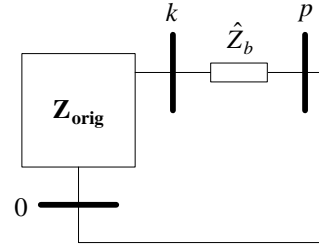
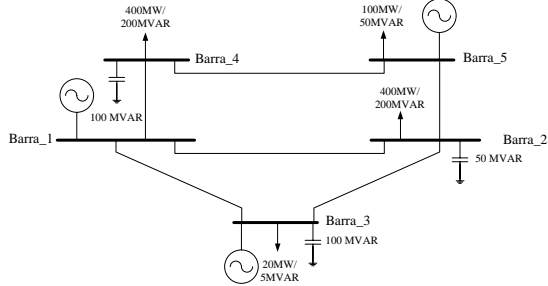


Examen Parcial de Sistemas de Potencia 2-2007

Problema #1 [4 Pts]. Supóngase que se tiene un sistema de potencia modelado por una matriz impedancia de barra Z_{orig} , supóngase que desde la barra k (ya incluida en la matriz original), se desea agregar un elemento de valor \hat{Z}_b entre la barra k y de referencia. Deducir las expresiones asociadas para poder incluir el nuevo elemento en la matriz impedancia de barra.



Problema #2. Considere el siguiente sistema de potencia.



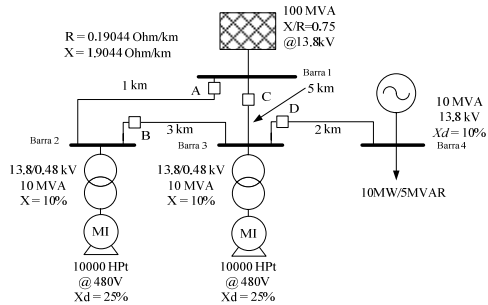
DATOS DE LINEAS							
Barra Ini.	Barra Fin	MVA	Long (Km)	r (ohm/km)	x (ohm/km)	g (us/km)	b (nF/km)
BARRA_1	BARRA_2	100.0	1.0	2.645	5.290	0.000	528.394
BARRA_1	BARRA_3	100.0	1.0	1.322	3.967	0.000	368.444
BARRA_2	BARRA_3	100.0	1.0	1.653	3.306	0.000	400.275
BARRA_1	BARRA_4	100.0	1.0	2.645	5.290	0.000	528.394
BARRA_4	BARRA_5	100.0	1.0	1.322	3.967	0.000	400.275
BARRA_2	BARRA_5	100.0	1.0	1.653	3.306	0.000	368.444

DATOS DE LAS BARRAS				
Barra	Tension (KV)	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Shunt (MVAR)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00	0.00
BARRA_2	115.0	400.00	200.00	50.00
BARRA_3	115.0	25.00	5.00	100.00
BARRA_4	115.0	400.00	200.00	100.00
BARRA_5	115.0	100.00	50.00	0.00

Tomar de base: 100 MVA y 115 kV en el sistema de transmisión

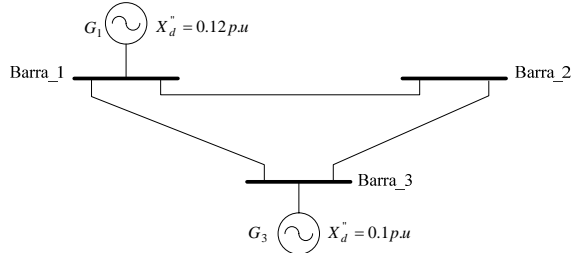
- 2.1. Construir la matriz admitancia de barra [1 pt].
- 2.2. Construir la matriz admitancia de barra, considerando LA ADMITANCIA SHUNT DE LAS LINEAS DE TRANSMISION [2 pts].
- 2.2. Construir la matriz admitancia de barra, considerando la admitancia shunt de las líneas de transmisión, y REACTORES SHUNT [2 pts].
- 2.3. Calcular el valor de la impedancia de las cargas EN MODELO SERIE. Construir la matriz admitancia de barra, considerando la admitancia shunt de las líneas de transmisión, los reactores series y LAS CARGAS [2 pts].

