

### **Aclaraciones Iniciales**

Este apunte habla de los sistemas de potencia , es decir los circuitos eléctricos que conectan cargas de Potencia , como Motores, transformadores, Sistemas de iluminación , Sistemas de calefacción Etc....

Para poder conectar dichas cargas, se deben disponer elementos de maniobra ( que puedan conectar o desconectar la carga) y elementos de protección ( quienes son los encargados de desconectar la carga de la fuente de alimentación en caso de falla: Corto circuito, sobrecarga u otras )

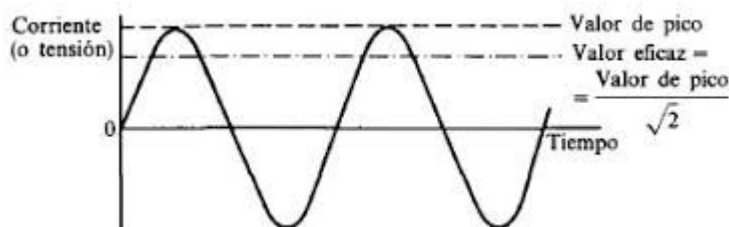
Se comienza con los bornes de alimentación , trifásicos o monofásicos, y se disponen todos los elementos del sistema según una coordinación de protecciones , para asegurar el trabajo estable y seguro de la carla y de los cables de alimentación.

La alimentación provee una Tensión medida en Volt [V] magnitud estática si se me permite la característica, y una vez conectada la carga circulan por los conductores una corriente eléctrica medida en amper [A].

Si se produce una sobrecarga, por falla o desperfecto en la carga, se espera que esta corriente se eleve un cierto porcentaje ( del 1 al 50 % por ejemplo) es decir que la corriente Nominal que debería circular hacia esa carga se eleva.

Si se produce un Corto circuito , por falla en la carga o unión de dos conductores llevando el valor de Resistencia prácticamente a 0 (cero), se espera que la corriente se eleve a valores de los Kilo Amper [KA]

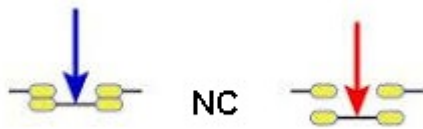
Por lo general en los sistemas de Potencia se trabaja con Señales de Tensión que son de Corriente Alterna, es decir que oscilan en forma senoidal , 50 veces por segundo o Herz [Hz]. Es decir que un ciclo de esa señal tardara 0,020 seg o 20 mseg. en producirse completamente. Esta señal tiene un valor eficaz o estable , si se me permite el termino hasta trabajarlo más profundamente, que produce el mismo efecto que la señal variable senoidal, que para la tensión de línea monofásica es de 220 V y para la Trifásica es de 380 V, pero recordar que los valores no son estables sino que son variables a medida que van pasando los milisegundos.



Por último, para este apunte, y comenzar el tema , me gustaría aclarar que un contacto puede normal abierto (NA) cuando esta sin conexión eléctrica en condiciones normales de funcionamiento. Se cerrara al operar sobre el manual o automáticamente en un dispositivo, y lo cambiara de estado a Cerrado



Un contacto puede normal Cerrado (NC) cuando esta sin conexión eléctrica en condiciones normales de funcionamiento. Se Abrirá al operar sobre el manual o automáticamente en un dispositivo, y lo cambiara de estado a Abierto.



## **Elementos de maniobra y protección a disponer en el Esquema de Potencia**

### **Seccionador**

El seccionador es un elemento de maniobra operado mecánicamente, este secciona todos los polos de alimentación de un circuito, provocando una separación galvanica para deshabilitar el circuito de potencia.

Si la apertura mecánica se efectúa en forma independiente a la velocidad del operador, gracias a la carga de energía potencial elástica de un sistema de resortes que lo opera, este se llama seccionador bajo carga.

