



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGÓN"

SELECCIÓN DE INTERRUPTORES
TERMOMAGNÉTICOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

KEEVIN RAÚL ARROYO POLANCO

ISRAEL ALEJANDRO MARQUINA CASTILLO

ASESOR:
ING. JOSÉ JUAN RAMÓN MEJÍA ROLDÁN

MÉXICO

2005

m.340203



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

... de la ...
... de la ...
... de la ...

... Israel Alejandro ...
... Marguina Castillo ...

... 12 / Noviembre / 2004 ...

... [Signature] ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...

... KEEVIN CAUL ...
... ARROYO BLANCO ...

... 12 - NOVIEMBRE - 2004 ...

... [Signature] ...



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

M. en I. ~~ULISES MERCADO VALENZUELA~~
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 23 de septiembre del año en curso, por la que se comunica que los alumnos KEEVIN RAUL ARROYO POLANCO e ISRAEL ALEJANDRO MARQUINA CASTILLO, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "SELECCIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 27 de septiembre del 2004
EL SECRETARIO

Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p interesado

AIR/

Muy en especial y con infinita gratitud quiero dar gracias a mi familia por su entrega, amor, sacrificio, paciencia, y motivación que me han dado a lo largo de mi vida y sobretodo por esa gran fe que siempre han depositado en mí, sin su apoyo no lo hubiera logrado. Los quiero mucho.

A los profesores que participaron en mi formación, principalmente a mi asesor y al sínodo conformado para la revisión de este trabajo por compartir con nosotros sus conocimientos, además de brindarnos su valioso consejo y apoyo que dieron pie a la culminación de esta tesis.

A mis hermanos de generación con quienes compartí grandes experiencias y momentos inolvidables, gracias por su amistad.

Por ultimo, agradezco a todas aquellas personas de quienes siempre he recibido palabras de aliento para seguir adelante.

ISRAEL

POR SU APOYO, SU CARÍÑO
Y ALIENTO EN TODO MOMENTO
MIS PADRES Y HERMANOS

PORQUE NUNCA DEJARON DE CREER EN MI
Y EN SU MOMENTO ME LO DEMOSTRARON
MIS AMIGOS (AS)

CON MUCHO RESPETO
A MIS MAESTROS DE TODA LA VIDA
POR TRANSMITIRME SUS CONOCIMIENTOS

GRACIAS;
POR ESO Y MAS SE LOS DEDICO
KEEVIN

ÍNDICE

CONTRAPORTADA	I
DEDICATORIAS	IV
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: LA INSTALACION ELÉCTRICA Y LA IMPORTANCIA DE SU PROTECCIÓN	16
1.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	17
1.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	19
1.1.2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN	20
1.1.3 EVALUACIÓN ELÉCTRICA GENERAL	21
1.1.4 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA	21
1.1.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO	21
1.2 CÓDIGOS Y NORMAS	22
1.3 LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN	24
1.3.1 EL EQUIPO BÁSICO DE PROTECCIÓN	25
1.3.2 CUALIDADES ESENCIALES DE LA PROTECCIÓN	25
1.4 VARIABLES FÍSICAS Y SUS CONSECUENCIAS (PERTURBACIONES)	27
1.4.1 TENSIÓN	28
1.4.2 CORRIENTE	24

CAPÍTULO II: FUSIBLES _____ 31

2.1 DISTINTOS TIPOS DE FUSIBLES _____ 34

2.1.1 TAPÓN _____ 35

2.1.2 DIAZED (Cartucho) _____ 39

2.1.3 FUSIBLE TIPO NH _____ 41

2.1.4 TIPO AMERICANO _____ 43

2.1.5 FUSIBLE TIPO EUROPEO _____ 47

2.1.6 FUSIBLES aM, gl, Tr _____ 48

CAPÍTULO III INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS _____ 50

3.1 CORRIENTES DE FALLA _____ 52

3.1.1 SOBRECORRIENTE Y SOBRECARGA _____ 53

3.1.2 GRÁFICO DE CORRIENTES _____ 55

3.1.3 CONDUCTORES, AISLAMIENTO Y
SOBRECORRIENTE. _____ 57

3.2 CORTO CIRCUITO _____ 59

3.2.1 CUANDO LA CORRIENTE NO SIGUE EL
CAMINO PREVISTO. _____ 60

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO. _____ 64

3.2.3 CORRIENTE DE C.C. SIMÉTRICA Y
ASIMÉTRICA. _____ 68

3.2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA
CORRIENTE DE C.C. _____ 69

3.3 LIMITACIÓN DE CORRIENTES DE FALLA _____ 89

3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES _____ 92

CAPÍTULO IV INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	94
4.1 APLICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS	98
4.1.1 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS COMO DESCONECTADORES	99
4.1.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	99
4.1.3 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN DE CORTOCIRCUITO	100
4.1.4 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA	101
4.2 PROPIEDADES DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA	108
4.2.1 PARTES QUE CONFORMAN AL INTERRUPTOR .	108
4.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	110
4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DE ACUERDO A SU FABRICACIÓN	111
4.3.1 TIPO INDUSTRIAL.	112
4.3.2 CENTROS DE CARGA	113
4.3.3 TABLEROS DE ALUMBRADO.	113
4.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS (POR CAPACIDAD LIMITE DE RUPTURA).	114
4.4 INTERRUPCIÓN DE CORRIENTES DE FALLA	116

4.4.1 SISTEMAS DE DISPARO DE ESTADO SÓLIDO _____	116
4.4.2 CAPACIDADES DEL INTERRUPTOR CA Y CD _____	118
4.4.3 INTERRUPTORES LIMITADORES DE CORRIENTE _____	123
4.5 CARACTERÍSTICAS A TENER EN CUENTA PARA SU SELECCIÓN _____	124
4.6 GRAFICAS DE TIEMPO DE DISPARO _____	129
4.7 COMPARACIÓN ENTRE FUSIBLES E INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS _____	133
CAPÍTULO V CONDICIONES DE OPERACIÓN _____	136
5.1 SELECCIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTOR PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS _____	138
5.1.1 CALCULO DE CONDUCTORES POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE _____	141
5.1.2 CALCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE VOLTAJE _____	147
5.2 TIPO DE CARGA Y CICLO DE SERVICIO _____	155
5.2.1 ESTIMACIÓN DE CARGA POR SIMILITUD _____	155
5.3 ACOMETIDAS _____	159
5.4 ALIMENTADORES _____	160
5.4.1 CALCULO DE LAS COMPONENTES DEL ALIMENTADOR _____	161
5.5 CIRCUITOS DERIVADOS _____	162

5.5.1	CIRCUITOS DERIVADOS PARA ALUMBRADO	171
5.5.2	CIRCUITOS DERIVADOS PARA CONTACTOS	172
5.5.3	CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES	172
5.6	PRUEBAS DE RUTINA EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS	183
5.6.1	SECUENCIA DE LAS PRUEBAS	184
5.6.2	EQUIPOS DE PRUEBA	184
5.6.3	PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA A BAJA TENSIÓN	185
5.6.4	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA A PLENO VOLTAJE	190
5.7	LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN LOS CIRCUITOS	193
	CONCLUSIONES	195
	BIBLIOGRAFÍA	198

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la electricidad se inicio aproximadamente hace un siglo habiendo cambiado desde entonces nuestras formas de vida. A partir del desarrollo experimental de Edison para obtener finalmente la lámpara incandescente, se observo un desarrollo notable en los requerimientos del uso de la electricidad, no solo para alumbrado, también para otros usos distintos, con lo que quedo establecida la necesidad de producir volúmenes considerables de energía eléctrica y de medios prácticos para su distribución.

Paralelamente a los usos incipientes de la electricidad aparecieron las centrales generadoras, los sistemas de transmisión y distribución y las instalaciones eléctricas. Es decir, que para poder dar uso a la electricidad se requiere de todo un conjunto de instalaciones con distintas funciones, pero con un solo propósito, llevar la energía eléctrica a satisfacer necesidades.

La energía realiza trabajo. La electricidad es una forma de energía. La electricidad puede producir calor para calentarnos y cocinar, y puede hacer que los motores funcionen para efectuar trabajo. La electricidad lleva a cabo estas tareas cuando esta bajo control.

En la medida que se extendió el uso de la energía eléctrica se empezaron a conocer los peligros de la electricidad. Entonces surgió la necesidad de contar con estándares uniformes para las instalaciones y seguridad eléctricas. Esta necesidad fue satisfecha con la introducción del NEC (National Electrical Code) y el establecimiento de los UL (Underwriters Laboratories Inc.) en USA.. Con el paso el tiempo, se desarrollaron reglamentos locales para la construcción con el fin de cubrir las instalaciones eléctricas. El código eléctrico local (hablando de México) es la Norma Oficial Mexicana NOM.

El propósito de una instalación eléctrica es hacer llegar la corriente donde sea necesaria, observando las siguientes condiciones:

- Seguridad efectiva
- Posibilidad de futuras ampliaciones
- Máxima fiabilidad
- Flexibilidad ante los posibles cambios en el servicio y extensión
- Mínimo costo

Las instalaciones eléctricas pueden tener un distinto grado de complejidad dependiendo del lugar que ocupen dentro del conjunto de instalaciones y de la función a desempeñar, es así como se pueden tener instalaciones tan simples como las que se observan a diario en las casas habitación y que a simple vista se observan sus componentes como son las salidas para las lámparas, los apagadores, los contactos, etc.

Retomando, todas las partes de un sistema eléctrico están diseñadas para operar con seguridad dentro de los límites especificados de corriente y voltaje. Por lo común se especifican los límites máximos. Cualquier condición que haga que estos límites se excedan significan problemas. Los problemas pueden ir desde la pequeña inconveniencia de luces parpadeantes o una imagen inestable en la TV., hasta incendios serios y los peligros del choque eléctrico.

Es por lo anterior que el hombre ha desarrollado a través del tiempo los llamados sistemas de protección que tienen como finalidad proveer a la humanidad de energía eléctrica mediante un grupo de aparatos o maquinas que convierten esta energía en movimiento, luz, calor, etc. Indispensables en la vida moderna.

Todo sistema eléctrico esta formado por partes creadas por el hombre y por tanto esta sujeto a fallas.

El conjunto de aparatos y sistemas puestos al servicio del sistema eléctrico, que vigilan que se cumpla adecuadamente el propósito para el que fue creado, es lo que se conoce como protección, la protección evita fallas y disminuye los efectos de estas.

Los dispositivos que protegen contra las condiciones de sobrecorriente son los fusibles y los interruptores automáticos del circuito. También puede existir un choque eléctrico sin una condición de sobrecorriente. Los dispositivos conocidos como interruptores del circuito por falla a tierra protegen contra el choque severo que puede producirse por esta forma de flujo anormal de corriente.

Es por la importancia de estos elementos que el presente trabajo denominado “Selección de Interruptores Termomagnéticos” tiene por objeto destacar algunos aspectos relevantes relacionados principalmente con la protección de las instalaciones eléctricas (en baja tensión), su descripción, calculo, diseño y operación de los dispositivos de protección.

Paralelamente a este estudio se describen brevemente las partes, dispositivos, circuitos y fenómenos involucrados en las instalaciones de la tensión ya mencionada, repasando rápidamente el principio de operación de los dispositivos de protección y mostrando sus principales características , todo lo anterior apeándonos a las normas de validez oficial en México. **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).**

Vale la pena destacar que decidimos enfocar nuestro trabajo en sistemas de baja tensión como analogía de estudio para sistemas mas complejos, ya que cumplen con las condiciones manejadas en este tipo de estudios pues las diferentes variables involucradas son las mismas.

INTRODUCCIÓN

Por ultimo, hemos recopilado información de normas nacionales y bibliografía relacionada con el tema de estudio, así como de la información proporcionada por los fabricantes de equipo eléctrico, sin olvidar nuestra aportación personal para cumplir con el cometido de tener en un solo documento los criterios de ingeniería y procedimientos de cálculo necesarios para la selección de un sistema de protección adecuado.

CAPÍTULO I

***“LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y LA
IMPORTANCIA DE SU PROTECCIÓN”***

CAPÍTULO I

“LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y LA IMPORTANCIA DE SU PROTECCIÓN”

En el suministro de energía eléctrica de las llamadas fuentes de alimentación a las cargas o centros de consumo, se requiere de la intervención de un conjunto de elementos para cumplir con tal fin, que deben ser calculados de acuerdo a los requisitos que tienen que satisfacer.

La determinación de las características de este conjunto de elementos, el arreglo o disposición que llevan dentro de una instalación y los aspectos funcionales y de estética, es lo que se conoce como el *Diseño de la Instalación Eléctrica*, que dependiendo si es residencial, comercial o industrial podrá tener distintos criterios que deben ser considerados desde la planeación, y que desde luego, estarán de acuerdo con las normas y técnicas para instalaciones eléctricas.

1.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En el proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado o fuerza, es conveniente tomar en consideración que debe cumplir con los siguientes requisitos:

Capacidad. En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente, y considerar también el pronóstico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos, debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, etc. Y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

Flexibilidad. Dependiendo del tipo de instalación eléctrica que se trate (industrial, comercial, residencial, etc.), se debe proyectar para que tenga una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para el entubado y alumbrado, por lo que dependiendo de la localización física de los elementos de la instalación por alimentar, debe procurarse que las bandas de tubería, ductos y alimentaciones en general tengan una localización tal que permita hacer cambios o modificaciones, sin que esto represente problemas técnicos complejos o gastos excesivos.

