

TEMA 7: COMANDO Y PROTECCION DE MOTORES ELECTRICOS

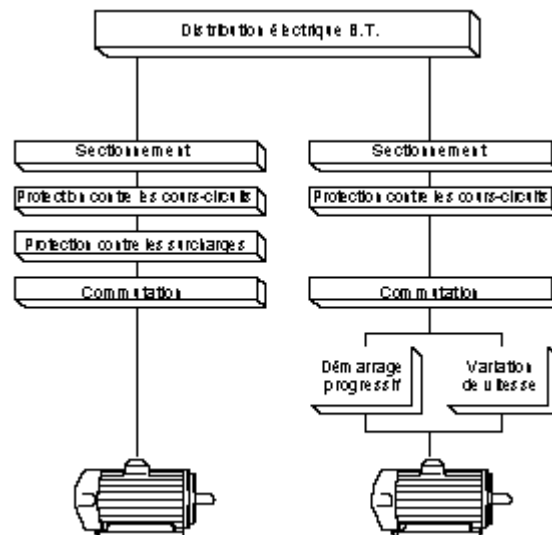
1. SALIDA A MOTOR (comando y protección de motores)

Los objetivos de una salida a motor son los siguientes:

- Comandar el motor (encendido y apagado del motor)
- Proteger a sus componentes contra los efectos de fallas de origen eléctrico
- Asegurar la seguridad del personal
- Maximizar la continuidad de servicio.

Para cumplir con los objetivos planteados, toda salida a motor debe cumplir con cuatro funciones básicas:

- Seccionamiento: separación del motor de la red de distribución eléctrica que lo alimenta.
- Conmutación o Comando: Establecimiento y corte de la corriente que tome la carga.
- Protección contra cortocircuitos: protección del motor contra los daños causados por altas corrientes.
- Protección contra sobrecargas: protección del motor contra los efectos de las corrientes de sobrecarga.



Los componentes que pueden integrar una salida a motor son :

- i. Contactores
- ii Relés térmicos
- iii. Guardamotors magnéticos
- iv. Fusibles
- v. Guardamotors magnetotérmicos
- vi) Seccionadores
- vii) Seccionadores portafusibles c/fusibles.

i. Contactores:

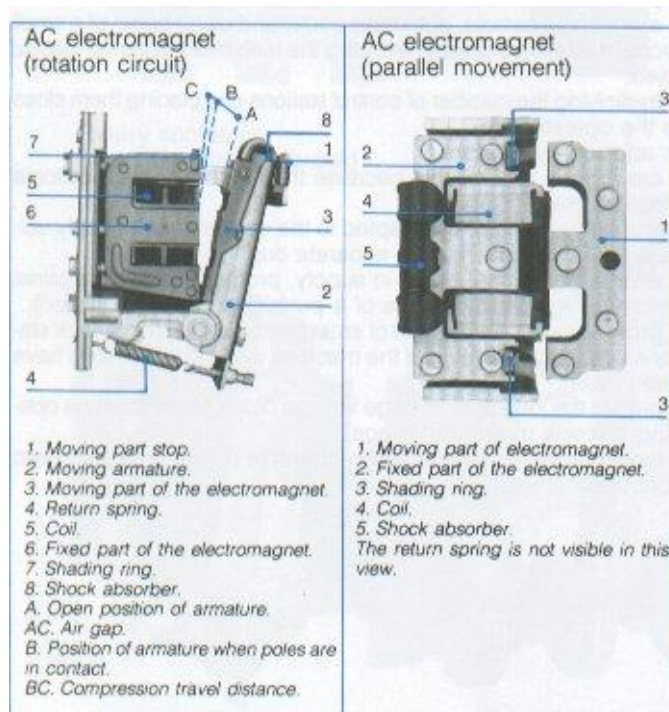
El contactor cumple con la función de comando o conmutación.

Un contactor es un dispositivo mecánico de conexión controlado por un electroimán con una operación tipo on/off.

Cuando la bobina del electroimán se encuentra energizada, el contactor se cierra y completa el circuito entre la fuente y la carga a través de sus contactos de potencia.

Dependiendo de la tecnología del contactor, la parte móvil del electroimán que maneja los contactos móviles puede funcionar por rotación sobre un eje, por desplazamiento paralelo con relación a una parte fija o por una combinación de ambos.

Cuando la bobina es desenergizada, el contactor abre debido a la acción de un resorte de presión o de la fuerza de la gravedad de los propios contactos según el tipo constructivo de contactor.



Ventajas que ofrecen los contactores:

- Posibilidad de abrir o cerrar grandes corrientes a través de un dispositivo de baja corriente (bobina del contactor)
- Elevado número de maniobras
- Adecuados para servicio intermitente y continuo
- Posibilidad de implementación de comandos remotos y/o automáticos
- Son resistentes y confiables puesto que no contienen elementos internos delicados

Especificaciones técnicas características de un contactor:

- *Categoría de utilización:* La categoría de utilización define las condiciones de establecimiento y corte de la corriente dependiendo de la corriente nominal I_e y la tensión nominal U_e .

La categoría de utilización depende de la naturaleza de la carga a alimentar (motor a jaula de ardillas, motor rotor bobinado, resistencias, etc.) y de las condiciones en las que el establecimiento o el corte de la corriente se dan (motor en funcionamiento normal, corte durante el arranque, motor con rotor bloqueado, etc.).

La norma IEC 947 las clasifica en:

AC1: corresponde a todo tipo de cargas AC con $\cos\phi \geq 0.95$

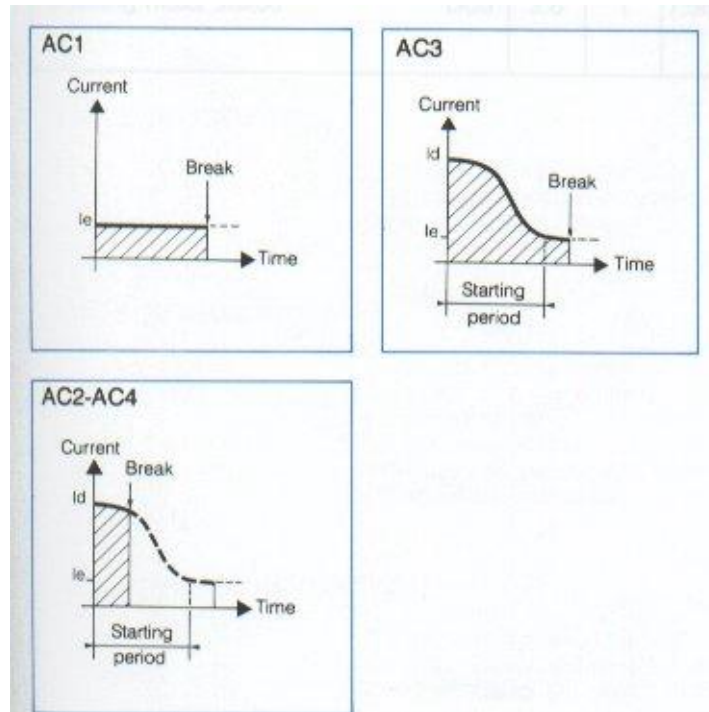
AC2: corresponde a la operación de motores de rotor bobinado. Al cierre el contactor cierra sobre una corriente de arranque que es del orden de 2.5 veces la corriente nominal del motor. El contactor abre la corriente de arranque a un voltaje que no excede el voltaje de alimentación.

Se encuentran en esta categoría algunos equipos para puentes grúa y máquinas de gran potencia con tiempos de arranque prolongados.

AC3: corresponde a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor en funcionamiento normal del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la corriente nominal del mismo con un voltaje entre bornes que será aproximadamente 20% del voltaje de la fuente de alimentación. La apertura en este caso no es severa.

AC4: corresponde a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor sobre la corriente de arranque del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la misma corriente con un voltaje entre bornes que será mayor cuanto menor sea la velocidad del motor, pudiendo llegar a ser de la misma magnitud que el voltaje de la fuente de alimentación.

Se encuentran en esta categoría algunos equipos de izaje de pequeñas potencias.

