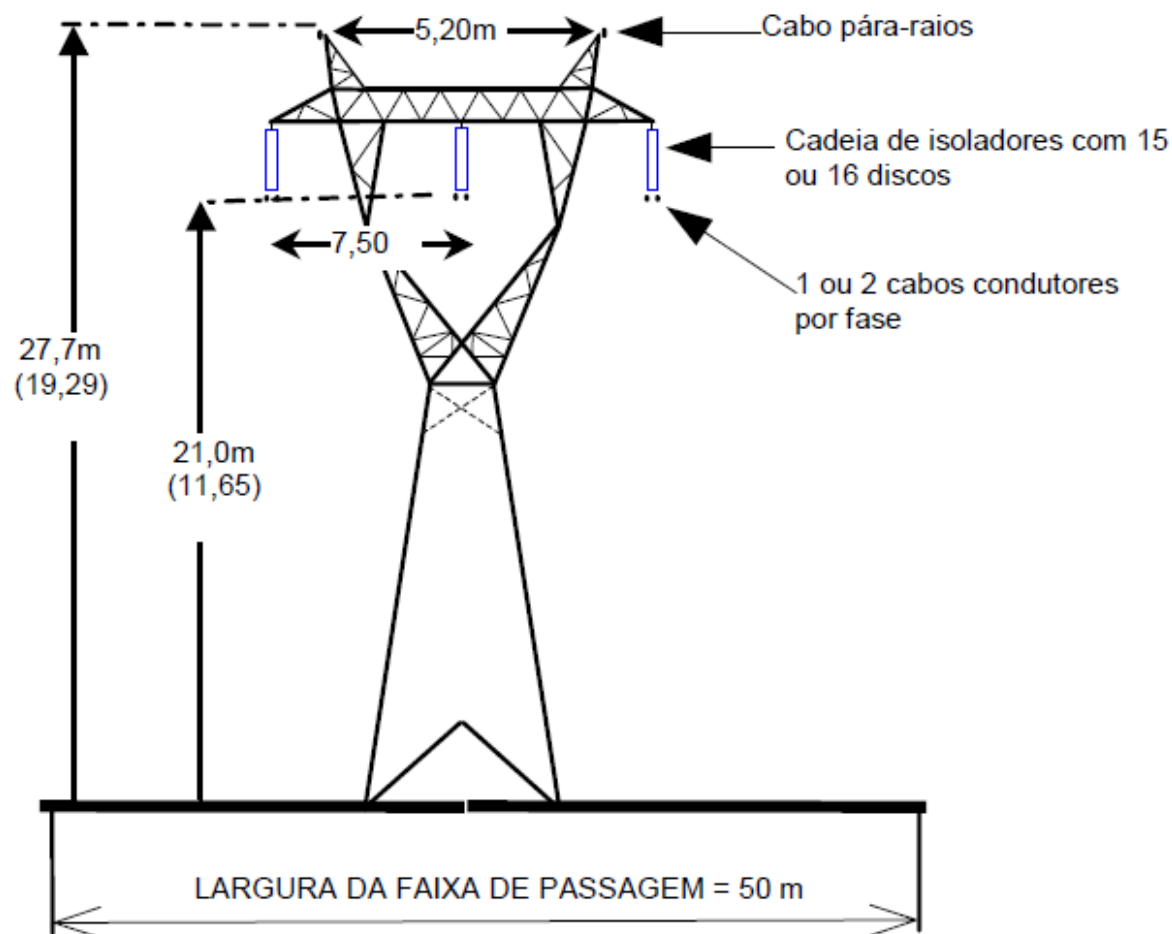


# EXERCÍCIO FLUXO, CURTO (ATP x ANAREDE x ANAFAS)

## Parte 1

Calcular os parâmetros sequenciais de uma linha de 230 kV circuito simples com os dados a seguir, com os valores em  $\Omega/\text{km}$  ou  $\text{nF}/\text{km}$  e % ou MVar:



Condutor: 2 Hen, bundle de 40 cm

Cabo guarda: 3/8" aço

Temperatura de projeto:

75°C condutor

30°C cabo guarda

$$R_2 = R_1(1 + \alpha(T_2 - T_1))$$

Resistividade do solo: 1000  $\Omega\text{m}$

Comprimento: 100 km

Considerar ampacidade com sol com vento

Alturas entre parênteses: meio do vão

## Dados dos cabos fase

### Tabelas do cabo Hen:

Código	Seção			nº de fios x diâmetro		Diâmetro		Massa aproximada		
	Alumínio		Total	Alumínio	Aço	Alma	Condutor	Alumínio	Aço	Total
	(AWG) ou (kcmil)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(kg/km)	(kg/km)
Hen	477,0	241,27	298,13	30 x 3,20	7 x 3,20	9,60	22,42	666,7	441,0	1.107,7

