

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	1 (11)
		Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

ESTUDO DE PROTEÇÃO

SUBESTAÇÃO ABRIGADA

MEMÓRIA DE CÁLCULO

Fórum Eleitoral de São Luís – TRE-MA

São Luís-MA

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	3 (11)
		Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

Índice

1. Objetivo	5
2. Normas Técnicas	5
3. Descrição	5
4. Estudo de Disponibilidade	5
6. Dados Elétricos Fornecidos pela Concessionária	6
7. Demanda.....	6
8. Cálculos	6
8.1. Correntes Nominais.....	6
8.2. Corrente ANSI	7
8.3. Corrente de Magnetização	8
8.4. Corrente Instantâneas.....	8
8.5. Dial de Tempo [50] – Curva EI	9
8.6. Dimensionamento TC.....	9
8.7. Dimensionamento TP (Proteção)	11

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	4 (11)
		Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Autor	Aprovado	Data	Rev.	Cliente
Luiz Otávio Ferreira	Luiz Otávio Ferreira	06-11-2021	B	Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

Definições

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR – Norma Técnica Brasileira.
- SPDA – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.
- UPS - *Uninterruptible Power Supply*

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	5 (11)
		Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

1. Objetivo

Este memorial tem como objetivo descrever os requisitos mínimos necessários, para aprovação do estudo de proteção em média tensão – 15 kV, de uma subestação abrigada de 750 kVA (demanda 631 kVA) da instalação 0034408041, localizada no TRE-MA.

2. Normas Técnicas

Este documento foi elaborado considerando as seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 14039;
- ABNT NBR 5410;
- ABNT NBR 5419;
- ABNT NBR 15751.

3. Descrição

O Fórum Eleitoral de São Luís está atualmente desativado onde está previsto sua completa reforma e, conseqüentemente, um aumento de carga da subestação atual para 631 kVA (580,93 kW).

4. Estudo de Disponibilidade

A concessionária Equatorial-MA já aprovou a solicitação de estudo de disponibilidade de energia de acordo com a carta enviada em 28 de outubro de 2021, enviada de forma eletrônica (e-mail), sob o protocolo 8023938591 / 1057112601.

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	6 (11)
Autor		Local		
Luiz Otávio Ferreira		Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Aprovado		Data	Rev.	Cliente
Luiz Otávio Ferreira		06-11-2021	B	Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

6. Dados Elétricos Fornecidos pela Concessionária

Curto-circuito Trifásico	3204,37 A
Curto-circuito Bifásico	-
Curto-circuito Fase-terra Máximo	1930,62 A
Curto-circuito Bifásico Fase-Terra Mínimo [40 ohms]	-

7. Demanda

TRANSFORMADORES			
Transformador 1	750kVA	6,00%	13,8kV

Demanda Contratada Pelo Cliente.....580,93kW

8. Cálculos

8.1. Correntes Nominais

$$I_{nominal} = \frac{Demanda^*}{V_{FF_{nominal}} \times \sqrt{3} \times 0,92}$$

$$I_{nominal} = \frac{580,93kW}{13,8kV \times \sqrt{3} \times 0,92}$$

$$I_{nominal} = 26,42A$$

TRANSFORMADORES		
Transformador 1	750kVA	31,38A

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	7 (11)
Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA				
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

8.1.1. CORRENTE DE PARTIDA DE FASE [51F]

$$I_p = I_{nominal} \times D$$

$$1,05 < D < 1,20$$

$$I_p = 26,42 \times 1,05 = 27,74A$$

8.1.2. CORRENTE DE PARTIDA DE NEUTRO [51N]

$$I_{pn} = I_p \times B$$

$$0,2 < B < 0,33$$

$$I_{pn} = 0,2 \times 27,74A = 5,55A$$

8.2. Corrente ANSI

$$I_{ANSI} = \frac{I_{nominal_{TRF}}}{Z\%} \times 100 \quad t = 2 \text{ segundos}$$

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

$$I_{ANSI_{TRF1}} = \frac{31,38}{6} \times 100 = 522,98A$$

$$I_{NANSI_{TRF1}} = 0,58 \times 522,98 = 303,33A$$

TRANSFORMADORES				
Transformador 1	750kVA	6%	522,98A	303,33A

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	8 (11)
Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA				
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

