

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

Un aparato de maniobra que cumple con la condición de seguridad cuando se garantiza la aislación de los contactos abiertos con maneta en posición "O" tanto bajo la tensión nominal como ante las sobretensiones esperables en el sistema. Las funciones a cumplir según la necesidad son:

Seccionamiento
Interrupción
Protección
Conmutación

La función interrupción es definida por la norma IEC 60947-1 define claramente las características de los aparatos según sus posibilidades de corte.

La función protección incluye una elevación de la corriente normal de carga es un síntoma de anomalía en el circuito, que de acuerdo a su magnitud y a la rapidez de su crecimiento, se puede tratar de sobre-cargas o cortocircuitos. Esta corriente de falla aguda abajo del aparato de maniobra, si no es cortada rápidamente, puede ocasionar daños irreparables en personas y bienes. Por ello es indispensable considerar ambos aspectos:

Protección de personas
Protección de bienes

La función seccionador o conmutación contempla el cierre y apertura sin carga, puede soportar un cortocircuito estando cerrado. Apto para el seccionamiento en posición abierto.

Interruptor.- Se lo denomina interruptor manual o seccionador bajo carga. Cierra y corta en carga y sobrecarga hasta $8 I_n$. Soporta y cierra sobre cortocircuito pero no lo corta.

1.- SIMBOLOGIA NORMALIZADA

Antiguamente se utilizaban modelos antiguos conformados por : Un seccionador y fusibles los mismos que presentan las siguientes desventajas:

- . Abre y cierra sin carga.
- . Es fijo.
- . Poco selectivo.
- . Reemplazable.
- . Ocupa mucho espacio.
- . El arco deteriora su entorno.
- . Ya están descontinuados por ser una constante fuente de peligro.

Tenemos que manifestar que la única ventaja es su bajo costo.

Actualmente, dado los altos avances tecnológicos, se utilizan los interruptores automáticos los mismos que presentan las siguientes ventajas:

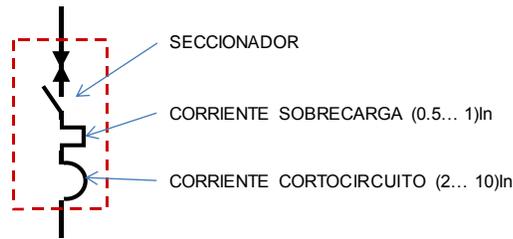
- . Abre y cierra con carga.
- . Es regulable.
- . Muy selectivo.
- . Rearmable.
- . Ocupa poco espacio.
- . Tiene cámara de extinción.
- . Están actualizados y presenta mucha seguridad mecánica.

Las desventajas posibles según el tipo de empresa son: Relativamente caro, caro y muy caro. Los interruptores modernos utilizan dispositivos que pueden detectar las variaciones de corriente y según sea la magnitud de la variación podemos clasificarlo en:

Sobrecorriente.- Se trata de las corrientes que se hallan por encima del valor nominal del interruptor. Se regula por medio de un cursor el cual controla el efecto electrotérmico del relé. Su rango de halla dentro $(0.5 \dots 1)I_n$.

Corriente de cortocircuito.- Este control se puede lograr como sigue:

Fijos.- Operan cuando las corrientes que circulan son 10 In.
 Regulados.- Operan dentro de un rango de (2 a 10)In.



SIMBOLOGÍA DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO SEGÚN IEC 947 - 2

Los interruptores termomagnéticos modernos se clasifican como sigue:

- . Magnéticos fijos y regulable.
- . Termomagnéticos fijos y regulables.
- . Térmico fijo y magnético regulable.
- . Térmico regulable y magnético fijo.

Efecto térmica Protección contra las sobrecorrientes.
 Efecto magnético Protección contra las corriente de corto circuito.

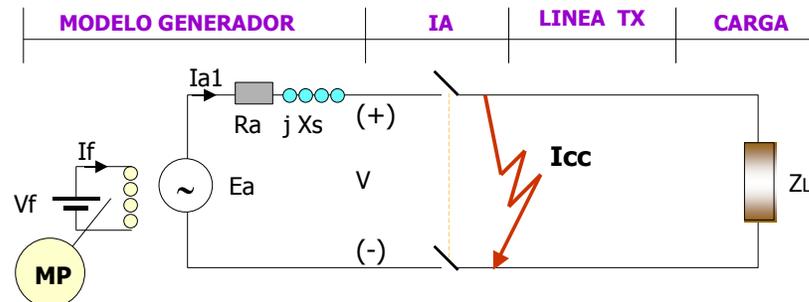
Corriente de corto circuito.- Es el abundante flujo de electrones que fluye por un punto defectuoso mientras dura la falla.

Modelo.- Es la representación física de un sistema eléctrico para lo cual se utilizan elementos pasivos (R, L y C) y elementos activos (fuentes AC).

Interruptor.- Equipos diseñados para despejar, en forma rápida, las fallas de sobrecorriente y corto circuito ocurridos en un sistema eléctrico.

Cuando se produce el corto circuito sucede:

- . El Generador ve que la impedancia total cae bruscamente.
- . En consecuencia el generador inyecta una alta corriente llamado Icc.
- . El ITM debe despejar la falla de inmediato.



Modelo de un sistema eléctrico elemental

2.- NORMALIZACION DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

En el presente trabajo se pretende dar a conocer el contenido de las Normas Internacionales

IEC 947 y VDE 102. Estas normas presentan una terminología clara y cabal sobre los equipos y elementos que conforman los **SISTEMAS DE PROTECCION**. Definen los conceptos de:

- Seleccionar en forma adecuada el equipo eléctrico.
- Protección de los equipos que gobiernan las cargas.
- Realizar la coordinación y el ajuste de la protección.

Los aparatos de protección tienen la función de interrumpir el flujo de energía eléctrica (sacando fuera de servicio a la carga, desconectándolo de la línea de alimentación), cuando se presentan:

- . Irregularidades en su funcionamiento de la carga ó
- . Variaciones considerables de V, I y F nominales del sistema eléctrico.

