

TEMA 2. ESQUEMAS ELÉCTRICOS (II)

1. SÍMBOLOS Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS EN LAS NORMAS UNE EN 60.617	2
1.1. DISPOSITIVOS DE CONMUTACIÓN DE POTENCIA.....	2
1.1.1. <i>Contactor</i>	2
1.1.2. <i>Interruptor automático. Disyuntor.</i>	3
1.1.3. <i>Seccionador</i>	4
1.1.4. <i>Interruptor seccionador</i>	5
1.2. COMPONENTES DE MANDO. RELÉS	5
1.3. MÁQUINAS ELÉCTRICAS	6
1.3.1. <i>Motores</i>	6
1.3.2. <i>Generadores</i>	8
1.3.3. <i>Transformadores</i>	8
2. TIPOS BÁSICOS DE ESQUEMAS	9
2.1. ESQUEMA EXPLICATIVO DE CIRCUITOS.....	9
2.1.1. <i>Representación conjunta</i>	10
2.1.2. <i>Representación desarrollada</i>	11

1. Símbolos y esquemas eléctricos en las normas UNE EN 60.617

En el tema anterior se han analizado los símbolos básicos de una instalación eléctrica. A continuación se profundiza en otros símbolos utilizados en instalaciones de carácter industrial.

1.1. Dispositivos de conmutación de potencia

Evidentemente, a partir de una determinada potencia no es posible abrir o cerrar un circuito por medio de un sencillo interruptor. Hacerlo de esa forma generaría un arco eléctrico que sencillamente destruiría el dispositivo y, con toda probabilidad, provocaría lesiones en el usuario.

A partir de ciertos valores de tensión e intensidad es necesario utilizar otros dispositivos, cuya representación es objeto de la norma **UNE-EN 60617-7**. En el Capítulo III, Sección 13, se define la representación de estos dispositivos: **interruptores, contactores y seccionadores**.

1.1.1. Contactor

Un **contactor** es un dispositivo de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en un circuito. Es un dispositivo de maniobra indicado para la conexión de dispositivos de cierta potencia, como pueden ser motores eléctricos. En estos casos sustituye a el interruptor.

El contactor es maniobrado a distancia, a través de una **bobina**, que al ser sometida a tensión (excitada) provocará la apertura o cierre de los contactos del dispositivo. El contactor siempre dispondrá de unos **contactos principales** o polos, en posición normalmente abierta, que cerrarán al ser excitada la bobina, dando tensión al equipo receptor de potencia (motor o similar). También puede disponer de uno o varios **contactos auxiliares**, con posiciones de reposo abiertas o cerradas, que cambian al ser excitada la bobina. Estos contactos auxiliares no son capaces de gobernar dispositivos de potencia: se utilizarán por ejemplo para encender o apagar indicadores luminosos en el cuadro de control.

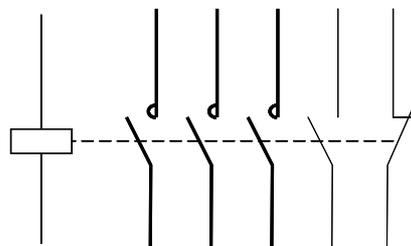


Figura. Representación de un contactor 3P con dos contactos auxiliares, uno normalmente abierto (NA) y otro normalmente cerrado (NC)..

ACTIVIDAD. Localiza e identifica mediante sus códigos numéricos los símbolos utilizados para la representación de este contactor.

1.1.2. Interruptor automático. Disyuntor.

El **interruptor automático** es también un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes. Añade a esta función la de establecer, soportar durante tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito. Es decir, el interruptor automático combina la función de maniobra con la de protección. Como dispositivo de maniobra, actúa bajo tensión (en carga) y puede ser accionado directamente o bien a distancia, por medio de una bobina. Como dispositivo de protección, abre en caso de sobreintensidad por cortocircuito en la línea. Es capaz de cerrar sobre una línea en cortocircuito para abrir de forma inmediata, sin daño para el interruptor. Existen interruptores automáticos para circuitos de baja tensión, por ejemplo en las viviendas, y también de alta tensión para instalaciones industriales ($> 1 \text{ kV}$).

