CONEXIÓN DE CONDENSADORES PARA COMPENSACIÓN DE REACTIVA

INTRODUCCIÓN

El cos φ es la relación entre la potencia activa (P) y la aparente (S). En una instalación eléctrica donde todos los equipos conectados se comportan como cargas resistivas (hornos, bombillas,...) toda la potencia aparente consumida es activa por lo que cos φ =1. Pero, en una instalación eléctrica industrial, se suelen conectar máquinas que actúan como cargas inductivas (motores, transformadores) entonces aparece un desfase entre la tensión y la corriente (cos φ <1) que implica un consumo de potencia reactiva (Q)

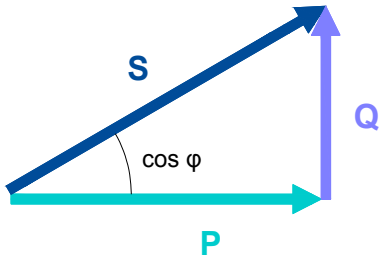


figura 1: diagrama fasorial de potencias

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \qquad S = \sqrt{3}\cdot U_F \cdot I_L \qquad P = \sqrt{3}\cdot U_F \cdot I_L \cdot \cos\varphi \qquad Q = \sqrt{3}\cdot U_F \cdot I_L \cdot \sin\varphi$$

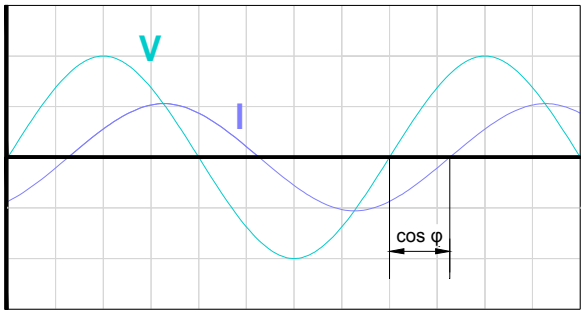


figura 2: desfase entre la onda de tensión y la de corriente

El consumo de potencia reactiva perjudica a los equipos generadores, haciendo que los transformadores de abastecimiento trabajen en un régimen mayor del necesario. Además las compañías eléctricas penalizan duramente en las facturas el consumo de energía reactiva por parte de las empresas. Con lo que compensar el cos φ supone un ahorro económico.

Conociendo la parte de la carga que actúa como reactancia inductiva, se puede compensar el cos φ de nuestra instalación añadiendo cargas con reactancia capacitiva (condensadores).

Conociendo el valor de la potencia reactiva inductiva (Q) de nuestra carga, se puede hallar el valor de la capacidad equivalente que se debería conectar en cada fase, dependiendo de si conectamos en triángulo (figura 3)

$$C_\Delta = \frac{3\cdot Q}{U_F^2 \cdot \omega}$$

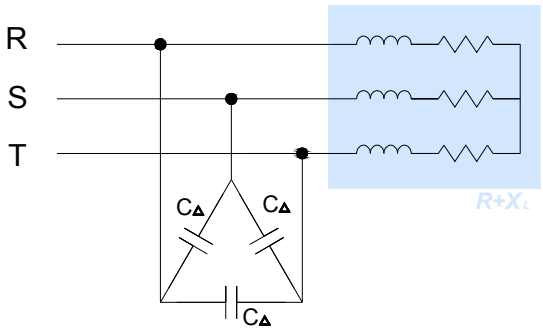


figura 3: banco de condensadores en triángulo

o en estrella (figura 4)

$$C_Y = \frac{9\cdot Q}{U_F^2 \cdot \omega}$$

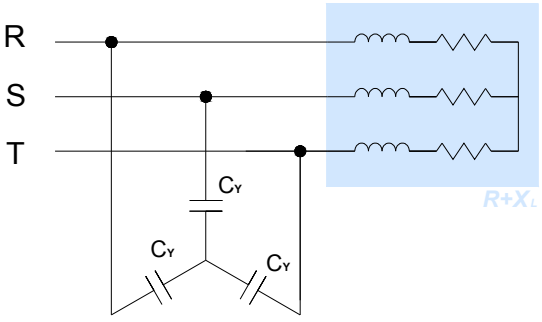


figura 4: banco de condensadores en estrella

Nótese que aunque la tensión que tiene que soportar un condensador conectado en estrella ($U_F/\sqrt{3}$) es inferior a la del triangulo (U_F), la capacidad necesaria para compensar el cos φ debe ser 3 veces mayor.