La IEC 947 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION) tiene el objetivo de armonizar en todas las formas posibles el conjunto de reglas y de disposiciones aplicables al sector de baja tensión. La IEC 947 es dividida en varios artículos como sigue:

- . 947 - 1 Reglas generales.
- . 947 - 2 Interruptores automáticos.
- . 947 - 3 Interruptor – seccionador, Interruptor - seccionador - fusibles.
- . 947 - 4 Contactores y arrancadores.
- . 947 - 5 Equipos y elementos para circuitos de mando.
(Sensores de proximidad, temperatura, etc).
- . 947 - 6 Equipos de conexión a funciones múltiples.
(Arrancador integral o transferencia automática).
- . 947 - 7 Materiales accesorios(Bloques de unión para conductores de cobre)

Estas normas nos brinda los procedimientos adecuados para la selección y dimensionamiento de los interruptores automáticos en baja y media tensión. Esta norma nos proporciona los parámetros mas exactos aplicable a generadores, transformadores, líneas y usuarios en baja tensión.

IEC 947 parte 2	Vn< 1Kv	Baja tensión.
IEC 898	Vn< 1Kv	Instalaciones domiciliarias
IEC 364	Vn< 1Kv	Instalaciones domiciliarias
IEC 479	Vn< 1Kv	Efectos fisiológicos de la electricidad

Estas normas son aplicadas exclusivamente en la selección de interruptores automáticos. Por otro lado contamos con las normas internacionales VDE que son mucho más estrictas que las IEC en la selección y dimensionamiento de interruptores termomagnéticos (baja tensión) e interruptores automáticos (media tensión).

VDE 0102, parte 1	Vn> 1 Kv	Media tensión
VDE 0102, parte 2	Vn< 1Kv	Baja tensión.

3.- PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS.

Son alteraciones de los principales parámetros de los sistemas eléctricos de corriente continua o alterna. Los parámetros eléctricos principales son: Tensión, corriente y frecuencia siendo sus unidades Voltios, Amperios y frecuencia respectivamente.

Corrientes anormales.- Alteración de la corriente nominal por encima de los valores establecidos estos pueden ser:

Alta intensidad.- Están conformados por las corrientes de cortocircuitos asimétricos y simétricos. Se dan entre $2I_n < I_{n\text{nominal}} < 10 I_n$. El tiempo de duración 50 - 250 mseg.

Baja intensidad.- Cuando se sobrepasa la corriente nominal entre $1I_n < I_{n\text{nominal}} < 1.5 I_n$.

Conformados por las corrientes de sobre carga. El tiempo de duración es de hasta muchos segundos y/o uno o varios minutos según sea el caso.

Tensiones anormales.- Se denominan así cuando los niveles de la tensión están fuera de los valores normalizados. En los sistemas industriales se dan dos casos:

Sobre tensiones.- Deterioran los aislamientos de los equipos y sistema eléctrico y pueden producir fuertes descargas a tierra.

Pueden ser de origen:

Externo.- Descargas atmosféricas (Corta duración).

Interno.- Maniobras y frecuencia industrial.

Sub tensiones.- Aparecen debido a perturbaciones ocurridas dentro del sistema eléctrico. Su origen se debe a:

- . Sobrecarga en la línea del sistema eléctrico.
- . La central de generación entrega una baja tensión.
- . En el arranque de los motores de inducción.

Frecuencias anormales.- Cuando la frecuencia de operación se halla fuera del margen establecido se dan:

. Sub frecuencia (inferior a la frecuencia nominal), se debe a un desbalance $KW_{generación} < KW_{carga}$.

. Sobre frecuencia (superior a la frecuencia nominal), se debe a un desbalance $KW_{generación} > KW_{carga}$.

Inversión de potencia.- El flujo de potencia activa debe estar predeterminado en un solo sentido. El cambio de sentido del flujo implica una situación anormal por lo que se debe utilizar un relé de potencia inversa.

Otras.- Para aplicaciones particulares es posible detectar condiciones anormales de:

Impedancias, temperaturas, presiones, vibraciones, comparaciones de corrientes y tensiones de entrada y salida, corrientes de secuencia a cero entre otros.

4.- MISIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION

Los equipos de protección, instalados dentro de un circuito eléctrico, son importantes por:

- . **Proteger físicamente al personal técnico.**
- . Prevenir o atenuar los daños al conjunto de equipos.
- . Minimizar el tiempo de indisponibilidad de equipos interrumpidos en el circuito servido.
- . Minimizar el efecto de las perturbaciones sobre el resto de la red.
- . Aísla rápidamente los elementos fallados evitando la pérdida de la estabilidad del sistema.
- . Utilización de equipos adecuados para que el sistema trabaje bien y de esta manera tengamos una energía de alta calidad.

5.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO

Las características de funcionamiento de los interruptores automáticos dependen directamente de los parámetros que a continuación presentamos:

Fiabilidad.- Es la seguridad de funcionamiento cuando se necesita y su accionamiento innecesario. Se le conoce también con el nombre de confiabilidad. Atentan contra la fiabilidad:

- . Diseños incorrectos.
- . Malos ajustes.
- . Instalación inadecuada.
- . Deterioro de los equipos debido a:
 - . Fallas o envejecimiento del relé.
 - . Mantenimiento inadecuado o no existente.

Una medida para incrementar la confiabilidad del equipo es duplicar la protección (incluyendo transductores de medida y servicios auxiliares).

Rapidez.- Los cortocircuitos producen grandes corrientes las que ocasionan la formación de arcos eléctricos muy grandes y por ende destructivos que pueden dañar los equipos y

ocasionar incendios. La permanencia prolongada de los cortocircuitos puede afectar la estabilidad del sistema eléctrico. En consecuencia el tiempo de actuación del equipo debe ser el más corto posible. El tiempo de actuación de la protección está compuesto por:

- . Tiempo de actuación del equipo.
- . Tiempo de actuación de los interruptores.
- . Tiempo de la temporización.

Se presentan los siguientes relés y/o equipos:

Equipos estáticos (tiempo de accionamiento < 17 mseg.).

Equipos electromecánicos (tiempo > 2 a 3 ciclos).

