

Problemas

- 4.1** Justificar la fórmula $L = 4 \cdot 10^{-7} \ln(D/r')$ Henrios por metro para la inductancia total (de ida y vuelta) de una línea monofásica de dos conductores (uno de ida y otro de vuelta). Los conductores son de sección circular con radio r y están separados una distancia D entre sus centros. Se considera $D \gg r$ con las simplificaciones que ello implica. Nótese que la inductancia de cada conductor es la misma que la inductancia por fase de una línea trifásica, pero aquí el valor de la inductancia es el doble debido a que hay dos conductores.
- 4.2** Dos conductores paralelos a y b transportan las corrientes $+I$ y $-I$. Determinar la intensidad de campo magnético en un punto P cuya situación se muestra en la Figura 4.15.

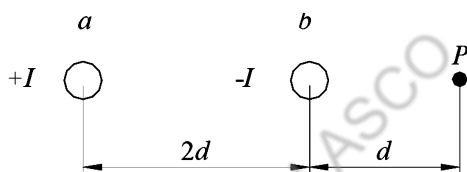


Figura 4.15 Conductores cilíndricos para el Problema 4.2.

- 4.3** Una línea telefónica transcurre paralela a una línea eléctrica trifásica no transpuesta, como se muestra en la Figura 4.16. La línea eléctrica transporta una corriente equilibrada de 400 A por fase. Calcule la tensión inducida en la línea telefónica por km siendo $f = 50$ Hz.

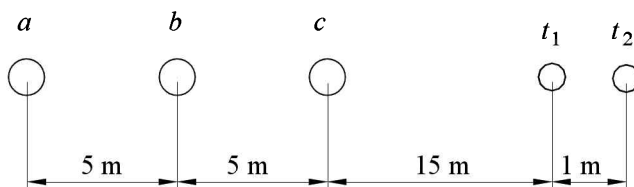


Figura 4.16 Línea trifásica y línea telefónica para el Problema 4.3.

- 4.4** Una línea trifásica de 500 kV está constituida por conductores múltiples dúplex (dos conductores por fase), tal como se muestra en la Figura 4.17. Cada conductor lleva el 50 % de la corriente de la fase. Considérese además que la línea está totalmente transpuesta. Calcular la inductancia, la reactancia, la capacidad por fase respecto del neutro y la susceptancia capacitiva por fase de esta línea para $f = 50$ Hz.

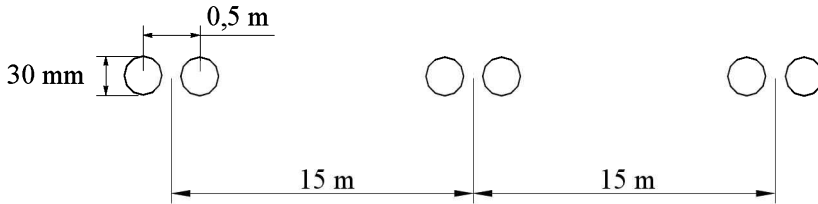


Figura 4.17 Línea trifásica con conductores en haz (dúplex) para el Problema 4.4.

- 4.5** Considérese la línea trifásica en doble circuito que muestra la Figura 4.18, donde las parejas de conductores $a-a'$, $b-b'$ y $c-c'$ pertenecen a la misma fase, respectivamente. El radio de cada conductor es $r = 1,5$ cm. Hallar la inductancia, la reactancia inductiva, la capacidad y la susceptancia capacitiva unitarias de esta línea.

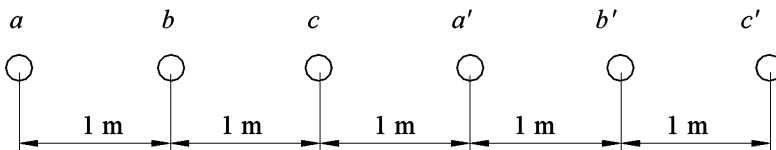


Figura 4.18 Disposición de conductores para el Problema 4.5.

- 4.6** Una línea trifásica, cuyos conductores se encuentran situados en los vértices de un triángulo equilátero de lado $\ell = 3$ m, se reconstruye

situándose los conductores en un plano horizontal, siendo ahora las distancias entre ellos $D_{13} = 2D_{12} = 2D_{23}$. Los conductores están totalmente transpuestos. Calcular la distancia que debe haber entre conductores adyacentes de tal manera que la nueva línea tenga la misma inductancia unitaria que la línea original.