Este dispositivo es capaz de operar con carga nominal para lo que fue diseñado, es decir que no puede establecer ni interrumpir corrientes superiores. En realidad es recomendable que su apertura o cierre se produzca sin circulación de corriente, o sea con el elemento consumidor de potencia deshabilitado.

Corrientes asignadas: 25, 40, 63,80, 125, 160, 200, 250, 400, 630 ( a  $U = 440 \text{ v}$  )

### **Interruptor**

Un interruptor es un aparato de maniobra diseñado para cumplir con las funciones de un seccionador bajo carga y además conectar / desconectar el circuito en condiciones de sobrecarga y de falla ( cortocircuito ) hasta el máximo valor eficaz de corriente de corriente simétrica asignado o capacidad de ruptura [ kA ].

Los interruptores poseen un mando manual del tipo cerrojo ( al operarlo acumula energía para poder realizar la maniobra opuesta ) y deben cumplir con los siguientes requisitos :

- tener un accionamiento manual accesible desde el exterior que permita su operación en forma segura
- poseer una única posición DESCONECTADO ( 0 ) y una única posición CONECTADO ( I ) con sus respectivos topes.
- se debe poder asegurar la posición de DESCONECTADO con cerradura o candado ( dispositivo opcional )
- debe tener una cubierta protectora que impida contactos casuales con los bornes bajo tensión
- la posición de sus contactos principales debe quedar señalada de manera inequívoca

Si bien algunos modelos pueden ser operados a distancia ( mediante mandos a

motor eléctrico, bobinas de cierre/apertura o actuadores neumáticos ) no están diseñados para un elevado número de maniobras ( un interruptor con mando a distancia no debe usarse en lugar de un contactor ).

### **Interruptor automático**

Un interruptor automático es un interruptor equipado con relés de protección que permiten la apertura automática del aparato ( disparo ) en condiciones anormales del circuito ( **sobrecarga**, via acción de relé de sobre intensidad y cortocircuito, via acción de relé magnético ). Se distingue entre interruptores e interruptores limitadores.

Los interruptores limitadores están diseñados de forma tal de aprovechar el efecto magnético de las elevadas intensidades de corriente de falla potenciando el sistema mecánico de apertura, lo que permite lograr velocidades de apertura tales que la corriente se interrumpe aún antes de su paso por cero.

Los tiempos de interrupción son inferiores a 10 [ mseg ], mientras que los tiempos de corte de los interruptores ( no limitadores ) se ubican en la franja de 50 a 100 [ mseg ].

El dispositivo de disparo de los interruptores es del tipo LIBRE, lo que significa que la operación de apertura ( en presencia de cortocircuito ) se inicia inmediatamente después de finalizada la operación de cierre incluso si se mantiene el comando de cierre ( palanca bloqueada en posición de cierre o el operador la mantiene accionada en esa posición ). En interruptores manuales la palanca o manivela de accionamiento queda desenganchada del dispositivo de cierre. Para restablecer su uso nuevamente es preciso llevarla a la posición ABIERTO o DESCONECTADO.

Pueden emplearse interruptores automáticos con disparo sólo magnético, equipados con relés de tipo magnético ( fijos o regulables ) que inician la apertura cuando se alcanza la intensidad de corriente límite ajustada en caso de producirse un cortocircuito o **interruptores automáticos termomagnéticos** equipados, además del relé magnético, con relés de disparo por sobrecarga ( demoran la apertura del interruptor en forma inversamente proporcional a la intensidad de corriente ). En ciertos casos se utilizan interruptores sin relés de protección.

Los interruptores automáticos, según su capacidad de corte, se clasifican en :

- tipo N ( capacidad de corte normal ) : 15, 25, 35, 50 [ kA ]
- tipo H ( capacidad de corte elevada ) : 70 [ kA ]
- tipo L ( capacidad de corte muy elevada ) : 100, 150 [ kA ]

Las intensidades de corriente de servicio asignadas cubren un amplio rango de aplicaciones empleándose los siguientes valores : 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 700, 800, 1000, 1250 y 1600 [ A ].