8.3. Corrente de Magnetização

$$I_{MAG} = G \times I_{nominal_{TRF}}$$

$$I_{MAG} = (8 - 10) \times I_{nominal_{TRF}} \quad \text{Óleo}$$

$$I_{MAG} = (12 - 14) \times I_{nominal_{TRF}} \quad \text{Seco}$$

$$I_{MAG_{TRF2}} = 12 \times 31,38 = 376,56A$$

TRANSFORMADORES		
Transformador 1	750kVA	376,56A

8.4. Corrente Instantâneas

8.4.1. CORRENTE INSTANTÂNEA DE FASE [50]

$$I_{INSTANTÂNEA} = M \times I_{inrush}$$

$$1,05 < M < 1,20$$

$$I_{INSTANTÂNEA} = 1,05 \times 376,56 = 395,37A$$

8.4.2. CORRENTE INSTANTÂNEA DE NEUTRO [50N/GS]

$$I_{INSTANTÂNEA_{neutro}} = B \times I_{INSTANTÂNEA}$$

$$0,2 < B < 0,33$$

$$I_{INSTANTÂNEA_{neutro}} = 0,2 \times 395,37 = 79,07A$$

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	9 (11)
Autor		Local		
Luiz Otávio Ferreira		Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Aprovado		Data	Rev.	Cliente
Luiz Otávio Ferreira		06-11-2021	B	Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

8.5. Dial de Tempo [50] – Curva EI

$$t(I) = \left(\frac{k}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} \right) \times DT \quad \text{Norma IEC}$$

$$DT = \left(\frac{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1}{k} \right) \times t(I)$$

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

$$0,05s < \text{Atraso} < 0,1s$$

$$DT = \frac{\left(\frac{I_{inrush}}{I_p}\right)^2 - 1}{80} \times (0,1 + 0,05)$$

$$DT = \frac{\left(\frac{395,37}{27,74}\right)^2 - 1}{80} \times (0,15) = 0,38$$

$$DT_N = 0,1$$

8.6. Dimensionamento TC

8.6.1. CRITÉRIO SENSIBILIDADE

$$ITC_P: ITC_S \quad RTC = \frac{ITC_P}{ITC_S}$$

$$I_{P_{menor}} \geq 0,1 \times ITC_P$$

$$ITC_P \leq \frac{I_{P_{menor}}}{0,1}$$

$$ITC_P \leq \frac{5,55}{0,1} \leq 55,5A$$

$$TC \ 50: 5 \quad RTC \ 10$$

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	10 (11)
Local Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA				
Autor Luiz Otávio Ferreira	Aprovado Luiz Otávio Ferreira	Data 06-11-2021	Rev. B	Cliente Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

8.6.2. CRITÉRIO SATURAÇÃO

$$10BV_{SAT_{nominal}} \quad Ex.: 10B200$$

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

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

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

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

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

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

$$Z_{TC} = 1 \text{ ohm}$$

$$Z_{relé} = \frac{0,4VA}{(5)^2} = 0,016 \text{ ohms}$$

$$Z_{TC} = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ ohms}$$

$$Z_{fiação} = \frac{0,00461 \text{ ohms}}{m} \times 20 = 0,0922$$

$$Z_{carga} = 2 \times 0,0922 + 0,016 + 0,4 = 0,6 \text{ ohm}$$

$$V_{SAT_{calculado}} = \frac{3204,37}{10} \times 0,6 = 192,26 \text{ Volts}$$

$$TC \rightarrow 50:5 \text{ (RTC 10) } 10B200$$

$$I_t = \frac{3204,37}{50} \geq 64$$

		Documento	n°	Pág.
		MEMÓRIA DE CÁLCULO Estudo de Proteção Subestação	-	11 (11)
Local		Avenida Senador Vitorino Freire, s/n, em São Luís-MA		
Autor	Aprovado	Data	Rev.	Cliente
Luiz Otávio Ferreira	Luiz Otávio Ferreira	06-11-2021	B	Tribunal Regional Eleitoral do Maranhão

8.7. Dimensionamento TP (Proteção)

$$0,3P_{\text{precisão}} \quad \text{Ex: } 0,3P75$$

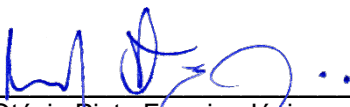
$$P_{\text{precisão}} \geq P_{\text{carga sensores}}$$

CARGA SENSORES	
CARGA	POTÊNCIA
	VA
Carga por Fase Medição de Tensão	0,2
Relé de Trip	0,2
CARGA TOTAL [VA]	0,4

$$0,3P75$$

(Não utilizar TP grupo 01, isto é utilizar TP com ligação fase-terra)

Belém-PA, 28 de outubro de 2021.


 Luiz Otávio Pinto Ferreira Júnior
 Eng. Eletricista – RNP: 150896073-3-CREA/CONFEA