

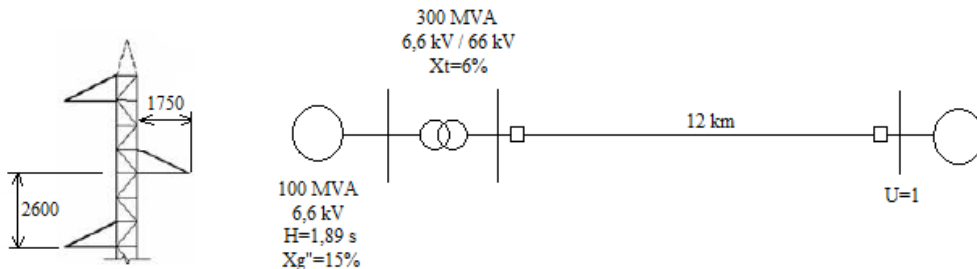
EXAMEN EXTRAORDINARIO DE “TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

24 de enero de 2018

Grado en ingeniería eléctrica y electrónica

IMPORTANTE: TODO EL EXAMEN SE ENTREGA EN FORMA DE FICHEROS DE MATLAB QUE SE ENVIARÁN POR MIAULARIO ANTES DE FINALIZAR LA HORA DEL EXAMEN. LOS NOMBRES DE LOS FICHEROS ESTARÁN FORMADOS POR DNI_X_W, DONDE DNI ES EL NUMERO DEL DNI CON LA LETRA DELANTE, X ES EL PROBLEMA AL QUE PERTENECE EL FICHERO Y W ES UN NÚMERO CORRELATIVO EN ORDEN DE EJECUCIÓN, SUPONIENDO QUE SE NECESITEN VARIOS FICHEROS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

1. Una central hidráulica está unida al resto de un sistema eléctrico de 50 Hz por medio de una línea de 66 kV y 12 km de longitud, suministrando al sistema, considerado de potencia infinita, 90 MW con factor de potencia 0,9 inductivo. La línea está tendida con conductores 242-AL1/39-ST1A de diámetro 21,8 mm sobre apoyos con las dimensiones de la figura, formando un único circuito símplex.



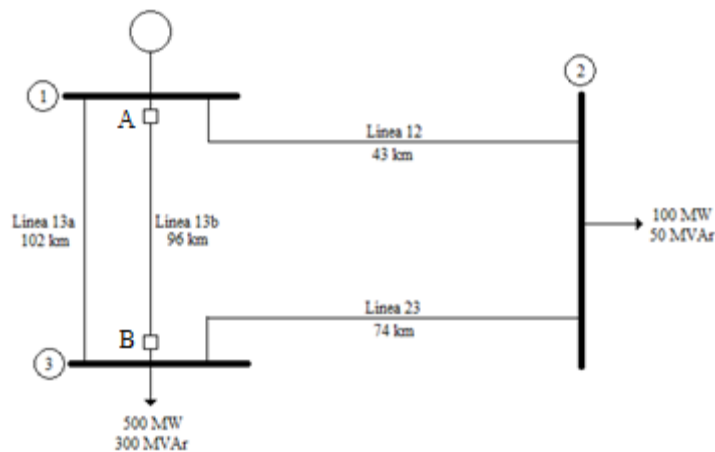
La caída de un árbol a 8 km de la central provoca un cortocircuito trifásico con una impedancia de falta estimada en $j0,01$ pu.

Los interruptores de la línea, cuando se detecta el cortocircuito, tardan en abrirse 45 ms.

Para cuando se produce la reconexión automática 150 ms después, el cortocircuito ha desaparecido de forma espontánea.

- a) ¿Cuál es el módulo de la f.e.m. interna del generador en condiciones normales de funcionamiento? (1 punto)
- b) ¿Cuánto vale el ángulo de potencia inicial a partir del cual se inicia el análisis de estabilidad transitoria? (1 punto)
- c) ¿Cuánto avanza el ángulo de potencia desde el momento en que se produce el cortocircuito hasta el instante en que abren los interruptores? (2 puntos)
- d) ¿Cuánto avanza el ángulo de potencia desde que abren los interruptores hasta el instante de reconexión? (2 puntos)

2. En el sistema de la figura, se produce un cortocircuito trifásico en la línea 13b a 28 km del nudo 3. La tensión en el nudo 1 es de 110 kV (utiliza una base de potencia de 100 MVA). Se supone que todas las líneas tienen las mismas características constructivas y se desprecia tanto la resistencia propia de los conductores como su capacidad; siendo la inductancia por unidad de longitud de 0,97 mH/km. La reactancia subtransitoria del generador vale $j0,12$ expresada ya en las bases comunes de todo el sistema.
- ¿Cuáles son las tensiones prefault en pu en todos los nudos del sistema? (2 puntos)
 - Escribe la matriz de impedancias directa en pu. (1 punto)
 - ¿Cuánto vale la corriente de falta en pu? (1 punto)
 - ¿Cuánto valen las tensiones en todos los nudos durante el cortocircuito en pu? (1 punto)
 - ¿Cuánto valen, expresadas en kA, las corrientes que atraviesan los interruptores A y B durante la falta? (1 punto)



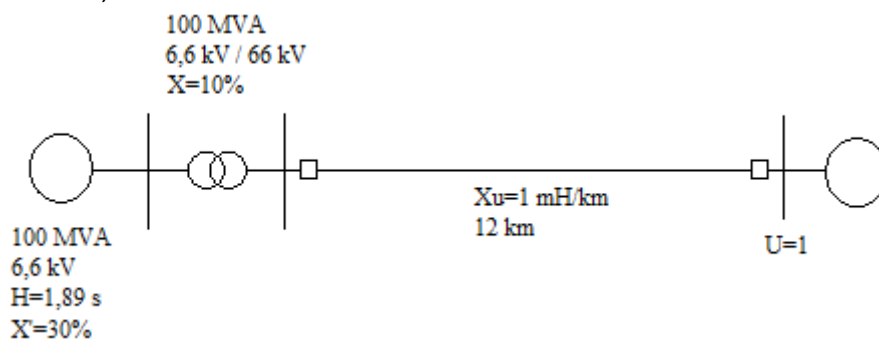
EXAMEN ORDINARIO DE "TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA"

8 de enero de 2018

Grado en ingeniería eléctrica y electrónica

IMPORTANTE: TODO EL EXAMEN SE ENTREGA EN FORMA DE FICHEROS DE MATLAB QUE SE ENVIARÁN POR MIAULARIO ANTES DE FINALIZAR LA HORA DEL EXAMEN. LOS NOMBRES DE LOS FICHEROS ESTARÁN FORMADOS POR DNI_X_W, DONDE DNI ES EL NUMERO DEL DNI (INCLUIDA LA LETRA), X ES EL PROBLEMA AL QUE PERTENECE EL FICHERO Y W ES UN NÚMERO CORRELATIVO EN ORDEN DE EJECUCIÓN, SUPONIENDO QUE SE NECESITEN VARIOS FICHEROS PARA RESOLVER EL PROBLEMA.

1. Una central hidráulica está unida al resto de un sistema eléctrico de 50 Hz por medio de una línea de 66 kV y 12 km de longitud, suministrando 90 MW con factor de potencia 0,9 inductivo.

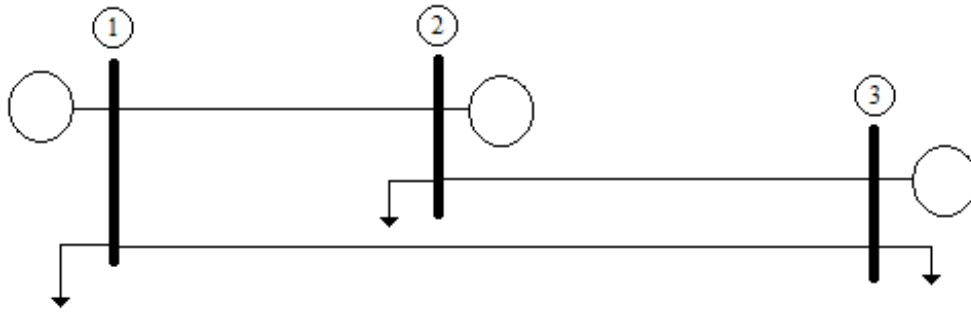


La caída de un árbol a 8 km de la central provoca un cortocircuito trifásico con una impedancia de falta estimada en $j0,1$ pu.

Los interruptores de la línea, cuando se detecta el cortocircuito, tardan en abrirse 45 ms.

Para cuando se produce la reconexión automática 150 ms después, el cortocircuito ha desaparecido de forma espontánea.

- a) ¿Cuál es la f.e.m. interna del generador en condiciones normales de funcionamiento? (1 punto)
 - b) ¿Cuánto vale el ángulo de potencia inicial a partir del cual se inicia el análisis de estabilidad transitoria? (1 punto)
 - c) ¿Cuáles son las ecuaciones que definen la potencia activa transmitida en función del ángulo de potencia, en funcionamiento normal y a los 30 ms de haberse producido el cortocircuito? (2 puntos)
 - d) ¿Cuánto avanza el ángulo de potencia hasta el instante en que abren los interruptores? (2 puntos)
 - e) ¿Cuánto avanza el ángulo de potencia hasta el instante de reconexión? (2 puntos)
2. La red de transporte de la figura es de 400 kV. Se pretende, con los datos de las tablas, mantener la tensión nominal en todos los nudos.
 - a) Escribe la matriz de admitancias del sistema. (1 punto)
 - b) Determina las tensiones y potencias inyectadas en cada nudo. (1 punto)
 - c) ¿Se puede lograr el objetivo? Justifica la respuesta. (1 punto)

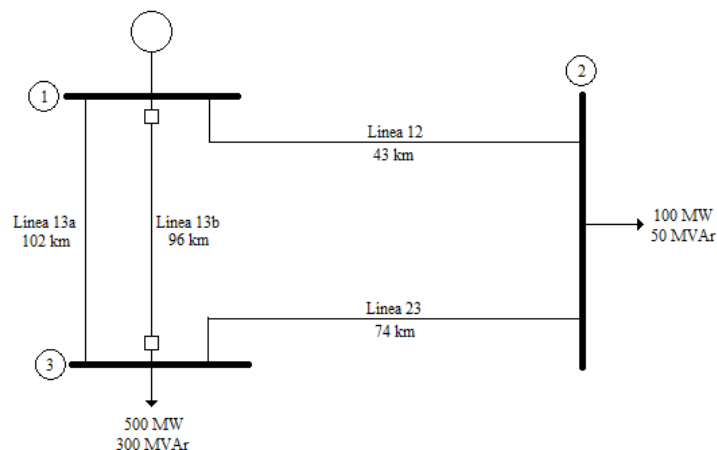


	P_{\min} [MW]	P_{\max} [MW]	Q_{\min} [MVar]	Q_{\max} [MVar]
Generador 1	100	1000	0	700
Generador 2	50	200	0	130
Generador 3	50	400	0	300

