



## Formulario de Energía Reactiva

$\mu F$

$$= \frac{30000 \text{ VAr}}{\sqrt{3} \cdot 440\text{V}} = 39,36\text{A}$$

$$0,8\text{V} = 458,72 \mu F$$

$I_c =$

**1**

**Tabla de magnitudes y unidades  
Tabla de múltiplos y submúltiplos más habituales**

**2**

**Condensadores eléctricos**

**3**

**Condensadores y reactancias de filtrado en  
caso de presencia de armónicos**

**4**

**Potencia reactiva de una batería de  
condensadores**

## Tabla de magnitudes y unidades

Magnitud	Símbolo	Unidades S.I	Otras unidades
Potencia activa	$P$	Watio (W)	1kW=1000W
Potencia activa	$Q$	Voltioamperio reactivo (VAr)	1kVAr = 1000VAr
Potencia aparente	$S$	Volitoamperio (VA)	1kVA = 1000VA
Factor de potencia	$FP$ o $\cos\varphi$	-	-
Capacidad	$C$	Faradio (F)	$1\mu F = 10^{-6}F$
Inductancia	$L$	Henrio (A)	$1mH = 10^{-3}mH$
Intensidad	$I$	Amperio (A)	$1H = 10^{-3}mH$
Tensión	$U$	Voltio (V)	-
Resistencia eléctrica	$R$	Ohmio ( $\Omega$ )	$1k\Omega = 1000\Omega$
Reactancia capacitiva	$X_C$	Ohmio ( $\Omega$ )	$1k\Omega = 1000\Omega$
Reactancia inductiva	$X_L$	Ohmio ( $\Omega$ )	$1k\Omega = 1000\Omega$

## Tabla de múltiplos y submúltiplos más habituales

10n	Prefijo	Símbolo	Equivalencia decimal en los prefijos
$10^{12}$	Tera	T	1.000.000.000.000
$10^9$	Giga	G	1.000.000.000
$10^6$	Mega	M	1.000.000
$10^3$	Kilo	k	1.000
$10^2$	Hecto	h	100
$10^1$	Deca	da	10
$10^{-1}$	deci	dc	0,1
$10^{-2}$	centi	c	0,01
$10^{-3}$	mili	m	0,001
$10^{-6}$	micro	$\mu$	0,000001
$10^{-9}$	nano	n	0,000000001
$10^{-12}$	pico	p	0,000000000001

## Condensadores eléctricos

### POTENCIA DE UN CONDENSADOR (Q)

$$Q = U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$$

donde:

$U$  = es la tensión de la red en voltios ( $V_{ca}$ )

$f$  = es la frecuencia de la red en hertzios (Hz)

$C$  = es la capacidad del condensador en faradios (F)

$Q$  = es la potencia en voltio amperios reactivos (VAr)

### CAPACIDAD DE UN CONDENSADOR (C)

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

donde:

$U$  = es la tensión de la red en voltios ( $V_{ca}$ )

$f$  = es la frecuencia de la red en hertzios (Hz)

$C$  = es la capacidad del condensador en faradios (F)

$Q$  = es la potencia en voltio amperios reactivos (VAr)

$$\text{Capacidad en microfaradios } (\mu\text{F}) = \frac{\text{Capacidad en faradios (F)}}{1000\ 000}$$

**Ejemplo:** Condensador trifásico 30kVAr – 440V – 50Hz

$$C = \frac{30000\text{VAr}}{(440\ \text{V})^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz}} = 0.00049325\text{F} = 493,25\ \mu\text{F}$$

### REACTANCIA CAPACITIVA ( $X_c$ )

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

donde:

$X_c$  = es la reactancia capacitativa en ohmios ( $\Omega$ )

$f$  = es la frecuencia de la red en hertzios (Hz)

$C$  = es la capacidad del condensador en faradios (F)

## Condensadores eléctricos

### INTENSIDAD QUE RECORRE LAS FASES DE UN CONDENSADOR TRIFÁSICO ( $I_c$ )

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

donde:

$U$  = es la tensión de la red en voltios ( $V_{ca}$ )

$Q$  = es la potencia en voltioamperios reactivos (VAr)

$I_c$  = es la intensidad de corriente en amperios (A)

$$I_c = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U}{\sqrt{3}}$$

donde:

$U$  = es la tensión de la red en voltios ( $V_{ca}$ )

$f$  = es la frecuencia de la red en hertzios (Hz)

$C$  = es la capacidad del condensador en faradios (F)

$I_c$  = es la intensidad de corriente en amperios (A)

En los condensadores monofásicos la  $\sqrt{3}$  se sustituye por la unidad.