Código	Porcentagem do Peso Total		Carga de Ruptura Nominal	Resistência em C.C. a 20° C
	Alumínio	Aço		
	%	%	(kgf)	(ohm/km)
Hen	60,2	39,8	10.631	0,1201

Código	Bitola (AWG ou kcmil)	Nº de fios	Ampacidade (A)				Resistência C.A. 75°C (ohm/km)	Reatância Indutiva (ohm/km)
			Com Sol Sem Vento	Sem Sol Sem Vento	Com Sol Com Vento	Sem Sol Com Vento		
Hen	477,000	30/7	460	540	660	720	0,1427	0,2635

OBS  $\alpha=0,00403^{\circ}\text{C}^{-1}$

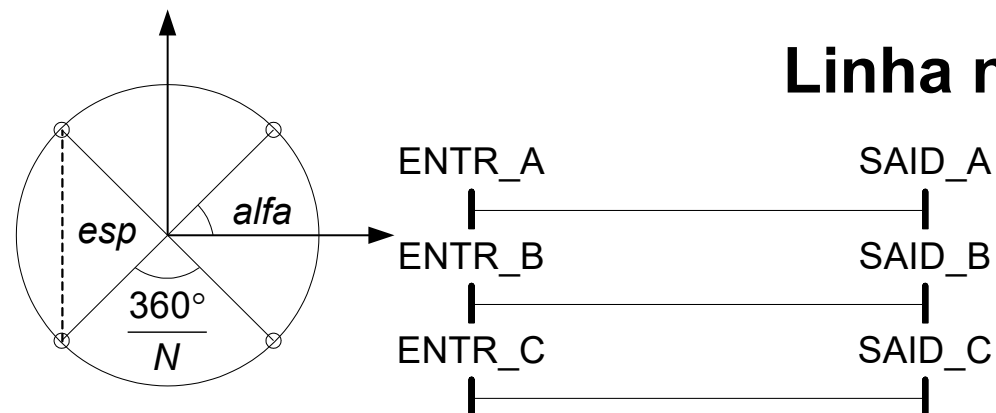
## Dados cabos guarda e roteiro

Dados do cabo-guarda (ou cabo pára-raios):

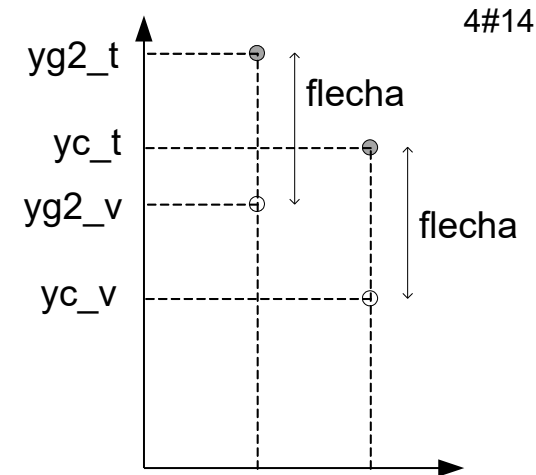
Nome	$R_{cc}(\Omega/\text{km})$	$T_{Rcc} (^{\circ}\text{C})$	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$	Dext(cm)	Dint(cm)	formação
3/8" Aço	4,0389	50	0,00347	0,9525	0	7 fios

Etapas

- 1) Corrigir a resistência CC com a temperatura (condutor e cabo guarda)
- 2) Calcular a relação T/D (condutor e cabo guarda)
- 3) Preencher os dados do LCC template no ATPDraw
- 4) Executar o Line Constants pelo ATPDraw com modelo PI, para obter os parâmetros sequenciais
- 4) Obter o modelo  $\pi$  nominal
- 5) Passar os valores para % e MVar
- 6) Calcular a potência aparente permitida para a linha
- 7) Montar o modelo da linha para o ATP (transposto), Anarede e Anafas



## Linha no ATPDraw



Line/Cable Data: LT230

Model Data Nodes

System type  
Name: LT230 ☐ Template  
Overhead Line ☐ #Ph: 3

☒ Transposed  
☒ Auto bundling  
☒ Skin effect  
☐ Segmented ground  
☐ Real transf. matrix

