



RELATÓRIO DO ESTUDO DE CURTO – CIRCUITO E SELETIVIDADE DA PLANTA DA ULBRA - PARTE 1 CONFORME SOLICITAÇÃO DA ORDEM DE COMPRA STEMAC - 210779 EMITIDA EM 01/03/2007. REVISÃO 2 – 25/04/2007

Introdução.

O presente documento tem por objetivo apresentar o estudo de curto – circuito do setor de 22 KV da Planta da ULBRA e definir os ajustes da proteção do paralelo entre os sistemas da ULBRA e da Concessionária AES feita pelo relé de fabricação GE do tipo F-650. Para tal, foram tomados como referências os seguintes documentos :

- Desenho STEMAC de número EO207/01-00-S25 e código 0207UNIF01.
- Condições Operativas da planta da ULBRA (Documento STEMAC DE/LG/017.07).

Para tal o relatório está dividido nos seguintes itens listados abaixo :

- 1 – Estudo de Curto – Circuito.**
- 2 - Definição e Apresentação dos Ajustes do relé F - 650.**
- 3 – Comentários e Conclusões do Estudo.**

1.1 – Estudos de Curto - Circuito

1.1.1. - INTRODUÇÃO

As presentes simulações têm por objetivo efetuar as seguintes análises no sistema de distribuição elétrica de média tensão (MT) e geradores Diesel e à Gás do campus da ULBRA:

- Curto circuito em todas as barras do sistema, avaliando as contribuições (correntes) em todas as ligações (linhas aéreas, cabos e transformadores) das topologias sob foco e as tensões em todas as barras do sistema para cada tipo de falta e topologia do sistema.

A rede completa é ilustrada abaixo:

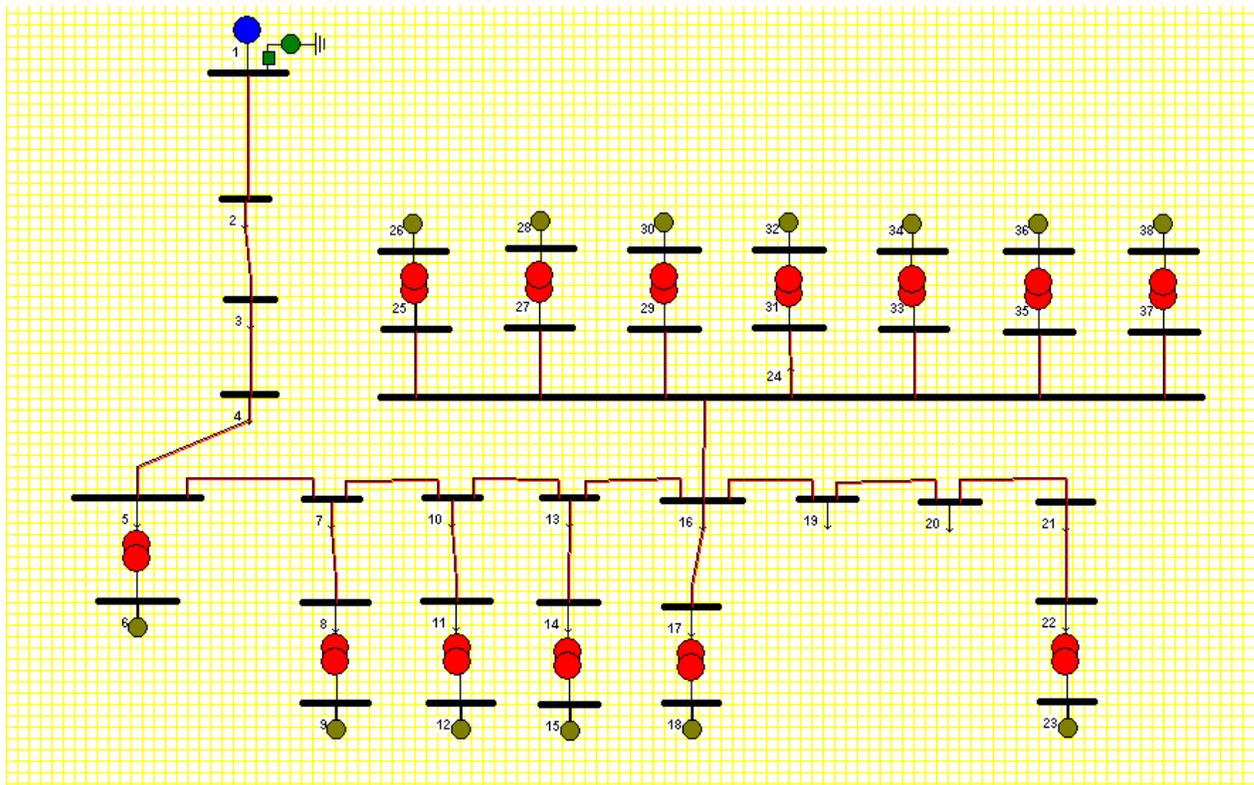


Figura 1.1 – Sistema ULBRA com entrada da AES e todos os geradores conectados



1.1.2 - CONDIÇÕES OPERATIVAS

As seguintes condições operativas serão estudadas:

1.1.2.1 - Condição Normal de Operação (CN), composta das seguintes situações:

- 1.1.2.1.1 -Planta alimentada pela AES e com somente dois geradores a Gás de 1375 kVA operando (CN1);
- 1.1.2.1.2 - Planta alimentada pela AES e com os sete geradores à Gás (5 X 938 kVA + 2 X 1375 kVA) operando (CN2).

1.1.2.2 - Condição de Emergência (CE), composta das seguintes situações:

- 1.1.2.2.1 - Planta alimentada pela AES e com cinco geradores a Gás (3 X 938 kVA + 2 X 1375 kVA) e três geradores Diesel (2 X 625 kVA + 1 X 1260 kVA) operando em paralelo;
- 1.1.2.2.2 -Planta alimentada pela AES e com três geradores a Gás (3 X 938 kVA) e quatro geradores Diesel (4 X 625 kVA) operando em paralelo;
- 1.1.2.2.3 -Planta alimentada pela AES e com dois geradores a Gás (2 X 938 kVA) e seis geradores Diesel (4 X 625 kVA + 1 X 1275 kVA + 1 X 1260 kVA) operando em paralelo;



1.1.3. DADOS TOPOLÓGICOS

1.1.3.1. Dados Gerais

Potência base	100 MVA
Frequência nominal	60 Hz
Tempo de análise do Curto Circuito	7 ciclos

Tabela 3.1 – Dados Gerais

1.1.3.2. Barras

Número	Identificação	Tensão Nominal (kV)	Barra sob falta
1	AES	22,00	Sim
2	ENT_22	22,00	Sim
3	SUBT22	22,00	
4	SE_ENT	22,00	
5	S1_22	22,00	Sim
6	B_G11	0,38	Sim
7	INTSE2	22,00	
8	S2_22	22,00	Sim
9	B_G12	0,38	Sim
10	INTSE3	22,00	
11	S3_22	22,00	Sim
12	B_G13	0,38	Sim
13	INTSE4	22,00	
14	S4_22	22,00	Sim
15	B_G14	0,38	Sim
16	INTSE5	22,00	
17	S5_22	22,00	Sim
18	B_G15	0,38	Sim
19	INTERM	22,00	
20	ENTAER	22,00	Sim
21	SAIAER	22,00	
22	S6_22	22,00	Sim
23	B_G16	0,38	Sim
24	GMG_22	22,00	Sim
25	G1_22	22,00	
26	B_G1	0,38	Sim
27	G2_22	22,00	
28	B_G2	0,38	Sim
29	G3_22	22,00	
30	B_G3	0,38	Sim
31	G4_22	22,00	
32	B_G4	0,38	Sim
33	G5_22	22,00	
34	B_G5	0,38	Sim
35	G6_22	22,00	
36	B_G6	0,38	Sim
37	G7_22	22,00	
38	B_G7	0,38	Sim

Tabela 3.2 – Barras

Observação: Somente as barras de 22 kV e as barras de 0,38 kV dos geradores estão presentes (**Fase 1**).



