

**MEMORIAL DE CÁLCULO DA PROTEÇÃO
CABINE DE MEDIÇÃO/PROTEÇÃO**

**SERVICO SOCIAL DO COMERCIO - SESC/AR/PA
CNPJ: 03.593.364/0002-00**

**BELÉM-PA
27/06/2024**

SUMÁRIO

| | | |
|----|---------------------------------------|----|
| 1 | OBJETIVO..... | 3 |
| 2 | DEFINIÇÕES INICIAIS..... | 5 |
| 3 | DADOS DA CONCESSIONÁRIA..... | 5 |
| 4 | TRANSFORMADOR(ES) DE POTÊNCIA..... | 6 |
| 5 | CÁLCULO DAS PROTEÇÕES..... | 7 |
| 6 | TRANSFORMADORES DE CORRENTE..... | 9 |
| 7 | TRANSFORMADORES DE POTENCIAL..... | 10 |
| 8 | CONFIGURAÇÃO DAS SAÍDAS BINÁRIAS..... | 11 |
| 9 | COORDENOGRAMA DE PROTEÇÃO..... | 11 |
| 10 | AVALIAÇÃO DA COORDENAÇÃO..... | 12 |
| 11 | ORDEM DE AJUSTE DA PROTEÇÃO..... | 13 |
| 13 | OBSERVAÇÕES..... | 15 |

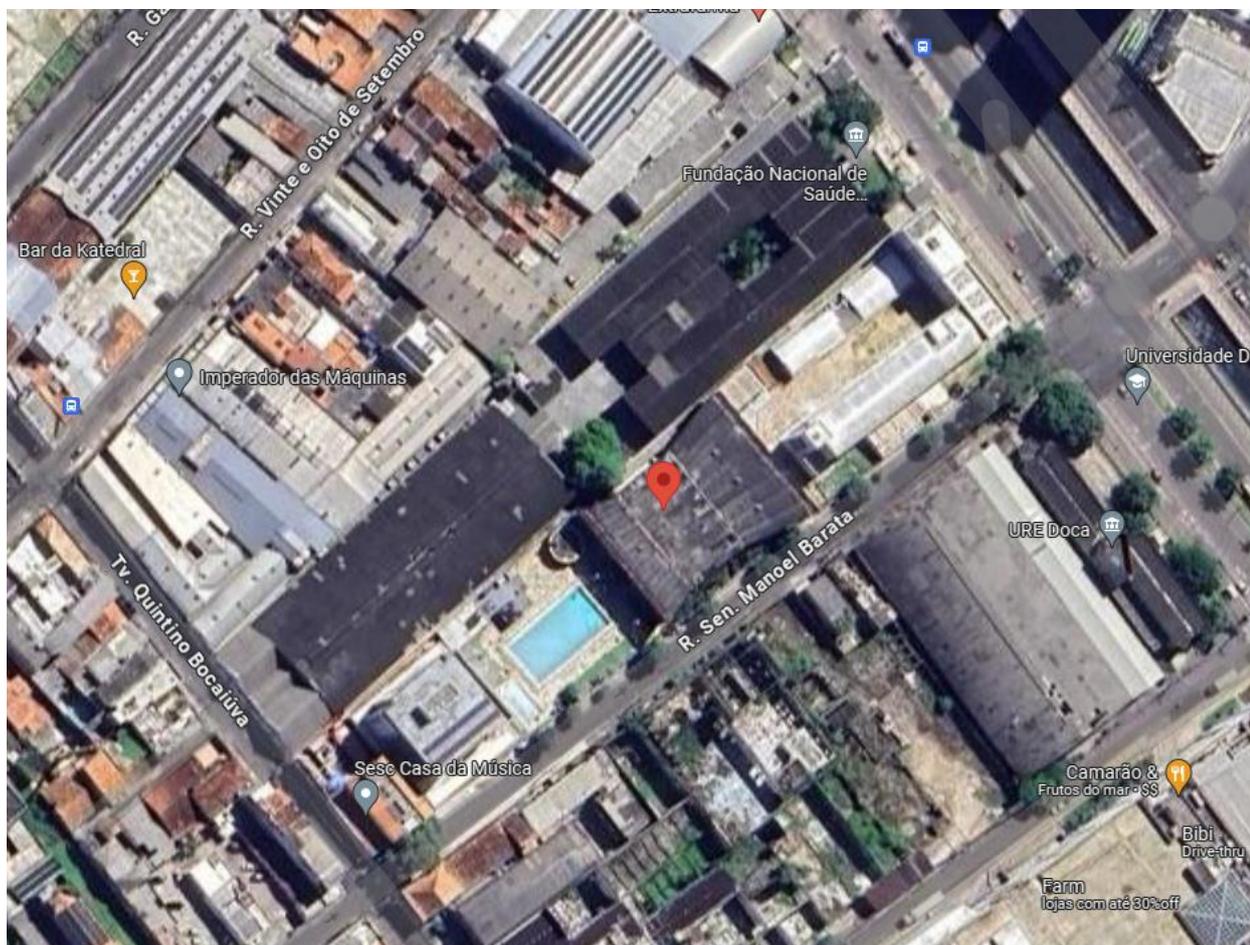
1 OBJETIVO

O presente memorial de cálculo tem como objetivo definir o sistema de proteção de média tensão de uma cabine de medição/proteção, de propriedade de SERVIÇO SOCIAL DO COMERCIO - SESC/AR/PA (CNPJ: 03.593.364/0002-00), localizada no seguinte endereço: RUA SENADOR MANOEL BARATA, 1873, BAIRRO: REDUTO, BELÉM/PA, CEP: 66053-320.

