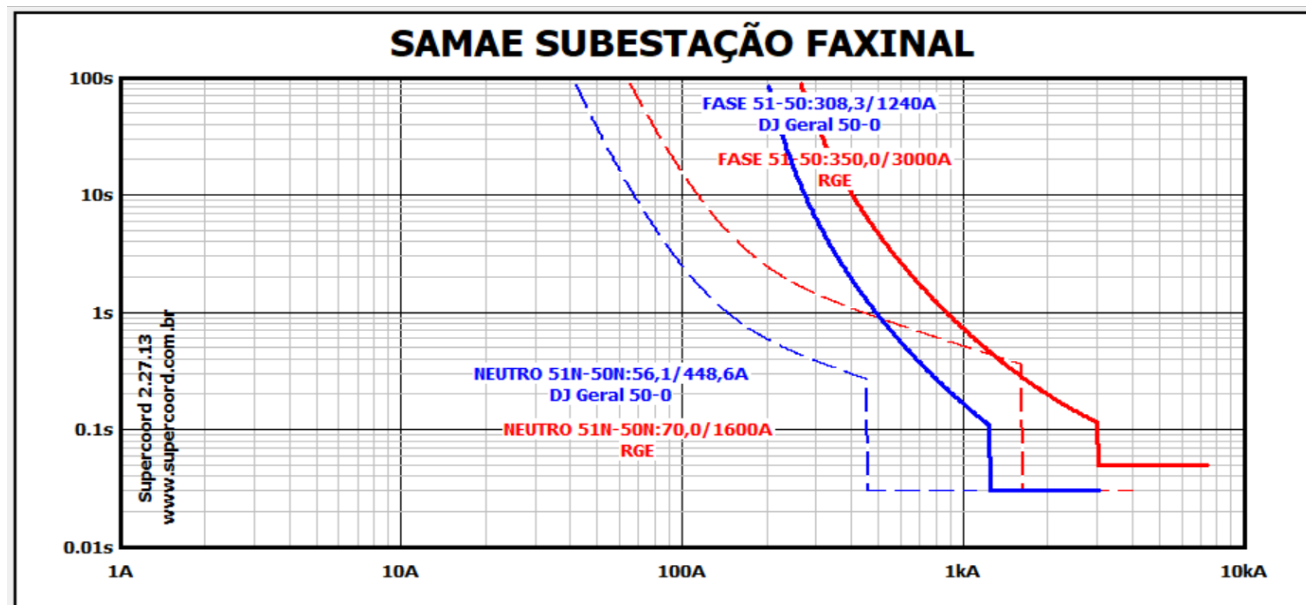
ITEM	DISJ.	EQUIP.	TC	AJUSTE DE FASE 50-51			AJUSTE DE NEUTRO 50N-51N		
				I>	4 x RTC	120 A	I _o >	0,8 x RTC	24 A
6	5	Grupo 04	150/5	DIAL	1		DIAL	0,5	
				CURVA	ANSI - EI		CURVA	ANSI - NI	
				I>>	25 x RTC	750 A	I _o >>	6,4 x RTC	192 A

8 Coordenogramas

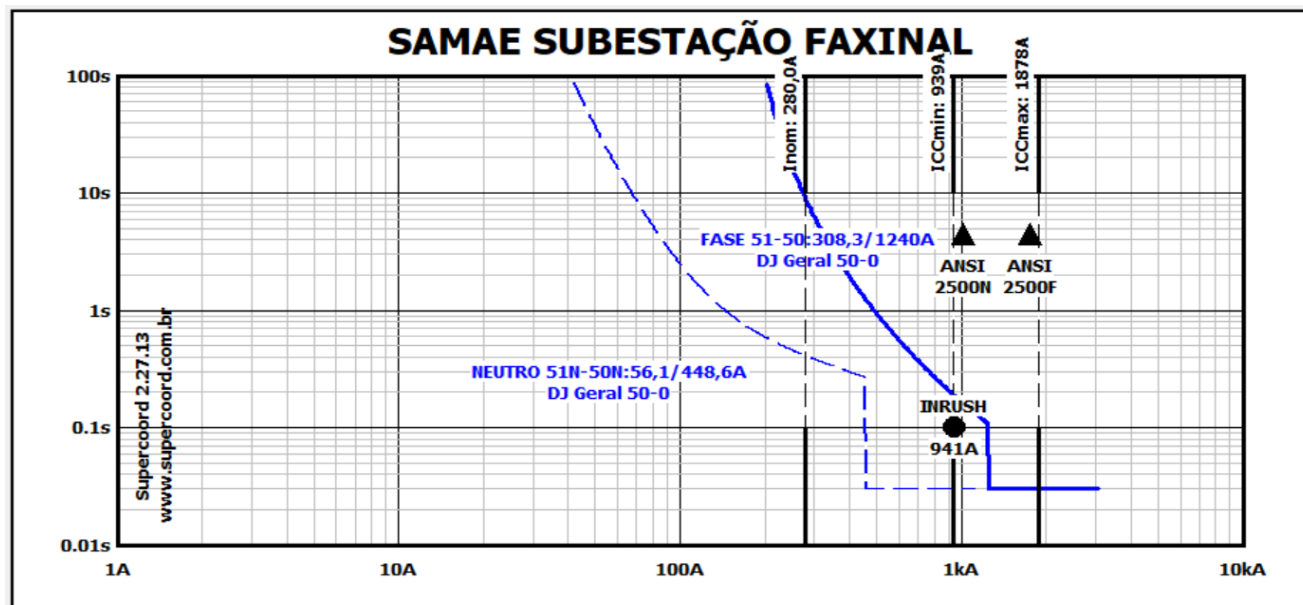
8.1 Curva de fase, concessionária RGE e proteção DJ Geral 50-0 SAMAE Faxinal



