

aplicaciones applications

Francesc Fornieles

Responsable de Producto División PFC

Product Manager PFC Division

Selección de baterías de condensadores

Cuando la solución más económica puede ser la más cara

Fácilmente cualquier técnico con un mínimo de conocimientos eléctricos es capaz de determinar o calcular la potencia de compensación de energía reactiva. La práctica más habitual es a través de “una” factura eléctrica. Remarcamos lo de “una” ya que aquí se puede iniciar una serie de errores que pueden acabar, por desgracia cada vez más, en unos costes muy superiores a los que supondrían determinar una batería de forma correcta.

El cálculo de la potencia reactiva a compensar mediante facturas eléctricas nos proporciona una aproximación bastante correcta sobre que orden de magnitud nos encontramos, nuestro punto de partida. En estos casos es importante asegurar que dichos cálculos se realicen con el máximo número de facturas, ya que puede existir un fuerte efecto de temporalidad que podemos pasar por alto (Ejemplo: oficinas u hoteles, consumos totalmente diferentes en verano que en invierno).

Como hemos mencionado anteriormente debe ser nuestro punto de partida, pero también debemos tener en cuenta otros factores que no se ven

Capacitor bank selection

When the cheapest solution turns out to be the most expensive

Any technician with minimum electrical knowledge can determine or calculate reactive power compensation. The most common practice is using “a single” electricity bill. The emphasis here is on the “single” electricity bill as it is precisely here that a series of errors can start, which can often end up, with higher costs than those involved when a capacitor bank is correctly determined.

The calculation of the reactive power to be compensated using electricity bills provides us with a relatively correct approximation about which order of magnitude we are dealing with; our starting point. In these cases it is important to ensure that these calculations are carried out with the maximum number of invoices, as they may be heavily influenced by seasonality that we may have ignored (Example: offices or hotels with totally different consumptions in summer than in winter).

As we have mentioned before this must be our starting point, but we must bear in mind other factors which are not reflected in the electricity bill, and are of vital importance for correct compensation.

- Demand fluctuation speed
- System balance

reflejados en la factura eléctrica, y que son de vital importancia para una correcta compensación:

- Rapidez de fluctuación de la demanda
- Equilibrado del sistema
- Niveles de distorsión armónica

Nos centraremos en este último, ya que cada vez es más común encontrar redes con distorsión armónica.

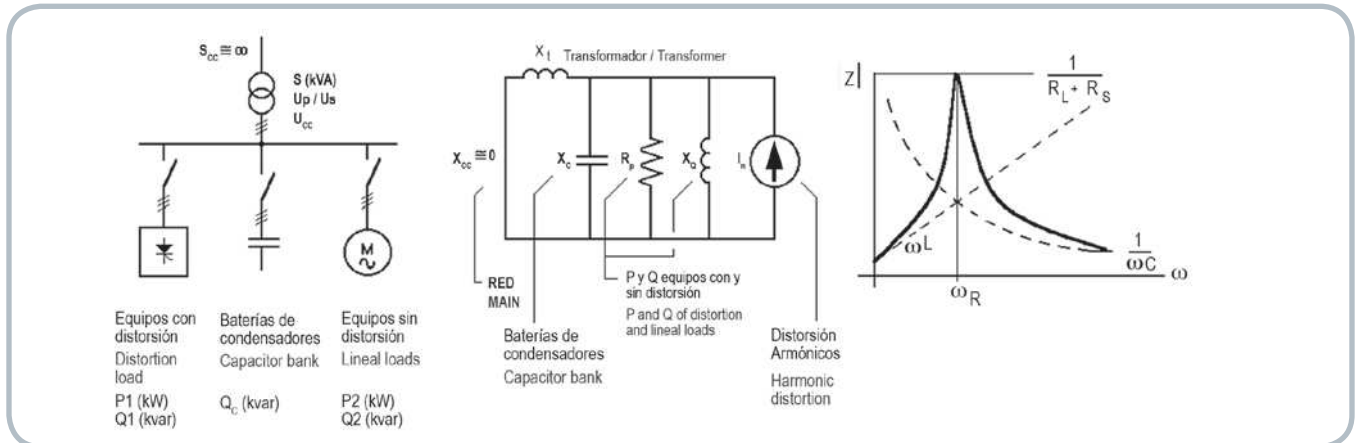
Cuando realizamos una compensación de potencia reactiva inductiva, es lógica la incorporación de una batería de condensadores en paralelo para atenuar dicha demanda, con el fin de aproximar la potencia aparente demandada (kVA) a una potencia activa (kW) que realmente se emplea para realizar un trabajo útil. Este concepto tan simple lo podemos resumir como un circuito paralelo entre una inductancia (L – Transformador y Red) y una capacidad (C – Batería de condensadores).