Se dispone de interruptores con relés de protección por sobrecarga de tipo térmico para protección de cables, para protección de motores y para protección de transformadores, diseñados teniendo en cuenta los picos de corriente que tienen lugar durante el proceso de conexión y la capacidad de calentamiento propia de cada uno de éstos consumos. También se utilizan relés de protección por sobrecarga de tipo electrónico cuya curva de reacción es completamente ajustable según el consumidor a proteger.

Los interruptores pueden equiparse también con relés de protección por mínima tensión ( abren el circuito en caso de disminución de la tensión en una o más fases por debajo del valor ajustado, expresado en [ % ] de la tensión de servicio ) y con relés de protección por corriente de defecto también denominados diferenciales.

Debido a confusiones derivadas del uso de términos extranjeros se denomina ( equivocadamente ) disyuntor o disyuntor diferencial a los *interruptores automáticos con protección magneto-térmica y por corriente de defecto*.

La presencia de una corriente de defecto ( por falla de aislación, en general ) se manifiesta cuando la suma de las intensidades de corriente instantáneas de todas las fases no es nula. Los relés de protección por corriente de defecto actúan típicamente para valores de corriente de fuga de 10, 30, 100 y 300 [ mA ].

En instalaciones industriales se utilizan los relés diferenciales de 100 y 300 [ mA ] para supervisión de aislación, empleándose los de 10 y 30 [ mA ] para protección de personas ( circuitos de tomacorrientes ).

Dentro de la familia de los interruptores automáticos se incluyen los interruptores **automáticos cortacircuitos** comúnmente denominados termomagnéticos, cuyos umbrales de disparo por cortocircuito y por sobrecarga no son ajustables.

Las capacidades de ruptura de los interruptores termomagnéticos usuales son de : 3, 4.5, 6 y 10 [ kA ] y sus corrientes asignadas de servicio de : 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 y 63 [ A ] ( algunos fabricantes ofrecen de 80 y 100 [ A ], además ).

Para proteger en forma óptima los diversos consumidores los interruptores termomagnéticos se agrupan en cinco categorías, clasificadas según el valor de disparo magnético empleado, a saber :

- R, límite de disparo magnético de 2 a 3 veces la corriente asignada ( protección de semiconductores )
- B, límite de disparo magnético de 3 a 5 veces la corriente asignada ( protección de circuitos de uso general )
- C, límite de disparo magnético de 5 a 10 veces la corriente asignada ( protección de circuitos de mando de motores, iluminación con lámparas de descarga gaseosa, etc. )
- D, límite de disparo magnético de 10 a 20 veces la corriente asignada ( protección de transformadores, motores con tiempo de arranque superior a 15 [ seg. ], etc. )
- S, límite de disparo magnético de 13 a 17 veces la corriente asignada ( protección de circuitos de mando alimentados por transformadores )

La curva de disparo por sobrecarga es idéntica para todas las categorías indicadas, caracterizándose por permitir el paso de una corriente igual a 1,13 veces el valor de la corriente asignada durante tiempos superiores a una hora y disparar en un lapso de una hora si la corriente que circula es igual a 1,45 veces el valor asignado.

Los interruptores automáticos cortacircuitos o termomagnéticos son más baratos y pequeños que los interruptores automáticos y se destinan al uso en circuitos con bajo nivel de cortocircuito ( menor a 15 ] ).

En general el tamaño y costo de un interruptor aumenta con la corriente asignada y el poder de corte ( capacidad de ruptura ).

## **Fusibles**

Un fusible es un dispositivo de protección diseñado para una desconexión única en el que la corriente se interrumpe por medio de la fusión de un conductor inmerso en arena de cuarzo, a causa del calor originado por el paso de dicha corriente. El fusible propiamente dicho está dentro de un cuerpo cerámico cuyas tapas metálicas son a su vez las piezas de contacto. Para usos industriales se prefieren los fusibles denominados de alta capacidad de ruptura ( NH o ACR ) cuyo poder de corte es de 100 [ kA ].