Accesibilidad. Cualquier instalación eléctrica, en forma independiente de la localización de las maquinas y aparatos por alimentar, se debe orientar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y servicio en general.

Confiabilidad. Dependiendo de la naturaleza de la instalación, ya sea edificio, industria, almacén o centro comercial, hospital o casa habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de energía eléctrica, entendiéndose esto, desde el punto de vista de planeación, como la probabilidad de que este dentro de servicio un determinado tiempo (estimado por lo general en forma anual); esto en forma independiente de la garantía o confiabilidad que se tenga en el suministro de la energía eléctrica por parte de las compañías suministradoras. Lo anterior, plantea la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas, y desde luego, la influencia que cada solución tiene en el espectro económico.

Eficiencia. El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que lo constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no se estén utilizando.

Economía. Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Es decir se debe pensar en realizar cualquier proyecto con la menor inversión posible.

Para proyectar una instalación eléctrica es conveniente hacer un análisis previo de la instalación que se trate, en el que se considere el tipo de instalación desde el punto de vista arquitectónico y de servicio, es decir, si se trata de un edificio para una industria, comercio, escuela, etc. Y con esto también el tipo de cargas y forma de suministro de la energía eléctrica. Esto involucra una determinación cuidadosa de los requerimientos eléctricos usuales y de carácter especial para el tipo de edificio.

Ya que el objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, proporcionar servicio con el fin de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformaran según sean las necesidades.

1.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Dentro del concepto genérico de instalación eléctrica se pueden catalogar a todo tipo de instalaciones, desde la generación hasta su utilización pasando por las etapas de: transformación, transmisión y distribución. Se clasifican en instalaciones eléctricas de:

- A. Extra alta tensión (mas de 400 kV).
- B. Alta tensión (85, 115, 230, 400 kV).
- C. Mediana tensión (69 kV).
- D. Distribución y baja tensión (23, 20, 13, 4.16, 0.440, 0.220, 0.127 kV)

Aunque podrían señalarse otras: por su lugar de instalación (interiores, exteriores), por su duración (temporales y definitivas), por su modo de operación (normal y de emergencia) o por su construcción (abierta, aparente y oculta), etc.

En esta investigación, solo se tratara a las instalaciones eléctricas para distribución y baja tensión, y específicamente de las instalaciones eléctricas para casas habitación, comercios e industrias pequeñas; haciendo énfasis en los métodos a seguir para los distintos cálculos que se deben de hacer, ya que no es posible dar métodos concretos en virtud de la diversidad de instalaciones eléctricas dentro de este tipo y los problemas inherentes a cada una de ellas.

Por otra parte, en la selección de materiales y equipo usados en las instalaciones eléctricas, respetando las características generales establecidas por los aspectos de normalización, se tiene también una gran diversidad de fabricantes, lo que hace difícil hablar de un material o equipo específico, por lo que en lo posible se tratara de dar la generalidad necesaria en lo referente a cálculos y proyectos.

1.1.2 TIPO DE CONSTRUCCIÓN.

Dependiendo del tipo de edificio, se debe de tener la información histórica sobre este tipo de proyecto, ya que es conveniente considerar que en general para la elaboración de un diseño determinado se cuenta con información previa sobre casos similares, es decir, en los bufetes de proyecto normalmente no se parte de cero y es conveniente hacer nota de esto, con el objeto de analizar la teoría sobre el proyecto de instalaciones de manera general, por lo que desde un punto de vista preliminar es conveniente considerar los diferentes aspectos.

En la primera aproximación de un proyecto es necesario analizar el sistema eléctrico desde un punto de vista general, que considere características el tipo de construcción, como son: dimensiones generales si es de uno o varios niveles, altura de oficinas, salas, naves, pasillos, áreas descubiertas, accesibilidad, flexibilidad, áreas peligrosas, etc.

1.1.3 EVALUACIÓN ELÉCTRICA GENERAL.

En una planeación general para el diseño de un sistema eléctrico, se empieza con la determinación y estudio del tamaño y naturaleza de la carga por alimentar, esto significa una aproximación de la carga en Watts/m², número y tamaño de los motores (capacidad en H.P.), determinación de la capacidad de otras cargas y su localización por áreas dentro de la construcción y analizar el mejor sistema de distribución posible.

1.1.4 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA.

Otro Aspecto preliminar que afecta el diseño y el procedimiento a seguir es el suministro de la energía eléctrica en cuanto a sus características. Este se hace generalmente por una compañía suministradora única, en el caso de la República Mexicana es la Comisión Federal de Electricidad. La generación por empresas para su propio uso esta restringida solo a casos muy especiales, por lo que se deben conjugar las características de la energía eléctrica que se compra con las características del equipo a instalar. Esto es la frecuencia, niveles de voltaje, etc. En algunos casos la distribución de la energía dentro de un área considerable requiere de comprar la energía y distribuirla internamente mediante sistemas de distribución y es frecuente encontrar diferentes niveles de voltaje en estos casos, por lo que se requiere del uso de subestaciones para la distribución.

1.1.5 SELECCIÓN DEL EQUIPO.

En cualquier tipo de instalación eléctrica debe procurarse tener un máximo de normalización en el equipo, tanto en el tipo como en las capacidades de los mismos, con el objeto de solicitar el suministro de la energía con voltajes normales en el nivel que corresponda, considerar la economía que representa la selección del equipo de fabricación estándar como: *transformadores, motores, interruptores* y otro equipo que resultaría de costo elevado si fuera de fabricación especial. Además, la no-estandarización del equipo trae problemas de complicación en el mantenimiento, en el inventario de equipo y en la eficiencia del personal, que se puede reducir por la diversidad del equipo.

1.2 CÓDIGOS Y NORMAS

El diseño de instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal, un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

En México la **NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización)**, editada por la Secretaría de Energía y aprobada por unanimidad por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en su cuarta sesión ordinaria del 20 de abril de 1999, constituye el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y no pueden cubrir todo. En ciertos tipos de instalaciones pueden establecerse cierto tipo de instalaciones que aumenten la seguridad o la vida de los equipos y que estén por arriba de estas normas.

Dicha Norma Oficial Mexicana fue armonizada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE) con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) y de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE), bajo la coordinación de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía, y consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNNIE:

- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS
- Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE

- Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsales, AMDROC
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC
- Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, CIME
- Confederación de Cámaras Industriales de México, CONCAMIN
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME

Existen otras normas, que son el resultado de experiencia acumulada y que por lo tanto pueden servir de apoyo a los proyectistas en aspectos específicos no cubiertos por la NOM:

- El NEC (National Electrical Code o Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica) que por ser una norma mas detallada puede ser muy útil en algunas aplicaciones especificaciones.
- El LPC (Lightning Protection Code o Código de Protecciones Contra Descargas Atmosféricas de los Estados Unidos de Norteamérica), que es un capitulo de las normas NFPA (National Fire Protection Association).

Existen normas para la fabricación de equipo eléctrico que también deben de ser consideradas ya que proporcionan información relativa a las características del equipo, así como los requisitos para su utilización.

- En México todo el equipo eléctrico debe cumplir con las normas CCONNIE (Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica).
- Los equipos importados deben cumplir con las normas nacionales, pero conviene conocer las normas del país de origen. El equipo eléctrico importado de EUA esta fabricado de acuerdo con las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association).

1.3 LA NECESIDAD DE PROTECCIÓN

Los interruptores y fusibles, como parte de una instalación eléctrica, son elementos de protección. Las principales condiciones de operación anormales en un sistema de distribución eléctrica son, por lo general, los corto circuitos y las sobrecargas. Los corto circuitos se pueden producir en distintas formas, incluyendo fallas de aislamiento debidas a presencia excesiva de impurezas, daño mecánico al equipo o fallas de utilización de este como resultado de las sobrecargas o de otros abusos. Los circuitos se pueden sobrecargar simplemente por conectar a ellos equipo adicional, o bien, por una instalación inapropiada o mal mantenimiento. En ocasiones también por procedimientos de operación no apropiados, tales como: arranques de motores muy frecuentes o ventilación obstruida.

Para minimizar los efectos de estas condiciones de operación anormales, los sistemas eléctricos se deben diseñar de manera que:

1. Puedan aislar rápidamente la porción afectada del sistema.
2. Minimicen la magnitud de la corriente de corto circuito presente.
3. Proporcionen circuitos alternativos a través de cambios automáticos para minimizar la duración o el efecto de las salidas.

La protección de un sistema es uno de los aspectos esenciales a considerar en los sistemas eléctricos y se debe tomar en cuenta con otros factores igualmente importantes para la seguridad del personal y para la confiabilidad del sistema. Como ya se había mencionado,

el requerimiento de una alta producción por parte de una planta industrial, genera la necesidad de que exista una gran confiabilidad en la fuente de suministro.

La tendencia de los industriales a generar electricidad e interconectarse con la red en paralelo ha producido niveles de corto circuitos elevados esto, aunado a los altos costos del equipo de distribución de potencia eléctrica y los tiempos cortos requeridos para reparación y mantenimiento de equipos como: transformadores, cables, interruptores, etc., hacen necesario contar con esquemas de protección adecuados. Esto también se une a la necesidad de mantener ciertos procesos de producción en forma continua, como es el caso de las industrias Petroquímica, Siderúrgica, de Papel y alimenticia.

1.3.1 EL EQUIPO BÁSICO DE PROTECCIÓN

Para aislar un corto circuito o una sobrecarga se requiere de la aplicación de equipo de protección que pueda cumplir con ambas funciones para desconectar la parte afectada del sistema. En algunos casos el elemento sensor y el dispositivo de interrupción son elementos completamente separados e interconectados solo por cables de control; en otros, los sensores y los dispositivos de interrupción se encuentran en un mismo dispositivo.

Un fusible cumple con ambas funciones (sensar e interrumpir), se conecta en serie con el circuito y responde a los efectos térmicos producidos por la circulación de corriente a través del mismo.

1.3.2 CUALIDADES ESENCIALES DE LA PROTECCIÓN

Todo sistema de protección que aislé un elemento en condición de falla, debe llenar cuatro requisitos básicos:

1. Confiabilidad.
2. Selectividad.
3. Rapidez de operación.
4. Discriminación.

Sin confiabilidad y selectividad, la protección sería completamente inefectiva e incluso podría convertirse en un peligro.

CONFIABILIDAD

Confiabilidad es un término cualitativo. Cuantitativamente, puede expresarse como la probabilidad de falla. La falla puede ocurrir por el sistema de protección, sino que también puede deberse a defectos en el equipo. Por lo tanto, todo componente y circuito relacionados con la eliminación de una falla deben considerarse como fuentes potenciales de falla. Las fallas pueden reducirse a un pequeño riesgo calculado, mediante diseños inherentemente confiables respaldados por un mantenimiento regular y completo. Algunas de las características de diseño y manufactura que hacen que los interruptores sean inherentemente confiables son: altas presiones de contacto, alojamientos o cajas a prueba de polvo y juntas bien ajustadas. Las precauciones en la manufactura y en el ensamble reducen la probabilidad de falla. A los componentes se les debe de dar un tratamiento que prevenga su contaminación. Durante el ensamble también debe evitarse, en lo posible, la manipulación directa de los componentes.

SELECTIVIDAD

Esta es la propiedad por medio de la cual solo se aísla el elemento del sistema que se encuentra en condición de falla, quedando intactas las restantes secciones en buen estado. La selectividad es absoluta si la protección responde solo a las fallas que ocurren dentro de su propia zona y relativa si se obtiene graduando los ajustes de las protecciones de otras zonas que puedan responder a una falla dada.

RAPIDEZ DE OPERACIÓN

Se requiere que los interruptores de protección sean de acción rápida, por las siguientes razones:

1. No debe rebasarse el tiempo crítico de eliminación.
2. Los aparatos eléctricos pueden dañarse si se les hace soportar corrientes de falla durante un tiempo prolongado.
3. Una falla persistente hace bajar el voltaje y ocasiona el arrastre o lento avance y la consiguiente sobrecarga en las transmisiones.

Por otra parte, los relevadores no deben funcionar extremadamente rápidos, es decir, a menos de 10 milisegundos, porque, cuando se produce cualquier variación en la línea los dispersores de la variación deben tener el tiempo suficiente para descargarlo a tierra; de lo contrario, el interruptor operara innecesariamente en condiciones transitorias.

DISCRIMINACIÓN

La protección debe ser lo bastante sensitiva como para operar confiablemente en condiciones mínimas de falla, si esta ocurre dentro de su propia zona y debe permanecer estable bajo carga máxima o persistentes condiciones de falla. Un relevador debe diferenciar una falla de una sobrecarga. La discriminación entre fallas y sobrecorrientes, puede ser una característica inherente del interruptor, o bien, puede lograrse conectando dispositivos auxiliares de voltaje mínimo. Se debe notar que a veces la palabra discriminación se emplea para incluir a la selectividad.

1.4 VARIABLES FÍSICAS Y SUS CONSECUENCIAS (PERTURBACIONES)

En general, en los sistemas eléctricos tenemos cuatro variables, que trabajan relacionadas entre ellas V (tensión), I (corriente), T (temperatura) y t (tiempo). Las variaciones de ellas fuera de los parámetros normales, pueden llegar a afectar a los equipos y elementos que se encuentran en las redes eléctricas.