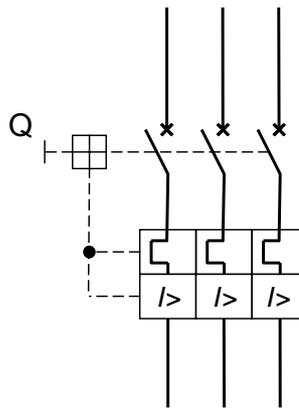


Figura. Interruptor automático.

Es posible acoplar al interruptor automático bloques de contactos auxiliares para señalización y otros usos, de forma análoga a los contactores.



*Figura. Sobre una especie de carrito con ruedas está situado un **interruptor automático** 220 kV, poder de corte 35 kA. Las dos "V" son las cámaras de extinción del arco.*

1.1.3. Seccionador

El **seccionador** es también un dispositivo de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en un circuito. Está diseñado para maniobrar sin carga. Cerrado permite el paso de la corriente nominal y abierto garantiza el corte, evitando la formación de arcos. El seccionador da un corte visible de la línea. Su accionamiento es directo, manual o por medio de un motor. Es habitual en centros de transformación y subestaciones eléctricas, trabajando en combinación con interruptores automáticos, que permiten la maniobra en carga. El seccionador garantiza, una vez abierta la línea por el interruptor automático, que ésta no se cierre accidentalmente.



Figura. Seccionador de tres columnas de 220 kV. El mecanismo es obvio: una cuchilla giratoria en la columna central.

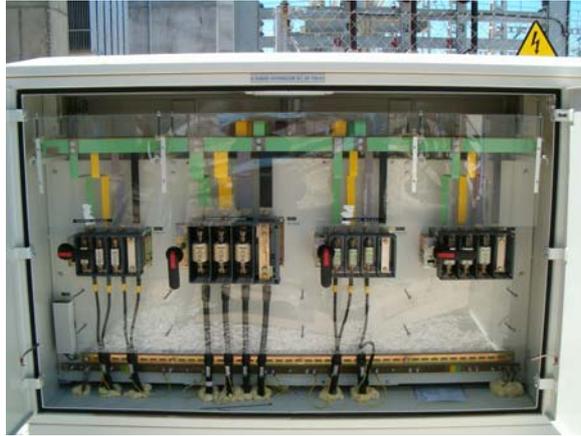


Figura. Cuadro de baja tensión con diversos seccionadores en combinación con fusibles.

1.1.4. Interruptor seccionador

El **interruptor seccionador** presenta aplicaciones intermedias a las del interruptor automático y a las del seccionador. Permite abrir y cerrar circuitos bajo tensión, en carga, como el interruptor automático. Pero no resiste las operaciones de maniobra en condiciones de cortocircuito. Su estado, abierto o cerrado, no es evidente externamente. No tiene función de protección, por lo que sólo puede sustituir a un interruptor automático si se combina con un fusible.

1.2. Componentes de mando. Relés

La representación general de un relé es objeto de la norma **UNE-EN 60617-7** en su Capítulo IV, Sección 15 (*Relés de todo o nada*) y en su Capítulo V, Sección 16 y 17 (*Relés de medida*).

Los **relés** son dispositivos de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en un circuito de baja potencia. Se utilizan para el diseño de sistemas de control, siendo la alternativa a los ordenadores industriales (PLCs), siempre que se trate de sistemas no excesivamente complejos.

Constan de una bobina, encargada de generar la fuerza necesaria para la maniobra, un elemento de transmisión del esfuerzo mecánico y uno o varios contactos.

Se distinguen dos casos o tipos de relés. En el primero, la presencia de corriente supone directamente la maniobra del relé: **relés de todo o nada**. En el segundo, la maniobra se produce sólo cuando una magnitud de la corriente eléctrica supera un valor (por ejemplo, la intensidad): **relés de medida**.

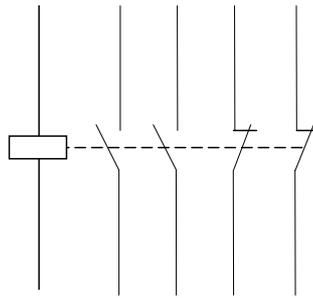


Figura. Relé de cuatro contactos, dos normalmente abiertos (NA) y dos normalmente cerrados (NC).