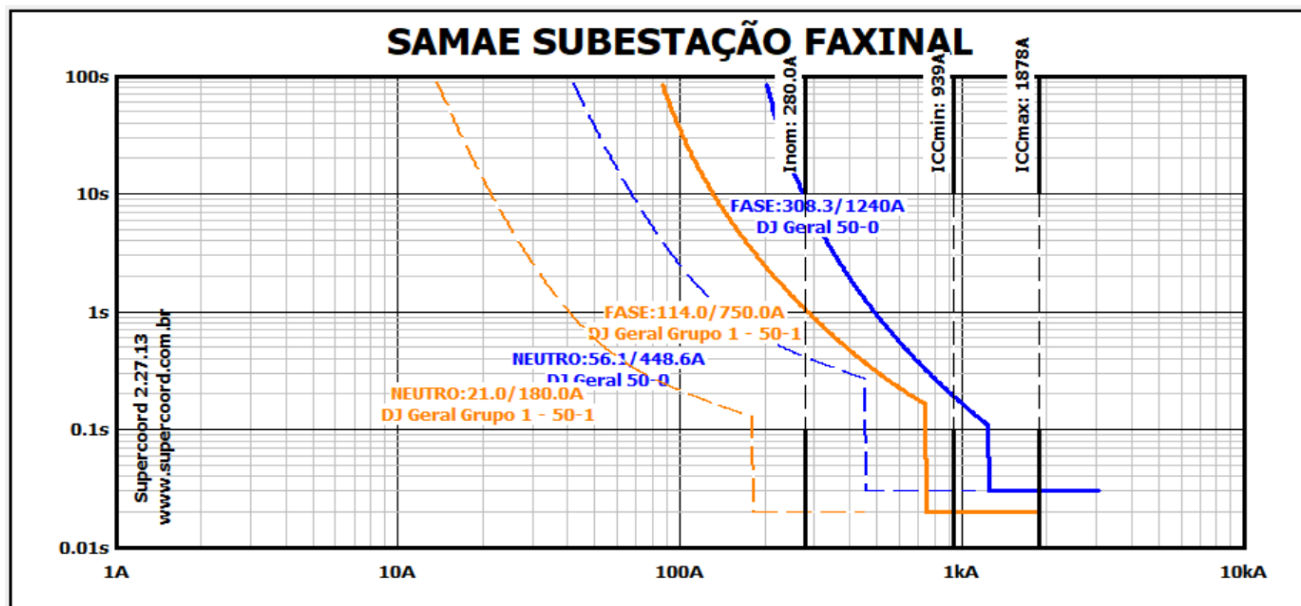
8.2 Curva de fase e neutro, concessionária RGE e proteção DJ Geral 50-0 SAMAE Faxinal