Por ello se deben colocar diferentes dispositivos para proteger a los equipos intercalados en las redes a fin de protegerlos de las perturbaciones que producen esas variables. Los

equipos y elementos vienen diseñados para trabajar en ciertos rangos nominales y soportar ciertas fluctuaciones que no van a producir un daño permanente en los equipos. A continuación veremos las diferentes perturbaciones que pueden generar la tensión (V) y la corriente (I).

1.4.1 TENSIÓN

Hablando de TENSIÓN podemos tener:

- Baja Tensión
- Sobretensión
- Falta de tensión

Debemos analizar los orígenes de la sobretensión, pueden ser:

- A. **Externos:** Descargas atmosféricas por ejemplo.
- B. **Internas:** Debido a las maniobras que se realizan en los sistemas
- C. **Interrupciones de circuitos con falla:** Por falla se produce la apertura del circuito.

En el caso a Baja Tensión el origen puede ser debido a dos causas:

1. Que los circuitos eléctricos estén diseñados de alguna forma que se produzcan caída de tensión o pérdidas antes de llegar al tramo final, si hay excesiva resistencia del circuito eléctrico va a haber una importante caída de tensión y por ende baja tensión.
2. Es una falla asociada al circuito eléctrico, micro corte, en un sistema circuital cerrado, la apertura de una parte del circuito, puede hacer que todo el sistema se vea resentido. Por una salida de servicio, debido a una falla de circuito entre fase y tierra o fase y fase, se produce una baja de tensión. También se puede dar por una maniobra, como una conmutación de circuito.

La falta de tensión va asociado a distintas causas que la pueden provocar, porque se corto el conductor de una fase, porque actuó una protección, etc. Siempre cuando falla una fase ocasiona algunos inconvenientes, por ejemplo: los motores tienen una característica que para poder tener una potencia eléctrica constante, al producirse una disminución de la tensión necesita aumentar la corriente, este aumento de la corriente significa aumento de la temperatura que con el tiempo (a veces horas) la aislación se daña, (quema) produciendo la salida de servicio del mismo. Algo similar sucede en los transformadores con consecuencias que pueden ser mucho peores.

1.4.2 CORRIENTE

Cuando hablamos de CORRIENTE podemos tener:

- Sobrecarga
- Cortocircuito

Cuando hablamos de sobrecarga/ sobrecorriente estamos hablando en el orden de hasta dos veces la corriente nominal (I_n), no es una falla de cortocircuito sino que es una falla por excesiva corriente por encima de la nominal.

Cuando hablamos de cortocircuito, hablamos de n veces la corriente nominal, esta siempre va ligada a las potencias nominales que estamos manejando, en la medida que estemos mas cerca de la fuente de energía los valores de corriente de cortocircuito son mayores, a medida que nos alejamos y nos vamos acercando hacia la carga, esa corriente de cortocircuito va disminuyendo, porque hay impedancias en el camino que van frenando esa corriente de falla.

En los sistemas eléctricos, como en la excitación de transformadores o la de motores, se tienen corrientes muy grandes, denominadas corrientes de excitación o de arranque, de valores n veces la corriente nominal. Están en el orden de la corrientes de falla.

La otra variable tan importante, es *el tiempo*, la variable que vamos a tratar de manejar en forma proporcional a la variable que está fallando, el tiempo nos va a dar una indicación de selectividad y del manejo de la falla, cuanto más tiempo esté presente una falla más daño producirá a los circuitos.

La variable *temperatura*, en este análisis, esta ligada a las consecuencias que originan la presencia de las variables antes mencionadas.

CAPÍTULO II
“FUSIBLES”

CAPÍTULO II

“FUSIBLES”

Es imposible que una corriente eléctrica corra por un alambre sin calentarlo. Conforme vaya aumentando el número de amperes, la temperatura del alambre aumenta también. Para cualquier tamaño de alambre en particular, el calor producido es proporcional al cuadrado de la corriente. Al duplicarse la corriente el calor aumenta cuatro veces, al triplicarse el calor aumenta nueve veces, y así sucesivamente.

Como la temperatura de un alambre aumenta, el calor puede dañar su aislamiento, produciendo la falla total. Con suficiente corriente, el conductor mismo puede estar lo bastante caliente como para provocar un incendio. Por tanto, es necesario limitar cuidadosamente la corriente a un valor máximo, uno que sea seguro para un tamaño y tipo de alambre dados. El número máximo de amperes que un alambre puede llevar con seguridad y continuamente, se llama la “Ampicidad” (capacidad para llevar corriente de los conductores eléctricos expresada en amperes) del alambre.

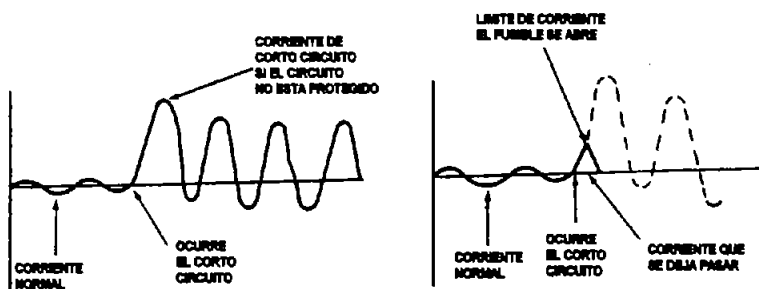


Fig. 2.1 Curva de corriente que deja pasar el fusible.

Cualquier dispositivo que abre el circuito cuando la corriente en un alambre llega a un número predeterminado de amperes se llama un “dispositivo de sobrecorriente”. Los hay de varios tipos, y todos pueden ser considerados como la válvula de seguridad de los circuitos eléctricos. Debido a que el punto clave de la protección de equipos eléctricos

recae tanto en los fusibles como en los interruptores, el presente capítulo trata de la clasificación de estos.

Aun cuando los fusibles e interruptores tienen diferencias en su construcción así como en la forma de operación, tienen la siguiente característica común que es la de detectar una anomalía en el circuito que protegen y además el de interrumpirla para evitar daños mayores tanto de equipo que protegen así como al resto de la instalación.

PARA PROTECCIÓN CONTRA	EN CABLES O CONDUCTORES
CORTOCIRCUITOS Y SOBRECARGAS, CON ÓRGANO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRESINTENSIDADES COMÚN.	AL COMIENZO
CORTOCIRCUITOS	AL COMIENZO
SOBRECARGAS	EN CUALQUIER PUNTO

Tabla 2.1 Localización de las protecciones en la instalación.

Básicamente, un fusible es una pequeña longitud de cinta metálica hecha de una aleación con un punto de fusión bajo, y de un tamaño que llevara una corriente específica indefinidamente, pero que se fundirá cuando una corriente más grande fluya. Cuando la cinta dentro del fusible se derrite, se dice que “se fundió”. Cuando se funde, el circuito está abierto, exactamente como si se hubiera cortado un alambre o abierto un interruptor en lugar del fusible.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Son las protecciones más baratas.
- Son dispositivos monofásicos, por lo que al operar únicamente interrumpen la fase con problemas, lo que provoca una operación desbalanceada en Equipos polifásicos, lo cual daña a estos equipos.
- Son confiables para proteger circuitos monofásicos.
- Son poco confiables como Protección por Sobrecarga.

- Un tipo específico de fusibles no se puede ajustar a diferentes valores de operación.
- Se utilizan para proteger: Circuitos de Control, de Alumbrado y Equipos especiales, entre otros.
- El acoplamiento de fusibles “Limitadores de corriente” con arreglos que incluyan contactores, amplia la capacidad interruptiva del arreglo.
- Y su característica más importante es que solo operan una sola vez.

2.1 DISTINTOS TIPOS DE FUSIBLES

Los elementos que constituyen a los fusibles son:

1. Conductor fusible.
2. Cuerpo que contiene el elemento fusible.
3. Contactos que vinculan el fusible con el circuito eléctrico.
4. Medio extintor del arco eléctrico.
5. Señalización (generalmente los fusibles tienen indicadores de su actuación).
6. Porta fusible.

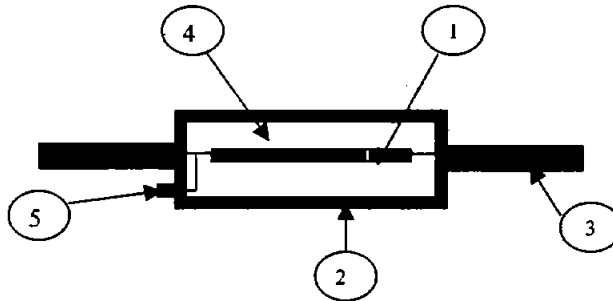


Fig. 2.2 Elementos del fusible.

Los fusibles de baja tensión son los dispositivos cuya tensión nominal no excede los 600 V y a grandes rasgos, se pueden clasificar como sigue:

- a. Tipo TAPÓN
- b. Tipo DIAZED (Cartucho)
- c. Tipo NH
- d. Tipo AMERICANO
- e. Tipo EUROPEO

Cuentan con los siguientes datos nominales para su correcta utilización:

- **Corriente nominal:** es el máximo valor de corriente que es capaz de conducir sin que ninguna de las partes alcancen temperaturas extremas.
- **Tensión nominal:** es la del diseño del fusible.
- **Capacidad de ruptura o interrupción:** Es la máxima corriente de cortocircuito que puede interrumpir sin daño visible para cualquier régimen de asimetría, medida en valor eficaz simétrico.

2.1.1 TAPÓN

Diseñado para la protección de circuitos de fuerza y alumbrado de acuerdo con el código nacional eléctrico (NEC): Base-Edison y tipo S, nominados a 125 Volts C.A. y 30 Amps. máximos.

1. **CUERPO:** Tiene una base con armazón enroscado del mismo tipo y tamaño que las que se usan en las lámparas ordinarias incandescentes. Estos fusibles se conocen como de tipo “con base de Edison”.

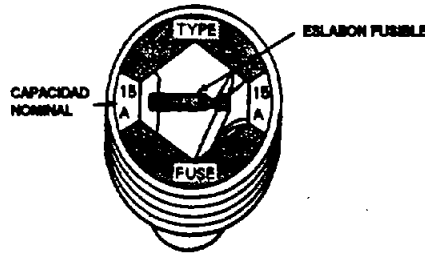


Fig. 2.3 Fusible típico de tapón.

2. **CONTACTO** : Rosca metálica y contacto de centro.
3. **ELEMENTO FUSIBLE**: La lamina fusible es de plomo.
4. **ELEMENTO EXTINTOR**: Aire.
5. **SEÑALIZACIÓN DE APERTURA**: Estos fusibles tienen una ventanilla por la cual se puede ver si el fusible se fundió.

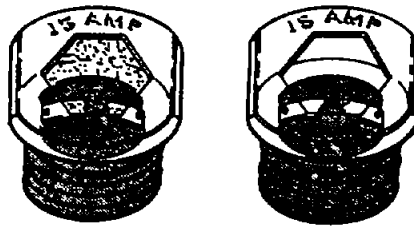


Fig. 2.4 Un fusible de tapón ordinario, fundido debido por cortocircuito, fundido por una sobrecarga..

Sus valores eléctricos nominales son:

- Corriente nominal: 15, 20, 25, 30 A (también existen tamaños mas pequeños que los de 15 A).
- Tensión : No más de 50 V aterrizados. 120/240 Volts.

Dentro de este tipo de fusibles, se encuentran también los de retraso de tiempo y los no alterables.

Fusibles con retraso de tiempo. (A veces llamados incorrectamente de retardo) se fabrican para no fundirse como los fusibles ordinarios, bajo sobrecargas grandes pero temporales, aunque se funden como los fusibles ordinarios bajo unas cargas continuas y pequeñas e instantáneamente en cada caso de cortocircuito.

Un fusible de tapón del tipo con retraso de tiempo tiene una apariencia externa exactamente igual a la de un fusible ordinario, pero es diferente por dentro. Una vista transversal de tal fusible se muestra en la figura.

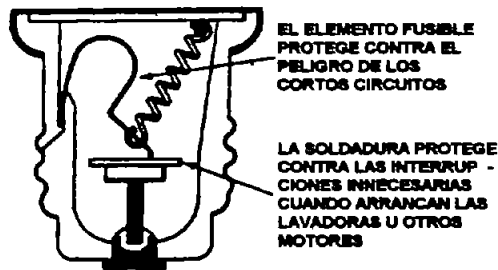


Fig. 2.5 Fusible de tapón del tipo con retraso de tiempo

A fin de suministrar un retardo con sobrecargas temporales, el extremo del elemento esta empotrado en un bloquecito de soldadura. Un resorte esta conectado al fenómeno fusible en el punto en el que se une al bloque de soldadura. El resorte esta bajo tensión y asegurado a la caja del fusible. El punto de fusión de la soldadura determina el intervalo de tiempo en que el fusible soportara la sobrecarga y la magnitud de la misma. Cuando la soldadura se calienta lo suficiente como para ablandarse, el resorte libera el elemento fusible, abriendo el circuito.

Es recomendable usar fusibles con retraso de tiempo cuando se trata de motores. Una alto porcentaje de fusibles fundidos en circuitos de motores hubieran podido evitarse al usar fusibles con retraso de tiempo.

Se puede apreciar la diferencia entre ambos tipos en la siguiente tabla.