Problema #3. Dado el siguiente sistema de potencia.



- Considere que los interruptores A, B, C y D pueden estar abiertos o cerrados de acuerdo a configuraciones operativas de la red.
- 3.1. Determine en la configuración de la que aporta los mayores niveles de cortocircuito en la Barra 3. [2pts]
 - 3.2. Determine la configuración de la red que aporta los segundos mas altos niveles de cortocircuito en la Barra 3, y en esta condición, cual es la contribución de corriente que entrega el sistema exterior. [2 pts]

Problema #4. Considere el siguiente sistema de potencia.



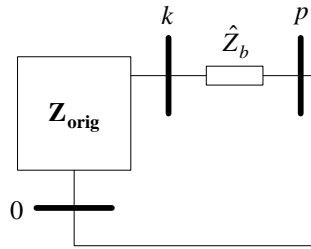
DATOS DE BARRAS				
Barra	Tension (KV)	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Shunt (MVAR)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00	0.00
BARRA_2	115.0	400.00	200.00	0.00
BARRA_3	115.0	0.00	0.00	0.00

DATOS DE LINEAS					
Barra Ini.	Barra Fin	MVA	Long (Km)	r (p.u)	x (p.u)
BARRA_1	BARRA_2	100.0	1.0	0.020	0.040
BARRA_1	BARRA_3	100.0	1.0	0.010	0.030
BARRA_2	BARRA_3	100.0	1.0	0.0125	0.025

- 4.1. Construir paso a paso la matriz impedancia de barra. Pasos: 01, 12, 03, 23 [4pts].
- 4.2. Determinar la corriente de cortocircuito en la barra 1. Considere el sistema en vacío a condiciones nominales [1pt].

Apellidos: _____
 Nombres: _____
 Cedula: _____

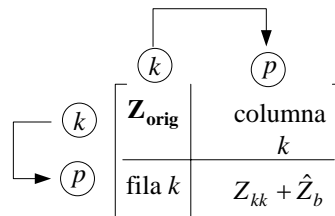
Problema #1 [4 Pts]. Supóngase que se tiene un sistema de potencia modelado por una matriz impedancia de barra \mathbf{Z}_{orig} , supóngase que desde la barra k (ya incluida en la matriz original), se desea agregar un elemento de valor \hat{Z}_b entre la barra k y de referencia.



Deducir las expresiones asociadas para poder incluir el nuevo elemento en la matriz impedancia de barra.

Resolución Problema 1

Se procede al igual que agregar un elemento entre una barra existente k , y una barra nueva p , con la salvedad de que la barra p es referencia.



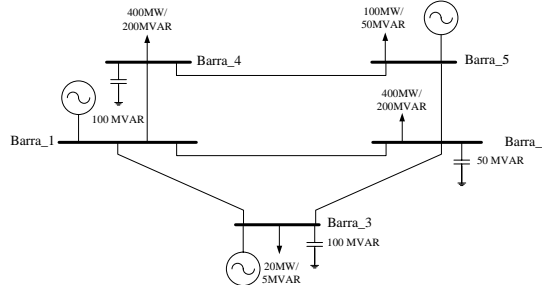
Se procede a quitar la fila p por la reducción de Kron.

Problema #2. Considere el siguiente sistema de potencia.

