

**Examen de S.E.P.**

18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

---

El sistema representado en el diagrama unifilar de la figura consta de dos generadores con sus correspondientes transformadores, que no aparecen en el diagrama porque sus reactancias son muy pequeñas y pueden ser despreciadas a efectos de caídas de tensión, permitiendo reducir la dimensión de las matrices a usar. Tiene sendas demandas d1 y d2 en los nudos 1 y 3.

1. Representar el **diagrama unifilar de reactancias** de la red de secuencia homopolar donde aparezcan todos los componentes del S,E,P. , incluidos los transformadores, en ohmios, modelando las líneas en corta longitud.
2. Calcular la **matriz de admitancias nodales** de los 3 nudos teniendo en cuenta tanto la parte resistiva como la inductiva, mediante el método de construcción de matrices elementales.
3. Calcular la **Zbus** del sistema completo (con las reactancias subtransitorias de los generadores), despreciando la parte real de las líneas; e incluyendo juntas las reactancias de generadores y trafos para reducir la dimensión de la matriz a 3x3; tanto para la secuencia directa como para la homopolar.
4. **Flujos de potencia activa y reactiva** representadas en sendos diagramas unificares, así como las demandas d1 y d2.
5. **Pérdidas de activa y reactiva** en las líneas para el estado de cargas indicado, representadas en un diagrama unifilar.
6. **Falta simétrica subtransitoria** por una descarga atmosférica en el nudo 3 y potencia reactiva cedida por los generadores hacia dicha falta.
7. Se produce una **falta fase-fase a tierra en el nudo 3** con una impedancia de falta  $Z_f = 0.01j$  p.u. Calcule las tensiones en el punto del fallo y la intensidad por el neutro de los transformadores.
8. **Ecuación ángulo-potencia del generador 2**, con el nivel de carga obtenido en el apartado de potencias para el nudo 3.

**Datos:**

Bases del sistema:

$$S_B = 1200 \text{ MVA}; V_B = 110 \text{ kV. (A.T.)}; V_B = 12 \text{ kV. (B.T.)};$$

**Generadores 1y 2:** $S_n = 1000 \text{ MVA}; V_n = 12 \text{ kV}; X_d = 0.12 \Omega.; X_d'' = X_d/5; X_0 = 0.012 \text{ p.u.};$  conexión Y con  $X_n =$

## Examen de S.E.P.

18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

 $X_d/10$ .**Transformadores 1 y 2:**

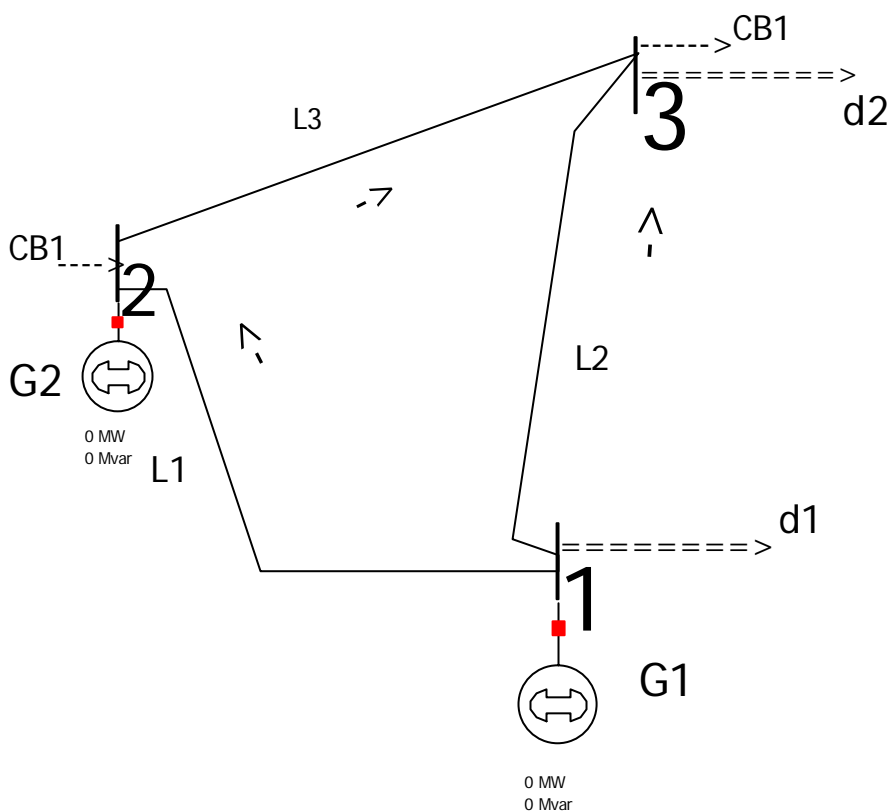
$S_n = 1200$  MVA; dY-30°; 12/110 kV; reactancia de dispersión despreciable; neutro de Y a tierra con  $Z_n$  de  $1j \Omega$ .