FUSIBLE DE 30 AMPERES		
CORRIENTE REAL (AMP)	CON RETRASO DE TIEMPO (SEG)	ORDINARIO (SEG)
30		
45	140	22
60	27	4.4
75	11	1.8
90	5.4	1.0

Tabla 2.2 Comparación de fusibles ordinarios y de fusibles con retraso de tiempo.

Fusibles no alterable tipo S. Debido a que todos los fusibles con base de Edison, son intercambiables. Nada impide sustituir un fusible de mayor capacidad por uno de menor al que debería de usar. Esto claro, destruye el propósito del fusible y es imprudente.

Para prevenir que se abuse de los fusibles y que se alteren, se desarrollaron unos fusibles no alterables llamados "Tipo S". Estos solo se pueden usar con unos adaptadores que se atornillan en los soportes de fusibles con base Edison ordinarios.

Los fusibles tipo S pueden sustituir a cualquier tapón estándar en los tableros. Cada fusible tipo S tiene un adaptador especial que solo aceptara uno de igual capacidad. El adaptador se introduce en el porta fusible, y esta diseñado en tal forma que no puede sacarse, una vez que se introduce. Con el adaptador en su lugar, solo un tamaño de fusible se puede introducir en ese porta fusible. Esto evita una inserción accidental o deliberada de un fusible de mayor capacidad en cualquier circuito. Los fusibles tipo S se fabrican para 15,20 y 30 amperes.

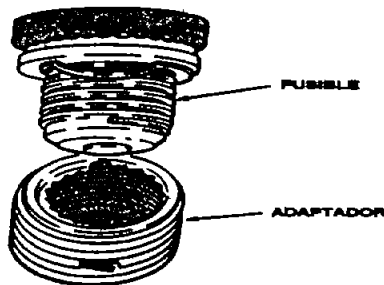


Fig. 2.6 Fusible tipo S (no alterable).

2.1.2 DIAZED (Cartucho)

Diseñados para la protección de circuitos derivados o alimentadores de fuerza o alumbrado, de acuerdo al código NEC. Clase H, G, K1, K5, K9, J, L, RK1, RK5, T Y CC.

Es un fusible que tiene varios elementos que lo conforman :

1. **CUERPO** : Es cilíndrico, de un material cerámico de alta resistencia al choque térmico, con sus extremos mas ahusado que el cuerpo, donde se encuentran los contactos.
2. **CONTACTO** : O casquillos, normalmente son de material de bronce con un tratamiento plateado o en algunos casos niquelados o estañados, en forma de tacita invertida.
3. **ELEMENTO FUSIBLE**: Normalmente es una lamina de plata con angosturas rodeada por arena de cuarzo, de grano extremadamente fino.
4. **ELEMENTO EXTINTOR**: Es arena de cuarzo, que tiene una particularidad, que se funde por el calor del arco y lo extingue por el dieléctrico que este forma, ya que se combina la arena y al fundirse forma fulgurita.
5. **SEÑALIZACIÓN DE APERTURA**: Estos fusibles tipo diazed tienen en el fondo del fusible un tipo de chapita que va soldada al elemento fusible y un

resorte, que en el momento de la ruptura del fusible se desprende, esta chapita en situaciones normales está adosada al fusible y soldada al resorte que está tensando el elemento fusible, en ese momento, cuando se corta esta se libera.

El principio de operación es el siguiente: Al circular una corriente excesiva se calientan las angosturas hasta la fusión y se vaporiza, el material fundido reacciona con el cuarzo, formando un túnel de sustancia cuya estructura es similar al vidrio, denominada fulgurita, de elevada resistencia, la que extingue rápidamente la corriente.

Este tipo de fusible posee un indicador de fusión que consiste en un pequeño disco coloreado, mantenido contra el casquillo mediante un alambre muy fino de alta resistencia, el que tiene un resorte que trata de expulsarlo; al fundirse el elemento principal, casi instantáneamente se derrite el alambre de sujeción del disco, con lo que es expulsado, quedando sobre la ventanilla exterior, dando una clara indicación de la operación del fusible. Los discos están coloreados según su corriente nominal.

Además el extremo más largo del fusible tiene el casquillo de tamaño normalizado, en base a la corriente nominal, con lo que a mayor corriente más grande es el casquillo, de forma que un fusible podría ser reemplazado por otro de menor corriente nominal, pero no será posible la colocación de una de mayor corriente.

Estos fusibles se sujetan mediante la tapa porta fusible roscada, por lo que se aflojan por vibración.

Es el fusible más usado.



Fig. 2.7 Fusible diazed.

Sus valores eléctricos nominales son:

- Corriente nominal: 10,16,20,35,50,80,160 A y otros intercalados.
- Tensión: 600V
- Capacidad de ruptura: 70 kA

La tensión nominal del fusible tiene que ser mayor que la tensión nominal de servicio, esta tensión nominal del fusible es importante porque lo afecta en el punto de soldadura de fusible con la cabeza conductora, tanto superior como inferior, aparte del problema de aislamiento, el valor eficaz está directamente relacionado con esa resistencia que se forma entre la soldadura del fusible y el contacto.

2.1.3 FUSIBLE TIPO NH

1. **CUERPO**: El cuerpo es de esteatita o de resinas formo - fenólicas, tiene forma rectangular.

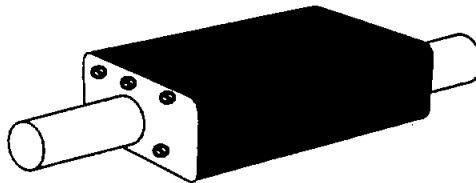


Fig. 2.8 Fusible tipo NH.

2. **CONTACTO**: El contacto son tipo cuchillas de bronce con un recubrimiento de electrolito de plata, suelen venir lisos o acanalados. Para favorecer la sujeción, evitando que se aflojen por vibración.
3. **EXTINTOR**: El elemento extintor es cuarzo, actúa de la misma forma que del tipo Diazed.
4. **ELEMENTO FUSIBLE**: La lámina fusible, es de plata cuya forma es la del dibujo, posee una porción de material de bajo punto de fusión, que se fundirá para leves sobrecargas de larga duración. Es ancha de muy bajo espesor con

perforaciones en distintas partes de la misma, el diámetro de las perforaciones esta ligado con las corrientes nominales con que va a trabajar.

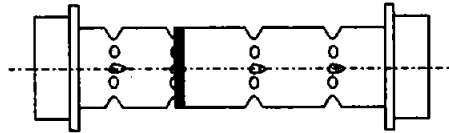


Fig. 2.9 Lamina fusible.

5. **SEÑALIZACIÓN DE APERTURA**: Es un pistillo que sobresale del fusible aproximadamente unos 5 a 10 mm está soldado como el Diazed, pero de mayor diámetro.

Su principal ventaja sobre el Diazed es que posee mayor capacidad de ruptura. Además presenta limitación de la corriente de cortocircuito, lo que significa que si la corriente de falla es muy rigurosa, el fusible interrumpe antes de alcanzar el primer pico, o sea corta el crecimiento de la corriente en un tiempo de 3,7 mseg.

Son de buena calidad, poseen una máxima dispersión del 10% en términos de corriente.

Sus valores eléctricos nominales son:

- Corriente nominal: 10 a 1000 A
- Tensión: 600V
- Capacidad de ruptura: 100 kA

Los valores nominales de estos fusibles vienen de 6 A a 1250 A nominal y la corriente de cortocircuito que puede manejar es de 100 kA.

Constructivamente viene de distintos tamaños, normalizados, tamaño 00, 1, 2, 3 va en relación directa con la corriente nominal que maneja y viene en distintas formas de porta fusibles, puede ser fijo o ser del tipo de portafusibles seccionables.

Dentro de los fusibles de baja tensión, Diazed y NH tenemos los fusibles lentos, rápidos y extra rápidos.

- **FUSIBLES LENTOS**: tiene una curva característica particular en la cual la actuación del mismo necesita tiempo en el orden de los mseg, tiene una característica inversa y sirve para proteger motores, conductores.
- **FUSIBLES RÁPIDOS**: la curva del fusible es más inversa y la característica de respuesta es más empinada.
- **FUSIBLES EXTRARÁPIDOS**: estamos hablando de curvas muy inversamente proporcionales, se lo utiliza normalmente para proteger circuitos electrónicos de potencia, tiristores, triac de potencia, etc. Tiene una particularidad para hacer una selectividad adecuada, este tiene que ser capaz de abrir el circuito eléctrico antes que el semiconductor se destruya y la energía específica que desarrolla el fusible completo desde el momento que se produce la falla tiene que ser menor que la energía específica del elemento electrónico (diodo, tiristor) que necesita para destruirse.

2.1.4 TIPO AMERICANO

Es el tipo cartucho normal, el cual tiene los mismos elementos que el diazed:

1. **CUERPO**: Aislante de papel impregnado. Los cartuchos fusibles se fabrican con las mismas capacidades y características que los tapones pero, además, se fabrican en tamaños diseñados para manejar una corriente mucho mas alta. Los cartuchos fusibles son el único tipo disponible para circuitos con capacidades nominales superiores a los 30 amperes. Los cartuchos para circuitos de 30 a 60 amperes tienen contactos de regatón.

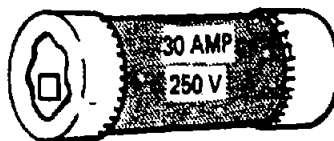


Fig. 2.10 Cartucho con contactos de regatón.

Por encima de 60 amperes, los fusibles tienen contacto de cuchillas.

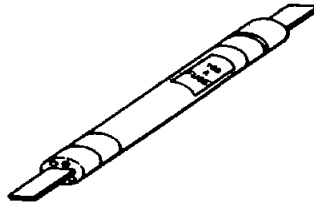


Fig. 2.11 Cartucho fusible con contactos de cuchilla.

2. **CONTACTO**: Los contactos a cuchillas o casquillos según su corriente nominal, de bronce plateado, en algunos casos son tipo cápsula con dos cabezales.
3. **ELEMENTO FUSIBLE**: Es de plata.

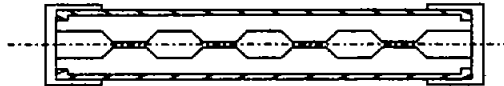


Fig. 2.12 Elemento fusible.

4. **ELEMENTO EXTINTOR**: Aire.
5. **SEÑALIZACIÓN DE APERTURA**: No posee. Los cartuchos fusibles que se usan en las instalaciones residenciales no permiten ver el elemento fusible fundido, como sucede con los tapones. Los cartuchos se deben verificar con un probador de continuidad o un óhmetro.

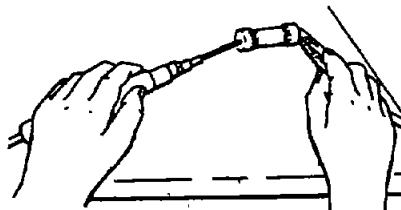


Fig. 2.13 Comprobación de un cartucho fusible.

Para hacer la verificación, se debe quitar del tablero el cartucho que se sospecha esta dañado, o también, se puede hacer la verificación en el mismo tablero, de la siguiente manera:

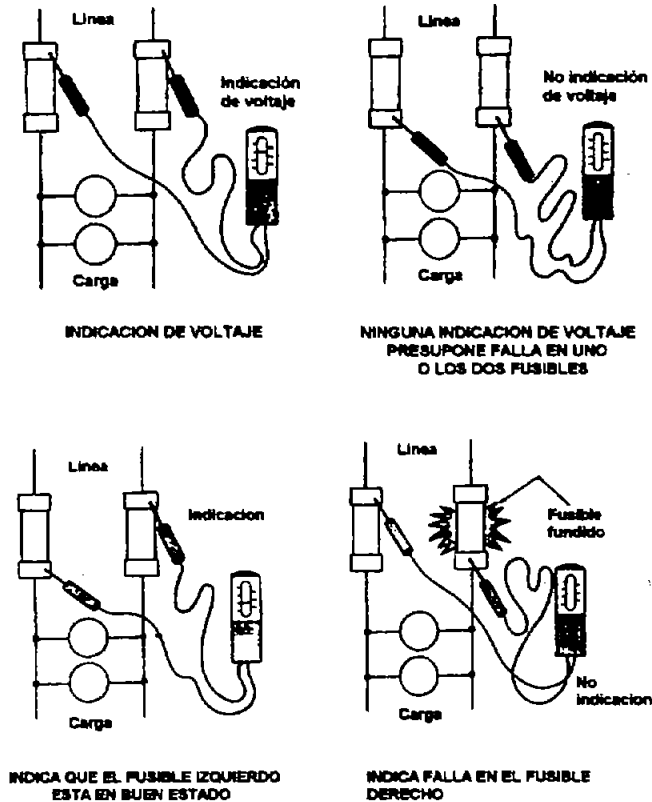


Fig. 2.14 Comprobación de un cartucho fusible, desde el tablero.

Hablando de cartuchos fusibles con la característica de retardo, estos existen en todos los amperajes. La longitud y diámetro de los cartuchos se incrementa paulatinamente con el amperaje. Esto limita, pero no elimina por completo, la posibilidad de reemplazar un fusible por uno de tamaño equivocado. Debe tenerse cuidado de reemplazar los cartuchos dañados por nuevos del valor apropiado.