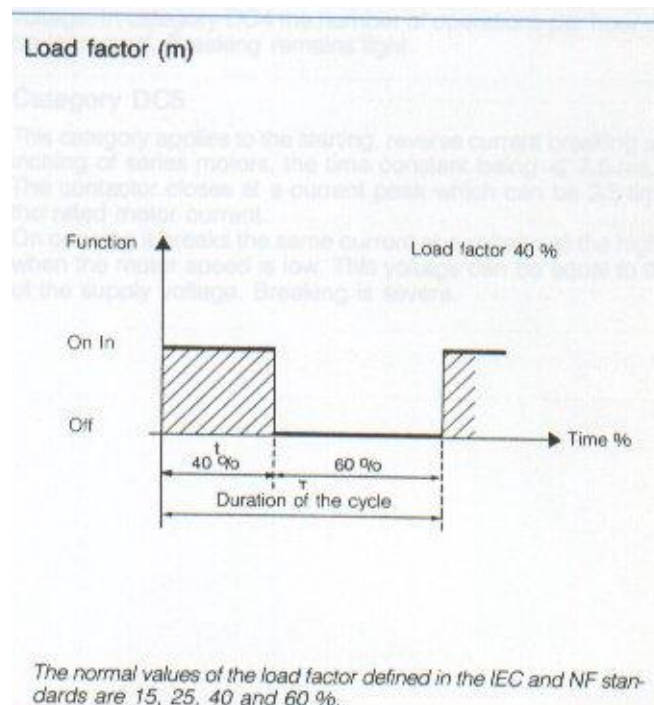


DC1: Cualquier carga en DC que tenga una constante de tiempo $L/R \leq 1\text{ms}$

DC2, DC3, DC4 y DC5: corresponde a la operación de motores de corriente continua, con distintas constantes de tiempo y distintos regímenes de cierre y apertura del contactor.

- *Corriente nominal I_e* : Se define en función del voltaje nominal U_e , la categoría de utilización y la temperatura ambiente del contactor.
- *Corriente nominal térmica convencional I_{th}* : Es la corriente que puede conducir un contactor cerrado por un período superior a 8 horas sin que el aumento de temperatura producida por la misma supere los límites establecidos en la norma.
- *Corriente de corta duración permitida*: Es la corriente que puede conducir un contactor cerrado durante un período de tiempo corto luego de un período sin carga sin que se produzca un sobrecalentamiento peligroso.
- *Voltaje nominal U_e* : Es el voltaje que, junto con la corriente nominal I_e , determina el uso del contactor. Los ensayos establecidos en la norma así como la categoría de utilización asociada a un contactor están basados en este valor de tensión. En circuitos trifásicos se expresa como el valor compuesto de la tensión.
- *Voltaje nominal de control U_c* : es el voltaje nominal del circuito de control del contactor y en él se basan las características de operación.
- *Voltaje nominal de aislación U_i* : Este es el valor de voltaje utilizado para definir las características de aislación del contactor y es el utilizado en los ensayos dieléctricos para determinar caminos de fugas y distancias eléctricas.

- *Voltaje nominal de impulso U_{imp}* : El valor pico de una onda de tensión de impulso que el contactor puede soportar sin dañarse.
- *Potencia nominal*: Potencia nominal del mayor motor estándar que puede ser comandado por el contactor a la tensión nominal U_e .
- *Poder de corte*: Máximo valor de corriente que el contactor puede abrir bajo condiciones de apertura establecidas en la norma. No debe someterse al contactor a requerimientos de aperturas de corrientes mayores a su poder de corte.
- *Poder de establecimiento*: Máximo valor de corriente que el contactor puede establecer bajos condiciones de establecimiento fijadas en la norma.
- *Factor de carga (m)*: relación entre el tiempo en que fluye la corriente (t) y la duración total del ciclo de carga (T)

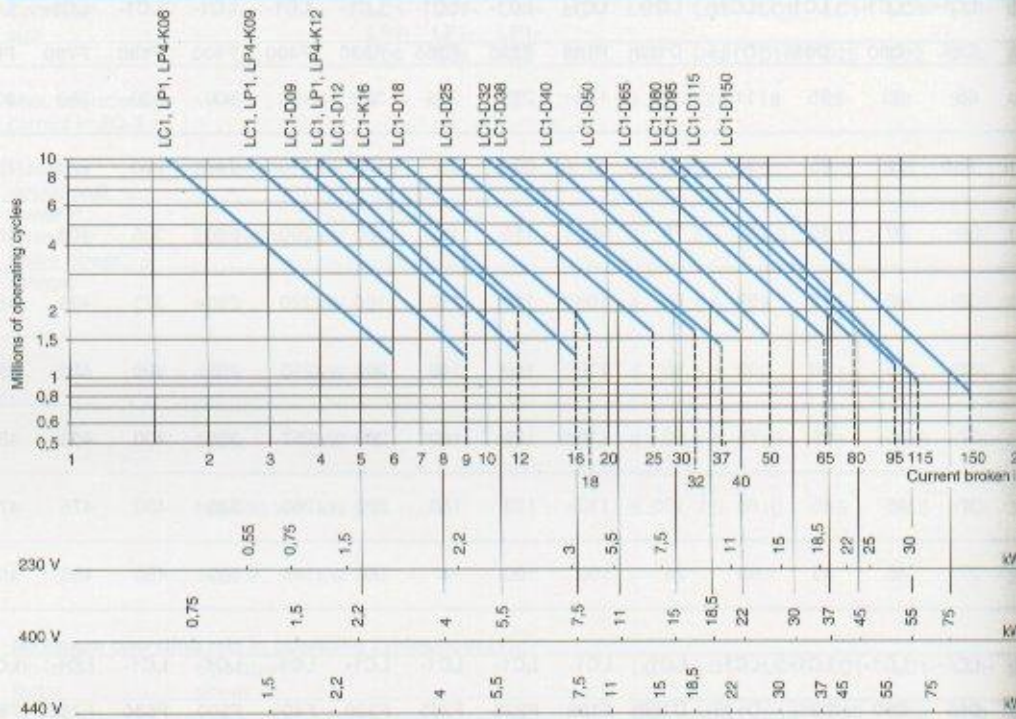


- *impedancia de polo*: es la suma de la impedancia de todos los componentes del circuito entre el terminal de entrada y el terminal de salida del contactor. Se expresa como $R+jX$ y está dada a una frecuencia nominal de 50Hz. Se da un valor promedio por polo a I_e .
- *endurancia eléctrica*: Es la cantidad promedio de ciclos de carga que los contactos principales del contactor pueden realizar sin mantenimiento. La endurancia eléctrica depende de la categoría de utilización, la corriente nominal I_e y el voltaje nominal U_e .
- *endurancia mecánica*: Es la cantidad promedio de ciclos de operación en vacío (es decir, sin corriente pasando por el contactor) que los contactos principales del contactor pueden realizar sin falla mecánica.

A modo de ejemplo, se adjuntan tablas de catálogos de contactores.

Operational current and power conforming to IEC ($\theta \leq 60^\circ\text{C}$)												
Contactor size			LC1-LP1-K06	LC1-LP1-K09	LC1-LP1-K12	LC1-LP1-K16	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	
Max. operational current in AC-3	$\leq 440\text{ V}$	A	6	9	12	16	9	12	18	25	32	
Rated operational power P (standard motor power ratings)	220/240 V	kW	1.5	2.2	3	3	2.2	3	4	5.5	7.5	
	380/400 V	kW	2.2	4	5.5	7.5	4	5.5	7.5	11	15	
	415 V	kW	2.2	4	5.5	7.5	4	5.5	9	11	15	
	440 V	kW	3	4	5.5	7.5	4	5.5	9	11	15	
	500 V	kW	3	4	4	5.5	5.5	7.5	10	15	18.5	
	660/690 V	kW	3	4	4	4	5.5	7.5	10	15	18.5	
	1000 V	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Maximum operating rate in operating cycles/hour (1)												
On-load factor	Operational power						LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	
$\leq 85\%$	P		-	-	-	-	1200	1200	1200	1200	1000	
	0.5 P		-	-	-	-	3000	3000	2500	2500	2500	
$\leq 25\%$	P		-	-	-	-	1800	1800	1800	1800	1200	

Use in category AC-3 ($U_e \leq 440$ V)



Operational power in kW-50 Hz

Example

Asynchronous motor with $P = 5.5$ kW - $U_e = 400$ V - $I_e = 11$ A - $I_c = I_e = 11$ A
 or asynchronous motor with $P = 5.5$ kW - $U_e = 415$ V - $I_e = 11$ A - $I_c = I_e = 11$ A
 3 million operating cycles required.

The above selection curves show the contactor rating needed: LC1-D18.

Maximum operational current (open-mounted device)											
Contactor size			LC1-LP1-K09	LC1-LP1-K12	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D38	LC1-D38
						DT20	DT25	DT32	DT40		DT60
Maximum operating rate in operating cycles/hour			600	600	600	600	600	600	600	600	600
Connections/ cabling conforming to IEC 947-1	cable c.s.a.	mm ²	4	4	4	4	4	6	6	10	16
	bar size	mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operational current in AC-1 in A, according to the ambient temperature, conforming to IEC 947-1	≤ 40 °C	A	20	20	25	20	25	32	40	50	60
	≤ 60 °C	A	20	20	25	20	25	32	40	50	60
	≤ 70 °C	A (at Uc)(1)	(1)	(1)	17	(1)	17	22	28	35	45
Maximum operational power ≤ 60 °C	220/230 V	kW	8	8	9	8	9	11	14	18	21
	240 V	kW	8	8	9	8	9	12	15	19	23
	380/400 V	kW	14	14	15	14	15	20	25	31	37
	415 V	kW	14	14	17	14	17	21	27	34	41
	440 V	kW	15	15	18	15	18	23	29	36	43
	500 V	kW	17	17	20	17	20	23	33	41	49
	660/690 V	kW	22	22	27	22	27	34	43	54	65
1000 V	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1) Please consult your Regional Sales Office.