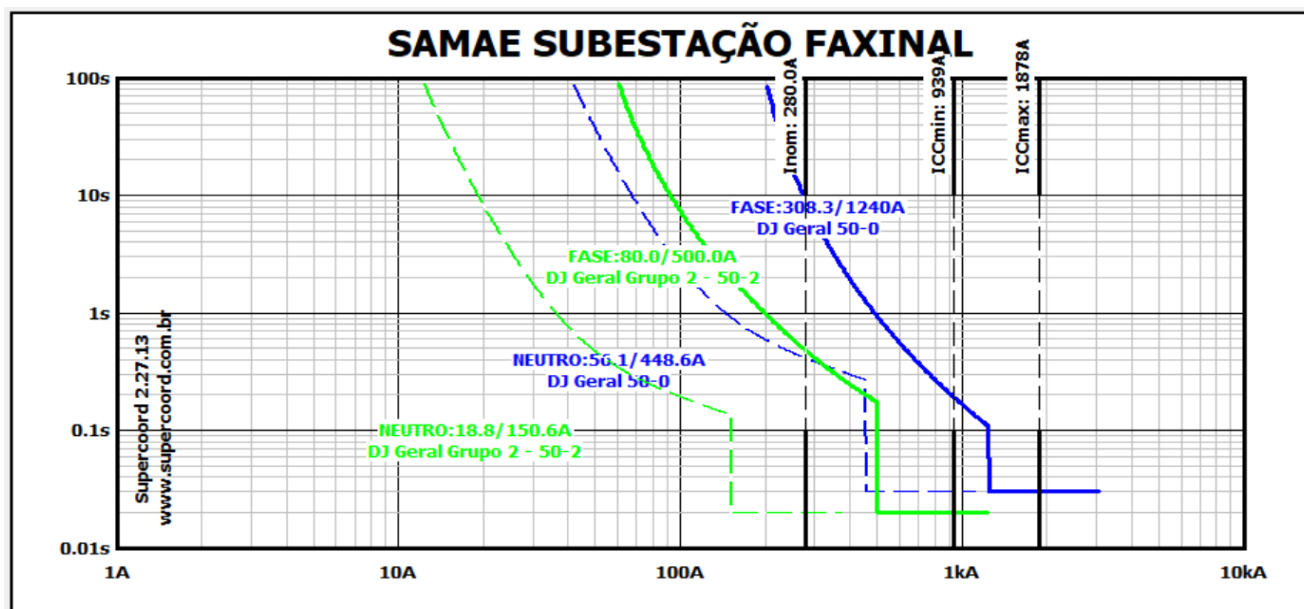
8.3 Curva de fase e neutro com ponto ANSI e corrente de Inrush DJ Geral 50-0 SAMAE Faxinal



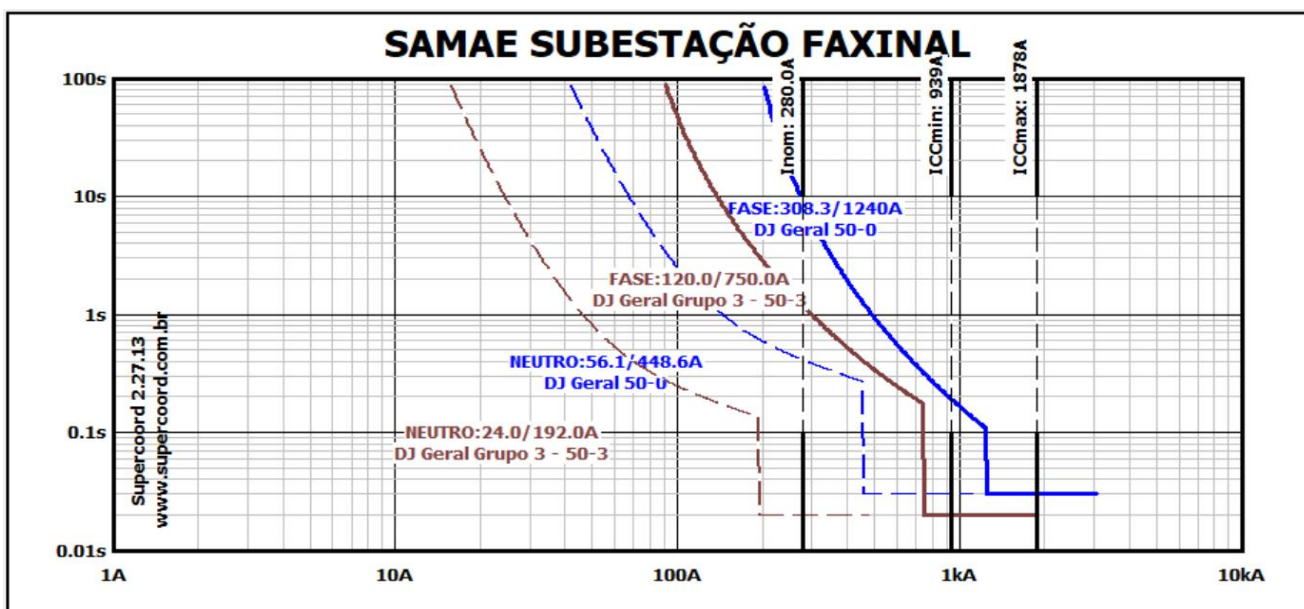
8.4 Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do Grupo 01 50-1