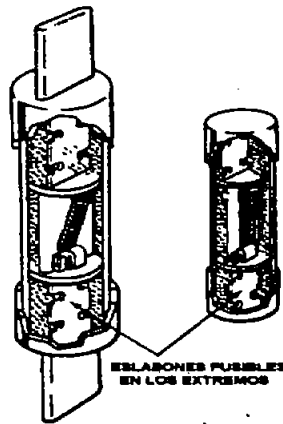


Fig. 2.15 Sección transversal de cartuchos fusibles con retardo.

Algunos cartuchos fusibles se pueden volver a usar instalando un nuevo elemento en el cilindro (esta es la principal desventaja de estos cartuchos tipo fusible el ser reparables, ya que generalmente se reemplaza el eslabón fundido por otro elemento de características diferentes o por un trozo de conductor, lo que pone en serio peligro a la instalación). Desármese el fusible destornillando uno de los casquillos de los extremos. Quítese lo que resta del eslabón dañado e introduzca uno renovable. Es importante apretar firmemente los tornillos de montaje cuando el nuevo eslabón se coloque en su lugar. Si el montaje del eslabón queda flojo puede provocar sobrecalentamiento en la terminal.

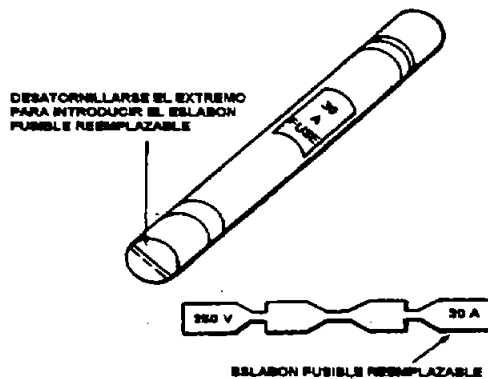


Fig. 2.16 Cartuchos fusibles con eslabón reemplazable.

Sus valores eléctricos nominales son:

- Corriente nominal:
- Tensión: 600V
- Capacidad de ruptura: 15 kA

Hay una nueva generación de fusibles americanos, que se ha desarrollado y es muy utilizado en circuitos industriales, el fusible tipo americano desarrollado sin cuchillas si no con cabezales con las mismas características que el fusible común pero con cuerpo de cerámica pero en su interior con elemento extintor de arco y son de alta capacidad de ruptura en el orden similar al de Diazed, permite una gran variedad de corrientes nominales, ocupan muy poco espacio en instalaciones.

La forma del fusible es, un elemento cilíndrico que es el aislante, en la punta izquierda tendría un contenedor y en el otro extremo tiene un sistema de rosca, una hembra que forma parte del mismo cuerpo de material de bronce, la lámina es una lámina fusible similar a la del Diazed.

2.1.5 FUSIBLE TIPO EUROPEO

1. **CUERPO**: El cuerpo es de esteatita.
2. **CONTACTO**: El contacto son tipo cuchillas de bronce plateado, para atornillar.
3. **EXTINTOR**: El elemento extintor es cuarzo, actúa de la misma forma que del tipo Diazed.
4. **ELEMENTO FUSIBLE**: La lámina fusible, es de plata.
5. **SEÑALIZACIÓN DE APERTURA**: No posee

Su forma es muy semejante al NH Son de buena calidad, su máxima dispersión está en el 3%, poseen limitación de la corriente de cortocircuito. No son muy comunes en nuestro medio.

Sus valores eléctricos nominales son:

- Corriente nominal:
- Tensión: 600V
- Capacidad de ruptura: 60 kA y 100 kA

Para resumir, los fusibles constituyen una manera sencilla, muy confiable y barata para contar con protección contra sobrecorriente. Los fusibles no tienen partes mecánicas que puedan fallar; no envejecen ni se desgastan. La única limitación importante que tienen es el tiempo y esfuerzo necesario para reemplazarlos cuando se dañan.

2.1.6 FUSIBLES *aM*, *gl*, *Tr*

Los fusibles *aM*, *gl*, *Tr* son solamente para los tipos Diazed, NH, europeo.

Diferencia entre los fusibles *gl* y *aM*

Hay una zona en la protección de los motores, que puede ser por alguna corriente excesiva o instantánea muy fuerte, debido por ejemplo un bloqueo del motor, y en ese caso debemos tener un elemento de protección adecuado, se ha desarrollado un fusible específicamente para motores que es el *aM*, el cual tiene una característica inversamente proporcional, donde en corrientes muy altas en corto tiempo va a actuar el fusible, es decir el elemento de protección a ese tipo de falla es el fusible, además trabaja como respaldo de los elementos de maniobra que están insertos en ese circuito, térmico y contactores.

Es decir el fusible *aM* cumple la función de proteger al motor de la excesiva corriente en poco tiempo, cuando decimos excesiva corriente estamos hablando de un tiempo corto, no necesariamente puede ser un cortocircuito en el bloqueo de un motor, un motor que se bloquea mecánicamente o el motor arranca bloqueado esto se puede dar en dos situaciones en el arranque del motor o el motor funcionando en forma normal.

La característica del fusible gl es como si tuviera una curva partida, una curva que tiene un comportamiento similar a un térmico, actúa en baja corriente durante un tiempo prolongado y tiene la característica inversa cuando esa corriente ya cuando esa corriente crece rápidamente en corto tiempo, se lo utiliza para proteger cables, circuitos eléctricos que no compromete la carga fundamentalmente para conductores.

Los fusibles Tr, son fusibles que se han desarrollado para la protección de transformadores del lado de baja tensión, tienen la capacidad de tener un comportamiento intermedio entre el aM y el gl, y vienen preparados para soportar sobrecargas hasta por lo menos un 50 %, durante un tiempo prolongado que puede ser 4 hrs. a 8 hrs. ,dependiendo del tiempo del transformador.

Un fusible Tr tiene una particularidad importante, que es, al tener una curva de comportamiento no tan inversa y al ser un fusible que cumple una función en la sobrecarga y además de limitar la corriente lo hace adecuado para poder dimensionar correctamente todos los elementos de maniobra asociados a un transformador, disminuyendo el sobredimensionamiento, en la medida que se pueda limitar las corrientes en los transformadores, vamos a limitar los fenómenos electrodinámicos que se van a producir en la misma máquina y en los elementos asociados a ellas, tecnológicamente es un elemento de protección similar a un interruptor automático, conceptualmente, un interruptor automático tiene la capacidad de ser térmico y magnético.

CAPÍTULO III

“INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS”

CAPÍTULO III

“INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS”

El interruptor es, según definición del vocabulario electrotécnico internacional, un aparato destinado a obtener la ruptura o cierre de un circuito eléctrico. Se puede completar esta definición, indicando que un interruptor es un aparato de maniobra para la conexión y desconexión voluntaria o automática de circuitos eléctricos, en los cuales todas las piezas que sirven para la unión o la interrupción están fijamente unidas sobre una base común.

Cuando esta última condición no se cumple, es decir, cuando las piezas que sirven para la unión o la interrupción no están montadas conjuntamente, el nombre del aparato de maniobra correspondiente es el de dispositivo de enchufe o toma de corriente.

CONSIDERACIONES: En la apertura de un circuito eléctrico en falla o en condiciones normales se tiene la siguiente secuencia de operación:

1. Apertura del circuito, a través de la separación de los contactos.
2. Inmediatamente de producida la apertura del circuito se produce el arco eléctrico.
3. Se produce la ionización del medio, estableciéndose la conducción por corriente iónica

Después de la apertura de los contactos, sobreviene una sobretensión que produce un arco eléctrico. Si el medio es dieléctrico, el arco se interrumpe, si el medio se ioniza el arco no se extinguirá.

La ionización del medio entre ambos electrodos es debida por una parte al campo magnético presente, cuyo gradiente es relevante cuando comienza la separación de los contactos, por otra parte la elevada temperatura que se origina ($I^2.R$), provoca una mayor movilidad en los iones, efecto de ionización térmica, dando lugar al choque de los iones entre sí (denominado ionización por choque).

FORMAS DE CONTROLAR EL ARCO ELÉCTRICO

- a) **Naturalmente:** En algunos interruptores, cerca de la zona catódica, el arco se subdivide en pequeños arcos, rompiendo la ionización rápidamente.
- b) **Artificialmente:** alargando, colocando elementos de interferencia y refrigerando el arco.

3.1 *CORRIENTES DE FALLA*

Los interruptores y fusibles, son calibrados y ajustados por su corriente nominal a una temperatura ambiente especificada. Esta capacidad nominal es la corriente del interruptor o fusible que debería conducir estando abierto, es decir, sin montarse en un gabinete, y en el ambiente en el cual es calibrado o ajustado.. El artículo 240 de la NOM cubre las reglas básicas de la Protección contra Sobrecorriente.

En la sección 240-3(f) se dan algunas indicaciones que se aplican a circuitos de motores y los dispositivos de protección contra sobrecorriente que deben ser aplicados para dichos circuitos de acuerdo con el artículo 430, subsecciones D y E. Estos requisitos consideran que los conductores sean protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecarga del motor sobre todas las sobrecargas a través del rotor bloqueado. La protección del circuito se aplica para dar protección contra corto circuito y fallas a tierra. La máxima capacidad de la protección del circuito se basa en la corriente a plena carga del motor.

Las corrientes de falla en un interruptor automático, pueden tener dos características, corriente de sobrecarga y corriente de cortocircuito. En las protecciones eléctricas se consideran cuatro variables:

- Tiempo
- Corriente
- Tensión
- Temperatura.

3.1.1 SOBRECORRIENTE Y SOBRECARGA

A menudo se usan las palabras sobrecorriente y sobrecarga indiferentemente pero, en realidad, tienen significados diferentes. Sobrecorriente describe una condición en la que por un circuito esta circulando mas corriente que la nominal. Como se ha visto, la seriedad de una condición de sobrecorriente depende de la magnitud de la corriente en exceso que esta fluyendo y el tiempo que transcurre en esta condición.

Sobrecarga se aplica con mas frecuencia a la operación de los motores eléctricos. Los motores requieren un flujo de corriente intenso al arrancar y mucho menos cuando alcanzan su velocidad normal de operación. Los dispositivos de protección se deben diseñar para soportar esta corriente de arranque, sin desconectar el circuito. Si un motor tiene alguna falla mecánica, esa incrementa la fricción en la rotación, o bien, si la carga en el motor es demasiado intensa, la condición de corriente alta continuara. Esta es una sobrecarga. Una sobrecarga hará que fluya una corriente por debajo del nivel de corte del fusible o del interruptor automático, pero por arriba del nivel de seguridad del motor. Bajo condiciones de sobrecarga, los motores se pueden calentar peligrosamente y sus devanados se pueden quemar. Por lo tanto se requiere una protección especial contra sobrecarga para la mayor parte de los motores grandes (1hp o mas). Los motores portátiles de un caballo de potencia o menor, que pueden enchufarse en receptáculos de 15 o 20 A, son una excepción y no necesitan una protección separada contra sobrecarga.

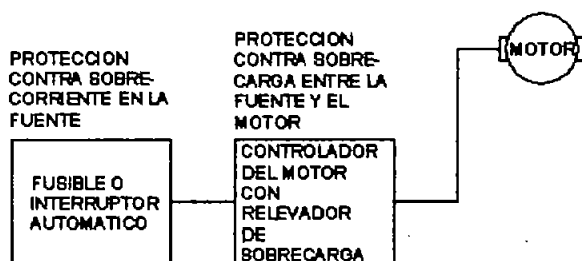


Fig. 3.1 Protección contra sobrecarga.

SOBRECORRIENTES.

En todas las instalaciones eléctricas en forma invariable, tanto los equipos como los conductores eléctricos tienen un límite térmico dado principalmente por la naturaleza y tipo de materiales aislantes. Como se sabe la corriente eléctrica produce las llamadas pérdidas por efecto Joule (RI^2) que se manifiestan en forma de calor, debido a esto en un conductor eléctrico, debido a su resistencia, se calienta y es por esta razón que las normas técnicas para instalaciones eléctricas, y el reglamento para obras e instalaciones eléctricas limitan la cantidad de corriente permisible en un conductor (ampicidad) a un valor en el que el calor se pueda disipar en forma segura, y es así como en las tablas de capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores se asocia la sección o calibre del conductor, con la corriente que pueden conducir en un tubo conduit, para considerar el espacio o cantidad de aire disponible. También se considera la elevación de temperatura ambiente.

Como se menciona, si un conductor tiene una resistencia R conduce una corriente I , el calentamiento resultante es proporcional a RI^2 , de manera que si por ejemplo el conductor conduce una corriente del doble ($2I$) el calentamiento es $R(2I)^2 = 4RI^2$, es decir se incrementa cuatro veces esto significa que al aumentar la corriente en un conductor, el calentamiento sube mucho más, debido a que crece con el cuadrado de la corriente.

El calentamiento excesivo como resultado de una corriente excesiva, causa que el aislamiento del conductor se degrade (deteriore) rápidamente, lo que conduce a una falla del aislamiento y al subsiguiente corto circuito de la línea a tierra o de la línea a línea (entre conductores), también el calentamiento excesivo puede producir fuego e incendios cuando se encuentra cerca de material inflamable.

Por otra parte, las corrientes de corto circuito pueden tener tal magnitud que producen explosiones en tableros y grandes daños en equipo, con riesgo frecuente para el personal. Estos daños en el equipo y riesgo para el personal se puede prevenir con una adecuada protección.