1.3. Máquinas eléctricas

La representación de las distintas máquinas eléctricas (motores, generadores y transformadores) es objeto de la norma **UNE-EN 60617-7**.

1.3.1. Motores

Un motor eléctrico es una máquina capaz de transformar energía eléctrica en energía mecánica. Los motores pueden ser, en función de la naturaleza de la corriente eléctrica empleada, de *corriente continua* o de *corriente alterna*. Estos últimos pueden ser *monofásicos* o *trifásicos*.

Los motores eléctricos de corriente alterna se clasifican también en *motores síncronos* y *motores asíncronos*. En los primeros la velocidad de giro del motor coincide con la frecuencia de la corriente eléctrica de alimentación. En los segundos, evidentemente, no.

Como el resto de máquinas eléctricas, los motores basan su funcionamiento en las leyes del electromagnetismo. En todo motor distinguimos dos partes diferenciadas: el *estátor*, o parte fija, y el *rótor*, o parte móvil (giratoria).

En el *motor de corriente alterna trifásico síncrono* el estátor recibe corriente alterna trifásica. Esta corriente mediante tres devanados genera un campo magnético giratorio. El rótor dispone de un imán permanente o bien de un devanado que, alimentado con corriente continua, genera un campo magnético equivalente. Las leyes del electromagnetismo explican como, en estas condiciones, el rótor gira de forma sincronizada con el campo magnético generado por el estátor. El motor de corriente alterna trifásico síncrono es utilizado en la industria, aunque lo es más el *generador de corriente alterna trifásica*: se trata de la misma máquina sólo que ahora en vez de transformar energía eléctrica en mecánica, transforma energía mecánica en eléctrica.

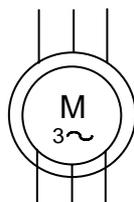


Figura. Representación según UNE-EN 60617-7 de un motor de inducción trifásico de rotor bobinado

En el *motor de corriente alterna trifásico asíncrono* encontramos un estátor también alimentado con corriente alterna trifásica. Sin embargo, ahora el rotor no dispone ni de imanes permanentes ni de alimentación eléctrica alguna, sino simplemente de un circuito cerrado sobre sí mismo: por este motivo se habla del motor asíncrono de *jaula de ardilla*. En estas condiciones, se produce un giro no sincronizado con la frecuencia de la red de alimentación del estátor. Este tipo de motor es el más utilizado en aplicaciones industriales.

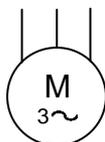


Figura. Representación según UNE-EN 60617-7 de un motor de inducción trifásico de jaula.

Internamente, el estátor de los motores de corriente alterna trifásica consta de tres devanados, uno por cada fase. Denominando a estos devanados U, V y W nos encontramos con 6 bornes: U1/U2, V1/V2 y W1/W2. Existen por ello dos formas posibles de conexión del motor a las líneas de alimentación L1, L2 y L3, denominadas *conexión en estrella* y *conexión en triángulo*, como se representa en la siguiente figura.

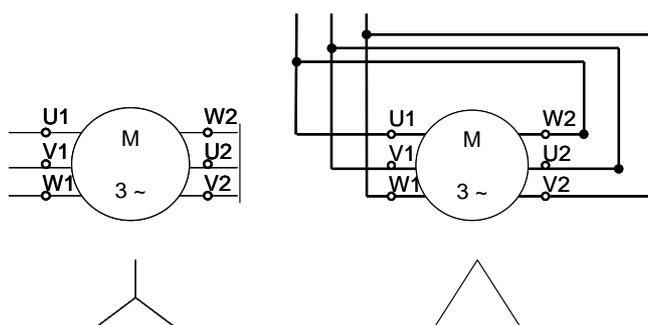


Figura. Representación de dos motores de inducción trifásico de jaula, uno en conexión estrella y otro en conexión triángulo.