1.1 DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

| | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|
| Unidade consumidora: | 15890 | |
| Coord. UTM transformação: | X = 779279.95 m E | Y = 9840134.51 m S |
| Coord. UTM derivação: | X = 779274.03 m E | Y = 9840113.71 m S |
| ID poste de derivação: | sem identificação | |

Figura 1 - Localização do posto de transformação



1.2 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS

As principais normas (versões mais recentes) utilizadas na elaboração do projeto elétrico do prédio e que devem ser consideradas na execução estão listadas abaixo:

ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
ABNT NBR 5419: Proteção Contra Descargas Atmosféricas;
ABNT NBR NM 280: Condutores de Cabos Isolados (IEC 60228, MOD);
ABNT NBR NM 247-2: Cabos Isolados com Policloreto de Vinila (PVC) para Tensões Nominais até 450/750 V, inclusive – Parte 2: Métodos de Ensaio (IEC 60227-2, MOD);
ABNT NBR NM 247-3: Cabos Isolados com Policloreto de Vinila (PVC) para Tensões Nominais até 450/750 V, inclusive – Parte 3: Condutores Isolados (sem Cobertura) para Instalações Fixas (IEC 60227-3, MOD);
ABNT NM 60898: Disjuntores para Proteção de Sobrecorrentes para Instalações Domésticas e Similares (IEC 60898:1995, MOD);
ABNT NBR 15465: Sistemas de Eletrodutos Plásticos para Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Requisitos de Desempenho;
ABNT NBR IEC 60439-3: Conjunto de Manobra e Controle de Baixa Tensão Parte 3: Requisitos Particulares para Montagem de Acessórios de Baixa Tensão Destinados a Instalação em Locais Acessíveis a Pessoas não Qualificadas Durante sua Utilização – Quadros de Distribuição;
ABNT NBR IEC 61643-1: Dispositivo de Proteção Contra Surto em Baixa Tensão Parte 1: Dispositivo de Proteção Conectados a Sistemas de Distribuição de Energia em Baixa Tensão – Requisitos de Desempenho e Métodos de Ensaio;
ABNT NBR 6524: Fios e Cabos de Cobre Duro e Meio Duro com ou sem Cobertura Protetora para Instalação Aéreas – Especificação;
ABNT NBR 13571: Haste de Aterramento Aço-Cobreado e Acessórios;
ABNT NBR 6323: Galvanização por Imersão a Quente de Produtos de Aço e Ferro Fundido – Especificação;
ABNT NBR 13057: Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, zincado eletroliticamente e com rosca ABNT NBR 8133 – Requisitos;
ABNT NBR 15701: Conduletes metálicos roscados e não roscados para sistemas de eletrodutos;
ABNT NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
ABNT NBR 6251: Cabos de Potência com Isolação Extrudada para Tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos Construtivos;
ABNT NBR 7286: Cabos Isolados com Isolação Extrudada de Borracha Etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para Tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de Desempenho;
NR 10: Segurança em Instalações Elétricas e Serviços em Eletricidade;

Também foram seguidas as recomendações estabelecidas nas normas da concessionária de energia local, a saber: (a) NT.001.EQTL.Normas e Padrões, que trata do Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão; (b) NT.002.EQTL.Normas e Padrões, que trata do Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão; (c) NT.009.EQTL.Normas e Padrões, que trata da Conexão de Geradores Particulares ao Sistema Elétrico e (d) NT.020.EQTL.Normas e Padrões, que trata da Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema de Distribuição.

2 DEFINIÇÕES INICIAIS

Serão previstas as seguintes funções de proteção:

função (67) – Sobrecorrente Direcional de Fase;
Função (67N) – Sobrecorrente Direcional de Neutro;
Função (50/51) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada;
Função (50N/51N) – Unidade de Sobrecorrente Instantânea e Temporizada de Neutro;
Função (25) – Sincronismo;
Função (27) – Subtensão;
Função (59) – Sobretensão;
Função (59N) – Sobretensão de Neutro;
Função (81 O/U) – Sobrefrequência e Subfrequência;
Função (51V) – Sobrecorrente com Restrição de Tensão;
Função (46) – Reversão ou Desbalanceamento de Corrente;
Função (47) – Reversão ou Desbalanceamento de Tensão;
Função (78) - Perda de Sincronismo;
Anti-lhamento;
Função (98) – Oscilografia;

No cubículo de proteção da cabine, será instalado disjuntor de média tensão exclusivo. O disjuntor será comandado por relé de proteção (PEXTRON URP 6000) instalado em cubículo compacto de forma integrada ao painel.

A unidade consumidora possui uma demanda prevista de 450 kW (F.P. = 0,92), na modalidade tarifária HORÁRIA VERDE. Será previsto também geração fotovoltaica com inversor de 50 kW

3 DADOS DA CONCESSIONÁRIA

Foi fornecido através do documento de viabilidade técnica, os níveis de curto-circuito, sintetizando a contribuição do alimentador da concessionária, bem como os dados da proteção do equipamento a montante da unidade consumidora, abaixo relacionados.