Increase in operational current by parallelling of poles
 Apply the following multiplying factors to the current values given above. The factors take into account the often unbal current distribution between phases:

- 2 poles in parallel: K = 1.6
- 3 poles in parallel: K = 2.25
- 4 poles in parallel: K = 2.8

Como se puede observar, al ser el régimen AC1 menos estricto que el régimen AC3, el mismo contactor tiene un valor de corriente nominal Ie mayor para AC1 que para AC3.

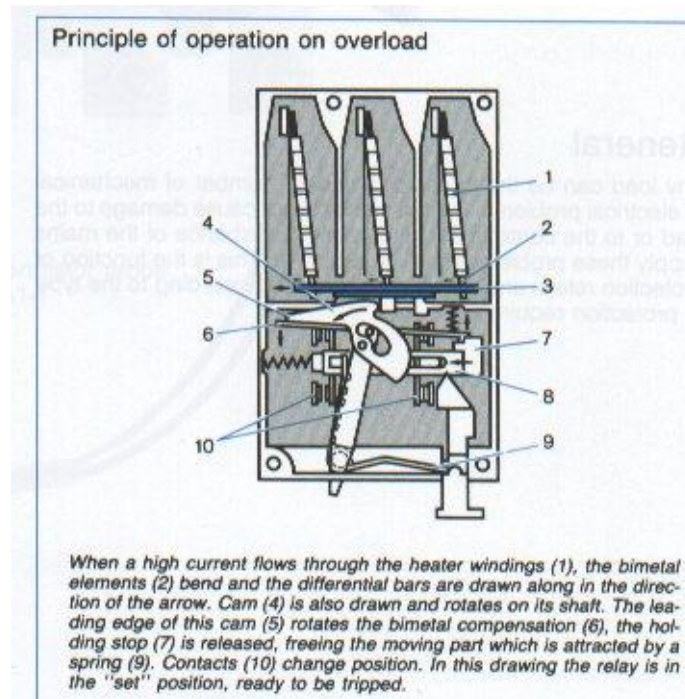
La norma que especifica las características técnicas de los contactores es la norma IEC947-4-1 - “Contactores y Guardamotores – Contactores y Guardamotores electromecánicos”.

ii) Relés térmicos:

Estos relés cumplen con la función de protección térmica del motor contra sobrecargas y van asociados a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia. Puesto que protegen solamente contra sobrecargas, los relés térmicos deben complementarse con una protección contra cortocircuitos.

El relé de imagen térmica simula, a través de la utilización de un bimetálico, el calentamiento y enfriamiento del motor protegido en base a sus constantes de tiempo, vigilando las temperaturas alcanzadas en comparación con la máxima admisible como función de la duración de la sobrecarga. La temperatura es obtenida de forma indirecta, a través de la medición de la corriente.

A continuación se muestra un dibujo que ilustra el principio de funcionamiento del relé térmico:

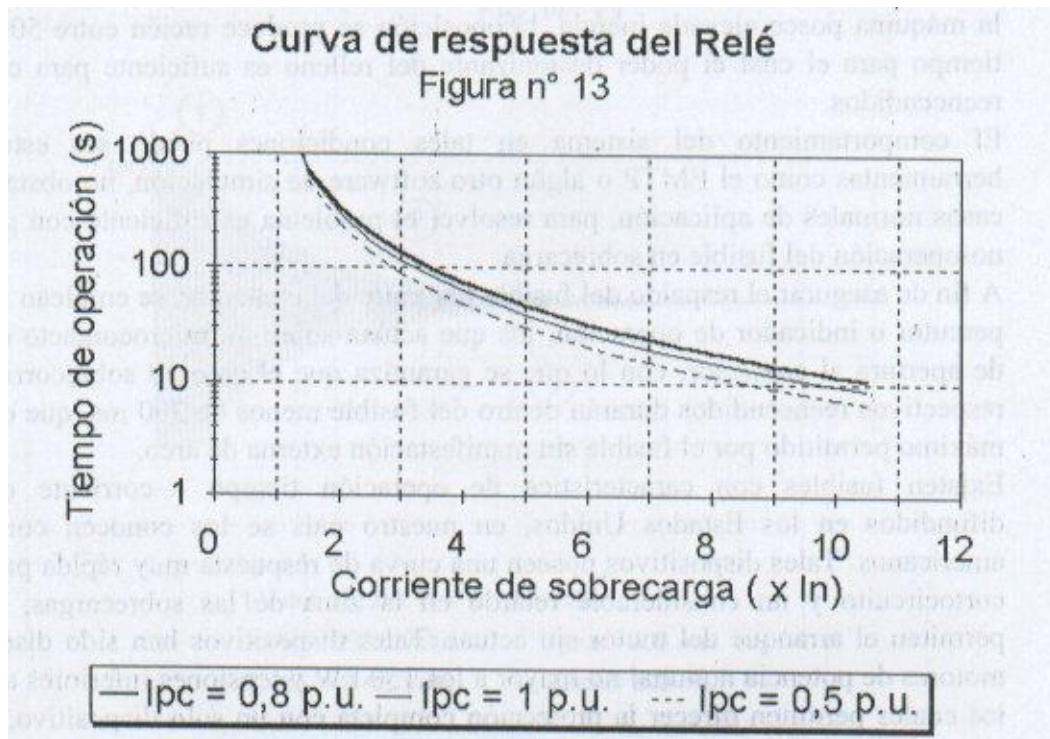


Suponiendo que el proceso térmico que tiene lugar en un motor de inducción sometido a un régimen de sobrecarga es un proceso adiabático, es decir que todo el calor desarrollado contribuye a la elevación de temperatura de los arrollamientos, se llega a que el tiempo de sobrecarga admisible t_a del motor está dado por:

$$t_a = t_m \frac{A - I_{cp}^2}{I^2 - I_{cp}^2}$$

siendo τ_m la constante de tiempo térmica de la máquina, I la corriente de sobrecarga en pu, I_{cp} la intensidad de precarga en pu y A un coeficiente mayor que 1, usualmente 1.3.

A continuación se muestra una expresión gráfica de la ecuación anteriormente expresada:



Se observa entonces que el tiempo de sobrecarga admisible está relacionado con la condición de precarga del motor, por lo que el relé térmico deberá ser sensible al estado de precarga. Es por esto que la mayoría de los relés térmicos dan sus curvas para distintos estados de precarga.

La temperatura ambiente es un parámetro muy importante y variaciones de la misma pueden influir en el comportamiento del relé. Es por este motivo que la mayoría de los relés térmicos actuales están compensados, utilizando un elemento bimetalico de compensación independiente del elemento principal y sometido únicamente a la temperatura ambiente el cual balancea el comportamiento del bimetalico principal. Con esta compensación, se garantiza el comportamiento uniforme del relé para un rango de temperatura de -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$ aproximadamente.

Adicionalmente, los relés térmicos pueden ser térmico-diferenciales, agregando a la protección contra sobrecargas la protección contra desbalance de corrientes.

Los relés térmicos deben proteger el motor pero deben a su vez soportar la corriente de arranque durante el tiempo de arranque sin disparar.