Los fusibles del tipo ACR interrumpen el circuito cuando se producen corrientes de falla ( cortocircuitos ) en tiempos inferiores a los 10 [ mseg ], siendo por ello protecciones limitadoras. El comportamiento del fusible frente a sobrecargas varía según su diseño .Se diferencian así los fusibles tipo g, capaces de interrumpir cualquier corriente superior a la asignada hasta el valor máximo y los fusibles tipo a, capaces de interrumpir sólo a partir de un múltiplo de la corriente asignada. Estos tipos principales se subdividen en los siguientes sub-tipos :

- gL, diseñados para protección de cables y equipos en general, característica de disparo lenta para sobrecargas y rápida para intensidades superiores a 10

veces la corriente asignada

-gM, diseñados para protección de motores no reaccionan frente a los picos de corriente de puesta en marcha

-gTr, diseñados para protección de transformadores, similares a los gL salvo que en lugar de asignarles una corriente se les asigna una potencia en [ kVA ] para facilitar la selección del fusible

-aM, diseñados para protección de motores, actúan a partir de 10 veces el valor de la corriente asignada y deben emplearse combinados con protecciones por sobrecarga

-aR, diseñados para protección de semiconductores, también llamados ultrarrápidos, interrumpen el circuito a partir de 4 a 5 veces la corriente asignada en forma rápida

-gC, diseñados para protección de capacitores, tienen características similares al tipo gL y manejan valores superiores de las tensiones de arco.

-gB, diseñados para uso en instalaciones mineras sus características son similares al tipo gL, pero la temperatura que alcanza la superficie exterior de la envoltura cerámica se limita a valores más bajos.

En general se entiende por respuesta rápida la interrupción en tiempos inferiores al segundo y respuesta lenta, la interrupción en tiempos superiores al segundo.

Las dimensiones físicas ( altura, ancho y profundidad ) de los fusibles ACR están normalizadas de manera que se requiera un número limitado de tamaños de bases portafusibles. La corriente asignada generalmente está referida a una tensión de 500 [ V ] y una frecuencia de 50 [ Hz ]. Usualmente se dispone de los siguientes tamaños y corrientes asignadas :

tamaño 00, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 36, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 [ A ]

tamaño 0, 6, 10, 16, 20, 25, 36, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 [ A ]

tamaño 1, 25, 36, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250 [ A ]

tamaño 2, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250, 315, 355, 400 [ A ]

tamaño 3, 315, 355, 400, 500, 630 [ A ]

tamaño 4, 700, 800, 1000, 1250 [ A ]

tamaño 4<sup>a</sup>, 700, 800, 1000, 1250 [ A ]

## **Seccionador fusible**

Es un aparato de maniobra que cumple los requisitos de seccionador y posee una base para fusible tipo NH en cada vía de corriente. Este tipo de seccionadores se clasifica según el tamaño de fusible que puede colocarse en el mismo y según la corriente máxima asignada del fusible a instalar.

Usualmente los seccionadores fusibles son tripolares y sus corrientes asignadas a 500 [ V ] y 50 [ Hz ] son:  
125, 250, 400 y 630 [ A ].

Si el seccionador fusible no posee un dispositivo de cierre/apertura tal que las velocidades de dichas operaciones sean independientes de la acción del operador, para maniobrarlo se debe tener la seguridad que no hay flujo de carga ( los contactores aguas abajo deben estar en posición ABIERTO ).

Si el seccionador fusible posee un dispositivo de operación cuya velocidad de conexión/desconexión es independiente de la acción del operador, puede maniobrase bajo carga aunque es conveniente minimizar el flujo de carga para no reducir su vida útil.

## **Relés térmicos de sobre intensidad**

Se denominan así a los dispositivos para protección contra sobrecargas especialmente diseñados para protección de motores y para poder instalarlos en la salida de los contactores formando un único bloque.