Tabela 1 - Impedância no Ponto de Conexão fornecida pela concessionária

| Impedância | R [ohms] | X [ohms] |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Z0 | 0,7015 | 3,8562 |
| Z1 | 0,3841 | 1,473 |
| Z2 | 0,3841 | 1,473 |

Tabela 2 - Níveis de curto-circuito Equatorial - Cliente

| Curto | Simétrico (A) | Assimétrico (A) |
|--------------|----------------------|------------------------|
| Trifásico | 5234 | 6167,13 |
| Fase-Fase | 4532 | 5345,05 |

| | | |
|-------------------|--------|---------|
| Fase-Terra | 3434,7 | 4227,18 |
| Fase-Terra_mínimo | 196,5 | 196,83 |

Tabela 3 - Ajuste da proteção do alimentador da concessionária

| Ajuste | Fase | Neutro |
|-------------------|----------|----------|
| Tap Temporizado | 600 | 120 |
| Dial | 0,38 | 1 |
| Curva | IEC-M.I. | IEC-M.I. |
| Tap Instantâneo | 4393 | 4393 |
| Tempo Instantâneo | - | - |

4 TRANSFORMADOR(ES) DE POTÊNCIA

Para definição de alguns parâmetros da proteção será necessário definir as características elétricas do(s) transformador(es) de potência instalado(s). O(s) transformador(es) atendido(s) pela cabine de medição/proteção está(ão) listado(s) na Tabela 4.

Tabela 4 - Características nominais do(s) transformador(es) de potência

| TAG | Potência (kVA) | Tensão Primária (kV) | Corrente Nominal (A) | Tensão Secundária (V) | Z % | Ligação | Tipo |
|-----------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------|---------|------|
| Transformador 1 | 500 | 13,8 | 20,92 | 127-220 | 6,23 | Dyn1 | SECO |
| Transformador 2 | 500 | 13,8 | 20,92 | 127-220 | 6,23 | Dyn1 | SECO |

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

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

| TAG | Corrente de Magnetização (A) | Corrente ANSI (A) | Corrente NANSI (A) |
|-----------------|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Transformador 1 | 209,2 | 335,79 | 194,76 |
| Transformador 2 | 209,2 | 335,79 | 194,76 |

Foram adotadas as seguintes equações para a determinação das grandezas presentes na Tabela 5:

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

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

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

$$k = 8 \text{ (Óleo)} \mid k = 10 \text{ (Seco)}$$

A corrente INRUSH adotada no estudo é dada por:

$$I_{inrush} = I_{magnetizaçãoTR1} + \sum I_{lnominal_{Demais\ trafos}}$$

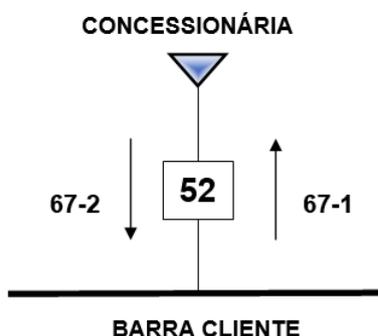
$$I_{inrush} = 209,2 + 20,92 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$I_{inrush} = \boxed{230,12} \text{ A}$$

5 CÁLCULO DAS PROTEÇÕES

5.1 FUNÇÃO 67 – SOBRECORRENTE DIRECIONAL

Para esta função, serão definidos ajustes que irão proteger a instalação contra defeitos no sentido Barra do Cliente para Concessionária conforme diagrama abaixo:



5.1.1 FUNÇÃO 67 – BARRA CLIENTE PARA CONCESSIONÁRIA

O acessante possui sistema de geração de energia solar com potência nominal igual a 50 kW, em inversor(es), ajustado(s) com fator de potência unitário. Será prevista uma unidade de sobrecorrente temporizada de fase ajustada com uma corrente de partida 5% superior à corrente de demanda FV, dada por:

$$I_n = \frac{\text{Demanda (kW)}}{F.P. \times \sqrt{3} \times V_{ff}}$$

$$I_{p67} = 1,05 \times I_n$$

$$I_n = 50 / (1 \times \sqrt{3} \times 13,8)$$

$$I_n = 2,09 \text{ A}$$

$$I_{p67} = 1,05 \times 2,09$$

$$I_{p67} = 2,19 \text{ A}$$

Será utilizada uma curva de tempo definido ajustada com tempo definido igual a:

$$T_{def67} = \boxed{2} \text{ s}$$

Além disso, será ajustada uma unidade instantânea com o objetivo de retirar faltas alimentadas no sentido da usina solar para a rede da concessionária. Será ajustada uma corrente de 1,5 vezes a corrente nominal da usina, considerada situação de falta pelo sistema.

$$I_{inst67} = 1,50 \times I_n$$

$$\begin{aligned} I_{inst67} &= 1,5 \times 2,09 \\ I_{inst67} &= 3,14 \text{ A} \end{aligned}$$

Para a unidade instantânea, será utilizada uma curva de tempo definido ajustada com tempo definido igual a:

$$T_{inst67} = \boxed{0} \text{ s}$$

O ângulo de torque máximo [**Ang(τ máximo)**] será dado por:

$$Ang_{\tau \text{ máximo}} = Ang_{conexão} - Ang_{geração}$$

$$\begin{aligned} Ang(\text{conexão}) [PEXTRON URP 6000] &= 90,00 \text{ }^\circ \\ Ang(\text{geração}) &= 0,00 \text{ }^\circ \\ Ang(\tau \text{ máximo}) &= 90,00 \text{ }^\circ \end{aligned}$$