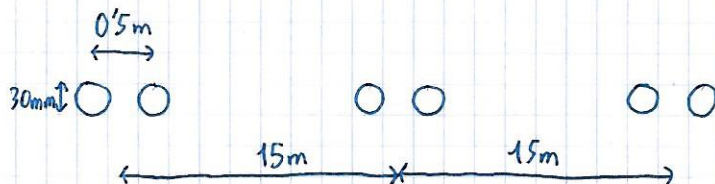
- 4.7** Un cable eléctrico unipolar tiene un único conductor de cobre macizo ($r = 0,328$ cm). El papel de aislamiento que separa el conductor de la funda de plomo concéntrica tiene un espesor de 2,5 mm y una permeabilidad relativa de 3,8. El espesor de la funda de plomo es de 2 mm. Calcule la reactancia capacitiva por km entre el conductor interior y la funda de plomo. Supóngase campo radial.
- 4.8** Obtener una expresión para la capacidad por metro de longitud entre dos conductores paralelos cada uno de radio r , con una distancia de separación D entre los centros de éstos. Se considera $D \gg r$, siendo el medio aislante el aire. Calcular la diferencia de potencial máxima permisible entre los conductores para que la intensidad del campo eléctrico no exceda los 25 kV/cm, siendo $r = 0,3$ cm y $D = 35$ cm.
- 4.9** Considérese una línea aérea monofásica con sus dos conductores de radio r situados en un plano horizontal, separados una distancia D y a una distancia H del suelo. Hallar una expresión para el cálculo de la capacidad de esta línea considerando el efecto del suelo, que se supondrá perfectamente conductor.
- 4.10** Para la línea monofásica del Problema 4.9, calcular la intensidad de campo eléctrico en la superficie de los conductores. Calcular también la intensidad de campo eléctrico en un punto del suelo situado justamente en la vertical de uno de los conductores. Aplicar al caso de $D = 1,5$ m; $r = 10$ mm; $H = 5$ m.
- 4.11** Una línea de transmisión trifásica ha sido diseñada para suministrar 190,5 MVA a 220 kV, a una distancia de 63 km. Las pérdidas totales en la transmisión no deben exceder el 2,5 por ciento de la potencia nominal en MVA de la línea. Si la resistividad del material conductor es de $2,84 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, determinar el diámetro del conductor necesario.

EJERCICIOS CAPÍTULO 4.

4 L Línea trifásica 500 kV \rightarrow Conductores múltiples duplex. (Dos por fase). Cada conductor lleva el 50% de la corriente de la fase.

La línea está totalmente transpuesta

L ? X ? C ? respecto del neutro. La susceptancia? para $f = 50$ Hz.



Temperatura límite del cableado $\rightarrow 85^\circ\text{C}$

$$L_v = \frac{\rho_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}}{\sqrt{r \cdot e^{-1/4} \cdot d}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{15 \cdot 15 \cdot 30}}{\sqrt{\frac{0.03}{2} \cdot e^{-1/4} \cdot 0.5}} = 1.1021 \cdot 10^{-6} \text{ H/m} = 1.1021 \mu\text{H/m}$$

$$X_v = 2\pi f L_v = 2\pi \cdot 50 \cdot 1.1021 \cdot 10^{-6} = 3.462 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{m} = 0.3462 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

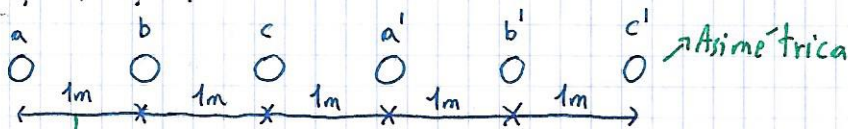
$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 299792458^2} = 8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$C_v = \frac{2\pi \epsilon_0}{\ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}}{\sqrt{r \cdot d}}} = \frac{2\pi \cdot 8.8542 \cdot 10^{-12}}{\ln \frac{\sqrt[3]{15 \cdot 15 \cdot 30}}{\sqrt{\frac{0.03}{2} \cdot 0.5}}} = 1.033 \cdot 10^{-11} \text{ F/m} = 10.33 \text{ pF/m}$$

$$B_v = 2\pi f \cdot C_v = 2\pi \cdot 50 \cdot 1.033 \cdot 10^{-11} = 3.2453 \cdot 10^{-9} \text{ S/m} = 3.2453 \text{ nS/m}$$

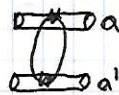
5 Línea trifásica de doble circuito a-a', b-b', c-c' misma fase. $r = 15 \text{ cm}$

L_v ? X_v ? C_v ? B_v ?



