

MEMORIAL DESCRITIVO DE CABINE DE MEDIÇÃO DE ENERGIA 1000KVA E
ESTUDO DE PROTEÇÃO PARA ATENDER A UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE DO PARANÁ (UENP) CAMPUS LUIZ MENEGHEL, BANDEIRANTES - PR

Curitiba, Outubro de 2015

ÍNDICE

1.	DADOS DO CLIENTE	3
2.	ENDEREÇO DA OBRA.....	3
3.	OBJETIVO.....	3
4.	TERMINOLOGIA.....	5
5.	RESUMO DO PROJETO	6
6.	CABINE PRIMÁRIA.....	7
7.	VALORES DE CURTO-CIRCUITO FONERCIDOS PELA CONCESSIONÁRIA	9
8.	TC'S DE PROTEÇÃO	11
9.	PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE – RELÉ.....	11
10.	DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO	11
11.	DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIAS	12
12.	MEMORIAL DE CÁLCULO	14
13.	COORDENOGRAMA	29

1. DADOS DO CLIENTE

Cliente:	Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneguel
CNPJ:	08.885.100/0001-54
Endereço:	Avenida Azarias Vieira de Rezende (BR 369 / Km 54)
Município:	Bandeirantes
UF:	PR

2. ENDEREÇO DA OBRA

O projeto é compreendido na Avenida Azarias Vieira de Rezende (rodovia BR 369 / Km 54), em Bandeirantes – PR.

3. OBJETIVO

O presente memorial descritivo tem como objetivo apresentar os diversos aspectos técnicos empregados no projeto de entrada de energia da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes - PR.

Para execução desse projeto, foram observadas as seguintes normas:

- ABNT-NBR-14039 - Instalações Elétricas de Alta Tensão.
- ABNT-NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- ABNT-NBR-9511 - Cabos Elétricos - Raios Mínimos de Curvatura
- ABNT-NBR-14787 - Espaços Confinados: Prevenção de Acidentes
- ABNT-NBR-10068 - Folha de Desenho – Lay out e dimensões
- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
- NR 17 - Ergonomia
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres
- NR 33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados
- NR 16 - Atividades e Operações Perigosas
- NTC 810000/820000 - Materiais,
- NTC 841001 – Projeto de Redes de Distribuição Urbana,
- NTC 841005 – Desenho de Projetos de Redes de Distribuição,

NTC 857000/094 – Estruturas de Redes para Atendimento a Edifícios de Uso Coletivo,

NTC 903100 - Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição,

NTC 810086 - Especificações para cabos de alumínio isolados

NTC 810091 - Acessórios desconectáveis para cabos

NTC 810107 - Subestação Compacta Pré-Fabricada em Pedestal

NTC 815052/54 - Cabo de Alumínio Isolado 12/20kV

NTC 813683/89 - Duto Corrugado em rolo para Instalação Subterrânea

NTC 810027 - Transformador de Distribuição

NTC 810032 - Elo fusível de distribuição

NTC 810031 - Chave fusível de distribuição

MIT 163101 – Procedimentos para Execução de Obras,

MIT 163108 – Atividades de Construção de Redes,

MIT 162501/03 – Proteção de Redes de Distribuição contra sobre correntes.

MIT 162601 – Projeto e Construção de Redes de Distribuição por Particular.

MIT 163802 - Montagem de Acessórios Desconectáveis para Cabos Isolados de 15kV

MIT 163803 - Projeto e Construção de Rede Primária Subterrânea 15kV

MIT 163804 - Projeto e Construção de Rede Secundária Subterrânea

MIT 163806 - Programa e Permissão de Entrada em Ambientes Confinados nas Redes Subterrâneas de Distribuição de Energia Elétrica

MIT 163810 - Levantamento Cadastral para Projetos de RDS

MIT 163811 - Condições Gerais para Empreendimentos por Particular com Redes de Distribuição Subterrâneas

MIT 163808 - Atividades de Rede de Distribuição Subterrâneas

MIT 163104 – Aterramento em redes de distribuição

81776-45310-0004/02 – Especificações Técnicas de Serviços para Obras Cíveis para infraestrutura de redes subterrâneas.

00000-45310-0001/69 Especificações Técnicas de Materiais para Obras Cíveis para infraestrutura de redes subterrâneas.

81776-45310-0003/23 – Memorial descritivo obras cíveis.

Resolução ANEEL 414/2010

Em caso de dúvida ou omissão prevalecem:

- 1º - Normas Técnicas COPEL;
- 2º - As normas citadas neste item.

Como parte do projeto, seguem:

- Projeto elétrico;
- Projeto da cabine de medição blindada;
- ART da cabine;
- ART do projeto;
- Entrada subterrânea á ser implantada;
- Carta de apresentação;
- Este Memorial Descritivo com estudo de proteção.

A empresa responsável pelo projeto é a MNK Engenharia Elétrica, tendo como responsável técnico o Engenheiro Eletricista Márcio Nunes Knopp, CREA/PR nº 32397-D.

4. TERMINOLOGIA

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ART: Anotação de Responsabilidade Técnica. A ART é um instrumento legal, necessário à fiscalização das atividades técnico-profissionais, nos diversos empreendimentos sociais. De acordo com o Artigo 1º da Resolução nº 425/1998, do Confea, “Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços referentes à Engenharia, Arquitetura e Agronomia fica sujeito a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), no Conselho Regional em cuja jurisdição for exercida a respectiva atividade”.

Instituída também pela Lei Federal n.º 6496/1977, a ART caracteriza legalmente os direitos e obrigações entre profissionais e usuários de seus serviços técnicos, além de determinar a responsabilidade profissional por eventuais defeitos ou erros técnicos.

Aterramento: Ligação elétrica intencional e de baixa impedância com a terra.

CREA : Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura.

Comissionamento: É um conjunto de testes e procedimentos para verificação de conformidade dos equipamentos, materiais e instalações, realizados com o objetivo de autorizar a energização de um sistema elétrico.

Eletrodo de aterramento: Conjunto de condutores e haste, enterrados no solo e eletricamente ligados a terra.

Energização: Atividade realizada após todos os testes de comissionamento que consiste em ligar as instalações do sistema elétrico da COPEL.

ETC: Especificação Técnica COPEL

Indicador de Defeito em cabos subterrâneos: Equipamento utilizado em cabos de energia, com o objetivo de prover indicação (luminosa, local ou remota), caso uma corrente de defeito (curto circuito) circule através dele.

MIT : Manual de Instruções Técnicas COPEL

NBR : Norma Brasileira Registrada.

NR : Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.

NTC : Norma Técnica COPEL.