	R_u [m Ω /km]	X_u [m Ω /km]	B_u [nS/km]	Longitud [km]
Línea 12	28	291,3	3835	185
Línea 13	28	291,3	3835	433
Línea 23	28	291,3	3835	202

	P_D [MW]	Q_D [MVar]	P_G [MW]	Q_G [MVar]
Nudo 1	131	74	¿	¿
Nudo 2	247	153	160	¿
Nudo 3	422	167	320	¿

3. En el sistema de la figura, se produce un cortocircuito trifásico en la línea 13b a 48 km del nudo 3. La tensión en el nudo 1 es de 220 kV (utiliza una base de potencia de 100 MVA). Se supone que todas las líneas tienen las mismas características constructivas y se desprecia tanto la resistencia propia de los conductores como su capacidad; siendo la inductancia unitaria de 0,97 mH/km. La reactancia subtransitoria del generador vale $j0,12$ expresada ya en las bases comunes de todo el sistema.
- ¿Cuáles son las tensiones prefault en todos los nudos del sistema? (2 puntos)
 - Escribe la matriz de impedancias directa, inversa y homopolar. (1 punto)
 - ¿Cuánto vale la corriente de falta en por unidad? (1 punto)
 - ¿Cuánto valen las tensiones en todos los nudos durante el cortocircuito? (1 punto)
 - ¿Cuánto valen, expresadas en kA, las corrientes que atraviesan los interruptores A y B durante la falta? (1 punto)



EXAMEN ORDINARIO DE “TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

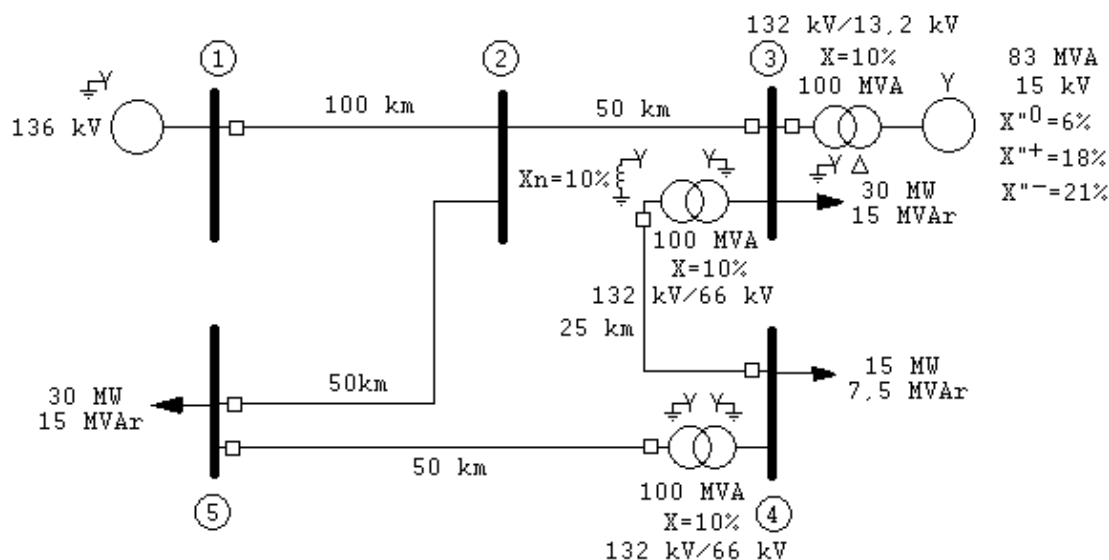
11 de enero de 2019

- El sistema eléctrico de una región (nudos 2, 3, 4 y 5) se encuentra conectado a otro sistema (nudo 1) que puede ser representado por una máquina síncrona con el neutro rígidamente puesto a tierra.

El nudo 3 es un nudo PV con $U_3=134,64$ kV y $P_{G3}=60$ MW.

Las impedancias por unidad de longitud de las líneas, de los generadores y transformadores se recogen en la tabla:

Línea		Zhomopolar (Ω/km)	Zdirecta (Ω/km)	Zinversa (Ω/km)
12		$0,0850+j0,380$	$0,0425+j0,190$	$0,0425+j0,190$
23		$0,2520+j0,6078$	$0,1260+j0,3039$	$0,1260+j0,3039$
34		$0,7269+j1,2030$	$0,2423+j0,401$	$0,2423+j0,401$
45		$0,2520+j0,6078$	$0,1260+j0,3039$	$0,1260+j0,3039$
25		$0,2520+j0,6078$	$0,1260+j0,3039$	$0,1260+j0,3039$
Máquina	Bases	Zhomopolar (pu)	Zdirecta (pu)	Zinversa (pu)
Sistema vecino	100MVA/132kV	j0,01	j0,1	j0,1
Generador	83MVA/15kV	j0,06	j0,18	j0,21
Transformador		Relación nominal-Potencia nominal		Xcc(Xn) (pu)
Generación		132kV/13,2kV-100MVA		j0,1
34		132kV/66kV-100MVA		j0,1 (j0,1)
45		132kV/66kV-100MVA		j0,1



Calcula la corriente de cortocircuito en régimen permanente por cada fase del interruptor de la línea 25 expresada en kA cuando se produce un cortocircuito fase-tierra en el extremo de la línea 25 junto al nudo 5 (puede suponerse entonces que el cortocircuito se produce en el nudo 5).

Al abrirse la línea 25 para despejar la falta, ¿a qué tensión, expresada en kV, estará alimentada la carga del nudo 5?

EXAMEN EXTRAORDINARIO DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

27 de enero de 2015

1. Una carga constante de 300 MW se alimenta con dos generadores de 200 MW para los que sus costes incrementales son:

$$\frac{dC_1}{dP_{G1}} = 0,10P_{G1} + 20,0$$
$$\frac{dC_2}{dP_{G2}} = 0,12P_{G2} + 15,0$$

Con P_G en MW y C en €/h.

- a) Calcular el reparto de potencia más económico entre ambos generadores.
b) Calcular el ahorro en €/día comparado con un reparto de potencia en el que ambas máquinas trabajan a la misma potencia.
2. Los datos de reactancia para el sistema eléctrico de la figura son:

Generador: $X^+ = X^- = 0,1$ pu

$X^0 = 0,05$ pu

$X_{TG} = 0,02$ pu

Transformador: $X^+ = X^- = X^0 = 0,1$ pu

$X_{TT} = 0,04$ pu



Calcular las matrices de impedancia directa, inversa y homopolar.

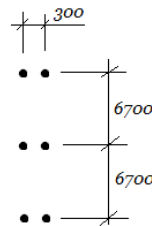
3. Las reactancias de transferencia entre un generador y una red de potencia infinita que funciona a 200 kV son, en distintas condiciones de funcionamiento, las siguientes:
Antes de la falta: 150 Ω /fase
Durante la falta: 400 Ω /fase
Después de la falta: 200 Ω /fase
Si se despeja la falta cuando el rotor ha avanzado $\pi/3$ radianes de su posición de prefalta, determinar la máxima potencia que podría transferirse sin pérdida de estabilidad.

EXAMEN EXTRAORDINARIO DE "TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA"

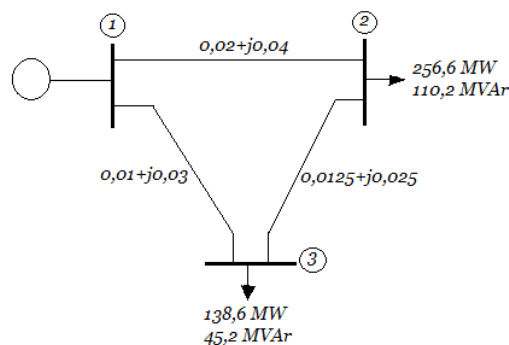
Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

26 de enero de 2016

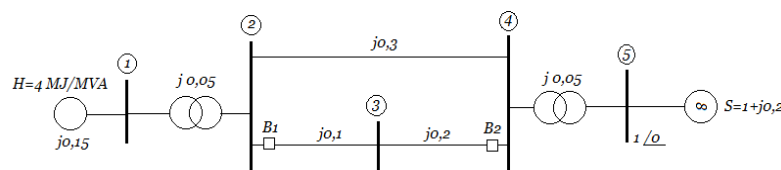
1. Calcula a qué distancia hay que poner los haces de conductores formando un triángulo equilátero para que la línea tenga la misma reactancia a 50 Hz que la del dibujo. Calcula también la susceptancia, en por unidad, a 50 Hz de la nueva línea. La longitud de la línea es de 100 km y se usan bases de 100 MVA y 230 kV. Las cotas están en mm. Los conductores tienen un diámetro de 25,4 mm y una resistencia por unidad de longitud de $85,1 \text{ m}\Omega/\text{km}$.



2. En el sistema eléctrico de la figura, calcula qué potencia circula por la línea 13 y cuánta potencia activa se pierde en todo el sistema, en MVA y MW, respectivamente, si queda abierta la línea 12. La tensión en el nudo *slack* es $1,05 \angle 0$ y las impedancias de las líneas ya están expresadas en por unidad en una base de 100 MVA.



3. Calcula cuánto indicarían tres amperímetros conectados en cada fase de la línea 13 si se produce un cortocircuito trifásico en el nudo 2 en la configuración resuelta en el problema anterior. La reactancia del generador es $j0,1$ en por unidad. Desprecia el efecto de las cargas y la resistencia de las líneas, tomando como tensión prefault, en todos los nudos, la indicada para el nudo *slack* en el problema anterior. La tensión nominal es 230 kV.
4. En el sistema eléctrico de la figura, se produce un cortocircuito trifásico en el nudo 3. Calcula cuánto vale el ángulo $\delta_{\text{crítico}}$ en que los interruptores B1 y B2 deben abrirse para garantizar la permanencia en sincronismo del sistema.

