



Universidad  
de Alcalá

Escuela Politécnica Superior  
DEPARTAMENTO DE TEORÍA DE LA  
SEÑAL Y COMUNICACIONES

Apellidos:

Nombre :

D.N.I.:

Titulación : Master en Ingeniería Industrial

Curso: Curso 1

Fecha: 1 de junio de 2020

Asignatura: Tecnología e Ingeniería Eléctrica

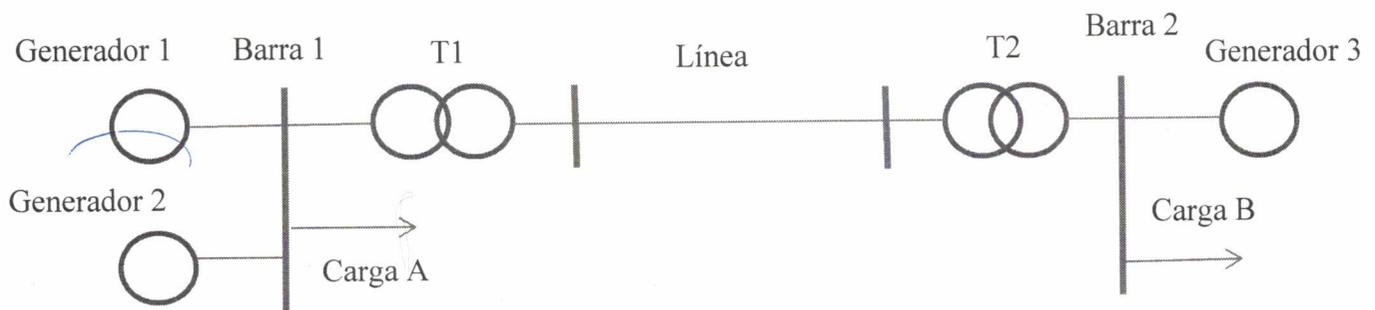
### Modelo A

#### Cuestiones cortas:

- 1) Una región tiene una demanda máxima de 500 MW. Se supone que la curva de carga **diaria** decreciente es un triángulo. Definir matemáticamente para esta demanda, la curva agregada monótona decreciente de carga, la curva monótona de carga probabilística decreciente, la función de distribución y de densidad de la variable aleatoria demanda de carga. (0,5)
- 2) Los aisladores son constituyentes fundamentales de las líneas aérea de A.T. ¿Qué características fundamentales hay que tener en cuenta para su correcta elección? (0,25)
- 3) ¿Por qué se produce el efecto corona en líneas de A. T.? ¿Qué efectos produce y cómo se reducen estos? (0,25)
- 4) Explica cómo se obtiene la tabla de cálculo mecánico de conductores, la de tendido y las parábolas de tendido ¿para qué sirven? (0,25)
- 5) Define las características más importantes de un Interruptor automático de A.T. Actualmente ¿cuáles son los tipos se utilizan? ¿y en qué aplicaciones? (0,25)
- 6) ¿Podrías explicar mediante un ejemplo el funcionamiento de un relé de protección direccional (0,25)
- 7) Resume brevemente las características de las sobretensiones pueden aparecer en las instalaciones de A.T.¿ y su origen? (0,5 p)
- 8) ¿Sabrías explicar el significado de los términos de SIL y WIL de un pararrayos-autoválvula? (0,25)

#### Ejercicio 1 (3 p)

Sea el esquema unifilar de un suministro trifásico de la figura:



#### Características:

- Generador 1: 30 MVA, 10.5 kV,  $X_s = 4.1 \Omega$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

1. Obtener el modelo de impedancias en p.u. del sistema en base a 40 MVA

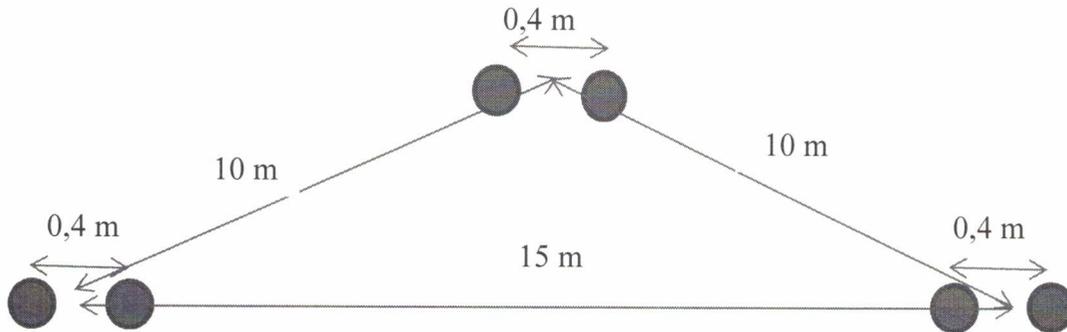
1

2 Dibujar la carta de operación p.u. del **G2**, tomando como base sus **valores nominales**, supuesto que la turbina que lo mueve puede entre operar entre el 10% y el 90% de su potencia nominal,  $\delta_{\max} = 80^\circ$ , y la  $l_{e_{\max}} = 1,8$  p.u. (0,5 p) *0,75 p*