5.1.2 FUNÇÃO 67N – NEUTRO BARRA CLIENTE PARA CONCESSIONÁRIA

Para definição da corrente de partida direcional de neutro, será adotado um fator de desbalanço de 20% em relação a corrente de partida de fase, logo:

$$I_{p67N} = 20\% \times I_{p67}$$

$$\begin{aligned} I_{p67N} &= 0,2 \times 2,19 \\ I_{p67N} &= \boxed{0,44} \text{ A} \end{aligned}$$

Será utilizada uma curva de tempo definido ajustada com tempo definido igual a:

$$T_{def67N} = \boxed{1} \text{ s}$$

Além disso, será ajustada uma unidade instantânea de neutro com 20% da unidade direcional instantânea de fase:

$$I_{inst67N} = 0,2 \times I_{inst67}$$

$$I_{inst67N} = 0,2 \times 3,14$$

$$I_{inst67N} = \boxed{0,63} \text{ A}$$

Para a unidade instantânea direcional de neutro, será utilizada uma curva de tempo definido ajustada com tempo definido igual a:

$$T_{inst67N} = \boxed{0} \text{ s}$$

5.2 FUNÇÃO 51 – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE FASE

Com o objetivo de proteger o(s) transformador(es) contra sobrecargas, no sentido da concessionária para a unidade consumidora, será prevista uma unidade de sobrecorrente temporizada ajustada com uma corrente de partida 10% superior à corrente de demanda, dada por:

$$I_n = \frac{\text{Demanda (kW)}}{F.P. \times \sqrt{3} \times V_{ff}}$$

$$I_{p51} = 1,10 \times I_n$$

$$I_n = 1065,57 / (0,92 \times \sqrt{3} \times 13,8)$$

$$I_n = \boxed{48,47} \text{ A}$$

$$I_{p51} = 1,1 \times 48,47$$

$$I_{p51} = \boxed{53,32} \text{ A}$$

Será utilizada uma curva IEC Extremamente Inversa ($k=80 \mid \alpha=2$) ajustada com o dial de tempo calculado conforme equação abaixo:

$$Dial_{51} = \left(\frac{\left(\frac{I_{inrush}}{I_{p51}} \right)^\alpha - 1}{k} \right) \times t(I)$$

$$t(I) = 0,1s + \text{Atraso Intencional}$$

$$\text{Atraso Intencional} = 0,05s$$

$$Dial_{51} = \{ [(230,12/53,3151751434469)^2 - 1] / 80 \} \times 0,15$$

$$Dial_{51} = \boxed{0,03}$$

5.2 FUNÇÃO 50 – SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE FASE

Com o objetivo de proteger as instalações contra faltas internas, será prevista uma unidade de sobrecorrente instantânea dada por:

$$I_{50} = 1,05 \times I_{inrush}$$

$$\begin{aligned} I_{50} &= 1,05 \times 230,12 \\ I_{50} &= \boxed{241,63} \text{ A} \end{aligned}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção dado por:

$$T_{50} = \boxed{0} \text{ s}$$

5.3 FUNÇÃO 51N – SOBRECORRENTE TEMPORIZADA DE NEUTRO

Com o objetivo de proteger a instalação contra defeitos relacionados a terra, no sentido da concessionária para a unidade consumidora, será prevista uma unidade de sobrecorrente temporizada de neutro ajustada com uma corrente de partida 20% superior a corrente de partida da unidade temporizada de fase, dada por:

$$I_{p51N} = 0,2 \times I_{p51}$$

$$\begin{aligned} I_{p51N} &= 0,2 \times 53,32 \\ I_{p51N} &= \boxed{10,66} \text{ A} \end{aligned}$$

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

$$Dial51N = \boxed{0,03}$$

5.3 FUNÇÃO 50N – SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA DE NEUTRO

Com o objetivo de proteger as instalações contra faltas internas, será prevista uma unidade de sobrecorrente instantânea de neutro dada por:

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

$$\begin{aligned} I_{50N} &= 0,2 \times 241,63 \\ I_{50N} &= \boxed{48,33} \text{ A} \end{aligned}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção dado por:

$$T_{50N} = \boxed{0} \text{ s}$$

5.6 FUNÇÃO 27 - SUBTENSÃO

Com o intuito de desconectar o barramento do cliente da rede da concessionária diante de alterações anormais provenientes de redução da tensão eficaz de fornecimento, será programada a função de subtensão com curvas de tempo definido. As tensões utilizadas para dimensionamento da proteção serão de fase-neutro, visto que é o padrão de parametrização do relé de proteção.

$$V_{p_{27-1}} = 92\% \times V_{n_{FT}}$$

$$\begin{aligned} V_{p_{27-1}} &= 0,92 \times 13,8 / \sqrt{3} \\ V_{p_{27-1}} &= \boxed{7,33} \text{ kV} \quad \text{ou} \quad \boxed{7330} \text{ V} \quad (\text{conforme NT.020.EQTL}) \end{aligned}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{D_{27-1}} = \boxed{2} \text{ s} \quad (\text{conforme NT.020.EQTL})$$

5.7 FUNÇÃO 59 - SOBRETENSÃO

Com o intuito de desconectar o barramento do cliente da rede da concessionária diante de alterações anormais provenientes de aumento da tensão eficaz de fornecimento, será programada a função de sobretensão com curvas de tempo definido. As tensões utilizadas para dimensionamento da proteção serão de fase-neutro, visto que é o padrão de parametrização do relé de proteção.