Selectividad.- El diseño y coordinación de la protección debe ser tal que aún en condiciones más desfavorables y extremas, solamente se aisle la parte del sistema o equipo afectado quedando operativo el resto del sistema. Es necesario que en la ocurrencia de fallas actúen los interruptores más cercanos al equipo protegido para lo cual se utilizan varios tipos de protección a saber:

- . Unitarios y/o restringidos.
- . Escalonados (relés de impedancia ó sobrecorriente).

Sensibilidad.- Se refiere a la más pequeña variación de la magnitud controlada que el sistema puede detectar. Esta magnitud debe ser plenamente conocida por el Ingeniero especialista en protección con el objeto de controlar la correcta operación de los relés. En caso de tratarse de relés, se refiere a los voltios amperios que operan (consume) a dicho equipo.

Estabilidad.- Es la habilidad de los equipos de no actuar ante condiciones normales de carga y ante fallas externas a su zona de influencia. Así mismo deben ser estables ante oscilaciones de tensión, corriente y frecuencia, etc.

Simplicidad.- Debe ser de fácil manejo teniendo pocos elementos que puedan fallar, aumentando así la fiabilidad. Tener en cuenta que no necesariamente el sistema más simple es el más económico.

Otros.- Se refieren a otras características tales como:

- . Bajo consumo.
- . Facilidad de mantenimiento.
- . Economía global del sistema.
- . Criticidad del sistema.

6.- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES Y CORTOCIRCUITO

Seccionamiento.- A fin de trabajar en forma segura en instalaciones, máquinas y su equipamiento eléctrico, debe ser posible aislar eléctrica y físicamente todos los circuitos de potencia y de control de la línea de distribución. El seccionamiento se realiza sin carga (IEC 947-3).

Las desventajas que presentan son las siguientes:

- . Abre y cierra sin carga.
- . El equipo es fijo.
- . Poco selectivo.
- . Al destruirse es reemplazable.
- . Cuando se instala ocupa mucho espacio.
- . Al producirse un corto circuito el arco deteriora su entorno.
- . Ya están discontinuados.
- . Es una fuente constante de peligro.

La única ventaja es su costo barato.

Interruptor.- Permite la conexión y desconexión de un circuito con carga, así como la parada de emergencia (IEC 947 - 2).

Las ventajas que presentan son las siguientes:

- . Abre y cierra con carga.
- . Es regulable, muy selectivo.
- . Al accionar frente a un corto circuito es rearmable.
- . Ocupa poco espacio.
- . Tiene cámara de extinción.
- . Están actualizados y proporcionan gran seguridad mecánica.

La única desventaja es su costo relativamente

caro y muy caro.

Protección contra cortocircuito.- Cualquier instalación puede estar sujeta a fallas eléctricas y mecánicas. Con el fin de evitar que estas fallas causen daños a la carga y a su equipamiento es necesario prever protecciones contra corto circuitos y sobrecargas. El objetivo de la protección contra corto circuitos es detectar y cortar, lo más pronto posibles, corrientes anómalas de 2 a 10 veces la corriente nominal de la carga. Función incluida en:

- . Interruptores magnéticos para motores.
- . Interruptores termomagnéticos para motores.
- . Interruptores para cargas diversas.

Protección contra sobrecargas.- La protección contra sobrecargas permite detectar incrementos de corriente entre 1 a 1.5 veces la corriente nominal de la carga; y desconectar el sistema para evitar el deterioro de los materiales aislantes de los conductores y carga evitando así un corto circuito. Es también posible añadir otras protecciones, como la protección contra fallas de aislamiento, pérdida de fase, desbalance de tensiones y corrientes, etc. Los dispositivos específicos son:

- . Relé térmico contra sobrecarga para motores.
 - . Interruptores termomagnéticos para cualquier carga.
- Aplicación en la protección contra corto circuitos y sobrecargas tales como:
- . Motores eléctricos síncronos y asíncronos.
 - . Sistema de iluminación.
 - . Sistemas de calefacción.
 - . Aire acondicionado.
 - . Máquinas y electrodomésticos en general.
 - . La industria de la construcción
 - . La industria de equipos electrónicos.
 - . Las industrias: textil, minas, pesquera, entre otras.

Cuando se tiene una máquina con una muy alta criticidad es conveniente protegerlo contra todo posible daño, para ello se tendrán que gobernar los parámetros siguientes: Corriente, Tensión y Frecuencia. Los sensores de los circuitos de los parámetros de la máquina deben ser instalados en las tres fases, además deben tener un circuito de gobierno común, que permita controlar la totalidad de las características de la máquina.

El diseño deberá considerar que cuando actúen los elementos de protección, no deberán ser reseteados automáticamente, es recomendable detectar cual ha sido la causa o motivo por el cual ha actuado.

Los relés de sobrecarga deben ser seleccionados de modo que permitan el arranque y parada de la carga, así mismo nos indique el tipo de falla en su panel frontal.

Antiguamente los sistemas de protección dependían de los fusibles y de su respectivo seccionador teniéndose una muy pobre selectividad, sensibilidad y confiabilidad del sistema de protección del circuito eléctrico.

7.- CONSTITUCIÓN ELECTROMECHANICA

En la vista anterior se pueden ubicar las principales partes que constituyen los interruptores automáticos de baja tensión. La carcasa ó caja moldeada contiene materiales aislantes resistentes a altas temperaturas, además que mecánicamente deben soportar los grandes esfuerzos que producen las corrientes de corto circuito.

Los pernos de conexión tipo hallen están diseñados para recibir (en la parte superior) a la fuente de tensión y (en la parte inferior) los alimentadores de la carga. También se puede notar el sistema de regulación termomagnética, la placa de datos nominales del interruptor automático.

8.- CLASIFICACION DE LOS INTERRUPTORES AUTOMATICOS

Los interruptores en B.T. pueden ser clasificados de acuerdo a:

- . Aspectos constructivos.
- . Aspectos funcionales

En ambos casos deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- . Tipo de instalación
- . Grado de protección proveniente del tablero.
- . Tipo de mecanismo de operación para accionarlo.
- . Tipo de mantenimiento

Los fabricantes básicamente han clasificado sus interruptores en:

Interruptores de caja moldeada.- Presentan las siguientes características: Soporte de estructura hecha de material aislante. Caja hecha de material termoplástico (resinas de poliéster + fibra de vidrio). Material que resiste a altas temperaturas (180°C).. Encapsulado resistente a altas presiones (17bar).