Ponto de Entrada: Ponto onde a linha de energia entra na edificação.

Ponto de Entrega: Ponto de conexão do sistema elétrico da COPEL com a instalação elétrica da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento (neste caso, o ponto de entrega será considerado na entrada do disjuntor da caixa de medição).

Ramal: Derivação ou trecho secundário de rede, do qual são conectados os transformadores e consumidores.

Sistema de aterramento: Conjunto de todos os condutores e peças condutoras com o qual é constituído um aterramento, em um determinado local.

Tronco: Trecho de rede principal ao sistema, do qual derivam os ramais que alimentam os consumidores. PROJETO ELETROMECHANICO

5. RESUMO DO PROJETO

A UENP – Bandeirante é atendida em média tensão, tendo a chave na derivação da rede da Copel 02681, e cabos 3 x 02 CA – 13.8KV.

Atualmente, a UENP é atendida por cabine de medição em alvenária, tendo ramal de entrada aéreo. Em virtude do crescimento do Campus e o acréscimo de carga, será necessário o projeto de readequação do ramal aéreo de entrada de energia, que passará a ser do tipo subterrâneo, ou seja, será aplicado descida dos cabos (50mm² - 12/20KV - Alumínio) de média tensão do poste do ponto de entrega, por meio de eletroduto, seguindo subterrâneo até a cabine de medição blindada de 1000KVA.

Após a saída da cabine de medição a rede de alta tensão seguirá aérea até os transformadores. Os transformadores existentes, estão alocados em postes.

Os transformadores novos também serão alocados em postes, conforme disposto no projeto de implantação interna.

Dessa forma, será removido a cabine de medição em alvenária e aplicado uma cabine de medição primária blindada modelo CPM-15 kV, fabricante Romagnole (homologada na COPEL) localizada aproximadamente 4 metros do poste de derivação. Os cabos a serem instalados serão subterrâneos de alumínio 50 mm² - 12/20 kV até a cabine de medição e proteção e seguirá em rede aérea conforme projeto de instalação de média tensão interno.

As caixas de passagem, bem como a implantação de dutos, serão conforme projeto padrão Copel. Todas as caixas serão (0,8 x 0,8) m, com tampa de ferro fundido e dispositivo para lacre. Os bancos de dutos serão conforme detalhado em projeto.

5.1. TIPOS DE ELETRODUTOS PARA CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DUTOS DA ENTRADA SUBTERRÂNEA

Devem ser dutos de polietileno de alta densidade - PEAD - corrugado flexível, diretamente enterrados, conforme NTCs 813685, 813683, 813716, 813689 e 813691.

5.2. INSTALAÇÃO DOS DUTOS

Caso haja quaisquer deformações nos dutos, quer vertical, quer horizontalmente, devido a problemas de execução, os mesmos deverão ser substituídos.

Se for verificada a irregularidade dos dutos, e/ou infiltração de água pela linha, o interessado devera refazer inteiramente a linha.

Antes do assentamento das linhas de dutos, a empresa executora, devera aprumar bem as paredes da escavação e nivelar o fundo, a fim de que não haja distorção, nem horizontal, nem vertical nos dutos que irão ser assentados.

6. CABINE PRIMÁRIA

A Cabina Metálica de Medição e Proteção de Média Tensão será confeccionada em estrutura auto portante em chapa de aço carbono # 12 (2,65mm) com perfis reforçados. Composta por 4 (quatro) módulos. Módulo de Entrada de Média tensão, Módulo de Medição, Módulo de Seccionamento e Módulo de Proteção. As portas frontais e laterais serão dotadas de dobradiças internas e trinco tipo cremona com chave Yale. Internamente às portas que dão acesso à alta tensão serão instaladas grades metálicas com malha de 20mm. O sistema de ventilação será composto por grelha com corpo injetado em termoplástico auto-extinguível (UL 94 VO) e filtro progressivo G3 IP 54, A cabina quando de sua utilização ao tempo possuirá cobertura com inclinação para escoamento de água.

6.1. DADOS DA CABINE

6.1.1 Módulo de Entrada de Média Tensão

Serão instaladas 4(quatro) Muflas Terminais uso interno 12/20kV , 3 (três) para-raios de óxido de Zinco Polimérico, 15kV, 5kA, os cabos serão isolados 12/20kV, 50mm² para alimentação da cabine e barramento de barra retangular de cobre 1¼"x1/4".

Para interligação entre módulos serão utilizadas bucha de passagem isolantes em resina epóxi.

6.1.2 Módulo de Medição

Local onde serão instalados os equipamentos de medição de energia (transformadores de Corrente e Potencial fornecidos pela concessionária). Bem como a caixa para instalação de medidores. Possuindo ainda dispositivo de lacre e micro switch na porta interna bem como sistema de arrefecimento.

6.1.3 Módulo de Seccionamento

Local onde será instalada a chave seccionadora tripolar abertura sem carga 15 kV, 400A com punho de manobra isolado e bloqueio kirk.

6.1.4 Módulo de Proteção

Contendo Disjuntor a Gás (SF6) ou a Vácuo, 17,5 kV, 630 A, montado em rack metálico, (On Board) composto por quadro metálico equipado com rele de proteção primária 50/51; 50/51N;74 (supervisão do circuito de trip), disparador capacitivo e três transformadores de corrente (a ser especificado quando da sua aplicação). Transformador de potencial (serviço auxiliar), caixa de serviço auxiliar, termostato, arrefecimento, tomada e muflas terminais.

6.2. PINTURA

Pintura líquida Epóxi/Poliuretano alifático, com tratamento das chapas através de jateamento com granalhas ou pintura eletrostática a pó com tratamento através de fosfatização.

Padrão de cor Munssel 6,5.

6.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tensão Nominal – 15kV
- Tensão de Serviço – 13,8kV
- Frequência Nominal – 60Hz
- Nível Básico de Impulso – 95kV
- Grau de Proteção – IP 54
- Corrente barramento – 400A
- Nível de Curto – 12,5 kA

6.4. SISTEMAS DE ATERRAMENTO

Com cabo de cobre nú 35mm² fixado diretamente nas estruturas internas, onde serão conectados todos os aterramentos necessários, o aterramento dos para-raios será ligado diretamente à malha externa.

