



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROFESOR: Mg ING. ELVIO DANIEL ANTON

AUX: ING. DIEGO SALINAS

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Naturaleza de la energía reactiva

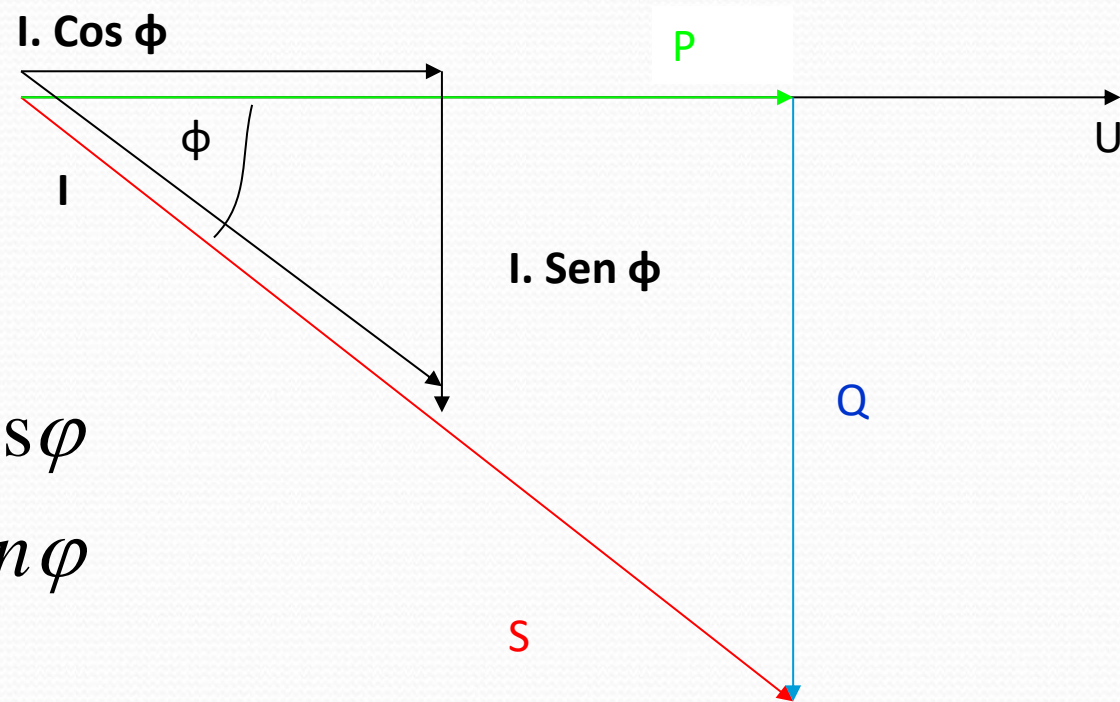
Cualquier máquina eléctrica alimentado en corriente alterna, consume dos tipos de energía:

- ✓ **Energía activa:** corresponde a la potencia activa P medida en kW que se transforma en energía mecánica (trabajo) y calor (pérdidas).
- ✓ **Energía reactiva:** corresponde a la potencia reactiva Q medida en kVAr; sirve para alimentar circuitos magnéticos en máquinas eléctricas y es necesaria para su funcionamiento. Es suministrada por la red o, por condensadores previstos para ello.

Diferentes tipos de consumos

- **Cargas que presentan comportamiento lineales:** estufas, lámparas incandescentes, planchas, secador de cabello, heladeras, secarropas, motores eléctricos, lámparas incandescentes, etc.
- **Cargas alineales:** TV, videos, PC, LFC, tubos fluorescentes, variadores de velocidad, arrancadores suaves, rectificadores, etc.

Diagrama fasorial de un consumo típico



$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \phi$$

$$S = U \cdot I$$

Definición de factor de potencia

Representa el rendimiento de una instalación eléctrica y se define como:

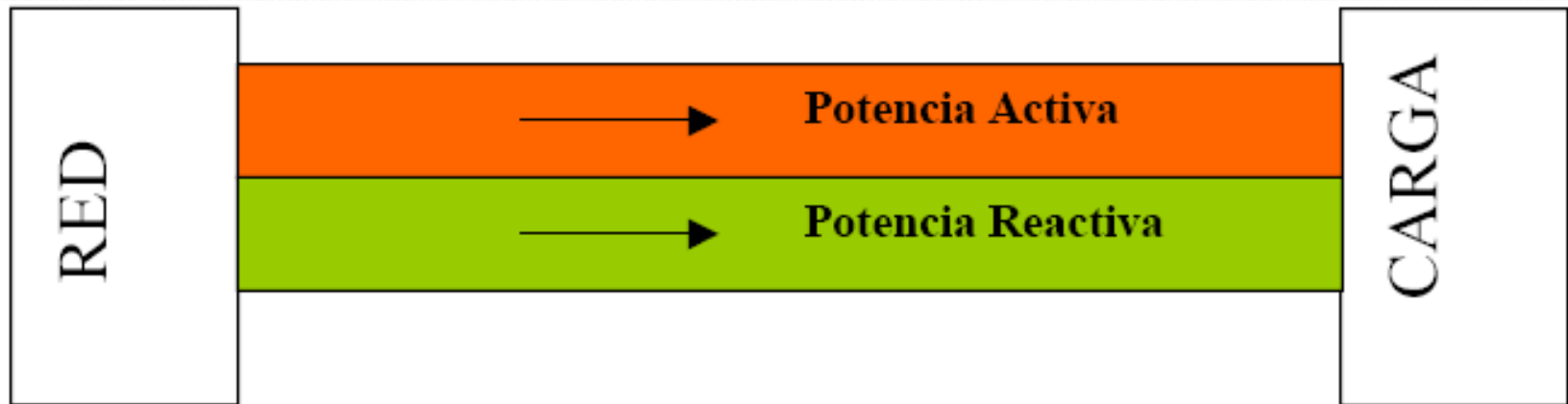
$$FP = \frac{P}{S}$$

El FP en un circuito con componentes armónicas es:

