

MEMORIAL DE CÁLCULO DA PROTEÇÃO

sigma

INTERESSADO: PREFEITURA DE SANTO ANGELO

ENDEREÇO: ESTRADA BARRA DO SÃO JOÃO, 477, SANTO ÂNGELO / RS

1. OBJETIVO

O presente documento irá apresentar toda a memória de cálculo e parâmetros utilizados como base para estabelecer a proteção do sistema visando garantir a sua confiabilidade ao longo do seu período de operação.

Todas as diretrizes aqui apresentadas para definição dos ajustes das proteções foram elaboradas com base nas orientações técnicas previstas na **2855,2856,2858,2859 e 2861 de 30/12/2022 da CPFL**.

2. EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

O projeto possui como responsável técnico o Engenheiro Eletricista Antônio R. J. dos Santos, com registro nacional junto ao Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) sob o nº 134651, emitido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Rio Grande do Sul (CREA-RS).

O presente estudo é amparado pela Anotação de Responsabilidade Técnica – ART de número **13170639** registrada junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Rio Grande do Sul- CREA RS.

3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Para o presente estudo serão previstas as seguintes funções de proteção:

- Função (50/51) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada de Fase;
- Função (50N/51N) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada de Neutro;

O cliente irá possuir um disjuntor de média tensão exclusivo instalado em cubículo de proteção na subestação de entrada. Além disso, terá proteção secundária exercida pelo relé de proteção Pextron 7104 instalado em quadro de sobrepor na subestação.

O cliente terá uma demanda contratada de 1125kW e potência instalada de 1500 kVA na modalidade tarifária horária Verde.

Disjuntor a vácuo de média tensão:

*** Marca: Tavrida Electric (manual em anexo)**

* **Classe de tensão: 24kV**

* **Corrente nominal: 800A**

* **Corrente nominal de interrupção de curto-circuito (Isc): 16kA**

* **frequência: 60Hz**

* **religamento automático (função 79) do disjuntor de conexão em MT bloqueado**

4. DADOS FORNECIDOS PELA CPFL

Foram fornecidos os níveis de curto-circuito, sintetizando a contribuição do alimentador da concessionária, bem como os dados da proteção do religador a montante do cliente, abaixo relacionados:

Tensão de suprimento: 23,1kV

Alimentador: KSA44

Equipamento de referência: UC:3085054461

Município: SANTO ANGELO / RS

Tabela 1 - Impedância no Ponto de Conexão Fornecida pela Concessionária

Impedância	X [OHMS]
Z+	0,042242+j3,567199 ohms
Z0	0,033172+j2,829528

Tabela 2 - Níveis de Curto-Circuito Concessionária

Curto-Circuito	Simétrico (A)	Assimétrico (A)
Trifásico	3738	6475
Dupla Fase	3238	
Fase-Terra	4015	
Fase-Terra mínimo	332	

Tabela 3 – Ajuste da Proteção do Alimentador da Concessionária

Função	Pickup (A primário)	Dial	Curva
51	400	0,20	SI
50	3200		
51N	80	0,35	SI
50N	3000		

5. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Para definição de alguns parâmetros da proteção será necessário determinar as características elétricas dos transformadores de potência instalados.

Tabela 4 - Características Nominais do Transformador de Potência

TAG	Potência (kVA)	Corrente Nominal (A)	Tensão Primária (kV)	Tensão Secundária (V)	Z %	Ligação	Tipo
Transformador 1	150	3,75	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 2	225	5,63	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 3	150	3,75	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 4	150	3,75	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 5	150	3,75	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 6	150	3,75	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 7	225	5,63	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo
Transformador 8	300	7,50	23,10	380/220	5,0	Dyn1	Óleo

Para realização do estudo foram determinadas as correntes de magnetização e as correntes ANSI e NANSI dos transformadores com o intuito de verificar, via coordenograma, se os equipamentos serão protegidos pelos relés de proteção. Na Tabela 5 estão representados os valores calculados para essas grandezas.

Tabela 5 - Correntes de Magnetização, ANSI e NANSI dos transformadores

GED2858 – ANEXO IV – Item 5.5. A norma diz que deve ser utilizado um fator de 10x para magnetização do transformador.

