



Tema II. Compensación de Energía Reactiva

| | |
|---|---|
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.2. COMO SE COMPENSA | 2 |
| 2.3. ¿ POR QUÉ SE COMPENSA? | 4 |
| 2.4. QUE SE UTILIZA PARA COMPENSAR LA REACTIVA | 6 |
| 2.5. TIPOS DE COMPENSACIÓN | 6 |
| 2.6. REGULACIÓN | 7 |
| 2.7. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS A LA HORA DE COMPENSAR UNA INSTALACIÓN | 7 |
| 2.8. CATÁLOGO DE BATERÍA DE CONDENSADORES | 8 |
| 2.9. BIBLIOGRAFÍA | 9 |

Universidad Politécnica de Cartagena

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA – FRANCISCO JAVIER CÁNOVAS RODRÍGUEZ

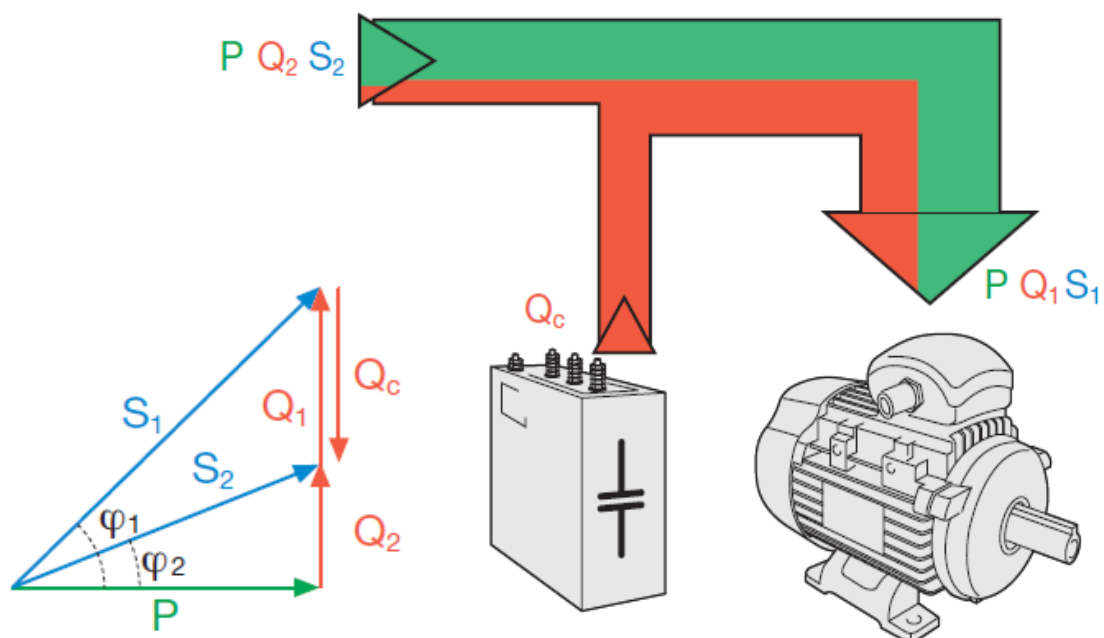
Tema II. Compensación de Energía Reactiva

2.1 INTRODUCCIÓN

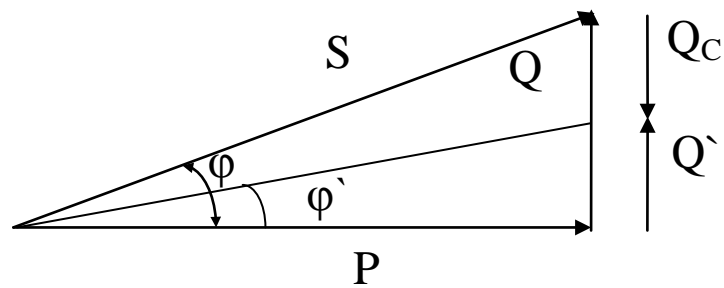
| Aparato | | cos φ | tg φ |
|---|-------|-----------|-------------|
| □ motor asíncrono ordinario carga | 0% | 0,17 | 5,8 |
| | 25% | 0,55 | 1,52 |
| | 50% | 0,73 | 0,94 |
| | 75% | 0,80 | 0,75 |
| | 100 % | 0,85 | 0,62 |
| □ lámparas de incandescencia | | = 1 | = 0 |
| □ lámparas de fluorescencia no compensadas | | = 0,5 | = 1,73 |
| □ lámparas de fluorescencia compensadas (0,93, a veces, 0,86) | | 0,93 | 0,39 |
| □ lámparas de descarga | | 0,4 a 0,6 | 2,29 a 1,33 |
| □ hornos de resistencia | | = 1 | = 0 |
| □ hornos de inducción con compensación integrada | | = 0,8 | = 0,62 |
| □ hornos con calentamiento dieléctrico | | = 0,85 | = 0,62 |
| □ máquinas de soldadura con resistencia | | 0,8 a 0,9 | 0,75 a 0,48 |
| □ centros estáticos monofásico de soldadura por arco | | = 0,5 | = 1,73 |
| □ grupos rotatorios de soldadura por arco | | 0,7 a 0,9 | 1,02 a 0,75 |
| □ transformadores-rectificadores de soldadura por arco | | 0,7 a 0,8 | 1,02 a 0,75 |
| □ hornos de arco | | 0,8 | 0,75 |