- Harmonic distortion levels

If we focus on the latter, as it is becoming more and more common to find networks with harmonic distortion.

When we carry out inductive reactive power compensation, the incorporation of a parallel capacitor bank is logical to attenuate this demand in order to bring the demanded apparent power (kVA) nearer to the active power (kW) which is really used to carry out the purpose it is designed for. This simple concept can be summarized as a parallel circuit with inductance (L – Transformer and Grid) and capacity (C – Capacitor bank).

If we observe the frequency response of the system we see that for a frequency f_R the impedance of the system is much greater than its normal behaviour.



Si pudiéramos observar la respuesta a la frecuencia de dicho sistema veríamos que a una frecuencia f_R la impedancia del sistema es mucho mayor que el de su comportamiento normal.

Como hemos dicho anteriormente, en las instalaciones de hoy en día, existen cada vez más cargas cuya demanda no es lineal, provocando una mayor distorsión en corriente armónica en la instalación, y a su vez también en tensión.

As has been previously stated today's installations contain loads with demands which are not linear thus provoking greater distortion in harmonic current in the installation, and at the same time in the voltage.

Type of loads

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Rectifier | 2. Welding machine |
| 3. Variable speed drives | 4. UPS |
| 5. Discharge lamp | 6. Personal computers |

Tipos de cargas

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Rectificador | 2. Soldadura por arco |
| 3. Variador de velocidad | 4. SAI |
| 5. Lámparas de descarga | 6. ordenadores |

La existencia de corrientes cuya frecuencia es superior a la fundamental a 50 ó 60 Hz, hace que se puedan cumplir las condiciones de resonancia anteriormente descritas. Esto comportará básicamente en:

- Amplificación de la distorsión en tensión para toda la instalación (puede afectar a equipos y elementos eléctricos sensibles)
- Mayor absorción de corriente por parte de los condensadores, con su consecuente sobrecalentamiento, reducción de su capacidad y vida útil, y en algunos casos la destrucción del condensador.

Dichos todos estos argumentos y efectos, los vamos ilustrar en un EJEMPLO REAL:

Instalación ubicada en España, cuya actividad se enmarca en el sector de la metalurgia (tratamiento de piezas metálicas). En esta instalación consta de un transformador de 1000 kVA, diferentes subcuadros con máquinas rotativas (tornos, cintas transportadoras, elevadores, etc.) y de servicio (oficinas, almacén de expediciones, vestuarios, etc.).

El técnico de mantenimiento encargado de esta empresa, comprobando que el nivel de recargo por consumo de energía reactiva era importante, calculó a partir de “una” única factura eléctrica cuál era la potencia de la batería a instalar sin tener en cuenta cualquier otro factor.

Optó por comprar una batería de condensadores convencional maniobrada por contactores de 150 kvar.

Tras conectar la batería, al cabo de dos semanas, observó que salía humo de la batería con el resultado de dos condensadores inservibles, además de la alarma que causó en el centro de trabajo próximos.

The existence of currents with frequencies higher than the fundamental frequency at 50 or 60 Hz, mean that the resonance conditions previously described are complied with. This would basically cause:

- Amplification of the distortion in voltage for the entire installation (this could affect the equipment and sensitive electrical elements).
- Greater absorption of current by the capacitors, with their consequential overheating, reduction of their capacity and useful life, and in some cases the destruction of the capacitor.