ESTUDO DE PROTEÇÃO

7. VALORES DE CURTO-CIRCUITO FONERCIDOS PELA CONCESSIONÁRIA

IMPEDÂNCIA EQUIVALENTE PARA CONSUMIDORES									
SS (CIS)	20152515507751								
Consumidor	UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANA								
Endereço	ROD BR 369 - KM 54 EDIF								
Localidade	BANDEIRANTES			U.C.		12350974			
Chave	8216002681			Posto		8216051367			
SE	BANDEIRANTES			Alimentador		VILA MARIA			
Potência Base	100 MVA			Tensão Base			13,8kV		
DADOS DO R.A. DA SE – REFERENTES A CURVA LENTA									
Nº Operacional	82160BA049			OPR Nº		1140 /2015			
Fabricante	COOPER			Modelo		NOVA	Contr.	FORM 6 YARD	
Pickup de Fase (A)	400	Curva	120	Mult.	1,2	Add.	0,20	MRT/INST.	0,00
Pickup de Neutro (A)	25	Curva	140	Mult.	0,8	Add.	0,00	MRT/INST.	0,00
SEF	25	Tempo (s)	4	Intervalos de Religamento			8,0	8,0	****
Observação Referente a Cuva Rápida:			O Religador não possui curva rápida habilitada						
DADOS DE IMPEDÂNCIA E CURTO CIRCUITO									
VALOR DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO EM AMPÉRES NA BARRA DA SE									
Trifásico 3Ø		Fase Fase ØØ				Fase Terra MáximoØTMáx.			
4580,00		3966,00				2323,00			
VALOR DE IMPEDÂNCIA EM PU NA BARRA DE SE									
R1	X1			R0		X0			
0,0610	0,9114			0,3231		3,5600			
VALOR DA CORRENTE DE CURTO CIRCUITO EM AMPÉRES NO PONTO DE ENTREGA									
Trifásico 3Ø		Fase Fase ØØ				Fase Terra MáximoØTMáx.			
3246,00		2811,00				1566,00			
VALOR DE IMPEDÂNCIA EM PU NO PONTO DE ENTREGA									
R1	X1			R0		X0			
0,3862	1,2295			0,8115		5,3930			

DADOS DOS TRANSFORMADORES EXISTENTES

Potência: 112,5 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 4,72 A

Impedância: 4,5%

Quantidade : 3

Potência: 150 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 6,28 A

Impedância: 4,5%

Quantidade : 1

DADOS DOS TRANSFORMADORES À INSTALAR

Potência: 30 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 1,26 A

Impedância: 3,0 %

Quantidade : 1

Potência: 45 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 1,88 A

Impedância: 3,0 %

Quantidade : 1

Potência: 112,5 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 4,72 A

Impedância: 4,5%

Quantidade : 1

Potência: 225 KVA

Tensão: 220/127 V

Corrente nominal no primário: 9,5 A

Impedância: 5 %

Quantidade : 2

Potência Instalada total: 1125KVA

Demanda prevista contratada: 960KW

8. TC'S DE PROTEÇÃO

- Relação: 800/5
- Tensão: 50 Volts
- Classe (ANSI): 10B50 - 800/5
- Fator de sobrecorrente dos TCs : 20

9. PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE – RELÉS

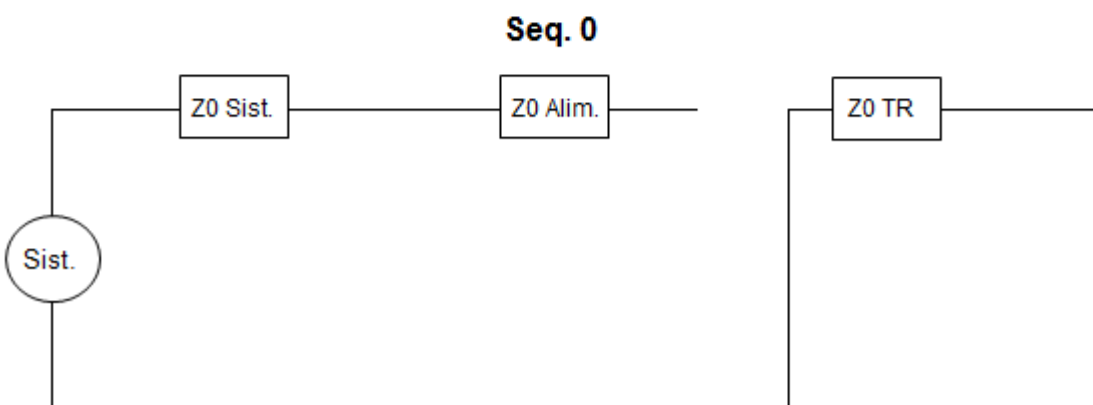
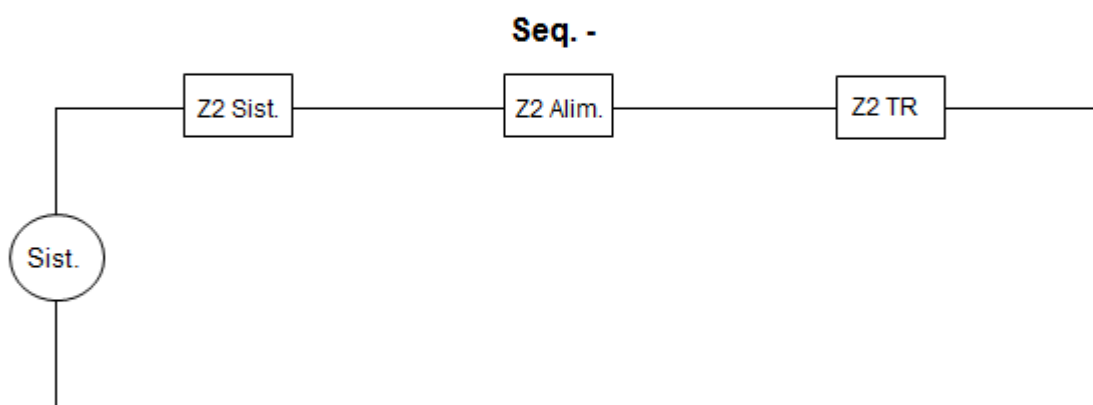
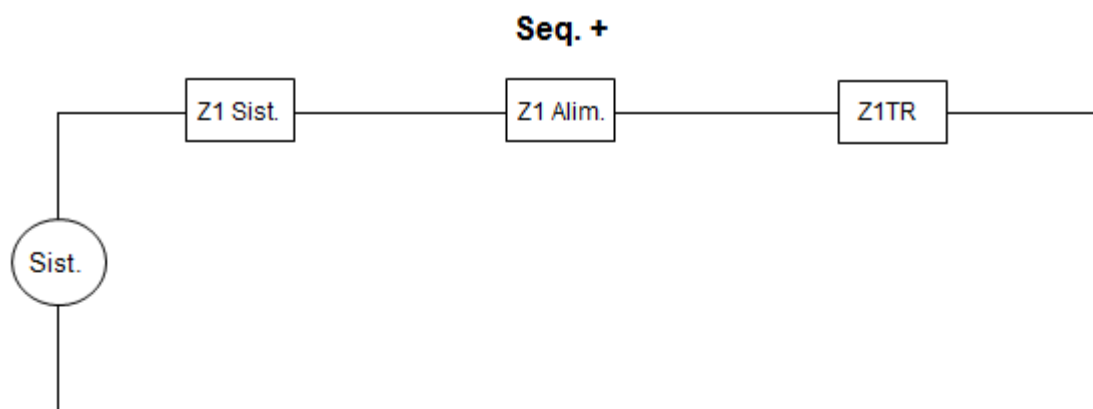
- O Relé será o SEPAM 10, fabricante: Schneider.

10. DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO

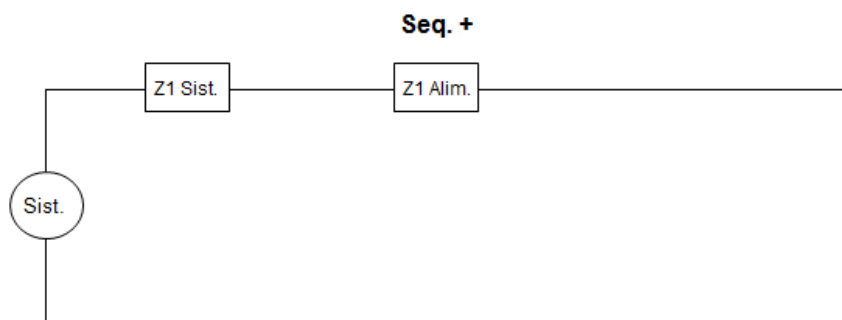
- Corrente nominal: 630 A
- Extinção de arco: SF6
- Capacidade de interrupção: 16 KA
- Nível de tensão: 15KV

11. DIAGRAMAS DE SEQUÊNCIAS

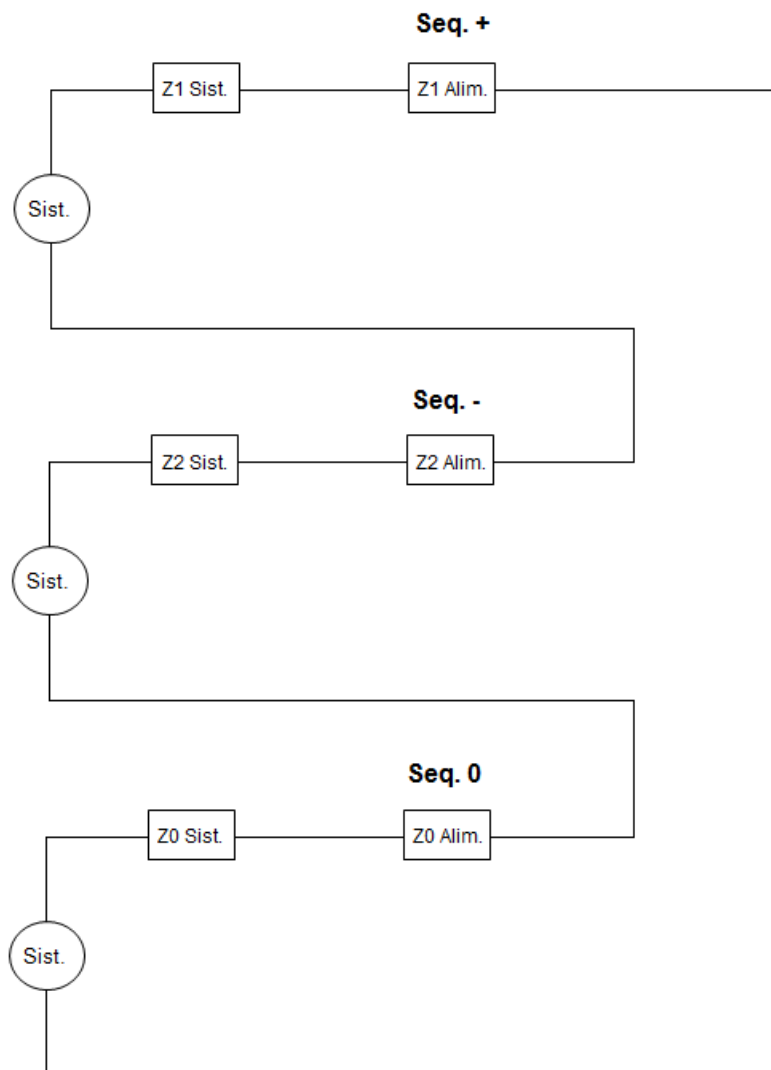
11.1. SEQUÊNCIA POSITIVA, NEGATIVA E ZERO



11.2. FALTA TRIFÁSICA NO PRIMÁRIO



11.3. FALTA FASE-TERRA NO PRIMÁRIO



12. MEMORIAL DE CÁLCULO

1) Estudo de proteção

Empresa: MNK ENGENHARIA ELÉTRICA

Projetista: ANDRÉ

Data: 20/10/15, 09:45

Telefone: (41) 3107-2309

2) Parâmetros do sistema

2.1) Dados da concessionária

Demanda contratada: 960.0 kW

Tensão nominal MT: 13.8 kV

Tensão nominal BT: 220.0 V

Fator de potência: 0.920

Impedância da rede:

$$Z_0 = 0.425 + j32.83 \text{ (2.862}^\circ\text{)} \text{ pu}$$

$$Z_1 = 0.032 + j30.48 \text{ (0.479}^\circ\text{)} \text{ pu}$$

Resistência de falta: 40.0 ohm

Curto(A): $3\phi = 3246$ $3\phi A = 4937$ $\phi T = 1566$ $\phi TA = 2151$ $\phi TM = 1.000$

2.2) Dados do cliente

Potência instalada: 1125 kVA ($I_n = 47A$)

Transformadores: 9

Comprimento cabo entrada: 15.0 metros

Impedância do cabo: $0.930 + j30.17 \text{ (0.945}^\circ\text{)} \text{ ohm/km}$

2.3) Transformadores de potência

#	S(kVA)	In(A)	Z1(pu)	Lig	IMAG(K*In)
1	30.0	1.255	3.000	Δ-Ya	8
2	45.0	1.883	3.000	Δ-Ya	8
3	112.5	4.707	4.500	Δ-Ya	8
4	112.5	4.707	4.500	Δ-Ya	8
5	112.5	4.707	4.500	Δ-Ya	8
6	112.5	4.707	4.500	Δ-Ya	8
7	150.0	6.276	4.500	Δ-Ya	8
8	225.0	9.413	5.000	Δ-Ya	8
9	225.0	9.413	5.000	Δ-Ya	8

3) Resumo do estudo de proteção

OBS: Valores de corrente estão sempre referidos à média tensão!