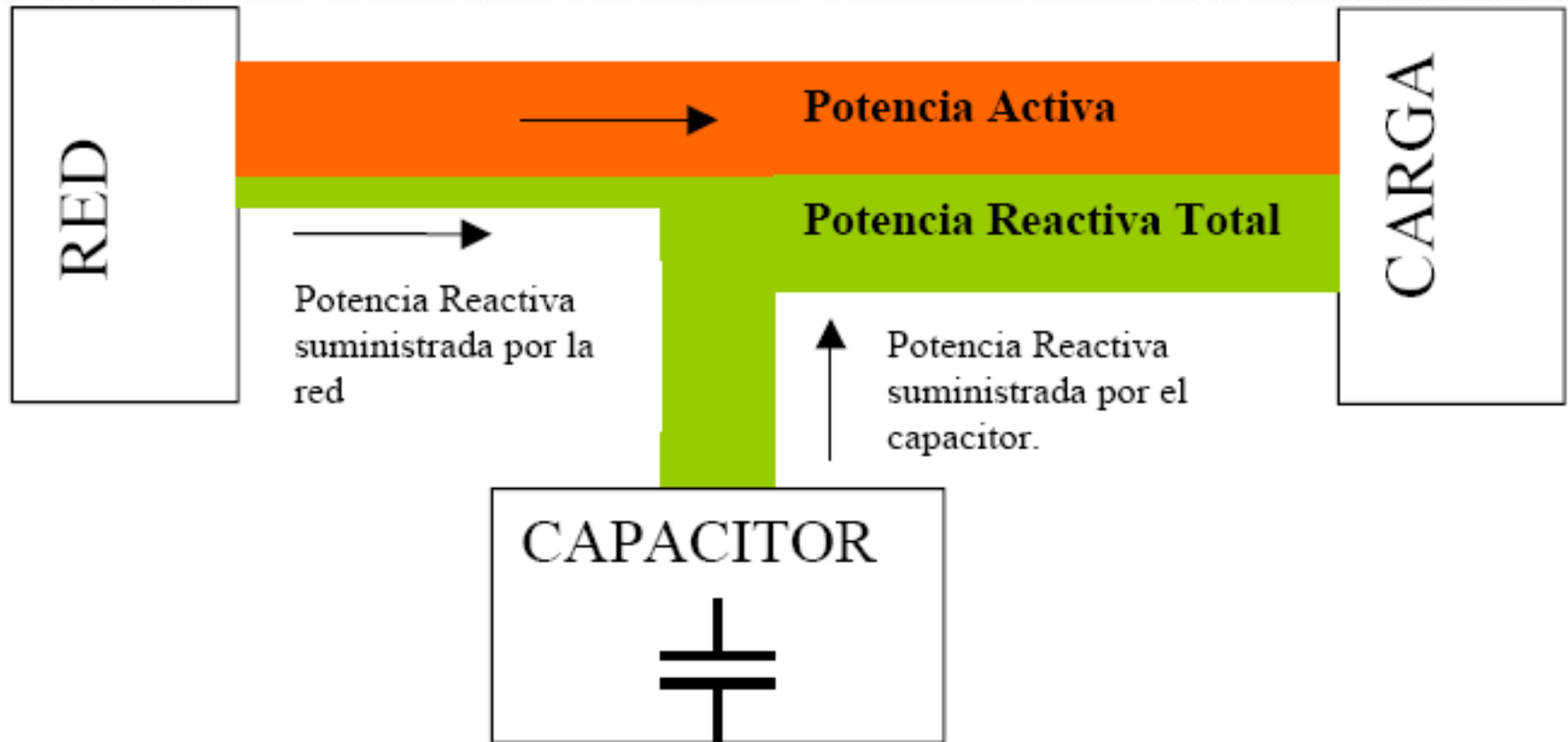
$$FP = \frac{I_1}{I} \cos \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + THD^2}} \cos \varphi_1$$

$\frac{I_1}{I}$ = se denomina Factor de Contracción "k"

Sin compensación del FP



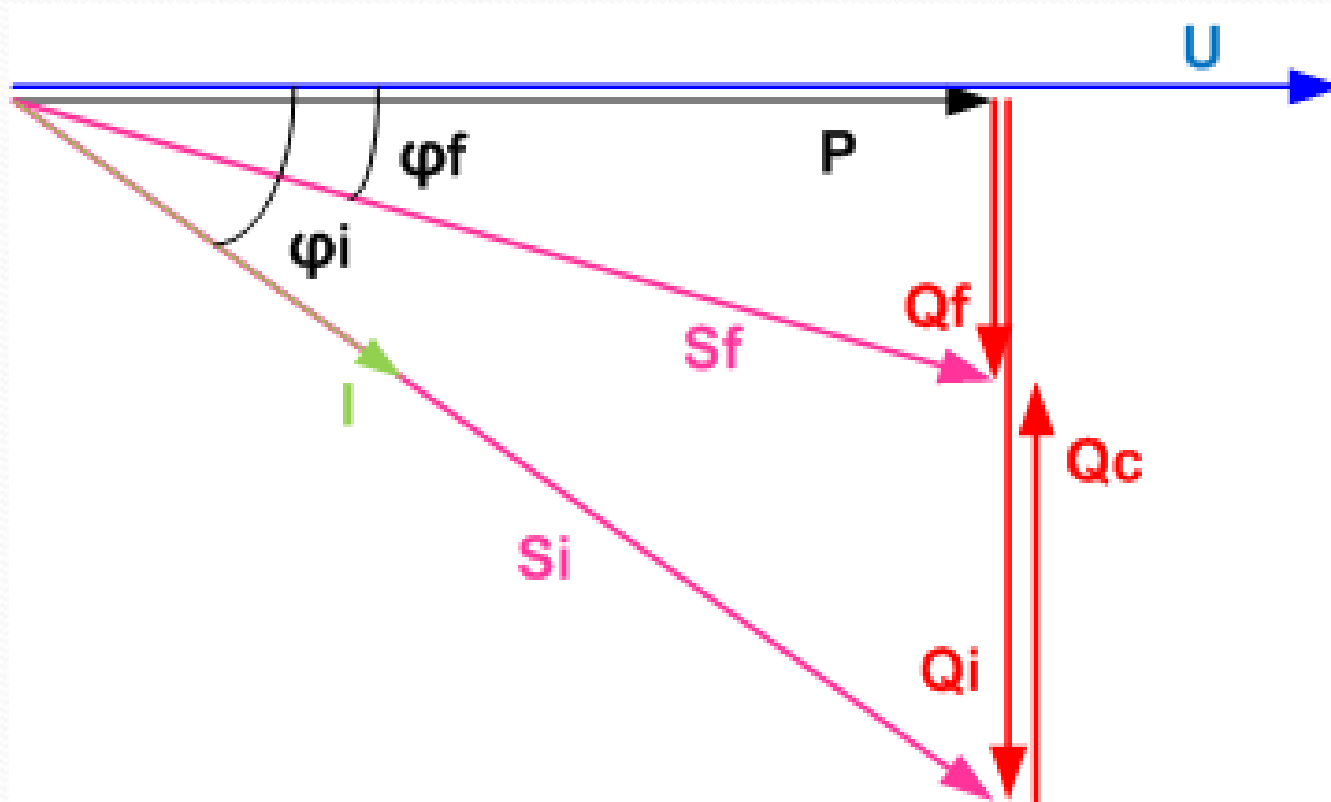
Con compensación del FP



¿Porque compensar?