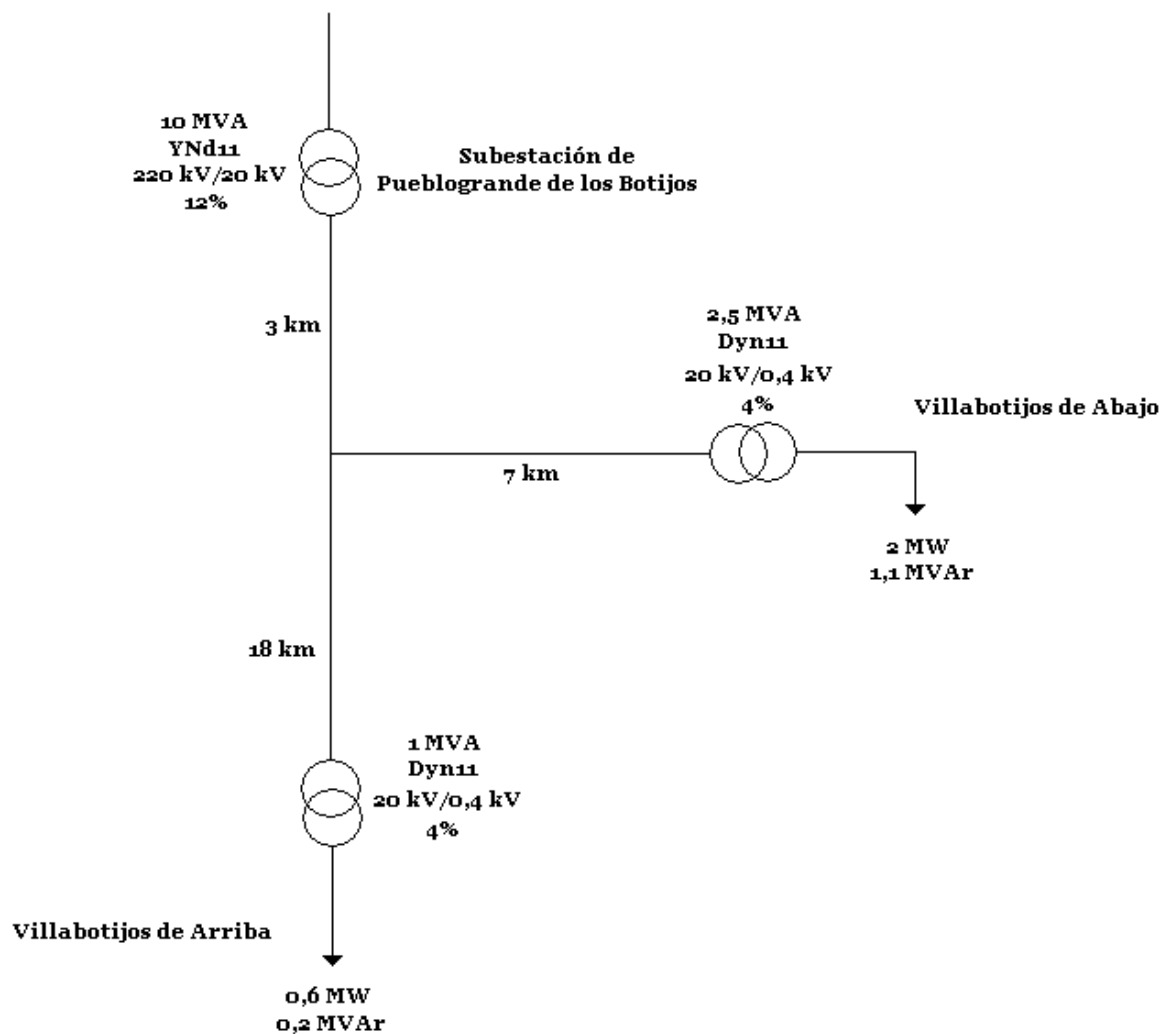


EXAMEN DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

11 de enero de 2014

Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Una subestación situada en las proximidades de Pueblogrande de los Botijos, recibe energía a 220 kV nominales. Desde esta subestación se alimenta un área rural por medio de una línea aérea. El esquema sinóptico de la red es el de la figura.



1. Los apoyos alineación de líneas aéreas que utiliza la compañía eléctrica que da servicio a la zona son de hormigón vibrado, con las medidas indicadas en la figura.

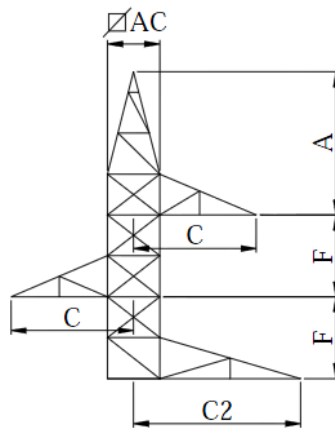
2. Plantea explícitamente las ecuaciones y el procedimiento de cálculo para obtener las tensiones en todos los nudos del sistema suponiendo que la tensión a la entrada de la subestación es 225 kV, que la resistencia por unidad de longitud de la línea es de $1 \Omega/\text{km}$ y que la inductancia por unidad de longitud es de $1 \text{ mH}/\text{km}$.
3. La pala de un tractor provoca en Villabotijos de Abajo un cortocircuito franco fase-tierra a la salida del centro de transformación. Calcula la corriente en cada fase a la salida de la subestación y la tensión en cada fase que le llega al centro de transformación de Villabotijos de Arriba.

EXAMEN ORDINARIO DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

15 de enero de 2015

1. Calcula la impedancia longitudinal, en por unidad, de la línea cuya disposición geométrica se muestra en la figura, si se trata de un circuito simple, la longitud total es de 54 km y se supone totalmente traspuesta. La tensión base es de 66 kV y la potencia base 100 MVA. La frecuencia nominal es 50 Hz.
Diámetro del conductor: 17,28 mm
Resistencia del conductor a 20°C: 0,1900 Ω /km



$$AC = 0,8 \text{ m}$$

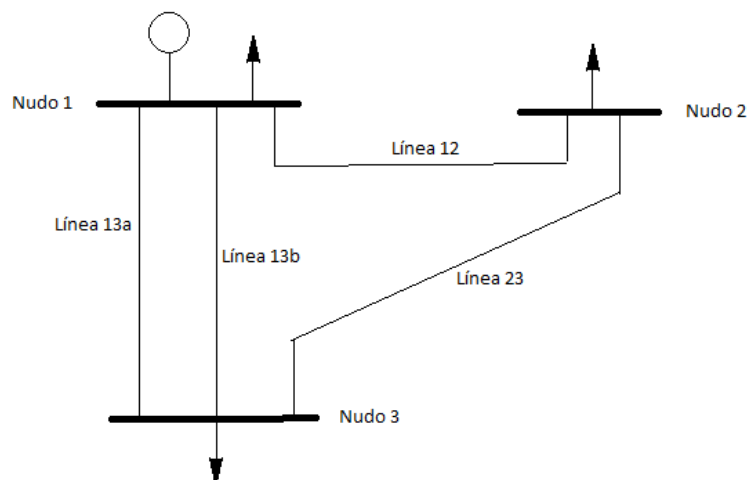
$$A = 2,30 \text{ m}$$

$$C = 1,90 \text{ m}$$

$$C2 = 2,30 \text{ m}$$

$$F = 2 \text{ m}$$

2. En el sistema eléctrico de la figura calcula la matriz de admitancias. Todos los datos aparecen en p.u.



$$Z_{L12} = 0,1842 + j0,2879$$

$$Z_{L13a} = 0,1876 + j0,4009$$

$$Z_{L13b} = 0,2094 + j0,4475$$

$$Z_{L23} = 0,09211 + j0,1439$$

3. En el sistema eléctrico de la figura anterior, calcula el módulo de la corriente que circula por la línea 23 en las condiciones de carga dadas en el problema anterior. ¿Funciona en sobrecarga la línea 23, en esas condiciones, si la corriente máxima admisible es de 339 A? La base de tensión es 66 kV y la base de potencia 100 MVA. Todos los nudos son PQ (excepto el nudo 1) y todos los datos aparecen en p.u. (excepto el argumento de \mathbf{U}_1 que está en radianes).

$$\mathbf{U}_1 = 1,0273 \angle 0,21246$$

$$\mathbf{S}_{D1} = 0,2 + j0,06$$

$$\mathbf{S}_{D2} = 0,02 + j0,003$$

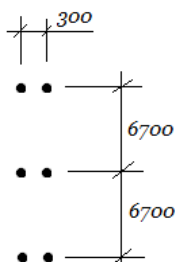
$$\mathbf{S}_{D3} = 0,22 + j0,15$$

EXAMEN ORDINARIO DE "TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA"

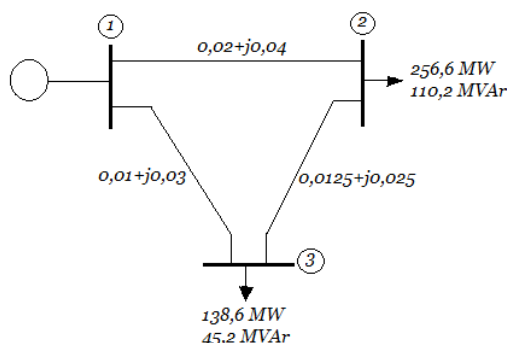
Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

14 de enero de 2016

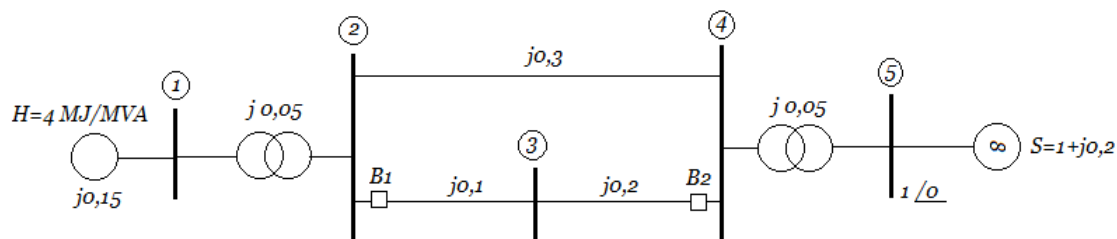
1. Calcula, en por unidad, la resistencia, reactancia y susceptancia a 50 Hz de una línea trifásica de 100 km cuya configuración geométrica se ve en la figura, si se usan bases de 100 MVA y 230 kV. Las cotas están en mm. Los conductores tienen un diámetro de 25,4 mm y una resistencia por unidad de longitud de 85,1 mΩ/km.



2. En el sistema eléctrico de la figura, calcula qué potencia circula por la línea 13 y cuánta potencia activa se pierde en todo el sistema, en MVA y MW, respectivamente. La tensión en el nudo *slack* es 1,05∠0 y las impedancias de las líneas ya están expresadas en por unidad en una base de 100 MVA.



3. Calcula la corriente, en por unidad, por cada fase en la línea 13 si se produce un cortocircuito trifásico en el nudo 2. La reactancia del generador es $j0,1$. Desprecia el efecto de la carga y la resistencia de las líneas, tomando como tensión prefault la indicada para el nudo *slack* en el problema anterior.
4. En el sistema eléctrico de la figura, el interruptor B1 se abre sin razón aparente y permanece en esa posición. Calcula cuánto vale el ángulo $\delta_{\text{máx}}$.

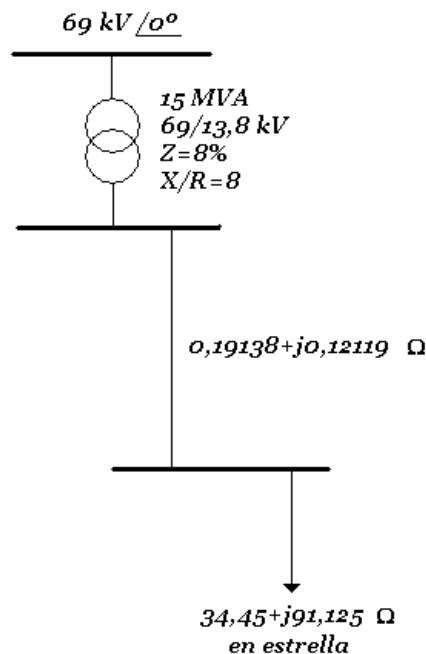


1^{er} EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo del Aulario Virtual) antes de las 2100 h del viernes 12 de octubre de 2012.