Interruptores automáticos de Caja moldeada (izquierda) y abierto (derecha).

Interruptores abiertos.- Presentan las siguientes características:

- . Soporte de estructura hecha de chapa de acero.
- . Soporte de los polos moldeado en material aislante (resinas de poliéster + fibra de vidrio).
- . Capacidad de mantener corrientes iguales a la capacidad interruptiva hasta 1 segundo y disparar con retardos de tiempo.
- . Facilidad de inspección y mantenimiento.

Los interruptores termomagnéticos (ITM) modernos se clasifican como sigue:

- . Magnéticos fijos.- Diseñados para responder a grandes corrientes $\geq 10 I_n$), normalmente no existe ninguna inscripción en el ITM.
- . Magnético regulable.- Diseñados para responder a corrientes (2 a 10) I_n , existe un vernier de regulación manual.
- . Termomagnéticos fijos.- La parte térmica soportará solo la corriente nominal o de placa del ITM. La parte magnética igual que el anterior.
- . Térmico fijo y magnético regulable. Térmico regulable y magnético fijo.

- . Térmico y magnético regulable.
 - . Protección contra las sobrecorrientes, cuando es regulable el intervalo $(0.5 \text{ a } 1)I_n$ del IA.
- Magnética Protección contra las corriente de corto circuito.

Los interruptores termomagnéticos han sido diseñados especialmente para despejar en forma rápida las fallas de sobrecorriente y cortocircuito. El tiempo del despeje dependerá de la regulación a la cual ha sido sometido.

9.- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

Teniendo en cuenta que estos equipos son muy importantes en el control y protección de las cargas y alimentadores del sistema de fuerza y mando es que son fabricados teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Elevadas prestaciones.- Estos interruptores tienen que estar preparados para poder soportar los grandes esfuerzos electromecánicos producidos por las corrientes de corto circuito, es decir se necesita posean una: .

- . Construcción monopolar.
 - . Óptima geometría de contactos.
 - . Avanzada tecnología de las cámaras de arco
 - . Cámaras de arco inspeccionables
 - . Ausencia de uniones metálicas en las partes vivas.
 - . Altísimo número de maniobras eléctricas
 - . Estructura metálica.
 - . Doble aislamiento entre circuitos auxiliares y circuitos de fuerza
 - . Ningún contacto con partes vivas.
- Todos los accesorios eléctricos son precableados para montaje desde el frente del interruptor.



Aspectos constructivos de los interruptores automáticos.

Reducción del volumen.- Es uno de los objetivos de la modernización de los equipos automáticos, esto se logra con los siguientes factores:

- . Posibilidad de construir tableros de distribución compactos.
- . Interruptor extraíble hasta 2000 Amperios.
- . Apropiado para montaje en columnas de solo 400 mm de ancho.
- . Solo 4 puntos de montaje y/o riel tipo din.
- . Estandarización de soportes de estructuras

Aptitud al seccionamiento.- Si en la posición de abierto, el interruptor automático garantiza el seccionamiento del circuito en conformidad con la Norma IEC – 947 - 2, entonces el fabricante está autorizado de colocar el símbolo de “apto al seccionamiento”.

Tropicalización.- Si el interruptor es fabricado de acuerdo a las normas IEC 068 – 2 – 1 “Cold”, IEC 068-2 “DryHeat”, IEC 068-2-30 “DampHeat”, entonces puede ser considerado apto para trabajar en zonas de ambiente agresivo tales como la industria química y naval.

Resistencia a las vibraciones.- Conforme a las normas IEC 068 – 2 - 6. Resistentes a vibraciones de origen mecánico o electromagnético. Certificados por las entidades internacionales que exigen las condiciones más severas de trabajo, estas organizaciones son:

- . Rina
- . DET Norske Veritas
- . Lloyd’s register of Shipping
- . Bureau Veritas

Grados de protección.- Según la IEC 529, se refiere a la protección mecánica contra todos los cuerpos externos al interruptor. La primera cifra significativa (protección contra cuerpos sólidos) y la segunda cifra significativa (protección contra cuerpos líquidos), los grados de protección más relevantes son:

- . IP 20 para partes fijas.
- . IP 30 para partes frontales (excluidos terminales).
- . IP 40 para interruptor con manija rotativa.
- . IP 54 para interruptor con manija rotativa en puerta.

Fácil, rápido y seguro de instalar.- Debido a que será manipulado por personal técnico operativo, esto implica tomar todas las precauciones para su servicio de operación:

- . Extracción a Puerta Cerrada
- .

Para una segura operación:

- Solo a interruptor abierto
- Línea de fuerza y circuitos auxiliares seccionados.
- .

Montaje en todas las posiciones: Alimentación superior o inferior.

- . Montaje en placa base:
- . Montaje en riel DIN hasta 630 A,
- . DIN EN 50022 para S1 y S2
- . DIN EN 50023 para S3, S4 y

-
-
-
-
- S5

.
D

oble aislamiento.-

Para la correcta conexión y accionamiento, con el interruptor montado, sin acceso a partes sometidas a tensión.

Permite la i

nspección directa de los contactos y cámaras de extinción de arco con interruptor fuera de servicio.

Compatibilidad electromagnética.- De acuerdo a las normas IEC 947-2, IEC 61000-4, EN 50081, EN 50082, el interruptor no debe verse perturbado por perturbaciones transitorias de ningún origen (atmosféricas, generadas por equipos electrónicos de potencia, etc.).

S

Seguridad de operación y mantenimiento.-

El equipo debe garantizar la máxima seguridad al personal de operación y Mantenimiento, ofreciendo a

aislamiento entre partes de control y fuerza. Es muy accesible por la parte frontal, no presenta ningún acceso a partes vivas.

C

Capacidad de comunicación.- En la actualidad es de gran importancia que los interruptores sean capaces de integrarse a sistemas de control y monitoreo a distancia mediante protocolos de comunicación abiertos.

