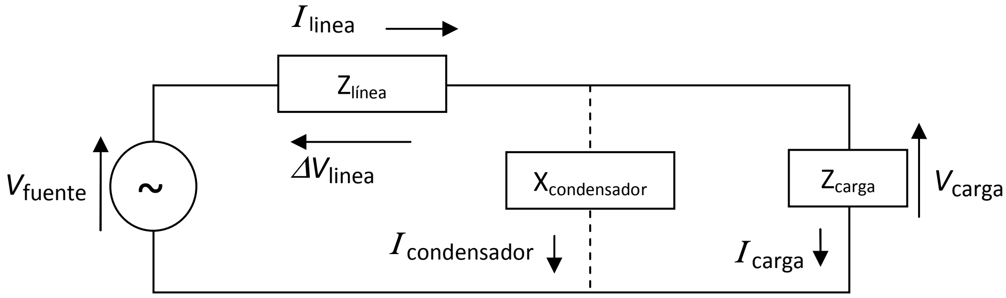
COMPENSACIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN UN CIRCUITO MONOFÁSICO MEDIANTE CAPACITORES



Como consecuencia de la impedancia de la línea que vincula la fuente con la carga al circular corriente se produce una caída de potencial y una pérdida de potencia en la misma.

Mediante el agregado de condensadores en paralelo con la carga se puede lograr compensar la caída de tensión total o parcialmente.

En lo que sigue se plantea una forma de calcular la capacidad necesaria para dicha compensación.

$$\vec{V}_{fuente} = \vec{V}_{\mathrm{carga}} + \Delta\vec{V}_{línea} = \vec{V}_{\mathrm{carga}} + \vec{z}_{línea}\times\vec{I} = \vec{V}_{\mathrm{carga}} + \vec{z}_{línea}\times(\vec{I}_{\mathrm{carga}} + \vec{I}_{capacitor}) =$$

$$\vec{V}_{fuente} = \vec{V}_{\mathrm{carga}} + \vec{z}_{línea}\times\left(\frac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\vec{z}_{\mathrm{carga}}} + \frac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\vec{X}_{\mathrm{condensador}}}\right) = \vec{V}_{\mathrm{carga}} + \vec{V}_{\mathrm{carga}}\times\left(\frac{\vec{z}_{línea}}{\vec{z}_{\mathrm{carga}}} + \frac{\vec{z}_{línea}}{\vec{X}_{\mathrm{condensador}}}\right)$$

$$\frac{\vec{V}_{fuente}}{\vec{V}_{\mathrm{carga}}} = \frac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\vec{V}_{\mathrm{carga}}} + \frac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}\times\frac{\vec{z}_{línea}}{\vec{z}_{\mathrm{carga}}} + \frac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}\frac{\vec{z}_{línea}}{\vec{X}_{\mathrm{condensador}}} \quad (1)$$

Para simplificar designamos por:

$\vec{D} = \dfrac{\vec{V}_{fuente}}{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}$; $\quad \vec{A} = \dfrac{\vec{z}_{línea}}{\vec{z}_{\mathrm{carga}}}$; $\quad \vec{B} = \dfrac{\vec{z}_{línea}}{\vec{X}_{\mathrm{condensador}}}$; $\quad \breve{v} = \dfrac{\vec{V}_{\mathrm{carga}}}{\left|\vec{V}_{\mathrm{carga}}\right|}$ y lo remplazamos en (1)

$$\vec{D} = \breve{v} + \breve{v}\vec{A} + \breve{v}\vec{B} \quad (2)$$

Si adoptamos como referencia la tensión de la carga dándole a su vector argumento 0 y denominamos δ al argumento de V_{fuente}; α al argumento de $Z_{línea}$ y φ al de Z_{carga}, resulta:

$$De^{j\delta} = 1e^{j0} + Ae^{j(\alpha-\varphi)} + Be^{j(\alpha+90)}$$

Esta ecuación vectorial puede desdoblarse en dos ecuaciones escalares

$$D\ sen\ \delta = 1\ sen\ 0^{\circ} + A sen\ (\alpha-\varphi) + B sen\ (\alpha+90^{\circ})$$

$$D\cos\delta = 1\cos 0^{\circ} + A\cos(\alpha-\varphi) + B\cos(\alpha+90^{\circ})$$

COMPENSACIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN UN CIRCUITO MONOFÁSICO MEDIANTE CAPACITORES

Si se eleva al cuadrado y se suman ambas ecuaciones resulta

$$D^2 \; sen^2\delta = A^2 sen^2(\alpha-\varphi) + B^2 sen^2(\alpha+90^o) + 2ABsen(\alpha-\varphi)Bsen(\alpha+90^o)$$

$$\begin{aligned} D^2 \cos^2 \delta = &1 + A^2 \cos^2(\alpha-\varphi) + B^2 \cos^2(\alpha+90^o) + \\ &+ 2A\cos(\alpha-\varphi) + 2AB\cos(\alpha-\varphi)\cos(\alpha+90^o) + 2B\cos(\alpha+90^o) \end{aligned}$$

$$D^2 = 1 + A^2 + B^2 - 2ABsen\varphi + 2A\cos(\alpha-\varphi) - 2B\,sen\alpha$$

La incógnita a despejar es *B, por lo cual la ecuación puede rearmarse como:*

$$B^2 - 2B\,(Asen\varphi + sen\alpha) + 1 + A^2 - D^2 + 2A\cos(\alpha-\varphi) = 0$$

y de aquí resolver la ecuación cuadrática y obtener sus raíces B_1 y B_2 y a partir de ellas las reactancias capacitivas X_1 y X_2 y las capacidades C_1 y C_2.

Si ambas raíces son reales cabe elegir la de mayor valor que corresponderá a la menor capacidad.

$$B = \frac{z_{línea}}{X_{\text{condensador}}}; \quad X_{\text{condensador}} = \frac{z_{línea}}{B}; \quad C = \frac{1}{2\,\pi\,f\,X_{\text{condensador}}}$$

Un ejemplo de lo expuesto puede verse en “Resolución del problema 10.1 del libro Electrotecnia I - Raúl Villar-Ed. EDUCA” incluido dentro del ítem “material de apoyo para la resolución de problemas” en la página de Electrotecnia.

También puede accederse a una planilla excel que realiza automáticamente el cálculo a partir de los datos de la carga y las tensiones de la fuente. La misma se encuentra dentro de “material de apoyo para la teoría y problemas” de la página o puede accederse con CTRL+ clic sobre el texto siguiente

Cálculo del condensador necesario para compensar la caída de tensión en la línea