La **reactancia homopolar** de las líneas se puede considerar de **valor triple** a la reactancia de secuencia directa. Para el cálculo de las faltas, habrá que tener en cuenta las reactancias subtransitorias de los generadores, si es que fuesen distintas de las del régimen permanente. Ejecutando un programa de flujo de cargas, se conocen las siguientes tensiones y potencias inyectadas en los nudos (módulos en p.u. y ángulos en radianes.):

<b>V(1)</b>	1.0	0
<b>V(2)</b>	1.0	0.0447
<b>V(3)</b>	0.9618	-0.0099

La información con la que se cuenta de las líneas es la siguiente:

Nº Línea	Z (p.u.)	Y/2 shunt (Siemens)
1-2	$0.002 + j0.09$	0.0
2-3	$0.2 + j0.1$	0.0
1-3	$0.001 + j0.09$	0.0



**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

---

Solución:

Ybus =

0.3702	-22.2154i	-0.2468	+11.1056i	-0.1234	+11.1097i
-0.2468	+11.1056i	4.2468	-13.1056i	-4.0000	+ 2.0000i
-0.1234	+11.1097i	-4.0000	+ 2.0000i	4.1234	-13.1097i

Y la solución al flujo de cargas es:

delta =

0
0.0447
-0.0099

V =

1.0000
1.0000
0.9618

Pflujo =

0	-0.4961	0.1101
0.4966	0	0.2634
-0.1099	-0.2461	0

Qflujo =

0	0.0221	0.4235
---	--------	--------

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

0.0001	0	-0.1306
-0.4063	0.1393	0

Pperdida =

0	0.0005	0.0002
0.0005	0	0.0173
0.0002	0.0173	0

Qperdida =

0	0.0222	0.0172
0.0222	0	0.0086
0.0172	0.0086	0

Piny =

-0.3860	0.7600	-0.3560
---------	--------	---------

Qiny =

0.4456	-0.1306	-0.2670
--------	---------	---------

Iflujo =

0	-0.4961 - 0.0221i	0.1101 - 0.4235i
0.4966 - 0.0001i	0	0.2634 + 0.1306i
-0.1143 + 0.4224i	-0.2559 - 0.1448i	0

A continuación se muestran las intensidades que circulan por las ramas paralelo

Ip =

0	0	0
0	0	0
0	0	0

A continuación se muestran las intensidades que circulan por las ramas serie

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

Is =

$$\begin{matrix} 0 & -0.4961 - 0.0221i & 0.1101 - 0.4235i \\ 0.4961 + 0.0221i & 0 & 0.2573 + 0.1423i \\ -0.1101 + 0.4235i & -0.2573 - 0.1423i & 0 \end{matrix}$$

**CÁLCULO DE LAS TENSIONES E INTENSIDADES EN LOS FALLOS SIMÉTRICOS**

Teclée el nombre del Fichero de Datos,Pulse Enter y posteriormente escriba "return"

sep07cc  
K» return

Zbus =

$$\begin{matrix} 0 + 0.1184i & 0 + 0.0816i & 0 \\ 0 + 0.0816i & 0 + 0.1184i & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Zbus =

$$\begin{matrix} 0 + 0.1132i & 0 + 0.0868i & 0 + 0.1007i \\ 0 + 0.0868i & 0 + 0.1132i & 0 + 0.0993i \\ 0 + 0.1007i & 0 + 0.0993i & 0 + 0.1474i \end{matrix}$$

El programa ha calculado estas Zbuses para utilizarlas ahora como datos de entrada para poder calcular las tensiones e intensidades en los fallos simétricos.