Los fusibles e interruptores son los dispositivos que se usan normalmente para proteger las instalaciones y equipos contra sobrecorrientes y contra corto circuito operan básicamente abriendo (liberando) los circuitos en los que están conectados antes de que los valores de corriente excedan la corriente permisible en los conductores.

3.1.2 GRÁFICO DE CORRIENTES

Corriente de cortocircuito I_{cc} , Corriente de sobrecarga I_{sob} y Corriente nominal I_n .

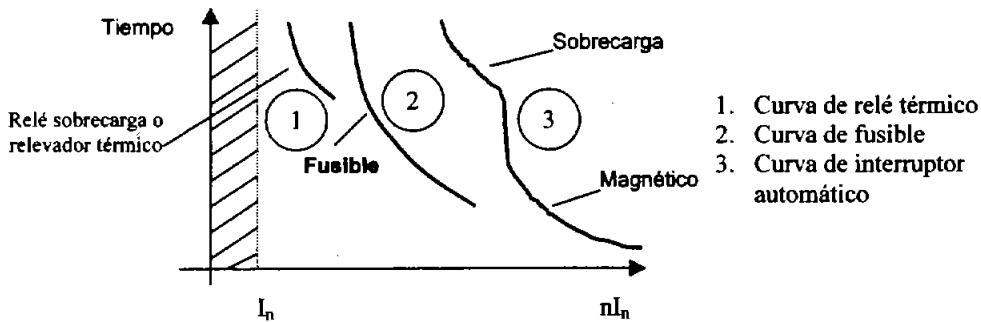


Fig. 3.2 Grafico de corrientes.

SOBRECARGAS.

La protección contra condiciones de sobrecorriente en un circuito consiste simplemente en sentir el exceso de corriente y desconectar la potencia que va hacia el circuito afectado, cuando fluye mas corriente que la nominal. El flujo excesivo de corriente puede presentarse en un circuito bajo tres condiciones generales. Una de estas condiciones de corriente en exceso es normal las otra dos no lo son.

La condición normal de corriente en exceso es la onda que se presenta cuando se enciende algún aparato eléctrico, en especial aquellos impulsados por un motor. Durante unos cuantos segundos después de que se encienden pueden consumir de seis a diez veces la corriente que consumirán cuando alcanzan su velocidad normal de operación (Figura 3.3). Las grandes áreas iluminadas como los techos luminosos también dan lugar a que fluya una alta corriente inicial. También se puede presentar una onda anormal si se encienden

simultáneamente varios aparatos eléctricos de corriente elevada. Estas condiciones son normales y no presentan peligro alguno, si la duración de la onda es breve y si el circuito no estaba operando cerca de una condición de sobrecorriente, antes de que se presentara la onda. Entonces, la protección contra sobrecorriente se debe diseñar para tolerar ondas cortas de corriente moderada sin desconectar el circuito.

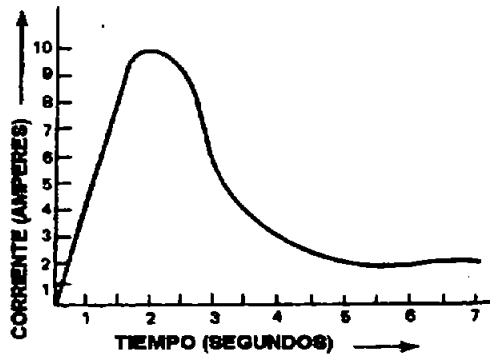


Figura 3.3 Curva de corriente en el arranque de un motor.

Se presenta una condición de sobrecorriente anormal al conectar una carga de corriente demasiado grande a un circuito. Todos los dispositivos conectados a un circuito están en paralelo con todos los demás que se encuentren en el mismo circuito. De acuerdo con el estudio de los circuitos paralelo, sabemos que entre mas cargas (resistores) se conecten en paralelo, es menor la resistencia efectiva a través de la línea. Con un voltaje constante, una menor resistencia significa un flujo mayor de corriente (Figura 3.4). Si se presenta este tipo de condición de sobrecorriente, solo rara vez, tal vez cuando se use algún aparato como un calefactor eléctrico, no es seria y no es necesario tomar una acción correctiva importante. Sin embargo, si esta condición de sobrecorriente ocurre con frecuencia, se tiene la necesidad de establecer circuitos adicionales.

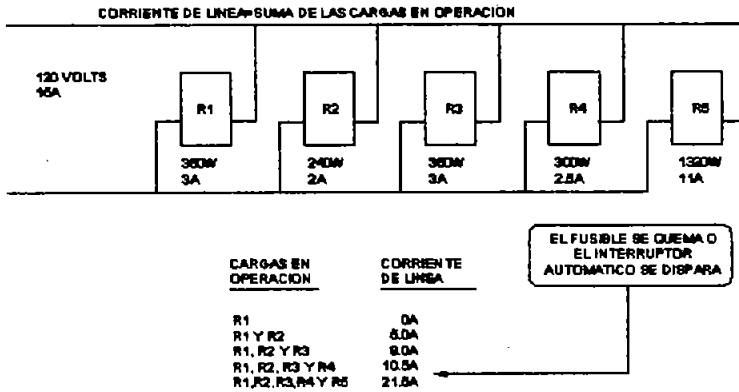


Figura 3.4 Demasiadas cargas pueden causar una condición de sobrecorriente.

La tercera causa de sobrecorriente es potencialmente la mas peligrosa. Esta es la presencia repentina de una trayectoria de baja resistencia entre el alambre activo y tierra. Por supuesto, esto es lo que se conoce como corto circuito.

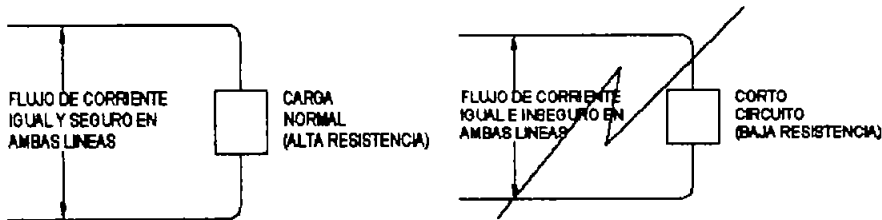


Fig. 3.5 Corto circuito en la línea de potencia.

3.1.3 CONDUCTORES, AISLAMIENTO Y SOBRECORRIENTE.

Todos los conductores tienen alguna cantidad de resistencia al flujo de corriente. Podemos pensar de esto como la fricción de la corriente pasando a través de un alambre. Y como la fricción, la resistencia genera calor. En conclusión, según como la corriente se incrementa, la resistencia también se incrementara, así resultan corrientes altas y habrá temperaturas altas. Como casi todos los conductores eléctricos están cubiertos con algún tipo de aislamiento de protección, la cantidad de calor que su aislamiento puede tolerar determinara la aplicación adecuada del conductor para usarlo en un circuito particular (su

ampicidad). Dependiendo de la aplicación, el aislamiento podría ser tan simple como una cubierta de barniz, o tan complejo como una serie de capas múltiples de hule y/o plástico. Por ejemplo, un típico aislamiento termoplástico solamente soporta temperaturas hasta de 140 F (46 C), mientras un aislamiento de polytetrafluoretileno extruido puede aguantar hasta 480 F (234C).

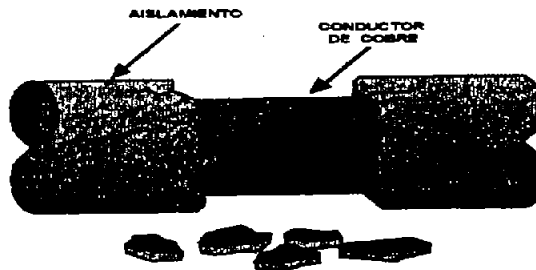


Fig. 3.6 Deterioro causado por calentamiento excesivo.

Generalmente, el flujo de la corriente que pasa a través de un circuito estará determinado por el o los dispositivos o carga que el circuito alimenta. Los electricistas o ingenieros eléctricos usaran esa información para seleccionar los conductores apropiados y su aislamiento. Si la carga sobre un circuito llega a ser muy grande, una condición de sobrecorriente puede llegar a ocurrir.

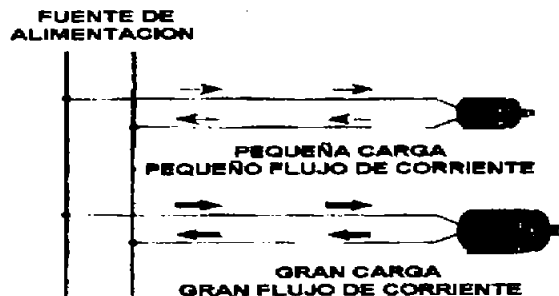


Fig. 3.7 Flujo de corriente.

Las sobrecorrientes generaran mas calor de lo que el aislamiento del conductor soporta, por lo que el aislamiento se destruye. Esta es una relación entre tiempo y temperatura.

Esto en su momento conduce a cortos circuitos y otros riesgos eléctricos dependiendo de que tan dañada este la protección del aislamiento. Y existe un riesgo de fuego eléctrico ya que el calor generado puede prender fuego en el aislamiento o en los materiales que rodean al conductor. El punto en el cual la corriente en un conductor excede la capacidad de temperatura de su aislamiento se la llama; **punto crítico**.

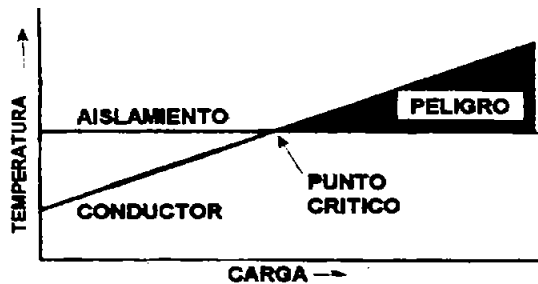


Fig. 3.8 Punto crítico.

- La resistencia provoca que cualquier corriente que pasa a través de un alambre genere calor.
- Como la resistencia se eleva según se eleva la corriente, entre más corriente pase a través del conductor, este generará más calor.
- La más grande amenaza de la sobrecorriente es el efecto de calor excesivo sobre el aislamiento del conductor y el material que lo rodea.
- La capacidad de corriente para un circuito es usualmente determinada por la medida y tipo del conductor, así como del tipo de aislamiento usado.

3.2 CORTO CIRCUITO

El corto circuito de hecho, puede ocurrir en cualquier parte de un sistema eléctrico, y en el caso de algunas instalaciones industriales de tamaño pequeño en donde se usan como dispositivos de protección fusibles e interruptores termomagnéticos, estos, deben operar para abrir el circuito.

Si el circuito en el que se presenta la falla (cortocircuito) no se abre, se puede presentar daño, principalmente debido al calentamiento y altos esfuerzos en equipo eléctrico. Los resultados que finalmente se pueden tener de este tipo de fallas son: Equipo arruinado, Incendios y Posibles explosiones.

La corriente en un corto circuito puede alcanzar valores de 10000 A o mas. Se puede ver el efecto de la resistencia disminuida sobre el flujo de corriente a partir de la ley de Ohm. El flujo de corriente I en un circuito es igual a V/R . Nótese que a medida que R se hace menor, el valor de I crece. (Por ejemplo, $120/10 = 12$ A, $120/1 = 120$ A, $120/0.01 = 12000$ A, etc.) Este enorme flujo de corriente genera temperaturas extremadamente altas, funde el metal con tal rapidez que casi explota y vaporiza muchos materiales plásticos. Entonces una protección efectiva contra los cortos circuitos requiere una desconexión rápida, antes que la intensidad de la corriente pueda alcanzar los niveles en los que se tenga como resultado un daño serio y un incendio. Nótese que se puede presentar un corto circuito cuando existe una trayectoria de baja resistencia entre un alambre activo y el alambre de tierra de la energía eléctrica o cualquier punto conectado al conductor de puesta a tierra. Cuando ocurre el corto circuito entre un alambre activo y algún punto de tierra, la onda fluye de aquel hacia tierra. No se tiene flujo anormal de corriente en el alambre activo. Entonces, la protección contra sobrecorriente se debe localizar en el alambre activo.

3.2.1 CUANDO LA CORRIENTE NO SIGUE EL CAMINO PREVISTO.

Analizado como la carga en un circuito, tal como en un motor o en un banco de alumbrado, determina la corriente que fluirá a través de ese circuito. Cuando un conductor no previsto permite a la corriente completar el circuito sin pasar a través de la carga, ocurren condiciones de sobrecorriente peligrosas.

Una forma de que esto suceda es a través de un corto circuito. Un corto circuito ocurre si el aislamiento entre dos conductores se corta o se desgasta y permite a la corriente pasar directamente entre ellos. En otros casos, dos conductores podrían simultáneamente hacer

contacto con el mismo material conductivo tal como una caja de empalme metálica o un bastidor.

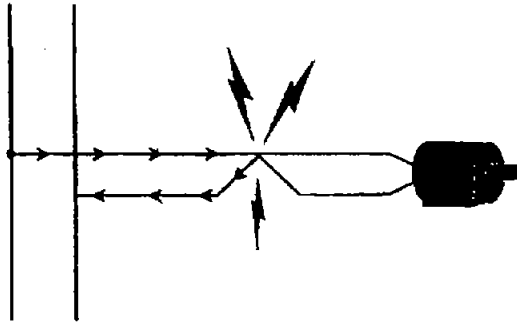


Fig. 3.9 Cortes o desgastes en el aislamiento, tal como el ilustrado aquí, puede concluir en un corto circuito cuando la corriente fluye sin restricción desde un conductor en un circuito a otro.