Fuente: "Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en instalaciones eléctricas", ABB

2.2 COMO SE COMPENSA



Fuente: "Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en instalaciones eléctricas", ABB

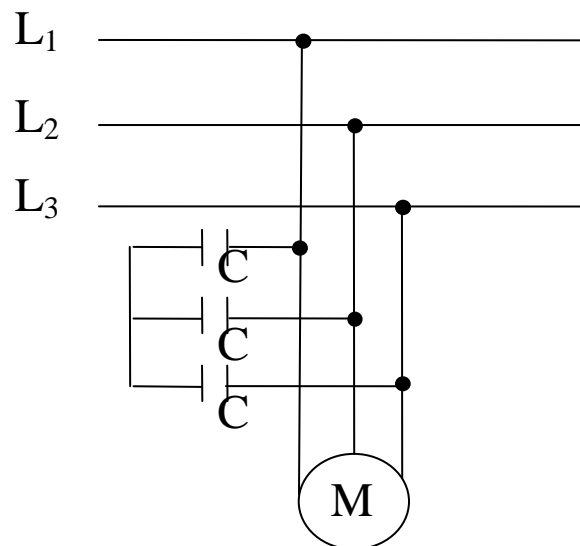


Fuente: "Fundamentos de Electrotecnia para Ingenieros: Corriente alterna monofásica y trifásica", Marcombo

$$Q_C = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C = U_C^2 \cdot \omega \cdot C \Rightarrow C = \frac{Q_C}{U_C^2 \cdot \omega} = \frac{P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')}{U_C^2 \cdot \omega}$$

Compensación trifásica en estrella.

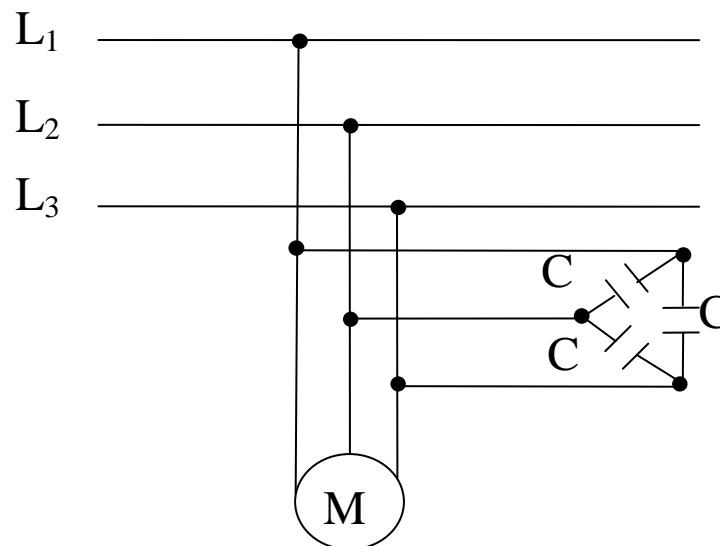


Fuente: "Fundamentos de Electrotecnia para Ingenieros: Corriente alterna monofásica y trifásica", Marcombo

$$Q_C = P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

$$\frac{Q_C}{3} = U_F \cdot I_F = U_F^2 \cdot \omega \cdot C_y \Rightarrow C_y = \frac{Q_C}{3 \cdot U_{1N}^2 \cdot \omega} = \frac{P \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')}{3 \cdot U_{1N}^2 \cdot \omega}$$

Compensación trifásica en triángulo



Fuente: "Fundamentos de Electrotecnia para Ingenieros: Corriente alterna monofásica y trifásica", Marcombo

$$Q_C = P \cdot (tg \varphi - tg \varphi')$$

$$\frac{Q_C}{3} = U_F \cdot I_F = U_F^2 \cdot \omega \cdot C_\Delta \Rightarrow C_\Delta = \frac{Q_C}{3 \cdot U_{12}^2 \cdot \omega} = \frac{P \cdot (tg \varphi - tg \varphi')}{3 \cdot U_{12}^2 \cdot \omega}$$