→ Muy poco separadas → Baja Tensión 6000-10000 V

Los conductores están conectados en paralelo entre sí a lo largo de toda la línea (a con a', b con b', c con c'). Cada x m.



$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$c = 299792458$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c^2} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 299792458^2} = 8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$L_v = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{ab'} \cdot D_{a'b} \cdot D_{a'b'}} \cdot \sqrt[4]{D_{bc} \cdot D_{bc'} \cdot D_{b'c} \cdot D_{b'c'}} \cdot \sqrt[4]{D_{ca} \cdot D_{ca'} \cdot D_{c'a} \cdot D_{c'a'}}}{\sqrt{r e^{(-1/4)}} \cdot \sqrt[6]{D_{aa'} \cdot D_{bb'} \cdot D_{cc'}}}$$

$$L_v = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \ln \frac{\sqrt[3]{1 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1} \cdot \sqrt[4]{1 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1} \cdot \sqrt[4]{2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 2}}{\sqrt{0.015 \cdot e^{(-1/4)}} \cdot \sqrt[6]{3 \cdot 3 \cdot 3}} = 4.5435 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$X_v = 2\pi f \cdot L_v = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 4.5435 \cdot 10^{-7} = 1.4274 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{m}$$

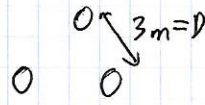
$$C_v = \text{Fórmula de los apuntes} = 2.5915 \cdot 10^{-11} \text{ F/m}$$

$$B_v = 2\pi f \cdot C_v = 2\pi \cdot 50 \cdot 2.5915 \cdot 10^{-11} = 8.1413 \cdot 10^{-9} \text{ S/m}$$

- 6- Línea trifásica con conductores en un triángulo equilátero de $\ell = 3\text{m}$.
 Luego se ponen en un plano horizontal tal que $D_{13} = 2D_{12} = 2D_{23}$.
 Conductores totalmente transpuestos. Distancia entre conductores para que $L_v = \text{cte}$.

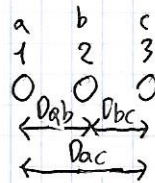
Original:

$$L_v = \frac{\rho_0}{2\pi} \ln \frac{D}{r \cdot e^{-1/4}}$$



Final:

$$L_v = \frac{\rho_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}}{r \cdot e^{-1/4}}$$



Iguálamos

$$\frac{\rho_0}{2\pi} \ln \frac{D}{r \cdot e^{-1/4}} = \frac{\rho_0}{2\pi} \ln \frac{\sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}}}{r \cdot e^{-1/4}}$$

$$D = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca}} = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{ab} \cdot 2 \cdot D_{ab}} = \sqrt[3]{2 D_{ab}^3}$$

$$3^3 = 2 \cdot D_{ab}^3 \rightarrow D_{ab} = \sqrt[3]{\frac{3^3}{2}} = \frac{3}{\sqrt[3]{2}} = 2.3811\text{m}$$

11 Línea de transmisión trifásica diseñada para suministrar 190'S MVA a 220KV a 63Km de distancia. Las pérdidas totales no deben exceder el 2'5% de la potencia nominal en MVA.

Resistividad conductor = $2'84 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$. Diámetro de conductor necesario.

$$S_b = 190'S \text{ MVA } s=1$$

$$U_b = 220 \text{ KV } u=1$$

$$Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} = \frac{(220 \cdot 10^3)^2}{190'5 \cdot 10^6} = 254'0682 \Omega$$

$$I_b = \frac{S_b}{U_b \sqrt{3}} = \frac{190'5 \cdot 10^6}{220 \cdot 10^3 \sqrt{3}} = 499'9328 \text{ A}$$

$$rho = \frac{2'84 \cdot 10^{-8}}{Z_b} = \frac{2'84 \cdot 10^{-8}}{254'0682} = 1'1178 \cdot 10^{-10}$$

$$i = \begin{pmatrix} s \\ u \end{pmatrix}^* = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}^* = 1$$

$$perd = 2'5 s / 100 = \frac{2'5 \cdot 1}{100} = 0'025$$

$$A = \frac{i^2 \cdot rho \cdot long}{perd} = \frac{1^2 \cdot 1'1178 \cdot 10^{-10} \cdot 63000m}{0'025} = 2'8168 \cdot 10^{-4}$$

$$\boxed{diam = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2'8168 \cdot 10^{-4}}{\pi}} = 0'0189m}$$