1.1.3.3. Equivalente de Thévenin da Barra AES

Barra	V (kV)	R ₁ (PU)	X ₁ (PU)	R ₀ (PU)	X ₀ (PU)
1	22,00	0,3567	0,4791	0,4266	0,8238

Tabela 3.3 – Equivalente Thévenin

Obs.: S_{base} = 100 MVA
V_{base} = 23 kV

1.1.3.4. Geradores

ID.	Barra	S _N (kVA)	V _N (kV)	X _d (%)	X' _d (%)	X'' _d (%)	X ₀ (%)	R _{ATER} (Ω)	cos φ
G1	26	1375	0,38	239,00	14,90	10,50	1,74	0,0	0,8
G2	28	1375	0,38	239,00	14,90	10,50	1,74	0,0	0,8
G3	30	938	0,38	245,00	16,00	11,50	1,92	0,0	0,8
G4	32	938	0,38	245,00	16,00	11,50	1,92	0,0	0,8
G5	34	938	0,38	245,00	16,00	11,50	1,92	0,0	0,8
G6	36	938	0,38	245,00	16,00	11,50	1,92	0,0	0,8
G7	38	938	0,38	245,00	16,00	11,50	1,92	0,0	0,8
G11	6	1260	0,38	234,00	15,80	10,50	1,75	0,0	0,8
G12	9	625	0,38	314,00	17,00	12,00	8,00	0,0	0,8
G13	12	625	0,38	314,00	17,00	12,00	8,00	0,0	0,8
G14	15	625	0,38	314,00	17,00	12,00	8,00	0,0	0,8
G15	18	1275	0,38	234,00	15,80	10,50	1,75	0,0	0,8
G16	23	635	0,38	314,00	17,00	12,00	8,00	0,0	0,8

Tabela 3.4 – Geradores

1.1.3.5. Linhas Aéreas

ID.	Barra Inicial	Barra Final	R ₁ (Ω)	X ₁ (Ω)	R ₀ (Ω)	X ₀ (Ω)
LT0102	1	2	1,8869	3,4763	2,0557	6,9966
LT2021	20	21	1,4049	0,7078	1,6457	2,8071

Tabela 3.5 – Linhas Aéreas

1.1.3.6. Transformadores

ID.	MT	BT	kVA	V _{MT} (kV)	V _{BT} (kV)	X (%)	R _{ATER} (Ω)
TR1S01	5 (Δ)	6 (Yat)	1000	22,00	0,38	5,01	0
TR1S02	8 (Δ)	9 (Yat)	500	22,00	0,38	5,56	0
TR1S03	11 (Δ)	12 (Yat)	500	22,00	0,38	4,41	0
TR1S04	14 (Δ)	15 (Yat)	500	22,00	0,38	5,02	0
TR1S05	17 (Δ)	18 (Yat)	1000	22,00	0,38	5,92	0
TR1S06	22 (Δ)	23 (Yat)	500	22,00	0,38	5,01	0
TR1GMG	25 (Δ)	26 (Y)	1500	22,00	0,38	5,83	-
TR2GMG	27 (Δ)	28 (Y)	1500	22,00	0,38	5,81	-
TR3GMG	29 (Δ)	30 (Y)	1000	22,00	0,38	6,48	-
TR4GMG	31 (Δ)	32 (Y)	1000	22,00	0,38	6,42	-
TR5GMG	33 (Δ)	34 (Y)	1000	22,00	0,38	6,43	-
TR6GMG	35 (Δ)	36 (Y)	1000	22,00	0,38	6,42	-
TR7GMG	37 (Δ)	38 (Y)	1000	22,00	0,38	6,52	-

Tabela 3.6 – Transformadores



1.1.3.7. Características dos Cabos Isolados da Planta

Características dos cabos isolados	35 mm ² 15/25 kV	35 mm ² 15/25 kV	50 mm ² 20/35 kV	95 mm ² 15/25 kV	95 mm ² 15/25 kV
N. fios	7	7	19	19	19
R _{cc} ^{20°C} (Ω/km)	0,524	0,524	0,387	0,193	0,193
Cond. – Dc (mm)	6,70	6,70	8,00	11,00	11,00
Isol. – Di (mm)	7,90	7,90	9,20	12,20	12,20
Isol. – De (mm)	20,30	20,30	25,60	23,20	23,20
Isol. – Cte. Diel. Relat.	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Isol. – Permeab. Relat.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BMet. – Di (mm)	21,50	21,50	26,80	24,40	24,40
BMet. – De (mm)	22,01	22,01	27,31	24,91	24,91
BMet. – ρ (Ω.mm ² /m)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CExt. – Di (mm)	48,64	22,52	27,82	54,91	25,42
CExt. – De (mm)	53,64	25,72	31,42	60,31	28,82
CExt. – Cte. Diel. Relat.	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
CExt. – Permeab. Relat.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Instalação	Trifólio	Eletroduto	Canaleta	Trifólio	Aérea
Parâmetros dos cabos calculados a partir das características acima¹					
R ₁ (Ω/km)	0,6736	0,6736	0,4726	0,2503	0,2503
X ₁ (Ω/km)	0,2265	0,2845	0,2727	0,1415	0,2481
R ₀ (Ω/km)	0,8508	0,8508	0,6498	0,4275	0,4284
X ₀ (Ω/km)	2,2214	2,2795	2,2676	2,1365	2,2481

Tabela 3.7 – Cabos Isolados e Respetivos Parâmetros Calculados

1.1.3.8. Circuitos Alimentadores

ID.	Início	Final	L (m)	Cabo/Instalação
CB0203	2	3	125	95 mm ² – trifólio
CB0304	3	4	4	50 mm ² – canaleta
CB0405	4	5	1	95 mm ² – aérea
CB0507	5	7	345	95 mm ² – trifólio
CB0708	7	8	8	35 mm ² – eletroduto
CB0710	7	10	265	95 mm ² – trifólio
CB1011	10	11	12	35 mm ² – eletroduto
CB1013	10	13	145	95 mm ² – trifólio
CB1314	13	14	4	35 mm ² – eletroduto
CB1316	13	16	95	95 mm ² – trifólio
CB1617	16	17	12	35 mm ² – eletroduto
CB1619	16	19	1238	95 mm ² – trifólio
CB1624	16	24	3	95 mm ² – trifólio
CB1920	19	20	10	95 mm ² – trifólio
CB2425	24	25	16	50 mm ² – canaleta
CB2427	24	27	20	50 mm ² – canaleta
CB2429	24	29	24	35 mm ² – trifólio
CB2431	24	31	28	50 mm ² – canaleta
CB2433	24	33	24	35 mm ² – trifólio
CB2435	24	35	28	50 mm ² – canaleta
CB2437	24	37	28	50 mm ² – canaleta

Tabela 3.8 – Circuitos Alimentadores

1.1.4. RESULTADOS

¹ Através do módulo do cálculo de cabos isolados do programa WASP 6 – *Powerhouse Engenharia de Energia*.

1.1.4.1. CONDIÇÃO OPERATIVA CN1

1.1.4.1.1. Rede para CN1

A rede para a condição operativa CN1 é mostrada abaixo:

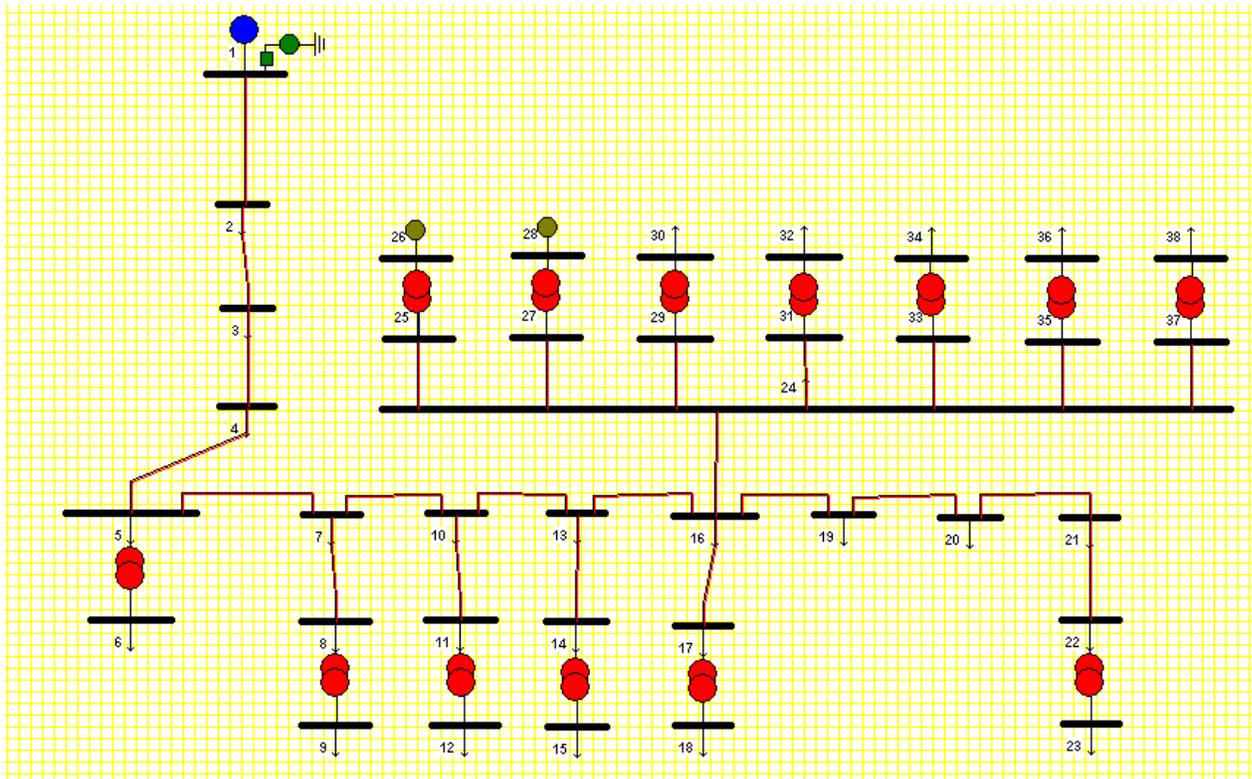


Figura 4.1 – Sistema ULBRA para CN1

Observa-se que as barras 30, 32, 34, 36 e 38 serão contempladas nos resultados apenas nos curtos-circuitos trifásicos, por apresentarem correntes de defeito monofásicas iguais a zero (curtos-circuitos no lado Δ dos transformadores que alimentam os geradores desligados).