- ❑ Aumento de la potencia disponible.
- ❑ Reducción de la sección de los conductores.
- ❑ Disminución de las pérdidas.
- ❑ Reducción de la caída de tensión.
- ❑ Evitar las penalización por bajo FP de la compañía prestataria del servicio eléctrico.

Determinación de la potencia a compensar



$$Q_c = Q_i - Q_f = P(\operatorname{tg} \varphi_i - \operatorname{tg} \varphi_f)$$

¿Donde compensar?

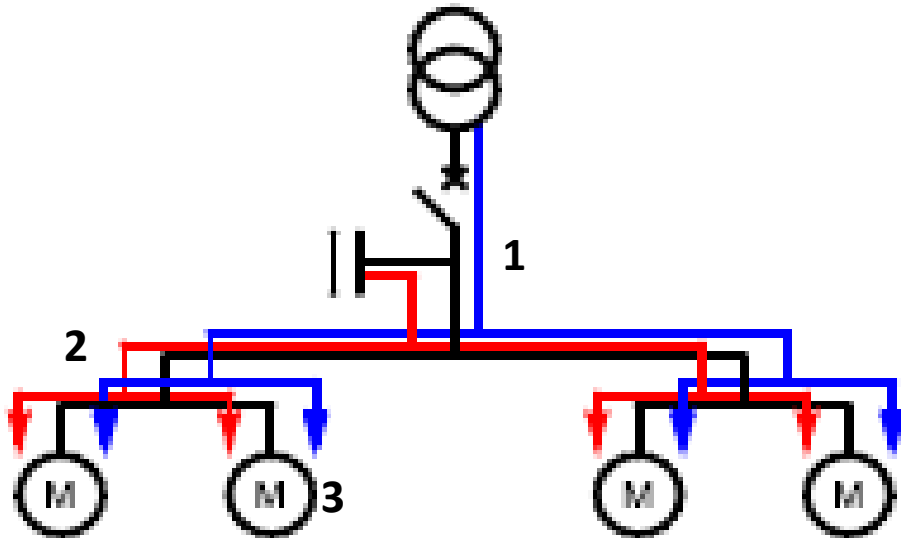
La localización se determina según:

- ❑ El objetivo buscado, supresión de las penalidades, descarga de las líneas y transformadores, aumento de la tensión al final de la línea.
- ❑ El régimen de carga.
- ❑ Costo de la instalación.

Compensación Global o centralizada

Ventajas: suprime las penalizaciones, descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW)

Desventajas: la corriente reactiva I_r está presente desde el nivel 1 hasta los receptores, pérdidas por efecto joule en los cables no quedan disminuidas.

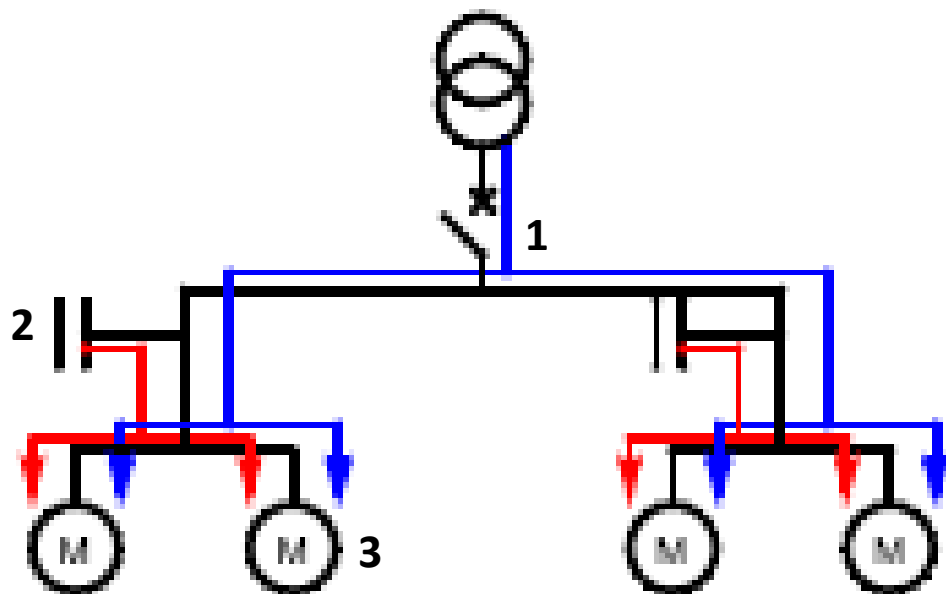


Es conveniente cuando se tiene conectado a la red un gran número de consumidores con diferentes potencias y tiempos de conexión variables.

Compensación por Grupo o Parcial

Ventajas: suprime las penalizaciones, optimiza parte de la instalación, la I_r no se transporta entre los niveles 1 y 2. Descarga el centro de transformación (potencia disponible en Kw), pérdidas por efecto joule en los cables se disminuyen.