Utilizar 5 decimales en los cálculos y expresar los resultados con un decimal. Debe verse el desarrollo completo de los problemas. A menos que se especifique lo contrario, las soluciones se dan en unidades naturales (V, A, W, VA, etc. o sus múltiplos correspondientes).

1. El sistema eléctrico trifásico de la figura funciona en Brasil a una frecuencia de 60 Hz. Calcular la tensión aplicada a la carga y las pérdidas de potencia en la línea, empleando el sistema por unidad.



2. El ensayo de cortocircuito de un transformador trifásico del laboratorio ha dado los siguientes resultados:

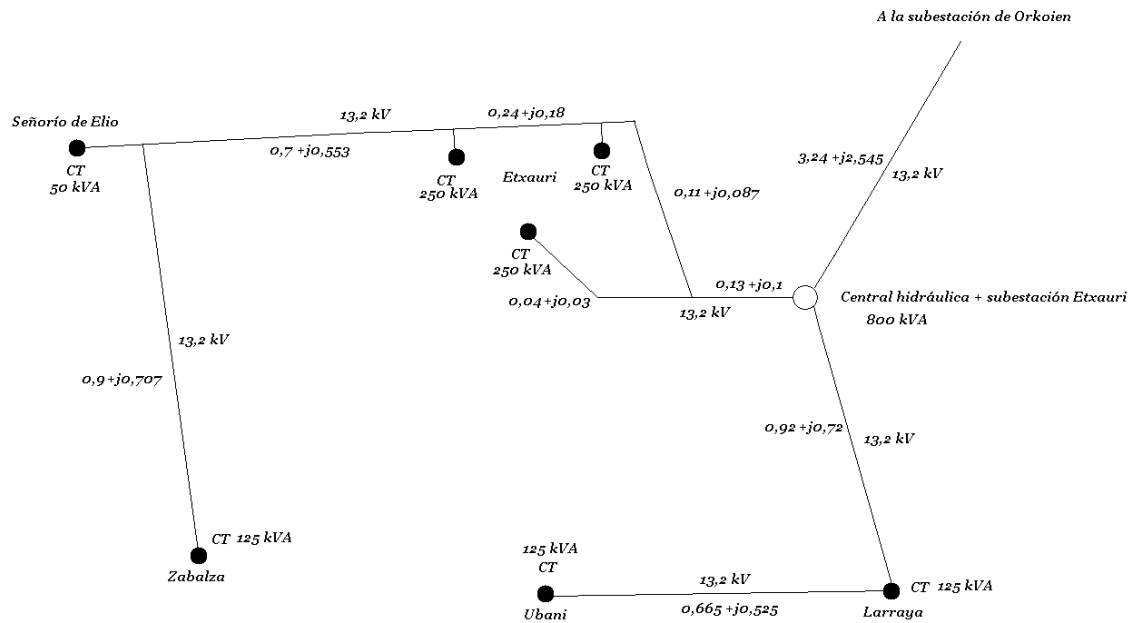
Tensión: 6,61 V

Corriente: 7,87 A

Potencia: 80,9 W

La conexión del transformador es Dyn11, la potencia nominal es de 3 kVA y la relación de transformación es 220/220 V. Calcular la impedancia equivalente del transformador en el sistema por unidad.

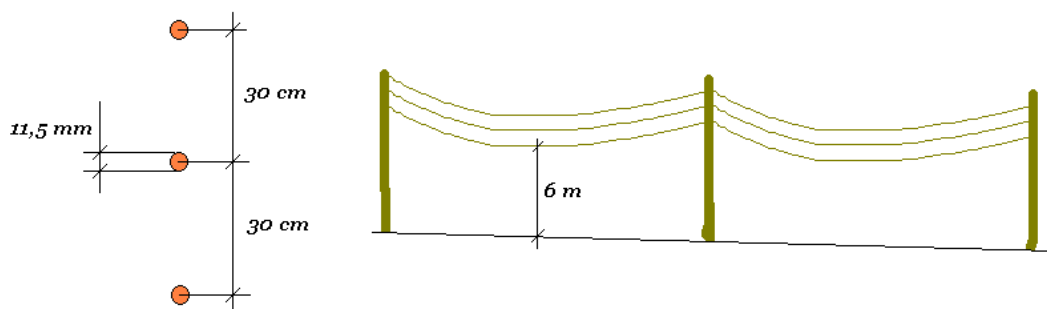
3. Dibujar el esquema por fase del sistema eléctrico de la figura. El generador de la central es de 690 V con una impedancia del 1,2% y el transformador de la subestación de la central tiene una impedancia de cortocircuito del 6%. La distribución se efectúa a 13,2 kV por medio de línea aérea. Los centros de transformación sirven a los abonados a 400 V y todos los transformadores tienen una impedancia de cortocircuito del 4%. Considera la subestación de Orkoien como un nudo de potencia infinita (la tensión permanece constante).



2º EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 16 de noviembre de 2012.

1. El generador síncrono de una central hidroeléctrica tiene una potencia nominal de 10 MVA. Su tensión nominal es de 13,2 kV. La reactancia síncrona (se simplifica considerando que se trata de una máquina de rotor cilíndrico) vale 10Ω . Una vez sincronizado a la red eléctrica (a la que supondremos de potencia infinita), se ajusta la entrada de agua de modo que la potencia que suministra a la red sea de 9 MVA con factor de potencia 0,95 en retraso.
En un momento dado, se recibe la orden de suministrar 7 MVar a la red, manteniendo la potencia activa.
 - a) ¿En qué porcentaje hay que modificar la corriente de excitación con respecto a la situación anterior?
 - b) ¿Será necesario cambiar la entrada de agua si las protecciones contra sobrecorriente están taradas a 525 A? Justifícalo.
 - c) ¿Cuál es la máxima potencia activa que puede suministrar la máquina antes de que se activen las protecciones cuando suministra 7 MVar?
2. Un generador trifásico se utiliza en un pequeño salto hidráulico para suministrar energía eléctrica en baja tensión a un pueblo distante 4,5 km. Se diseña una línea cuyas características más relevantes se muestran en la figura. La sección efectiva del conductor es de 50 mm^2 y tiene una resistencia de $387 \text{ m}\Omega/\text{km}$ a 20°C .

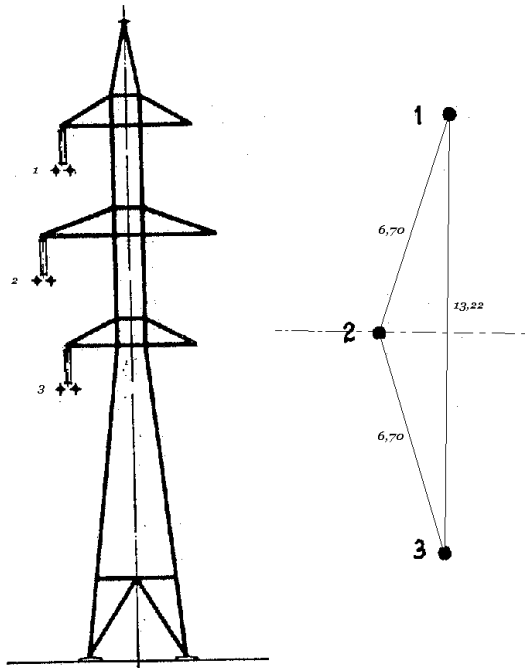


Calcular la reactancia inductiva y la resistencia por fase de toda la línea si la frecuencia es de 50 Hz.

3. Se pretende utilizar una antigua rueda hidráulica para accionar un alternador trifásico de 20 kVA y 400 V de 12 polos. Con el caudal previsto, se estima que la velocidad de la rueda a plena carga será de 8 rpm.

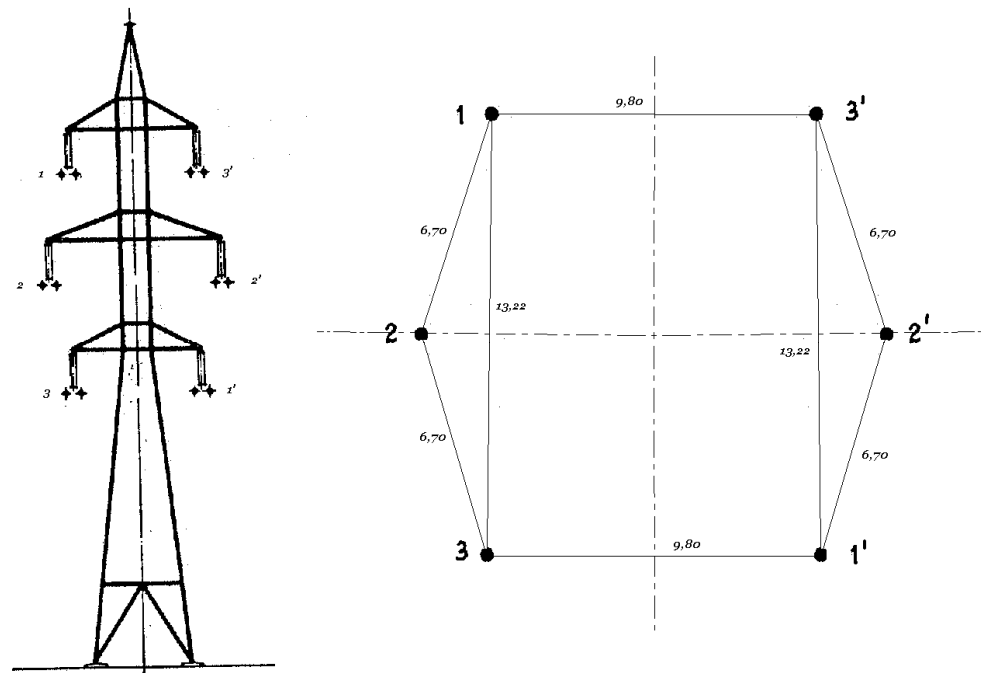
¿Qué relación de transmisión debe tener el engranaje multiplicador colocado entre el eje de la rueda y el eje del alternador para conseguir generar a 50 Hz a la velocidad de diseño?

4. La línea que une dos subestaciones de 230 kV situadas a 114 km la una de la otra, tiene un circuito dúplex. La distancia entre conductores del mismo haz es de 40 cm y la altura media desde el suelo hasta el conductor más bajo 18 m. La resistencia del conductor es de $85,1 \text{ m}\Omega/\text{km}$ y tiene un diámetro de 25,4 mm.



- a) Calcular la resistencia, inductancia y capacidad por fase de la línea.

Se decide ampliar la línea añadiendo un segundo circuito también dúplex para aumentar la capacidad de suministro.