2.3 POR QUE SE COMPENSA

a) Reducción del recargo de reactiva en la factura de electricidad.

| $\cos \varphi$ | €kVArh | Incremento (%) |
|------------------------------|----------|----------------|
| $0,90 < \cos \varphi < 0,95$ | 0,041554 | 319730% |
| $0,85 < \cos \varphi < 0,90$ | 0,041554 | 144% |
| $0,80 < \cos \varphi < 0,85$ | 0,041554 | 22% |
| $\cos \varphi < 0,80$ | 0,062332 | 22% |

b) Optimización técnico-económico de la instalación

-Disminución de la sección de los cables.

-Disminución de las pérdidas de las líneas.

$$p = 3 \cdot R \cdot I^2 = R \cdot \frac{(P^2 + Q^2)}{U_n^2} = R \cdot \frac{S^2}{U_n^2} = \frac{R}{U_n^2} \cdot \frac{P^2}{(\cos \varphi)^2}$$

-Reducción de la caída de tensión.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) = \frac{P}{U_n} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi)$$

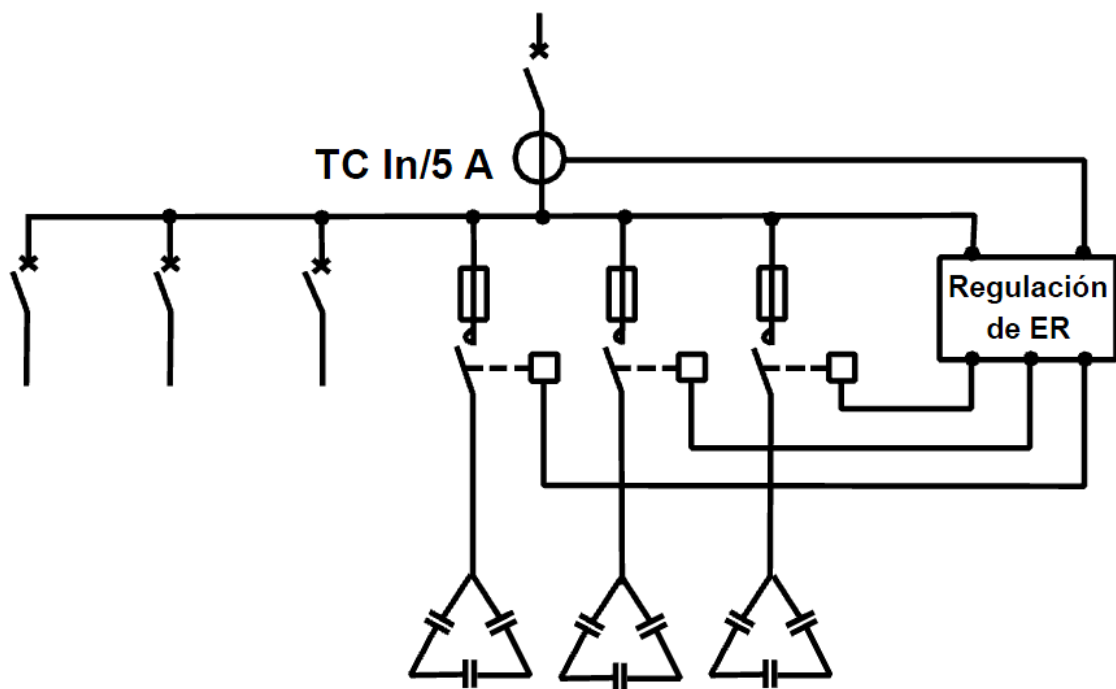
-Aumento de la potencia disponible/uso optimizado de las máquinas eléctricas

| Potencia del transformador [kVA] | Potencia activa transmitida [kW] | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-----|------------|------|------------|------|
| | cosφ | | | | | |
| | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |
| 63 | 32 | 38 | 44 | 50 | 57 | 63 |
| 100 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 125 | 63 | 75 | 88 | 100 | 113 | 125 |
| 160 | 80 | 96 | 112 | 128 | 144 | 160 |
| 200 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| 250 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 |
| 315 | 158 | 189 | 221 | 252 | 284 | 315 |
| 400 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 |
| 630 | 315 | 378 | 441 | 504 | 567 | 630 |
| 800 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 |
| 1000 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 1250 | 625 | 750 | 875 | 1000 | 1125 | 1250 |

Fuente: "Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en instalaciones eléctricas", ABB

2.4 QUE SE UTILIZA PARA COMPENSAR LA REACTIVA.

- a) Condensador fijo.
- b) Baterías de condensadores con regulación automática



Fuente: "Corrección del factor de potencia", Schneider Electric, S.A.