1.1.4.1.2 Resultados do Curto Circuito para CN1

Barra	Curto Circuito	Planilha
1	Monofásico	CN1_01_1F.xls
	Trifásico	CN1_01_3F.xls
2	Monofásico	CN1_02_1F.xls
	Trifásico	CN1_02_3F.xls
5	Monofásico	CN1_05_1F.xls
	Trifásico	CN1_05_3F.xls
6	Monofásico	CN1_06_1F.xls
	Trifásico	CN1_06_3F.xls
8	Monofásico	CN1_08_1F.xls
	Trifásico	CN1_08_3F.xls
9	Monofásico	CN1_09_1F.xls
	Trifásico	CN1_09_3F.xls
11	Monofásico	CN1_11_1F.xls
	Trifásico	CN1_11_3F.xls
12	Monofásico	CN1_12_1F.xls
	Trifásico	CN1_12_3F.xls
14	Monofásico	CN1_14_1F.xls
	Trifásico	CN1_14_3F.xls
15	Monofásico	CN1_15_1F.xls
	Trifásico	CN1_15_3F.xls
17	Monofásico	CN1_17_1F.xls
	Trifásico	CN1_17_3F.xls
18	Monofásico	CN1_18_1F.xls
	Trifásico	CN1_18_3F.xls
20	Monofásico	CN1_20_1F.xls
	Trifásico	CN1_20_3F.xls
22	Monofásico	CN1_22_1F.xls
	Trifásico	CN1_22_3F.xls
23	Monofásico	CN1_23_1F.xls
	Trifásico	CN1_23_3F.xls
24	Monofásico	CN1_24_1F.xls
	Trifásico	CN1_24_3F.xls
26	Monofásico	CN1_26_1F.xls
	Trifásico	CN1_26_3F.xls
28	Monofásico	CN1_28_1F.xls
	Trifásico	CN1_28_3F.xls
30	Monofásico	zero
	Trifásico	CN1_30_3F.xls
32	Monofásico	zero
	Trifásico	CN1_32_3F.xls
34	Monofásico	zero
	Trifásico	CN1_34_3F.xls
36	Monofásico	zero
	Trifásico	CN1_36_3F.xls
38	Monofásico	zero
	Trifásico	CN1_38_3F.xls

Tabela 4.1 – Resultados do Curto Circuito para CN1

1.1.4.2 CONDIÇÃO OPERATIVA CN2

1.1.4.2.1 Rede para CN2

A rede para a condição operativa CN2 é mostrada abaixo:

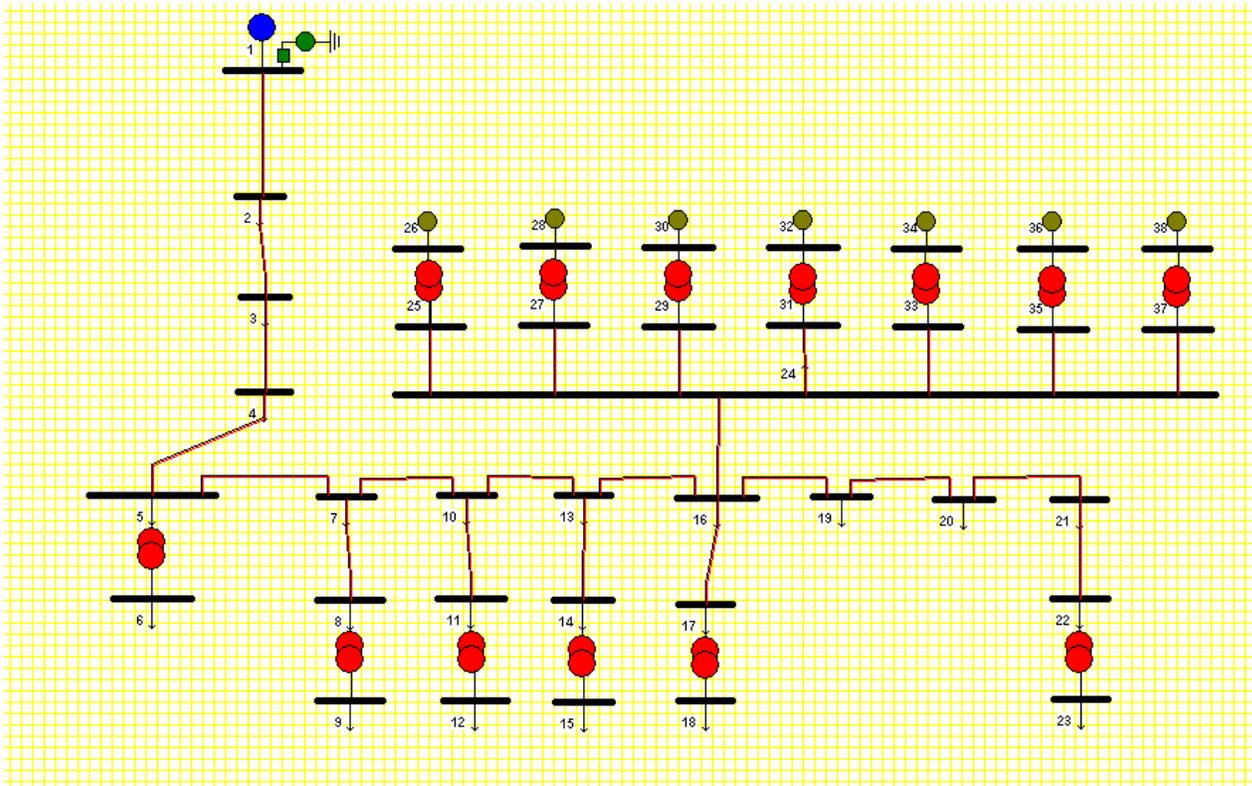


Figura 4.2 – Sistema ULBRA para CN2

1.1.4.2.2 Resultados do Curto Circuito para CN2

Barra	Curto Circuito	Planilha
1	Monofásico	CN2_01_1F.xls
	Trifásico	CN2_01_3F.xls
2	Monofásico	CN2_02_1F.xls
	Trifásico	CN2_02_3F.xls
5	Monofásico	CN2_05_1F.xls
	Trifásico	CN2_05_3F.xls
6	Monofásico	CN2_06_1F.xls
	Trifásico	CN2_06_3F.xls
8	Monofásico	CN2_08_1F.xls
	Trifásico	CN2_08_3F.xls
9	Monofásico	CN2_09_1F.xls
	Trifásico	CN2_09_3F.xls
11	Monofásico	CN2_11_1F.xls
	Trifásico	CN2_11_3F.xls
12	Monofásico	CN2_12_1F.xls
	Trifásico	CN2_12_3F.xls
14	Monofásico	CN2_14_1F.xls
	Trifásico	CN2_14_3F.xls
15	Monofásico	CN2_15_1F.xls
	Trifásico	CN2_15_3F.xls
17	Monofásico	CN2_17_1F.xls
	Trifásico	CN2_17_3F.xls
18	Monofásico	CN2_18_1F.xls
	Trifásico	CN2_18_3F.xls
20	Monofásico	CN2_20_1F.xls
	Trifásico	CN2_20_3F.xls
22	Monofásico	CN2_22_1F.xls
	Trifásico	CN2_22_3F.xls
23	Monofásico	CN2_23_1F.xls
	Trifásico	CN2_23_3F.xls
24	Monofásico	CN2_24_1F.xls
	Trifásico	CN2_24_3F.xls
26	Monofásico	CN2_26_1F.xls
	Trifásico	CN2_26_3F.xls
28	Monofásico	CN2_28_1F.xls
	Trifásico	CN2_28_3F.xls
30	Monofásico	CN2_30_1F.xls
	Trifásico	CN2_30_3F.xls
32	Monofásico	CN2_32_1F.xls
	Trifásico	CN2_32_3F.xls
34	Monofásico	CN2_34_1F.xls
	Trifásico	CN2_34_3F.xls
36	Monofásico	CN2_36_1F.xls
	Trifásico	CN2_36_3F.xls
38	Monofásico	CN2_38_1F.xls
	Trifásico	CN2_38_3F.xls

Tabela 4.2 – Resultados do Curto Circuito para CN2

1.1.4.3 CONDIÇÃO OPERATIVA CE1

1.1.4.3.1. Rede para CE1

A rede para a condição operativa CE1 é mostrada abaixo:

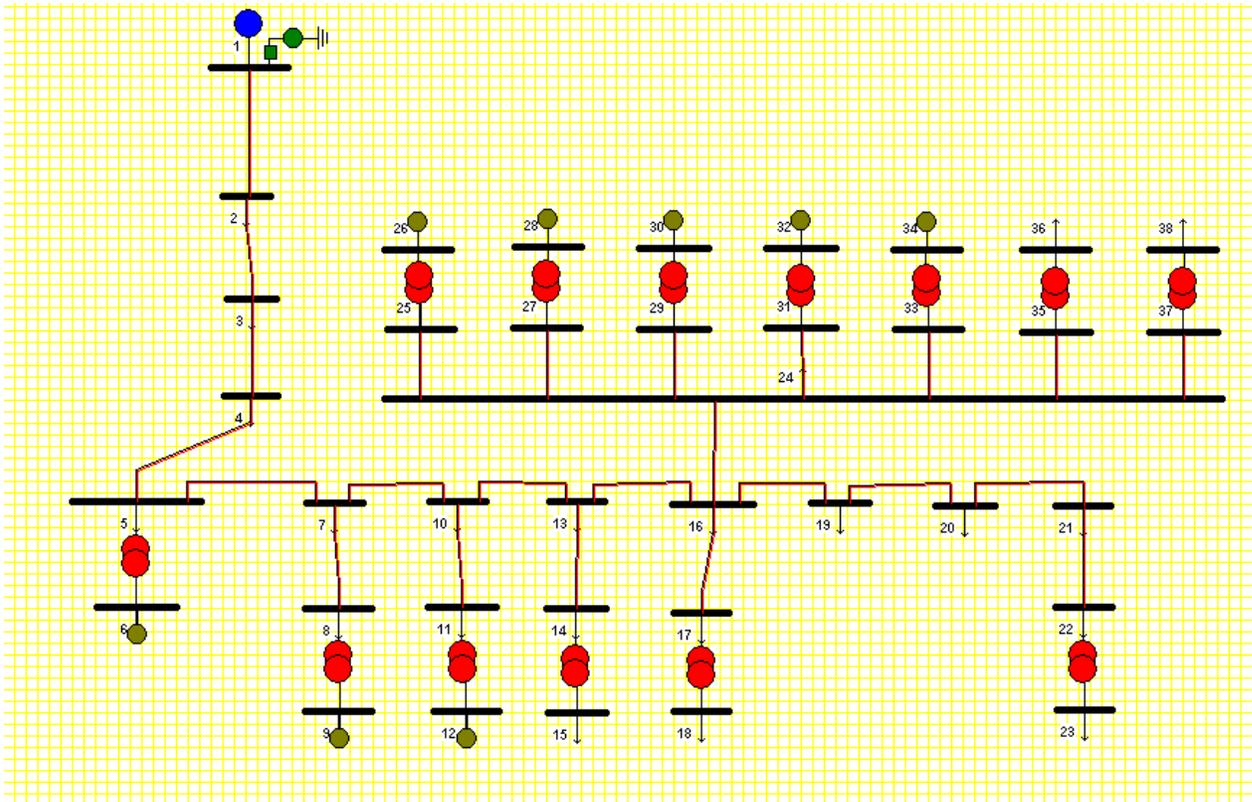


Figura 4.3 – Sistema ULBRA para CE1

Observa-se que as barras 36 e 38 serão contempladas nos resultados apenas nos curtos-circuitos trifásicos, por apresentarem correntes de defeito monofásicas iguais a zero (curtos-circuitos no lado Δ dos transformadores que alimentam os geradores desligados).

1.1.4.3.2 Resultados do Curto Circuito para CE1

Barra	Curto Circuito	Planilha
1	Monofásico	CE1_01_1F.xls
	Trifásico	CE1_01_3F.xls
2	Monofásico	CE1_02_1F.xls
	Trifásico	CE1_02_3F.xls
5	Monofásico	CE1_05_1F.xls
	Trifásico	CE1_05_3F.xls
6	Monofásico	CE1_06_1F.xls
	Trifásico	CE1_06_3F.xls
8	Monofásico	CE1_08_1F.xls
	Trifásico	CE1_08_3F.xls
9	Monofásico	CE1_09_1F.xls
	Trifásico	CE1_09_3F.xls
11	Monofásico	CE1_11_1F.xls
	Trifásico	CE1_11_3F.xls
12	Monofásico	CE1_12_1F.xls
	Trifásico	CE1_12_3F.xls
14	Monofásico	CE1_14_1F.xls
	Trifásico	CE1_14_3F.xls
15	Monofásico	CE1_15_1F.xls
	Trifásico	CE1_15_3F.xls
17	Monofásico	CE1_17_1F.xls
	Trifásico	CE1_17_3F.xls
18	Monofásico	CE1_18_1F.xls
	Trifásico	CE1_18_3F.xls
20	Monofásico	CE1_20_1F.xls
	Trifásico	CE1_20_3F.xls
22	Monofásico	CE1_22_1F.xls
	Trifásico	CE1_22_3F.xls
23	Monofásico	CE1_23_1F.xls
	Trifásico	CE1_23_3F.xls
24	Monofásico	CE1_24_1F.xls
	Trifásico	CE1_24_3F.xls
26	Monofásico	CE1_26_1F.xls
	Trifásico	CE1_26_3F.xls
28	Monofásico	CE1_28_1F.xls
	Trifásico	CE1_28_3F.xls
30	Monofásico	CE1_30_1F.xls
	Trifásico	CE1_30_3F.xls
32	Monofásico	CE1_32_1F.xls
	Trifásico	CE1_32_3F.xls
34	Monofásico	CE1_34_1F.xls
	Trifásico	CE1_34_3F.xls
36	Monofásico	zero
	Trifásico	CE1_36_3F.xls
38	Monofásico	zero
	Trifásico	CE1_38_3F.xls

Tabela 4.3 – Resultados do Curto Circuito para CE1

1.1.4.4. CONDIÇÃO OPERATIVA CE2

1.1.4.4.1. Rede para CE2

A rede para a condição operativa CE2 é mostrada abaixo:

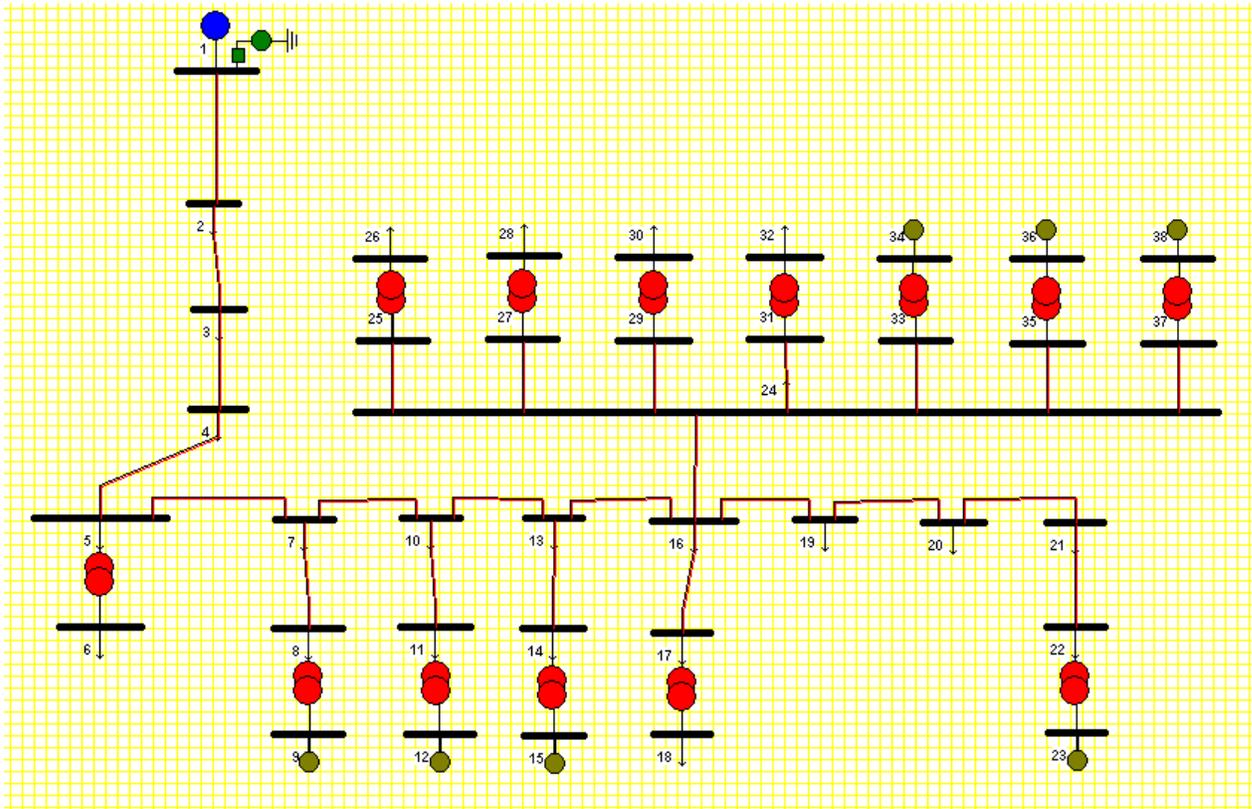


Figura 4.4 – sistema ULBRA para CE2

Observa-se que as barras 26, 28, 30 e 32 serão contempladas nos resultados apenas nos curtos-circuitos trifásicos, por apresentarem correntes de defeito monofásicas iguais a zero (curtos-circuitos no lado Δ dos transformadores que alimentam os geradores desligados).