Es fácil observar como en la conexión estrella entre cada dos fases tenemos dos devanados mientras que en la conexión triángulo sólo tenemos uno. Es decir, en estrella cada devanado está sometido a una tensión menor que en la conexión triángulo. Este hecho es utilizado frecuentemente para el arranque suave de los motores de cierta potencia y es conocido como *arranque estrella – triángulo*.

1.3.2. Generadores

Un generador eléctrico es una máquina capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica.

Como se acaba de comentar, el *motor de corriente alterna trifásico síncrono* puede funcionar como generador y, de hecho, esta es su principal aplicación en la industria.



Figura. Representación según UNE-EN 60617-7 de generador síncrono trifásico con inducido en estrella y con neutro accesible.

1.3.3. Transformadores

Los transformadores son máquinas eléctricas no rotativas. Tienen la misión de transmitir, mediante un campo electromagnético, la energía eléctrica de un sistema, con una determinada tensión, a otro sistema con tensión deseada.

Pueden estar destinados a transformar potencias de cierta consideración, alimentados por tensión y frecuencias fijas (*transformadores de potencia*). También pueden utilizarse para trabajar con tensiones y frecuencias variables (*transformadores de comunicación*). Otra aplicación es facilitar una conexión adecuada a aparatos de medida o protección (*transformadores de medida*).

Según la naturaleza de la corriente pueden clasificarse en *monofásicos*, *trifásicos*, *trifásicos-exafásicos*, *trifásicos-dodecafásicos*, etc.

En su uso más habitual en la industria, como transformadores trifásicos de potencia, pueden clasificarse en *transformadores elevadores* (la tensión de salida es superior a la de entrada) o *transformadores reductores*.

Del modo análogo a los motores y generadores trifásicos, los devanados de los transformadores trifásicos pueden conectarse en *estrella* o en *triángulo*.

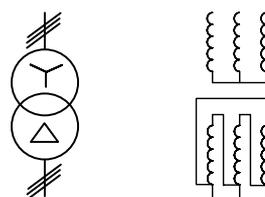


Figura. Representación según UNE-EN 60617-7 de un transformador trifásico, conexión estrella – triángulo (representación unifilar y multifilar).

2. Tipos básicos de esquemas

En el tema anterior se describieron los tipos fundamentales de esquemas eléctricos: **esquemas explicativos** (*funcional*, de *emplazamiento* y de *circuitos*) y **esquemas de conexiones**, así como la representación *unifilar* y *multifilar*. Se profundiza a continuación en los esquemas explicativos de circuitos.

2.1. Esquema explicativo de circuitos

Los esquemas explicativos de circuitos vistos hasta ahora corresponden a circuitos domésticos o similares de baja potencia, donde los componentes finales son luminarias o tomas de corriente. En estos casos el circuito es analizado como un todo. Sin embargo, en el caso de circuitos de mayor potencia, de tipo industrial, es habitual distinguir entre el **circuito de fuerza** y el **circuito de mando**.

El **circuito de fuerza** es el que contiene los componentes de alta demanda energética que son la razón de ser del circuito: por ejemplo, el *motor eléctrico* que se pretende gobernar. Incluye, además de esos componentes de consumo final, los conductores y dispositivos de conmutación de potencia directamente vinculados: *seccionadores*, *contactores* o *interruptores* y *dispositivos de protección*.

El **circuito de mando** es el que contiene aquellos otros componentes (de control y de medida) que, con una alimentación eléctrica independiente y con una potencia sensiblemente inferior, permiten el gobierno de los componentes de fuerza. El circuito de mando se ubica en uno o varios cuadros de control independientes. Incluye los pulsadores, lámparas de emergencia, indicadores de las distintas magnitudes eléctricas (voltaje, intensidad) y relés utilizados para el mando de la instalación.

Dependiendo de la complejidad del circuito, es posible dibujar ambos circuitos conjuntamente, **representación conjunta**, o bien segregarlos en planos diferentes, **representación desarrollada**.

Desde el punto de vista gráfico, en la representación conjunta se empleará un trazo grueso para representar el circuito de fuerza y fino para el circuito de mando.

2.1.1. Representación conjunta

En la siguiente figura tenemos un *esquema explicativo de circuitos en representación conjunta*. Se refiere al arranque de un motor trifásico (220 V y 50 Hz) por medio de un *contactor K*. Este contactor cierra sus contactos principales al ser excitada su bobina por medio del *interruptor S*, dotado de enclavamiento mecánico.

