

## Ejercicio 7

### Dimensionamiento eléctrico de una línea de transporte de corta longitud

Una línea trifásica, cuyos conductores están situados en un mismo plano horizontal, con una distancia entre conductores contiguos de 5 m, enlaza una subestación de distribución con un centro de consumo industrial distante de ella 85 km. La potencia absorbida por el centro de consumo es de 30 MW,  $\cos \varphi = 0,9$  inductivo, a 132 kV. Supuesto que el conductor es LA 280 y que la máxima temperatura que va a alcanzar es de 50°C, determinar:

- 1.- Si en la situación a plena carga supera una caída de tensión del 5%.
- 2.- Si se puede hacer el transporte en las condiciones anteriores en el caso de que el consumo aumente a 40 MW, con el mismo factor de potencia. En caso negativo, analizar la situación que resulta del empleo de un conductor dúplex formado por dos conductores LA-280 separados 40 cm.
- 3.- En ambos casos, comprobar si se supera la máxima intensidad admisible.
- 4.- Calcular las pérdidas en % en las condiciones dadas en el punto 2, supuesta la línea con conductor dúplex.
- 5.- Comprobar el efecto corona en ambos casos.
- 6.- Determinar las características mínimas de los aisladores a utilizar (coordinación de aislamiento).

### Datos constructivos

#### Conductor

- LA -280 ; 242 AL139ST1A
- $T_{max} = 50^{\circ}C$
- $R_{20^{\circ}C} = 0,1195 \Omega/km$
- Radio medio =  $21,6/2 m$
- Configuración 26 + 7

- sección de Al =  $241,7 mm^2$
- " de Ac =  $29,4 mm^2$
- sección total  $281,1 mm^2$

HAWK

#### Línea



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

- T° de servicio presta 50° C
- T° replemataria máxima 85° C en r.p., 100 f.t

CALCULO DE LAS CTES PRIMARIAS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE

•  $R_L$

$$R_{50} = R_2 \cdot (1 + \alpha_{20} (t(50) - 20)) \quad \text{---} \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{T_0 + \beta_2}{T_0 + \beta_1} \quad (2)$$

$$r_L = 0.1194 (1 + 0.00393 (50 - 20)) = \boxed{0.1335} \text{ } \Omega/\text{km}$$

(no se tiene en cuenta efecto skin)  
ni proximidad

$$\left. \begin{array}{l} T_{0ac} = 234.5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T_{0al} = 228.4 \text{ } ^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha_{Al_{20}} = 0.00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ \alpha_{Cu_{20}} = 0.00403 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \end{array}$$

•  $X_L$

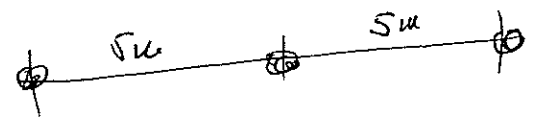
$$X_L = \omega L = 2\pi f \cdot L$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{r'} \text{ H/m}$$

$$D_{eq} = \sqrt{5 \cdot 5 \cdot 10}$$

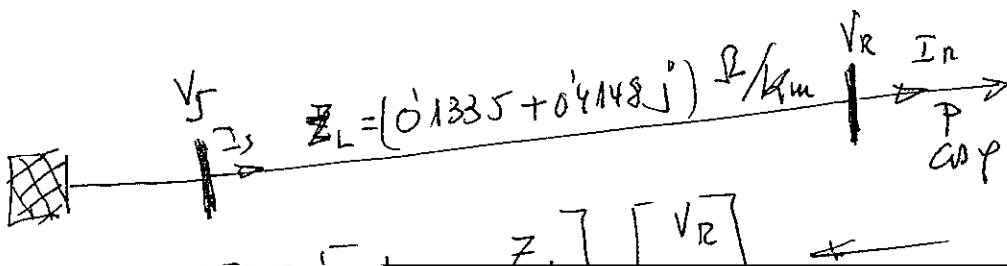
$$r' = 0.4788 \cdot r$$

$$r = 10.9 \text{ mm}$$



$$X_L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{D_{eq}}{r'} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$\boxed{X_L = 0.4148 \text{ } \Omega/\text{km}}$$



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

$$\Delta U = \frac{A \sqrt{[0'1335 + 0'4148 \cdot 0'4843] 85 \text{ R/km} \cdot 30}}{(132)^2} = 0'0489$$

$$\cos \varphi = 0'9 \Rightarrow \frac{1}{\gamma} \varphi = 0'48$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{V_R} \times 100 = 4,89 \% \quad A = 0'3344$$

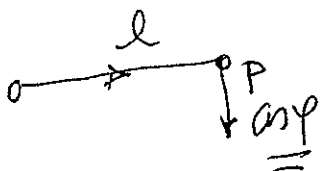
NO SE SUPERA

2) Si la carga aumenta a 40 MW

$$\Delta U = \frac{A \cdot P \cdot l}{V_L^2} \Rightarrow P \cdot l = \frac{\Delta U \cdot V^2}{A} = \frac{0'05 (132)^2}{0'3344}$$