Introduzca la tensión de fallo en p.u.:

1

Vf =

1

La posición del elemento i en el vector If representa la corriente subtransitoria cuando falla i

If =

$$0 - 8.8304i \quad 0 - 8.8304i \quad 0 - 6.7840i$$

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

La posición del elemento (i,j) en la matriz Vfallo representa la tension del nudo j cuando falla i

Vfallo =

0	0.2339	0.1108
0.2339	0	0.1231
0.3169	0.3263	0

La posición del elemento (i,j) en la matriz Ifmn representa la aportación de corriente desde el nudo j hacia i cuando falla i

Ifmn =

0	0 - 2.5992i	0 - 1.2312i
0 - 2.5992i	0	0 - 1.2312i
0 - 3.5208i	0 - 3.2633i	0

**FALLO ASIMETRICO**

Datos del Sistema

Introduzca el número de nudos: 3

Introduzca el número de generadores: 2222

Introduzca el número de trafos: 0

Introduzca el número de líneas: 0

confirmar: (Si=1 / No=0) 0

Introduzca el número de nudos: 3

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

---

Introduzca el número de generadores: 2

Introduzca el número de trafos: 2

Introduzca el número de líneas: 5

confirmar: (Si=1 / No=0) 0

Introduzca el número de nudos: 5

Introduzca el número de generadores: 2

Introduzca el número de trafos: 2

Introduzca el número de líneas: 3

confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Generador nº:1

Introduzca el nudo del generador: 4

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0.2

Introduce el valor de X0 en (p.u.): 0.0144

Introduce el valor de Xn en (p.u.): 0.1

confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Generador nº:2

Introduzca el nudo del generador: 5

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0.2

Introduce el valor de X0 en (p.u.): 0.0144

Introduce el valor de Xn en (p.u.): 0.1

confirmar: (Si=1 / No=0) 1

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

---

Trafo nº:1

¿Cual es el nudo de B.T. del Trafo? :4

¿Cual es el nudo de A.T. del Trafo: 1

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0

Introduce el valor de  $X_n+X_N$  (sólo para conexión Y) en (p.u.): 0.09918

Seleccione :YY "Aterrizado": 1; dY/yD "Aterrizado": 2/3; DY/DD: 4 ? 2

Introduce el valor del ángulo de desfase BT-AT :30

Confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Trafo nº:2

¿Cual es el nudo de B.T. del Trafo? :5

¿Cual es el nudo de A.T. del Trafo: 2

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0

Introduce el valor de  $X_n+X_N$  (sólo para conexión Y) en (p.u.): 0.09918

Seleccione :YY "Aterrizado": 1; dY/yD "Aterrizado": 2/3; DY/DD: 4 ? 2

Introduce el valor del ángulo de desfase BT-AT :30

Confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Datos de las líneas

Nudo de cabecera de línea : 1

Nudo de final de línea: 2

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0.09

Introduce el valor de X0 en (p.u.): 0.27

Confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Nudo de cabecera de línea : 2



**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

Nudo de final de línea: 3

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0.1

Introduce el valor de X0 en (p.u.): 0.3

Confirmar: (Si=1 / No=0) 1

Nudo de cabecera de línea : 1

Nudo de final de línea: 3

Introduce el valor de X1 en (p.u.): 0.09

Introduce el valor de X0 en (p.u.): 0.27

Confirmar: (Si=1 / No=0) 1

nº	de	hasta	x1	x2	x0	xn
tipo	ángulo					

terna =

Columns 1 through 7

1.0000	4.0000	0	0.2000	0.2000	0.0144	0.1000
2.0000	5.0000	0	0.2000	0.2000	0.0144	0.1000
3.0000	4.0000	1.0000	0	0	0	0.0992
4.0000	5.0000	2.0000	0	0	0	0.0992
5.0000	1.0000	2.0000	0.0900	0.0900	0.2700	0
6.0000	2.0000	3.0000	0.1000	0.1000	0.3000	0
7.0000	1.0000	3.0000	0.0900	0.0900	0.2700	0

Columns 8 through 9

0	0
0	0
2.0000	30.0000
2.0000	30.0000
0	0
0	0
0	0

Zbus0 =

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

Columns 1 through 4

$0 + 0.1837i$	$0 + 0.1137i$	$0 + 0.1506i$	$0 + 0.0001i$
$0 + 0.1137i$	$0 + 0.1837i$	$0 + 0.1469i$	$0 + 0.0000i$
$0 + 0.1506i$	$0 + 0.1469i$	$0 + 0.2909i$	$0 + 0.0000i$
$0 + 0.0001i$	$0 + 0.0000i$	$0 + 0.0000i$	$0 + 0.3143i$
$0 + 0.0000i$	$0 + 0.0001i$	$0 + 0.0000i$	$0 + 0.0000i$

Column 5

$0 + 0.0000i$   
 $0 + 0.0001i$   
 $0 + 0.0000i$   
 $0 + 0.0000i$   
 $0 + 0.3143i$

