

**uc3m** | Universidad **Carlos III** de Madrid

Curso OCW

# Fundamentos de transitorios en redes eléctricas

**M<sup>a</sup> Ángeles Moreno López de Saá**  
**Juan Carlos Burgos Díaz**  
**Mónica Alonso Martínez**



PROBLEMA 7.  
TRANSITORIO DE CORTOCIRCUITO EN UNA RED ELÉCTRICA.

---

En el circuito de la figura 7.1 se produce un cortocircuito en el lado de baja del transformador T1. Transcurrido un tiempo, el interruptor S se abre y despeja el fallo. Se pide:

1. Obtener la corriente de cortocircuito en régimen permanente que circula por el interruptor.
2. Una vez que se ha despejado el fallo, calcular la tensión máxima que se producirá entre los dos polos del interruptor cuando éste se abre (tensión transitoria de restablecimiento), y en cuánto tiempo se alcanzará después de la apertura efectiva del interruptor.
3. Expresión gráfica de la corriente que circula por el interruptor y de la tensión entre los polos del mismo, antes y después de la maniobra.

Datos del transformador: 66/10 kV,  $S_n = 80$  MVA,  $\varepsilon_{cc}=10\%$ ;  $\cos \varphi_{cc}=0$ . Capacidad parásita de los devanados de baja tensión del transformador  $C = 15$  nF.

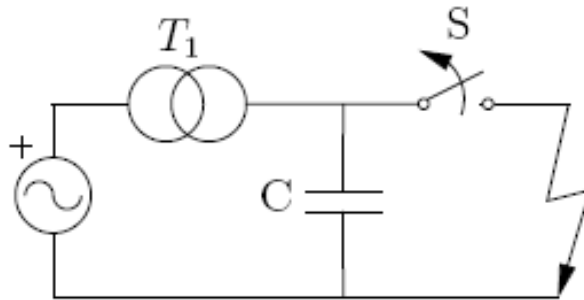


Figura 7.1. Circuito de estudio del problema 5

SOLUCIÓN:

---

En primer lugar, se calculan los valores de impedancia e inductancia de cortocircuito ( $Z_{cc}$  y  $L_{cc}$ ).

La impedancia del transformador, referida al lado de baja tensión, se obtiene mediante la ecuación (1), y tiene un valor de  $0.125 \Omega$ .

$$Z_{cc} = \varepsilon_{cc} \frac{U_n^2}{S_n} = 0,1 \frac{(10 \cdot 10^3)^2}{80 \cdot 10^6} = 0,125 \Omega \quad (1)$$

Puesto que el enunciado nos indica que el  $\cos \varphi_{cc} = 0$ , la resistencia de cortocircuito del transformador es nula y por tanto la impedancia es igual a la reactancia. La inductancia de cortocircuito viene dada por la ecuación (2) y tiene un valor de  $0.4$  mH.

$$L_{cc} = \frac{0,125}{100\pi} = 0,4 \text{ mH} \quad (2)$$

**1. Obtener la corriente de cortocircuito en régimen permanente que circula por el interruptor.**

La corriente en régimen permanente es igual a la corriente eficaz, y se calcula a partir de (3), obteniéndose un valor de 46.18 kA.

$$I_{cc} = \frac{10/\sqrt{3} \text{ kV}}{0,125 \Omega} = 46,18 \text{ kA} \quad (3)$$

**2. Una vez que se ha despejado el fallo, calcular la tensión máxima que se producirá entre los dos polos del interruptor cuando éste se abre (tensión transitoria de restablecimiento), y en cuánto tiempo se alcanzará después de la apertura efectiva del interruptor.**

En primer lugar es conveniente calcular la frecuencia angular ( $\omega_0$ ) del transitorio que se produce al abrir el interruptor. La expresión utilizada es la correspondiente a la ecuación (4) y, a partir de los datos del ejercicio propuesto, la frecuencia angular del transitorio es  $428,25 \cdot 10^3 \text{ rad/seg}$  muy superior a la frecuencia de la tensión de red ( $\omega$ )  $100\pi \text{ rad/seg}$ . Puesto que  $\omega_0 \gg \omega$ , y en el periodo de interés hay poco cambio en la tensión de alimentación (en  $t \approx 0$ ,  $\cos(\omega t) \approx 1$ ), la expresión general de la tensión transitoria de restablecimiento se puede simplificar a la ecuación (5), siendo  $U_m$  la tensión máxima de red en el lado de baja tensión del transformador.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-9}}} = 408,25 \cdot 10^3 \text{ rad/s} \quad (\gg 100\pi \text{ rad/s}) \quad (4)$$

$$u_s(t) = u_c(t) \approx U_m(1 - \cos \omega_0 t) \quad (5)$$

La expresión (5) alcanza el valor máximo cuando  $\cos(\omega_0 t) = -1$ , en cuyo caso la tensión 16.33 kV (ecuación (6)):

$$u_{s,m\acute{a}x.} = 2U_m = 2 \cdot 10 \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 16,33 \text{ kV} \quad (6)$$

Y el tiempo en que se alcanza este valor (7) será 7.965  $\mu\text{s}$  (8):

$$t_{pico} = \frac{\pi}{\omega_0} \quad (4)$$

$$\Rightarrow t_{pico} = \frac{\pi}{408,25 \cdot 10^3} = 7,695 \mu\text{s} \quad (5)$$

### 3. Expresión gráfica de la corriente que circula por el interruptor y de la tensión entre los polos del mismo, antes y después de la maniobra.

La figura 7.2 muestra la evolución de la tensión entre los polos del interruptor y la corriente que circula por el mismo. La corriente se ha representado en color verde, y la tensión entre los polos del interruptor en color negro con línea continua.

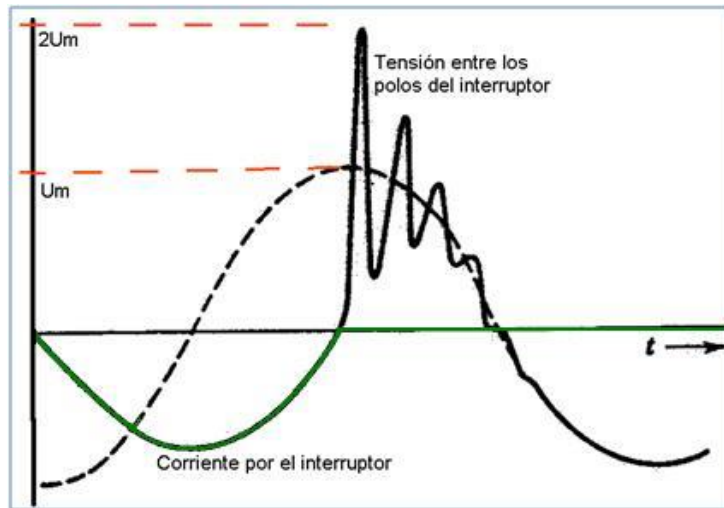


Figura 7.2. Evolución de la tensión y corriente en el interruptor,