La otra forma en que la corriente puede “puentear” el circuito previsto es a través de una falla a tierra. Una falla a tierra típicamente sucede cuando el agua o algún otro conductor crea un camino eléctrico no previsto desde el conductor de fase “energizado” a tierra. Los riesgos de fallas a tierra existen prácticamente en cualquier punto del circuito eléctrico donde esta en contacto con agua, como sería el caso en baños, cocinas, albercas, garages, etc.

En el caso ya sea de fallas a tierra o de corto circuito, la cantidad de corriente que fluye a través del circuito variara, dependiendo de la conductividad del material que provoco el corto circuito o la falla a tierra. Aun una sobrecorriente ligera puede ser muy peligrosa para las personas y para el equipo (tan pequeña como 10 miliampers pueden ser fatales). Y como los cortos circuitos son a menudo provocados por conductores inseguros o por contacto humano, el evento que provoca el corto circuito o la falla a tierra tendrá un riesgo mayor que los efectos que provoca la sobrecorriente en el circuito. Esto hace extremadamente importante detectar tales eventos en un circuito e interrumpir la corriente tan pronto como sea posible.

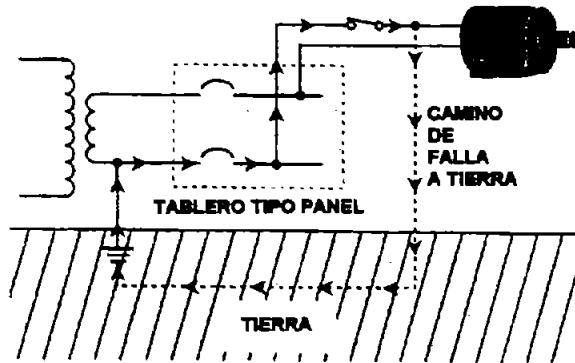


Fig. 3.10 Falla a tierra.

El contacto accidental con un conductor aterrizado, como un tubo de agua, puede provocar una falla a tierra donde el flujo de la corriente pase desde el conductor de fase “energizado” a la tierra, en lugar de seguir a través del circuito diseñado. En esta ilustración, el flujo de corriente regresa a la conexión de tierra del transformador de alimentación.

Cortos circuitos y fallas a tierra pueden ocurrir cuando la corriente sigue un camino no deseado, en lugar de seguir el previsto en el circuito, sin ser restringida por la carga.

- En un corto circuito, el camino alternativo permite a la corriente “puentear” la carga desde un conductor en el circuito a otro.
- En una falla a tierra, el camino alternativo permite fluir desde el conductor de fase “energizado” a tierra.

La corriente de cortocircuito en un punto se puede definir, la tensión e impedancia de la red hasta el punto considerado:

$$I_{cc} \text{ por la ley de OHM } I_{cc} = \frac{\text{tensión aplicada}}{\text{impedancia}}$$

Podemos tener una corriente de cortocircuito próxima al generador y lejos del generador. Cuando está próxima al generador, la corriente de cortocircuito no es sinusoidal, sino que es asimétrica con respecto al eje de las abscisas, tiene en cuenta fenómenos de inductancia, transitorios que se generan próximos a él.

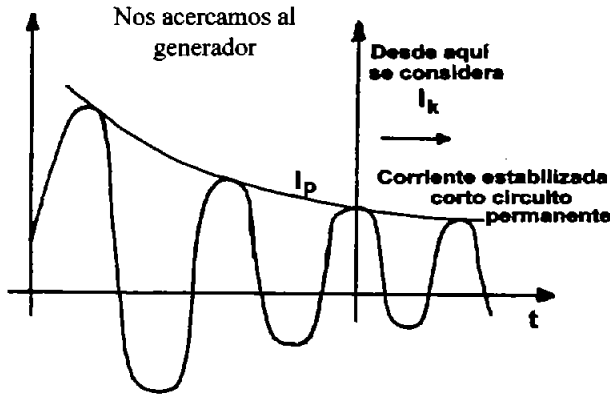


Fig.3.11 Corriente de CC.

En el cálculo de la corriente de cortocircuito, próximo a los bornes del generador, se tienen las impedancias transitorias y subtransitorias.

En los primeros ciclos las corrientes de cortocircuito son asimétricas con respecto al eje de los tiempos. En la zona próxima al generador dependerá de ciertos elementos propios del generador.

A medida que nos alejamos del generador intervienen las impedancias de la red, alcanzando una forma simétrica, estableciendo una corriente de cortocircuito permanente.

Las corrientes de cortocircuito dependen directamente de las impedancias. Cerca del generador, la impedancia es casi nula; las corrientes de cortocircuito en los bornes de un generador alcanzan valores grandes, a medida que nos alejamos del generador las corrientes se van atenuando.

Por eso es tan importante proteger el generador de cortocircuitos porque el mismo sigue trabajando hasta que se destruye mecánicamente.

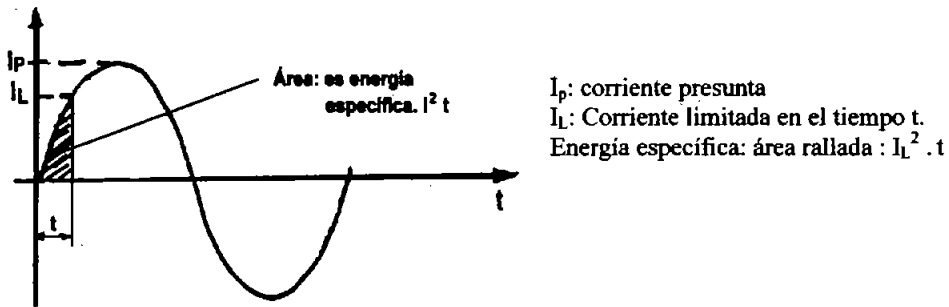


Fig. 3.12 Energía específica de CC.

El área rallada se conoce como **Energía Específica**. Es la cantidad de energía que se produce desde que se produce hasta que se extingue la corriente de cortocircuito. Esta energía se disipa en calor: (gases calientes, separadores de arcos llevados a temperaturas elevadas), vaporización de metales: (pastillas de plata, soportes metálicos) o en descomposición de aislantes en la proximidad de la zona de arco.

Luego de la apertura de los contactos, se produce el arco eléctrico estableciéndose una conducción iónica hasta que pasa por cero.

Se define duración de la ruptura, como el tiempo que transcurre entre la aparición del cortocircuito y su eliminación total en todas las fases.

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO.

El estudio del circuito en las instalaciones industriales tiene algunas variantes, dependiendo del tamaño y características eléctricas de la industria y de su instalación eléctrica en particular.

El corto circuito se alimenta de las siguientes fuentes:

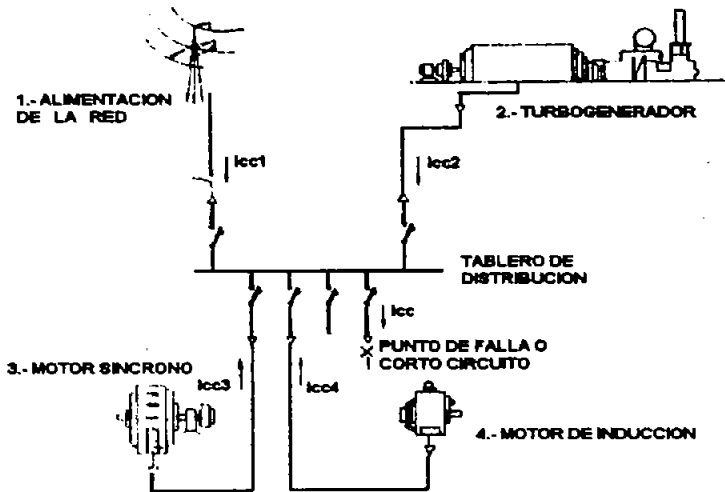


Fig. 3.13 Elementos que contribuyen a la CC.

A. Red de la compañía suministradora de la energía eléctrica. El valor de la corriente de corto circuito con que contribuye la red de alimentación a la instalación depende de las características de la red misma, esta corriente de corto circuito de alimentación se expresa en kiloamperes o bien se da el valor de la llamada capacidad interruptiva en MVA, en cualquier caso, para el proyectista de la instalación eléctrica, es un valor que proporciona la compañía suministradora, indicando a esta el punto de la red eléctrica de donde se alimentara a la industria.

Por ejemplo, si se proporciona el valor de corto circuito en una red de distribución de 13.8 kV a la que se conectara un industria, como corriente, se puede decir $I_{cc} = 10 \text{ kA}$ por ejemplo, por otra parte, si se proporciona como una capacidad interruptiva en MVA, a partir de este valor se puede calcular la corriente de corto circuito. Si por ejemplo la capacidad interruptiva es de 200MVA, la corriente de corto circuito correspondiente es:

$$I_{cc} = \frac{200 \times 1000}{\sqrt{3} \times 13.8} = 8367.4 \text{ A}$$

B. Turbogenerador o fuente de generación propia. En algunas industrias, esta permitido (en condiciones especiales en México) que exista generación local, además de la fuente de alimentación que proporciona la red de la compañía suministradora.

Sin entrar en los detalles del fenómeno se puede decir que el generador entregara una corriente limitada solo por su impedancia interna y que es decreciente del instante del corto circuito por un tiempo corto (transitorio) hasta su estabilización a un valor que no varia mas con el tiempo (impedancia sincrona). La corriente de corto circuito será por lo tanto elevada en el primer instante y decrecerá hasta un valor (corriente de corto circuito permanente) que se mantendrá sin modificación en el tiempo si no intervienen las protecciones.

C. Motores síncronos. Un motor síncrono se comportara en forma análoga a un generador síncrono, en lugar de absorber energía de la línea se convertirá en un generador y alimentara a la instalación con una corriente decreciente con el tiempo que dependerá de su impedancia interna, exactamente como ocurre con el generador síncrono.

D. Motores de inducción. También los motores de inducción que están conectados en la instalación eléctrica alimentaran a esta con una corriente limitada por su impedancia interna, pero su contribución se reduce a cero en un tiempo muy breve.

El valor de la corriente de corto circuito en el punto de la instalación en el que se presentara la falla es la suma de las contribuciones de los elementos conectados a la misma y la red de alimentación, como se muestra en la figura siguiente:

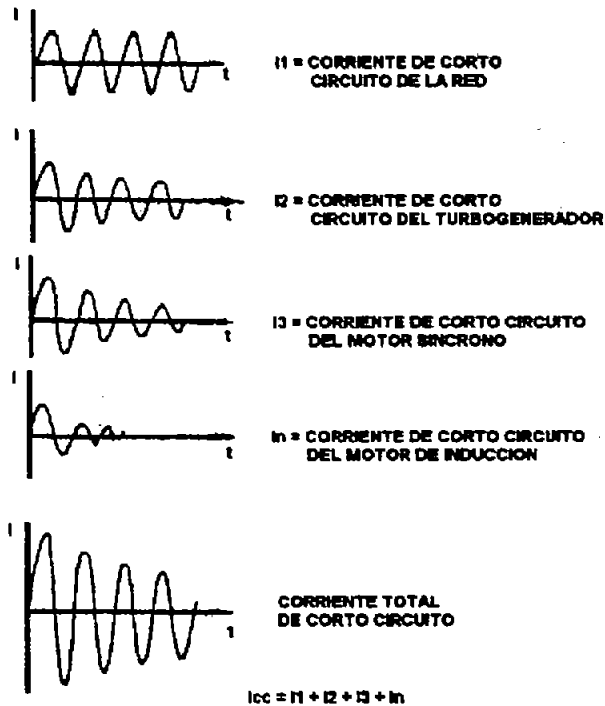


Fig. 3.14 Diagramas de corto circuito de las distintas fuentes de alimentación.

Como se puede observar, al presentarse el corto circuito en una instalación, se presentará una corriente de un valor muy elevado que se reducirá con el tiempo hasta llegar a un valor permanente, es decir, que la forma de la corriente de corto circuito es por lo tanto:

- Senoidal con un periodo dependiente de la frecuencia de la red de alimentación.
- Amortiguado con una constante de tiempo que depende de las características de la red de alimentación.
- Asimétrica, con una constante continua que depende del desfase entre el voltaje y la corriente en el instante del corto circuito.

3.2.3 CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO SIMÉTRICA Y ASIMÉTRICA.

Las capacidades interruptivas de corriente alterna son siempre listadas en miles de amperes simétricos, *rcm*.

En la figura anterior se muestra una grafica de tiempo contra corriente de un circuito de corriente puramente resistivo cuando es corto circuitado. La corriente de corto circuito es simétrica sobre el eje de la corriente cero. Los valores pico de la corriente tanto positivos como negativos son idénticos.