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso. Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

APPLICATION NOTE

CONEXIÓN DINÁMICA DE BANCOS DE CONDENSADORES

Sin embargo es muy probable que el cos φ de nuestra instalación, varíe a lo largo del día debido a la conexión/desconexión de maquinas, arranque/paro de motores, etc de nuestra instalación. Una variación del cos φ conllevaría una variación del valor de capacidad del banco de condensadores, el modo de hacer esto es medir el desfase y actuar sobre contactores que conecten o desconecten grupos de condensadores. Estos contactores pueden ser estáticos (semiconductores) o electromecánicos. Estos últimos tienen varios inconvenientes: La conmutación se retarda mucho desde que se envía la señal de disparo (con lo que no se puede sincronizar con la señal de red) y además al ser un elemento mecánico, se producen rebotes en el contacto, lo que es una fuente de ruidos eléctricos.

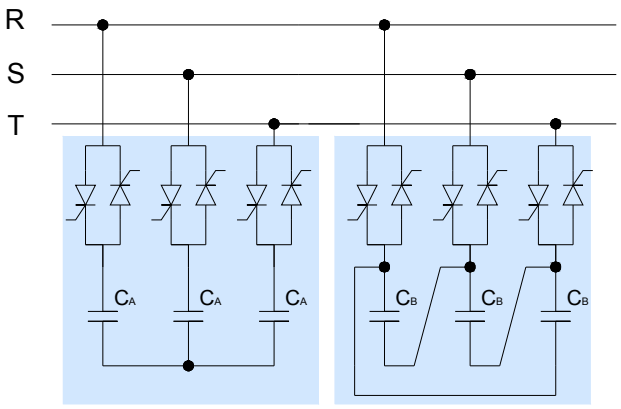


figura 5: conexión mediante tiristores de un banco de condensadores en estrella (A) y en triángulo (B)

Aunque el consumo de energía reactiva capacitiva no está penalizado, tener mas capacidad de la necesaria conectada en la red, supone un consumo innecesario.

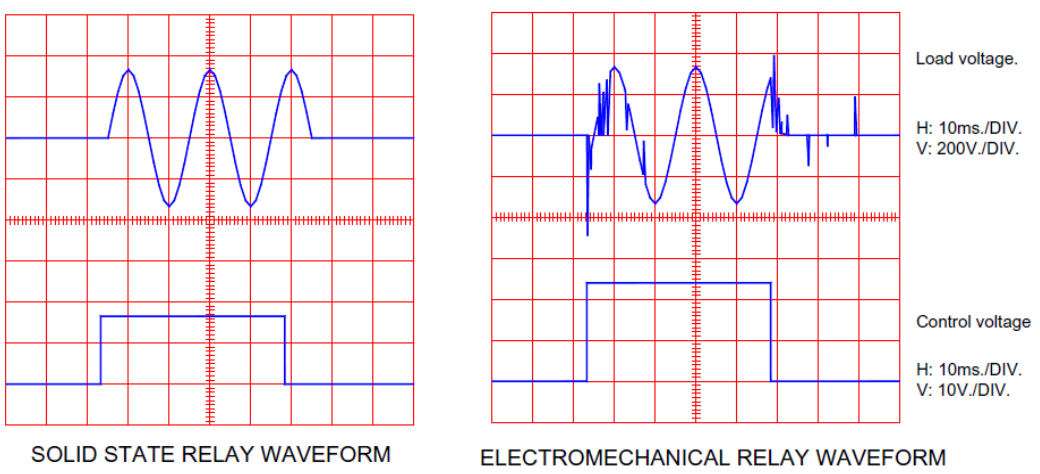


figura 6: comparativa de las formas de onda entre contactor estático y electromecánico