DATOS DE LINEAS							
Barra Ini.	Barra Fin	MVA	Long (Km)	r (ohm/km)	x (ohm/km)	g (us/km)	b (nF/km)
BARRA_1	BARRA_2	100.0	1.0	2.645	5.290	0.000	528.394
BARRA_1	BARRA_3	100.0	1.0	1.322	3.967	0.000	368.444
BARRA_2	BARRA_3	100.0	1.0	1.653	3.306	0.000	400.275
BARRA_1	BARRA_4	100.0	1.0	2.645	5.290	0.000	528.394
BARRA_4	BARRA_5	100.0	1.0	1.322	3.967	0.000	400.275
BARRA_2	BARRA_5	100.0	1.0	1.653	3.306	0.000	368.444

DATOS DE LAS BARRAS				
Barra	Tensión (KV)	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Shunt (MVAR)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00	
BARRA_2	115.0	400.00	200.00	50.00
BARRA_3	115.0	25.00	5.00	100.00
BARRA_4	115.0	400.00	200.00	100.00
BARRA_5	115.0	100.00	50.00	

Tomar de base: 100 MVA y 115 kV en el sistema de transmisión



Resolución Problema 2

Se procede al cálculo de los valores por unidad, tomando como base 100 MVA y 115 kV en el sistema de transmisión.

Se procede al cálculo de los valores por unidad de las cargas, considerando:

$$P[p.u.] = \frac{P[MW]}{S_{base}[MVA]} \quad Q[p.u.] = \frac{Q[MVAR]}{S_{base}[MVA]} \quad Q_c[p.u.] = \frac{Q_c[MVAR]}{S_{base}[MVA]}$$

DATOS DE LAS BARRAS				
Barra	Tensión (KV)	Carga (p.u)	Carga (p.u)	Shunt (p.u)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00	
BARRA_2	115.0	4.00	2.00	0.500
BARRA_3	115.0	0.25	0.05	1.000
BARRA_4	115.0	4.00	2.00	1.000
BARRA_5	115.0	1.00	0.50	

Se procede al cálculo por unidad de las impedancias asociadas a las líneas de transmisión. Considerando que la base de la zona es dada por:

$$Z_{base} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}} \quad Z_{base} = \frac{(115kV)^2}{100MVA} = 132.25\Omega \quad Y_{base} = 0.00756\Omega^{-1}$$

DATOS DE LINEAS									
Barra Ini.	Barra Fin	MVA	Long (Km)	r (ohm/km)	x (ohm/km)	g (us/km)	b (nF/km)	Y (p.u)	
BARRA_1	BARRA_2	100.0	1.0	0.0200	0.0400	0.000	528.394	10.0-20.0j	
BARRA_1	BARRA_3	100.0	1.0	0.0100	0.0300	0.000	368.444	10.0-30.0j	
BARRA_2	BARRA_3	100.0	1.0	0.0125	0.0250	0.000	400.275	10.0-20.0j	
BARRA_1	BARRA_4	100.0	1.0	0.0200	0.0400	0.000	528.394	16.0-32.0j	
BARRA_4	BARRA_5	100.0	1.0	0.0100	0.0300	0.000	400.275	16.0-32.0j	
BARRA_2	BARRA_5	100.0	1.0	0.0125	0.0250	0.000	368.444	10.0-30.0j	

2.1. Construir la matriz admitancia de barra [1 pt].

Se construye la matriz admitancia de barra:

YBUS =

30.0000	-70.0000i	-10.0000	+20.0000i	-10.0000	+30.0000i	-10.0000	+20.0000i	0
-10.0000	+20.0000i	42.0000	-84.0000i	-16.0000	+32.0000i	0	-16.0000	+32.0000i

```

-10.0000 +30.0000i -16.0000 +32.0000i 26.0000 -62.0000i 0 0
-10.0000 +20.0000i 0 0 0 20.0000 -50.0000i -10.0000 +30.0000i
0 -16.0000 +32.0000i 0 -10.0000 +30.0000i 26.0000 -62.0000i

```

$$Z_{bus} = \begin{bmatrix} 30-70j & -10+20j & -10+30j & -10+20j & 0 \\ -10+20j & 42-84j & -16+32j & 0 & -16+32j \\ -10+30j & -16+32j & 26-62j & 0 & 0 \\ -10+20j & 0 & 0 & 20-50j & -10+30j \\ 0 & -16+32j & 0 & -10+30j & 26-62j \end{bmatrix} \quad (1 \text{ Pt})$$

2.2. Construir la matriz admitancia de barra, considerando LA ADMITANCIA SHUNT DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN [2 pts].