$$V_{p_{59-1}} = 105\% \times V_{n_{FT}}$$

$$\begin{aligned} V_{p_{59-1}} &= 1,05 \times 13,8 / \sqrt{3} \\ V_{p_{59-1}} &= \boxed{8,37} \text{ kV} \quad \text{ou} \quad \boxed{8366} \text{ V} \quad (\text{conforme NT.020.EQTL}) \end{aligned}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$T_{D_{59-1}} = \boxed{5} \text{ s} \quad (\text{conforme NT.020.EQTL})$$

5.8 FUNÇÃO 81O/U - SOBREFREQUÊNCIA/SUBFREQUÊNCIA

Com o intuito de desconectar o barramento do cliente da rede da concessionária diante de alterações anormais de frequência será programada a função de sobrefrequência e de subfrequência com curvas de tempo definido ajustadas em estágios conforme abaixo:

$$F_{p_{81O-1}} = 62 \text{ Hz}$$

$$F_{p_{81U-1}} = 58,5 \text{ Hz}$$

$$T_{D_{81O-1}} = 30 \text{ s}$$

$$T_{D_{81U-1}} = 10 \text{ s}$$

$$Fp_{810-2} = 66 \text{ Hz}$$

$$Fp_{81U-2} = 56,5 \text{ Hz}$$

$$TD_{810-2} = \text{instantâneo}$$

$$TD_{81U-2} = \text{instantâneo}$$

5.9 FUNÇÃO 51V - SOBRECORRENTE COM RESTRIÇÃO DE TENSÃO

Com o intuito de aumentar a sensibilidade do relé de proteção para faltas ocorridas no barramento do cliente e promover uma proteção de retaguarda, será adicionada a proteção 51V que é responsável por alterar a corrente de partida da unidade temporizada proporcionalmente à redução de tensão medida na barra pelos TP's durante a falta.

Será ajustada uma tensão de restrição (F-T) de 7171 V (90% da tensão nominal F-T) no relé de proteção PEXTRON URP 6000 no parâmetro tensão de restrição ($I > F1$ VR), de forma que a proteção 51V não opere intempestivamente. Desse modo, qualquer redução anormal de tensão causada por uma falta irá reduzir as características de operação da função 67 aumentando a sua sensibilidade.

5.10 FUNÇÃO 59N - SOBRETENSÃO DE NEUTRO

Com o intuito de desconectar o barramento do cliente da rede da concessionária diante de alterações anormais provenientes de faltas monofásicas no lado de alta tensão do transformador, será utilizada a proteção 59N.

$$Vp_{59N} = 30\% \times V_{n_{FT}}$$

$$Vp_{59N} = 0,3 \times 13,8 / \sqrt{3}$$

$$Vp_{59N} = \boxed{2,39} \text{ kV} \quad \text{ou} \quad \boxed{2390} \text{ V}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção conforme abaixo:

$$TD_{59N} = \boxed{0,1} \text{ s}$$

5.12 FUNÇÃO 25 - SINCRONISMO

A fim de conectar as centrais geradoras à rede da concessionária observando-se todos os critérios de sincronismo para que os dois sistemas possam entrar em paralelo de forma segura, será utilizada a função sincronismo.

O sincronismo será realizado pelos inversores instalados nas centrais geradoras visto que os equipamentos precisam de referência de tensão da rede da concessionária para que possam conectar a geração à concessionária. Dessa forma, fica a cargo do inversor a conexão com a rede da concessionária, respeitadas as condições de sincronismo.

5.13 FUNÇÃO 46 - DESBALANÇO DE CORRENTE

A filosofia empregada para o ajuste desta função é a de assegurar a coordenação entre a mesma e a proteção da usina, de tal modo que a sensibilidade do relé de interconexão, em ocasiões de desequilíbrio das correntes de fase, seja maior que a sensibilidade de proteção da máquina.

Para tanto, será ajustada uma corrente de sequência negativa de 15% da corrente nominal do sistema com uma curva de tempo definido.

$$I_{46} = 15\% \times I_n$$

$$\begin{aligned} I_{46} &= 0,15 \times 48,47 \\ I_{46} &= \boxed{7,27} \text{ A} \end{aligned}$$

Será ajustado um tempo de operação da proteção dado por:

$$T_{D46} = \boxed{1} \text{ s}$$

5.14 FUNÇÃO 47 - DESBALANÇO DE TENSÃO/ PERDA DE SEQUÊNCIA

Na detecção de sequência errada de tensão o relé aciona a saída configurada na matriz. A unidade tem retardo fixo de aproximadamente 0,2 s retirando o disjuntor de média tensão do acessante.

Dessa forma, deverá ser habilitada essa função no relé de proteção PEXTRON URP 6000 e deverá ser configurada a saída lógica para envio de TRIP para o disjuntor.

5.15 FUNÇÃO 78 - PERDA DE SINCRONISMO

Com o intuito de desconectar o cliente diante de uma possível perda de sincronismo entre a central geradora dos acessantes e a rede da concessionária será ativada a função 78 do relé de proteção.

Para tanto, será ajustada um ângulo de partida de salto angular ($Ang_{78} = 10^\circ$) e uma tensão máxima de bloqueio de 7171 V (90% da tensão nominal F-T) de forma que qualquer falha de sincronismo com ângulo superior a 10° na proteção leve à desconexão da central geradora.

5.16 ANTI-ILHAMENTO

Com o intuito de evitar que as centrais geradoras operem de forma ilhada no sistema do acessante, serão utilizados os inversores que atendem aos requisitos estabelecidos na ABNT-NBR 16149:2013, ANBT-NBR 16150:2013, ABNT-NBR 62116-2012, quanto às faixas de operação normal de: tensão CA, injeção de componente CC, frequência (Hz), fator de potência, distorção harmônica de corrente, proteção anti-ilhamento, reconexão, isolamento e seccionamento.