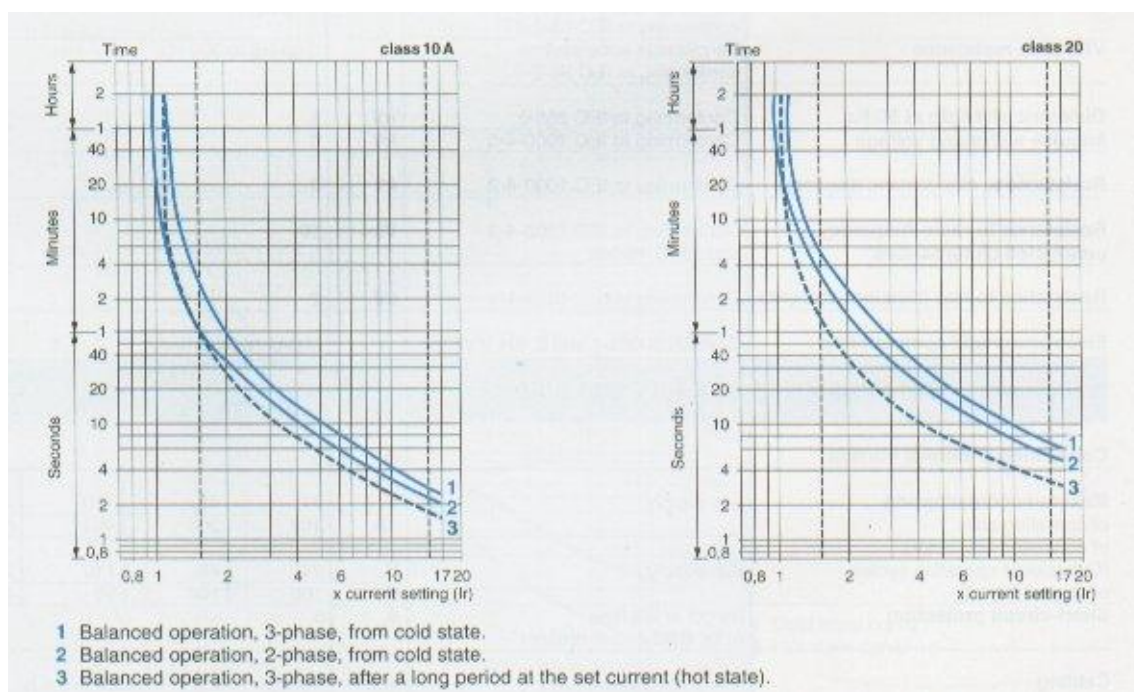
La norma que especifica este tipo de relés es la IEC 947-4 y establece distintas clases de relés, especificando tiempos de no apertura y de apertura para cada una de ellas como sigue:

Clase	Tiempos de intervención			
	No disparo		Disparo	
	1.05 Ir	1.20 Ir	1.5 Ir	7.2 Ir
10A	> 2hs.	< 2hs.	< 2min.	2 a 10 seg.
10	> 2hs.	< 2hs.	< 4min.	4 a 10 seg.
20	> 2hs.	< 2hs.	< 8min.	6 a 20 seg.
30	> 2hs.	< 2hs.	< 12min.	9 a 30 seg.

La selección de la clase del relé térmico a utilizar para la protección de un motor deberá tener en cuenta la clase de aislación del motor así como su régimen de funcionamiento: ciclo de operación, arranque, parada, etc.

Los rangos de corrientes nominales de los relés térmicos van desde 0.10A a 200A aproximadamente.

A continuación se muestran curvas de disparo para los relés clase 10A y 20.



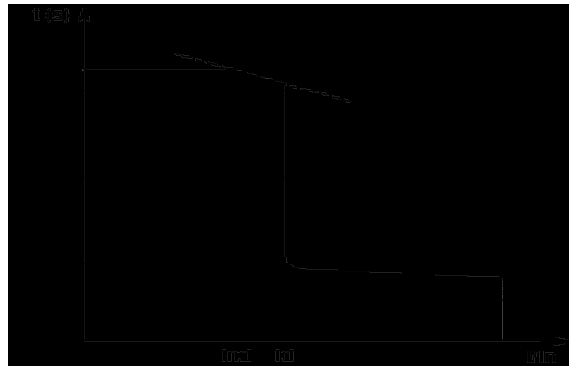
iii) Guardamotores magnéticos:

Son dispositivos de protección contra cortocircuito, de corte tripolar.

Los guardamotores magnéticos cumplen la función de protección contra cortocircuitos, cumpliendo adicionalmente la función de seccionamiento.

Los requisitos para que cumplan con la función de protección contra cortocircuito son básicamente una pronta detección de la corriente de defecto y una rápida apertura de los contactos. Esto conduce a que los guardamotores magnéticos sean aparatos limitadores.

A continuación se presenta la curva típica de un guardamotor magnético:



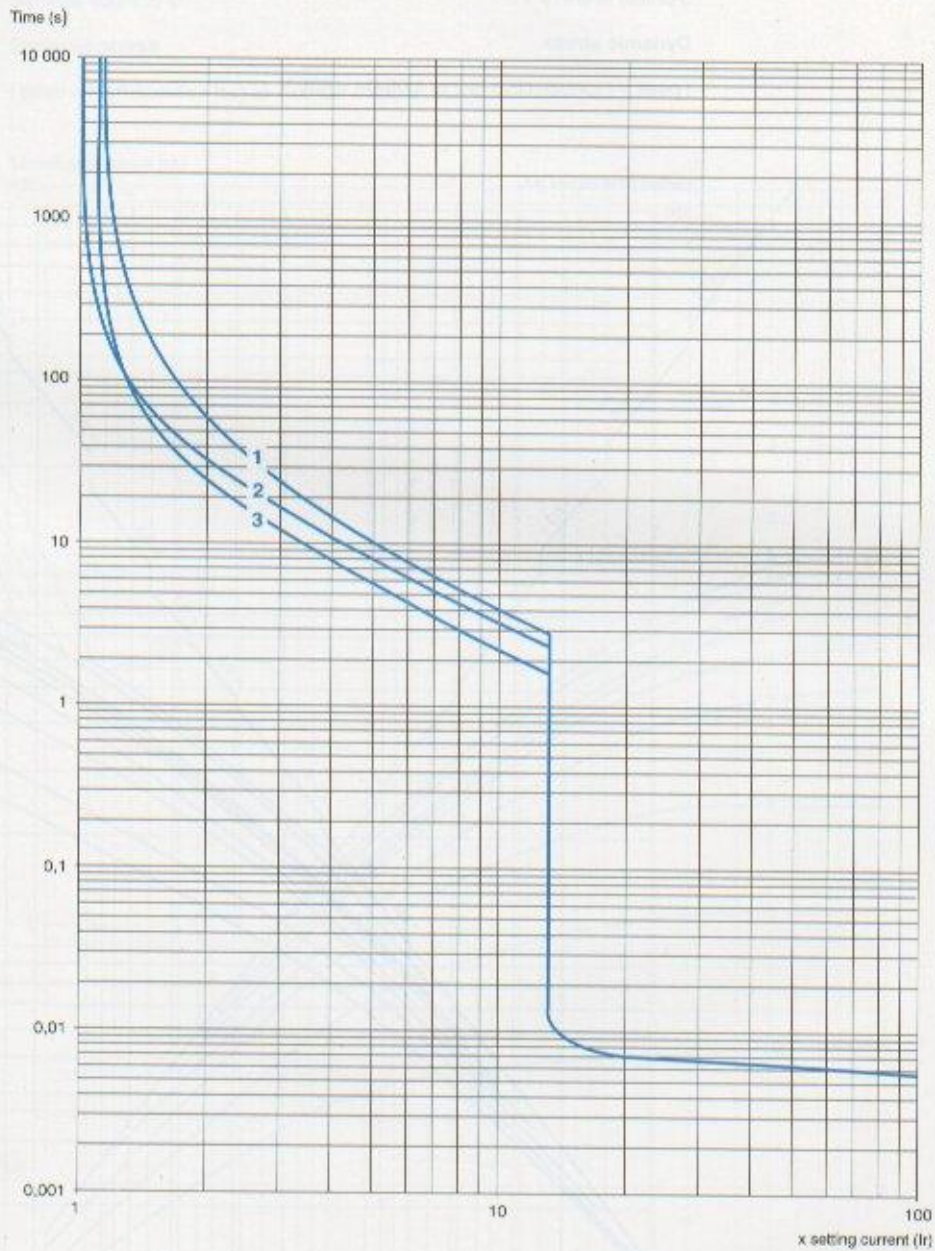
Siendo I_{nd} el umbral de no disparo e I_d el umbral de disparo. El umbral de disparo se ubica en promedio en los $13I_n$, dependiendo de los modelos.

El guardamotor magnético presenta un elevado poder de corte, siendo el rango del mismo desde 10kA hasta 100kA aproximadamente.