Units  
☒ Metric  
☐ English

Standard data  
Rho [ohm\*m] 1000  
Freq. init [Hz] 60  
Length [km] 100  
☐ Set length in icon

Model Type  
☒ Bergeron  
☐ PI  
☐ JMarti  
☐ Semlyen  
☐ Noda

Comment: Order: 0 Label: LT230 ☒ Hide

OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

Line/Cable Data: LT230

Model Data Nodes

#	Ph.no	Rin [cm]	Rout [cm]	Resis [ohm/km DC]	Horiz [m]	Vtower [m]	Vmid [m]	Separ [cm]	Alpha [deg]	NB
1	1	0.48	1.121	0.1467	7.5	21	11.65	40	0	2
2	2	0.48	1.121	0.1467	0	21	11.65	40	0	2
3	3	0.48	1.121	0.1467	-7.5	21	11.65	40	0	2
4	0	0	0.47625	3.7586	2.6	27.7	19.29	0	0	0
5	0	0	0.47625	3.7586	-2.6	27.7	19.29	0	0	0

Add row Delete last row Insert row copy

Move



OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

## Arquivo de entrada Line Constants gerado

```

BEGIN NEW DATA CASE
LINE CONSTANTS
$ERASE
BRANCH  ENTR_ASAID_AENTR_BSAID_BENTR_CSAID_C
METRIC
C geometria e dados de condutores
C          ohm/km          cm          m          m          m          cm  graus
C F<skin<ResCC ><X<Reat  ><Dext  ><X horz><Y  torr><Y  mvao><ebund ><alfa>          <n
  10.286  0.1467 4          2.242          7.5          21.          11.65          40.          0.0          2
  20.286  0.1467 4          2.242          0.0          21.          11.65          40.          0.0          2
  30.286  0.1467 4          2.242         -7.5          21.          11.65          40.          0.0          2
  0  0.5  3.7586 4          0.9525          2.6          27.7          19.29          0.0          0.0          0
  0  0.5  3.7586 4          0.9525         -2.6          27.7          19.29          0.0          0.0          0
BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
C DADOS GERAIS          inv          inv
C ohm.m          Hz          CCCCCC ZZZZZZ C  (km)
C ROsolo<freq          ><Fcar          >  es es  es es  ^<compr >          PInT
  1.E3          60.          11  11          100.          44
BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS
$PUNCH
BLANK CARD ENDING LINE CONSTANT
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK CARD

```

**OBS** - O bloco LCC  em Curto\_LT230.acp está desabilitado (hide) mas funciona normalmente (botão Run ATP). A linha foi modelada com o bloco  mas nem seria necessário, pode dar hide nesse bloco e tirar hide do bloco LCC.

## Arquivo de saída Line Constants (trecho)

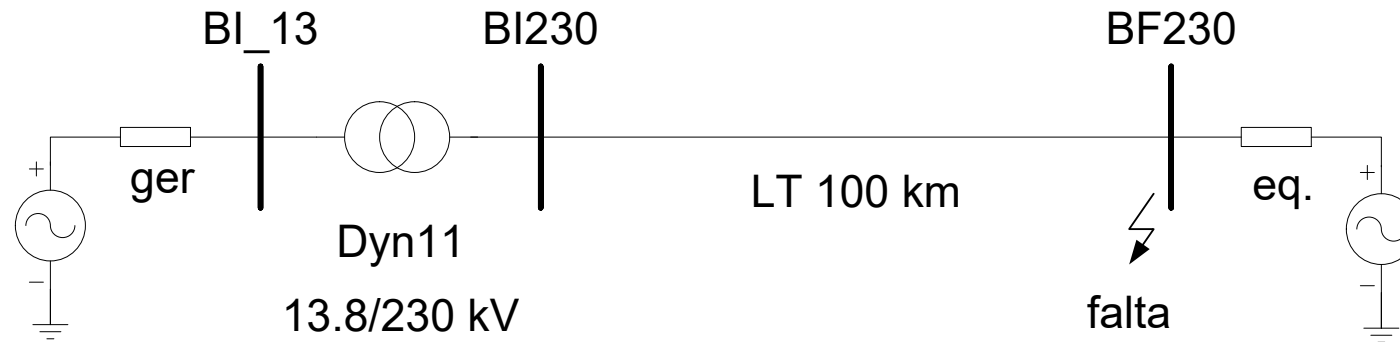
Os parâmetros sequenciais apresentados no arquivo de saída deverão ser (sem atenuação e comprimento de onda):