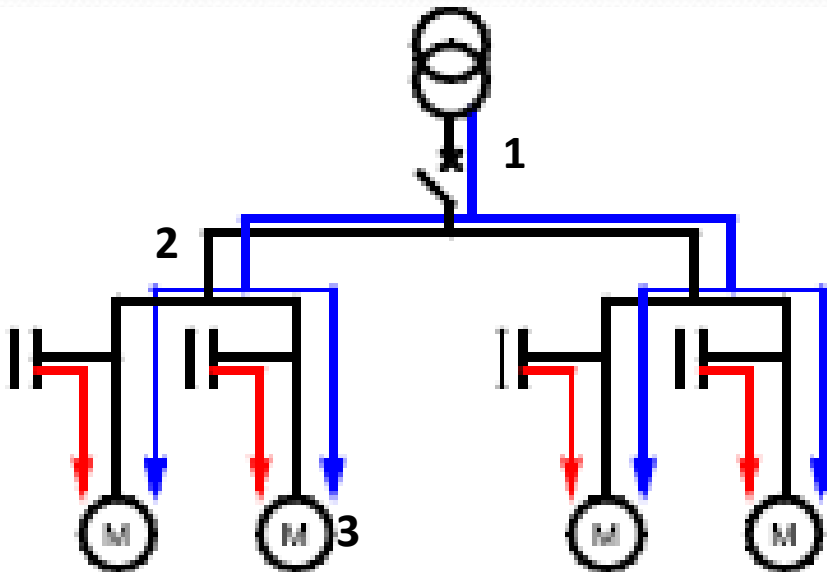
Desventajas: la corriente reactiva I_r está presente desde el nivel 2 hasta los receptores.



Es conveniente cuando un grupo de consumidores se conectan a la red en conjunto por medio de un interruptor o contactor.

Compensación Individual

Ventajas: suprime las penalizaciones, la Ir se abastece en el mismo lugar de su consumo, descarga el centro de transformación (potencia disponible en Kw), pérdidas por efecto joule en los cables se disminuyen.



Es conveniente para grandes consumidores con potencias constantes conectados durante largos períodos.

Compensación fija o automática

En baja tensión la compensación se realiza con dos tipos de equipos:

Condensadores Fijos:

- Manual mediante interruptor.
- Semiautomática por medio de contactor.
- Directamente conectado a los terminales.

Equipos de Regulación Automática:

- Permiten ajustar permanentemente la compensación a las necesidades de la instalación.

Compensación automática

Está constituido por tres elementos principales:

El regulador:

Mide el $\cos\phi$ de la instalación y da las órdenes a los contactores para aproximarse al $\cos\phi$ deseado.

Contactores:

Son los encargados de conectar los condensadores que configuran la batería.

Condensadores:

Son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación.

Compensación automática

Toma de datos de la instalación:

Lectura de la intensidad:

Se debe conectar un TI que lea el consumo.

Lectura de tensión:

Normalmente se incorpora en la propia batería de manera que al efectuar la conexión de la misma ya se obtiene este valor.

Esta información (tensión y corriente) le permite al regulador efectuar el cálculo del $\cos\phi$ existente y tomar la decisión de introducir o sacar escalones de potencia reactiva.

Compensación automática

Número de escalones NE:

Es el número de grupos en que se ha fraccionado la potencia total de un equipo de compensación. Estos podrán ser de igual potencia o no.

Programa de regulación:

Indica la relación que existe entre las potencias de los distintos escalones, referidas al primer escalón.
Por ej:

Compensación automática

Programa 1:1:1. Todos los escalones tienen la misma potencia. La potencia del primer escalón es igual a:

$$Q_1 = \frac{Q_{tot}}{NE}$$

Programa 1:2:2. Todos los escalones a partir del segundo, tienen doble de potencia que el primero. La potencia del primer escalón es igual a:

$$Q_1 = \frac{Q_{tot}}{(2NE - 1)}$$

Compensación automática

Número de pasos NP:

Significa el número de valores intermedios en que está fraccionada la potencia total y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$NP = \frac{Q_{tot}}{Q_1}$$

Compensación automática

Programación de un regulador:

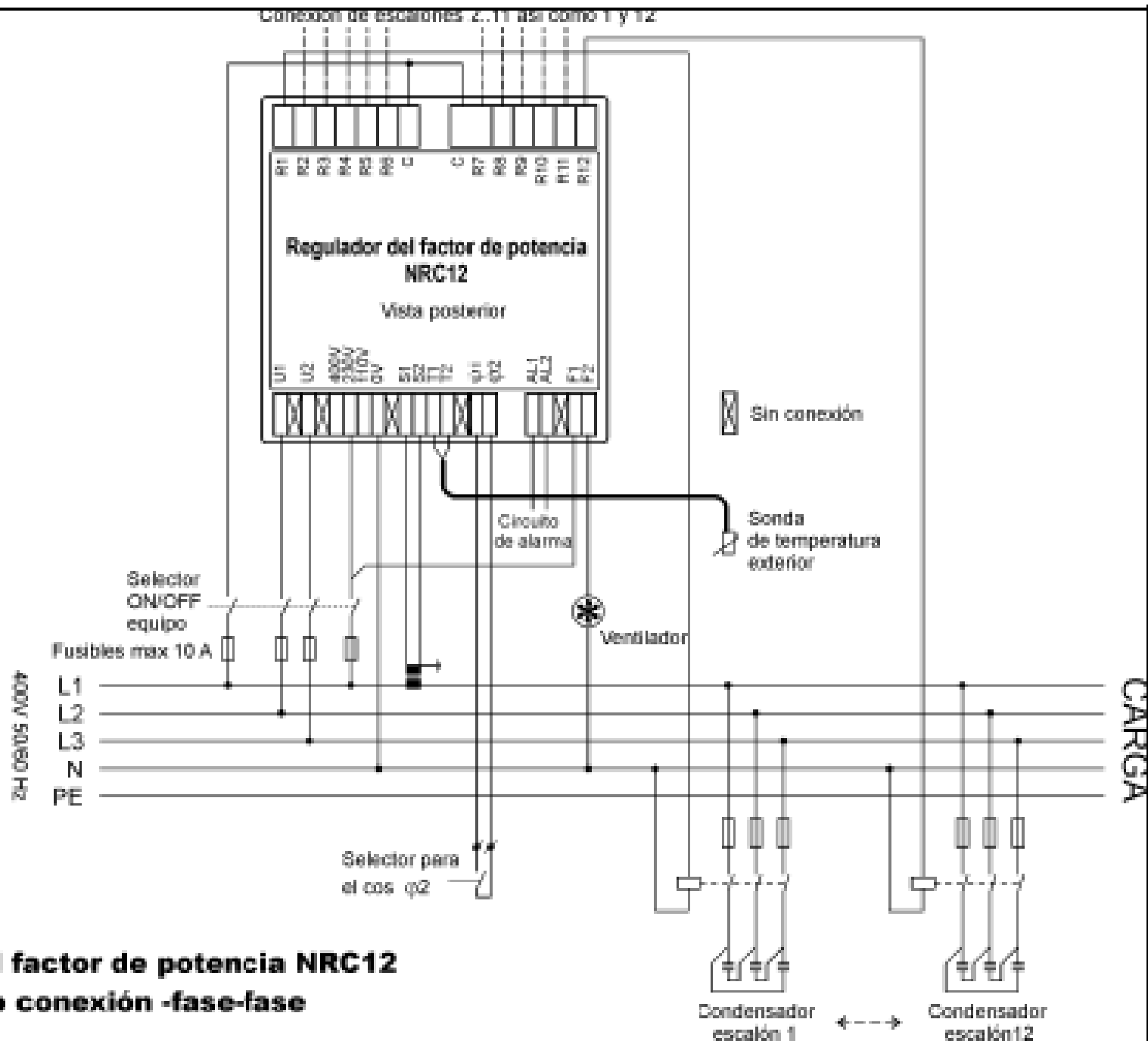
Los datos que se deben programar en un regulador al realizar puesta en marcha son:

- ❑ $\cos\phi$ deseado.
- ❑ La relación C/k .