Al considerar la admitancia shunt de las líneas se tiene:

Inicio	Final	R	X	B	Yc [Mho]	Yc[p.u]	Y/2 [p.u]
1	2	0.0200	0.040	528.394	0.0001992	0.02634	0.01317208
1	3	0.0100	0.030	368.444	0.0001389	0.01837	0.00918476
1	4	0.0200	0.040	400.275	0.0001509	0.01996	0.00997826
2	3	0.0125	0.025	528.394	0.0001992	0.02634	0.01317208
2	5	0.0125	0.025	400.275	0.0001509	0.01996	0.00997826
4	5	0.0100	0.030	368.444	0.0001389	0.01837	0.00918476

Se calcula los elementos de la diagonal, solamente, debido a que son los únicos términos que se afectan.

```

Y11 = 30.0000 -69.9677i
Y22 = 42.0000 -83.9637i
Y33 = 26.0000 -61.9776i
Y44 = 20.0000 -49.9808i
Y55 = 26.0000 -61.9808i

```

YBUS =

```

30.0000 -69.9677i -10.0000 +20.0000i -10.0000 +30.0000i -10.0000 +20.0000i 0
-10.0000 +20.0000i 42.0000 -83.9637i -16.0000 +32.0000i 0 -16.0000 +32.0000i
-10.0000 +30.0000i -16.0000 +32.0000i 26.0000 -61.9776i 0 0
-10.0000 +20.0000i 0 0 20.0000 -49.9808i -10.0000 +30.0000i
0 -16.0000 +32.0000i 0 -10.0000 +30.0000i 26.0000 -61.9808i

```

$$Z_{bus} = \begin{bmatrix} 30-69.96766j & -10+20j & -10+30j & -10+20j & 0 \\ -10+20j & 42-83.96387j & -16+32j & 0 & -16+32j \\ -10+30j & -16+32j & 26-61.97764j & 0 & 0 \\ -10+20j & 0 & 0 & 20-49.98084j & -10+30j \\ 0 & -16+32j & 0 & -10+30j & 26-61.98084j \end{bmatrix} \quad (2 \text{ Pts})$$

2.2. Construir la matriz admitancia de barra, considerando la admitancia shunt de las líneas de transmisión, y REACTORES SHUNT [2 pts].

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \quad X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad Y_c = \frac{1}{X_c}$$

Para los reactores se tiene:

DATOS DE LAS BARRAS						
Barra	Tensión(KV)	Carga (p.u)	Carga (p.u)	Shunt (p.u)	Xc (p.u)	Yc(p.u)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00			
BARRA_2	115.0	4.00	2.00	0.500	0.500	2.000
BARRA_3	115.0	0.25	0.05	1.000	1.000	1.000
BARRA_4	115.0	4.00	2.00	1.000	1.000	1.000

Se calcula los elementos de la diagonal, solamente, debido a que son los únicos términos que se afectan.

```

Y22 = 42.0000 -81.9637i
Y33 = 26.0000 -60.9776i
Y44 = 20.0000 -39.9808i

```

YBUS =

```

30.0000 -69.9677i -10.0000 +20.0000i -10.0000 +30.0000i -10.0000 +20.0000i 0

```

```

-10.0000 +20.0000i  42.0000 -81.9637i -16.0000 +32.0000i      0      -16.0000 +32.0000i
-10.0000 +30.0000i -16.0000 +32.0000i  26.0000 -60.9776i      0      0
-10.0000 +20.0000i      0      0      20.0000 -39.9808i -10.0000 +30.0000i
0      -16.0000 +32.0000i      0      -10.0000 +30.0000i  26.0000 -61.9808i

```

$$Z_{bus} = \begin{bmatrix} 30 - 69.9677j & -10 + 20j & -10 + 30j & -10 + 20j & 0 \\ -10 + 20j & 42 - 81.9637j & -16 + 32j & 0 & -16 + 32j \\ -10 + 30j & -16 + 32j & 26 - 60.9776j & 0 & 0 \\ -10 + 20j & 0 & 0 & 20 - 39.9808j & -10 + 30j \\ 0 & -16 + 32j & 0 & -10 + 30j & 26 - 61.9808j \end{bmatrix} \quad (2 \text{ Pts})$$