1.1.4.4.2 Resultados do Curto Circuito para CE2

Barra	Curto Circuito	Planilha
1	Monofásico	CE2_01_1F.xls
	Trifásico	CE2_01_3F.xls
2	Monofásico	CE2_02_1F.xls
	Trifásico	CE2_02_3F.xls
5	Monofásico	CE2_05_1F.xls
	Trifásico	CE2_05_3F.xls
6	Monofásico	CE2_06_1F.xls
	Trifásico	CE2_06_3F.xls
8	Monofásico	CE2_08_1F.xls
	Trifásico	CE2_08_3F.xls
9	Monofásico	CE2_09_1F.xls
	Trifásico	CE2_09_3F.xls
11	Monofásico	CE2_11_1F.xls
	Trifásico	CE2_11_3F.xls
12	Monofásico	CE2_12_1F.xls
	Trifásico	CE2_12_3F.xls
14	Monofásico	CE2_14_1F.xls
	Trifásico	CE2_14_3F.xls
15	Monofásico	CE2_15_1F.xls
	Trifásico	CE2_15_3F.xls
17	Monofásico	CE2_17_1F.xls
	Trifásico	CE2_17_3F.xls
18	Monofásico	CE2_18_1F.xls
	Trifásico	CE2_18_3F.xls
20	Monofásico	CE2_20_1F.xls
	Trifásico	CE2_20_3F.xls
22	Monofásico	CE2_22_1F.xls
	Trifásico	CE2_22_3F.xls
23	Monofásico	CE2_23_1F.xls
	Trifásico	CE2_23_3F.xls
24	Monofásico	CE2_24_1F.xls
	Trifásico	CE2_24_3F.xls
26	Monofásico	zero
	Trifásico	CE2_26_3F.xls
28	Monofásico	zero
	Trifásico	CE2_28_3F.xls
30	Monofásico	zero
	Trifásico	CE2_30_3F.xls
32	Monofásico	zero
	Trifásico	CE2_32_3F.xls
34	Monofásico	CE2_34_1F.xls
	Trifásico	CE2_34_3F.xls
36	Monofásico	CE2_36_1F.xls
	Trifásico	CE2_36_3F.xls
38	Monofásico	CE2_38_1F.xls
	Trifásico	CE2_38_3F.xls

Tabela 4.4 – Resultados do Curto Circuito para CE2

1.1.4.5. CONDIÇÃO OPERATIVA CE3

1.1.4.5.1. Rede para CE3

A rede para a condição operativa CE3 é mostrada abaixo:

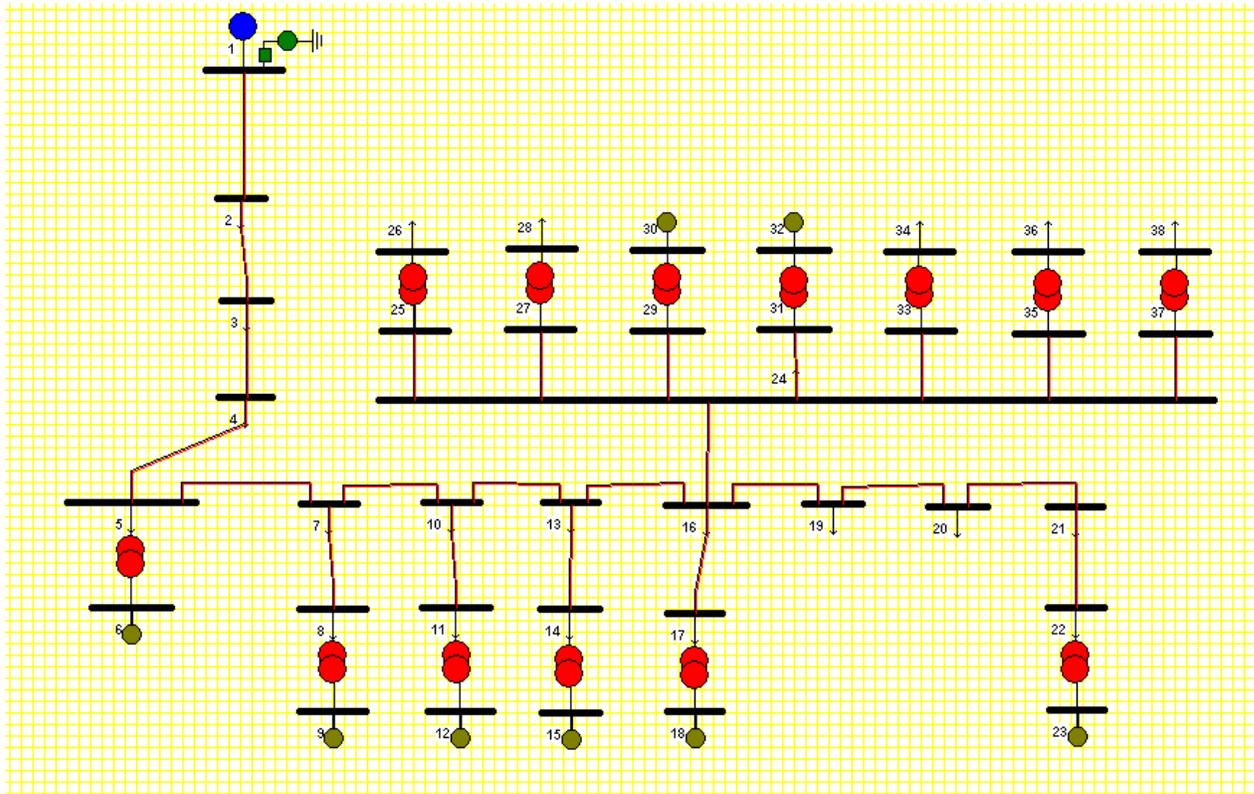


Figura 4.5 – sistema ULBRA para CE3

Observa-se que as barras 26, 28, 34, 36 e 38 serão contempladas nos resultados apenas nos curtos-circuitos trifásicos, por apresentarem correntes de defeito monofásicas iguais a zero (curtos-circuitos no lado Δ dos transformadores que alimentam os geradores desligados).

1.1.4.5.2 Resultados do Curto Circuito para CE3

Barra	Curto Circuito	Planilha
1	Monofásico	CE3_01_1F.xls
	Trifásico	CE3_01_3F.xls
2	Monofásico	CE3_02_1F.xls
	Trifásico	CE3_02_3F.xls
5	Monofásico	CE3_05_1F.xls
	Trifásico	CE3_05_3F.xls
6	Monofásico	CE3_06_1F.xls
	Trifásico	CE3_06_3F.xls
8	Monofásico	CE3_08_1F.xls
	Trifásico	CE3_08_3F.xls
9	Monofásico	CE3_09_1F.xls
	Trifásico	CE3_09_3F.xls
11	Monofásico	CE3_11_1F.xls
	Trifásico	CE3_11_3F.xls
12	Monofásico	CE3_12_1F.xls
	Trifásico	CE3_12_3F.xls
14	Monofásico	CE3_14_1F.xls
	Trifásico	CE3_14_3F.xls
15	Monofásico	CE3_15_1F.xls
	Trifásico	CE3_15_3F.xls
17	Monofásico	CE3_17_1F.xls
	Trifásico	CE3_17_3F.xls
18	Monofásico	CE3_18_1F.xls
	Trifásico	CE3_18_3F.xls
20	Monofásico	CE3_20_1F.xls
	Trifásico	CE3_20_3F.xls
22	Monofásico	CE3_22_1F.xls
	Trifásico	CE3_22_3F.xls
23	Monofásico	CE3_23_1F.xls
	Trifásico	CE3_23_3F.xls
24	Monofásico	CE3_24_1F.xls
	Trifásico	CE3_24_3F.xls
26	Monofásico	zero
	Trifásico	CE3_26_3F.xls
28	Monofásico	zero
	Trifásico	CE3_28_3F.xls
30	Monofásico	CE3_30_1F.xls
	Trifásico	CE3_30_3F.xls
32	Monofásico	CE3_32_1F.xls
	Trifásico	CE3_32_3F.xls
34	Monofásico	zero
	Trifásico	CE3_34_3F.xls
36	Monofásico	zero
	Trifásico	CE3_36_3F.xls
38	Monofásico	zero
	Trifásico	CE3_38_3F.xls

Tabela 4.5 – Resultados do Curto Circuito para CE3

2 - Definição e Apresentação dos Ajustes do relé F - 650.



Uma vez definidos os parâmetros e as condições operativas dadas pelo estudo de curto – circuito apresentado no item 1, neste podemos então definir os grupos de ajustes para a proteção da Interligação que é feita pelo relé F-650 de fabricação da GE. Primeiramente vamos definir que o respectivo relé terá 02(Dois) grupos de ajustes distintos dados pelas seguintes condições operativas e será ajustado para as seguintes relações de TC's e TP's conforme o diagrama Unifilar STEMAC - 02071UNIF01 :

RTC = 100 / 5 A = 20/1.

REV-2 : RTP = 24 KV / 115 V = 208.69 /1 (Alteração solicitada pela STEMAC)

2.1 – Condição Normal que é a condição de operação dos Geradores a Gás em paralelo com a Concessionária e apresentado no estudo de curto – circuito no item 1.1.2.1.

2.2 – Condição de Emergência que é a condição de operação dos Geradores a Gás em condição de perda parcial das mesmas e com a conseqüente operação dos geradores Diesel, estando a Usina da ULBRA em paralelo com a concessionária.(Item 1.1.2.2 do estudo de curto - circuito).

2.1.1 – Definições dos Ajustes para a Condição Operativa 2.1 acima.

Para essa condição vamos procurar as condições de menor contribuição de correntes de defeito para garantir a maior sensibilidade. Para as condições Normais de Operação essa condição é a condição operativa do item 1.1.2.1.1. Portanto , as funções ANSI a serem ajustadas serão pela ordem : **50,51, 67P, 46, Broken Conductor, 32FP,47,59N,81 por taxa e 27.**

2.1.1.1 – Função 50 : Essa função enxergará defeitos entre fases na barra de entrada da ULBRA em 22,4 KV.