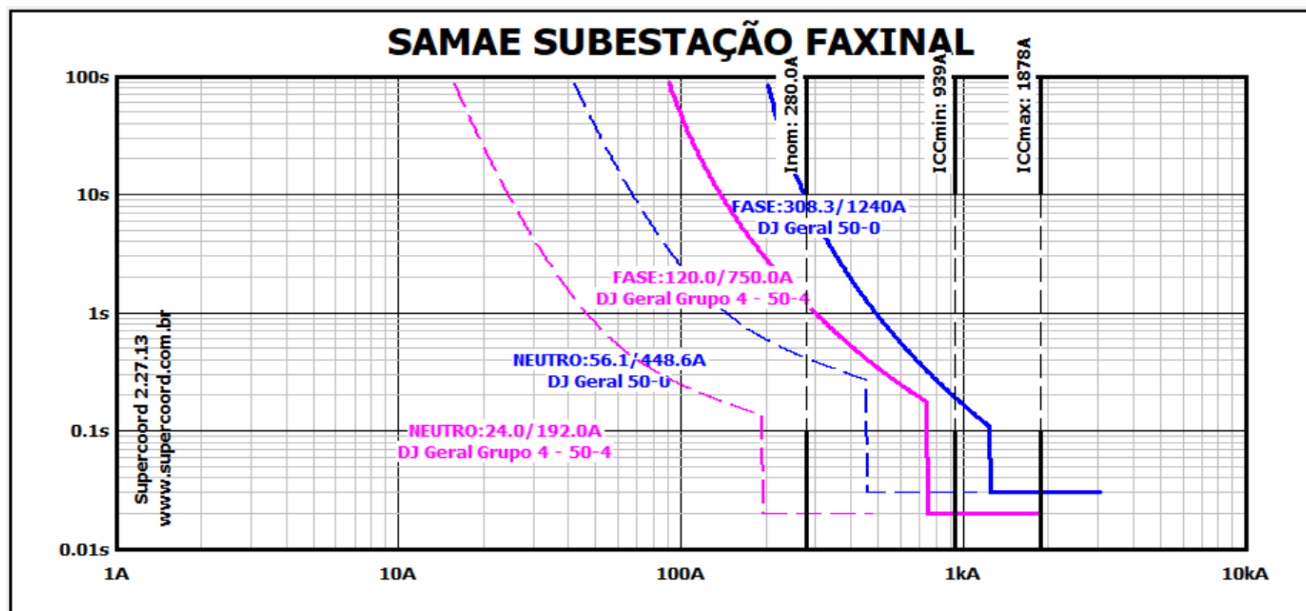
8.5 Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do Grupo 02 50-2