2.3. Calcular el valor de la impedancia de las cargas EN MODELO SERIE. Construir la matriz admitancia de barra, considerando la admitancia shunt de las líneas de transmisión, los reactores series y LAS CARGAS [2 pts].

```

Yload2 = 0.2000 - 0.1000i
Yload3 = 3.8462 - 0.7692i
Yload4 = 0.2000 - 0.1000i
Yload5 = 0.8000 - 0.4000i

```

```

Y22 = 42.2000 -82.0637i
Y33 = 29.8462 -61.7469i
Y44 = 20.2000 -40.0808i
Y55 = 26.8000 -62.3808i

```

Se calcula los elementos de la diagonal, solamente, debido a que son los únicos términos que se afectan.

YBUS =

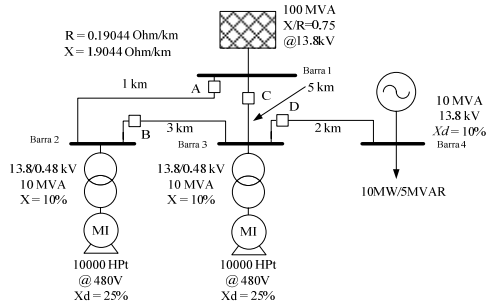
```

30.0000 -69.9677i -10.0000 +20.0000i -10.0000 +30.0000i -10.0000 +20.0000i      0
-10.0000 +20.0000i  42.2000 -82.0637i -16.0000 +32.0000i      0      -16.0000 +32.0000i
-10.0000 +30.0000i -16.0000 +32.0000i  29.8462 -61.7469i      0      0
-10.0000 +20.0000i      0      0      20.2000 -40.0808i -10.0000 +30.0000i
0      -16.0000 +32.0000i      0      -10.0000 +30.0000i  26.8000 -62.3808i

```

$$Z_{bus} = \begin{bmatrix} 30 - 69.9677j & -10 + 20j & -10 + 30j & -10 + 20j & 0 \\ -10 + 20j & 42.2 - 82.0637j & -16 + 32j & 0 & -16 + 32j \\ -10 + 30j & -16 + 32j & 29.8462 - 61.7469j & 0 & 0 \\ -10 + 20j & 0 & 0 & 20.2 - 40.0808j & -10 + 30j \\ 0 & -16 + 32j & 0 & -10 + 30j & 26.8 - 62.3808j \end{bmatrix} \quad (2 \text{ Pts})$$

Problema #3. Dado el siguiente sistema de potencia.



Considere que los interruptores A, B, C y D pueden estar abiertos o cerrados de acuerdo a configuraciones operativas de la red.

3.1. Determine en la configuración de la que aporta los mayores niveles de cortocircuito en la Barra 3. [2pts]

3.2. Determine la configuración de de la red que aporta los segundos mas altos niveles de cortocircuito en la Barra 3, y en esta condición, cual es la contribución de corriente que entrega el sistema exterior. [2 pts]

Resolución Problema 3

3.1. Determine en la configuración de la que aporta los mayores niveles de cortocircuito en la Barra 3. [2pts]

Se tiene que hay cuatro interruptores: A, B, C y D. Esto provee $2^4 = 16$ posibles estados. Sin embargo, la lógica permite eliminar una serie de estados que son absurdos. Por ejemplo todos los interruptores abiertos desenergiza la barra 3, situación no deseada. De igual modo, no pueden estar abiertos simultáneamente B, C, y D; ya que también deja desenergizada la barra 3.