C

Coordinación de protecciones.- Existen dos formas principales de realizar la coordinación de protecciones:

- . Back up
- . Selectividad

Dentro de la selectividad

encontramos los siguientes métodos:

- . Selectividad cronométrica
- . Selectividad amperimétrica
- . Selectividad energética.

L

Limitadores de corriente.- Tienen la función de limitar la energía específica pasante en casos de corto circuito salvaguardando así la integridad de los equipos aguas abajo. Se caracterizan por su alto poder de ruptura y por su gran velocidad de apertura. Presentan un

interruptor Limitador de Corriente
, por ejemplo para el siguiente modelo:
Modelos: S1X100, S3X,
S4X y S6X
In: 100 - 630 Amp.
Icu: 70 - 200 kA.
Tapertura: 3,5mseg

10.- CATEGORIA DE UTILIZACIÓN

Define la capacidad de un interruptor para trabajar en el sistema con una determinada selectividad, se presentan las siguientes categorías:

Categoría A: Equipo no previsto para ser selectivo en condiciones de corto circuito, con relación a otros dispositivos de protección en serie con los mismos ubicados del lado de la carga, sin temporización prevista para condiciones de cortocircuito por este motivo no se especifica I_{cw} .

C

Categoría B: Equipo apto para la selectividad en condiciones de corto circuito. Para estos equipos debe especificarse la I_{cw} previstos para ser selectivos en condiciones de cortocircuito con relación a otros dispositivos de protección en conectados en serie con los mismos ubicados del lado de la carga y con temporización regulable para condiciones de cortocircuito.

Para estos interruptores es indispensable especificar I_{cw} .

La regulación que presentan son:

- . Regulación térmica (sobrecorriente) 0.5 – 1 Inominal.
- . Regulación magnética (corto circuito) 2 – 10 Inominal.

Debido a este tipo de regulación, estos interruptores reciben el nombre de interruptores termomagnéticos regulables.

11.- DIVERSOS VALORES DE LAS CORRIENTES

Se denominan así a los diversos valores de las corrientes que el interruptor automático teniendo en cuenta los periodos de conducción. A continuación presentamos los conceptos de éstas corrientes:

Corriente permanente (I_u).- Es el valor de la corriente más elevada que el interruptor está disponible a conducir en forma permanente para:

- . Para una cierta tensión U_e
- . Una cierta temperatura T
- . Cierta condición de disipación.

Corriente térmica nominal (I_n).- Es el valor de corriente en el cual el interruptor puede conducir en forma ininterrumpida la corriente permanente (I_u), siendo esta la corriente térmica nominal al aire libre (I_{th}).

Poder de interrupción nominal límite de corto circuito (I_{cu}).- Es el valor más elevado que el interruptor está en condiciones de interrumpir para:

- . Una cierta tensión de servicio
- . Un cierto factor de potencia
- . Un ciclo de operación 0 – 3 minutos.

Después de este ciclo, el interruptor puede no garantizar la continuidad de servicio, pero si debe mantener:

- . Aislamiento en las dos posiciones: abierto y cerrado.
- . Protección propia, el relé debe disparar con una corriente de $2,5 I_n$

Poder de interrupción nominal de servicio en corto circuito (I_{cs}).-Es decir, valor de corriente más elevado que el interruptor está en condiciones de interrumpir para:

- . Una cierta tensión de servicio
- . Un cierto factor de potencia
- . Un ciclo de operación 0 – 3 minutos.

Después de este ciclo el interruptor debe garantizar la continuidad del servicio,

El valor de la I_{cs} debe corresponder a

- . 25 – 50 – 75 – 100 % de I_{cu} (para categoría A)
- . 50 – 75 - 100 de I_{cu} (para categoría B)

Corriente asignada de corta duración admisible (Icw).- Es decir, valor de corriente de corto circuito más elevado que el interruptor está en condiciones de soportar durante un tiempo especificado (valores referidos 0,05 - 0,1 - 0,2 -0,5 - 1seg) sin abrirse o dañarse para:

- Una tensión de servicio
- Un intervalo de tiempo

La Icw debe indicarse obligadamente cuando el interruptor es de categoría B.

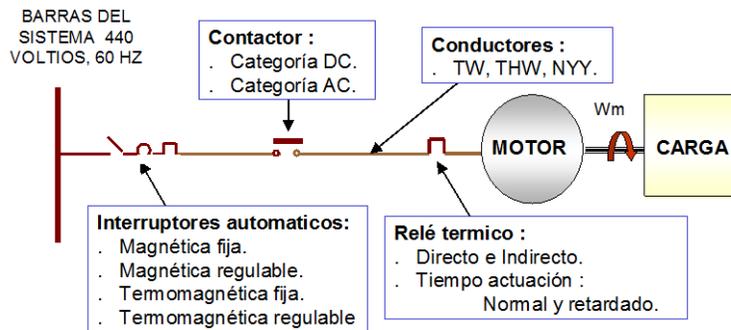
12.- CONFORMACIÓN DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO

Un circuito eléctrico está conformado de: sistema de accionamiento, carga (máquina), y los conductores eléctricos que son los responsables de conducir la energía eléctrica.

Esta disposición de los componentes deben satisfacer plenamente los requerimientos establecidos en las normas IEC y VDE.

Los circuitos de baja tensión utilizan los modelos establecidos en las normas IEC 947, en la que establece los tres tipos de coordinación: Tipo I, II y coordinación total.

Cabe recalcar que los conductores eléctricos deben seleccionarse respetando las normas ANSI e IEEE C57.110-1986, las mismas que recomiendan que los equipos de potencia que alimentan cargas no lineales, deben operar a no más de un 80% su potencia nominal; es decir, los sistemas deben ser sobre dimensionados a un 125% la potencia nominal que el sistema de cargas requiera.