CONTACTOR ESTÁTICO CON DISPARO EN PASO POR CERO

Con las tarjetas de disparo en paso por cero SC018, SC024 y SC030 se puede realizar un contactor estático al disparar un antiparalelo de tiristores (W1C) de forma muy simple, con aislamiento galvánico. La elección del modelo de la tarjeta dependerá de la tensión de la red y de la configuración de los condensadores:

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

datasheet	U trabajo [V]	U max [V_{pk}]
SC018	400	1800
SC024	480	2400
SC030	690	3000

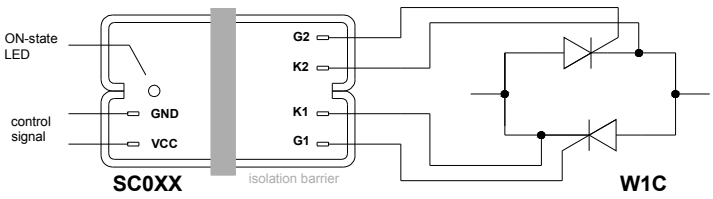


figura 7: relé estático con paso por cero

En el momento de aplicar una señal en la entrada de control de la tarjeta, esta no dispara el antiparalelo W1C hasta que la tensión en sus bornas cruce los 0 V. El apagado del grupo W1C al tratarse de tiristores se hace de manera natural, cuando se apague la señal de control, el tiristor conducirá hasta que la corriente que lo atraviese deje de ser positiva para descebarse.

El funcionamiento interno de la tarjeta es el siguiente: El disparo de los tiristores se hace mediante la conexión del ánodo con la puerta (a través de una resistencia) Este método asegura el correcto cebado del tiristor, puesto que la energía de disparo se obtiene del mismo circuito de potencia. Y es además muy robusto, no se requiere potencia adicional de alimentación, basta con una simple señal de disparo con un consumo máximo de 30mA.

La conexión de bancos de condensadores en el paso por cero de la tensión, minimizan el pico de corriente inicial que provoca la variación de tensión en bornas del condensador, alargando la vida de estos y evitando que se produzcan caídas de tensión en la red debido a las inductancias propias del cableado.

TOPOLOGÍAS

Como hemos visto, se pueden conectar los condensadores de distintas maneras en instalaciones trifásicas. Incluso podemos elegir tener una fase siempre conectada mientras controlemos las otras dos. Veamos algunas opciones:

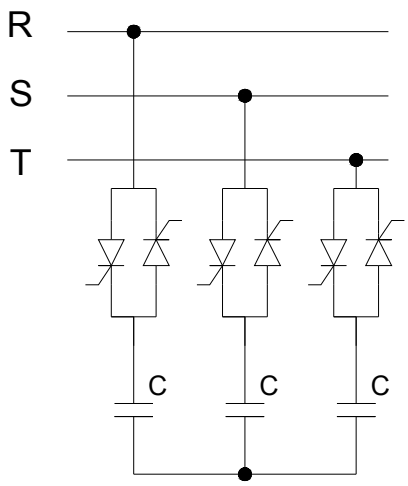


figura 8: contactores W3C, condensadores en estrella

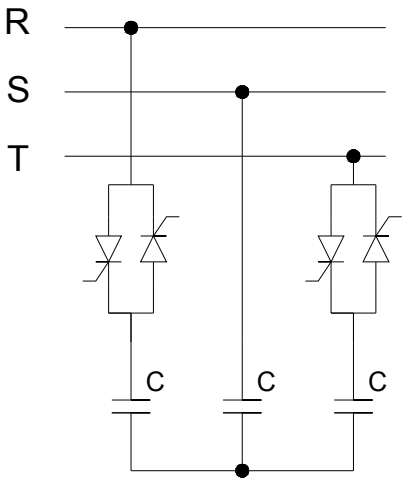


figura 9: contactores W3.2C, condensadores en estrella

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

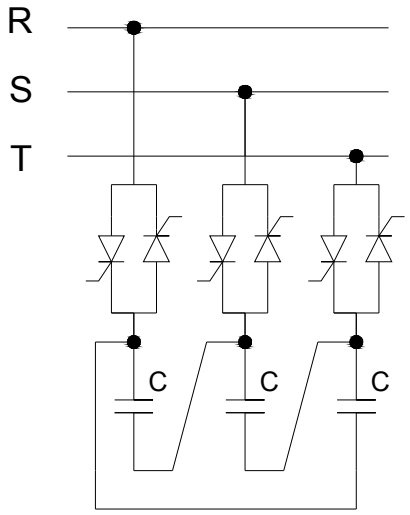


figura 10: contactores W3C, condensadores en triángulo

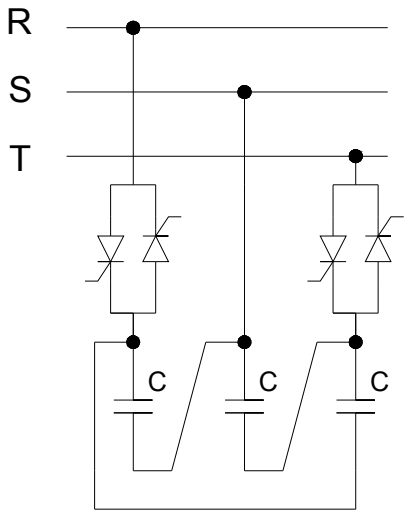


figura 11: contactores W3.2C, condensadores en triángulo

La configuración W3.2C respecto de la W3C, representa un ahorro económico, puesto que requiere solo dos contactores por banco, pero no se puede llevar a cabo en conexiones en estrella si se conecta el neutro, ya que tendríamos a un condensador siempre conectado.

Hay que tener en cuenta también la tensión que caerá en cada grupo de tiristores cuando están apagados. En todas ellas la tensión que soportará el contactor será U_F, La elección del tiristor debe hacerse teniendo en cuenta la diferencia de tensión máxima que podría haber. Si no se descargan los condensadores lo suficientemente rápido:

$$U_{PK} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_F$$

Entonces para un sistema trifásico de 230Vac entre fases, U_{PK}=650V, se recomendaría un tiristor de 1200Vrrm. Del mismo modo :

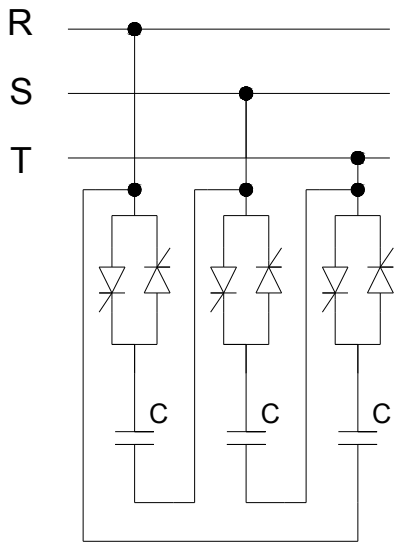


figura 12: contactores dentro del triángulo

400Vac → U_{PK}=1131V, tiristor de 1600Vrrm o 1800Vrrm
480Vac → U_{PK}=1357V, tiristor de 2200Vrrm
690Vac → U_{PK}=1951V, tiristor de 3300Vrrm

También aparece un fenómeno al disparar los contactores secuencialmente en su paso por cero, y es que en el instante en que se ha cerrado un contacto (W3.2C) o 2 contactos (W3C) y antes de que se cierre el último, las ramas que conducen directamente afectan a las otras creando cambios de fase en tensión en bornas de los contactores y conducciones por rama flotante (figura 13).