TAG	Corrente de Magnetização (A)	Corrente ANSI (A)	Corrente NANSI (A)
Transformador 1	37,5	75	43,50
Transformador 2	56,3	112,60	65,30
Transformador 3	37,5	75	43,50
Transformador 4	37,5	75	43,50
Transformador 5	37,5	75	43,50
Transformador 6	37,5	75	43,50
Transformador 7	56,3	112,60	65,30
Transformador 8	75	150	87

Foram adotadas as seguintes equações na determinação das grandezas presentes na Tabela 5.

$$I_{\text{magnetização}} = k \times I_{\text{nominaltrafo}}$$

$$I_{ANSI} = \frac{I_{\text{nominaltrafo}}}{Z\%} \times 100$$

$$I_{NANSI} = 0,58 \times I_{ANSI}$$

$$k = 10 (\text{óleo}) \mid k = 10 (\text{seco})$$

Para o transformador 1,3,4,5 e 6 de 150kVA (cada) temos que:

$$I_{\text{magnetização}} = 10 \times 3,75 = 37,5 \text{ A}$$

$$I_{ANSI} = \frac{3,75}{5} \times 100 = 75 \text{ A}$$

$$I_{NANSI} = 0,58 \times 75 = 43,50 \text{ A}$$

Para o transformador 2 e 7 de 225kVA (cada) temos que:

$$I_{\text{magnetização}} = 10 \times 5,63 = 56,30 \text{ A}$$

$$I_{ANSI} = \frac{5,63}{5} \times 100 = 112,60 \text{ A}$$

$$I_{NANSI} = 0,58 \times 112,60 = 65,30 \text{ A}$$

Para o transformador 8 de 300kVA temos que:

$$I_{\text{magnetização}} = 10 \times 7,50 = 75 \text{ A}$$

$$I_{ANSI} = \frac{7,53}{5} \times 100 = 150 \text{ A}$$

$$I_{NANSI} = 0,58 \times 150 = 87 \text{ A}$$

Considerando que existem 8 transformadores instalados para o cliente a corrente Inrush adotada no estudo do consumidor será igual a corrente de magnetização dos transformadores ($I_{n \times 10}$).

$$I_{\text{inrushPARCIAL}} = 37,53 \times 10 = 375,30$$

De posse do valor da Inrush Parcial e do maior valor de contribuição de curto-circuito no ponto de entrega, podemos calcular a corrente de Inrush Real.

$$I_{inrushreal} = \frac{1}{\frac{1}{I_{inrushparcial}} + \frac{1}{I_{curto-circuito_{m\acute{a}x}}}}$$

$$I_{inrushreal} = \frac{1}{\frac{1}{375,30} + \frac{1}{6475}}$$

$$I_{inrushreal} = \mathbf{355\ A}$$

6. MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS PROTEÇÕES

6.1. FUNÇÃO 51 – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE FASE

Com o objetivo de proteger a unidade do cliente contra sobrecargas será prevista uma unidade de sobrecorrente temporizada ajustada com uma corrente de partida 30% superior à corrente de transformação.

$$I_n = \frac{\text{Potência Instalada}}{\sqrt{3} \times V_{ff}}$$
$$Ip_{51} = 1,30 \times I_n$$

$$I_n = \frac{1500}{\sqrt{3} \times 23,10\ kV}$$
$$I_n = \mathbf{37,53\ A}$$

$$Ip_{51} = 1,30 \times 37,53$$

$$Ip_{51} = \mathbf{48,80\ A}$$

Será utilizada uma curva IEC Extremamente Inversa ($k = 80 \mid \alpha = 2$) ajustado com o dial de tempo de 0,10.

6.2. FUNÇÃO 50 - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA

Com o intuito de proteger a instalação do cliente contra faltas nas instalações internas alimentadas pela rede da concessionária, será ajustada uma unidade de sobrecorrente instantânea de magnitude discriminada abaixo:

$$Ip_{50} = 1,1 \times I_{inrush_{real}}$$

$$Ip_{50} = 1,1 \times 355$$

$$Ip_{50} = 390,50 A$$

Adotado valor de 391A no coordenograma para proteger o ponto inrush.