Sequence	Surge impedance		velocity	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude(ohm)	angle(degr.)	km/sec	ohm/km	ohm/km	mho/km
Zero :	7.48350E+02	-8.59369E+00	1.81643E+05	4.64167E-01	1.50065E+00	2.80486E-06
Positive:	2.98868E+02	-5.49046E+00	2.92512E+05	7.37086E-02	3.79873E-01	4.33217E-06

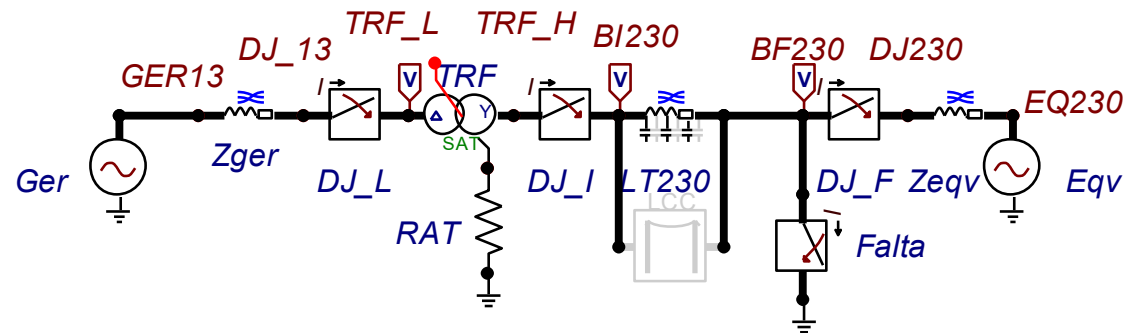
## Parte 2

Usando o programa ATP, verificar as tensões fluxo de potência no início (13.8 e 230 kV) e no fim da linha.

- Trafo 13.8:230 kV Dyn11,  $x=12\%$ ,  $RAT=10\ \Omega$ , 300 MVA
- Equivalente fim da linha  $z1=1+j15\ \Omega$ ,  $z0=1+j25\ \Omega$ , 230 kV
- Gerador 250MVA  $x''d=25\%$ ,  $x0=8\%$  13.8 kV



- Modelagem no ATPDraw (arquivo Curto\_LT230.acp)



**OBS** - O arquivo ATP Draw está com a chave configurada para fluxo regime e curto FT transitório.

# Para verificar o fluxo é necessário abrir o arquivo curto\_lt230.lis e procurar o trecho:

Sinusoidal steady-state phasor solution, branch by branch.  
is printed above the imaginary part, the angle, or "Q".

All flows are away from a bus, and the real part, magnitude, or "P"  
The first solution frequency = 6.00000000E+01 Hertz.

Bus K	Bus M	Phasor node voltage		Phasor branch current		Power flow		Power loss
		Rectangular	Polar	Rectangular	Polar	P and Q		P and Q
GER13A		9758.3742498431	11268.	11983.538687538	12811.677600736	.712349739501E8	.22992026061E-8	
		5634.	30.0000000	4531.4328274275	20.7135163	.116479197738E8	15629323.4780417	
	DJ_13A	10621.340317498	11137.674863249	-11983.53868754	12811.677600736	-.7123497395E8		
		3351.8548923453	17.5145183	-4531.432827427	-159.2864837	.398140370428E7		
GER13B		.6899432197E-12	11268.	-2067.433399674	12811.677600736	.712349739501E8	-.7057678886E-8	
		-11268.	-90.0000000	-12643.76534435	-99.2864837	.116479197738E8	15629323.4780418	
	DJ_13B	-2407.878672179	11137.674863249	2067.4333996739	12811.677600736	-.7123497395E8		
		-10874.27798337	-102.4854817	12643.765344355	80.7135163	.398140370428E7		
GER13C		-9758.374249843	11268.	-9916.105287864	12811.677600736	.712349739501E8	.41036400944E-8	
		5634.	150.0000000	8112.3325169275	140.7135163	.116479197738E8	15629323.4780417	
	DJ_13C	-8213.461645319	11137.674863249	9916.1052878637	12811.677600736	-.7123497395E8		
		7522.4230910208	137.5145183	-8112.332516927	-39.2864837	.398140370428E7		
BI230A		177970.37663968	186596.46163545	758.62719112177	768.70191072169	.709847329978E8	.214074895685E7	
		-56078.37848583	-17.4896140	-124.0460093589	-9.2864688	-.10233033874E8	3529087.0879475	
	BF230A	166340.0662503	185972.85379531	-728.3937951318	755.01400591334	-.68843984041E8		
		-83167.81053159	-26.5644387	198.71745856563	164.7401513	.137621209615E8		
BI230B		-137550.4886916	186596.46163545	-486.7405909038	768.70191072169	.709847329978E8	.214074895685E7	
		-126087.6780481	-137.4896140	-594.9674148336	-129.2864688	-.10233033874E8	3529087.0879475	
	BF230B	-155195.4698226	185972.85379531	536.29126485922	755.01400591334	-.68843984041E8		
		-102470.8177741	-146.5644387	531.44880126029	44.7401513	.137621209615E8		
BI230C		-40419.88794807	186596.46163545	-271.886600218	768.70191072169	.709847329978E8	.214074895685E7	
		182166.05653396	102.5103860	719.01342419255	110.7135312	-.10233033874E8	3529087.0879476	
	BF230C	-11144.59642766	185972.85379531	192.10253027259	755.01400591334	-.68843984041E8		
		185638.62830574	93.4355613	-730.1662598259	-75.2598487	.137621209615E8		