**PE = Momento electrica**  $\rightarrow P \cdot l = 2605,26 \text{ (MW} \times \text{Km)}$ ;

Si  $l = 85 \text{ km} \Rightarrow P = \frac{2605,26}{85} = \underline{\underline{30,65 \text{ MW}}}$



• En esta línea se pueden transportar con una caída máxima del 5% 30,65 MW NO SE PUEDEN TRANSPORTAR 40 MW

• Si  $\cos \varphi = 1$  la  $P_{\text{max}}$  que se puede transportar es de:

$$P = \frac{\Delta U \cdot V^2}{A' \cdot l} = \frac{0'05 \cdot 132^2}{0'1335} = \underline{\underline{76,77 \text{ MW}}}$$

$$\cos \varphi = 1 \Rightarrow A' = 0'1335$$

$$R' + jX' \cdot \varphi = R_L$$

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

$$\log V = 0'2959 \Rightarrow \cos \varphi = 0'9589$$

o Repotenciación de la línea utilizando conductores (4)

duplex



$$DMG \approx \sqrt[3]{d \cdot d \cdot 2d}$$

$$RMG = \sqrt[2]{3r'}$$

$$S = 40 \text{ cm}$$

$$R_L = \frac{1}{2} \times 0.1335 = 0.066 \text{ } \Omega / \text{km}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 314 \cdot \left[ 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{D}{\sqrt{3} \cdot RMG} \right] \cdot 10^{+3} \text{ H/km} =$$

$$\approx 0.2939 \text{ } \Omega / \text{km} \quad A' = 0.209$$

$$\Delta U = \frac{(R_L + X_L \cdot \gamma \cdot \psi) \cdot P \cdot l}{V_L^2} = 4.07\%$$

$$P_{max} \text{ a } \cos \phi = 0.9 \Rightarrow P = \frac{0.05 \times (132)^2}{85 \cdot 0.209} = 49 \text{ MW}$$

no es el doble!

3.- Intensidad máxima admisible (ITE-LAT-07) apdo 4

$$S_{total} = 281,1 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{adm} \approx \begin{cases} S = 250 \text{ mm}^2 \rightarrow \sigma = 2.3 \text{ A/mm}^2 \\ S = 300 \text{ mm}^2 \rightarrow \sigma = 2.15 \text{ A/mm}^2 \end{cases}$$

para la sección de  $A_L = 281,1 \text{ mm}^2$

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

Por lo tanto para este conductor  $\approx 7 \text{ A}$  max

Cartagena99

③ Línea simple con  $P = 30 \text{ MW}$ ,  $\cos \varphi = 0.9$

$$P = \sqrt{3} V_R \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$I = \frac{30 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3 \cdot 0.9} = 145 \text{ A. (NO SE SUPERA)} < 581 \text{ A.}$$

Línea doble con  $P = 40 \text{ MW}$ ,  $\cos \varphi = 0.9$

$$I_T = \frac{40 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3 \cdot 0.9} = 194.4 \text{ A}$$

$$I_{\text{conductor}} = \frac{194.4}{2} = 97.2 \text{ A}$$

HOLGADA

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

En la línea simple

$$P_{adm} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 132 \cdot 581,4 = \underline{\underline{132 \text{ MW}}}$$

Por capacidad del conductor es mucho mayor que la permitida y mucho mayor que por máxima caída de tensión.

En la línea duplex

$$P_{ad} = (\sqrt{3} \cdot V \cdot I) \cdot \cos \varphi \cdot 2 = \underline{\underline{264 \text{ MW}}}$$

¿Que longitud máxima podría tener la línea para transportar las potencias del criterio de máxima densidad de corriente, respetando al mismo tiempo lo  $\Delta V$  máximo

a) Línea simple

$$\frac{P \cdot l (R_L + X_L \cdot \tan \varphi)}{V^2} = \Delta u \quad l = \frac{0,05 \cdot 132^2}{0,334 \cdot 132,4} = \underline{\underline{19,67 \text{ km}}}$$

b) Línea duplex

$$l = \frac{0,05 \cdot 132^2}{0,209 \cdot 264} = \underline{\underline{15,7 \text{ km}}}$$

Conclusión:

A la vista de estos cálculos se puede decir que cumpliendo el criterio más exigente



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

el de  $\Delta V$  máximo -  $l \rightarrow P$

#### 4. Cálculo de Pérdidas

Línea duplex

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot R_L}{V_L^2 \cdot 0.9^2} \times 100 = \frac{40 \cdot 0.06675}{(132)^2 \cdot 0.9^2} \times 100 = 0.0189\% / \text{km}$$