Todos estos efectos no son deseables, y se pueden evitar usando la configuración con los **contactores dentro del triángulo** (figura 14).

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

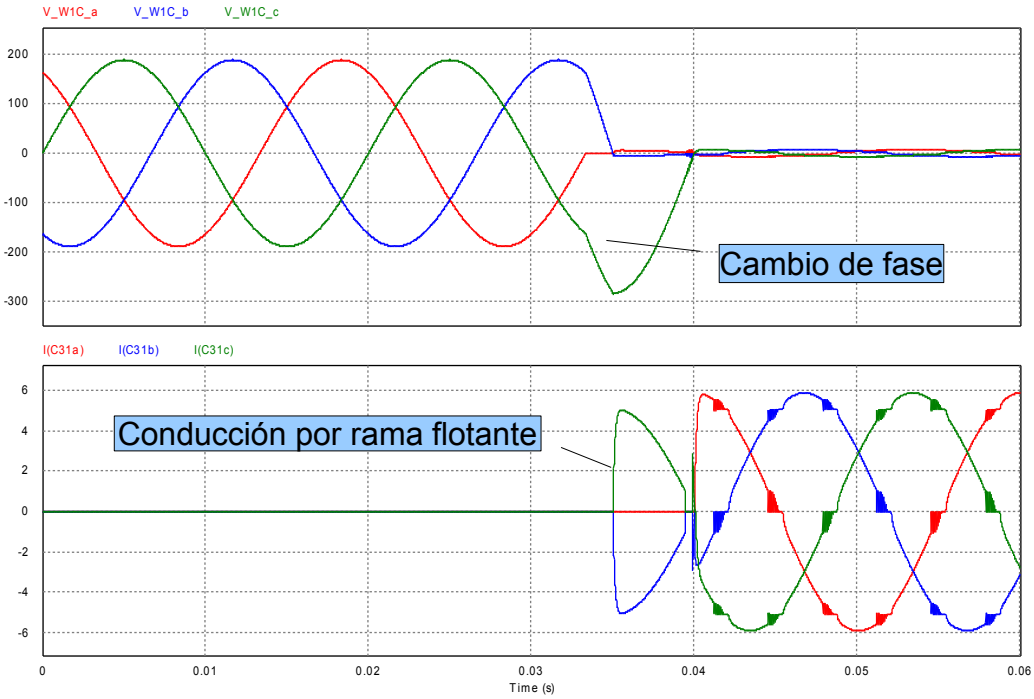


figura 13: tensión en contactores (arriba) y corriente por los condensadores (abajo) en configuración W3C estrella