início da linha (fase A): P e Q em amarelo, tensão de pico e ângulo em azul (em cinza no 13.8 kV)  
final da linha (fase A): P e Q em verde, tensão de pico e ângulo em lilás

Como a linha é perfeitamente transposta, os valores são iguais nas fases B e C.

O fluxo no ATP, além do setor “Sinusoidal steady-state phasor solution” (tensões), também pode ser obtido no setor “Output for steady-state phasor switch currents” (fluxos).

Output for steady-state phasor switch currents.

Node-K	Node-M	I-real	I-imag	I-magn	Degrees	Power	Reactive
TRF_HA	BI230A	7.58627191E+02	-1.24046009E+02	7.68701911E+02	-9.2865	7.09847330E+07	-1.02330339E+07
TRF_HB	BI230B	-4.86740591E+02	-5.94967415E+02	7.68701911E+02	-129.2865	7.09847330E+07	-1.02330339E+07
TRF_HC	BI230C	-2.71886600E+02	7.19013424E+02	7.68701911E+02	110.7135	7.09847330E+07	-1.02330339E+07
BF230A	DJ230A	7.28393795E+02	-1.98717459E+02	7.55014006E+02	-15.2598	6.88439840E+07	-1.37621210E+07
BF230B	DJ230B	-5.36291265E+02	-5.31448801E+02	7.55014006E+02	-135.2598	6.88439840E+07	-1.37621210E+07
BF230C	DJ230C	-1.92102530E+02	7.30166260E+02	7.55014006E+02	104.7402	6.88439840E+07	-1.37621210E+07
BF230A		Open	Open	Open	Open	Open	Open
BF230B		Open	Open	Open	Open	Open	Open
BF230C		Open	Open	Open	Open	Open	Open
DJ_13A	TRF_LA	1.19835387E+04	4.53143283E+03	1.28116776E+04	20.7135	7.12349740E+07	-3.98140370E+06
DJ_13B	TRF_LB	-2.06743340E+03	-1.26437653E+04	1.28116776E+04	-99.2865	7.12349740E+07	-3.98140370E+06
DJ_13C	TRF_LC	-9.91610529E+03	8.11233252E+03	1.28116776E+04	140.7135	7.12349740E+07	-3.98140370E+06

SL = 213.7 -j11.944 (MVA)  
SH = 212.95 -j30.699 (MVA)  
SF = 206.53 -j41.286 (MVA)  
VLm = 0.98846 (pu), VLf = 17.515 (graus)  
VHm = 0.99362 (pu), VHf = -17.49 (graus)  
VFm = 0.9903 (pu), VFf = -26.564 (graus)