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{50} = 0,00 \text{ segundos.}$$

6.3. FUNÇÃO 51N – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE NEUTRO

Com o objetivo de proteger a instalação para defeitos relacionados a terra no sentido concessionária para o cliente, será ajustada uma proteção de sobrecorrente temporizada de neutro com corrente de partida de 20% da corrente de partida da unidade temporizada de fase.

$$Ip_{51N} = 0,2 \times Ip_{51}$$

$$Ip_{51N} = 0,2 \times 48,80$$

$$Ip_{51N} = 9,76A$$

Será utilizada uma curva IEC Extremamente Inversa ajustada com o dial de tempo definido abaixo:

$$Dial_{51N} = 0,10$$

6.4. FUNÇÃO 50N - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE NEUTRO

Com o intuito de proteger a instalação do cliente contra faltas nas instalações internas alimentadas pela rede da concessionária, será ajustada uma unidade de sobrecorrente instantânea de magnitude discriminada abaixo:

$$Ip_{50N} = 0,2 \times I_{50}$$

$$Ip_{50} = 0,2 \times 391$$

$$Ip_{50N} = 78,20 A$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{50N} = 0,00 \text{ segundos.}$$

7. TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Inicialmente será considerado um TC que atenda à expressão abaixo:

$$I_{np} > \frac{I_{cc\text{max assimétrico}}}{20}$$

Utilizando a equação acima e substituindo o valor do curto-circuito trifásico da Tabela 2 temos o seguinte resultado:

$$I_{np} > \frac{6475}{20} > 323,75$$

Considerando-se as correntes de partida ajustadas nas proteções e o valor obtido acima será adotado um TC de relação 400:5 de classe de exatidão 25VA 10P20 para verificação da saturação do equipamento.

Para determinação do consumo do relé foi consultado o manual do fabricante que informa que o consumo do sensor de corrente é de 0,3 VA.

Além disso, os condutores secundários dos transformadores de corrente serão de 4 mm², cuja impedância é de 4,7 ohms/km, e terão uma distância total considerada de 15 metros.

$$25VA10P20 \quad (100V)$$

$$V_{SAT_{calculado}} \leq V_{SAT_{nominal}}$$

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{I_{ccM\acute{A}X}}{RTC} \times Z_{carga}$$

$$Z_{carga} = Z_{fiação} + Z_{relé} + Z_{TC}$$

$$Z_{fiação} = Z_{cabo} \times Distância \times 2$$

$$Z_{relé} = Z_{Fase} + 3 \times Z_{Neutro}$$

$$Z_{TC} = Z_{burden} \times 0,2$$

$$Z_{burden} = 1 \, ohm$$

Num primeiro instante, serão determinadas todas as impedâncias dos equipamentos conectados ao relé de proteção conforme abaixo:

$$Z_{TC} = 1 \times 0,2 = 0,2 \, ohms$$

$$Z_{relé} = \frac{0,3 + 3 \times 0,3 \, VA}{(5)^2} = 0,048 \, ohms$$

$$Z_{fiação} = \frac{4,7}{1000} \times 15 \times 2 = 0,141 \, ohms$$

$$Z_{carga} = 0,4 + 0,048 + 0,141 = 0,389 \, ohms$$

De posse das impedâncias conectadas no transformador de corrente será determinada a tensão de saturação levando-se em conta, também, a maior contribuição de curto fornecida pela concessionária.

Como a maior corrente de curto assimétrico é inferior a 8,00kA será utilizada essa corrente para verificação da saturação do TC.

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{8000}{80} \times 0,389$$

$$V_{SAT_{calculado}} = 38,90V$$

$$\therefore V_{SAT_{calculado}} = 38,90V < V_{SAT_{nominal}} = 100V$$

Dessa forma o TC selecionado não irá saturar para a pior condição de corrente de falta no sistema, sendo, portanto, o TC utilizado **400:5, 25VA 10P20**.

8. DIMENSIONAMENTO DE TP E NOBREAK

Considerando-se que serão utilizadas funções de sobrecorrente temporizada e instantânea, tanto de fase quanto de neutro, como também funções de proteção de tensão, será dimensionado 1 TP para alimentação de comando e 3 TP's para aquisição de sinal de tensão.

Tabela 6 - Quadro de Cargas Alimentação Sistema de Proteção

CARGA	QTE	Potência Unitária [kW]	Potência Total [kW]	FP	FD	Demanda	
						kW	kVA
Lâmpada Ligado/Desligado	2	0,006	0,012	0,85	0,5	0,006	0,007
Lâmpada Mola Carregada	1	0,006	0,006	0,85	1,0	0,006	0,007
Motor Mola Disj.	1	0,150	0,150	0,60	1,0	0,150	0,250
Bobina Abertura	1	0,350	0,350	0,90	0,5	0,175	0,194
Bobina Fechamento	1	0,350	0,350	0,90	0,5	0,175	0,194
Relé de Proteção	1	0,007	0,350	0,85	1,0	0,007	0,008
						0,519	0,660

Será utilizado um nobreak de 1000 VA com módulo cuja potência de pico é de 700 W, superior à potência demandada para o comando.