$\sqrt{3} = 1,7321$

**Ejemplo:** Condensador trifásico 30kVAr – 440V – 50Hz

$$I_c = \frac{30000\text{VAr}}{\sqrt{3} \cdot 440\text{V}} = 39,36\text{A}$$

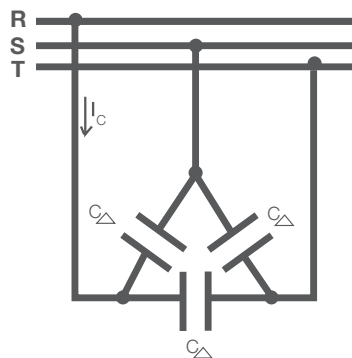
### CONEXIÓN INTERNA DE UN CONDENSADOR TRIFÁSICO EN TRIÁNGULO ( $\Delta$ )

$$C_{\Delta} = \frac{C}{3}$$

donde:

$C$  = es la capacidad del condensador en faradios (F)

$C_{\Delta}$  = es la capacidad de cada una de las bobinas en faradios (F)



Cómo calcular la capacidad sabiendo la capacidad entre dos fases ( $C_{R-S}$  o  $C_{R-T}$  o  $C_{S-T}$ ):

$$C_{\Delta} = \frac{2}{3} \cdot C_{R-S}$$

$$C = 2 \cdot C_{R-S}$$

**Ejemplo:** Capacidad de una bobina de un condensador trifásico de 30kVAr – 400V – 50Hz conectado en triángulo.

$$C_{\Delta} = \frac{493,25\mu F}{3} = 164,42\mu F$$

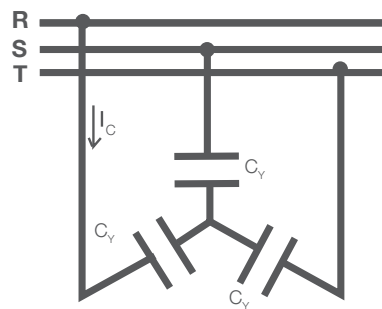
## CONEXIÓN INTERNA DE UN CONDENSADOR TRIFÁSICO EN ESTRELLA (Y)

$$C_Y = C$$

donde:

C = es la capacidad del condensador en faradios (F)

$C_Y$  = es la capacidad de cada una de las bobinas en faradios (F)



Cómo calcular la capacidad sabiendo la capacidad entre dos fases ( $C_{R-S}$  o  $C_{R-T}$  o  $C_{S-S}$ ):

$$C_Y = 2 \cdot C_{R-S}$$

$$C = 2 \cdot C_{R-S}$$

## ACOPLAMIENTO EN SERIE DE CONDENSADORES



La capacidad total ( $C_T$ ) de un grupo de condensadores cuyas capacidades parciales son ( $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ) que se acoplan en serie es:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

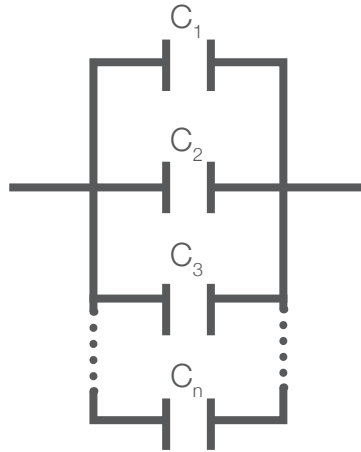
La potencia reactiva total del acoplamiento ( $Q_T$ ) en función de las potencias reactivas de cada uno de los condensadores conectados ( $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ) será:

$$\frac{1}{Q_T} = \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3} + \dots + \frac{1}{Q_n}$$

## Condensadores eléctricos

La intensidad ( $I_C$ ) que recorrerá cada condensador será la misma y su valor es el que corresponda a un condensador con una capacidad  $C_T$  o de una potencia reactiva  $Q_T$ , según la fórmula que se aplique.

### ACOPLAMIENTO EN PARALELO DE CONDENSADORES



La capacidad total ( $C_T$ ) de un grupo de condensadores cuyas capacidades parciales son ( $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ) que se acoplen en serie es:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

La potencia reactiva total del acoplamiento ( $Q_T$ ) en función de las potencias reactivas de cada uno de los condensadores conectados ( $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ ) será:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

La intensidad ( $I_{Cn}$ ) que recorrerá cada condensador será la que le corresponda a cada condensador en función de su capacidad  $C_T$  o de su potencia reactiva  $Q_T$ , según la fórmula que se aplique. La intensidad total ( $I_T$ ) que circulará por el acoplamiento será:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

**Ejemplo:** Conexión en paralelo de un condensador de 15 kVAR, dos de 30 kVAR y uno de 60 kVA a una red de 440V y 50H

$$Q_T = 15\text{kVAR} + 30\text{kVAR} + 30\text{kVAR} + 60\text{kVAR} = 135\text{kVAR}$$

$$C_T = \frac{135000\text{Var}}{(440\text{V})^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz}} = 0.00221961\text{F} = 2219,61\mu\text{F}$$

$$I_T = \frac{135000\text{Var}}{\sqrt{3} \cdot 440\text{V}} = 177,14\text{A}$$

## Condensadores y reactancias de filtrado pasivo en caso de presencia de armónicos en la red

### FACTOR DE SOBRETENSIÓN EN EL CONDENSADOR (p%)

$$p(\%) = 100 \cdot \left( \frac{f_{red}}{f_{resonancia}} \right)^2$$

donde:

$f_{red}$  = es la frecuencia de la red (Hz)