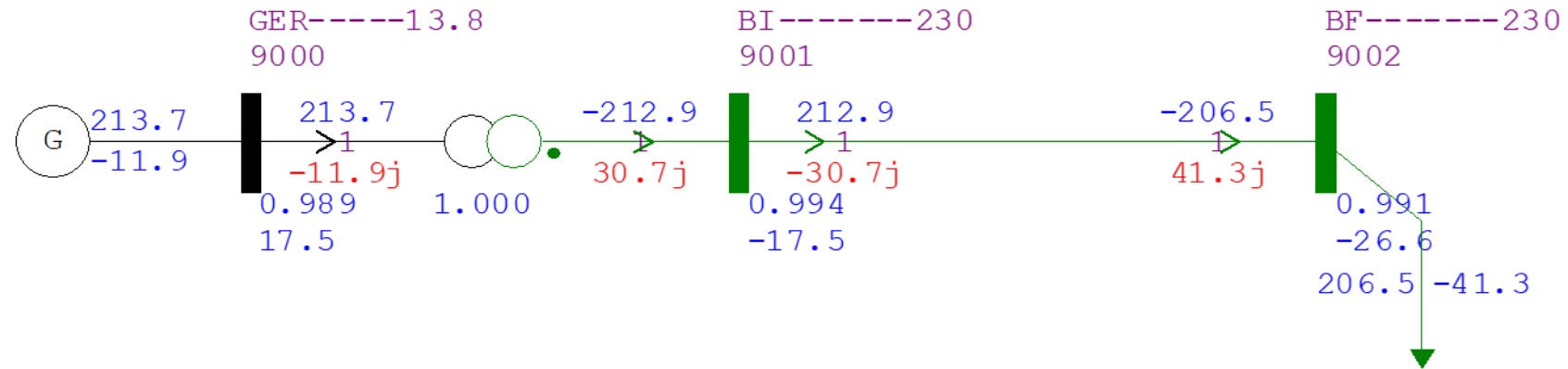
$$S_{MVA} = 3(P_{ATP} + jQ_{ATP})$$

$$V_{pu} = \frac{V_{ATP}}{\sqrt{2}} \sqrt{3} \frac{1}{230}$$

## Parte 3

Usando o programa Anarede, modelar a mesma rede e comparar com o fluxo no ATP.

- Fluxo no Anarede



OBS - Barra 9000 de referência, barra 9002 de carga (definida para 0,990 pu)

Incluída defasagem de 30 graus no trafo (para comparação com ATP)

## Parte 4

Usando o programa ATP, simular um curto circuito trifásico e depois fase terra no fim da linha.  
Testar curto saindo do regime e curto transitório, aplicado após 1 ciclo.

Para curto trifásico já aplicado no início da simulação, usar tempo negativo no fechamento das chaves das 3 fases:

Component: SWIT\_3XT

Attributes

DATA	UNIT	VALUE
T-cl_1	s	-0.01666
T-op_1	s	1
T-cl_2	s	-0.01666
T-op_2	s	1
T-cl_3	s	-0.01666
T-op_3	s	1
Imar	Amps	0

NODE	PHASE	NAME
IN1	ABC	BF230
OUT1	ABC	

Copy Paste Reset Order: 0 Label: Falta

Comment: Falta

Output

1 - Current

Hide

Edit definitions OK Cancel Help

Para curto fase-terra, T-cl\_2 e T-cl\_3 devem ser valores grandes (não fecha nunca), por exemplo: 1.0

Para curto fase terra em regime usar, por exemplo:

T-cl\_1=-0.01666, T-cl\_2=1.0 e T-cl\_3=1.0

Para curto fase terra transitório usar, por exemplo:

T-cl\_1=0.01666, T-cl\_2=1.0 e T-cl\_3=1.0

O curto trifásico em regime pode ser obtido no arquivo .lis ou no plotxy:

No arquivo lis, procurar a corrente de pico da chave BF230A para terra (amarelo):

Output for steady-state phasor switch currents.

Node-K	Node-M	I-real	I-imag	I-magn	Degrees	Power	Reactive
TRF_HA	BI230A	1.22949718E+02	-1.66398410E+03	1.66852021E+03	-85.7742	1.03668816E+07	5.31586731E+07
TRF_HB	BI230B	-1.50252736E+03	7.25514469E+02	1.66852021E+03	154.2258	1.03668816E+07	5.31586731E+07
TRF_HC	BI230C	1.37957764E+03	9.38469627E+02	1.66852021E+03	34.2258	1.03668816E+07	5.31586731E+07
BF230A	DJ230A	5.51236323E+03	1.12095516E+04	1.24916050E+04	63.8141	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230B	DJ230B	6.95157483E+03	-1.03786224E+04	1.24916050E+04	-56.1859	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230C	DJ230C	-1.24639381E+04	-8.30929204E+02	1.24916050E+04	-176.1859	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230A		-5.39108870E+03	-1.28875173E+04	1.39696793E+04	-112.7005	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230B		-8.46537303E+03	1.11125784E+04	1.39696793E+04	127.2995	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230C		1.38564617E+04	1.77493888E+03	1.39696793E+04	7.2995	0.00000000E+00	0.00000000E+00

Para curto fase terra, a corrente de pico é o valor em verde:

Output for steady-state phasor switch currents.