Considerando-se que o nobreak será responsável pela alimentação de todo comando, será dimensionado o TP com base na potência nominal do Nobreak 1000 VA.

Por fim, o transformador de potencial utilizado para encaminhar sinal para a proteção terá potência de 500 VA considerando-se que os sensores de tensão do relé possuem potência de 0,06 VA por fase.

9. RESUMO DOS AJUSTES DO RELÉ

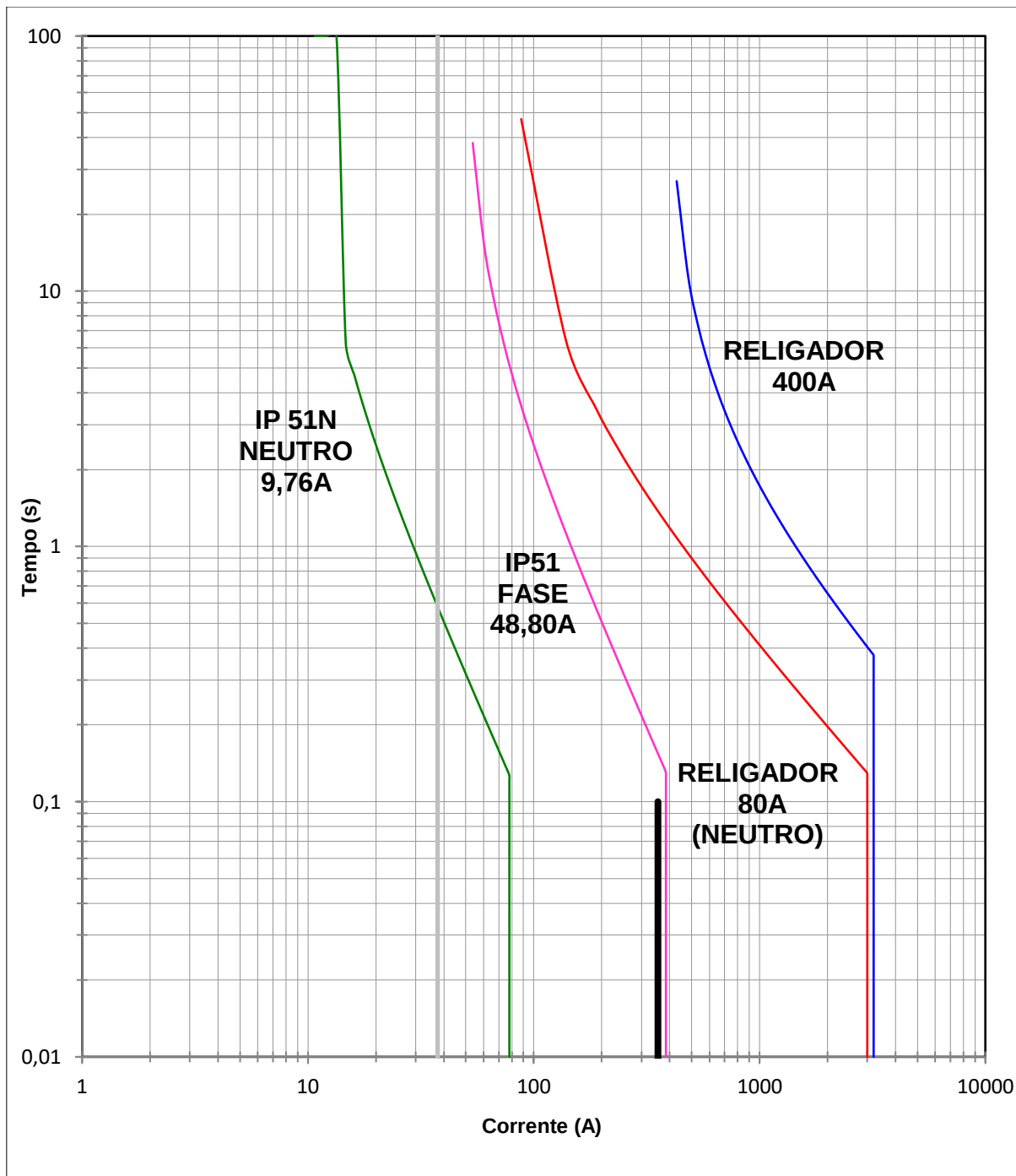
O relé utilizado será da marca PEXTRON, modelo 7104. Na tabela 7 encontra-se o resumo dos ajustes do mesmo.