13.- DATOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA ADQUIRIR LOS IA EN BAJA TENSION

Para hacer una correcta adquisición de los interruptores automáticos y facilitar la compra es recomendable conocer los siguientes parámetros nominales:

Tabla N° DATOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA ADQUIRIR UN ITM		
ITEN	Parámetros nominales	Valores seleccionados
1	Tensión nominal (Voltios)	
2	Corriente nominal (Amperios)	
3	Frecuencia nominal (Hertz)	
4	RT	(0.5 ... 1) I _n
5	RM	(2 10) I _n
6	Poder corte (KA)	
7	Ttrabajo C°	
8	Condiciones ambientales	
9	Altura msnm	
10	Peso (Kgr)	

11	Dimensiones (mm)	
12	Grado protección (IP.....)	
13	Tipo de ITM	

14.- SELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMATICOS

Los Interruptores termomagnéticos han sido diseñados especialmente para despejar en forma rápida las fallas de sobrecorriente y cortocircuito. El tiempo del despeje dependerá de la regulación a la cual ha sido calibrado el IA, (ver curvas del interruptor termomagnético). La selección está definida por las norma internacionales IEC 947-2, VDE 102,-02, NEMA AB-1 y UL – 489 y establecen conocer lo siguiente:

Constitución electromecánica del interruptor.- Concientes que no podemos seleccionar algo que no se conoce, es que nos ha llevado a desarrollar este tema.

PARÁMETROS NOMINALES DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.- Para hacer su correcta selección tener en cuenta os siguientes parámetros:

Corriente nominal.- Referida a la corriente de placa del interruptor esto en el caso de los interruptores fijos. Para los interruptores automáticos regulables siempre se incluye:

La regulación térmica (0.5 a 1) Inominal Sobrecargas.

La regulación magnética (2 a 10) Inominal Cortocircuito.

Tensión nominal.- Se trata de un control de la tensión que puede regularse a los valores normalizados en nuestro país.

Frecuencia nominal.- No es frecuente pero en el caso que suceda se incluye un control de la frecuencia a valores normalizados en nuestro país. En este caso tenemos que incluir las perturbaciones de los sistemas eléctricos en los que se incluyen las corrientes de cortocircuito y sus efectos electromagnéticos y térmicos que produce dicha corriente.

Temperatura de trabajo.- La máxima temperatura de servicio es de 60°C y en caso que el interruptor sea instalado en una zona donde la temperatura ambiente supere a 30°C es necesario hacer una compensación por temperatura.

Presenta las curvas que se utilizan en la compensación de la temperatura ambiente.

El interruptor automático está fabricado con una temperatura ambiente de 45°C. Si este interruptor es instalado en una zona donde la temperatura ambiente sea 55°C (fila B) entonces la capacidad del interruptor disminuye en un 7% es decir su corriente nominal desciende a un 93% de su capacidad nominal.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO.- Las características de funcionamiento de los interruptores automáticos dependen directamente de los parámetros que a continuación presentamos:

Fiabilidad

Rapidez

Selectividad

Sensibilidad

Estabilidad

Simplicidad

INTERPRETACIÓN DE LOS CATÁLOGOS DEL FABRICANTE.- Es necesario que el diseñador este muy compenetrado con los catálogos del fabricante nos estamos refiriendo a la información referida a:

- . **Serie económica.**
 - . **Serie estandar.**
 - . **Serie de alto poder de corte.**
 - . **Serie de muy alto poder de corte**
 - . Aplicaciones especiales (para generadores, transformadores y utilización en C.C.).
 - . Aplicaciones de los interruptores controlados electrónicamente
 - . Rango de operación.
 - . Curvas de trabajo y regulación tiempo / corriente .
 - . Curvas de ajuste de temperatura / corriente
 - . Medidas geométricas del equipo.
 - . A continuación presentamos la terminología utilizada en el presente
- Toda esta información viene muy bien detallada en los catálogos del fabricante.

PARÁMETROS MINIMOS EN LA SELECCIÓN DE LOS ITM.- Respecto a los valores de corrientes, para seleccionar correctamente un interruptor automático fijo o regulable, es necesario minimamente disponer de los siguientes parámetros:

- . Corriente nominal (I_n). A
- . I diseño = $1.2 I_n$ A
- . I elegido o comercial A
- . Regulación Térmica = I_n/I elegido
- . Regulación Magnética = $I''_{max} 3\phi/I$ elegido
- . Poder de corte (KA).

Con todos estos datos se puede seleccionar correctamente un interruptor termomagnético en baja tensión.

15.- REGULACIÓN EN INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Para poder regular los interruptores automáticos resulta imprescindible contar con las curvas de trabajo del interruptor automático donde se puedan visualizar en forma clara las zonas de regulación de regulación térmica y magnética, del mismo modo las zonas de regulación de los tiempos de accionamiento por sobrecarga y cortocircuito.

Curva de un interruptor termomagnético

CURVAS DEL INTERRUPTOR AUTOMATICO.- Siendo los motores asíncronos las cargas más pesadas es que presentamos las curvas de un interruptor termomagnético donde se pueden visualizar fácilmente las siguientes zonas:

- . Color rojo (regulación térmica).
- . Color negro (regulación contra rotor bloqueado)
- . Color azul (corriente de corto instantánea).

La curva amarilla corresponde al proceso de arranque de los motores de inducción trifásicos en ella se puede claramente la corriente de arranque y su respectivo tiempo en que se produce, la trayectoria de la corriente durante el proceso de vencer a la masa inercial, hasta tomar las condiciones nominales de trabajo donde el motor toma una corriente le que es la corriente de trabajo de la máquina.

FUNCIONES DE PROTECCIÓN NORMALIZADAS.- Son las siguientes:

Contra Sobrecarga (L).- Con intervención retardada de tiempo largo inverso y características de intervención según su propia curva de corriente vs tiempo $(0.5 \dots 1)I_n$.

Contra Corto Circuito con intervención retardada de tiempo corto inverso (S).- Con un rango de corriente de 0.4 a $1 I_{nominal}$ y un tiempo de 3 a 144 segundos.

Contra Corto Circuito instantánea (I).- Para corrientes de $(2 \dots 10)I_n$ y tiempos de 0.1 a 0.75 segundos.