Caso CN1_02_3F : Contribuição do circuito 2 – 3 : 422 A.

Ajuste : Pick – Up : $422 / 20 = 21,11$ A.

Tempo : 60 ms.

2.1.1.2 – Função 51 : Essa função enxergará defeitos entre fases na barra da SE da AES de forma temporizada e coordenada com a proteção da entrada que pertence a AES.

Caso CN1_01_3F : Contribuição do circuito 2 – 3 : 422 A.

Ajuste : Pick – Up : $422 / 20 = 21,11$ A.

REV-1 : Foram trocados os taps das unidades de sobrecorrente temporizadas de 350 para 35 gerando um novo gráfico de coordenação da figura 1 abaixo.

Na figura 1 abaixo é apresentada a coordenação da unidade 51 do relé F650 com o relé IAC da entrada da AES.

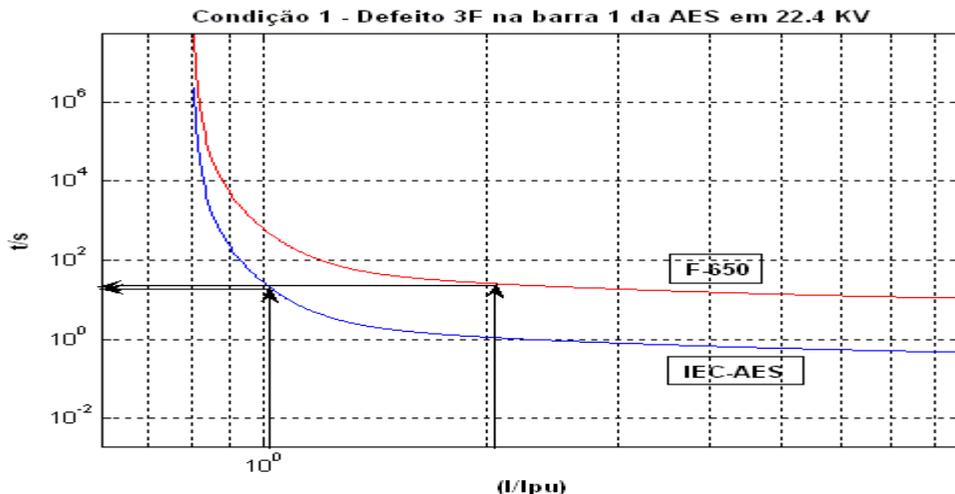


Figura 1 – Coordenação para um defeito entre fases na SE da AES

2.1.1.2 – Função 67P: Essa função enxergará defeitos entre fases até a barra da SE da AES em 22,4 KV.

Caso CN1_01_3F : Tensão de Polarização : 1497 V.

Ajuste : $V_{pol} : 1497 / 101.8 = 14,7 \text{ V.}$

Ângulo : 45 graus.

2.1.1.3 – Função 46 : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CN1_01_1F : Contribuição do circuito 2 – 3(I2) : 145 A.

Ajuste : Pick – Up : $145 / 20 = 7,25 \text{ A.}$

Curva : Tempo Definido.

Tempo : 130 ms.



2.1.1.4 – Broken Conductor : Essa função tentará enxergar o rompimento de uma fase nos circuitos da AES e tentar auxiliar as demais funções de proteção a detectar defeitos assimétricos nesse sistema.

Caso CN1_01_1F : Contribuição do circuito 2 – 3(I2) : 145 A.

Contribuição do circuito 2 - 3 (I1) : 145 A.

Ajuste : Pick – Up : $(I2/I1) = 100 \%$.

Tempo : 550 ms.

REV -1 : Essa função de Proteção foi bloqueada por não ter apresentado um desempenho confiável no complemento das funções do paralelo entre os sistemas, podendo gerar uma atuação indevida.

2.1.1.5 – Função 32 FP : Essa função será ajustada para o valor de menor demanda através da SE da AES informada pela mesma. Vamos supor nesse caso que haja uma perda e a planta da ULBRA tente alimentar essa carga. O valor informado pela AES para essa condição é de 1298,72 KW.

Condição de Alarme : 536 KW.

Tempo : 2,5 s.

Condição de TRIP : 1300 KW.

Tempo : 1,5s.

REV -1 : Essa função de Proteção foi bloqueada temporariamente pelo fato do sistema estar ainda em testes podendo haver uma atuação indevida. A mesma entretanto foi deixada como alarme, partida de oscilografia e registro de eventos. A mesma deverá ser habilitada quando da entrada em operação final do sistema com valores mais próximos do real, e após a observação do desempenho da mesma no sistema.



2.1.1.6 – Função 47 : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV pela unidade de tensão de Seqüência Negativa. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CN1_01_1F : Tensão na Barra 2(V2) : 2887 V .

Ajuste : Pick – Up : $2887 / 101.8 = 28,3$ V.

$$2887 / 208.69 = 13.8$$

Tempo : 350 ms.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.

2.1.1.7 – Função 59N : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV pela unidade de tensão de Seqüência Zero. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CN1_01_1F : Tensão na Barra 2(V0) : 5906 V .

Ajuste : Pick – Up : $5906 / 101.8 = 58,01$ V.

$$5906 / 208.69 = 28,3$$

Tempo : 450 ms.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.

Nota : A operação dessa função ANSI de proteção está diretamente ligada a instalação e troca dos TP's atuais de conexão em V para uma conexão com 03 TP's em conexão estrela para que a mesma possa possibilitar a medição de tensão de seqüência zero calculada pelo relé F-650.

REV -2 : Com a nova conexão essa função se tornará efetiva complementando a proteção do paralelo contra defeitos à terra na concessionária.

2.1.2 – Proteção do Paralelo(Déficit de Energia) entre a Planta da ULBRA e a AES.

Essa proteção será feita pela função ANSI 81 de taxa de variação de freqüência ($\delta f/\delta t$) e pela função de subtensão medida na barra de interligação. Para as condições apresentadas vamos aqui buscar a condição que possibilite a maior sensibilidade possível ou o menor degrau de energia na interligação. Tomando-se em conta as informações apresentadas no relatório STEMAC DE/LG/017.07 e com as informações passadas pela AES vamos considerar as seguintes condições operativas listadas abaixo :

Geração Total : 02 x 1375 KVA + 05 x 938 KVA.



Potência Máxima e Mínima intercambiada : Em condições normais de operação não se importa nenhuma energia da Concessionária. Como precisamos de um valor mínimo nesse caso vamos supor que após a perda do sistema da AES em condição de ilhamento a ULBRA irá alimentar uma carga aproximada de 1359 KVA na condição de despacho mínimo do sistema da AES. Vamos adotar aqui um valor que seja exatamente a metade desse valor para que tenhamos uma sensibilidade maior nesse caso. (Será adotado um valor de ilhamento de 536 KW no sistema da AES)

Para o cálculo posterior adotam-se os seguintes parâmetros :

Dados dos geradores : $w = 1800 \text{ rpm}$, 4 pólos.

Constantes de Inércia : (Tiradas dos Respektivos Catálogos).

$J (938 \text{ KVA }) = 23.29 \text{ kgm}^2$

$J(1375 \text{ KVA}) = 26.27 \text{ kgm}^2$

As respectivas impedâncias dos geradores e dos transformadores elevadores são tomadas das tabelas 3.4 e 3.6 do estudo de curto – circuito. Fazendo as devidas transformações calculam-se portanto as constantes de Inércia em segundos dos Geradores a Gás dadas pela seguinte equação listada abaixo :

$$H(s) = \frac{\frac{1}{2} \cdot (J) \cdot (w)^2}{\text{Potência(watts)}} \quad (01)$$

Onde : w = Velocidade Angular dada em rad/s.

J = Inércia dos Geradores dada em kgm^2 .

P = Potência Nominal dos Geradores dadas em Watts.

Com os valores apresentados obtemos :

$H(s)$ – Gerador de 1375 KVA = 0.188 s.

$H(s)$ – Gerador de 938 KVA = 0.55 s.

Fazendo as transformações de impedâncias para a mesma base usa-se em seguida esse valores para se obter o gráfico da figura 2 a seguir, admitindo-se um fator de Potência de operação da planta antes de 0,83 e após a perda da AES de 0,75 respectivamente.

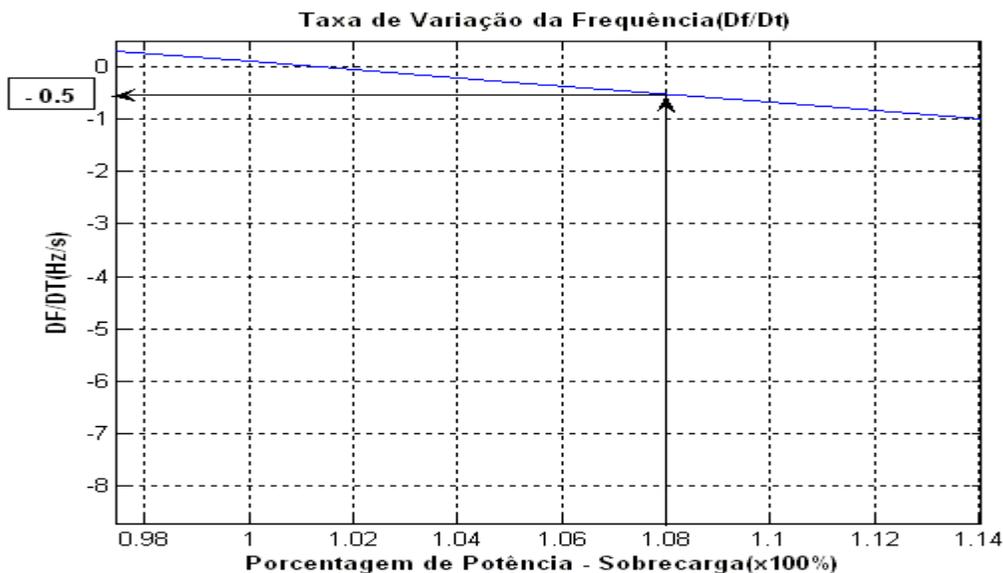


Figura 2 – Gráfico da Taxa de Variação de Frequência (Condição 1).