$f_{resonancia}$  = es la frecuencia de desintonización (Hz)

$p(\%)$  = es el factor de sobretensión

Las frecuencias de resonancia más habituales en el filtro pasivo (L-C) son (ver UNE-EN-61642):

Frecuencia de red	p=7% (3%<THD-U<7%)	p=14% (THD-U>7%)
50 Hz	189 Hz	134 Hz
60 Hz	227 Hz	160 Hz

### TENSIÓN EN BORNES DEL CONDENSADOR ( $U_c$ )

$$U_c = U \cdot \left( 1 + \frac{p}{100} \right)$$

donde:

$U$  = es la tensión de red en voltios ( $V_{ca}$ )

$p$  = es el factor de sobretensión en tanto por ciento

$U_c$  = es la tensión en bornes del condensador (V)

### CAPACIDAD DE UN CONDENSADOR PARA INSTALACIÓN CON REACTANCIAS ( $C_{RCT}$ )

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$$

donde:

$Q$  = es la potencia reactiva del condensador en kVAr

$U$  = es la tensión de la red eléctrica

$I_c$  = es la intensidad del condensador en amperios (A)

$$C_{RCT} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_c}$$

donde:

$f$  = es la frecuencia de la red (Hz)

$U_c$  = es la tensión en bornes del condensador (V)

## Condensadores y reactancias de filtrado en caso de presencia de armónicos

### REACTANCIA INDUCTIVA DE LA REACTANCIA DE FILTRADO ( $X_L$ )

$$X_L = X_C \cdot \frac{\rho}{100}$$

donde:

$X_L$  = es la reactancia inductiva en ohmios ( $\Omega$ )

$X_C$  = es la reactancia capacitiva en ohmios ( $\Omega$ )

$\rho$  = es el factor de sobretensión en tanto por ciento

### INDUCTANCIA DE LA REACTANCIA ( $L$ )

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

donde:

$L$  = es la inductancia en Henrios (H)

$X_L$  = es la reactancia inductiva ( $\Omega$ )

$f$  = es la frecuencia de la red eléctrica (Hz)

**Ejemplo:** Condensador y reactancia para 30kVAr – 440V – 50Hz desintonizado a 189Hz

$$\rho(\%) = 100 \cdot \left( \frac{50\text{Hz}}{189\text{Hz}} \right)^2 = 7\%$$

$$U_c = 440\text{V} \cdot \left( 1 + \frac{7}{100} \right) = 470,8\text{V}$$

$$I_c = \frac{30000\text{VAr}}{\sqrt{3} \cdot 440\text{V}} = 39,36\text{A}$$

$$C_{RCT} = \frac{\sqrt{3} \cdot 39,136\text{A}}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 470,8\text{V}} = 458,72\mu\text{F}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz} \cdot 458,72 \cdot 10^{-6}\text{F}} = 6,94\Omega$$

$$X_L = 6,94\Omega \cdot \left( \frac{7}{100} \right) = 0,49\Omega$$

$$L = \frac{0,49\Omega}{2 \cdot \pi \cdot 50\text{Hz}} = 0,00155\text{H} = 1,55\text{mH}$$

## Potencia reactiva de una batería de condensadores

### FACTOR DE POTENCIA DE UNA INSTALACIÓN (FP) O SU $\cos(\varphi_0)$

$$FP = \cos(\varphi_0) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

donde:

$P$  = es la energía activa total consumida por la instalación en kilowatios hora (kWh)

$Q$  = es la energía reactiva total consumida por la instalación (kVArh)

$FP$  o  $\cos(\varphi_0)$  = es el valor del factor de potencia original de la instalación

$$\varphi_0 = \arccos(FP)$$

### POTENCIA DE LA BATERÍA DE CONDENSADORES ( $Q_B$ )

$$Q_B = F \cdot (\tan(\varphi_0) - \tan(\varphi_f))$$

donde:

$F$  = es la potencia contratada por la instalación en kilowatios (kw).

$\tan(\varphi_0)$  = es la tangente del ángulo  $\varphi_0$

$\tan(\varphi_f)$  = es la tangente del ángulo final deseado

$Q_B$  = es la potencia reactiva de la batería en kilovoltioamperios reactivos (kVAr)

### ELECCIÓN DEL VALOR DE $\tan(\varphi_f)$ :

$$FP_{\text{final deseado}} = \cos(\varphi_f) \rightarrow \tan(\varphi_f)$$

**Ejemplo:** Instalación con una potencia contratada de 40 kW, consume 10150 kWh de energía activa y 10400 kVArh de energía reactiva. Se quiere tener un FP final de 1.

$$FP = \cos(\varphi_0) = \frac{10150 \text{ kWh}}{\sqrt{(10150 \text{ kWh})^2 + (10400 \text{ kVArh})^2}} = 0,698$$

$$\tan(\varphi_0) = 1,026$$

$$\tan(\varphi_f) = 0,000$$

$$Q_B = 40 \text{ kW} \cdot (1,026 - 0,000) = 41,04 \text{ kW}$$



[www.rtr.es](http://www.rtr.es)