Usualmente, para completar la función de protección de una salida motor, el guardamotor magnético debe acompañarse de un contactor con relé térmico. A continuación, se muestra a modo de ejemplo la curva de disparo de un conjunto guardamotor magnético – relé térmico:

Tripping curves for GV2-L or LE combined with thermal overload relay LRD or LR2-K

Average operating time at 20°C according to multiples of the setting current



- 1 3 poles from cold state
- 2 2 poles from cold state
- 3 3 poles from hot state

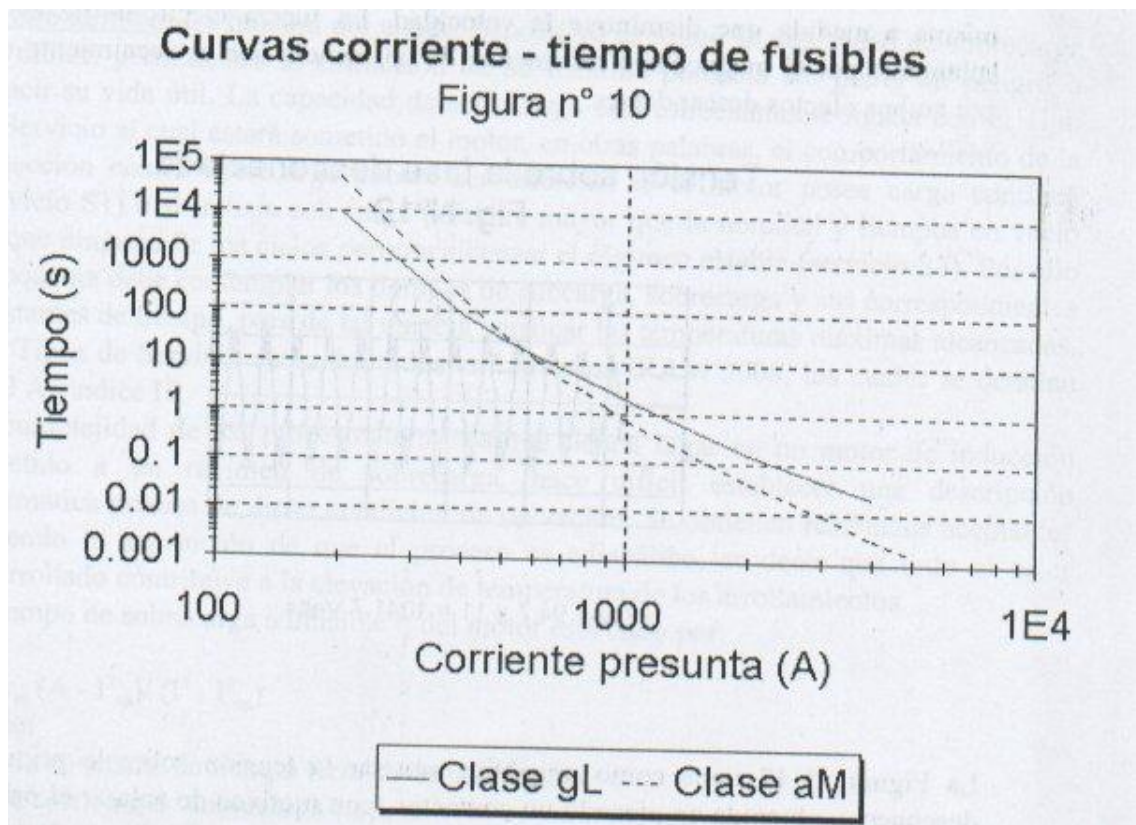
La norma que especifica las características técnicas de los guardamotores es la norma IEC947-4-1 - “Contactores y Guardamotores – Contactores y Guardamotores electromecánicos”.

iv) Fusibles:

El fusible, utilizado como elemento componente de una salida a motor, solo debe actuar frente a cortocircuitos. Es decir, las sobrecargas no deben producir la operación del fusible, por lo cual debe emplearse el fusible de respaldo, llamado para baja tensión tipo aM.

La curva característica del fusible aM lo hace insensible a las sobrecargas, siendo diseñado el elemento fusible de este tipo de fusibles más resistente a la fatiga mecánica debida a los esfuerzos de contracción y dilatación térmica causadas por las sobrecorrientes de los sucesivos arranques.

Se muestra a continuación una figura donde se comparan las curvas de los fusibles tipo aM y gL (uso general).



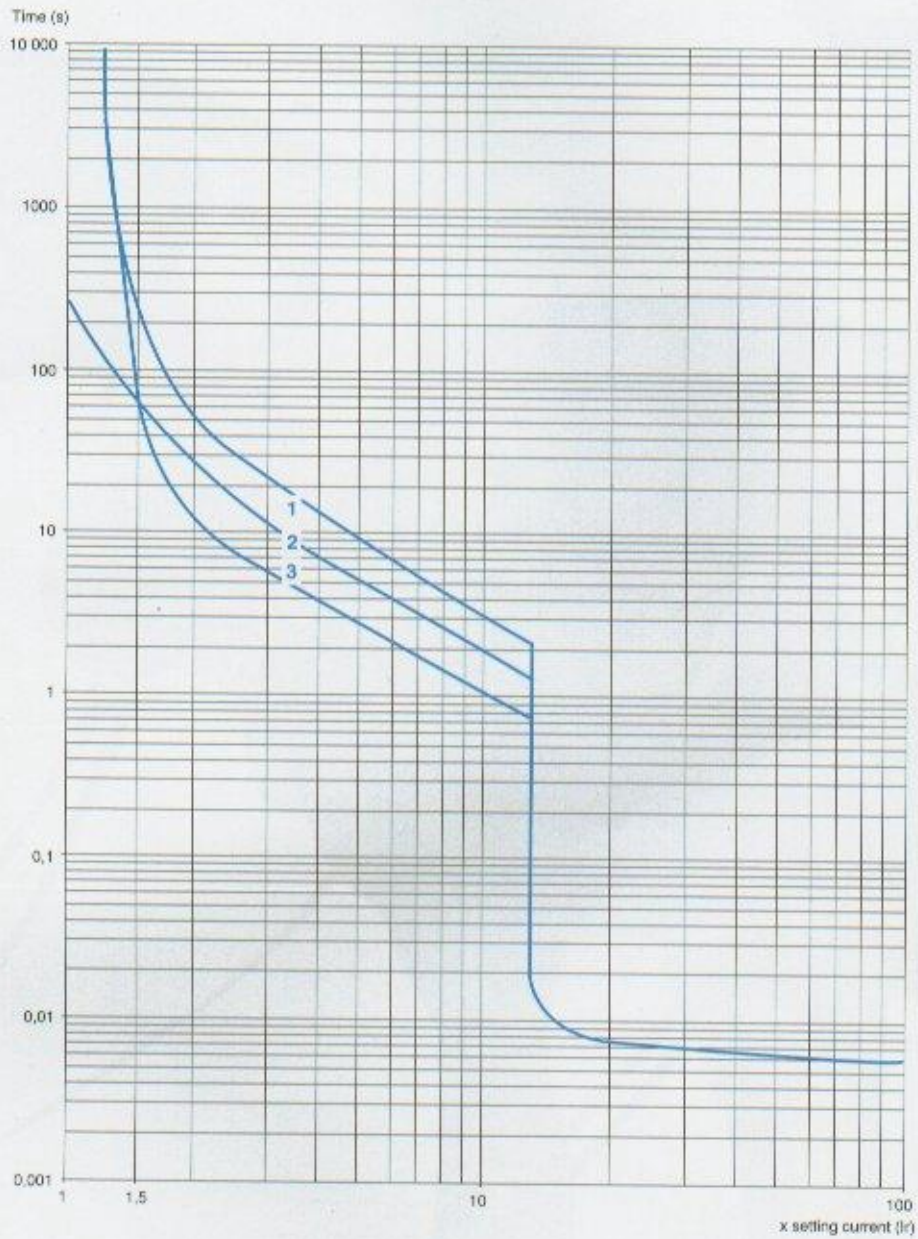
v) Guardamotores magnetotérmicos

Son dispositivos que agrupan en un mismo aparato las funciones de protección contra cortocircuitos y contra sobrecargas.

A continuación, se adjuntan a modo de ejemplo, curvas de disparo, curvas de limitación de corriente y curvas de I^2t de un guardamotor magnetotérmico.

Thermal-magnetic tripping curves for GV2-ME and GV2-P

Average operating time at 20 °C according to multiples of the setting current



- 1 3 poles from cold state
- 2 2 poles from cold state
- 3 3 poles from hot state