6 TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Para determinação dos transformadores de corrente serão utilizados os dados de curto-circuito fornecidos pela concessionária no ponto de entrega da unidade consumidora.

Considerando-se as correntes de partida ajustadas nas proteções, será adotado o seguinte TC para a verificação da saturação do equipamento:

| | | |
|--|-----|------|
| Corrente primária (ITC _p): | 100 | A |
| Corrente secundária (ITC _s): | 5 | A |
| Relação do TC (RTC): | 20 | |
| Potência do TC: | 25 | VA |
| Fator Multiplicidade 10P: | 30 | |
| Tensão de Saturação nominal (VSAT _{nom.}): | 150 | V |
| Zburden: | 1 | ohms |

Observação: Pelo Critério de sensibilidade, a corrente máxima do TC não poderá ultrapassar 106,6 A

Além disso, será adotado um cabo de 4 mm² de impedância 4,7 Ohms/km responsável por conectar os TC's ao relé de proteção enviando sinais de corrente.

O percurso dos condutores tem um comprimento total considerado de: metros.

Para determinação do consumo do relé foi consultado o manual do fabricante que informa que:

| | | |
|-------------------|----------------------------------|----|
| Consumo por fase: | <input type="text" value="0,5"/> | VA |
| Consumo total: | <input type="text" value="1,5"/> | VA |

Inicialmente, serão determinadas todas as impedâncias dos equipamentos conectados ao relé de proteção dadas por:

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

$$Z_{relé} = \frac{S_{carga}}{(ITC_s)^2}$$

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

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

| | | | | | |
|---------|---|------------------------|---|-------|------|
| ZFIAÇÃO | = | 2 x (4,7 / 1000) x 15 | = | 0,141 | ohms |
| ZRELÉ | = | 1,5 / (5) ² | = | 0,06 | ohms |
| ZTC | = | 1 x 0,2 | = | 0,2 | ohms |
| ZCARGA | = | 0,141 + 0,06 + 0,2 | = | 0,401 | ohms |

De posse das impedâncias conectadas no TC, será calculada a tensão de saturação levando-se em conta a maior contribuição de curto circuito fornecida pela concessionária. Portanto:

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{I_{ccMÁX}}{RTC} \times Z_{carga}$$

$$VSAT_{calculada} = \frac{(6167,13 / 20) \times 0,401}{123,65} \text{ V}$$

Pelo critério de saturação, a tensão de saturação calculada (VSATcalculada) não poderá ultrapassar a tensão de saturação nominal (VSATnom.) do TC, logo:

$$V_{SAT_{calculada}} \leq V_{SAT_{nom.}}$$

$$123,65 \text{ V} \leq 150 \text{ V (atende ao critério de saturação)}$$

Desta forma, o TC selecionado não irá saturar para a pior condição de falta do sistema. O TC utilizado possui as seguintes especificações comerciais: 100:5A, 25VA 10P30

7 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Para o presente projeto, foram utilizados transformadores de potencial dedicados exclusivamente para o sistema de proteção do acessante, não sendo aplicados para alimentação de qualquer outra carga ou envio de sinal para outros sistemas que não seja o relé de proteção PEXTRON URP 6000. Dessa forma, foram especificados os seguintes transformadores de potencial:

| TAG | Grupo | Primário (V) | Secundário (V) | P. Térmica | Exatidão | Finalidade |
|------|-------|--------------|----------------|------------|-----------|------------|
| TP-1 | 2 | 13.800/√3 V | 115/√3 V | 1000 VA | 75VA 0,3P | Proteção |
| TP-2 | 2 | 13.800/√3 V | 115/√3 V | 1000 VA | 75VA 0,3P | Proteção |
| TP-3 | 2 | 13.800/√3 V | 115/√3 V | 1000 VA | 75VA 0,3P | Proteção |

Os sensores de tensão do relé de proteção, segundo dados do manual do fabricante, consomem 0,5 VA por fase, perfazendo um consumo total de 1,5 VA, inferior aos 75 VA que garantem a precisão de 0,3% do equipamento. Dessa forma, os equipamentos garantem a precisão no envio da tensão para o relé de proteção.

Será previsto para o acessante um transformador de potencial para alimentação de nobreak, relé, comando e motorização de disjuntores (TAG TP-4)

| TAG | Grupo | Primário (V) | Secundário (V) | P. Térmica | Exatidão | Finalidade |
|------|-------|--------------|----------------|------------|-----------|---------------------|
| TP-4 | 1 | 13.800 | 220-110 | 1000 VA | 75VA 0,3P | Alimentação comando |

Para dimensionamento do nobreak de alimentação do relé de proteção, foram listadas, na Tabela 6, as cargas que compõe o sistema de proteção.

Tabela 6 - Quadro de Cargas do 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 | 0,007 | 0,85 | 1,0 | 0,007 | 0,008 |
| | | | | | | 0,519 | 0,661 |

Será utilizado um nobreak de 1000VA (modelo APC SMARTUPS BR) com módulo (modelo SMC24XLSBP-BR) cuja potência de pico é de 700 W, superior à potência demandada para o comando. O nobreak será responsável por alimentação de todo comando.

