

RECTIFICADORES CONTROLADOS

Potencias reactivas y deformantes

A) POTENCIAS REACTIVAS

1) RECTIFICADORES SEMICONTROLADOS

La relación entre potencia reactiva y activa es:

$$Q_{SC}/P = \operatorname{tg} \frac{\alpha_{SC}}{2} = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \frac{\alpha_{SC}}{2}} - 1} \quad (1)$$

Siendo $V_{O_{med}} = \frac{U_{do}}{2} (1 + \cos \alpha_{SC})$, resulta:

$$\cos \alpha_{SC} = 2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1 \quad (2)$$

Por otra parte, con la ec.2 se obtiene:

$$\cos^2 \frac{\alpha_{SC}}{2} = \frac{1}{2} (1 + \cos \alpha_{SC}) = \frac{1}{2} \left[1 + \left(2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1 \right) \right] = \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} \quad (3)$$

Sustituyendo en la ec. 1 queda:

$$Q_{SC}/P = \sqrt{\frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} - 1} \quad (4)$$

2) RECTIFICADORES TOTALMENTE CONTROLADOS

En este caso, la relación entre potencia reactiva y activa es:

$$Q_{TC}/P = \operatorname{tg} \alpha_{TC} = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha_{TC}} - 1} \quad (5)$$

Siendo $V_{O_{med}} = U_{do} \cos \alpha_{TC}$, resulta: $\cos \alpha_{TC} = \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}}$ (6)

Con la ec. 6 se obtiene:

$$Q_{TC}/P = \sqrt{\left(\frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \right)^2 - 1} \quad (7)$$

3) COMPARACIÓN ENTRE POTENCIAS REACTIVAS

De las ecs. 4 y 7 se concluye que para igual potencia activa es:

$$Q_{TC}/Q_{SC} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \right)^2 - 1}}{\sqrt{\frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} - 1}} = \sqrt{\frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} + 1} \quad (8)$$

(Expresión que es solamente válida para $V_{O_{med}} < U_{do}$).

B) POTENCIAS DE DEFORMACIÓN

1) **RECTIFICADORES SEMICONTROLADOS**

1.1) SIN CONDUCCIÓN DE RUEDA LIBRE ($0 \leq \alpha \leq \pi/3$)

En este caso, resulta:
$$\frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} \geq 0,75 \quad (9)$$

La potencia aparente de entrada es:

$$S_{SC}|_{\alpha \leq \pi/3} = 3 V_e I_e = 3 \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{2}{3}} I_O = \sqrt{3} V_m I_O \quad (10)$$

donde, V_e es la tensión eficaz de fase y $I_e = \sqrt{\frac{2}{3}} I_O$ es la corriente eficaz de línea.

Siendo, $U_{do} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m$, se despeja: $V_m = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} U_{do}$ (11)

que substituido en la ec. 10 da:

$$S_{SC}|_{\alpha \leq \pi/3} = \frac{\pi}{3} U_{do} I_O = \frac{\pi}{3} \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} P \quad (12)$$

(donde se substituyó: $P = V_{O_{med}} I_O$).

En consecuencia, la potencia deformante es:

$$D_{SC}|_{\alpha \leq \pi/3} = \sqrt{(S_{SC}|_{\alpha \leq \pi/3})^2 - Q_{SC}^2 - P^2} \quad (13)$$

Sustituyendo las ecs. 4 y 12 en la 13 se obtiene:

$$D_{SC}|_{\alpha \leq \pi/3} / P = \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \sqrt{\left(\frac{\pi}{3}\right)^2 - \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}}} \quad (14)$$

1.2) CON CONDUCCIÓN DE RUEDA LIBRE ($\pi/3 < \alpha \leq \pi$)

En este caso, la corriente eficaz de línea está dada por:

$$I_e = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} I_O \quad (15)$$

Por lo tanto: $S_{SC}|_{\alpha > \pi/3} = 3 \left(\frac{V_m}{\sqrt{2}}\right) \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} I_O$ (16)

De la expresión que da la tensión media de salida se despeja:

$$\alpha_{SC} = \arccos \left(2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1 \right) \quad (17)$$

Sustituyendo las ecs. 11 y 17 en la 16 resulta:

$$S_{SC}|_{\alpha>\pi/3}/P = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \sqrt{1 - \frac{1}{\pi} \arccos\left(2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1\right)} \quad (18)$$

Con la ec. 4 y la 18, resulta:

$$D_{SC}|_{\alpha>\pi/3}/P = \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \sqrt{\frac{\pi^2}{6} \left[1 - \frac{1}{\pi} \arccos\left(2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1\right)\right] - \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}}} \quad (19)$$

2) RECTIFICADORES TOTALMENTE CONTROLADOS

En este caso no hay conducción de rueda libre y la potencia aparente es siempre:

$$S_{TC} = \sqrt{3} V_m I_O = \frac{\pi}{3} \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} P \quad (20)$$

La potencia reactiva está dada por la ec. 7, de donde se concluye que:

$$D_{TC}/P = \sqrt{S_{TC}^2 - Q_{TC}^2 - P^2} = \frac{U_{do}}{V_{O_{med}}} \sqrt{\left(\frac{\pi}{3}\right)^2 - 1} \quad (21)$$

3) COMPARACIÓN ENTRE POTENCIAS DEFORMANTES

3.1) PARA ($0 \leq \alpha \leq \pi/3$)

$$\frac{D_{SC}}{D_{TC}}|_{\alpha \leq \pi/3} = \sqrt{\frac{\left(\frac{\pi}{3}\right)^2 - \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}}}{\left(\frac{\pi}{3}\right)^2 - 1}} \quad (22.a)$$

3.1) PARA ($\pi/3 < \alpha \leq \pi$)

$$\frac{D_{SC}}{D_{TC}}|_{\alpha > \pi/3} = \sqrt{\frac{\frac{\pi^2}{6} \left[1 - \frac{1}{\pi} \arccos\left(2 \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}} - 1\right)\right] - \frac{V_{O_{med}}}{U_{do}}}{\left(\frac{\pi}{3}\right)^2 - 1}} \quad (22.b)$$

Nota: V_m es el valor de pico de la tensión de fase de la red

I_O es la corriente continua de salida con carga totalmente inductiva.