- b) Calcular la nuevas resistencia, inductancia y capacidad por fase de la nueva línea.

3^{er} EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del domingo 16 de diciembre de 2012.

1. Una línea de 66 kV de 48 km a 50 Hz une Aoiz con Pamplona y tiene los siguientes parámetros:

$$R=0,213 \, \Omega/\text{km}$$

$$L=1,280 \, \text{mH}/\text{km}$$

$$C=9,300 \, \text{nF}/\text{km}$$

¿Qué tensión debe haber en el extremo emisor de la línea para que la tensión en el extremo receptor sea de 66 kV cuando se conecta una carga de 10 MW con factor de potencia 0,8 en retraso?

2. En el sistema eléctrico del problema anterior se mantiene la misma tensión en el extremo emisor mientras se incrementa la carga hasta 15 MW con el mismo factor de potencia. Para mantener la tensión en la carga en 66 kV se conecta una batería de condensadores en paralelo al final de la línea. ¿Qué capacidad por fase debe tener?

3. ¿Qué longitud máxima puede tener una línea de 220 kV sin compensar para alimentar una carga de 100 MVA y factor de potencia 0,8 en retraso a 220 kV si la tensión en el extremo emisor puede ser hasta un 5% mayor o menor que la nominal? Los parámetros de la línea son:

$$R=72,1 \, \text{m}\Omega/\text{km}$$

$$X=423,2 \, \text{m}\Omega/\text{km}$$

$$B=2693 \, \text{nS}/\text{km}$$

4º EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 18 de enero de 2013.

En el país imaginario cuyo mapa aparece en la figura, hay una sola central hidroeléctrica situada en el círculo rojo, construida en 1968 al mismo tiempo que la línea de 220 kV (en color amarillo) que llega hasta la capital, Saint-Denis (en el círculo verde).

Posteriormente, en 1991 se construyó una línea (en color naranja) desde la capital hasta la segunda ciudad más importante, Le Port (en el círculo azul), para favorecer el desarrollo industrial de la zona.

Ahora, en 2013, se estudia añadir una tercera línea (en color blanco) que conecte Le Port con la central hidroeléctrica.

Otras alternativas a estudiar consisten en añadir una batería de condensadores sólo en la subestación de Saint-Denis o sólo en Le Port o en ambas ciudades, dejando las líneas actuales como están.



Datos:

Línea Central/Saint-Denis:

$$R=72,1 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$X=423,2 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$B=2693 \text{ nS}/\text{km}$$

$$200 \text{ km}$$

Línea Saint-Denis/Le Port:

$$R=85,1 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$X=417,4 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$B=2807 \text{ nS}/\text{km}$$

$$150 \text{ km}$$

Línea Central-Le Port (en proyecto):

$$R=42,5 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$X=301,4 \text{ m}\Omega/\text{km}$$

$$B=4139 \text{ nS}/\text{km}$$

$$270 \text{ km}$$

Potencia demandada en Saint-Denis:

$$85 \text{ MW y } 56 \text{ MVar}$$

Potencia demandada en Le Port:

$$41 \text{ MW y } 30 \text{ MVar}$$

Usar como base 220 kV y 100 MVA y emplear el modelo en π nominal para las líneas.

- 1. Si la tensión en la central se ajusta a 250 kV, calcula las tensiones (en kV) en las subestaciones de Saint-Denis y Le Port con la configuración actual del sistema.*
- 2. Calcula las pérdidas en cada línea (en MW).*
- 3. Si la tensión en la central se ajusta a 250 kV, calcula la tensión (en kV) en la subestación de Saint-Denis con la configuración actual más una batería de condensadores en Le Port para mantener la tensión en Le Port a 210 kV.*
- 4. Calcula las pérdidas en cada línea (en MW).*
- 5. Calcula la potencia reactiva del banco de condensadores (en MVar).*
- 6. Si la tensión en la central se ajusta a 250 kV, calcula la tensión (en kV) en la subestación de Le Port con la configuración actual más una batería de condensadores en Saint-Denis para mantener la tensión en Saint-Denis en 225 kV.*
- 7. Calcula las pérdidas en cada línea (en MW).*
- 8. Calcula la potencia reactiva del banco de condensadores (en MVar).*
- 9. Si la tensión en la central se ajusta a 232 kV, calcula las tensiones (en kV) en las subestaciones de Saint-Denis y Le Port con la configuración de 3 líneas.*
- 10. Calcula las pérdidas en cada línea (en MW).*
- 11. Señala las ventajas y los inconvenientes de cada configuración futura del sistema.*

5º EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 15 de febrero de 2013.

1. En un sistema eléctrico de potencia hay dos generadores. Uno de ellos tiene una potencia nominal de 200 MW y una constante de regulación de 0,04 pu (referido a su potencia nominal). El otro tiene una potencia nominal de 400 MW y una constante de regulación de 0,05 pu (también referida a su potencia nominal). Supóngase que inicialmente ambos generadores están funcionando en vacío a una frecuencia de 50 Hz. Repentinamente la demanda de potencia sube a 600 MW.

- a) ¿Alguno de los generadores quedará sobrecargado? ¿Cuál?
- b) ¿Qué nueva frecuencia tendría el sistema?

Suponer que no hay control secundario.

2. Las 3 centrales del área de control Norte tienen potencias nominales de 300, 500 y 600 MW, siendo sus constantes de regulación de 0,05 pu, 0,04 pu y 0,03 pu, respectivamente (referidas cada una de ellas a su propia potencia nominal). Esta área se conecta a través de una línea con el área de control Sur con la que tiene un contrato de suministro de potencia de 400 MW a 50 Hz. Un generador del área Sur queda fuera de servicio de forma repentina, observándose un incremento en el flujo de potencia en la línea desde los 400 MW iniciales hasta los 631 MW.

- a) Determina qué potencia suministra cada central del área Norte en estas nuevas condiciones.
- b) Determina el ECA de esta área si $B_1=580 \text{ MW/Hz}$.

3. En una central hay 3 unidades de generación con las siguientes curvas de coste en €/h:

$$C_1 = 500 + 5,3P_1 + 0,004P_1^2$$

$$C_2 = 400 + 5,5P_2 + 0,006P_2^2$$

$$C_3 = 200 + 5,8P_3 + 0,009P_3^2$$

En un momento dado del día, se debe suministrar una potencia de 800 MW.

- a) Determina el reparto de potencia entre las unidades de generación para minimizar el coste.
- b) ¿A cuánto asciende dicho coste horario? Despreciar las pérdidas.
- c) Calcula el nuevo reparto entre las centrales 2 y 3 cuando por la noche la demanda baja a 300 MW y la unidad de generación nº 1 queda desconectada del sistema.

4. En un sistema eléctrico hay 3 centrales con los siguientes costes:

$$C_1 = 200 + 7,0 \cdot P_1 + 0,008 \cdot P_1^2$$

$$C_2 = 180 + 6,3 \cdot P_2 + 0,009 \cdot P_2^2$$

$$C_3 = 140 + 6,8 \cdot P_3 + 0,007 \cdot 3P_3^2$$

Cada central puede funcionar dentro de los siguientes límites:

$$10 \text{ MW} \leq P_1 \leq 85 \text{ MW}$$

$$10 \text{ MW} \leq P_2 \leq 80 \text{ MW}$$

$$10 \text{ MW} \leq P_3 \leq 70 \text{ MW}$$

La expresión que determina las pérdidas del sistema en función de la potencia generada en las centrales es, en MW:

$$P_p = 0,000218 \cdot P_1^2 + 0,000228 \cdot P_2^2 + 0,000179 \cdot P_3^2$$

Si la carga total del sistema en un momento dado es de 150 MW, ¿Qué potencia hay que asignar a cada central para conseguir la generación más barata posible?

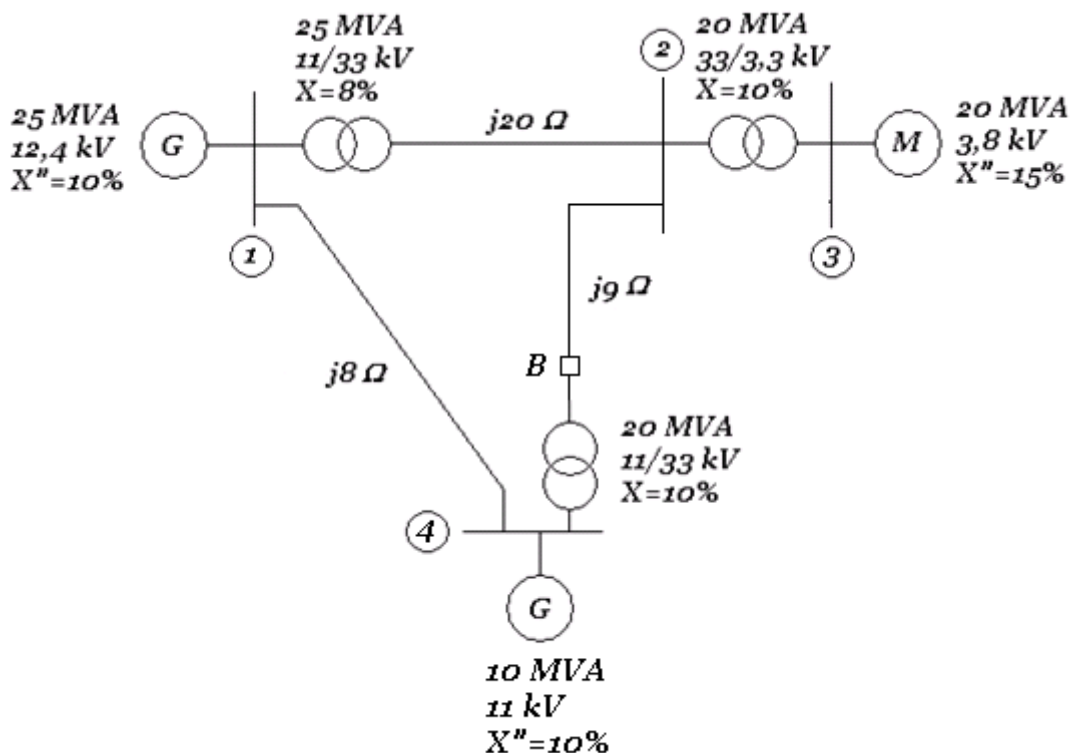
5. Define los cometidos de los controles primario, secundario y terciario de frecuencia y de tensión.

6º EXAMEN PARCIAL

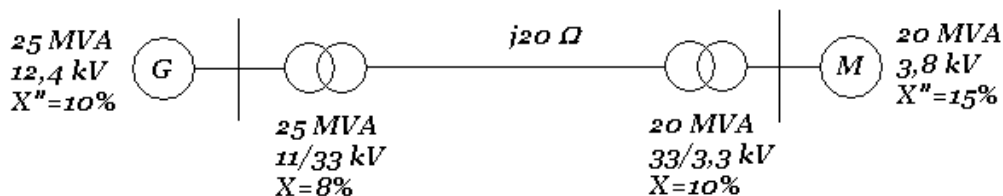
La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 15 de marzo de 2013.