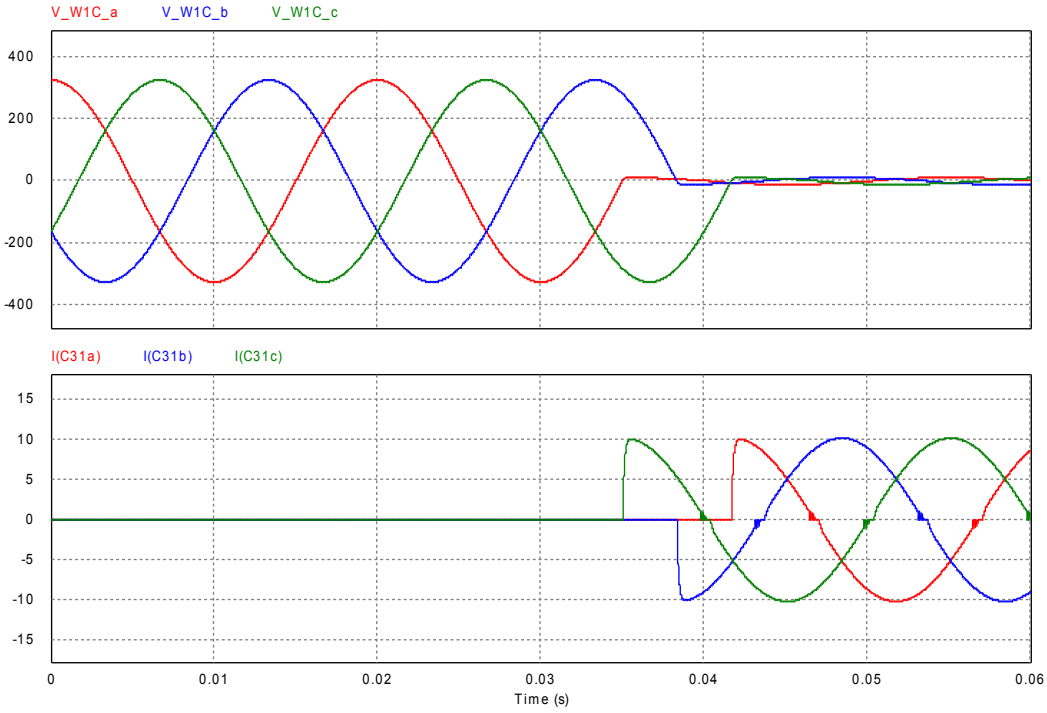


figura 14: tensión en contactores (arriba) y corriente por los condensadores (abajo) en configuración "contactores dentro del triángulo"

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

APPLICATION NOTE

RECOMENDACIONES DE MONTAJE

Fusibles:
Son imprescindibles para proteger la instalación. Se debe poner un fusible en serie con cada contactor para poder ajustar mejor el valor de corriente del fusible con el de la rama que protege. Poner un fusible para varias ramas (aún en bancos de gran cantidad de ramas y condensadores) hace que sea necesario incrementar la corriente de este y se pierde eficacia en la protección.

Reactancias:
Se deben poner reactancias en las ramas de los bancos cuando tenemos cargas no lineales en nuestra instalación. Las cargas no lineales producen armónicos (de frecuencias múltiples a 50Hz). Un banco de condensadores es una carga capacitiva pura de baja impedancia para las corrientes de alta frecuencia estas corrientes pueden sobrecalentar el condensador y provocar envejecimiento prematuros. Además al poner una capacidad, junto con las inductancias del resto del circuito, se puede entrar en resonancia con alguno de los armónicos y provocar un fallo catastrófico. Poner reactancias debidamente calculadas en los bancos suaviza estos efectos.

Elección del tiristor:
Primero se debe tener en cuenta los criterios de tensión del apartado TOPOLOGÍAS. Luego hay que tener en cuenta que un tiristor de mayor corriente habitualmente tendrá unos valores de corriente de enganche y corriente de mantenimiento mas elevados, lo que retardará el cebado para corrientes de trabajo pequeñas, produzca ruido, o incluso no llegue a cebarlo (figura 15).