O mesmo procedimento é adotado para se obter os ajustes da unidade de subtensão para esse evento apresentado na figura 3 a seguir.

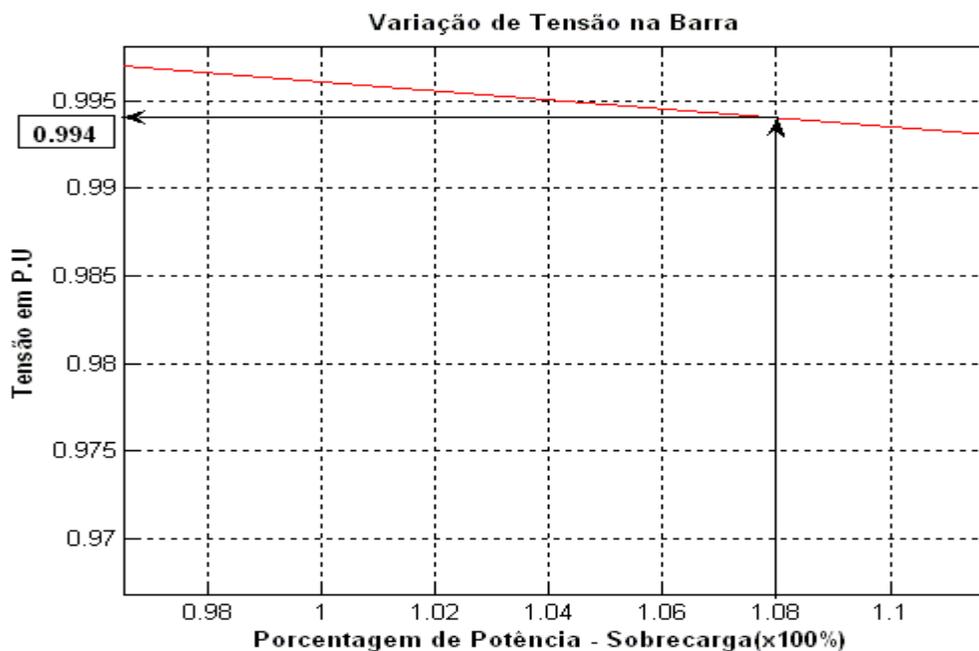


Figura 3 – Gráfico da Tensão – Função 27 (Condição 1).



Ajustes :

81(1) = - 0.5 Hz/s.

Timer(1) = 0.25 s.

27(1) = $0.994 \times 220 \text{ V} = 218.68 \text{ V}$

$0.994 \times 107.3 = 106.6 \text{ V}$

Timer(1) = 0.65 s.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.

Nota : A Farfilho ressalta mais uma vez que esse ajuste é problemático para a aplicação em questão pois a condição de operação em condições Normais admite sempre a possibilidade de intercâmbio ZERO entre os sistemas. Portanto a Farfilho julga que o valor de - 0.5 Hz/s pode ser um valor baixo o suficiente para se tentar detectar a condição em pauta com uma temporização relativamente grande para se evitar a abertura do paralelo indevidamente. Outra alternativa aqui será a de se sensibilizar ao máximo as proteções que enxergam o sistema da AES para se tentar enxergar todos os defeitos possíveis nesse sistema.

2.2.1 – Definições dos Ajustes para a Condição Operativa 2.2 acima.

Para essa condição vamos procurar as condições de menor contribuição de correntes de defeito para garantir a maior sensibilidade. Para as condições Normais de Operação essa condição é a condição operativa do item 1.1.2.2.2. Portanto , as funções ANSI a serem ajustadas serão pela ordem : **50,51, 67P, 46, Broken Conductor, 32FP,47 e 59N.**

2.2.1.1 – Função 50 : Essa função enxergará defeitos entre fases na barra de entrada da ULBRA em 22,4 KV.

Caso CE2_01_3F : Contribuição do circuito 2 – 3 : 602 A.

Ajuste : Pick – Up : $602 / 20 = 30,1 \text{ A.}$

Tempo : 60 ms.

2.2.1.2 – Função 51 : Essa função enxergará defeitos entre fases na barra da SE da AES de forma temporizada e coordenada com a proteção da entrada que pertence a AES.

Caso CN1_01_3F : Contribuição do circuito 2 – 3 : 602 A.

Ajuste : Pick – Up : $210 / 20 = 10,5 \text{ A.}$

REV - 1 : Idem ao item 1.1.1.2

Na figura 4 abaixo é apresentada a coordenação da unidade 51 do relé F650 com o relé IAC da entrada da AES.

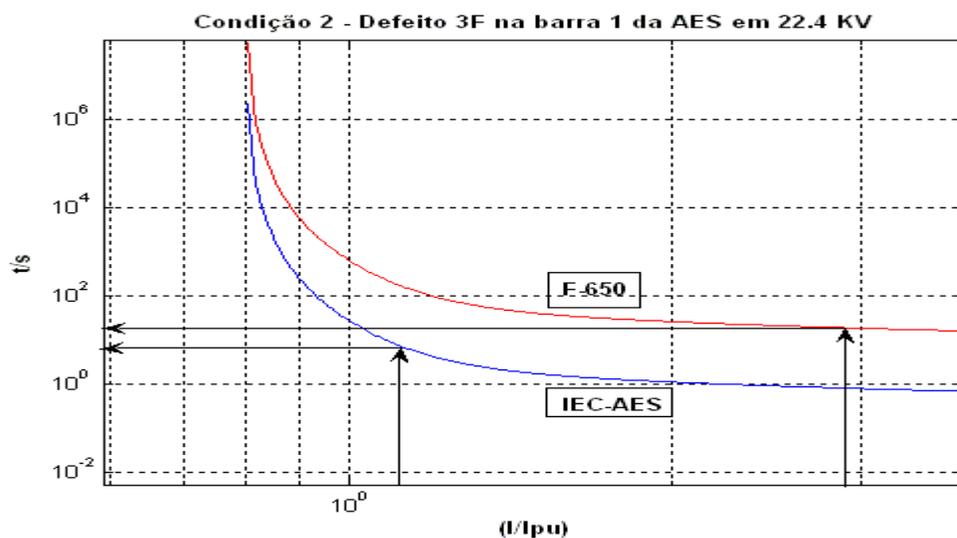


Figura 4 – Coordenação para um defeito entre fases na SE da AES

2.2.1.2 – Função 67P: Essa função enxergará defeitos entre fases até a barra da SE da AES em 22,4 KV.

Caso CE2_01_3F : Tensão de Polarização : 2402 V.

Ajuste : $V_{pol} : 2402 / 101.8 = 23,5 \text{ V.}$

Ângulo : 45 graus.

2.2.1.3 – Função 46 : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CE2_01_1F : Contribuição do circuito 2 – 3(I2) : 216 A.

Ajuste : Pick – Up : $216 / 20 = 10,8 \text{ A.}$

Curva : Tempo Definido.

Tempo : 130 ms.



2.2.1.4 – Broken Conductor : Essa função tentará enxergar o rompimento de uma fase nos circuitos da AES e tentar auxiliar as demais funções de proteção a detectar defeitos assimétricos nesse sistema.

Caso CE2_01_1F : Contribuição do circuito 2 – 3(I2) : 216 A.

Contribuição do circuito 2 - 3 (I1) : 216 A.

Ajuste : Pick – Up : $(I2/I1) = 100 \%$.

Tempo : 550 ms.

REV-1 : Idem ao item 2.1.1.4

2.2.1.5 – Função 32 FP : Essa função será ajustada para o valor de menor demanda através da SE da AES informada pela mesma. Vamos supor nesse caso que haja uma perda e a planta da ULBRA tente alimentar essa carga. O valor informado pela AES para essa condição é de 1298,72 KW.

Condição de Alarme : 536 KW.

Tempo : 1,5 s.

Condição de TRIP : 1300 KW.

Tempo : 3s.

REV – 1 : Idem ao item 2.1.1.5

2.2.1.6 – Função 47 : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV pela unidade de tensão de Seqüência Negativa. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CE2_01_1F : Tensão na Barra 2(V2) : 2525 V .

Ajuste : Pick – Up : $2525 / 101.8 = 24,8 \text{ V}$.

2525 / 208.69 = 12.09 V

Tempo : 350 ms.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.