Node-K	Node-M	I-real	I-imag	I-magn	Degrees	Power	Reactive
TRF_HA	BI230A	3.94749678E+02	-1.41952065E+03	1.47338596E+03	-74.4595	3.22824407E+07	7.29385687E+07
TRF_HB	BI230B	-3.41682787E+02	-6.29314253E+02	7.16089070E+02	-118.4995	5.88816859E+07	-1.50562111E+07
TRF_HC	BI230C	-1.26828797E+02	6.84666586E+02	6.96314496E+02	100.4946	6.40786704E+07	-5.39245767E+06
BF230A	DJ230A	4.70462028E+03	9.10546799E+03	1.02490487E+04	62.6755	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230B	DJ230B	-3.91370335E+02	-5.70514873E+02	6.91851111E+02	-124.4499	6.08096132E+07	-3.59832385E+07
BF230C	DJ230C	-4.71816008E+01	6.91100188E+02	6.92708866E+02	93.9055	7.07700759E+07	9.46013745E+06
BF230A		-4.31732174E+03	-1.05546549E+04	1.14035085E+04	-112.2467	0.00000000E+00	0.00000000E+00
BF230B		Open	Open	Open	Open	Open	Open
BF230C		Open	Open	Open	Open	Open	Open

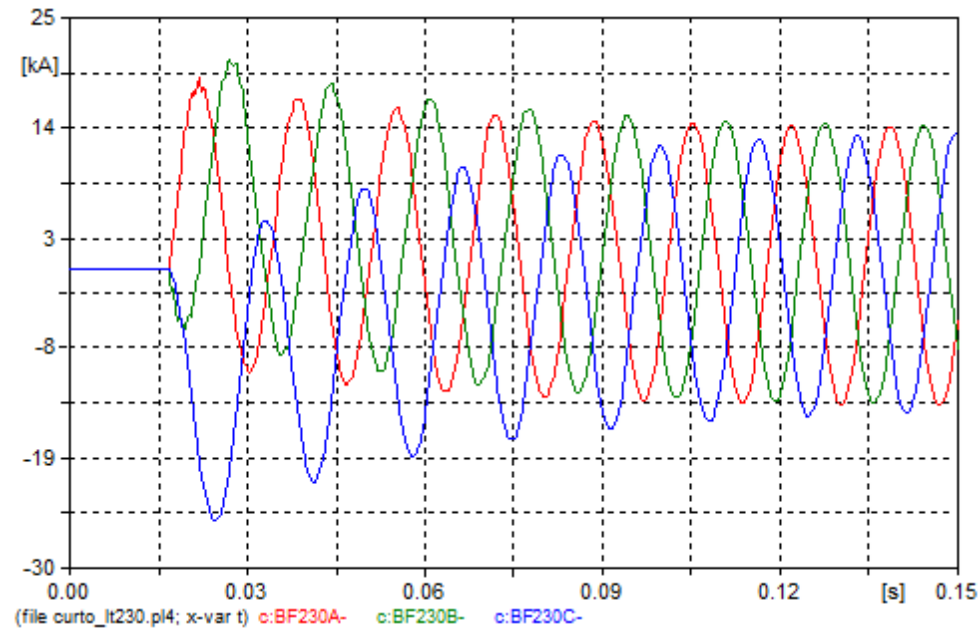
• Curto no ATP

Vth = 0.9903  
Iccabc = 9.9748 (kA) corrigido para 1 pu  
Iccat = 8.1425 (kA) corrigido para 1 pu

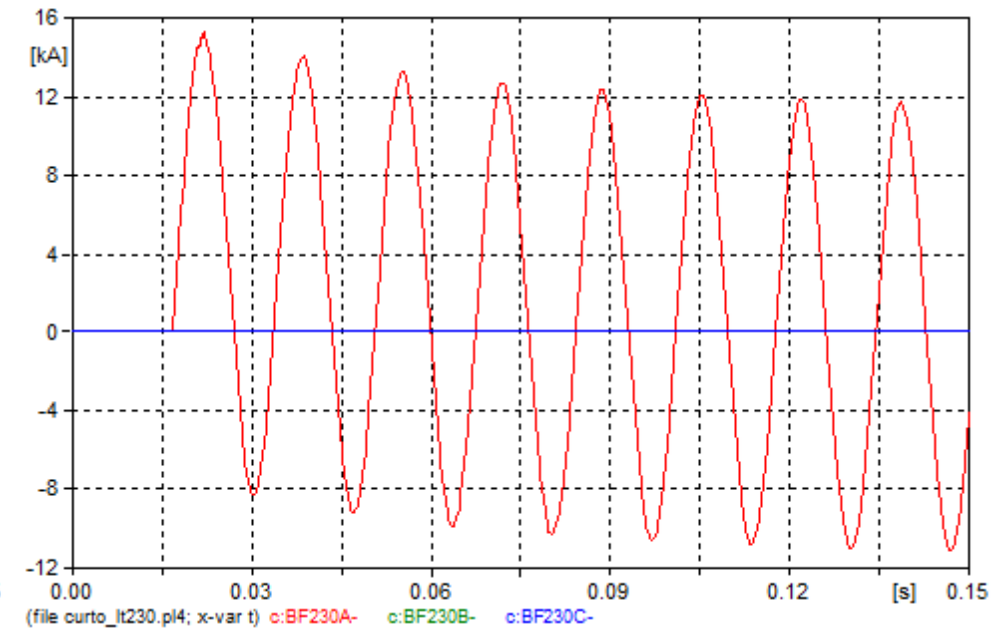
$$I_{CC_{kA}} = \frac{I_{CC_{ATP}}}{\sqrt{2}} \frac{1}{V_{th}}$$