3.1) Rele do cliente

Dados da curva

	Part[A]	Inst[A]	DT	Curva	TDEF(s)	IDEF(A)
FASE	56.8	158.1	0.200	IEC-NI	MAX	MAX
NEUTRO	5.675	31.6	0.100	IEC-NI	MAX	MAX
MODELO	SEPAM10/Schneider					

Tempo de atuação

FASE, IEC-NI(3246/56.8)=0.332s

NEUTRO, IEC-NI(1.000/5.675)=0.000s

OBS: Valores de corrente acima da instantânea possuem na pratica um tempo de atuação na ordem de 0.1s.

3.2) Rele da concessionária/retaguarda

Dados da curva

	Part[A]	Inst[A]	DT	Curva	TDEF(s)	IDEF(A)
FASE	400.0	4000	0.200	Concessionária – Fase	MAX	MAX
NETRO	55.0	4000	0.100	Concessionária – Neutro	MAX	MAX
MODELO	FORM 6 YARDFORM 6 YARD/COOPER					

Tempo de atuação

FASE, Concessionária - Fase($3246/400.0$)= $0.200s$

NEUTRO, Concessionária - Neutro($1.000/55.0$)= $0.000s$

OBS: Valores de corrente acima da instantânea possuem na pratica um tempo de atuação na ordem de 0.1s.

3.3) Transformador de corrente

Relação (proteção-NBR): 800/5 A

3.4) Corrente de magnetização

In-rush: 113 A

Duração: 0.1s

3.5) ANSI dos transformadores + ELO

	TRAFO	TRAFO	TRAFO	ANSI	ANSI	ANSI
#	Potência	Inom	ELO	Fase	Neutro	Tempo
1	30.0kVA	1.255	6K	41.8A	24.3A	1.125s
2	45.0kVA	1.883	6K	62.8A	36.4A	1.125s
3	112.5kVA	4.707	6K	104.6A	60.7A	2.531s
4	112.5kVA	4.707	6K	104.6A	60.7A	2.531s
5	112.5kVA	4.707	6K	104.6A	60.7A	2.531s
6	112.5kVA	4.707	6K	104.6A	60.7A	2.531s
7	150.0kVA	6.276	8K	139.5A	80.9A	2.531s
8	225.0kVA	9.413	10K	188.3A	109.2A	3.125s
9	225.0kVA	9.413	10K	188.3A	109.2A	3.125s

3.6) Correntes de curto circuito

Local	3Ø	3ØAss	ØT	ØTAss	ØTMin	Paralelo
Barra CONS	3246	4937	1566	2151	1.000	-
Barra MT/CLI	8702	12914	3284	4489	197.3	-
Barra T1	41.6	59.8	25.3	36.4	24.2	não
Barra T2	62.3	89.5	37.9	54.5	35.0	não
Barra T3	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T4	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T5	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T6	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T7	137.3	197.3	83.8	120.4	64.7	não
Barra T8	184.3	264.9	112.7	162.0	76.8	não
Barra T9	184.3	264.9	112.7	162.0	76.8	não

4) Memorial de cálculo

OBS: Os valores de corrente estão referidos a barra de média tensão.

4.1) Valores de base

Sb : 100.000 MVA

Vb : 13.80 kV

Zb(MT): 1.904 ohm

Ib(MT): 4184 A

$$FA(R+jX) = RAIZ[1 + 2 \cdot e^{(-2 \cdot \pi \cdot R/X)}]$$

Impedâncias

$$Z_{0rede} = 0.425 + j32.83 \text{ (2.862|81.5°) pu}$$

$$Z_{1rede} = 0.032 + j30.48 \text{ (0.479|86.2°) pu}$$

$$Z_{1cli} = 0.007 + j30.00 \text{ (0.007|10.4°) pu}$$

$$ZF = 3 \cdot R_f / Z_b(MT) = 63.012 + j30.00 \text{ (63.012|0.0°) pu}$$

4.2) Curto circuito na barra de média tensão (primário)

Impedâncias

$$Z_0 = Z_{0\text{rede}} = 0.425 + j32.83 \text{ (2.862|81.5°) pu}$$

$$Z_1 = Z_{1\text{rede}} + Z_{1\text{cli}} = 0.039 + j30.48 \text{ (0.481|85.4°) pu}$$

$$Z_T = 2 \cdot Z_1 + Z_0 = 0.503 + j33.79 \text{ (3.822|82.4°) pu}$$

$$FA(Z_1) = 1.48391$$

$$FA(Z_T) = 1.36692$$

Resultados

$$ICC3F = I_b(AT)/Z_1 = 8702 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z_1) = 12914 \text{ A}$$

$$ICCFT = I_b(AT)^3 / (Z_T) = 3284 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(Z_T) = 4489 \text{ A}$$

$$ICCFTM = I_b(AT)^3 / (Z_T + Z_F) = 197 \text{ A}$$

4.3) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 1

Características do transformador

$$S = 30 \text{ kVA}, I_n = 1.3 \text{ A}, Z_1\% = 3.00 \text{ pu}, \text{Lig} = \Delta\text{-}Y_a, \text{Imag} = 8 \times I_n$$

Impedâncias

$$Z_{1\text{tr}} = 10.000 + j399.50 \text{ (100.000|84.3°) pu}$$

$$Z_{0\text{tr}} = 0.85 \cdot Z_{1\text{tr}} = 8.500 + j384.57 \text{ (85.000|84.3°) pu}$$

$$Z_1 = Z_{1\text{rede}} + Z_{1\text{cli}} + Z_{1\text{tr}} = 10.039 + j399.98 \text{ (100.481|84.3°) pu}$$

$$Z_0 = Z_{0\text{tr}} = 8.500 + j384.57 \text{ (85.000|84.3°) pu}$$

$$Z_T = 2 \cdot Z_1 + Z_0 = 28.578 + j3284.53 \text{ (285.961|84.3°) pu}$$

$$FA(Z_1) = 1.43674$$

$$FA(Z_T) = 1.43668$$

Resultados

$$ICC3F = I_b(AT)/Z_1 = 42 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z_1) = 60 \text{ A}$$

$$ICCFT = I_b(AT) \cdot \text{RAIZ}(3) / Z_T = 25 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(Z_T) = 36 \text{ A}$$

$$ICCFTM = I_b(AT) \cdot \text{RAIZ}(3) / (Z_T + Z_F) = 24 \text{ A}$$

4.4) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 2

Características do transformador

$S=45\text{kVA}$, $I_n=1.9\text{A}$, $Z1\%=3.00\text{ pu}$, $\text{Lig}=\Delta\text{-Ya}$, $\text{Imag}=8xI_n$