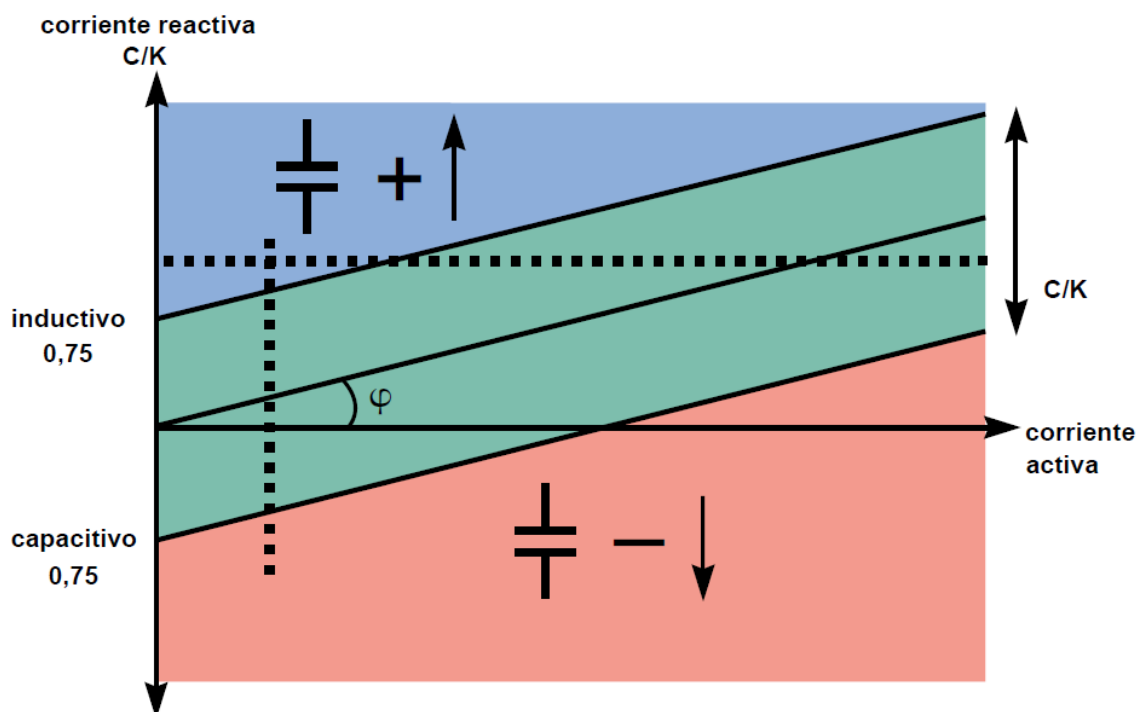
2.5 TIPOS DE COMPENSACIÓN.

- a) Compensación global o centralizada
- b) Compensación parcial o por grupos.
- c) Compensación individual

2.6 REGULACIÓN.

$$C/K = \frac{Q_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot R_{TI}}$$

Q_1 , potencia del escalón base (kVAr)
 R_{TI} =relación de transformación del trafo de intensidad.



Fuente: "Corrección del factor de potencia", Schneider Electric, S.A.

2.7 CONSIDERACIONES PRÁCTICAS A LA HORA DE COMPENSAR UNA INSTALACIÓN.

- Compensación global con CT.
- Compensación global sin CT.
- Compensación individual