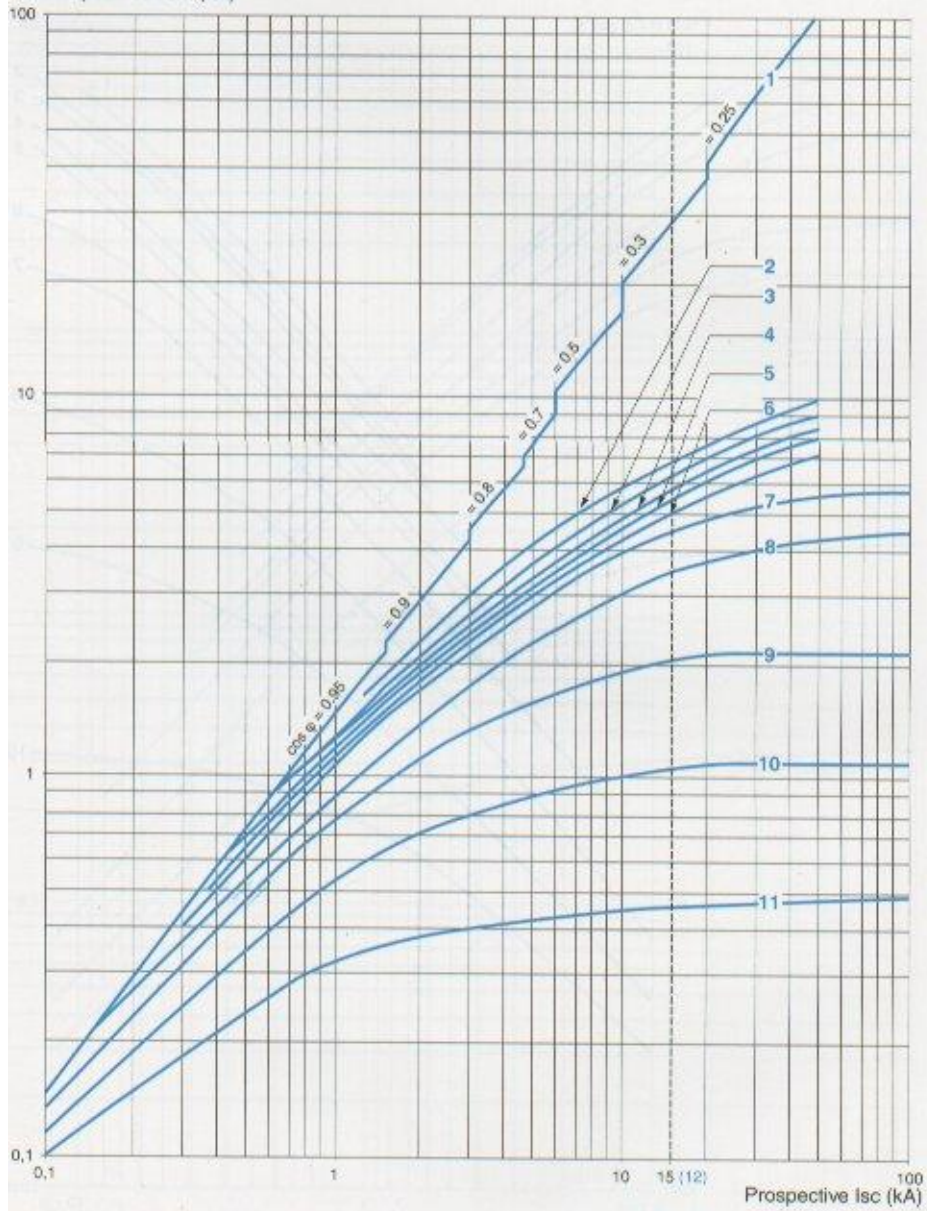
Current limitation on short-circuit for GV2-ME and GV2-P

3-phase 400/415 V

Dynamic stress

$I_{peak} = I$ (prospective I_{sc}) at $1.05 U_e = 435 V$

Limited peak current (kA)

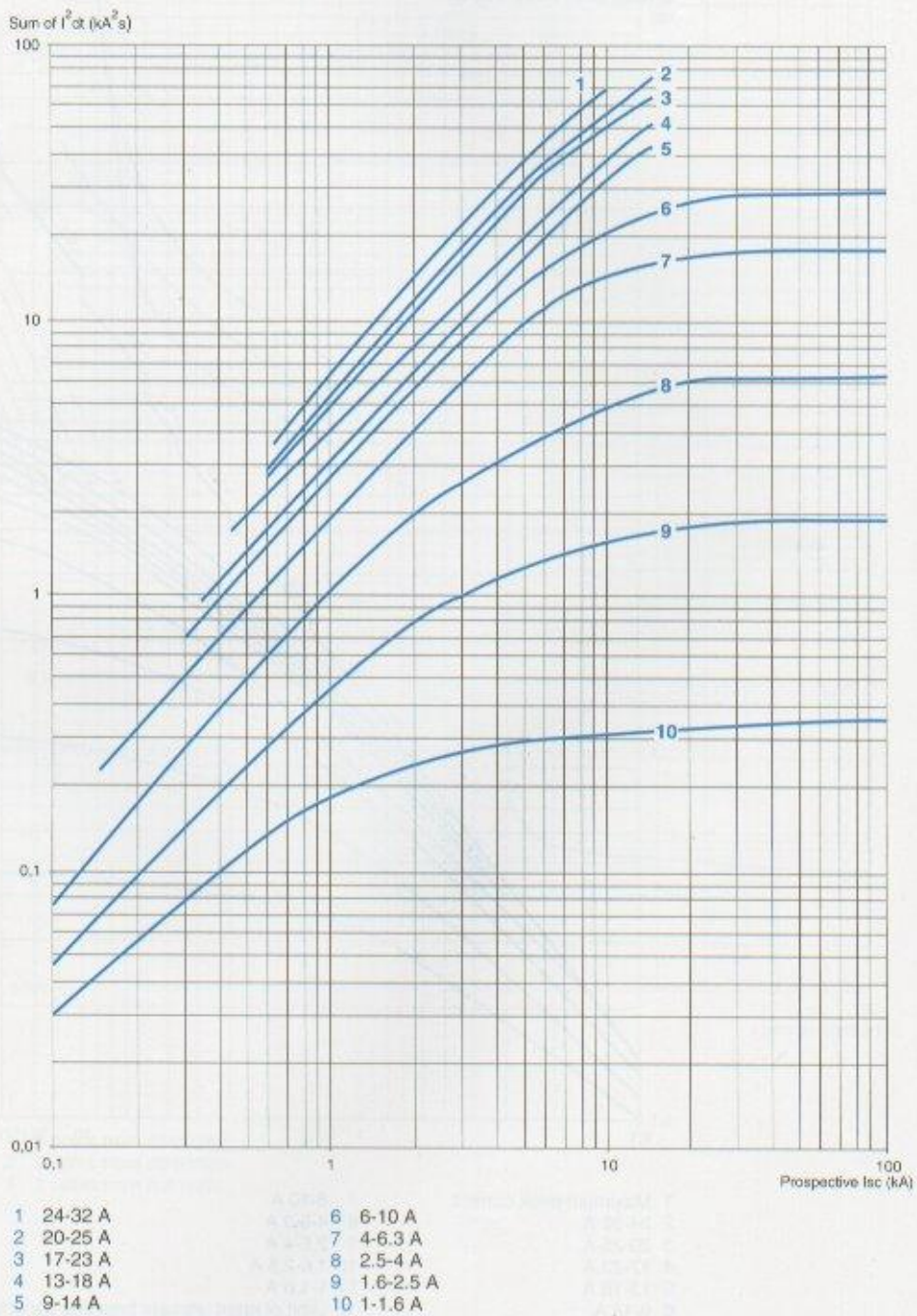


- | | |
|------------------------|---|
| 1 Maximum peak current | 7 6-10 A |
| 2 24-32 A | 8 4-6.3 A |
| 3 20-25 A | 9 2.5-4 A |
| 4 17-23 A | 10 1.6-2.5 A |
| 5 13-18 A | 11 1-1.6 A |
| 6 9-14 A | 12 Limit of rated ultimate breaking capacity on short-circuit of GV2-ME (14, 18, 23 and 25 A ratings) |

Thermal limit on short-circuit for GV2-ME

Thermal limit in $\text{KA}^2 \text{s}$ in the magnetic operating zone

Sum of $I^2 dt = I$ (prospective Isc) at $1.05 U_e = 435 \text{ V}$



vi) Otros dispositivos de protección

Los dispositivos estudiados hasta ahora calculan la temperatura en forma indirecta, a través de mediciones de corriente.

Para aquellos motores que por ser críticos para el proceso del que forman parte se entiende que deben ser protegidos de forma aún más eficiente, la protección contra sobrecargas se realiza mediante dispositivos térmicos o sensores de temperatura, termistores (resistencias variables con la temperatura), colocados dentro del bobinado del motor, procurando sensar la temperatura del punto más caliente. Las sondas empleadas son del tipo de coeficiente de temperatura positivo (PTC), empleándose también en ciertos casos sondas de coeficientes negativos (NTC).

Igualmente, para estos motores puede emplearse adicionalmente, relés diferenciales, relés de desbalance de fases, relés de subtensiones, etc.

Cuando para arrancar el motor o cuando debido a que la aplicación requiere control de velocidad del motor se utiliza un arrancador suave o un variador de velocidad, dichos equipamientos ya traen usualmente integrada la protección contra sobrecarga del motor, por lo que, de utilizarse los mismos, puede seleccionarse una salida motor que obvie la función protección contra sobrecargas.