¿ **Qué es el C/k** ? es intensidad reactiva del primer escalón referida al secundario del TI ($X/5$).

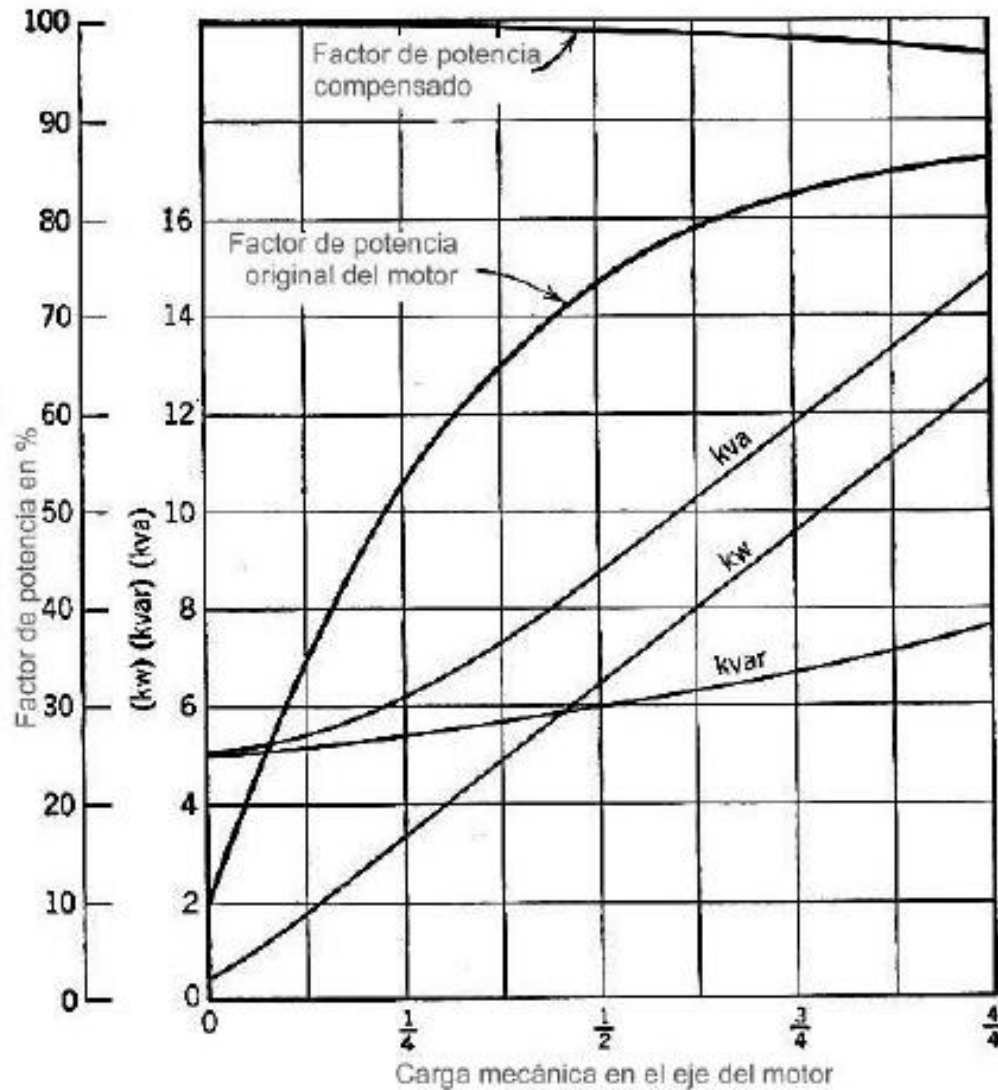
El regulador decide la entrada o salida de los distintos escalones en función de tres parámetros:

- ❑ $\cos\phi$ deseado.
- ❑ $\cos\phi$ existente.
- ❑ La intensidad del 1º escalón (marca la regulación mínima del banco).



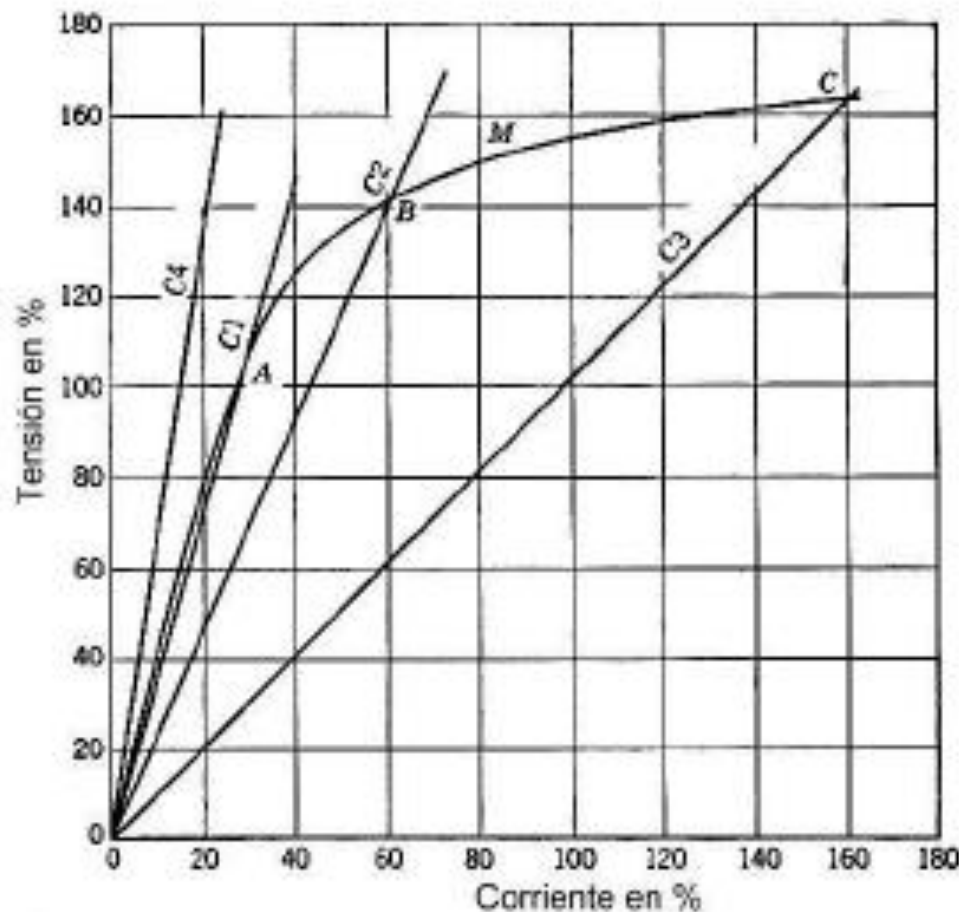
Regulador del factor de potencia NRC12
Ejemplo conexión -fase-fase