De tal modo que el universo de posibles configuraciones resulta:

A	B	C	D	Z_{th}	Modulo de Z	Magnitud I_{cc}
X	X	O	O	0.01468+0.19166j	0.19222	5.20237
X	O	X	O	0.01608+0.21765j	0.22598	4.42517
X	X	X	O	0.0212 + 0.1527i	0.15416	6.48677
X	X	X	X	0.0116 + 0.1013i	0.10196	9.80777
O	O	X	X	0.00986+0.12629j	0.12667	7.89453
O	X	X	X	0.0077 + 0.1058i	0.10608	9.42685
O	O	O	X	0.00579+0.16172j	0.16182	6.17971
X	O	X	X	0.0089 + 0.1261i	0.12641	7.91077

Los mayores niveles de corriente de falla se logran con todos los interruptores cerrados.

3.2. Determine la configuración de de la red que aporta los segundos mas altos niveles de cortocircuito en la Barra 3, y en esta condición, cual es la contribución de corriente que entrega el sistema exterior. [2 pts]

La configuración que aporta los segundos niveles de cortocircuitos mas altos es con los interruptores B, C y D cerrados y A abierto, de hecho el nivel de corriente de falla es 9.42685 p.u. En esta situación, la contribución de la corriente de falla se determina como:

```

-----
Matriz Impedancia de Barra

Z =

  0.0658 + 0.0613i   0.0066 + 0.0074i   0.0129 + 0.0132i   0.0040 + 0.0047i
  0.0066 + 0.0074i   0.0081 + 0.1926i   0.0015 + 0.0570i  -0.0008 + 0.0190i
  0.0129 + 0.0132i   0.0015 + 0.0570i   0.0077 + 0.1058i   0.0002 + 0.0353i
  0.0040 + 0.0047i  -0.0008 + 0.0190i   0.0002 + 0.0353i   0.0015 + 0.0785i

-----
Orden de la matriz es :4x4

z33 = 0.0077 + 0.1058i

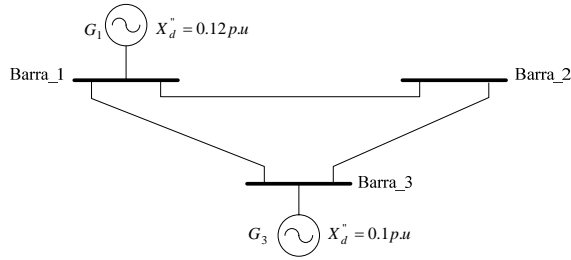
Icc3 = 9.42686<-85.83742 p.u
  
```

La corriente que entrega el sistema exterior es la misma que circula por la rama 1-3, debido a que no el interruptor A esta abierto.

```

I13 = 1.739460<-76.93068 p.u
  
```

Problema #4. Considere el siguiente sistema de potencia.



DATOS DE BARRAS

Barra	Tension (KV)	Carga (MW)	Carga (MVAR)	Shunt (MVAR)
BARRA_1	115.0	0.00	0.00	
BARRA_2	115.0	400.00	200.00	
BARRA_3	115.0	0.00	0.00	

DATOS DE LINEAS

Barra Ini.	Barra Fin	MVA	Long (Km)	r (p.u)	x (p.u)
BARRA_1	BARRA_2	100.0	1.0	0.020	0.040
BARRA_1	BARRA_3	100.0	1.0	0.010	0.030
BARRA_2	BARRA_3	100.0	1.0	0.0125	0.025

4.1. Construir paso a paso la matriz impedancia de barra. Pasos: 01, 12, 03, 23, 13 [4pts].

4.2. Determinar la corriente de cortocircuito en la barra 1. Considere el sistema en vacío a condiciones nominales [1pt].