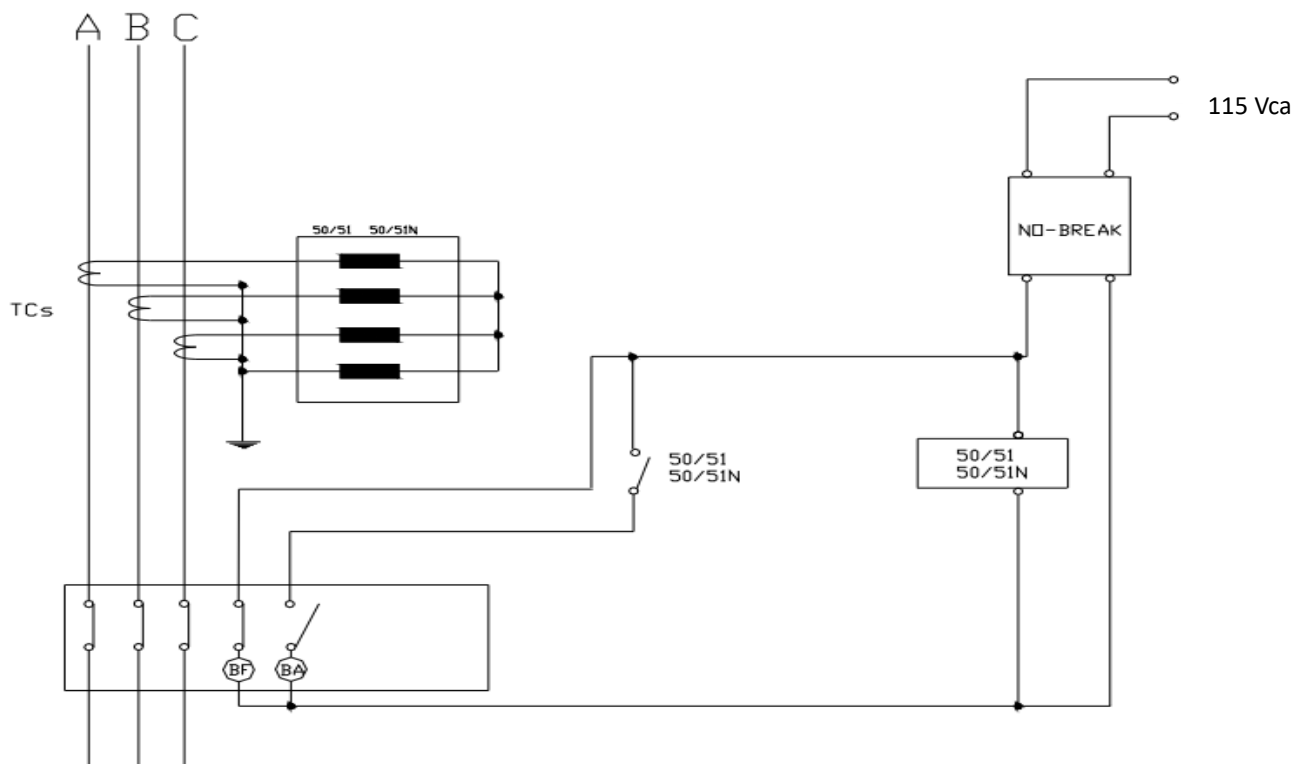
8.6 Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do Grupo 03 50-3