Compensación de Motores Asíncronos



Compensación de Motores Asíncrónicos

Sobretensiones debida a autoexcitación



El condensador puede proveer parte o toda la corriente magnetizante requerida por el motor. Cuando el contactor del motor es abierto el condensador suministra la corriente magnetizante del motor y este se “autoexcita” actuando como un generador asíncrono.

Compensación de Motores Asíncrónicos

Como evitar la autoexcitación

La corriente del condensador no debe exceder el 85-90% de la corriente en vacío del motor

El valor máximo de la potencia reactiva se calculará de la siguiente forma:

$$Q_c \leq 0,9 \cdot I_0 \cdot U_n \cdot \sqrt{3}$$

donde:

Q_c : potencia fija máxima a instalar.

I_0 : intensidad en vacío del motor.

U_n : tensión nominal del motor.

Compensación de Motores Asíncronos

Ubicación de los condensadores:

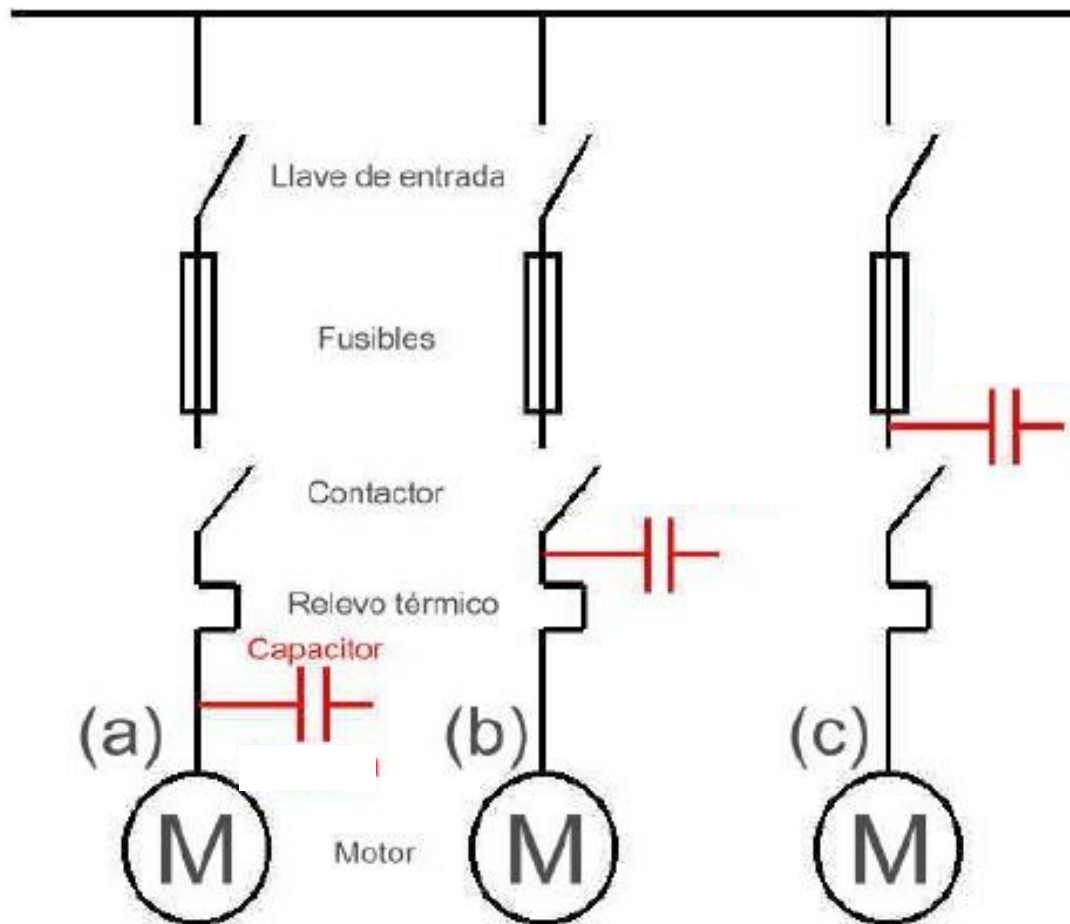


Figura (a):
recomendada
en
instalaciones
nuevas.