Zbus1 =

Columns 1 through 4

$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1007i$	$0 + 0.1132i$
$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.0868i$
$0 + 0.1007i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.1474i$	$0 + 0.1007i$
$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1007i$	$0 + 0.1132i$
$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.0868i$

Column 5

$0 + 0.0868i$   
 $0 + 0.1132i$   
 $0 + 0.0993i$   
 $0 + 0.0868i$   
 $0 + 0.1132i$

Zbus2 =

Columns 1 through 4

$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1007i$	$0 + 0.1132i$
$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.0868i$
$0 + 0.1007i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.1474i$	$0 + 0.1007i$
$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1007i$	$0 + 0.1132i$
$0 + 0.0868i$	$0 + 0.1132i$	$0 + 0.0993i$	$0 + 0.0868i$

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

Column 5

0 + 0.0868i  
0 + 0.1132i  
0 + 0.0993i  
0 + 0.0868i  
0 + 0.1132i

1: Falta monofásica a tierra  
2: Falta línea a línea  
3: Falta bifásica a tierra  
Seleccione el tipo de fallo a calcular:

3

Tensión de fallo en p.u.: 1

Impedancia de fallo en p.u.: 0.01

Introduzca nº de nudos que pertenecen a un grupo de tensiones: [1;2;3]

Introduzca nº de nudos que pertenecen al otro grupo de tensiones :[4;5]

**RESULTADOS DE LAS TENSIONES EN LAS FALTAS MONOFÁSICAS A TIERRA**

Vfalta\_a =

1.1462	1.0559	1.1034	0.6745	0.7283
1.0559	1.1462	1.0987	0.7283	0.6745
1.0683	1.0652	1.1966	0.7676	0.7701
0.7287	0.7700	0.7461	1.2708	0.8832
0.7700	0.7287	0.7483	0.8832	1.2708

angle\_a =

0.1718	0.0713	0.1262	-0.2816	9.0393
0.0713	0.1718	0.1209	9.0393	-0.2816
0.0504	0.0482	0.1295	11.8157	12.1372
-0.1444	-8.8434	-4.3844	0.1300	-0.0807
-8.8434	-0.1444	-4.8428	-0.0807	0.1300

Vfalta\_b =

0.0236	0.2734	0.1345	0.0235	0.2368
--------	--------	--------	--------	--------

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

0.2734	0.0236	0.1483	0.2368	0.0235
0.3576	0.3677	0.0138	0.3178	0.3272
0.7392	0.7776	0.7552	0.0107	0.4922
0.7776	0.7392	0.7572	0.4922	0.0107

angle\_b =

157.1142	-133.9437	-138.8910	-172.8564	-94.3285
-133.9437	157.1142	-137.9799	-94.3285	-172.8564
-130.6488	-130.5064	154.7034	-91.6810	-91.6100
179.9242	-171.4048	-175.8590	154.6240	-155.7035
-171.4048	179.9242	-175.4021	-155.7035	154.6240

Vfalta\_c =

0.0236	0.2649	0.1262	0.6508	0.7116
0.2649	0.0236	0.1400	0.7116	0.6508
0.3532	0.3633	0.0138	0.7590	0.7617
0.0108	0.2347	0.1120	0.0107	0.4799
0.2347	0.0108	0.1242	0.4799	0.0107

angle\_c =

37.1142	126.7860	121.1339	179.4502	170.1494
126.7860	37.1142	122.2022	170.1494	179.4502
127.8461	127.8241	34.7034	167.7943	167.4760
4.5950	87.9979	85.1198	34.6240	154.8745
87.9979	4.5950	85.6634	154.8745	34.6240

A continuación se visualizarán las intensidades en las faltas monofasicas a tierra

Pulse INTRO para continuar

Aportaciones de los nudos adyacentes -sec. homopolar-

Ifmn0 =

Columns 1 through 4

0	-0.0126 + 0.5380i	-0.0060 + 0.2548i	-0.0301 + 1.2808i
-0.0126 + 0.5380i	0	-0.0060 + 0.2548i	0
-0.0098 + 0.7120i	-0.0090 + 0.6577i	0	0

**Examen de S.E.P.**  
18/09/07

c:\SEP\exam\_SEP\_sep07.wpd

---

0	0	0	0
0	0	0	0

Column 5

0  
-0.0301 + 1.2808i  
0  
0  
0

Aportaciones de la tierra al nudo que falla.

If00 =

Columns 1 through 4

-0.0301 + 1.2808i   -0.0301 + 1.2808i   0   -0.0143 + 1.3464i

Column 5

-0.0143 + 1.3464i