Conclusiones:

A continuación se presenta un cuadro con los distintos dispositivos de protección y comando y las funciones que cumplen los mismos:

	Seccionamiento	Comando	Protección contra cortocircuitos	Protección contra sobrecargas
Contactador		SI		
Relé térmico				SI
Guardamotor magnético	SI		SI	
Seccionador porta fusibles (c/fusibles)	SI		SI	
Guardamotor magnetotérmico	SI		SI	SI

Luego de definidas las 4 funciones principales que debe cumplir toda salida a motor y de estudiados los distintos aparatos que se utilizan para cumplir con las mismas se llega a que existen distintas opciones para una salida a motor:

1º) Salida a 3 aparatos: CONTACTOR + RELE TERMICO + GUARDAMOTOR MAGNETICO o CONTACTOR + RELE TERMICO + SECCIONADOR PORTA FUSIBLE

2º) Salida a 2 aparatos: CONTACTOR + GUARDAMOTOR MAGNETOTERMICO

3º) Salida a 1 aparato: algunos fabricantes han comenzado a ofrecer un relé electrónico multifunción que cumple con todas las funciones requeridas.

2.- COORDINACION DE LAS PROTECCIONES DE UNA SALIDA A MOTOR

La norma IEC 947-4-1 establece los requisitos a cumplir por la combinación de elementos que constituyen una salida a motor y especifica 3 tipos de coordinación:

Coordinación tipo 1 (IEC 947-4-1): Este tipo de coordinación permite, ante una falta, daño a todos o a algún elemento componente del arranque motor, pero el citado deterioro debe ser contenido dentro del gabinete. No deben existir riesgos ni para la instalación ni para el personal involucrado. Para continuar con el servicio se requerirá la reparación o el reemplazo de partes componentes.

Coordinación tipo 2 (IEC 947-4-1) : Los únicos daños permitidos ante una falta para este tipo de coordinación son la soldadura leve de los contactos, sin riesgo para el personal e instalación, debiendo poder continuar con el servicio sin necesidad de ningún recambio o reparación.

Coordinación tipo 3 o total (IEC 947-6-2) en la cual no se permite daño alguno a ningún componente del arranque motor, impidiendo incluso la soldadura de los contactos del contactor o arrancador.

El estudio de la coordinación entre los distintos dispositivos se efectúa en forma gráfica. Para poder realizar el mismo se deben tener los siguientes datos:

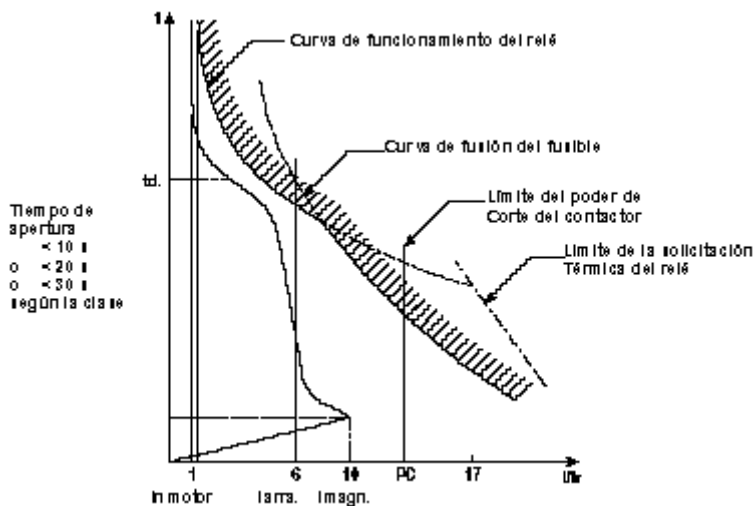
- Curva corriente – tiempo del relé térmico
- Curva corriente – tiempo del fusible de respaldo o guardamotor magnético
- Curva de corriente de arranque del motor
- Capacidad de ruptura del contactor
- Capacidad de sobrecarga y resistencia al cortocircuito del cable de alimentación

Las condiciones que se deben cumplir con la coordinación son las siguientes:

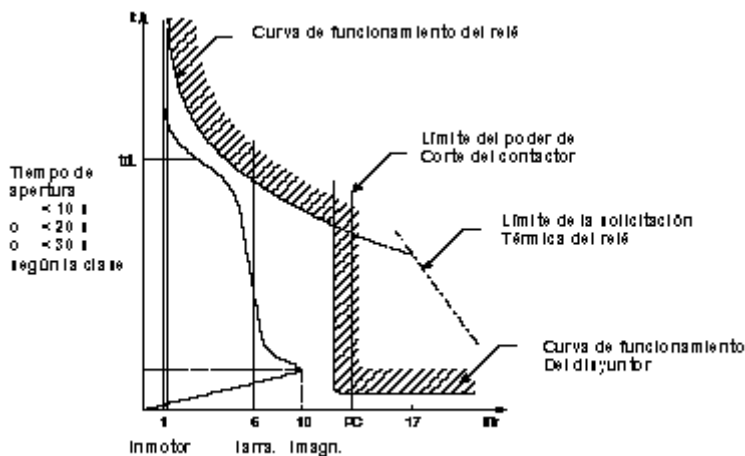
- Se debe permitir el arranque del motor, pero si el arranque se demora o el motor queda calado debe operar el relé térmico.
- Para corrientes de falla mayores que la capacidad de ruptura del contactor, debe actuar primero la protección magnética (fusible o guardamotor magnético) que el relé térmico, puesto que de lo contrario, el contactor no estaría en condiciones de abrir la corriente indicada por el relé térmico.
- Para corrientes superiores a $25I_n$, la recta de I^2t del relé térmico debe estar siempre por encima de la correspondiente del dispositivo que lo protege contra cortocircuitos (fusible o guardamotor magnético)
- La corriente de arranque con un factor de seguridad 2 en tiempo, durante el tiempo de arranque, no debe alcanzar la curva característica de la protección contra cortocircuito, para así tener en cuenta el estado de precarga y los arranques sucesivos.

A continuación, veremos gráficamente, la coordinación para distinto tipo de salidas:

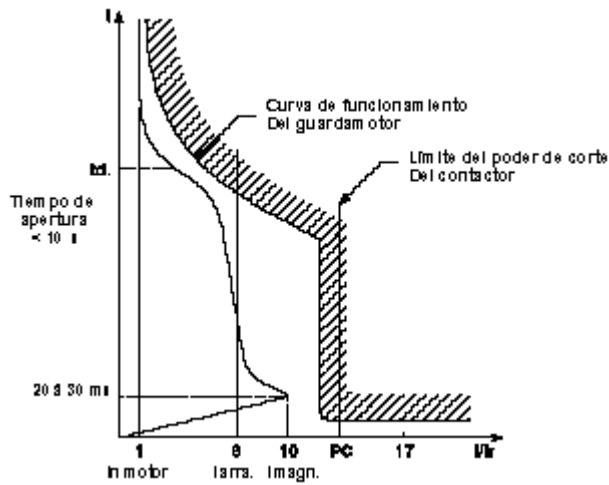
Solución 3 productos: contactor + relé térmico + seccionador portafusibles



Solución 3 productos: contactor + relé térmico + guardamotor magnético



Solución 2 productos: contactor + guardamotor magnetotérmico

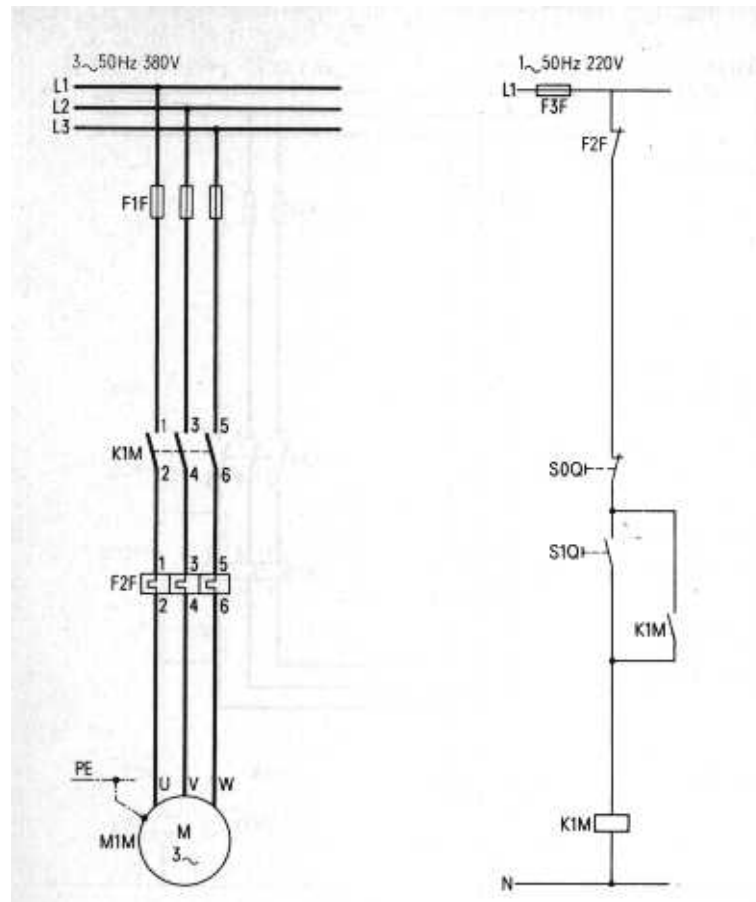


7.- CONEXIÓN DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DE UNA SALIDA A MOTOR (Diagramas de comando)

Existen muchas formas de comandar uno o varios motores, dependiendo de los elementos que se utilicen para su arranque y protección así como del funcionamiento previsto del motor (un sentido de marcha, dos sentidos de marcha, comando por botoneras, comando remoto, etc.)