3 **G2** inyecta 10 MVA a  $\cos \phi = 0,8$  capacitivo y la tensión en la barra 1 es de 11 KV. Sitúe el punto de operación del **G2** en su carta y calcule su **f.e.m.** (1 p) *0,5 p*

4. Si en estas condiciones **G1** inyecta 15 MW, hallar la corriente en el secundario del **trafo 2** (1 p) *0,75*

**Ejercicio 2 (2 p)**  
 Sea una línea trifásica de dúplex de transporte (300 km y 400 kV) de dimensiones como se indica en la figura. Los conductores son Cardenal (composición: 54/7 diámetro = 27,7 mm, sección: 547,3 mm<sup>2</sup>, resistencia a 20°C = 0,0597 Ω/km). Se desprecia la perditancia de la línea.



Calcular:

- Las constantes kilométricas de la línea y circuito equivalente en  $\pi$  a 50 Hz. *0,75 + 0,25*
- La impedancia característica y la función de propagación. *0,5*
- La tensión al principio de línea es de 400 KV. Utilizando el modelo en  $\pi$  ¿cuál será la corriente al principio de la línea si esta en vacío? *0,5*

**Ejercicio 3 (1,5 p)**

Se desea dimensionar una línea subterránea trifásica de distribución de alta tensión que va alimentar a varios edificios del campus externo de la UAH. La conexión se realiza través de un apoyo de entronque aéreo subterráneo con una línea aérea procedente de una subestación. Se dispone de los siguientes datos de instalación.

Datos de consumo	Acometida	Línea	Instalación
<ul style="list-style-type: none"> <li>S = 10 MVA</li> <li><math>\cos \phi = 0,9</math> inductivo</li> <li>V = 20 kV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>S_{cc} = 500</math> MVA</li> <li><math>t_{cc}</math> (protección contra cortocircuitos) = 0,3 seg</li> <li><b>No hay protección contra fallas a tierra</b></li> <li>V = 20 kV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud: 3000 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Directamente enterrado a 1 m de profundidad</li> <li><math>T_{amb} = 25^\circ</math> C.</li> <li>Resistencia térmica del terreno de 1,5 K. m/W</li> </ul>

Se elige un cable unipolar Al Eprotenax H Compact de Prysmian. Obtener en primera aproximación, justificando la repuesta, las características del conductor adecuado, de forma que se cumplan las prescripciones reglamentarias. Dato:  $\alpha = 0,00393$  C<sup>-1</sup> *1 + 0,5 p*

**Ejercicio 4 (1 p)**



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE**  
**LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS**  
**CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

atmosféricas, maniobras y protección? *0,25*

MODELO A

solución

1)  $S_B = 40 \text{ MVA}$  ; BASES  $\rightarrow$

$$\begin{cases} U_{B1} = 11 \text{ KV} \\ U_{B2} = 50 \text{ KV} \\ U_{B3} = 6.2 \text{ KV} \end{cases} \begin{cases} I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} U_{B1}} = 2099 \text{ A} \\ I_{B2} = 461 \text{ A} \\ I_{B3} = 3724 \text{ A} \end{cases} \begin{cases} Z_{B1} = \frac{U_{B1}^2}{S_B} = 3.02 \Omega \\ Z_{B2} = 62.5 \Omega \\ Z_{B3} = 0.98 \Omega \end{cases}$$

o Generador 1:  $Z_{G1} = \frac{4.1j}{3.02} = 1.35j \text{ (p.u.)}$

o Generador 2:  $Z_{G2} = 1.1j \left(\frac{11}{11}\right)^2 \cdot \frac{40}{15} = 2.93j \text{ (pu)}$

o Generador 3:  $Z_{G3} = 1.2j \left(\frac{6.2}{6.2}\right)^2 \cdot \frac{40}{25} = 2.11j \text{ (pu)}$  (1)

o Trafo 1:  $Z_{T1} = \frac{25j}{62.5} = 0.08j$

o Trafo 2:  $Z_{T2} = 0.06j \left(\frac{6.2}{6.2}\right)^2 \cdot \frac{40}{20} = 0.075j \text{ (pu)}$   
 $0.12j \text{ pu}$

o Linea de Transporte:  $Z_L = \frac{5+20j}{62.5} = 0.08+0.32j \text{ (pu)}$

o Carga 1 (No lineal, p, q constantes) independiente de v  $Z_{C1} = \frac{40+3j}{40} = 0.25+0.12j \text{ pu}$

o Carga 2 (impedancia)  $S_{C2} = \frac{P_{CL}}{\cos\phi} = \frac{30 \text{ MW}}{0.8} = 37.5 \text{ MVA}$