~~P = 40 MW~~

$$\Delta P_{\text{Total}} = 0.0189\% / \text{km} \times 85 = \underline{\underline{1.6065\%}} \text{ Sí es aceptable}$$

Si se transporta la máxima potencia según el criterio de máxima densidad de corriente admisible.

$$P'_P = \frac{264 \cdot 0.06675}{132^2 \cdot (0.9)^2} = 0.113\% / \text{km}$$

$$\text{Para } 85 \text{ km} \Rightarrow P_P = 85 \times 0.113 = 9.56\%$$

Superior al habitual que es el  $3\% / 100 \text{ km}$

o Límite de pérdidas de potencia

|                        |
|------------------------|
| $3\% / 100 \text{ km}$ |
|------------------------|

5. Verificación del efecto corona en ambos casos

Línea duplex y simplex  $P = \underline{\underline{30 \text{ MW}}}$

Cartagena99

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

---

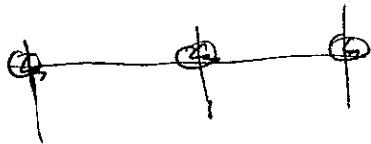
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Ex: Comprobación del efecto corona

Calculamos la  $V_c$  (tensión crítica disruptiva)

$P =$  nivel del mar

Linea simplex



$$DMG = \sqrt[3]{5 \cdot 5 \cdot 10} = 6,29 \text{ m}$$

$$RMG = \frac{21,6 \cdot 10^{-3}}{2} \text{ m} = 10,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{273+20}{273+50} \cdot \frac{P=760}{760} = 0,9$$

$$V_c = 21,2 \cdot \sigma \cdot r \cdot \ln \frac{DMG}{RMG} \cdot k_r \cdot k_m \cdot k_f$$

$$r = 10,8 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 1,08 \text{ cm}$$

$$n = 1$$

$$k_r = 1$$

$$k_m = 1 \text{ (seco)}$$

$k_f =$  factor de cableado

$$k_f = 0,76$$

Suponemos linea en ambiente seco y al nivel del mar

$$V_c = 21,2 \cdot 0,9 \cdot 1,08 \cdot \ln \frac{6,29}{10,8 \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,76 \approx 100 \text{ KV}$$

$$P_c = \frac{244}{0,9} \cdot (50+25) \cdot \sqrt{\frac{10,8 \cdot 10^{-3}}{6,29}} \cdot (V_s - V_c)^2 \cdot 10^{-5} \approx 0$$

$$P_c = \frac{244}{0,9} (f + 2r) \cdot \sqrt{\frac{RMG}{DMG}} \cdot (V_s - V_c)^2 \cdot 10^{-5} \uparrow \frac{132}{\sqrt{3}} \uparrow V_s < V_c$$

Linea duplex

Cartagena99

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

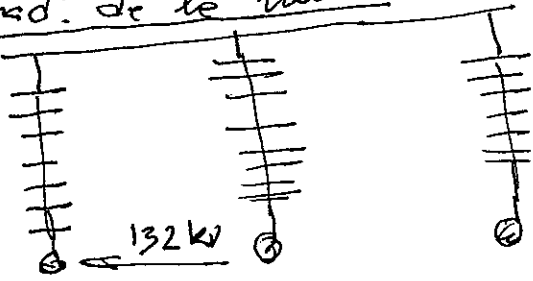
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$V_c = 150 \text{ KV}$$



6. Elección de la cadena de aisladores  
 - Criterio eléctrico (coordinación de la cadena de aislamientos)

caract. de la línea



$U_N = 132 \text{ kV}$      $U_{\text{ray}} = 76 \text{ kV}$

$f = 50 \text{ Hz}$

$U_m = 145 \text{ kV}$ ;  $U_{\text{enf}} = 83 \text{ kV}$

Zona a nivel del mar sin contaminación

• NIVELES BÁSICO DE AISLAMIENTO (RAT)

Para la línea

$U_m (145 \text{ kV})$

$U_N (132 \text{ kV})$

= Sobretenión de maniobra (230 kV f-f)  
 (132 kV f-N) (No)

= Sobretenión tipo rayo (550 kV) f-f  
 371 kV (f-N)

• Se elige una cadena de 10 aisladores

- $U_{\text{por}} = 120 \text{ kV}$
- $U_N = 15 \text{ kV}$  ;  $U_{\text{contorno}} (\text{lluvia}) = 50 \text{ kV}$
- $U_{\text{rayo}} (10 \text{ elementos}) = 900 \text{ kV}$
- $(10 \text{ elementos}) (\text{lluvia}) = 445 \text{ kV rayo}$
- Unidad de fase = 380 mm

TIPO I  
Zona I

Verificar con

$2000 \text{ mm} = 25 \text{ mm} / > 16 \text{ mm} /$

**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**