Impedâncias

$$Z1_{tr} = 6.667+366.33 \text{ (} 66.667|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z0_{tr} = 0.85 \cdot Z1_{tr} = 5.667+356.38 \text{ (} 56.667|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z1 = Z1_{rede}+Z1_{cli}+Z1_{tr} = 6.705+366.81 \text{ (} 67.147|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z0 = Z0_{tr} = 5.667+356.38 \text{ (} 56.667|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$ZT = 2 \cdot Z1+Z0 = 19.078+3190.01 \text{ (} 190.961|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43685$$

$$FA(ZT) = 1.43675$$

Resultados

$$ICC3F = I_b(AT)/Z1 = 62 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z1) = 90 \text{ A}$$

$$ICCFT = I_b(AT) \cdot RAIZ(3)/ZT = 38 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(ZT) = 55 \text{ A}$$

$$ICCFTM = I_b(AT) \cdot RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 35 \text{ A}$$

4.5) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 3

Características do transformador

$S=112\text{kVA}$, $I_n=4.7\text{A}$, $Z1\%=4.50\text{ pu}$, $\text{Lig}=\Delta\text{-Ya}$, $\text{Imag}=8xI_n$

Impedâncias

$$Z1_{tr} = 4.000+339.80 \text{ (} 40.000|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z0_{tr} = 0.85 \cdot Z1_{tr} = 3.400+333.83 \text{ (} 34.000|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z1 = Z1_{rede}+Z1_{cli}+Z1_{tr} = 4.039+340.28 \text{ (} 40.481|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$Z0 = Z0_{tr} = 3.400+333.83 \text{ (} 34.000|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$ZT = 2 \cdot Z1+Z0 = 11.478+3114.39 \text{ (} 114.961|84.3^\circ \text{) pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43706$$

$$FA(ZT) = 1.43690$$

Resultados

$$ICC3F = Ib(AT)/Z1 = 103 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F*FA(Z1) = 149 \text{ A}$$

$$ICCFT = Ib(AT)*RAIZ(3)/ZT = 63 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT*FA(ZT) = 91 \text{ A}$$

$$ICCFTM = Ib(AT)*RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 53 \text{ A}$$

4.6) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 4

Características do transformador

S=112kVA, In=4.7A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xln

Impedâncias

$$Z1tr = 4.000+339.80 (40.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0tr = 0.85*Z1tr = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z1 = Z1rede+Z1cli+Z1tr = 4.039+340.28 (40.481|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0 = Z0tr = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$ZT = 2*Z1+Z0 = 11.478+3114.39 (114.961|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43706$$

$$FA(ZT) = 1.43690$$

Resultados

$$ICC3F = Ib(AT)/Z1 = 103 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F*FA(Z1) = 149 \text{ A}$$

$$ICCFT = Ib(AT)*RAIZ(3)/ZT = 63 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT*FA(ZT) = 91 \text{ A}$$

$$ICCFTM = Ib(AT)*RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 53 \text{ A}$$

4.7) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 5

Características do transformador

$S=112\text{kVA}$, $I_n=4.7\text{A}$, $Z1\%=4.50\text{ pu}$, $Lig=\Delta\text{-}Y_a$, $Imag=8xI_n$

Impedâncias

$$Z1_{tr} = 4.000+339.80 (40.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0_{tr} = 0.85 \cdot Z1_{tr} = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z1 = Z1_{rede}+Z1_{cli}+Z1_{tr} = 4.039+340.28 (40.481|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0 = Z0_{tr} = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$ZT = 2 \cdot Z1+Z0 = 11.478+3114.39 (114.961|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43706$$

$$FA(ZT) = 1.43690$$

Resultados

$$ICC3F = I_b(AT)/Z1 = 103 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z1) = 149 \text{ A}$$

$$ICCFT = I_b(AT) \cdot RAIZ(3)/ZT = 63 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(ZT) = 91 \text{ A}$$

$$ICCFTM = I_b(AT) \cdot RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 53 \text{ A}$$

4.8) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 6

Características do transformador

$S=112\text{kVA}$, $I_n=4.7\text{A}$, $Z1\%=4.50\text{ pu}$, $Lig=\Delta\text{-}Y_a$, $Imag=8xI_n$

Impedâncias

$$Z1_{tr} = 4.000+339.80 (40.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0_{tr} = 0.85 \cdot Z1_{tr} = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z1 = Z1_{rede}+Z1_{cli}+Z1_{tr} = 4.039+340.28 (40.481|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$Z0 = Z0_{tr} = 3.400+333.83 (34.000|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$ZT = 2 \cdot Z1+Z0 = 11.478+3114.39 (114.961|84.3^\circ) \text{ pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43706$$

$$FA(ZT) = 1.43690$$

Resultados

$$ICC3F = Ib(AT)/Z1 = 103 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z1) = 149 \text{ A}$$

$$ICCFT = Ib(AT) \cdot RAIZ(3)/ZT = 63 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(ZT) = 91 \text{ A}$$

$$ICCFTM = Ib(AT) \cdot RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 53 \text{ A}$$

4.9) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 7

Características do transformador

S=150kVA, In=6.3A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xln

Impedâncias

$$Z1tr = 3.000 + j329.85 \text{ (30.000|84.3°) pu}$$

$$Z0tr = 0.85 \cdot Z1tr = 2.550 + j325.37 \text{ (25.500|84.3°) pu}$$

$$Z1 = Z1rede + Z1cli + Z1tr = 3.039 + j330.33 \text{ (30.481|84.3°) pu}$$

$$Z0 = Z0tr = 2.550 + j325.37 \text{ (25.500|84.3°) pu}$$

$$ZT = 2 \cdot Z1 + Z0 = 8.628 + j386.03 \text{ (86.461|84.3°) pu}$$

$$FA(Z1) = 1.43724$$

$$FA(ZT) = 1.43703$$

Resultados

$$ICC3F = Ib(AT)/Z1 = 137 \text{ A}$$

$$ICC3FA = ICC3F \cdot FA(Z1) = 197 \text{ A}$$

$$ICCFT = Ib(AT) \cdot RAIZ(3)/ZT = 84 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(ZT) = 120 \text{ A}$$

$$ICCFTM = Ib(AT) \cdot RAIZ(3)/(ZT+ZF) = 65 \text{ A}$$

4.10) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 8

Características do transformador

S=225kVA, In=9.4A, Z1%=5.00 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xln