$Z_c = \frac{6.2^2}{37.5} (0.8+0.6j) = 0.92+0.69j \text{ (}\Omega\text{)}$

$Z_c = \frac{0.92+0.69j}{0.56} = 0.96+0.71 \text{ (pu)}$

Circuito en pu



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

...

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

2) G2 base la potencia nominal

$$S_B = 15 \text{ MVA} = S_n$$

$$U_n = 11 \text{ kV} = U_B$$

$$X_S = 110\% = 1.1 \text{ pu}$$

$$S = 1$$

$$U = 1 \text{ pu}$$

$$x_S = 1.1$$

recinto

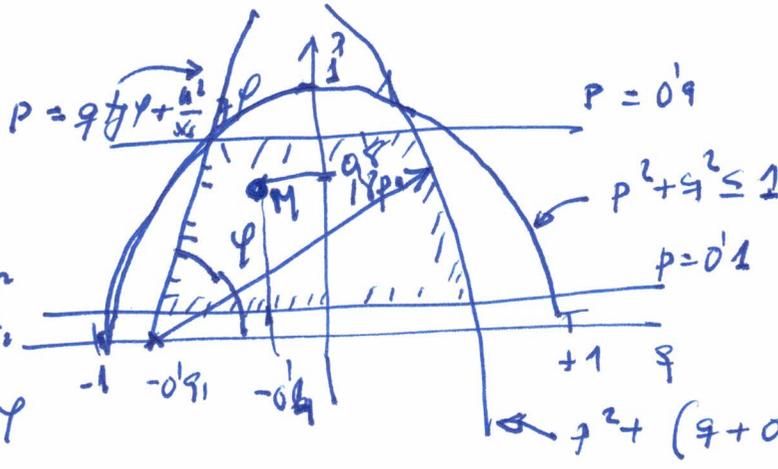
$$p^2 + q^2 \leq 1$$

$$p \leq 0.9$$

$$p \geq 0.1$$

$$p^2 + (q + 0.91)^2 \leq \left(\frac{1.8 \cdot 1}{1.1}\right)^2$$

$$p = 0.9 \text{ pu} + \frac{u}{x_S} \text{ pu}$$

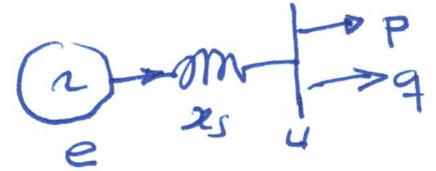


3) Punto de operación en la carta (M)

$$S = 10 \text{ MVA}, \cos \phi = 0.8 \text{ cap}$$

$$P = S \cdot \cos \phi = 10 \cdot 0.8 = 8 \text{ MW}$$

$$Q = S \cdot \sin \phi = 10 \cdot (-0.6) = -6 \text{ MVA}_r$$



$$P = \frac{P}{S_B} = \frac{8}{15} = 0.533 \text{ pu}$$

$$Q = \frac{Q}{S_B} = \frac{-6}{15} = -0.4 \text{ pu}$$

$$(0.533)^2 + (-0.4 + 0.91)^2 = \left(\frac{e \cdot 1}{1.1}\right)^2 \rightarrow e$$

$$|E| = |e| \cdot \frac{U_B}{r_2} =$$

4) Base = 40 MVA

Balace de potencia en la barra 1 Base 40 MVA general

Cartagena99

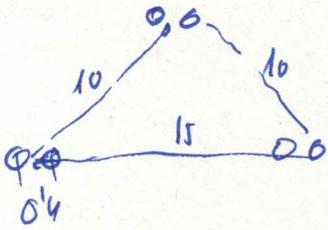
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# EJERCICIO 2