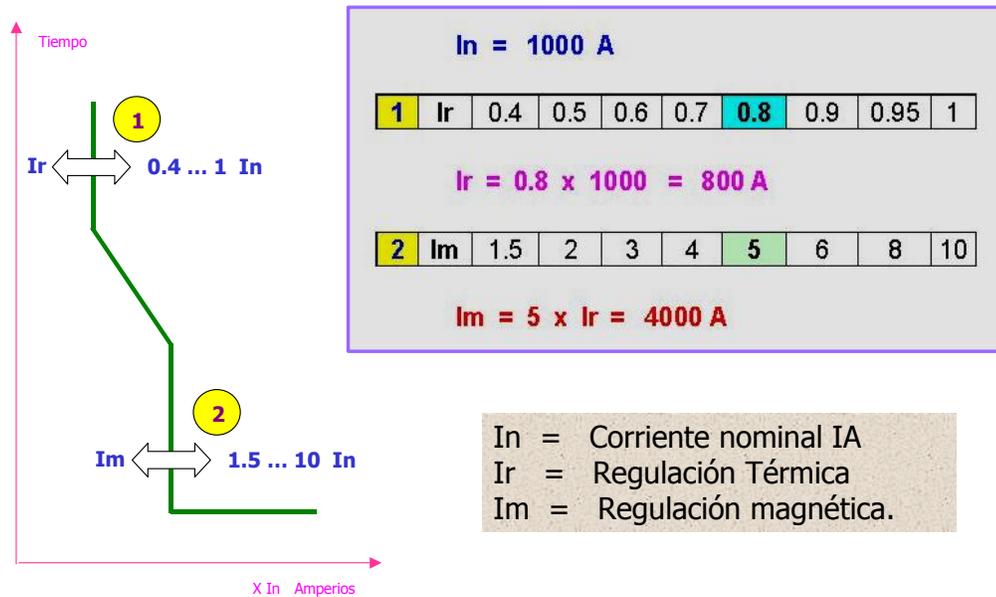
Contra Defecto a Tierra (G).- Con intervención retardada de tiempo corto inverso, para corrientes de $(0.2 \dots 1)I_n$ y tiempos de 0.1 a 1 segundo.

Protección contra Rotor bloqueado (R).- Interruptor para la protección de motores eléctricos con intervención retardada de tiempo largo inverso. Además se presentan en forma opcional las siguientes protecciones:

- Protección contra la falta y el desequilibrio de Fases (U)
- Protección contra sobre temperatura (T)
- Protección contra Inversión del flujo de potencia (P).

REGULACIÓN TERMICA Y MAGNETICA

Regulación térmica (Ir).- Colocar el vernier en la parte requerida de acuerdo a las necesidades de la carga. En las curvas (zona 1), puedo regular desde el 0.4 hasta 1 veces la corriente nominal del interruptor.



Regulación térmica y magnética de los interruptores termomagnéticos automáticos

Regulación magnética (Im).- Consiste en colocar el vernier en la parte requerida de acuerdo a las del arranque y protección de corto circuito. En las curvas (zona 2), puedo regular desde el 2 hasta 10 veces la corriente nominal del interruptor automático.

Vernieres para seleccionar las corrientes del interruptor

COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN.- A continuación presentamos la descripción pormenorizada de los 06 vernieres instalados en la parte frontal de los interruptores automáticos.

- | | | |
|---|----|---|
| 1 | Io | Regulación térmica previa de la corriente nominal. |
| 2 | Ir | Regulación térmica de la previa sobre la corriente nominal. |
| 3 | Im | Regulación magnética basado en la regulación térmica. |
| 4 | Im | Regulación magnética basado en la corriente nominal del IA. |
| 5 | tr | Tiempo de actuación de largo retardo (15 a 480 seg) |
| 6 | tm | Tiempo de actuación de corto retardo (0 a 0.3 seg) |

Regulación térmica, magnética y sus tiempos en los interruptores termomagnéticos

PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA.-Los interruptores automáticos dotados con relés que proveen la función de protección contra defectos a tierra se utilizan para proteger a los motores, generadores y transformadores en BT y MT. Esta función censa las corrientes de línea de las tres fases (a través de transformadores de corriente) y los suma vectorialmente y apenas exista un desbalance de corriente el relé ordena que el interruptor automático actúe.

Regulación de corriente y tiempos de falla a tierra en dos posiciones i^2t – OFF y i^2t – ON.

Las fallas producidas a tierra originan corrientes que circulan a la tierra y/o masa de los equipos desarrollando un potencial que resulta peligroso para las personas y equipos de accionamiento. En consecuencia resulta imprescindible que las cargas se hallen protegidas contra las fallas a tierra.

Por este motivo es que a continuación presentamos la protección contra fallas a tierra incluida en el interruptor automático y para regularlo es que disponemos de los siguientes controles:

Cuando se presenta i^2t - **OFF**

El sistema se encuentra sin control.

Cuando se presenta i^2t - **ON**

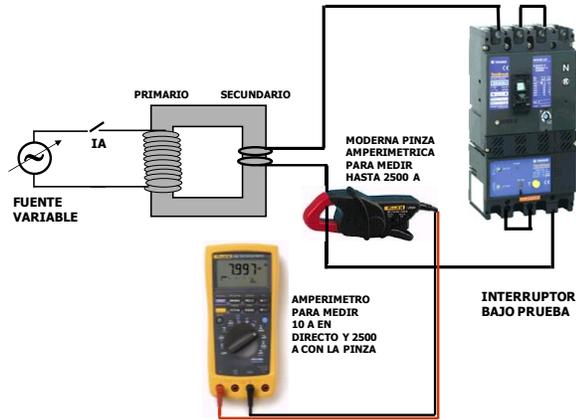
El sistema se encuentra operativo para este caso se presenta la regulación. Ifalla a tierra (Ih)

Magnitud de regulación de (0.2 a 0.6) In del ITM en Amperios.

Magnitud de regulación de 0.1 a 0.4 segundos.