Compensación de Motores Asíncronos

Ubicación de los condensadores:

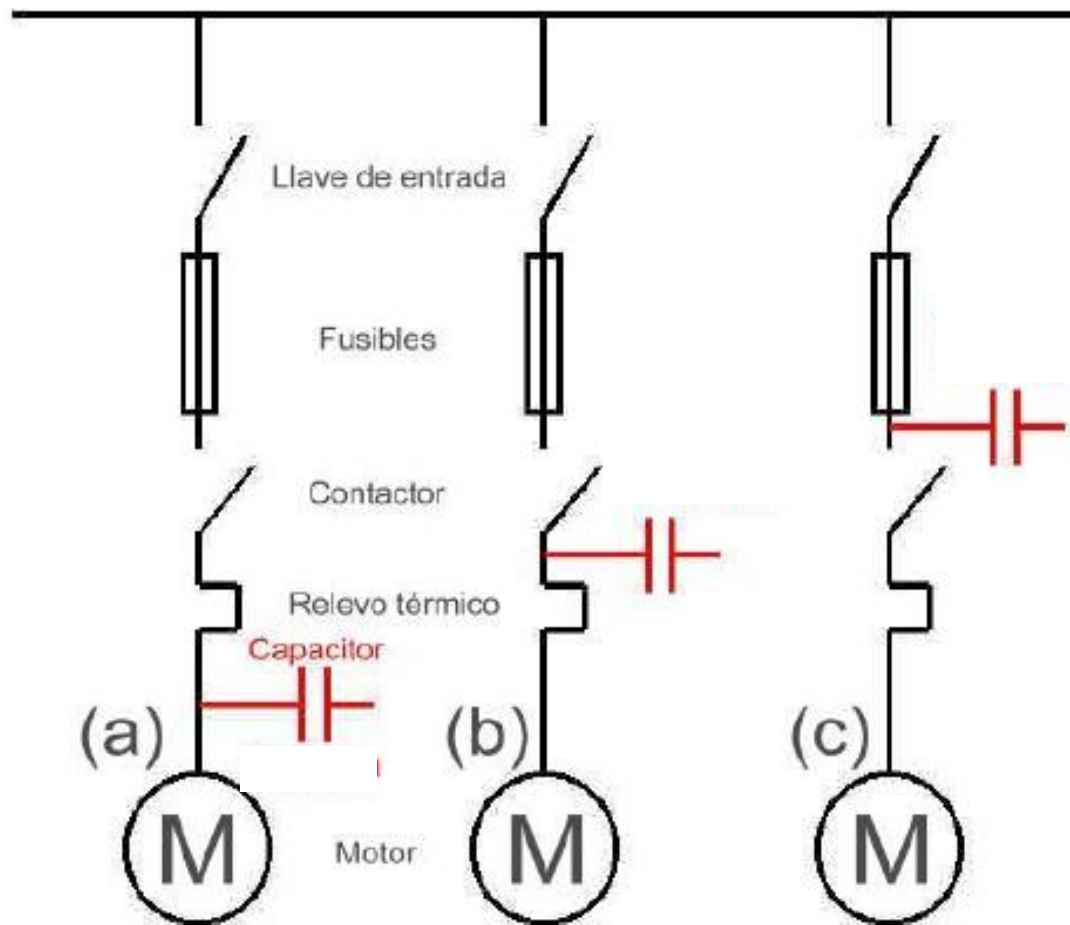


Figura (b):

la más recomendable en instalaciones existentes, ya que no se debe cambiar la protección de sobrecarga.

Compensación de Motores Asíncronos

Ubicación de los condensadores:

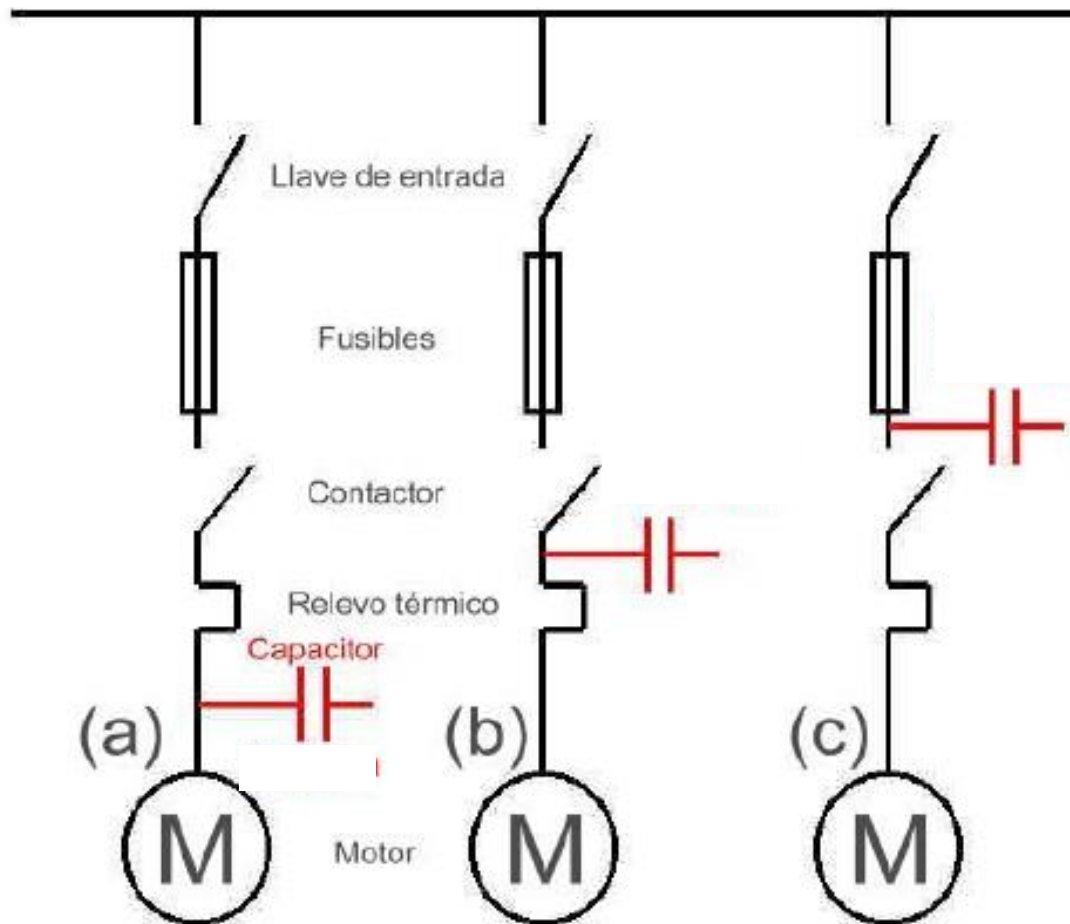


Figura (c):

empleada cuando los condensadores se conectan permanentemente al sistema.

Compensación de Motores Asíncrónicos

Como evitar la autoexcitación

Compensación fija accionada por contactor:

La instalación se debe realizar siempre **aguas arriba** del dispositivo de mando y protección del motor.

Se usa cuando se compensa la totalidad de la potencia reactiva necesaria.