2.8 CATÁLOGO DE BATERÍA DE CONDENSADORES.

400 V, 50 Hz.

| POTENCIA kvar | COMPOSICIÓN (nº esc. x kvar) | ESQ. Nº | DIM (ref.) | PESO (kg.) | TIPO | INTENS. NOMINAL [A] | CABLE DE ACOMETIDA(1) (mm ²) | INT. GENERAL SUPLEMENTARIO (2) | |
|------------------|---------------------------------|------------|---------------|---------------|------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|----------------|
| | | | | | | | | CALIBRE [A] | DIM. (ref.) |
| 7,5 | (2,5+5) | 1 | A | 16 | EB 400/7,5-2/3 | 10,8 | 2,5 | 63 | A |
| 10,5 | (2,5+2x4) | 1 | A | 16 | EB 400/10,5-3/5 | 15,1 | 2,5 | 63 | A |
| 12,5 | (2,5+2x5) | 1 | A | 16 | EB 400/12,5-3/5 | 18 | 4 | 63 | A |
| 15 | (3x5) | 1 | A | 17 | EB 400/15-3/3 | 21,6 | 4 | 63 | A |
| 17,5 | (2,5+3x5) | 1 | A | 17 | EB 400/17,5-4/7 | 25,2 | 4 | 63 | A |
| 20 | (4+2x8,33) | 1 | A | 17 | EB 400/20-3/5 | 28,8 | 6 | 63 | A |
| 20 | (4x5) | 1 | A | 17 | EB 400/20-4/4 | 28,8 | 6 | 63 | A |
| 25 | (5+2x10) | 1 | A | 17 | EB 400/25-3/5 | 36,1 | 10 | 63 | A |
| 27,5 | (2,5+5+2x10) | 1 | B | 31 | EC 400/27,5-4/11 | 39,7 | 10 | 125 | B |
| 30 | (3x10) | 1 | B | 31 | EC 400/30-3/3 | 43,3 | 16 | 125 | B |
| 30 | (2x5+2x10) | 1 | B | 32 | EC 400/30-4/6 | 43,3 | 16 | 125 | B |
| 35 | (5+3x10) | 1 | B | 32 | EC 400/35-4/7 | 50,5 | 16 | 125 | B |
| 37,5 | (7,5+2x15) | 1 | B | 32 | EC 400/37,5-3/5 | 54,1 | 16 | 125 | B |
| 40 | (4x10) | 1 | B | 32 | EC 400/40-4/4 | 57,7 | 25 | 125 | B |
| 40 | (2x5+3x10) | 1 | B | 32 | EC 400/40-5/8 | 57,7 | 25 | 125 | B |
| 41,6 | (8,3+2x16,6) | 1 | B | 32 | EC 400/41,6-3/5 | 60 | 25 | 125 | B |
| 45 | (3x15) | 1 | B | 33 | EC 400/45-3/3 | 64,9 | 25 | 125 | B |
| 45 | (5+4x10) | 1 | B | 33 | EC 400/45-5/9 | 64,9 | 25 | 125 | B |
| 50 | (10x2+20) | 1 | B | 33 | EC 400/50-3/5 | 72,2 | 25 | 125 | B |
| 55 | (5+10+2x20) | 1 | B | 34 | EC 400/55-4/11 | 79,3 | 25 | 125 | B |
| 55 | (5+5x10) | 2 | C | 34 | ED 400/55-6/11 | 79,3 | 25 | 125 | C |
| 60 | (4x15) | 1 | B | 35 | EC 400/60/4-4 | 86,6 | 35 | 125 | B |
| 60 | (6x10) | 2 | C | 56 | ED 400/60-6/6 | 86,6 | 35 | 125 | C |
| 62,5 | (12,5+2x25) | 1 | B | 36 | EC 400/62,5-3/5 | 90,2 | 35 | 125 | B |
| 65 | (5+6x10) | 2 | C | 57 | ED 400/65-7/13 | 93,8 | 50 | 160 | C |
| 70 | (10+3x20) | 2 | C | 53 | ED 400/70-4/7 | 101 | 50 | 160 | C |
| 75 | (15+2x30) | 2 | C | 55 | ED 400/75-3/5 | 108 | 50 | 160 | C |
| 75 | (5x15) | 2 | C | 55 | ED 400/75-5/5 | 108 | 50 | 160 | C |
| 80 | (4x20) | 2 | C | 54 | ED 400/80-4/4 | 115 | 70 | 160 | C |
| 80 | (2x10+3x20) | 2 | C | 54 | ED 400/80-5/8 | 115 | 70 | 160 | C |
| 90 | (10+4x20) | 2 | C | 55 | ED 400/90-5/9 | 130 | 70 | ---- | ---- |
| 95 | (5+10+4x20) | 2 | C | 56 | ED 400/95-6/19 | 137 | 70 | ---- | ---- |
| 100 | (4x25) | 2 | C | 54 | ED 400/100-4/4 | 144 | 70 | ---- | ---- |
| 100 | (20+2x40) | 2 | C | 56 | ED 400/100-3/5 | 144 | 70 | ---- | ---- |

(1) Cable de 0,6/1 kV de polietileno reticulado (XLPE), para otros cables consultar tabla A2.3.

(2) Puede solicitarse como suplemento.

Fuente: "Catálogo de CYDESA"

Bibliografía

J.M. Molina, F.J. Cánovas y F.A. Ruz, FUNDAMENTOS DE ELECTROTECNIA PARA INGENIEROS: CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA, Marcombo SA

Capítulo 13. Corrección del factor de potencia

CT-8. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ABB

Pt-75. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA, Schneider Electric, S.A.