With all these arguments and effects in mind we are going to illustrate a REAL EXAMPLE:

Installation located in Spain, whose activity is set within the metallurgical sector (treatment of metal pieces). This installation comprises a 1000 kVA transformer, different sub-switchboards with rotary machines (lathes, conveyors belt, elevators, etc.) and services (offices, dispatch warehouse, changing rooms, etc.).

The maintenance technician in charge of this company, having checked that the surcharge level due to reactive energy consumption was significant, calculated, using a single electricity bill, which capacitor bank needed to be installed without taking into consideration any other factors.

He then opted to purchase a conventional capacitor with 150 kvar switchgear.

After connecting the capacitor, a few weeks later, he observed that the capacitor was smoking; the outcome was that two capacitors were now unusable, in addition to the alarms caused in the nearby work centres. The capacitors were replaced after a few weeks, with the same effect being produced a short time later, together with the tripping of some lesser circuit breakers on smaller switchboards such as changing rooms, auxiliary machines and dispatch warehouse. The broken capacitors were replaced again, this time with capacitors strengthened up to 460 V and a

Repusieron al cabo de una semana los condensadores, volviéndose a reproducir al poco tiempo el mismo efecto, conjuntamente con disparos de algunas protecciones de subcuadros menores como vestuarios, en maquinarias auxiliares y en almacén de expediciones. Volvieron a reponer los condensadores estropeados, esta vez por condensadores reforzados a 460 V, y volvió al poco tiempo a suceder lo mismo. Finalmente optaron por desconectar la batería de condensadores, suponiendo por tanto volver a pagar un recargo por energía reactiva.

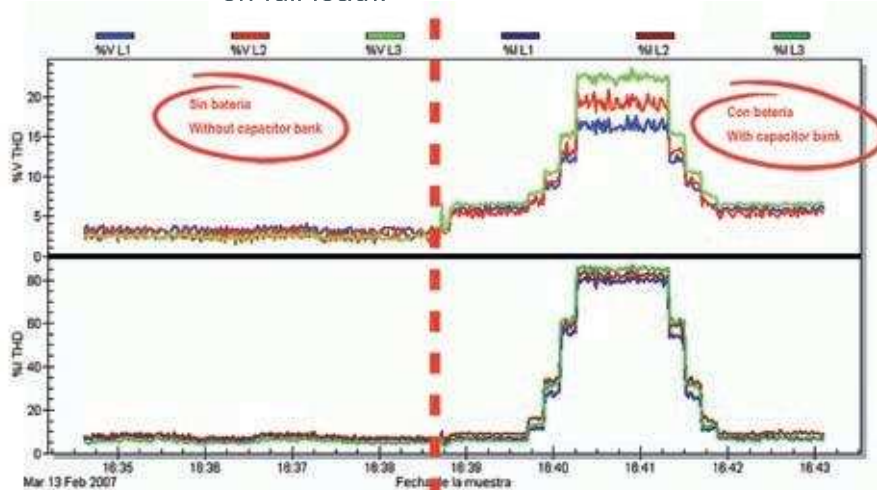
El técnico de mantenimiento de la empresa solicitó a **CIRCUTOR** como empresa líder en compensación de energía reactiva, para que tratara de averiguar que sucedía con esa batería de condensadores. Se procedió a realizar unas mediciones básicas en cabecera de la instalación. Estas mediciones son simplemente medir sin y con la batería conectada (siempre con la instalación en carga).

Aunque el sistema denotaba un nivel de distorsión en corriente relativamente bajo (7-8% de THD(I)% con 400 A), pero en cambio el nivel en tensión no era nada despreciable (3,3% de THD(U)%). Por experiencia propia empírica, el riesgo de que un sistema pueda entrar en resonancia es del orden de un 15% de THD(I)% y un 2% de THD(U)% (no hay nada estipulado al respecto).

Se fue entrando manualmente cada uno de los condensadores, y observó como el incremento de THD(U)% era sustancial. Este es un indicador evidente de que se está produciendo una resonancia paralelo. Con toda la batería conectada se alcanzaron valores del 80% de THD(I)% a plena carga en fábrica, y de un 23% de THD(U)% (ver gráfica 1).

short time later the same thing happened again. Finally they opted to disconnect the capacitor bank, meaning a return to paying the reactive energy surcharge.