1. En el sistema eléctrico de la figura, calcular:
 - a) La corriente subtransitoria de falta, en kA, cuando se produce un cortocircuito trifásico en los bornes del generador del nudo 4.
 - b) la corriente subtransitoria que pasará por el interruptor B, en kA, cuando se produce un cortocircuito trifásico en el motor.

Despreciar la carga antes del cortocircuito y suponer que la tensión de prefalta en todos los nudos es 1,05 p.u.



2. En el sistema eléctrico de la figura, calcular la corriente subtransitoria por el generador y por el motor cuando se produce un cortocircuito trifásico en el nudo del generador. Antes de la falta, el motor absorbe 15 MW con factor de potencia $0,9$ en adelanto, siendo la tensión entre sus bornes de $3,1 \text{ kV}$.

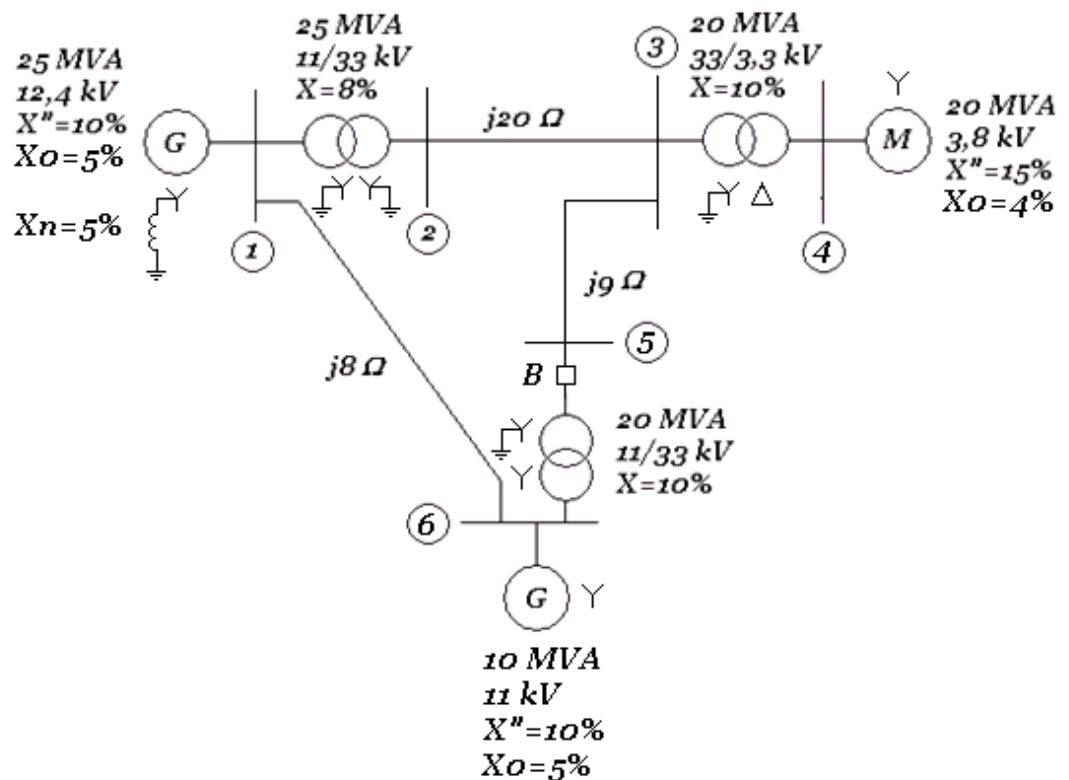


3. En el mismo sistema de la pregunta anterior, una avioneta cae sobre la línea a $2/3$ de la distancia que separa la central de la carga, provocando un cortocircuito trifásico. Suponiendo que puede despreciarse la carga previa al cortocircuito y que la tensión en la línea era de 33 kV , ¿cuánta corriente suministra cada máquina al cortocircuito en los instantes iniciales?

7º EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 19 de abril de 2013.

1. En el sistema eléctrico de la figura, calcular:
 - a) La corriente de falta en cada fase, en kA, cuando se produce un cortocircuito entre dos fases en los bornes del generador del nudo 6.
 - b) la corriente máxima que pasará por el interruptor B, en kA, cuando se produce un cortocircuito fase-tierra en el motor.
 - c) La corriente máxima que pasará por el interruptor B, en kA, cuando se produce un cortocircuito fase-tierra en el nudo 5 si la conexión a tierra de la estrella del transformador que lo alimenta no existiera.
 - d) La corriente de falta en cada fase, en kA, cuando se produce un cortocircuito fase-tierra en la mitad de la línea 16, con una impedancia de falta de $j0,1$ p.u.
 - e) La tensión simple en cada fase, en kV, del nudo 2 cuando se produce el cortocircuito del apartado a).

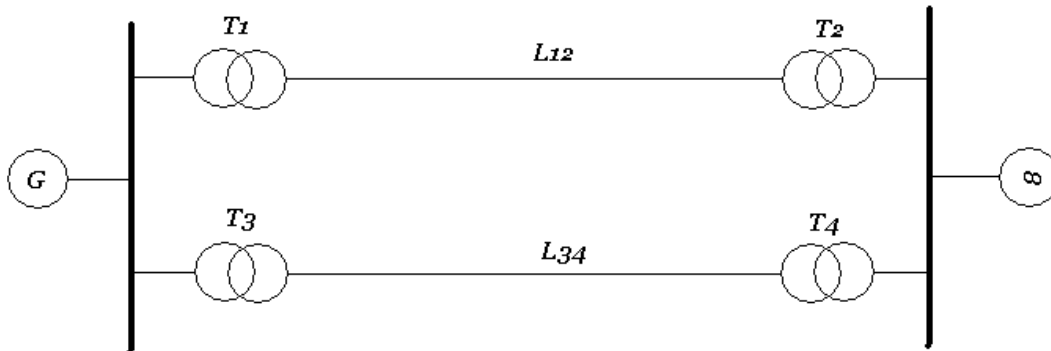


Despreciar la carga antes del cortocircuito y el desfase debido al transformador estrella-triángulo y suponer que la tensión de prefalta en todos los nudos es 1,05 p.u.

8º EXAMEN PARCIAL

La entrega del examen será por correo electrónico (directamente en el correo de MiAulario) antes de las 2100 h del viernes 17 de mayo de 2013.

Sea el sistema eléctrico de 50 Hz de la figura, en el que todas las reactancias están expresadas en la misma base.



Datos del generador síncrono:

$$H=4 \text{ MJ/MVA}$$

$$X'_d=j0,25 \text{ p.u.}$$

Datos de los transformadores:

$$X_{T1}=X_{T2}=X_{T3}=X_{T4}=j0,15 \text{ p.u.}$$

Datos de las líneas:

$$X_{L12}=X_{L34}=j0,28 \text{ p.u.}$$

Datos de la red de potencia infinita:

Representada por una fuente de tensión $U_\infty=1 \angle 0^\circ$ p.u. en serie con una reactancia

$$X_{red}=j0,15$$

1. La potencia suministrada a la red de potencia infinita es 0,6 p.u. con factor de potencia 0,95 en retraso. ¿Se mantendrá el sistema en sincronismo si, de forma repentina, la potencia mecánica acoplada al eje del generador síncrono aumenta hasta 1 p.u.?
2. En las mismas condiciones iniciales de la pregunta anterior, se produce un cortocircuito trifásico a la salida del transformador T3 que será despejado abriendo la línea 34, dejando en funcionamiento la línea 12. ¿Cuánto valdría el ángulo crítico de despeje para evitar la pérdida de sincronismo?
3. Calcula el tiempo máximo que se puede demorar la apertura de la línea 34. Considera un tiempo de 1,00 s para evaluar si el sistema permanece estable.

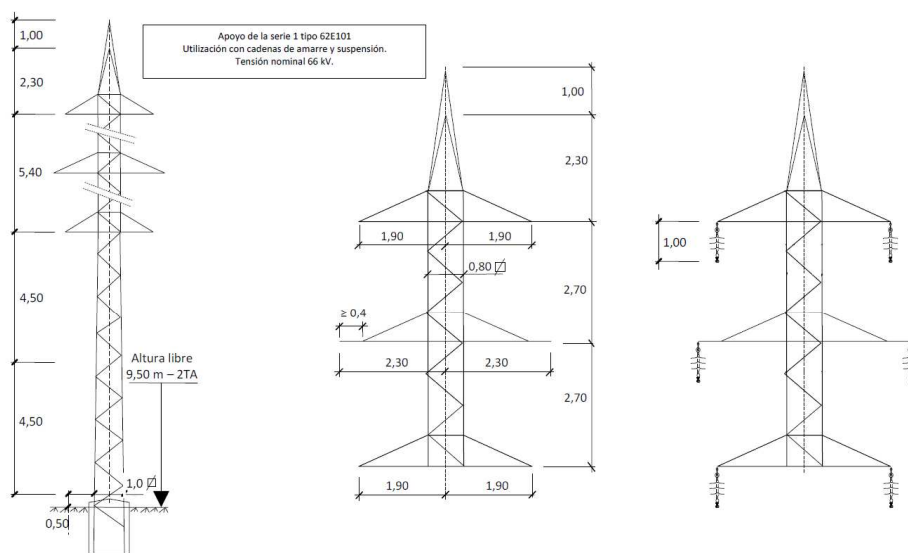
EXAMEN ORDINARIO

TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

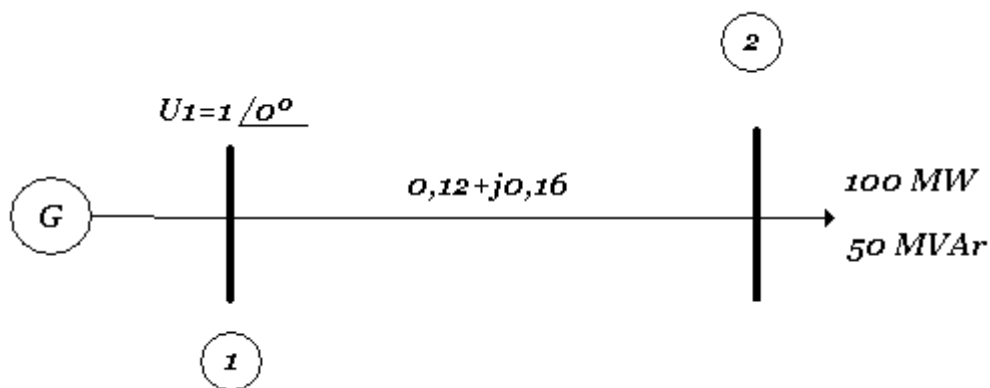
3º I.T.I.E.