Resolución Problema 4

El número de enlaces del sistema es #enlaces = 5, y # barras = 3, las operaciones de construcción de la matriz impedancia de barra son:

Operación	Barra Ini.	Barra Final	Z [p.u]	Operación Tipo
1	0	1	0.12j	1
2	1	2	0.020+0.040i	2
3	0	3	0.1	1
4	2	3	0.0125+0.025i	3+Kron
5	1	3	0.010+0.030i	3+Kron

4.1. Construir paso a paso la matriz impedancia de barra. Pasos: 01, 12, 03, 23, 13 [4pts].

Tabla de Construcción

Elemento 0-1 Tipo 1
0 + 0.1200i

Elemento 1-2 Tipo 2
0 + 0.1200i 0 + 0.1200i
0 + 0.1200i 0.0200 + 0.1600i

Elemento 0-3 Tipo 1
0 + 0.1200i 0 + 0.1200i 0
0 + 0.1200i 0.0200 + 0.1600i 0
0 0 0 + 0.1000i

Elemento 2-3 Tipo 3 + Kron
0 + 0.1200i 0 + 0.1200i 0 0 - 0.1200i
0 + 0.1200i 0.0200 + 0.1600i 0 -0.0200 - 0.1600i
0 0 0 + 0.1000i 0 + 0.1000i
0 - 0.1200i -0.0200 - 0.1600i 0 + 0.1000i 0.0325 + 0.2850i

0.0057 + 0.0701i -0.0007 + 0.0525i -0.0047 + 0.0416i
-0.0007 + 0.0525i 0.0078 + 0.0702i 0.0006 + 0.0562i
-0.0047 + 0.0416i 0.0006 + 0.0562i 0.0039 + 0.0654i

Elemento 1-3 Tipo 3 + Kron
0.0057 + 0.0701i -0.0007 + 0.0525i -0.0047 + 0.0416i -0.0104 - 0.0286i
-0.0007 + 0.0525i 0.0078 + 0.0702i 0.0006 + 0.0562i 0.0013 + 0.0037i
-0.0047 + 0.0416i 0.0006 + 0.0562i 0.0039 + 0.0654i 0.0087 + 0.0238i
-0.0104 - 0.0286i 0.0013 + 0.0037i 0.0087 + 0.0238i 0.0291 + 0.0824i

0.0020 + 0.0602i -0.0003 + 0.0538i -0.0016 + 0.0498i
-0.0003 + 0.0538i 0.0077 + 0.0700i 0.0002 + 0.0552i
-0.0016 + 0.0498i 0.0002 + 0.0552i 0.0014 + 0.0585i

Matriz Impedancia de Barra

Z =

0.0020 + 0.0602i -0.0003 + 0.0538i -0.0016 + 0.0498i
-0.0003 + 0.0538i 0.0077 + 0.0700i 0.0002 + 0.0552i
-0.0016 + 0.0498i 0.0002 + 0.0552i 0.0014 + 0.0585i

Orden de la matriz es :3x3

Para verificar se procede a calcular Y_{bus}

$y_{10} = 0 - 8.3333i$

```
y12 = 10.0000 -20.0000i
y03 = 0 -10.0000i
y23 = 16.0000 -32.0000i
y13 = 10.0000 -30.0000i
Y32 = -16.0000 +32.0000i
```

Ybus =

```
20.0000 -58.3333i -10.0000 +20.0000i -10.0000 +30.0000i
-10.0000 +20.0000i 26.0000 -52.0000i -16.0000 +32.0000i
-10.0000 +30.0000i -16.0000 +32.0000i 26.0000 -72.0000i
```

Zbus =

```
0.0020 + 0.0602i -0.0003 + 0.0538i -0.0016 + 0.0498i
-0.0003 + 0.0538i 0.0077 + 0.0700i 0.0002 + 0.0552i
-0.0016 + 0.0498i 0.0002 + 0.0552i 0.0014 + 0.0585i
```

4.2. Determinar la corriente de cortocircuito en la barra 1. Considere el sistema en vacío a condiciones nominales [1pt].

CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Barras del Sistema 3

[1] Todas las Barras

[2] Solo una Barra

Opcion : 1

Introduzca la tension previa a la falla [por unidad] : 1

CORRIENTES DE FALLA [EN P.U.]

Barra 1: I1= 0.538993-16.588i p.u, = 16.5968 < -88.1389
Barra 2: I2= 1.55643-14.1093i p.u, = 14.1948 < -83.705
Barra 3: I3= 0.397031-17.0887i p.u, = 17.0933 < -88.6691

Presione <ENTER>