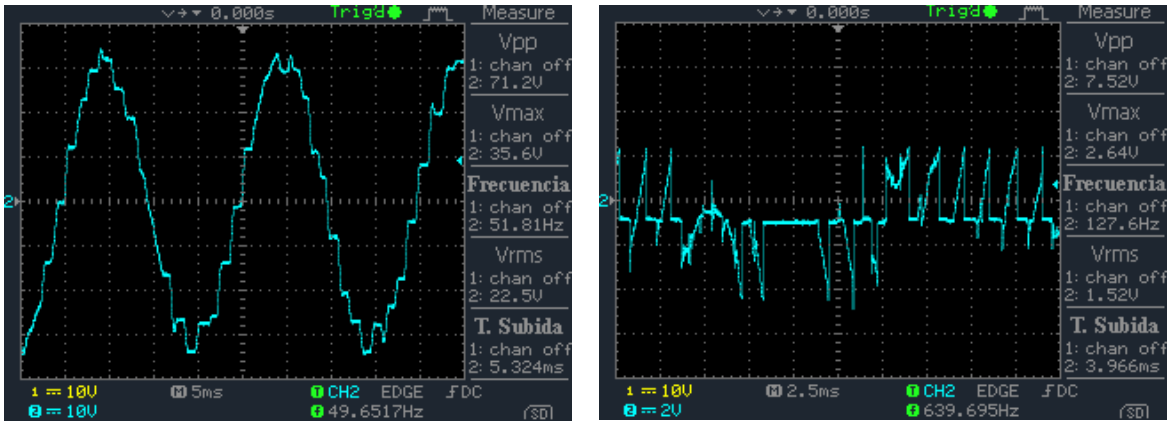


figura 15: tensión en condensador (izquierda) y en contactor (derecha) cuando el cebado del contactor es deficiente por falta de corriente

Es importante ajustar la corriente nominal del tiristor a la corriente que vaya a circular por ellos (al alza). Pero no sobredimensionarlo en exceso si no hay una causa justificada.

condensadores en triángulo $$I_{W1C} = U_F \cdot \omega \cdot C$$

condensadores en estrella $$I_{W1C} = \frac{U_F}{\sqrt{3}} \cdot \omega \cdot C$$

Combinaciones triángulo-estrella
A veces para bancos de gran cantidad de condensadores es mas rentable tener solo un valor de capacidad y combinar grupos estrella con triángulo, incluso estrella-triángulo, para obtener diferentes valores de capacidad y adaptar la corrección del factor de potencia. Tiene el inconveniente que los efectos anteriormente comentados de cambio de fase y conducción de rama flotante se magnifican.

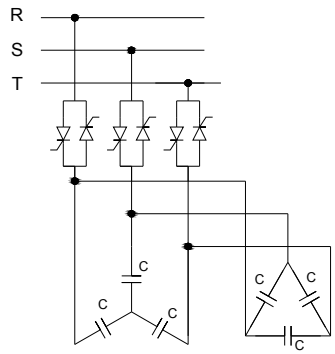


figura 16: combinación estrella triángulo

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso. Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

Combinaciones con relés electromecánicos
Se puede combinar el uso de relés electromecánicos con relés estáticos siempre que se contemple que el ruido añadido producido por los relés electromecánicos no afecte al buen funcionamiento de los contactores estáticos y demás elementos del circuito. Es mucho mas recomendable usar un solo tipo de relés, preferentemente estáticos.

Resistencias de descarga
Se deben poner resistencias de descarga en cada uno de los condensadores del banco. Estas resistencias aseguran que el condensador esté completamente descargado cuando se arranque el contactor y se descargue rápidamente cuando este se abra de nuevo.

CIRCUITO DE APLICACIÓN RECOMENDADO

El que sigue es el esquema recomendado por Rectificadores GUASCH, S.A. Como circuito de aplicación para compensación de reactiva.