27 mayo 2013

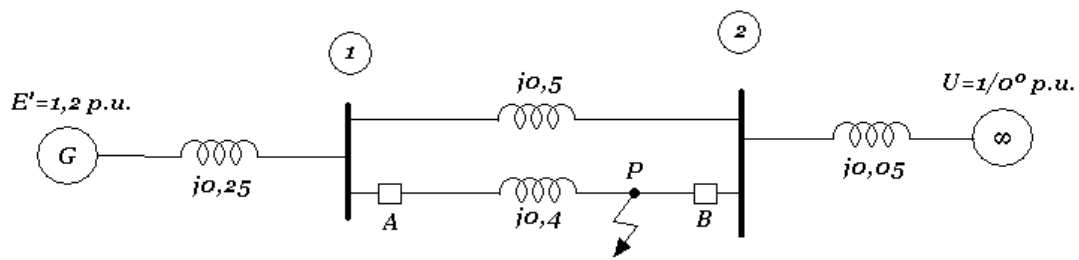
- Una pequeña compañía eléctrica cuenta con una central. La energía allí producida se consume en una localidad distante 20 km. La línea que une la central con esta localidad es de 66 kV de doble circuito. Para simplificar supondremos que todos los apoyos son como el mostrado en la figura 1. El conductor utilizado tiene un diámetro de 17,5 mm y una resistencia de 0,1963 Ω/km . Calcula la resistencia y la reactancia de la línea a 50 Hz
 - si funcionan los dos circuitos y
 - si funciona sólo uno de ellos.



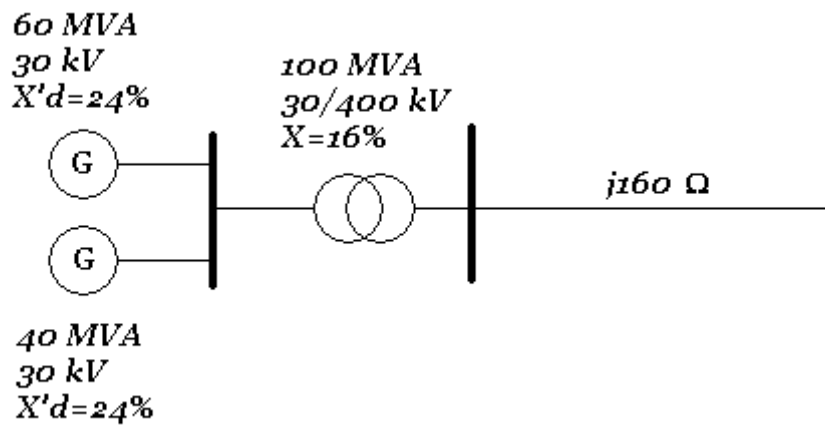
- En el sistema eléctrico de la figura 2, la tensión del nudo 1 es $1 \angle 0^\circ$ p.u. En el nudo 2 la carga demandada es 100 MW y 50 MVar. La impedancia de la línea es $0,12 + j0,16$ p.u. sobre una base de 100 MVA. Determina la tensión en el nudo 2.



- Calcula el ángulo crítico de despeje para la apertura simultánea de los interruptores A y B cuando se produce un cortocircuito trifásico en el punto P



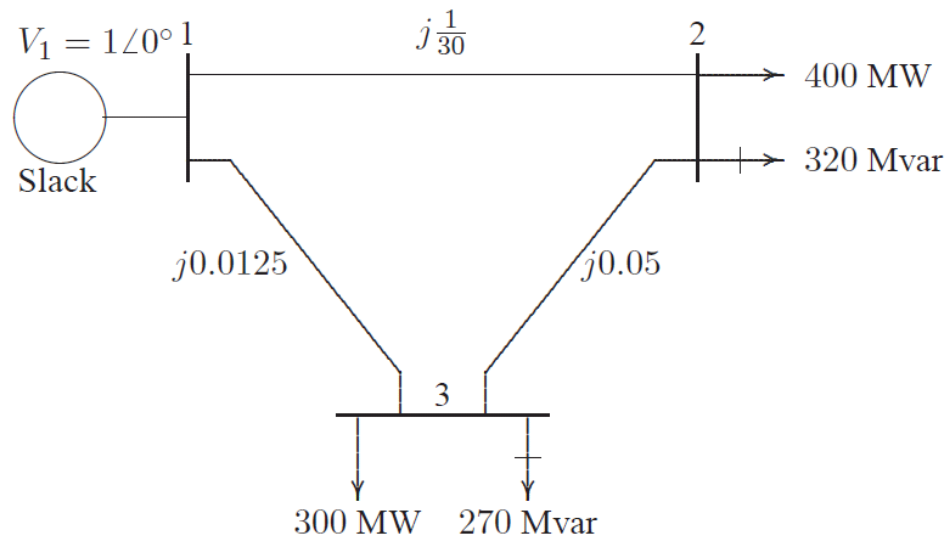
4. Calcula la corriente de falta expresada en kA para el sistema eléctrico de la figura cuando se produce un cortocircuito trifásico al final de la línea. Suponer que inicialmente el sistema está en vacío y que los generadores funcionan en sincronismo a tensión nominal.



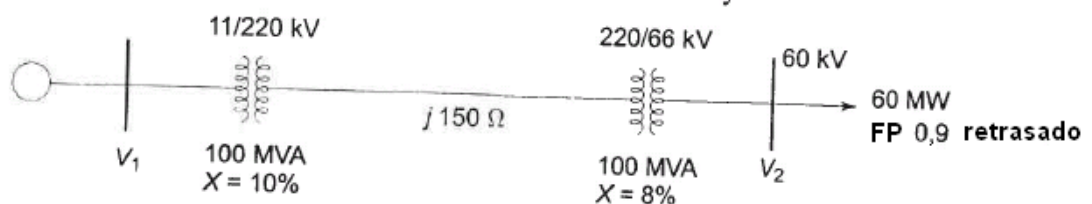
EXAMEN EXTRAORDINARIO DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

26 de junio de 2013

1. Plantea las ecuaciones de flujo de potencia para el sistema de 3 nudos de la figura.



2. La figura muestra el esquema unifilar de un sistema de transmisión radial. Calcula la tensión en bornes del generador síncrono para que la carga esté a 60 kV.



3. Una línea trifásica de 400 km a 275 kV y 50 Hz tiene los siguientes parámetros por fase:

Resistencia = $0,035 \Omega/\text{km}$.

Inductancia = $1 \text{ mH}/\text{km}$

Capacidad = $0,01 \mu\text{F}/\text{km}$

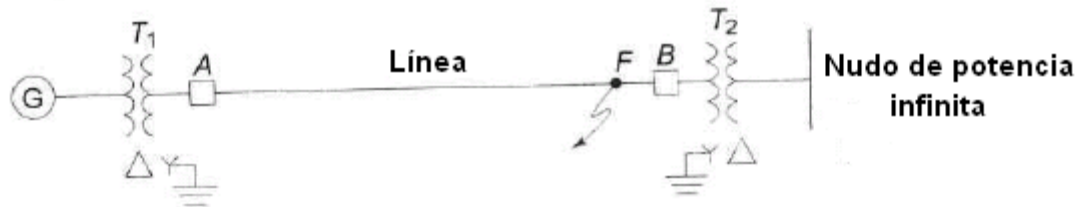
Si la línea se alimenta a 275 kV, determina la potencia reactiva en MVA de una bobina conectada en paralelo al final de la línea para que, en vacío, se mantengan los 275 kV. Usar el modelo en π nominal.

4. El sistema de la figura suministra 50 MVA a 11 kV con un factor de potencia de 0,8 en retraso a un nudo de potencia infinita. Los datos de los distintos componentes del sistema son:

Generador: 60 MVA, 12 kV, $X_d' = 0,35$ p.u.

Transformadores: 80 MVA, 12/66 kV, $X = 0,08$ p.u.

Línea: $X = 12 \Omega$, $R = 0$



Calcula la corriente simétrica de cortocircuito que tendrán que abrir los interruptores A y B en el caso de que ocurra un cortocircuito trifásico en el punto F, cerca del interruptor B.

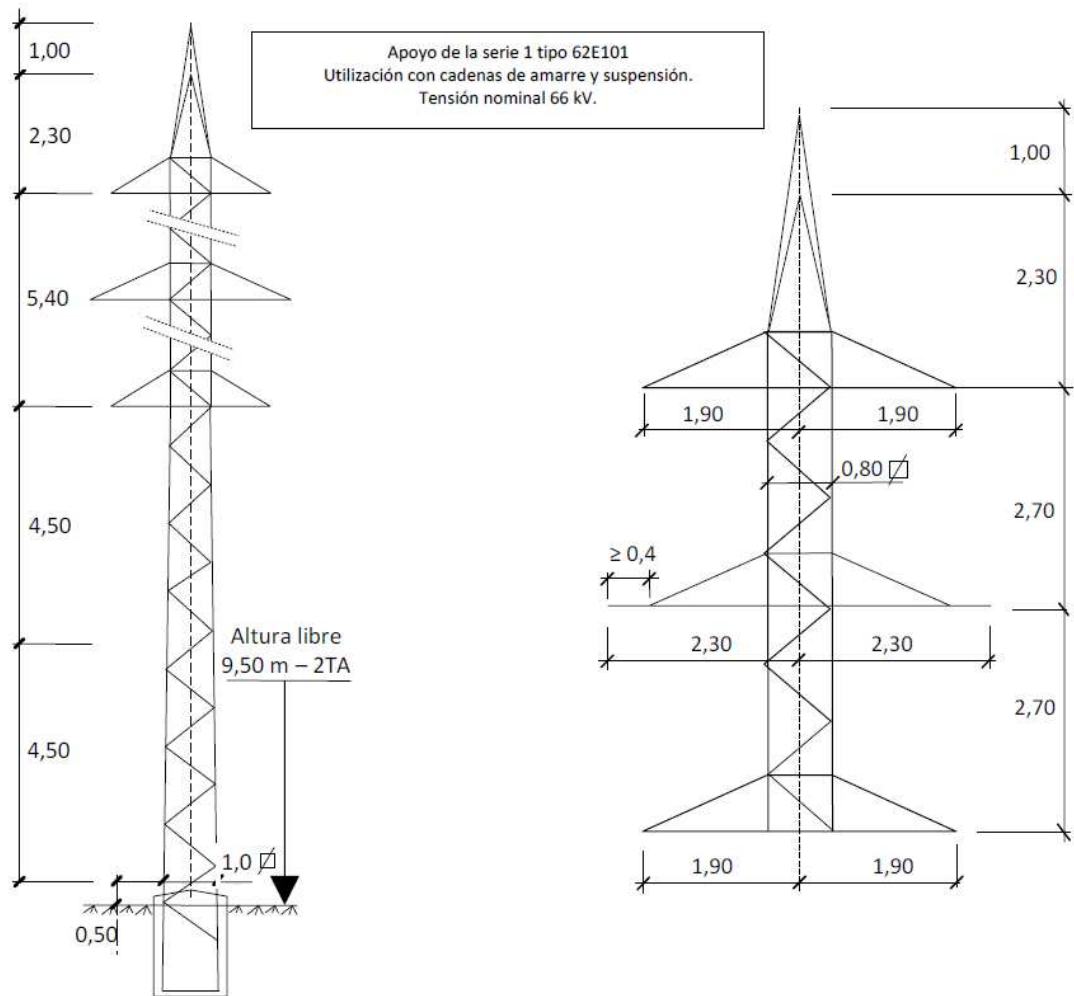
5. Los dos turboalternadores de una central térmica tienen las siguientes características:

Generador 1: 4 polos, 50 Hz, 60 MW, factor de potencia 0,8 en retraso, momento de inercia $30\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

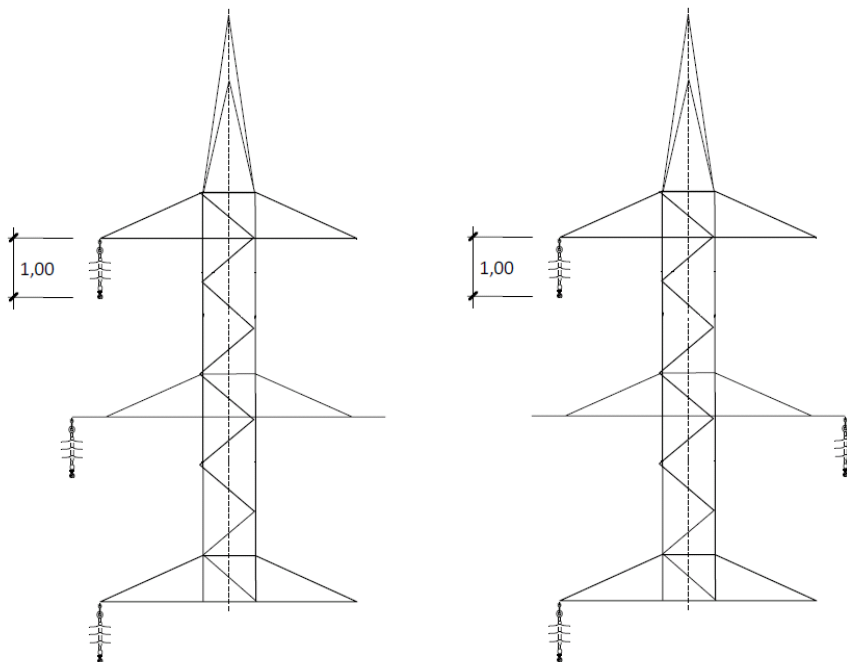
Generador 2: 2 polos, 50 Hz, 80 MW, factor de potencia 0,85 en retraso, momento de inercia $10\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Calcula la constante de inercia equivalente de la central sobre una base de 200 MVA.

6. En una línea aérea de 66 kV, se utilizan torres de apoyo como las de la figura. Se usa un solo circuito y los conductores de fase están constituidos por un único conductor de $\varnothing 17,5 \text{ mm}$ y resistencia de $0,1963 \Omega/\text{km}$.



¿Con cuál de las dos configuraciones mostradas en la siguiente figura se puede transmitir más potencia? Justifica la respuesta.



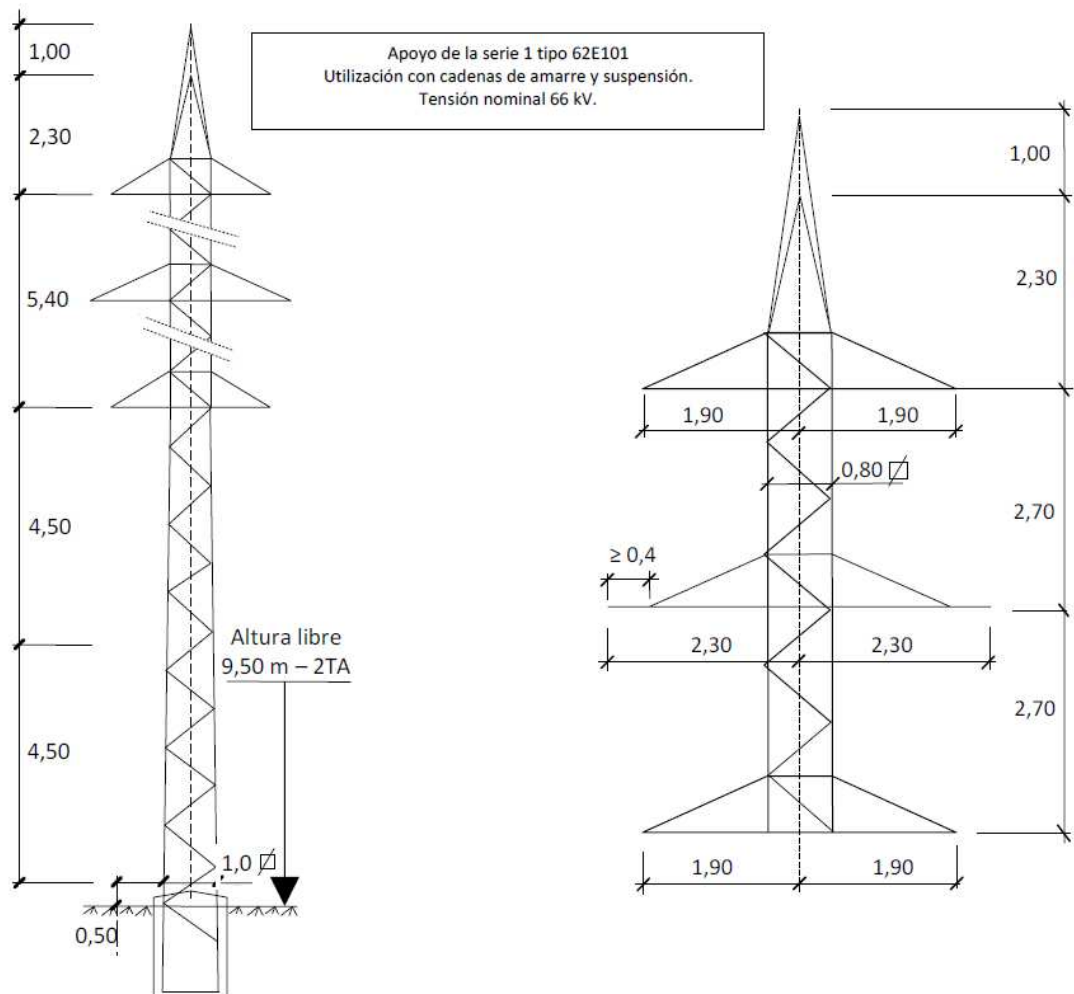
EXAMEN EXTRAORDINARIO

TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

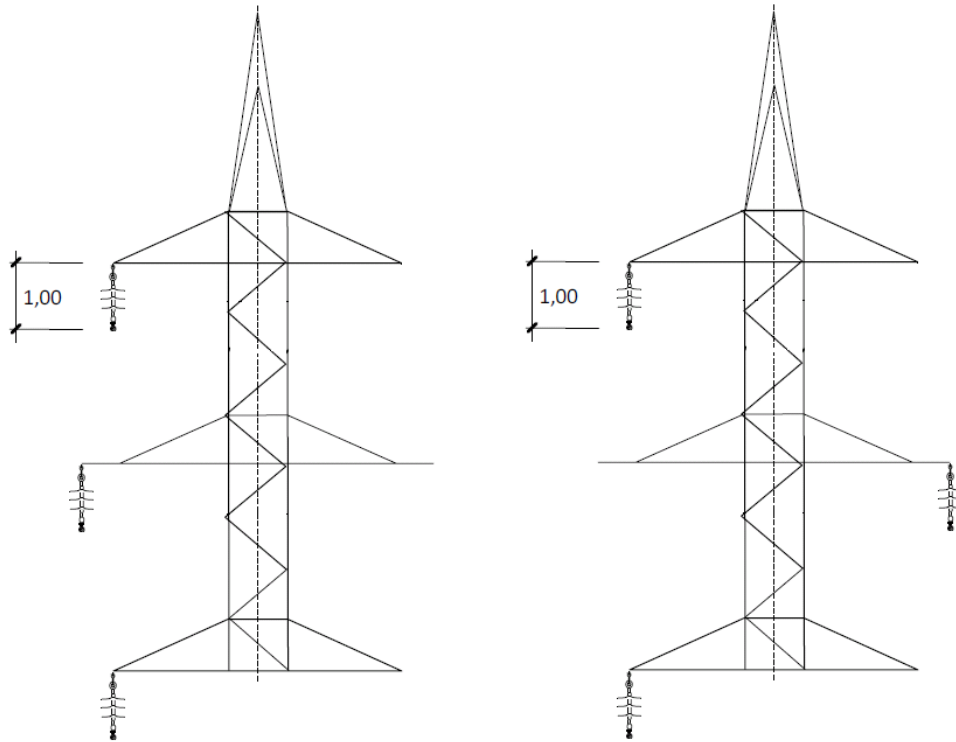
3º I.T.I.E.

26 de junio 2013

1. En una línea aérea de 66 kV, se utilizan torres de apoyo como las de la figura. Se usa un solo circuito y los conductores de fase están constituidos por un único conductor de $\varnothing 17,5$ mm y resistencia de $0,1963 \Omega/\text{km}$.



¿Con cuál de las dos configuraciones mostradas en la siguiente figura se puede transmitir más potencia? Justifica la respuesta.



2. Seleccionada la opción que más potencia puede transmitir, se emplean 38 km de línea para conectar un generador con una subestación que, a su vez está conectada con otra línea de idénticas características de 17 km a otra subestación. El esquema unifilar puede verse en la figura, en donde se señalan también las potencias demandadas en cada subestación. La frecuencia del sistema es 50 Hz. Tomar como potencia base 100 MVA. Considerando la central como el nudo oscilante con tensión $1,15 \angle 0^\circ$ p.u., calcula las tensiones en cada subestación y la potencia activa y reactiva que debe suministrar el generador de la central.

NOTA: Si no se ha resuelto el problema anterior utilizar como parámetros de la línea $L=1$ mH/km y $R=0,2$ Ω /km.

3. Despreciando las cargas del sistema anterior y la reactancia transitoria del generador, ¿qué poder de corte mínimo debe tener el interruptor situado en el comienzo de la línea 23 suponiendo que no haya en el sistema más máquinas rotativas?
4. El sistema eléctrico anterior se amplía conectando en la subestación 2 otro generador.

El coste de generación de cada generador es:

$$C_1 = 100 + 20P_1 + 0,05P_1^2 \text{ [€/h]}$$

$$C_2 = 200 + 25P_2 + 0,1P_2^2 \text{ [€/h]}$$

Las pérdidas del sistema vienen dadas por

El generador 1 puede ajustar su potencia entre 0 y 80 MW. El generador 2 puede hacerlo entre 0 y 20 MW. Con las cargas de la figura, calcula la potencia que debe suministrar cada generador para conseguir la producción energética más barata posible.