Completan los datos del circuito un *interruptor automático Q* del tipo *magnetotérmico*, que actúa como dispositivo de protección del motor; y un *fusible F* que protege el circuito de mando. El circuito de mando está alimentado entre dos fases.

Obsérvese como el circuito de fuerza está representado en un trazo más grueso que el circuito de mando.

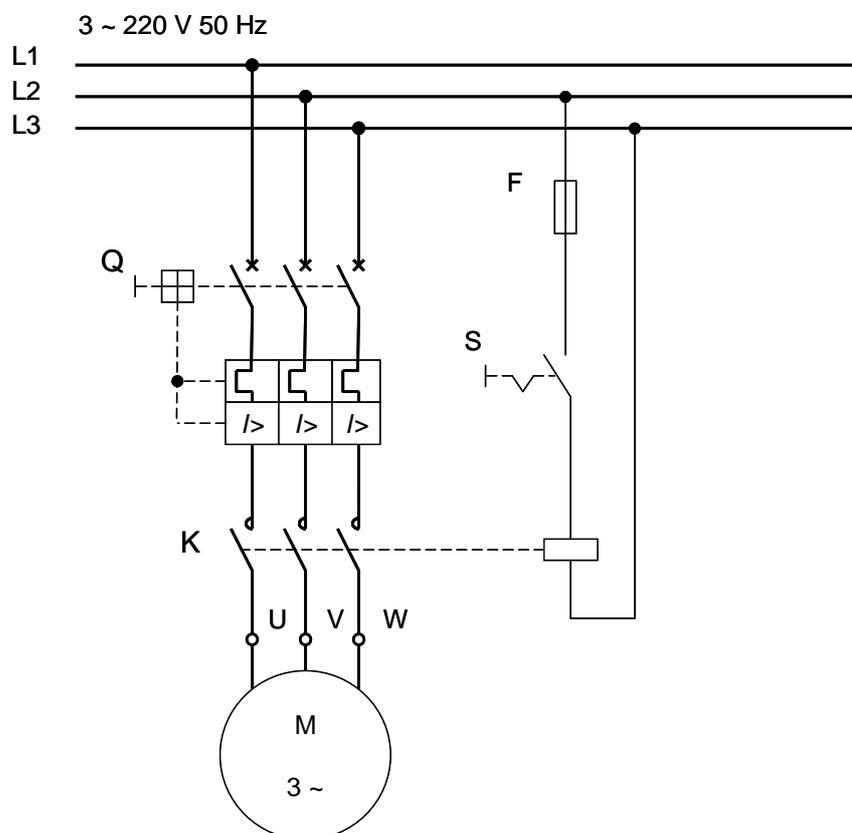


Figura. Esquema explicativo de circuitos, representación conjunta.

2.1.2. Representación desarrollada

La siguiente figura representa el mismo circuito por medio de un esquema explicativo de circuitos en representación desarrollada.