Impedâncias

$$Z_{1tr} = 2.222 + j322.11 \text{ (22.222|84.3°) pu}$$

$$Z_{0tr} = 0.85 * Z_{1tr} = 1.889 + j318.79 \text{ (18.889|84.3°) pu}$$

$$Z_1 = Z_{1rede} + Z_{1cli} + Z_{1tr} = 2.261 + j322.59 \text{ (22.703|84.3°) pu}$$

$$Z_0 = Z_{0tr} = 1.889 + j318.79 \text{ (18.889|84.3°) pu}$$

$$Z_T = 2 * Z_1 + Z_0 = 6.411 + j363.97 \text{ (64.295|84.3°) pu}$$

$$FA(Z_1) = 1.43749$$

$$FA(Z_T) = 1.43720$$

Resultados

$$ICC_{3F} = I_b(AT) / Z_1 = 184 \text{ A}$$

$$ICC_{3FA} = ICC_{3F} * FA(Z_1) = 265 \text{ A}$$

$$ICC_{FT} = I_b(AT) * RAIZ(3) / Z_T = 113 \text{ A}$$

$$ICC_{FTA} = ICC_{FT} * FA(Z_T) = 162 \text{ A}$$

$$ICC_{FTM} = I_b(AT) * RAIZ(3) / (Z_T + Z_F) = 77 \text{ A}$$

4.11) Curto circuito na barra de baixa tensão

Transformador 9

Características do transformador

S=225kVA, $I_n=9.4\text{A}$, $Z_1\%=5.00 \text{ pu}$, Lig= Δ -Ya, $I_{mag}=8 \times I_n$

Impedâncias

$$Z_{1tr} = 2.222 + j322.11 \text{ (22.222|84.3°) pu}$$

$$Z_{0tr} = 0.85 * Z_{1tr} = 1.889 + j318.79 \text{ (18.889|84.3°) pu}$$

$$Z_1 = Z_{1rede} + Z_{1cli} + Z_{1tr} = 2.261 + j322.59 \text{ (22.703|84.3°) pu}$$

$$Z_0 = Z_{0tr} = 1.889 + j318.79 \text{ (18.889|84.3°) pu}$$

$$Z_T = 2 * Z_1 + Z_0 = 6.411 + j363.97 \text{ (64.295|84.3°) pu}$$

$$FA(Z_1) = 1.43749$$

$$FA(Z_T) = 1.43720$$

Resultados

$$ICC_{3F} = I_b(AT) / Z_1 = 184 \text{ A}$$

$$ICC_{3FA} = ICC_{3F} * FA(Z_1) = 265 \text{ A}$$

$$ICC_{FT} = I_b(AT) * RAIZ(3) / Z_T = 113 \text{ A}$$

$$ICCFTA = ICCFT \cdot FA(ZT) = 162 \text{ A}$$

$$ICCFTM = I_b(AT) \cdot \sqrt[3]{(ZT+ZF)} = 77 \text{ A}$$

4.12) Dimensionamento do TC

$$DEMANDA = 960 \text{ KW}$$

$$CARGA = 1125 \text{ kVA}$$

$$FATOR \text{ DE SERVIÇO} = 50\%$$

$$ICC3FA = 12914 \text{ A}$$

#Critério de carga nominal

$$I_d = DEMANDA / (V_N \cdot F_P \cdot R_3) = 43.7 \text{ A}$$

$$I_c = CARGA / (V_N \cdot R_3) = 47.1 \text{ A}$$

$$I_n = \max(I_d, I_c) \cdot F_S = 70.6 \text{ A}$$

#Critério de ICCmax

$$I_n = ICC3FA / 20 = 645.7 \text{ A}$$

#Classe de precisão ANSI (tensão)

$$Z(\text{BURDEN}): 0.350 \text{ ohms } (Z_{tc} + Z_{fio} + Z_{rele})$$

$$I_n = ICC3FA / RTC = 80.7 \text{ A}$$

$$V_n = I_n \cdot Z = 28.2 \text{ Volts}$$

#resultado final

relação: 800/5

tensao: 50 Volts

classe (ANSI): 10B50-800/5

4.13) Ponto ANSI

$$S = 30 \text{ kVA}, I_n = 1.3 \text{ A}, Z1\% = 3.00 \text{ pu}, \text{Lig} = \Delta\text{-Ya}, \text{Imag} = 8 \times I_n$$

$$FASE = 41.8 \text{ A}$$

$$NEUTRO = 24.3 \text{ A}$$

$$TEMPO = 1.1 \text{ S}$$

$$S = 45 \text{ kVA}, I_n = 1.9 \text{ A}, Z1\% = 3.00 \text{ pu}, \text{Lig} = \Delta\text{-Ya}, \text{Imag} = 8 \times I_n$$

$$FASE = 62.8 \text{ A}$$

NEUTRO = 36.4 A

TEMPO = 1.1 S

S=112kVA, In=4.7A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 104.6 A

NEUTRO = 60.7 A

TEMPO = 2.5 S

S=112kVA, In=4.7A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 104.6 A

NEUTRO = 60.7 A

TEMPO = 2.5 S

S=112kVA, In=4.7A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 104.6 A

NEUTRO = 60.7 A

TEMPO = 2.5 S

S=112kVA, In=4.7A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 104.6 A

NEUTRO = 60.7 A

TEMPO = 2.5 S

S=150kVA, In=6.3A, Z1%=4.50 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 139.5 A

NEUTRO = 80.9 A

TEMPO = 2.5 S

S=225kVA, In=9.4A, Z1%=5.00 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 188.3 A

NEUTRO = 109.2 A

TEMPO = 3.1 S

S=225kVA, In=9.4A, Z1%=5.00 pu, Lig=Δ-Ya, Imag=8xIn

FASE = 188.3 A

NEUTRO = 109.2 A

TEMPO = 3.1 S

4.14) Ajuste das curvas de proteção

Fator Potência: 0.92

Margem da proteção: 30 %

FASE

$P_c(\text{contrato}) = 960 \text{ kW}$

$P_i(\text{instalado}) = 1125 \text{ kVA}$

$P = \text{Menor valor} = 960$

$I_{pf} = [P / (R3 \cdot V \cdot FP)] \cdot 1.30 = 56.8 \text{ A}$

$I_{lf} = 1.40 \cdot I_{mag} = 158.1 \text{ A}$

$D_{tf} = 0.2 \text{ s}$

NEUTRO

$I_{pn} = 0.10 \cdot I_{pf} = 5.7 \text{ A}$

$I_{ln} = 0.20 \cdot I_{lf} = 31.6 \text{ A}$

$D_{tn} = 0.1 \text{ s}$

=====

5) RESUMO DOS AJUSTES DA PROTEÇÃO NA MÉDIA TENSÃO

=====

EMPRESA: MNK ENGENHARIA ELÉTRICA

PROJETISTA: ANDRÉ

Telefone: (41) 3107-2309

5.1) Ajustes do rele/religador

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
Corrente de partida de fase	56.8	A
Corrente de partida de neutro	5.675	A
Corrente instantânea de fase	158.1	A
Corrente instantânea de neutro	31.6	A
Curva de Fase	IEC-NI	
Curva de neutro	IEC-NI	
Dial time de fase - múltiplo de tempo	0.200	
Dial time de neutro - múltiplo de tempo	0.100	
Tempo definido de fase	MAX	s