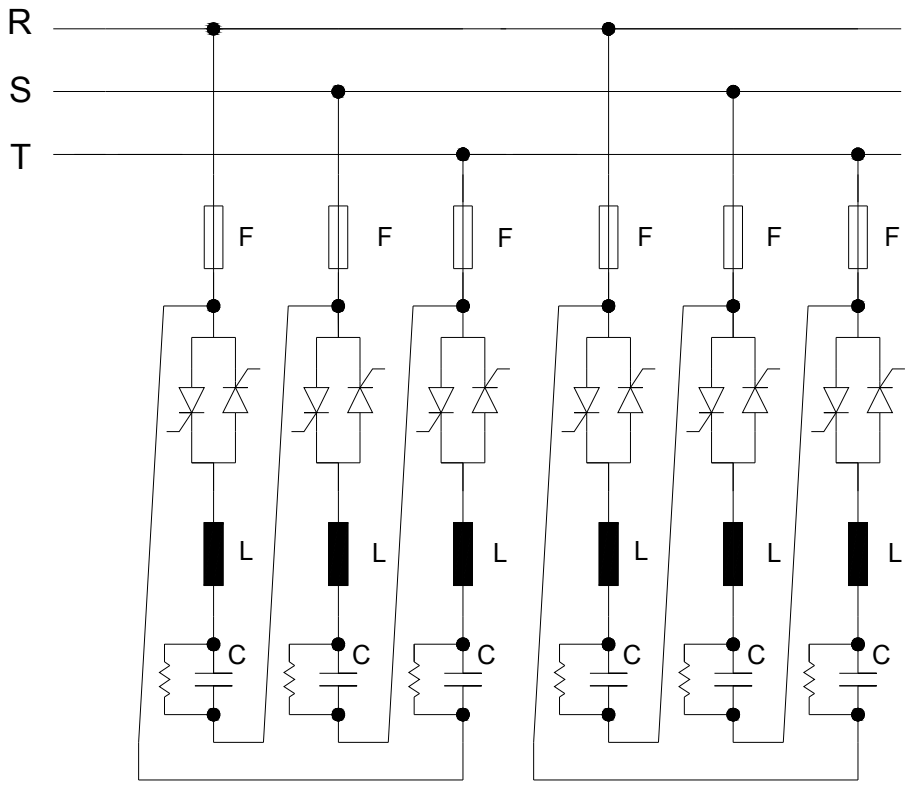


figura 17: Circuito de aplicación recomendado para compensación de reactiva.

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com

APPLICATION NOTE

ANOTACIONES EN LA NOTA DE APLICACIÓN:

RECTIFICADORES GUASCH, S.A. utiliza la siguiente anotación para identificar el documento, en el lado izquierdo de la primera página:

APPLICATION NOTE: La información contenida en esta publicación se refiere a aplicaciones de dispositivos y se proporciona solo para su conveniencia y puede ser sustituida por actualizaciones de la misma. Es su responsabilidad asegurar que su aplicación cumple con sus especificaciones.

Los datos indicados en esta publicación pueden corresponder a especificaciones de producto, queda excluida cualquier garantía expresa o implícita sobre sus propiedades o su aplicación, así como cualquier responsabilidad sobre daños directos o indirectos producidos por los materiales o resultantes de su aplicación. La empresa se reserva el derecho de realizar cambios en las especificaciones de los productos sin previo aviso. La información respecto a métodos de uso y aplicaciones se indica sólo como guía y no constituye garantía alguna de funcionamiento satisfactorio en un determinado equipo o aplicación. Es responsabilidad del usuario determinar la idoneidad del producto para su aplicación utilizando la información disponible y asegurarse de que la misma esta actualizada.
Cualquier nombre de producto o marca usada en esta publicación corresponde a marcas depositadas, marcas registradas o nombres protegidos por sus respectivos propietarios.

APLICATION NOTE ANNOTATIONS:

RECTIFICADORES GUASCH, S.A. annotate in the left corner of the front page to indicate the type of document:

APPLICATION NOTE: Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications.

The technical data are to specify components, not to guarantee their properties. No warranty or guarantee expressed or implied is made regarding delivery or performance. The Company reserves the right to alter without prior notice the specification of any product. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date.
All brand names and product names used in this publication are trademarks, registered trademarks or trade names of their respective owners.

© RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
DOCUMENTACION TECNICA, TECHNICAL DOCUMENTATION, DOCUMENTATION TECHNIQUE
PRODUCIDO EN ESPAÑA, PRODUCED IN SPAIN, PRODUIT EN ESPAGNA
PROHIBIDA SU VENTA, NOT FOR SALE, PAS A VENDRE

Your Needs, Our Solutions

RECTIFICADORES GUASCH, S.A.
Ciutat de Granada, 80
08005 BARCELONA
SPAIN

Se reserva el derecho de cambiar los límites, las condiciones de prueba y dimensiones indicadas en esta hoja sin previo aviso.
Reserves the right to change limits, test conditions and dimensions given in this data sheet at any time without previous notice.

Tel.: +34 93 309 88 91
Fax.: +34 93 300 18 41
e-mail: info@e-guasch.com
www.e-guasch.com