The maintenance technician from the company asked **CIRCUTOR**, leading company in reactive energy compensation, to attempt to find out what had happened with this capacitor battery. Basic measurements were then carried out at the head of the installation. These measurements consist simply of measuring with and without the battery connected (always with the installation on full load).

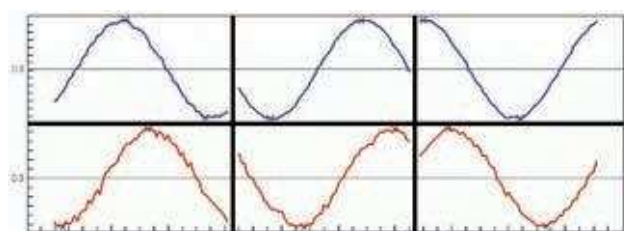


Gráfica 1. Esquema de THD(U)% y THD(I)% indicando con y sin batería conectada
Graphic 1. THD(U)% and THD(I)% schematics indicating the capacitor bank connected and disconnected

Although the system denoted relatively low level current distortion (7-8% THD(I)% with 400 A), on the other hand the voltage level did not go unnoticed (3.3% THD(U)%). Based on empirical experience, the risk of the system entering into resonance is around 15% of the THD(I)% and 2% of THD(U)% (there is nothing stipulated to this effect).

We manually entered each one of the capacitors and we observed how the increase of the THD(U)% was substantial. This is an evident indicator that parallel resonance is being produced. With the capacitor bank connected, values of 80% of the THD(I)% were reached at full load in the factory

Para que se hagan la idea, el límite que establece la calidad de suministro en tensión (UNE EN-50160) es de un 8%.



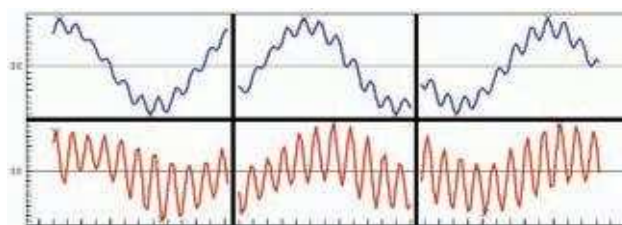
- Sin batería conectada
- Without capacitor bank connected

Finalmente evaluamos los gastos que supuso esa mala elección:

CONCEPTO	UNIDADES	IMPORTE
Batería convencional 150 kvar	1	4.400 €
Repuesto de condensadores 400 V	9	2.056,50 €
Repuesto de condensadores 460 V	6	2.474 €
Mano de obra (coste estimado 20 €/h)	19	380 €
Paradas de producción y expedición (coste estimado 2.500 €/h)	2,5	6.250 €
Recargo por energía reactiva (coste medio mensual 958 €/mes)	2	1.916 €
Batería de condensadores desintonizada tipo FR	1	12.285 €
COSTE FINAL TOTAL		29.761,50 €

Como podemos comprobar, una solución aparentemente más barata se convierte en un coste económico realmente más elevado. Si se hubiera realizado una inversión técnica correcta con una batería desintonizada tipo **FR**, el ahorro final se hubiera reducido prácticamente a un 60% . ▶

and 23% THD(U)% (graphic 1). To get an idea, the limit which the supply quality on voltage establishes (UNE EN-50160) is 8%.



- Con batería conectada
- With capacitor bank connected

Finally we can evaluate the expenses generated by this bad choice

CONCEPT	UNITS	AMOUNT
Conventional 150 kvar battery	1	4,400 €
400 V Capacitor replacement	9	2,056.50 €
460 V Capacitor replacement	6	2,474 €
Labour costs (estimated cost 20 €/h)	19	380 €
Production stoppage and expedition (estimated cost 2,500 €/h)	2,5	6,250 €
Surcharge for reactive energy (average monthly cost 958 €/month)	2	1,916 €
FR type detuned capacitor bank	1	12,285 €
TOTAL FINAL COST		29,761.50 €

Here we can see how an apparently cheaper solution turned out to be really more expensive. If a correct technical investment had been carried out with a **FR** type detuned capacitor bank, the final price would have been reduced by 60%. ▶