16.- BANCOS DE PRUEBAS DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

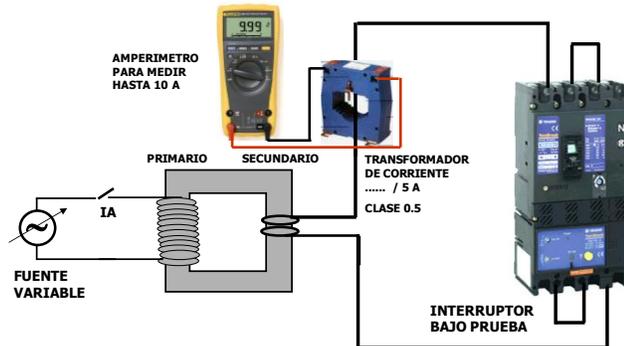
A continuación presentamos tres módulos utilizados en el contraste y calibración de los interruptores automáticos.



BANCO DE PRUEBAS DE UN INTERRUPTOR AUTOMATICO UTILIZANDO AMPERIMETRO Y PINZA AMPERIMETRICA FLUKE FUENTE: HUBER MURILLO MANRIQUE

La figura se utiliza para medir interruptores hasta el orden de los 10000 Amperios, depende de la capacidad de la pinza amperimétrica ya que el secundario de la pinza es de 5 Amperios, es muy utilizado en las empresas eléctricas y profesionales vinculados con los sistemas eléctricos de potencia.

La figura siguiente se utiliza para medir interruptores automáticos hasta el orden de los 10000 Amperios, depende de la capacidad del transformador de corriente ya que el secundario es de 5 Amperios, es muy utilizado para la medición de altas corrientes.



BANCO DE PRUEBAS DE UN INTERRUPTOR AUTOMATICO UTILIZANDO TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y AMPERIMETRO FLUKE FUENTE: HUBER MURILLO MANRIQUE

EJERCICIOS DE APLICACIÓN

PROBLEMA N° 1.- Seleccionar el ITM para un motor motor WEG muy importante de alta eficiencia tiene un arranque coordinación tipo I, las características del motor son las siguientes: 11 Kw, 4 polos, 220 Voltios, 60 Hz. conexión yF.S = 1.15. La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 10 KA

A.- Datos: P = 11 KW, 220 Voltios, 60 Hz. EF = 91.7 FP = 0.84 Tomando el F.S = 1.0Icc = 10 KA

$$I_{non} = 37.5 \text{ Amperios}$$

$$I_{diseno} = 1.2 \times I_{non} = 1.2 \times 37.5 = 45 \text{ Amperios}$$

Buscamos en el catálogo el ITM adecuado, encontrando las características técnicas siguientes:

Marca G.E Fuerza 3x50 A, 220 Voltios, 60 Hz, RT (0.5..1)In, RM (2..10)In, 15 KA

La Inominal de la carga debe quedar por debajo del ITM seleccionado. **El equipo satisface.**

B.- Datos: P = 11 KW, 220 Voltios, 60 Hz. EF = 91.7 FP = 0.84 Tomando el F.S = 1.15 Icc = 10 KA

Inon = 37.5 Amperios

Idisenio = $1.15 \times 1.2 \times I_{non} = 1.15 \times 1.2 \times 37.5 = 51.75$ Amperios

Buscamos en el catálogo el ITM adecuado, encontrando las características técnicas siguientes:

Marca G.E Fuerza 3x50 A, 220 Voltios, 60 Hz, RT (0.5..1)In, RM (2..10)In, 15 KA

La Inominal de la carga debe quedar por debajo del ITM seleccionado. **El equipo satisface.**

PROBLEMA N° 2.-Seleccionar el ITM para un motor motor WEG muy importante de alta eficiencia tiene un arranque coordinación tipo I, las características del motor son las siguientes: 30Kw, 2 polos, 220 Voltios, 60 Hz. conexión Y. F.S = 1.0 La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 14.95 KA

Datos: P = 30 KW, 220 Voltios, 60 Hz. EF = 93.1 FP = 0.86 F.S = 1.0 Icc = 14.95 KA

Inon = 98.3 Amperios

Idisenio = $1.2 \times I_{non} = 1.2 \times 98.3 = 118$ Amperios

Buscamos en el catálogo el ITM adecuado, encontrando las características técnicas siguientes:

Marca G.E 3x100 A, 220 Voltios, 60 Hz. RT (0.5..1)In, RM (2..10)In, 15 KA

La Inominal de la carga debe quedar por debajo del contactor seleccionado. **El equipo satisface.**

PROBLEMA N° 3.-Seleccione el ITM contenido en un sistema de accionamiento (arranque directo) de un motor trifásico de 185 KW, marca WEG, alta eficiencia, 06 polos, 440 Voltios, 60 Hz. F.S = 1.15 La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 28.45 KA

Datos: P = 185 KW, 220 Voltios, 60 Hz. EF = 95.2 FP = 0.79 Icu = 28.45 KA

Inon = 323 Amperios

Idisenio = $F.S \times 1.2 \times I_{non} = 1.15 \times 1.2 \times 323 = 446$ Amperios

Buscamos en el catálogo el ITM adecuado, encontrando las características técnicas siguientes:

NOTAS:

1. Si la corriente calculada supera el 10% de la In del ITM elegir el ITM inmediato superior que se ubica en el catálogo
2. Si la corriente calculada no supera el 10% de la In del ITM elegir el ITM inmediato inferior que se ubica en el catálogo

Marca G.E 3x 630 A, 440 Voltios, 60 Hz. RT (0.5..1)In, RM (2..10)In, 30 KA

La Inominal de la carga debe quedar por debajo del contactor seleccionado. **El equipo satisface.**

Tarea domiciliaria

PROBLEMA N° 4.-Seleccione el ITM contenido en un sistema de accionamiento ((arranque Y- Δ) de un motor trifásico de 300 KW, marca WEG, alta eficiencia, 06 polos, 440 Voltios, 60 Hz. F.S =1.15
La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 31.65 KA

PROBLEMA N° 5.-Seleccione el relé térmico contenido en un sistema de accionamiento (arranque Y- Δ) de un motor trifásico de 260 KW, marca WEG, alta eficiencia, 06 polos, 550 Voltios, 60 Hz.
La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 21 KA

PROBLEMA N° 6.-Seleccione el relé térmico contenido en un sistema de accionamiento (arranque Y- Δ) de un motor trifásico de 150 KW, marca WEG, alta eficiencia, 08 polos, 440 Voltios, 60 Hz.
La barra tiene la corriente de corto circuito simétrico 35 KA