El contactor del condensador deberá ir enclavado con el dispositivo de protección del motor, de manera que cuando el motor sea desconectado o actúe el dispositivo de protección, el condensador debe quedar fuera de servicio.

Compensación Fija de Transformadores

Los transformadores cuando se someten a una carga de potencia “S”, presentan una potencia reactiva “ Q_{Tr} ”, que se compone de la reactiva en vacío Q_0 y de la reactiva de dispersión de campo en la reactancia de cortocircuito.

$$Q_{Tr} = Q_0 + \frac{u_{cc}}{100} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \cdot S$$

donde:

Q_{Tr} : potencia reactiva del transformador en carga.

Q_0 : potencia reactiva en vacío $\approx S_0 = \frac{I_0(\%) \cdot S_n}{100}$

I_0 corriente en vacío de la nominal (0,5 - 2,5% de I_n)

u_{cc} : tensión de cortocircuito.

S_n : potencia nominal.

ELECCIÓN DE COMPENSACIÓN FIJA O AUTOMÁTICA

Regla práctica:

Si la potencia de los condensadores (kVAr) es inferior al 15% de la potencia del transformador, elegir condensadores fijos. Si la potencia de los condensadores (kVAr) es superior al 15% de la potencia del transformador, elegir una batería de condensadores de regulación automática.

Selección de contactores

La conexión de condensadores produce elevada corriente transitoria. Esta sobrecorriente puede alcanzar hasta 30 veces la “ I_n ” del condensador.

En un banco de condensadores automático la sobrecorriente de conexión proviene no solo de la red, sino, especialmente de los condensadores que ya están conectados. Los valores de cresta de la sobrecorriente pueden alcanzar fácilmente valores de 150 a 200 “ I_n ”. Estas elevadas corrientes pueden dañar los contactos de los condensadores como de los contactores.

Estas sobrecorrientes por norma hay que limitarlas a valores inferiores a 100 veces “ I_n ”. Esto se logra con contactores especialmente diseñados o contactores standart que incluyan en el circuito elementos inductivos .

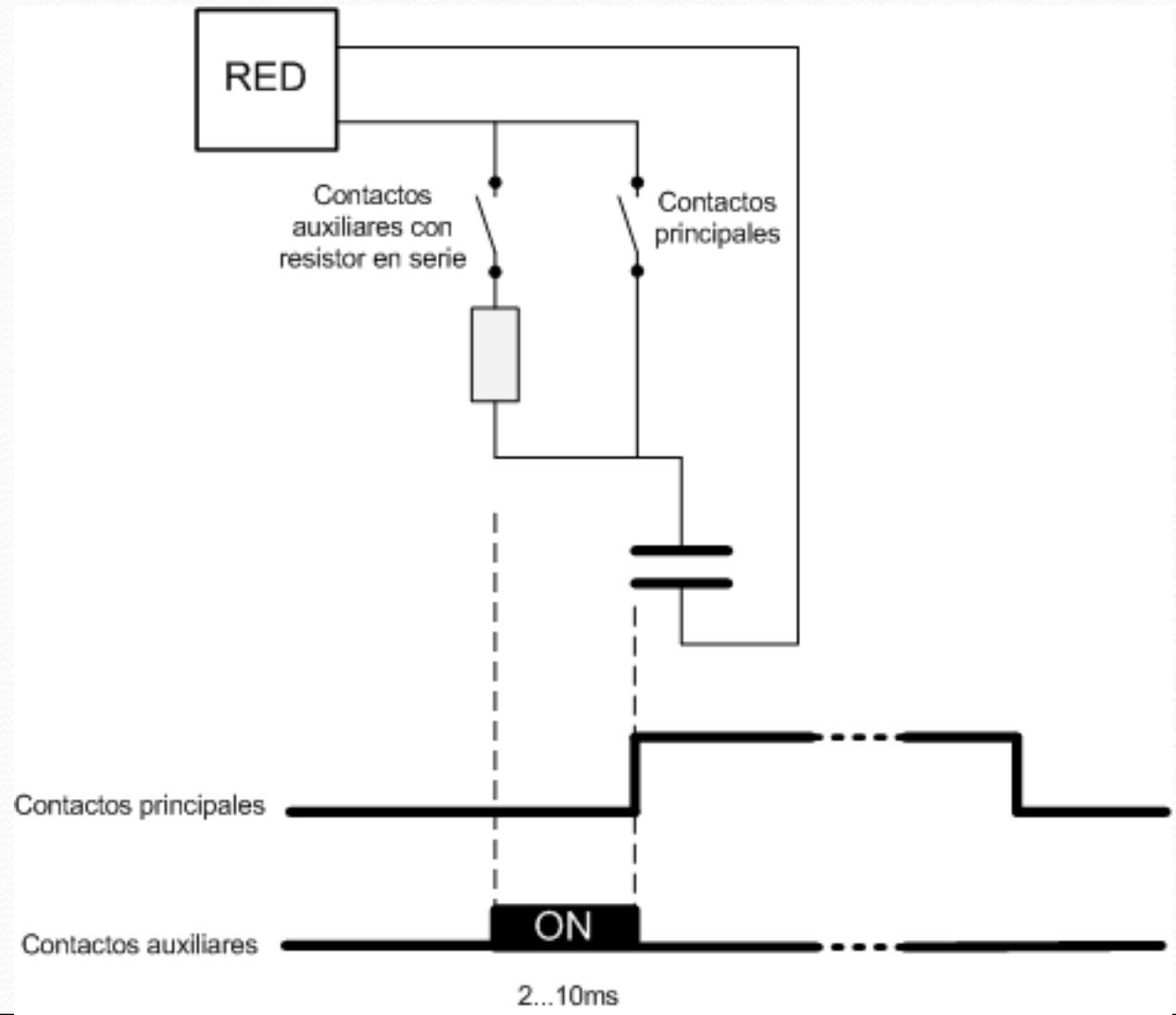
Selección de contactores

Contadores especiales



Selección de contactores

Contactores especiales



Selección de Interruptores, fusibles y conductores de potencia.

Las corrientes de un condensador depende de la tensión aplicada, de la capacidad y de las componentes armónicas de la tensión.

Los condensadores por diseño y según normas pueden soportar una corriente permanente (rms) equivalente a $1,3 I_n$ y 10% de tolerancia en la fabricación. Es por ello que se deberá dimensionar el calibre de los fusibles, la corriente asignada del interruptor y la sección de los cables para una corriente de $1,5 I_n$ mínimo.