# Curto transitório

## Trifásico



## Fase terra



# Parte 5

Usando o programa Anafas, simular um curto circuito fase terra no fim da linha e comparar com o curto no ATP. Os resultados são ligeiramente diferentes dos obtidos no ATP pois o Anafas não considera a capacitância da linha.

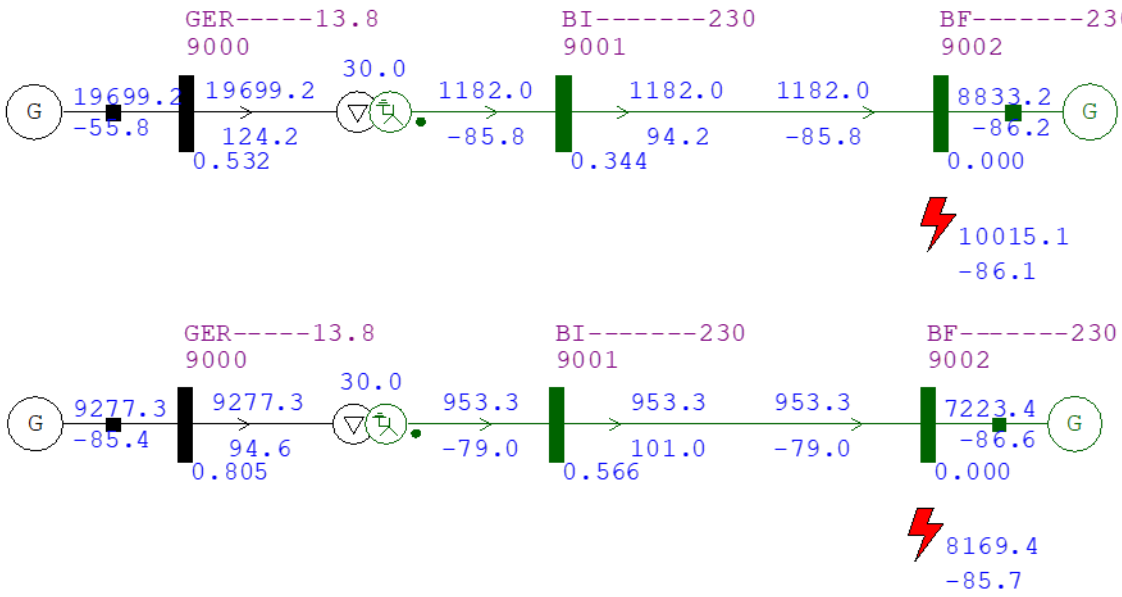
- Curto Anafas (análise, relatórios, relatórios calculados, níveis de curto, seleciona barra 9902)

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
ANAFAS - Programa de Análise de Falhas Simultâneas

Pag. 1

RELATÓRIO DE NÍVEIS DE CURTO-CIRCUITO

IDENTIFICAÇÃO			T R I F Á S I C O				M O N O F Á S I C O				B I F Á S I C O - T E R R A			
NUM.	NOME	VBAS	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	ASSM (kA)	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	ASSM (kA)	MOD (kA)	ANG (gr)	X/R	ASSM (kA) F
9002	BF-----	230	230.0	10.02	-86.14	14.82	25.62	8.17	-85.70	13.29	20.67	9.38	162.28	14.30 23.90 B



Curto Trifásico na tela  
(CTRL + click na barra 9902, escolhe trifásico-terra ou trifásico)

Curto Fase-terra na tela  
(CTRL + click na barra 9902, escolhe fase A-terra)