Corrente definida de fase	MAX	A
Tempo definido de neutro	MAX	s
Corrente definida de neutro	MAX	A
TC utilizado	800/5	A
Corrente de magnetização - inrush	113.0	A

5.2) Transformadores (Corrente/Tempo ANSI)

#	I-FASE (A)	I-NEUTRO (A)	TEMPO (s)
1	41.8	24.3	1.125
2	62.8	36.4	1.125
3	104.6	60.7	2.531
4	104.6	60.7	2.531
5	104.6	60.7	2.531
6	104.6	60.7	2.531
7	139.5	80.9	2.531
8	188.3	109.2	3.125
9	188.3	109.2	3.125

5.3) Correntes de curto circuito

Local	3Ø	3ØAss	ØT	ØTAss	ØTMin	Paralelo
Barra CONS	3246	4937	1566	2151	1.000	-
Barra MT/CLI	8702	12914	3284	4489	197.3	-
Barra T1	41.6	59.8	25.3	36.4	24.2	não
Barra T2	62.3	89.5	37.9	54.5	35.0	não
Barra T3	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T4	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T5	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T6	103.4	148.5	63.0	90.6	53.1	não
Barra T7	137.3	197.3	83.8	120.4	64.7	não
Barra T8	184.3	264.9	112.7	162.0	76.8	não
Barra T9	184.3	264.9	112.7	162.0	76.8	não

5.4) Observações

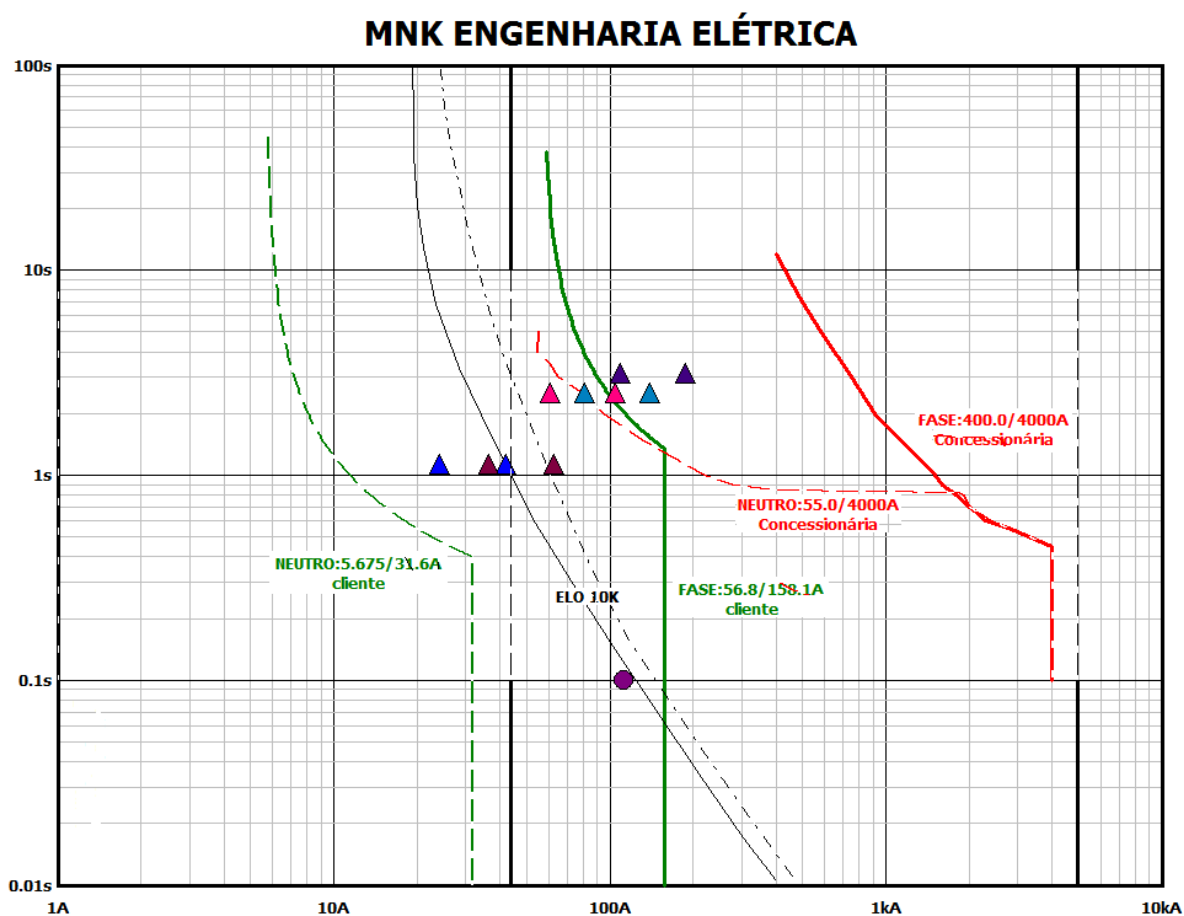
Neste resumo foi considerado um relê de proteção digital que apresenta os valores de corrente, no dial, já referido a alta tensão em Amper.

Escolher dial de tempo (D.T.) inferior ao ponto ANSI dos trafos e com diferença de tempo 0,2 segundos para a curva de fase da proteção da concessionária.

O instantâneo deve permitir a magnetização dos trafos (inrush).
O rele usado como referencia para este resumo apresenta a possibilidade de se determinar valores definidos de fase e neutro para corrente e tempo.

O TC deve ter corrente térmica maior que $50 \times I_N$ e corrente de saturação $20 \times I_n$.

13. COORDENOGRAMA



Legenda – Ponto Ansi dos transformadores

	30 kva
	45 kva
	112,5 kva
	150 kva
	225 kva
	Inrush 112 A

Notas:

Os transformadores de 30 KVA e 45 KVA estarão protegidos por elo de 6k.

Os transformadores de 112.5 KVA e 150 KVA estarão protegidos por elo de 10k.