8 CONFIGURAÇÃO DAS SAÍDAS BINÁRIAS

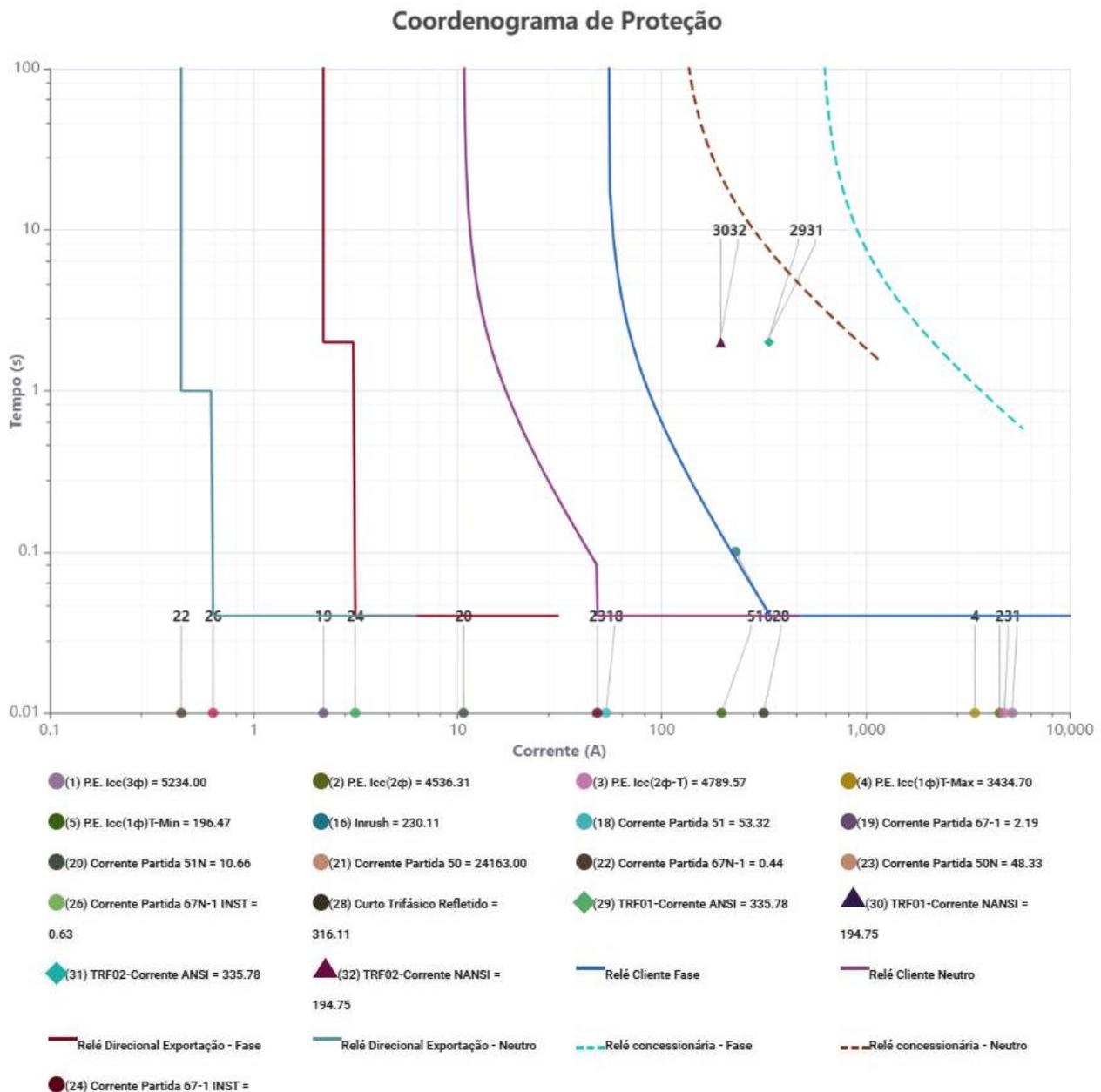
Para que a proteção opere corretamente, deverá ser configurada a matriz de entradas e saídas presente internamente no relé de proteção PEXTRON URP 6000. Todas as proteções deverão utilizar uma saída NA que comutará para fechado fazendo o acionamento da bobina de abertura do disjuntor na ocorrência de algum defeito. A configuração da matriz lógica deverá ser configurada conforme a tabela abaixo:

Tabela 8 - Especificação das saídas do relé de proteção

| Dado | Saída Acionada (Terminais) |
|---------|----------------------------|
| 67/67N | RL1 |
| 50/51 | RL1 |
| 50N/51N | RL1 |
| 51V | RL1 |