1)



$$r = \frac{0.0597 \Omega / \text{km}}{2} = 0.0298 \Omega / \text{km}$$

$$\alpha_e = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG} = 3247 \cdot 10^{-4} \Omega / \text{km}$$

$$\begin{cases} RMG = \sqrt{r \cdot d} = 0.067 \text{ m} \\ DMG = \sqrt[3]{15 \cdot 10 \cdot 10} = 11.44 \text{ m} \end{cases}$$

$$b_e = \omega G' = 2\pi \cdot 50 \cdot \frac{0.0242}{\ln \frac{DMG}{RMG}} = 3.45 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} / \text{km}$$

ojo  $\rightarrow RMG = \sqrt{r \cdot d} = 0.0744 \text{ m}$

$$R_L = r \cdot l = 0.0298 \cdot 300 = 8.96 \Omega$$

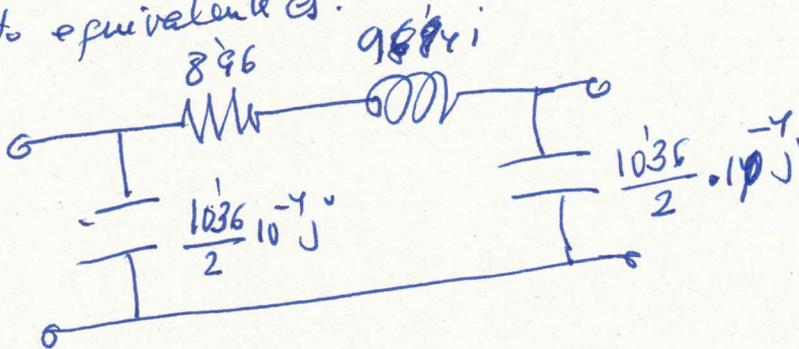
$$X_L = \alpha_e \cdot l = 628 \cdot 10^{-4} \cdot 300 = 188.4 \Omega$$

$$B_L = b_e \cdot l = 3.45 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 1.036 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}$$

$$Z = (8.96 + j188.4) \Omega$$

$$Y = (j1.036 \cdot 10^{-4}) \Omega^{-1}$$

El circuito equivalente es:



2)

$$\gamma_0 = \sqrt{Z \cdot Y} = \sqrt{20.95 \angle 64.5^\circ \cdot 10.36 \cdot 10^{-4} \angle 90^\circ} = 0.33 \angle 87^\circ$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{20.95}{10.36 \cdot 10^{-4}} \angle -25.5^\circ} = 310^2 \angle -27^\circ \Omega$$

$$0.31 \text{ Np} + 0.13 \text{ j}$$

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## EJERCICIO 3

Tensión nominal del conductor

No hay protección a tierra → línea categoría 4

$$U_0/U = 18/30 \text{ kV}$$

Elección de la sección

$$I = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_n} = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 288,6 \text{ A}$$

directamente enterrado  $1 \times 240/16$

Aguante contra cortocircuitos

$$I_{cc} = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 14.443 \text{ A}$$

este conductor aguante durante 4 seg 22560 A  
por lo tanto le sobra.

Caída de tensión

$$\Delta V \% = \frac{(r_L \cdot I \cdot \cos \phi + x_L \cdot I \cdot \sin \phi) \cdot P \cdot l}{U^2} \times 100 =$$

¿A que temperatura aumentará el conductor?  
Perdidas de potencia

$$\Delta P \% = \frac{r_L \cdot P \cdot l}{U^2 \cos^2 \phi} \times 100 =$$

$$= 0,168$$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## EJERCICIO 4

a)  $k_r = 0'101 \Omega/\Omega \cdot m$     $k_p = 0'02 \text{ V}/\Omega \cdot m (A)$     $k_c = 0'046 \text{ V}/\Omega \cdot m (A)$

$\rho = 150 \Omega \cdot m$     $V = 20 \text{ kV}$

$X_n = 50j$

$R_T = \rho \cdot k_r = 150 \cdot 0'101 = 15,15 \Omega$

$I_d = \frac{V}{\sqrt{3} \sqrt{(R_T + R_T)^2 + X_n^2}} = \frac{20.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 15'15)^2 + 50^2}} = 221 \text{ A}$

$V_d = 221 \cdot 15,15 \Omega = 3348 \text{ V}$

$U_p = k_p I_d \cdot \rho = 0'02 \cdot 221 \cdot 150 = 663 \text{ V}$

$V_c = k_c I_d \cdot \rho = 0'046 \cdot 221 \cdot 150 = 1524 \text{ V}$

RAT

$U_{cmax} = U_{ca} \left[ 1 + \frac{\frac{R_{ca}}{2} + 1'5 \rho}{1000} \right]$

$U_{ca} = 50 \text{ V}$

$R_{ca} = 200 \Omega$

$\rho = 150 \Omega \cdot m$

$U_{pmax} = 10 \cdot U_{ca} \left[ 1 + \frac{2R_{ca} \cdot 6PT}{1000} \right] =$

$U_{cmax} = 111,28 \text{ V}$

$U_{pmax} = 2950 \text{ V}$

el electrodo no cumple

b) - Sistema de puesta a tierra en las torres

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70