Tabela 7 – Resumo Proteções

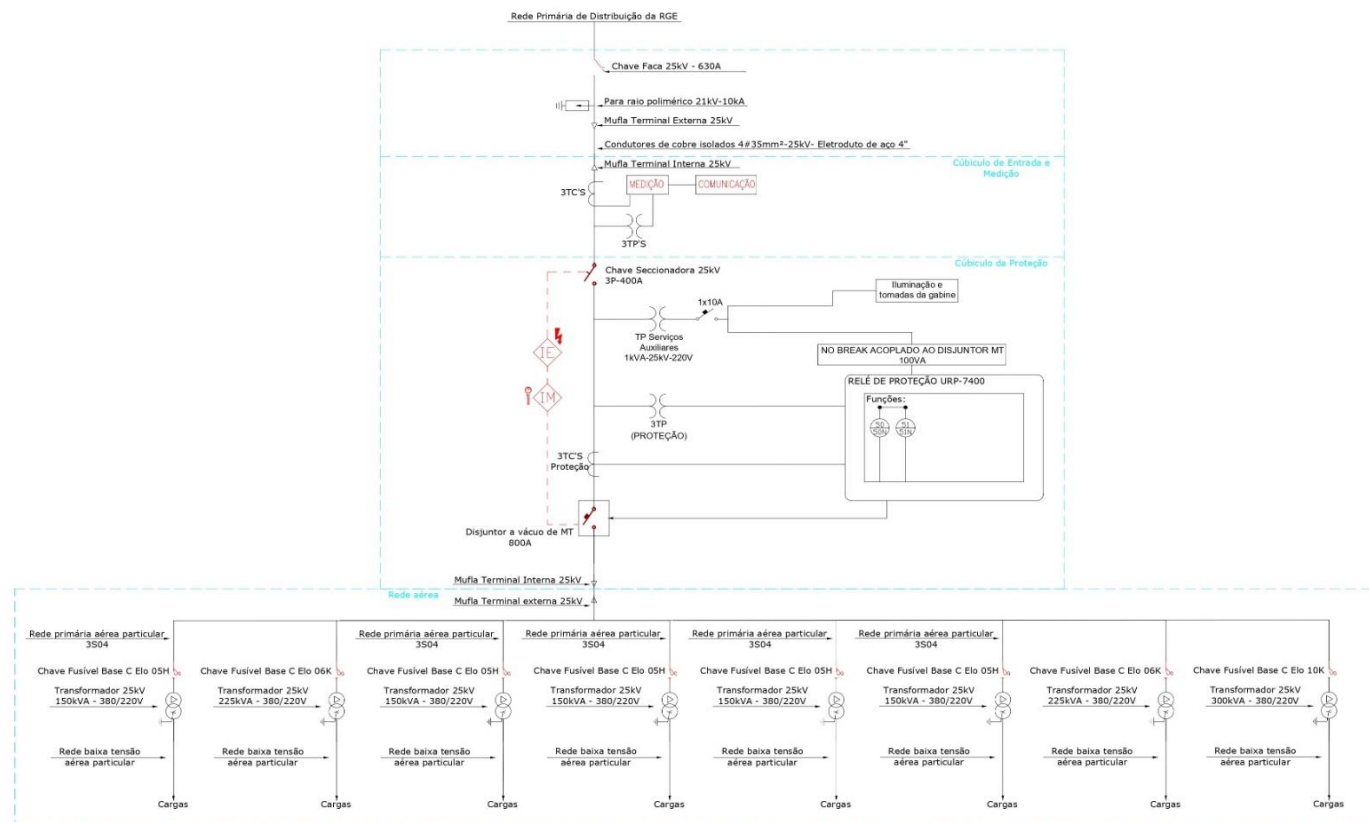
Função	Corrente	Dial	Curva
51 (temporizada de fase)	IP51= 48,80A	0,10	E.I
50 (Instantânea de fase)	IP50 = 391A	0,00	
51N (temporizada de neutro)	IP51N= 9,75A	0,10	E.I
50N (instantânea de neutro)	IP50N= 78,20A	0,00	



10. COORDENOGRAMA



11. DIAGRAMA UNIFILAR



ANTONIO RODRIGO
JUSWIACKI DOS
SANTOS:884756890
00

Assinado de forma digital por
ANTONIO RODRIGO JUSWIACKI
DOS SANTOS:88475689000
Dados: 2024.06.19 11:36:35
-03'00'