| | |
|-----------|-----|
| 27/59/59N | RL3 |
| 810/U | RL3 |
| 46 | RL1 |
| 47 | RL3 |
| 32 | RL3 |
| 78 | RL3 |

9 COORDENOGRAMA DE PROTEÇÃO



10 ORDEM DE AJUSTE DA PROTEÇÃO

| Geral | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------|-----------|-------|-----------|------|
| Transf. Medição | RTCFN | 20 | (1-1250) | RTCD | 20 | (1-1250) | |
| Defasar/Ajustar V | DefasVF | +30 | | AjustVF | 1,732 | | |
| Origem de Neutro | IN N/D | 1 | | | | | |
| Direcional de Sobrecorrente | | Range | | ANSI 67 | | ANSI 67N | |
| 1ª Unidade | Corrente de partida | 0,04-6,5 (xRTC FN) A | | I>F1 Ip | 2,2 | I>N1 Ip | 0,4 |
| | Curva | NI-MI-EI-IT- I2T-FLAT | | I>F1 curv | FLAT | I>N1 curv | FLAT |
| | Dial de Tempo | 0,01-15,0 | | I>F1 dt | 2 | I>N1 dt | 1 |
| | Corrente definida / Instantânea | 0,1-100 (xRTC FN) A | | I>> F1 Ip | 3 | I>> N1 Ip | 6 |
| | Tempo definido | 0,00-240 s | | I>> F1 t | 0,00 | I>> N1 t | 0,00 |
| | Direção | * | | dF1 inv | OFF | dN1 inv | OFF |
| Comum | Ângulo de Máximo Torque | 0,00-90,0º | | AMTdF | 90 | AMTdN | 110 |
| | Tipo de Memória Direcional | 0/1 | | MEMdF | 0,00 | ** | 0,00 |
| | Tipo de aterramento | 0/1/2 | | ** | ** | Tipo N | 0,00 |
| Sobrecorrente Instantânea | | Range | | 51 | | | |
| Corrente de partida | | 0,04-6,5 (xRTC FN) | | I>F ip | 52 | | |
| Tipo de Curva de Atuação | | NI-MI-EI-IT- I2T-FLAT | | I>F curva | EI | | |
| Dial de Tempo dt | | 0,02-3,0 | | I>F dt | 0,03 | | |
| Sobrecorrente Instantânea | | Range | | 50 | | | |
| Corrente Instantânea de Fase | | 0,1-100 (xRTC FN) A | | I>>>F Ip | 242 | | |
| Tempo | | 0,00-240 s | | I>>>F t | 0 | | |
| Sobrecorrente Temporizada Neutro | | Range | | 51N | | | |
| Corrente de partida | | 0,012-1,625 (xRTCFN) | | I>N ip | 10,6 | | |
| Tipo de Curva de Atuação | | NI-MI-EI-IT- I2T-FLAT | | I>N curva | EI | | |
| Dial de Tempo dt | | 0,02-3,0 | | I>N dt | 0,03 | | |
| Sobrecorrente Instantânea | | Range | | 50N | | | |
| Corrente Instantânea de Neutro | | 0,012-25 (xRTCFN) | | I>>>N Ip | 48,2 | | |
| Tempo | | 0,00-1,00 s | | I>>>N t | 0 | | |
| Sobrecor. com Restrição de Tensão | | Range | | 51V | | | |
| Tensão | | 2-400 (xRTP) V | | I>F1 VR | 7200 | | |

| Direcional de Potência | | Range | 32P | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------|------------------|------------------|------|
| Potência de Partida | 1-6000 (xRTCFN P1>>F Pp xRTP) W | | | | OFF |
| Tempo Definido | 0,1-240 s | P1>>F t | | | OFF |
| Direção | ON/OFF | dP1 inv | | | OFF |
| Subtensão | | Range | 27 (1ª Unidade) | 27 (2ª Unidade) | |
| Tensão de Partida | 10-400 (xRTP) | V<<<F Vp | 7320 | V<<<F Vp | XX |
| Tempo Definido | 0,10-240s | V<<<F t | 2 | V<<<F t | XX |
| Sobretensão | | Range | 59 (1ª Unidade) | 59 (2ª Unidade) | |
| Tensão de Partida | 10,0-400 (xRTP) V | V>>>F Vp | 8400 | V>>>F Vp | XX |
| Tempo Definido | 0,10-240 s | V>>>F t | 5 | V>>>F t | XX |
| SubFrequência | | Range | 81U (1ª Unidade) | 81U (2ª Unidade) | |
| Frequência de Partida | 41,0-69,0 Hz | F<<<1 fp | 58,5 | F<<<2 fp | 56,5 |
| Tempo Definido | 0,1-60 s | F<<<1 t | 10 | F<<<2 t | 0,1 |
| Sobrefrequência | | Range | 81O (1ª Unidade) | 81O (2ª Unidade) | |
| Frequência de Partida | 41,0-69,0 Hz | F>>>1 fp | 62 | F>>>2 fp | 66 |
| Tempo Definido | 0,1-60 s | F>>>1 t | 30 | F>>>2 t | 0,1 |
| Sobretensão de Neutro | | Range | 59N | | |
| Tensão de Partida de Neutro | 10,0-400 (xRTP) V | V>>>N Vp | | | 2400 |
| Tempo Definido de Sobretensão | 0,10-240 s | V>>>N t | | | 0,1 |
| Salto Vetorial | | Range | 78 | | |
| Ângulo de Partida | 2-31° | VST78 | | | 10 |
| Máxima Tensão de Bloqueio | 10,0-400RTP | BLV78 | | | 7200 |
| Desbalanço de Corrente | | Range | 46 | | |
| Corrente de Partida | 0,10-100 (xRTCFN) | I>>>>Q ip | | | 7,2 |
| Tempo | 0,02-1,0s | I>>>>Q t | | | 1 |

12 OBSERVAÇÕES

A autoria deste estudo de proteção será anulada parcial ou totalmente em caso, de no momento de sua execução, ocorrer:

Não cumprimento do estabelecido nas especificações, critérios e procedimentos contidos no projeto.

Alteração que ocorram sem o conhecimento prévio do projetista e/ou da CONCESSIONÁRIA.

Belém, quinta-feira, 27 de junho de 2024

Raphael Pablo de Souza Barradas
Engenheiro eletricista projetista
CREA: 151418615-2