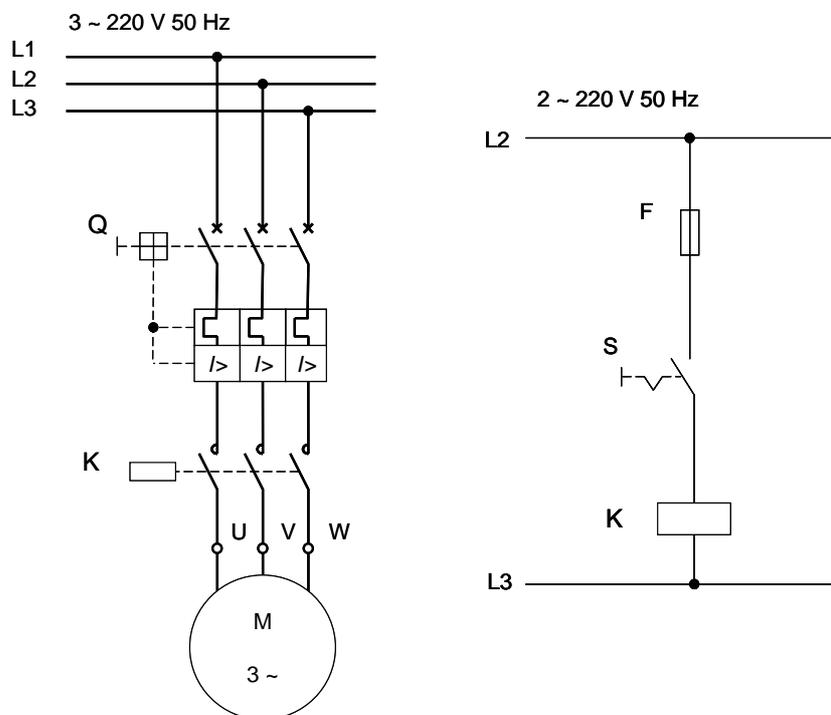


Figura. Esquema explicativo de circuitos, representación desarrollada.

Se observa como ha sido necesario, para la interpretación correcta del circuito, representar dos veces la bobina **K** de mando del contactor, una en el circuito de fuerza y otra en el circuito de mando. Al ser esta bobina el elemento receptor final en el circuito de mando, se representa en la parte inferior, por debajo del interruptor **S** y el fusible **F**.

En el circuito de mando se ha representado la fase **L3** abajo y la fase **L2** arriba, respetando el orden lógico. Si la alimentación fuese a través de fase y neutro, el neutro ocuparía la posición inferior.

La utilidad de la representación desarrollada se percibe más claramente cuando la complejidad del circuito aumenta. Supongamos ahora que el armario de control no sólo incluye el interruptor **S** sino también dos indicadores luminosos: **H1**, para indicar motor en marcha, y **H2**, para indicar motor parado (con tensión en línea). En ese caso, el contactor actúa también como relé para gobernar el encendido y apagado de esos indicadores luminosos. Por ese motivo aparecen representados 2 contactos en el circuito de mando, como se observa en la siguiente figura.

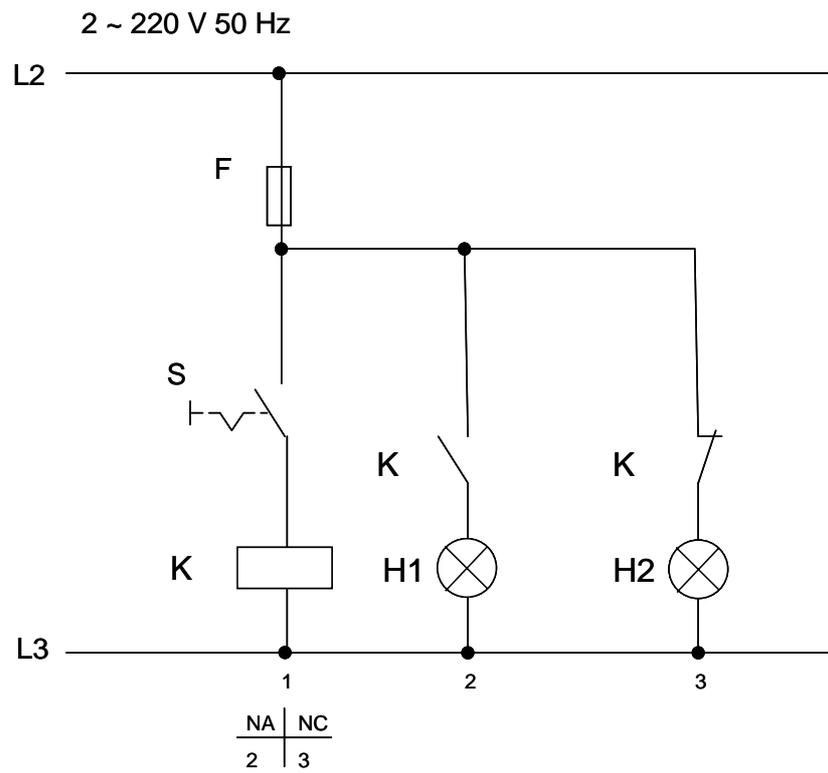


Figura. Esquema explicativo de circuitos, representación desarrollada.