La ejecución clásica de los relés térmicos consiste de un elemento bimetalico con un extremo fijo y otro libre, rodeado por un alambre calefactor conectado en serie con la via de corriente, a razón de uno por polo.

Al calentarse el bimetálico, su extremo libre se arquea empujando una barra que acciona los contactos auxiliares ( categoría de servicio AC 1 ) del relé.

El contacto NC ( normal cerrado ) se conecta siempre en **serie con la bobina de** accionamiento del contactor ( en los modelos normalizados al acoplar el relé térmico al contactor, un borne de la bobina de mando queda automáticamente en serie con el contacto NC del térmico ), mientras que el contacto NA ( normal abierto ) se utiliza para señalización.

La presión que debe ejercer la barra de accionamiento para conmutar los contactos del relé se regula mediante un resorte accionado por el dial de ajuste del relé, que posee impresos los valores del rango de corrientes asignado ( por ejemplo : 4 a 6,3 [ A ] ).

La curva de disparo del relé es de forma inversa ( tiempo / corriente ) y está calibrada en múltiplos del valor de ajuste.

El valor al que se ajusta un relé térmico debe estar comprendido entre 1 y 1,15 veces la intensidad de corriente a plena carga asignada del motor protegido.

La curva de disparo del relé térmico se calibra a 20 [ C ] y por dicho motivo los relés poseen un dispositivo de compensación de la temperatura ambiente que permite emplearlos en el rango de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$  .

Dicho dispositivo consiste en un elemento bimetálico que varía la posición del punto de operación de los contactos auxiliares, de modo que la distancia que debe desplazarse la barra de accionamiento sea invariable.

Los relés térmicos se diseñan de modo que no se disparen en un lapso mayor a dos horas para una intensidad de corriente igual a 1,05 veces el valor de ajuste y si la intensidad de corriente es igual a 1,2 veces el valor de ajuste, el disparo tenga lugar en lapso máximo de dos horas.

Estos valores corresponden a todas las vías de corriente igualmente cargadas. Si sólo se cargan dos polos, la corriente necesaria para lograr el disparo al cabo de dos horas es de 1,3 veces el valor de ajuste.

Se diseñan relés con sensibilidad ante falta de fase cuya corriente de disparo al cabo de dos horas con tres polos cargados es igual 1,15 veces el valor de ajuste.

Un relé sin sensibilidad ante falta de fase dispara en 2,8 minutos si todas las vías están igualmente cargadas y en 12 minutos si sólo están cargados dos polos, para una corriente igual a 1,5 veces el valor de ajuste. Si el relé posee sensibilidad a falta de fase, el disparo cuando están cargados dos polos se produce en 1,2 minutos para una corriente igual a 1,5 veces el valor de ajuste.

Los relés térmicos de sobre intensidad poseen un selector de dos posiciones que fija el modo de reposición una vez disparado :

- **posición A**, el relé se repone automáticamente al enfriarse ( sólo se puede utilizar si el comando es vía botoneras sin retención )
- posición H, el relé debe ser repuesto por el operador oprimiendo el pulsador RESET.

El botón pulsador RESET permite accionar los contactos auxiliares cuando el relé no está disparado.



También suele disponerse de un botón pulsador marcado TEST que mantiene abierto el contacto NC mientras está accionado.

Los relés térmicos con elementos bimetálicos pueden reemplazarse por relés similares de tipo electrónico que poseen la ventaja de ofrecer hasta cuatro rangos de corriente diferentes por modelo.

### **Guardamotores**

Se denomina así a un interruptor destinado a la conexión / desconexión manual de motores, provisto de protección térmica por sobrecarga ajustable ( para adaptar la curva de disparo a la capacidad de calentamiento del motor operado ).

Los guardamotores se utilizan generalmente como alternativa a la combinación seccionador bajo carga + contactor + relé térmico de sobre intensidad reemplazándola por la combinación guardamotor + contactor.

La protección contra cortocircuitos se logra mediante fusibles o interruptores automáticos con disparo magnético.