A continuación se presenta un esquema de comando estandar para arranque directo y otro para arranque estrella – triángulo.

Arranque directo:



Siendo:

F1F y F3F: Fusibles de protección contra cortocircuito del circuito de potencia y del circuito de comando respectivamente

K1M: contactor de comando

F2F: relé térmico, c / un contacto NC

S1Q: Pulsador NA de arranque

S0Q: Pulsador NC de parada

Explicación del funcionamiento del diagrama de comando:

Inicialmente, el contactor K1M se encuentra abierto.

Marcha: Al presionar el pulsador S1 y no haber falla térmica en el motor, el contacto F2F del relé térmico está cerrado; como el pulsador S0Q es NC y no está presionado el contacto S0Q está cerrado y al cerrarse el contacto S1Q se energiza la bobina del contactor K1M cerrándose entonces sus contactos principales.

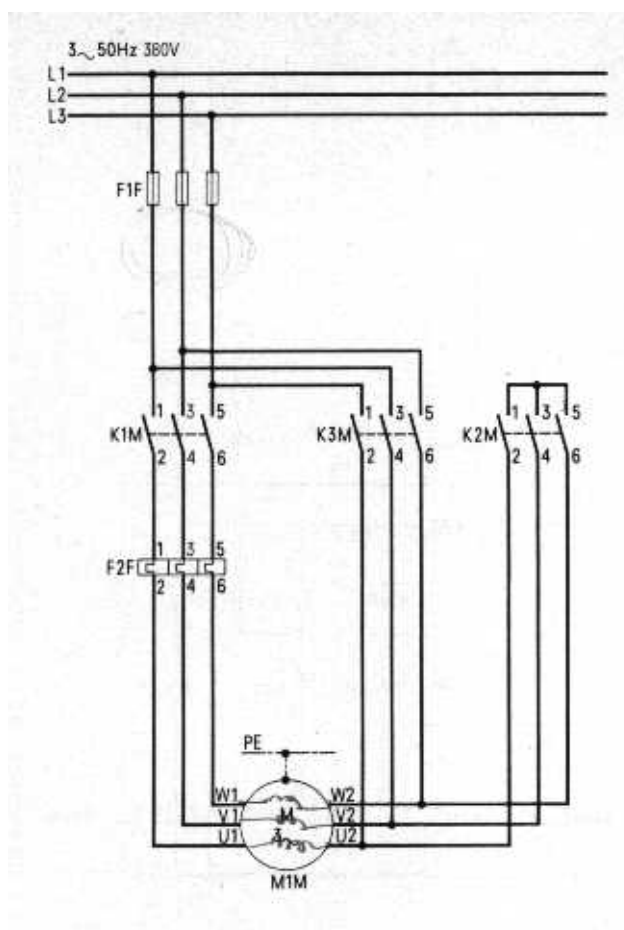
Al cerrarse el contactor K1M, se cierran sus contactos auxiliares, entonces, independientemente que se deje de presionar S1Q, la bobina se mantiene alimentada a través del contacto auxiliar de K1M en paralelo con S1Q y el contactor permanece cerrado. A este contacto de K1M en paralelo con el pulsador de marcha se le denomina usualmente contacto de autoretenición.

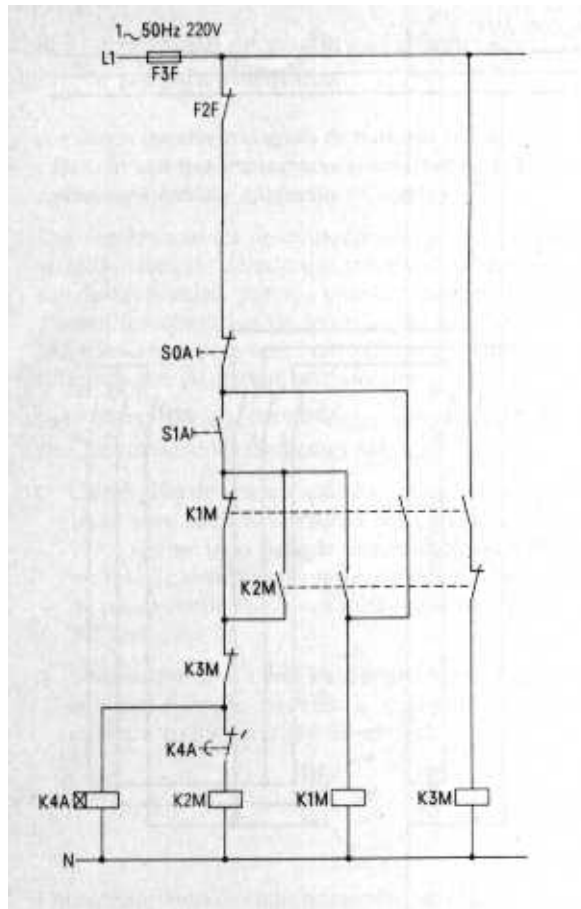
Parada: Al presionar el pulsador S0Q, como es un contacto NC, el contacto S0Q que aparece en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a la bobina del contactor K1M. K1M, con su bobina desenergizada, se abre.

Parada por disparo del relé térmico: En caso de detectarse una sobrecarga, el contacto NC de F2F que figura en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a la bobina del contactor K1M. K1M, con su bobina desenergizada, se abre.

Observar que en caso de desear comandar el contactor desde más de un punto, alcanzará con poner contactos NA de los comandos de apertura adicionales que se desee en paralelo con el contacto de S1Q y contactos NC de los comandos de cierre adicionales que se desee en serie con el contacto de S0Q.

Arranque estrella - triángulo:





Siendo:

F1F y F3F: Fusibles de protección contra cortocircuito del circuito de potencia y del circuito de comando respectivamente

K1M, K2M: contactores de comando c/ 2NA+1NC c/no

K3M: contactor de comando c/ 1NC

F2F: relé térmico, c / un contacto NC

S1A: Pulsador NA de arranque, 1NA

S0A: Pulsador NC de parada, 1NC

K4A: temporizador c/retardo a la conexión, 1NC

Explicación del funcionamiento del diagrama de comando:

La conexión en estrella de los bobinados del motor se logra cerrando el contactor K2M y la conexión en triángulo cerrando el contactor K3M.

Inicialmente, los tres contactores están abiertos.

Marcha: Al pulsar S1A, como el NC del relé térmico F2F está cerrado puesto que no hay falla por sobrecarga, el NC de S0A está cerrado puesto que no está presionado el pulsador de parada, los contactos NC de K1M y K3M están cerrados puesto que ambos contactores están abiertos y el contacto NC del temporizador K4A está cerrado puesto que el temporizador no está funcionando, se energiza la bobina del contactor K2M, cerrándose el contactor K2M y se activa el temporizador. En este momento se ha conectado los bobinados del motor en estrella.

Al energizarse K2M, se cierran sus contactos auxiliares NA y se energiza entonces la bobina de K1M, cerrándose el contactor K1M y entregando tensión al motor.

Tanto K1M como K2M permanecen cerrados, aún luego de mantener S1A pulsado, a través de los contactos de autoretenición de K2M. Al estar K2M cerrado, su contacto NC está abierto y la bobina de K3M no está alimentada, por lo que K3M está abierto.

Cuando el temporizador llegó a su valor de seteo el contacto NC de K4A se abre, desenergizando la bobina de K2M, lo que provoca la apertura de K2M.

K1M permanece cerrado, entonces su contacto NA está cerrado y como K2M abrió, su contacto NC se cerró, por lo que se energiza la bobina de K3M, provocando el cierre de K3M y la conexión de los bobinados del motor en triángulo, lo que implica el fin del arranque.

Parada: Al presionar el pulsador S0A, como es un contacto NC, el contacto S0A que aparece en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a las bobinas que estuvieran activadas (sean K1M, K2M y K4A o solamente K1M). K1M y K2M, con su bobina desenergizada, se abren. Al abrir K1M, su contacto NA se abre por lo que se desenergiza la bobina de K3M.

Parada por disparo del relé térmico: En caso de detectarse una sobrecarga, el contacto NC de F2F que figura en el diagrama de comando se abre, dejando sin alimentación a las bobinas que estuvieran activadas (sean K1M, K2M y K4A o solamente K1M). K1M y K2M, con su bobina desenergizada, se abren. Al abrir K1M, su contacto NA se abre por lo que se desenergiza la bobina de K3M.