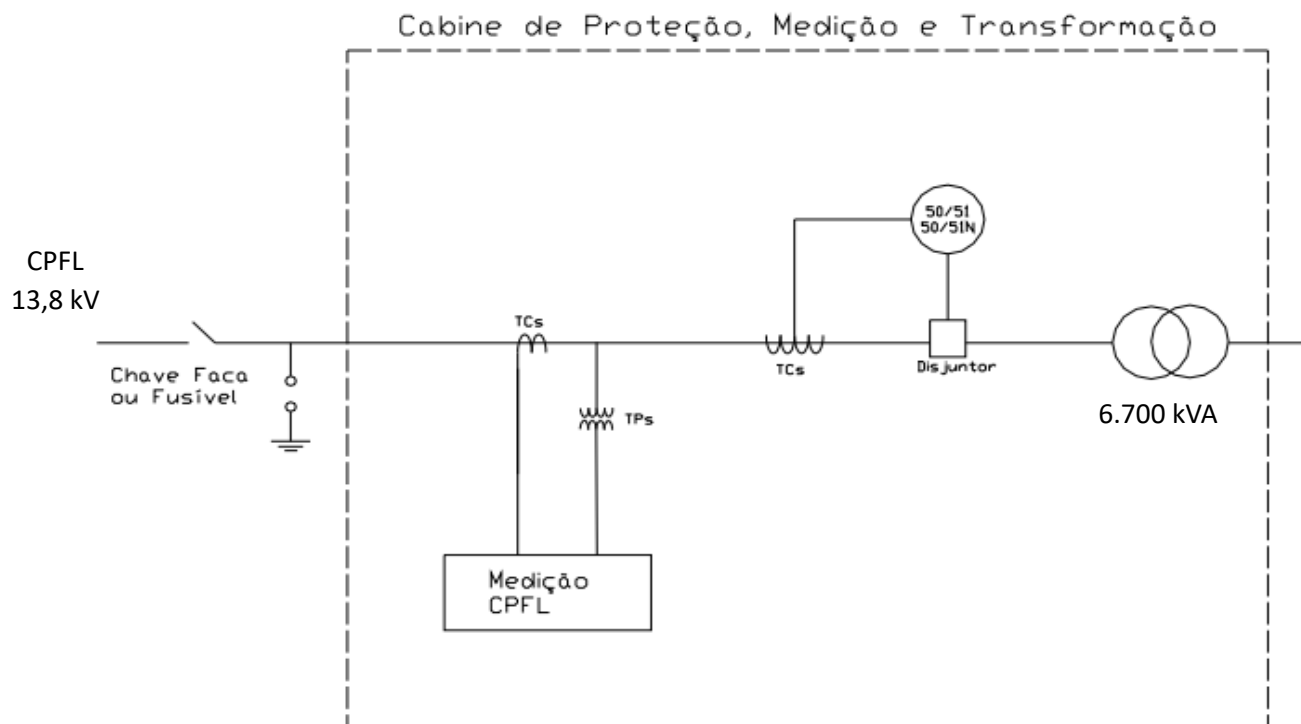


8.7 Curva de fase e neutro DJ Geral 50-0 e DJ Geral do Grupo 04 50-4



9 Diagrama Funcional do Sistema



**10 Diagrama unifilar do projeto**

Documento assinado digitalmente



FLAMARION LOPES ZANCHI

Data: 09/04/2025 16:38:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Resp. Técnico

Flamarion Zanchi

Eng. Eletricista

CREA-RS 13.210

CPF 179639150-68

e.mail flamarion@gruposingel.com.br



Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: CO-RESPONSÁVEL	ART Vínculo: 13280678
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL	

Contratado

Carteira: RS013210	Profissional: FLAMARION LOPES ZANCHI	E-mail: comercial@power.srv.br
RNP: 2204554405	Título: Engenheiro Eletricista - Eletrotécnica	
Empresa: POWER SERVICE - MANUTENÇÃO INTEGRADA LTDA.		Nr.Reg.: 129312

Contratante

Nome: SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO	E-mail:	
Endereço: PINHEIRO MACHADO 1615	Telefone: 54 32208600	CPF/CNPJ: 88659313000105
Cidade: CAXIAS DO SUL	Bairro: CENTRO	CEP: 95020170 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO		
Endereço da Obra/Serviço: Estrada ETN BOCA DA SERRA 2300		CPF/CNPJ: 88659313000105
Cidade: CAXIAS DO SUL	Bairro: ANA RECH	CEP: 95060000 UF: RS
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 21.120,00	Honorários(R\$):
Data Início: 22/07/2024	Prev.Fim: 30/03/2025	Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Estudo	ELABORAÇÃO ESTUDOS ELÉTRICOS, PARAMETRIZAÇÕES TESTES OPERACI	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 06/02/2025

Documento assinado digitalmente
gov.br FLAMARION LOPES ZANCHI
Data: 09/04/2025 15:32:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO JOCEMAR UEZ PEZZI
Data: 27/06/2025 08:21:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	FLAMARION LOPES ZANCHI	SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.



Contratado

Nr.Carteira: RS013210	Profissional: FLAMARION LOPES ZANCHI	E-mail: comercial@power.srv.br
Nr.RNP: 2204554405	Título: Engenheiro Eletricista - Eletrotécnica	
Empresa: POWER SERVICE - MANUTENÇÃO INTEGRADA LTDA.		Nr.Reg.: 129312

Contratante

Nome: SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO	E-mail:	
Endereço: PINHEIRO MACHADO 1615	Telefone: 54 32208600	CPF/CNPJ: 88659313000105
Cidade: CAXIAS DO SUL	Bairro: CENTRO	CEP: 95020170 UF: RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

PROPOSTA 6608/23 | OBRA 4614

serviços de Elaboração de estudos elétricos, parametrizações e testes operacionais

1- DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

1.1 - Fornecimento de estudo de coordenação e seletividade, referente a (05) cinco relés das instalações elétricas da unidade.

Estudo de Coordenação e Seletividade - Considerando a alimentação através da concessionária; Fornecimento estudo de coordenação e seletividade em formato pdf. Serviços relacionados a automação/comunicação; Configuração de funções lógicas, comunicação de relés e entre relés; Testes de medição de isolamento, relação e classe de exatidão em TP's e TC's; Testes de saturação em TP's e TC's; Avaliação de Saturação e burden de cada TP/TC; Estudo de proteção de geradores para operação paralelo com concessionária; Disponibilidade de base de dados; Estudo de energia incidente.

1.2 - Parametrização e ensaios de atuação, contemplando: Disponibilidade de equipe técnica especializada para a parametrização dos relés via IHM; Ensaios de injeção de corrente 50/50N 51/51N; Testes operacionais

2.0- LOCAL DA OBRA: SAMAE FAXINAL

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima Profissional	De acordo Contratante
-------------------------------------	---	---