Si el interruptor posee además protección por sobrecarga, su curva de disparo no debe superponerse a la del relé de sobre intensidad del guardamotor.

Algunos tipos de guardamotores incorporan protección contra cortocircuito. En éstos casos debe verificarse que el poder de corte del guardamotor en función del nivel de corriente de cortocircuito en el punto de instalación.

### **Tipos de coordinación:**

#### **Coordinación de Protecciones**

Refiriéndonos sólo a los mandos de motores también denominados arrancadores, existen tres tipos de coordinación de protecciones normalizados:

- sin coordinación: en caso de cortocircuitos existen riesgos para la vida humana y se producen daños a la instalación

**Tipo 1:** en caso de cortocircuitos no deben producirse riesgos que afecten la vida humana, ni daños a la instalación. Para reponer el servicio puede ser necesario reemplazar algunos componentes.

Ejemplo tipo 1 : Seccionador + fusibles + contactor + relé de sobre intensidad

**Tipo 2:** ídem al Tipo 1 no debiendo dañarse, además, ningún componente, del arrancador Ejemplo tipo 2 : Guardamotor magnetotérmico + contactor

Guardamotor magnético + contactor + relé de sobre intensidad

Se puede lograr asimismo una coordinación tal que asegure la Continuidad del 'servicio del arrancador luego de producido un cortocircuito empleando un interruptor automático limitador con protección magnética ajustable + contactor + relé térmico de sobre intensidad.

La protección del contactor frente a un cortocircuito se logra empleando fusibles tipo NH cuya corriente asignada no supere ( y sea lo más próxima posible) a la intensidad de corriente térmica (  $I_e$ ) asignada al contactor.

Los relés de protección contra sobrecargas quedan protegidos frente a un cortocircuito si la corriente asignada del fusible tipo NH es igual al valor inmediato superior que resulta de multiplicar por dos la máxima corriente de ajuste del relé, para corrientes de ajuste superiores a  $1,5 [A]$ . Si la máxima corriente de ajuste del relé es inferior a  $1,5 [A]$ , se puede aplicar un factor de multiplicación igual a 3.

En los casos que la corriente asignada del fusible que protege al relé de sobre intensidad, obtenida luego de realizado el cálculo indicado, supere la intensidad de corriente térmica asignada al contactor, se debe utilizar el fusible de calibre adecuado para proteger al contactor.

La sección de los cables para ejecutar las conexiones del circuito de potencia debe elegirse de modo tal que la corriente asignada al conductor sea igual o mayor que la corriente asignada del fusible seleccionado.

En el caso de arrancadores estrella - triángulo, la sección de los conductores que conectan el arrancador con el motor debe ser, como mínimo, tal que su corriente asignada multiplicada por 1,73 sea igual o mayor que la corriente asignada de los fusibles de protección.

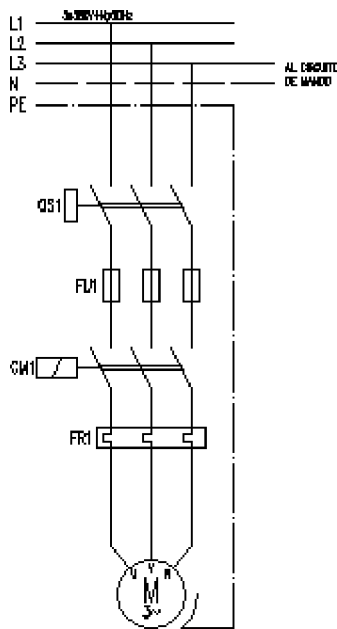
## Esquema de potencia

Nos muestra los elementos de protección y maniobra desde la alimentación hasta la carga.

El diagrama puede ser multifilar donde se muestran todas las fases de alimentación o unificar, donde se esquematiza con un solo hilo y se indican la cantidad de fases que intervienen.

En el se puede representar con coordinación tipo 1 o con coordinación tipo 2:

### Multifilar:



### Unificar