PLANTA DA ULBRA
USINA DE CANOAS /RS
ESTUDO DE CURTO E
SELETIVIDADE
ORDEM DE COMPRA 210779



2.2.1.7 – Função 59N : Essa função tentará enxergar todos os defeitos assimétricos no sistema da AES em 22,4 KV pela unidade de tensão de Seqüência Zero. Aqui deve-se verificar as contribuições do Sistema da AES para um defeito assimétrico na planta da ULBRA.

Caso CE2_01_1F : Tensão na Barra 2(V0) : 6092 V .

Ajuste : Pick – Up : $6092 / 101.8 = 59,8$ V.

6092 / 208.69 = 29.19 V

Tempo : 450 ms.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.

Nota : A operação dessa função ANSI de proteção está diretamente ligada a instalação e troca dos TP's atuais de conexão em V para uma conexão com 03 TP's em conexão estrela para que a mesma possa possibilitar a medição de tensão de seqüência zero calculada pelo relé F-650.

REV -2 : Com a nova conexão essa função se tornará efetiva complementando a proteção do paralelo contra defeitos à terra na concessionária.

2.2.2 – Definições dos Ajustes para a Condição Operativa 2.2 acima.

Para essa condição vamos novamente tentar enxergar a maior condição de geração em emergência e a menor importação que dê a maior sensibilidade possível para a função 81 por taxa. Do documento STEMAC DE/LG/017.07 tira-se que em condição de Emergência a maior geração se dará para a condição emergencial no período quente com perda de duas máquinas a gás. (Duas máquinas de 938 KVA).

Geração Total :

A Gás : 02 x 1375 KVA + 03 x 938 KVA.

Diesel : 03 x 625 KVA.

Para o cálculo posterior adotam-se os seguintes parâmetros :

Dados dos geradores : $w = 1800$ rpm , 4 pólos.(Geradores de 938 e 625 KVA).

$w = 1200$ rpm , 4 pólos (Gerador de 1375 KVA).

Contantes de Inércia : (Tiradas dos Respective Catálogos).

$J (938 \text{ KVA}) = 23.29 \text{ kgm}^2$

$J(1375 \text{ KVA}) = 26.27 \text{ kgm}^2$

$J(625 \text{ KVA}) = 8.9828 \text{ kgm}^2$.

Fazendo as transformações de impedâncias para a mesma base usa-se em seguida esse valores para se obter o gráfico da figura 5 a seguir, admitindo-se um fator de Potência de operação da planta antes de 0,85 e após a perda da AES de 0,8 respectivamente. Nessa condição vamos supor que a ULBRA irá alimentar novamente uma carga de 536 KW do sistema AES na condição de ilhamento.

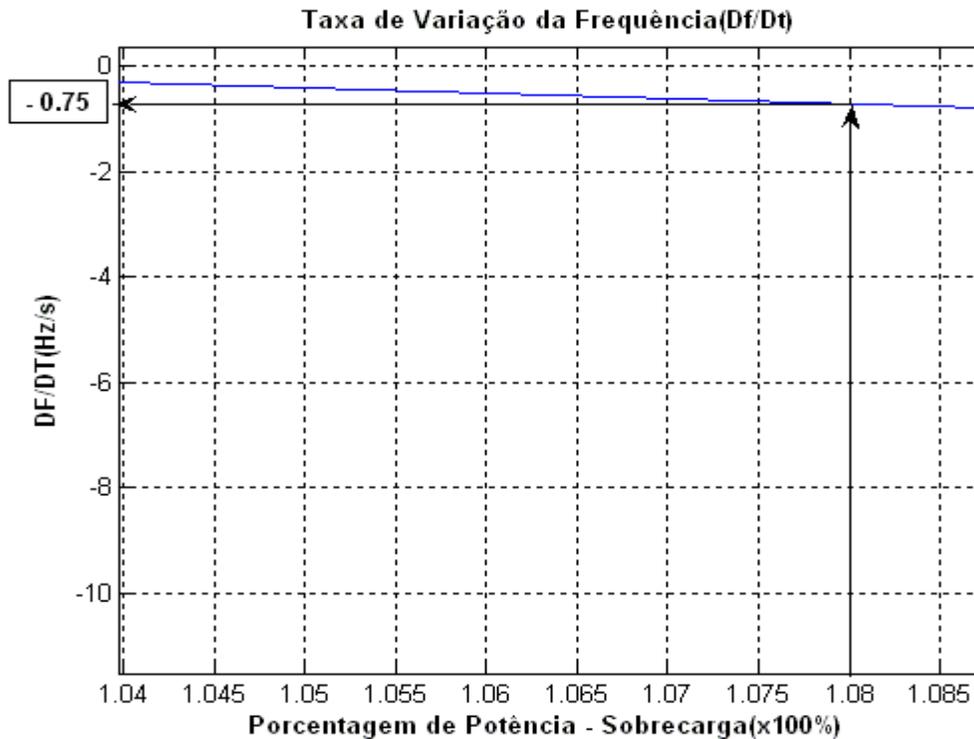


Figura 5 – Gráfico da Taxa de Variação de Frequência (Condição 2).

O mesmo procedimento é adotado para se obter os ajustes da unidade de subtenção para esse evento apresentado na figura 6 a seguir.

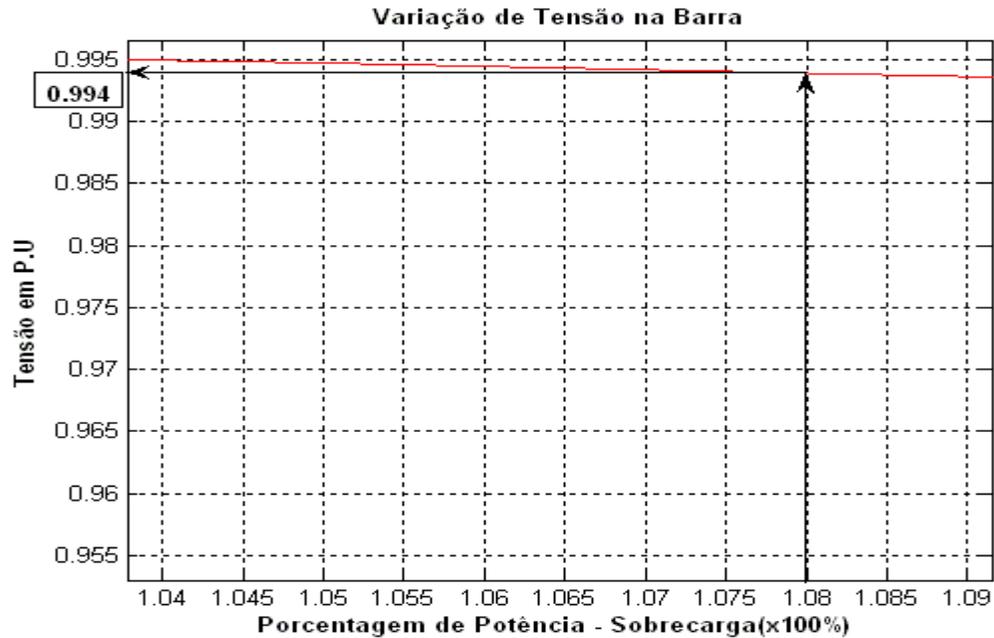


Figura 6 – Gráfico da Tensão – Função 27 (Condição 2).

Ajuste :

81(2) = - 0.75 Hz/s.

Timer(2) = 0.25 s.

27(2) = 0.994 x 220 V = 218.6 V

0.994 x 107.3 V = 106.6 V

Timer(2) = 0.65 s.

REV -2 : Esse ajuste foi alterado devido a troca dos Tp's e de suas conexões.



3 – Comentários e Conclusões do Estudo.

3.1 – Mais uma vez fica claro que os ajustes das proteções do paralelo ficam comprometidas pelo fato de se observar que o intercâmbio entre os dois sistemas será sempre ZERO em grande parte das condições operativas. Nesse caso admitiram-se valores que possam medir uma grande parte dos casos simulados podendo ocorrer uma sensibilidade excessiva devido aos ajustes mais baixos. A Farfilho reitera que a solução efetiva do problema seria a instalação de uma fibra ótica dedicada que enviasse a informação em formato de TRANSFER-TRIP da SE da AES para a ULBRA para abrir o paralelo entre os dois sistemas sempre que houver a perda do alimentador no terminal da mesma.

3.2 – O Relé F-650 deverá operar com dois grupos de ajustes diferentes, ou seja em condição normal de operação e em emergência. A STEMAC deverá informar via uma entrada digital no relé a alteração das condições operativas da planta.

3.3 – A Farfilho reitera a necessidade da troca dos TP's em V na entrada para uma conexão em Estrela (22,4 KV /115 V) com 03 TP's para possibilitar o uso da função 59N por Seqüência Zero que pode ajudar sobremaneira o exposto no item 3.1 acima. Uma vez feito esse passo a Farfilho recalcularia os ajustes que possuem alimentação por tensão assim que possível.

3.4 – A Farfilho recomenda que sejam contactados a GE para a execução de treinamento e informações complementares de ajustes e de operação do relé F-650 junto ao corpo técnico da STEMAC para que sua operacionalidade se dê da melhor forma. Para o estudo em pauta usou-se a versão de software de ajustes do tipo **F650_F2G1_C_V344.650**.

3.5 – A Farfilho ainda não julga necessário habilitar as funções de sub e sobrefrequencia absoluta no projeto em pauta por haver a possibilidade de abertura indevida.