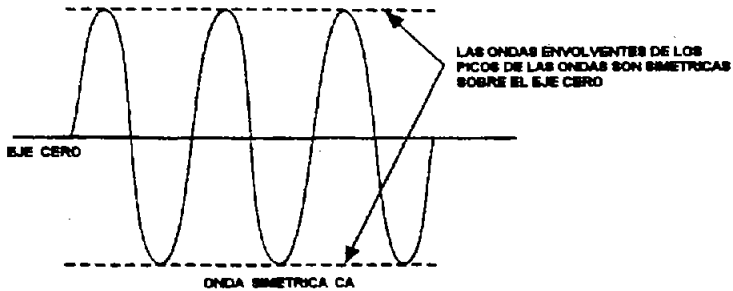


Fig. 3.15 Forma de onda simétrica de CA

Los circuitos de corriente alterna en la vida real no son puramente resistivos. Contienen reactancia capacitiva e inductiva —mayormente inductiva—. Cuando un circuito que contiene reactancia es corto circuitado, la primera mitad del ciclo de la corriente pico de corto circuito es bastante desplazada fuera del eje cero. Por lo que la corriente de corto circuito en un circuito con reactancia será asimétrica.

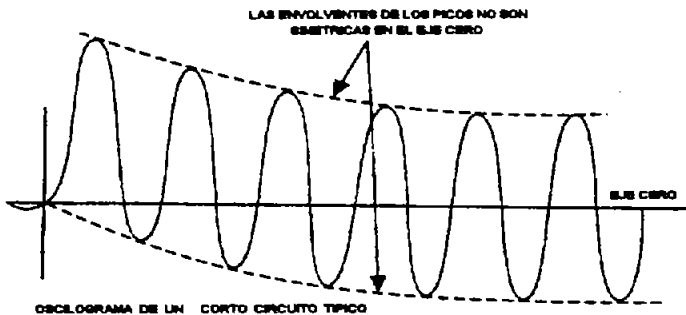


Fig. 3.16 Forma de onda asimétrica de CA

La magnitud de la corriente desviada es determinada tanto por la relación de reactancia a resistencia en el circuito que esta siendo corto circuitado y por el momento exacto en que inicio la falla. Esta relación de reactancia a resistencia es llamada la relación X/R.

El interruptor tiene que ser capaz de soportar e interrumpir este pico de corriente de corto circuito asimétrico, el cual puede ser mas del 200% del pico de corriente de corto circuito asimétrico. Las relaciones X/R de cada circuito en el sistema eléctrico son calculados para determinar la corriente de corto circuito disponible en todos los puntos críticos del sistema.

Como los fabricantes no conocen previamente que relaciones X/R habrá en los circuitos, se listan las capacidades interruptivas simétricas rcm y entonces al usuario se le dan tablas de valores de degradación para las capacidades interruptivas que tiene que aplicar para altos valores de relaciones X/R. Entre mas alta sea la capacidad interruptiva simétrica, es la degradación que requiere un interruptor debido a las altas relaciones X/R.

3.2.4..MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

El calculo de la corriente de corto circuito se puede hacer por métodos matemáticos, muchos de los cuales van orientados hacia el uso de programas de computadoras digitales o bien con microcomputadoras. Estos métodos de calculo son exactos pero requieren de mas tiempo y pueden resultar complicados, además de que por lo general requieren de mucha información.

Los estudios de corto circuito con fines prácticos para instalaciones de tipo industrial, se pueden hacer por métodos aproximados que son bastante simples, desde luego que no son tan exactos como los métodos matemáticos, peor dan una idea de orden de magnitud de corrientes de corto circuito, que e la mayoría de los casos corresponden a valores conservadores, es decir mayores que los esperados, pero que los hacen además de simples suficientemente confiables para su uso, por lo que en lo siguiente se usara este tipo de métodos.

En una instalación eléctrica, la máxima corriente de corto circuito en la alimentación, es el valor que se puede tener para un corto circuito en el punto principal de desconexión. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar simplificado para una instalación eléctrica, indicando el punto de falla en baja tensión.

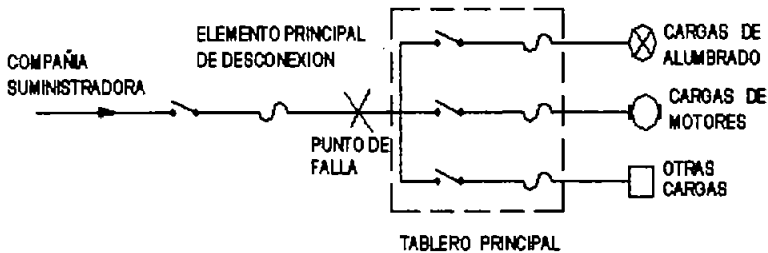


Fig. 3.17 Corto circuito en el punto de alimentación.

Para los fines de cálculos conservadores, se supone que la falla puede ser la más severa posible, es decir la que produciría los daños más fuertes, considerando que se puentean los conductores con un elemento conductor sólido entre ellos. El valor de la corriente de corto circuito disponible, se obtiene directamente de la compañía suministradora, ya que esta, debe proporcionar la información del máximo valor en amperes que circula de los transformadores y red de alimentación al punto de falla en la alimentación, este valor en algunas ocasiones puede ser muy elevado.

De los elementos que contribuyen a la corriente de corto circuito, el turbogenerador o en general la generación local no se tiene en la mayoría de las instalaciones, de manera que las fuentes principales de alimentación son: la red de alimentación y la carga local de motores que se tiene en la industria.

Como se mencionó antes, un corto circuito interrumpe el suministro de potencia a los motores y los motores se tienden a frenar y finalmente a parar, sin embargo, debido a su inercia, el campo magnético giratorio del rotor hace que los motores actúen como generadores temporales y alimentan la corriente de corto circuito hasta que para. Es decir:

$$I_{TCC} = I_{SCC} + I_{MCC}$$

I_{TCC} = Corriente total de corto circuito en el punto de falla.

I_{SCC} = Corriente de corto circuito que alimenta la red o sistema de alimentación en baja tensión.

I_{MCC} = Corriente de corto circuito con que contribuyen los motores.

En la practica la contribución de los motores a la corriente de corto circuito se toma aproximadamente como cinco veces la suma de las corrientes a plena carga de motores estén operando o no. Es decir:

$$I_{MCC} = 5 \times (\text{suma de las corrientes a plena carga de todos los motores}).$$

EJEMPLO

Calcular la corriente total de corto circuito en el punto de conexión a una industria si la compañía suministradora informa que la corriente de corto circuito que proporciona es de 20000 A. En la industria se tienen instalados los motores trifásicos a 220 V que se indican :

5 Motores de 10 HP

3 Motores de 20 HP

8 Motores de 5 HP

3 Motores de 40 HP

2 Motores de 75 HP

SOLUCIÓN

La corriente de la compañía suministradora es: $I_{SCC} = 20000 \text{ A}$

La contribución de los motores eléctricos se calcula a partir de las corrientes nominales de estos:

Para los motores de 10 HP, $I_N = 39 \text{ A}$

Para los motores de 20 HP, $I_N = 56 \text{ A}$

Para los motores de 5 HP, $I_N = 15.9 \text{ A}$

Para los motores de 40 HP, $I_N = 109 \text{ A}$

Para los motores de 75 HP, $I_N = 201 \text{ A}$

La corriente nominal total por grupo de motores es:

$$5 \text{ Motores de } 10 \text{ HP } 5 \times 29 = 145 \text{ A}$$

$$3 \text{ Motores de } 20 \text{ HP } 3 \times 56 = 168 \text{ A}$$

$$8 \text{ Motores de } 5 \text{ HP } 8 \times 15.9 = 128 \text{ A}$$

$$3 \text{ Motores de } 40 \text{ HP } 3 \times 109 = 327 \text{ A}$$

$$2 \text{ Motores de } 75 \text{ HP } 2 \times 201 = \underline{402 \text{ A}}$$

$$\text{CORRIENTE NOMINAL TOTAL} = 1170 \text{ A}$$

La corriente de corto circuito que suministran los motores de la falla es:

$$I_{MCC} = 5 \times \text{suma de corrientes nominales}$$

$$I_{MCC} = 5 \times 1170 = 5850 \text{ A}$$

La corriente total de corto circuito es entonces:

$$I_{TCC} = I_{SCC} + I_{MCC}$$

$$I_{TCC} = 20000 + 5850 = 25850 \text{ A}$$

CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN CUALQUIER PUNTO DE LA INSTALACIÓN (EN BAJA TENSIÓN)

Como se menciona en párrafos anteriores, las compañías suministradoras, generalmente proporcionan el valor de la corriente de corto circuito en el punto de alimentación en dos formas: como una corriente o como el valor de la capacidad interruptiva, es decir si la corriente de corto circuito del sistema es: P_{CCS} la capacidad interruptiva se expresa como:

$$P_{CCS} = \sqrt{3} \times V_s \times I_{CCS}$$

Siendo:

P_{CCS} la capacidad interruptiva

Algunas veces la compañía suministradora proporciona la impedancia en el punto de alimentación. Esta impedancia es en forma compleja:

$$Z_x = R + jX$$

El valor de la corriente de corto circuito que proporciona el sistema en el punto de alimentación se calcula entonces como:

$$I_{CCS} = \frac{V_s}{\sqrt{3} \times Z_s}$$

Donde:

Z_s Impedancia del sistema hasta el punto de alimentación

V_s Voltaje del sistema

En términos absolutos:

$$Z_s = \sqrt{R^2 + X^2}$$

En muchos casos prácticos, la resistencia R es pequeña en comparación con la reactancia X y sin mucho error se pueden despreciar, en particular cuando la reactancia es mas de 10 veces el valor de la resistencia con lo que:

$$Z_s = X_s$$

La corriente total de corto circuito es entonces:

$$I_{TCC} = \frac{V_s}{\sqrt{3} \times Z_s} + I_{MCC}$$

Se puede observar que la corriente de corto circuito que circula del punto de alimentación a la falla se reduce por las impedancias del equipo eléctrico en el circuito que esta bajo análisis, estas impedancias pueden ser la de los interruptores, transformadores de instrumento, conductores, etc.

Se puede observar de la ecuación anterior, que a medida que aumenta la impedancia Z_S , la corriente de corto circuito se reduce y a medida que Z_S disminuye, la corriente de corto circuito aumenta, por lo que este método básico de calculo esta siempre del lado conservador y el factor de seguridad se puede dar en función de las consideraciones para el estudio.

EJEMPLO

Supóngase que la compañía suministradora alimenta a una pequeña instalación industrial a 220/127 V con alimentación trifásica de 4 hilos (tres fases y neutro). La potencia del corto circuito en el punto de alimentación es de 20 MVA y se alimenta a un centro de control de motores que tiene los siguientes motores:

- 2 Motores de 10 HP jaula de ardilla
- 2 Motores de 5 HP jaula de ardilla
- 1 Motor de 20 HP jaula de ardilla

La distancia del punto de alimentación al centro de control de motores es de 40 m.

Calcular la corriente de corto circuito en los puntos indicados:

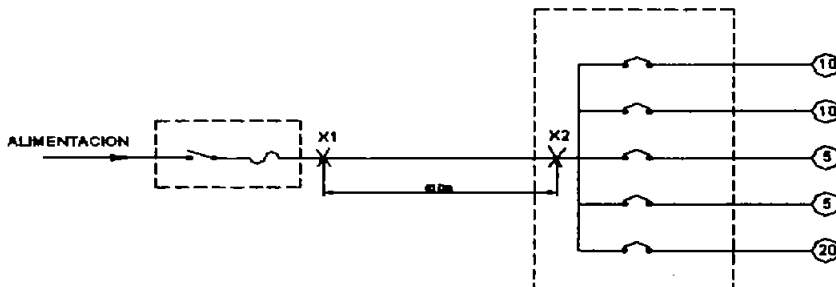


Fig. 3.18 Ejemplo: Calculo de la corriente de corto circuito en cualquier punto de la instalación (en baja tensión).

SOLUCIÓN

Las corrientes nominales para los motores trifásicos a 220 V son:

Motor de 10 HP ----- 29 A

Motor de 5 HP ----- 15.9 A

Motor de 20 HP ----- 56 A

Para calcular el calibre del alimentador al centro de control de motores, se procede de la siguiente manera, se toma la suma de las corrientes nominales de los motores y el 1.25 de la corriente del motor mayor.

$$I = 1.25 \times 56 + 2 \times 15.94 + 2 \times 29 = 159.8 \text{ A}$$

Para 3 conductores en tubo conduit suponiendo que se usa conductor VINAMEL NYLON a una temperatura de 75 °C para una corriente de 159.8 A se requiere conductor calibre No. 1/0 en tubo conduit de 38 mm.

La corriente de corto circuito que proporcionan los motores a la falla se toma como 5 veces la suma de las corrientes nominales, es decir:

$$I_{CCM} = 5 \times (\text{suma de las corrientes nominales})$$

$$I_{CCM} = 5 \times (2 \times 29 + 2 \times 15.9 + 56)$$

$$= 729 \text{ A}$$

Para la falla en el punto X₁, solo se considera que la alimentación del sistema esta limitada por su propia impedancia, por lo que para la potencia de corto circuito dada a 220 V la corriente de corto circuito es:

$$I_{CCS} = \frac{P_{CCS}}{\sqrt{3}V_s} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 220} = 52.5 \text{ KA}$$

La corriente total de corto circuito es :

$$I_{CCT} = I_{CCS} + I_{CCM} = 52500 + 729$$

$$I_{CCT} = 53229 \text{ A}$$

Se puede efectuar el mismo calculo considerando la impedancia equivalente del sistema cuyo valor se calcula como :

$$Z_S = \frac{V_S^2}{P_{CC} \times 1000} \quad \begin{array}{l} V_S = \text{voltaje del sistema en V} \\ P_{CC} = \text{Potencia de corto circuito del sistema en KVA} \end{array}$$

En este ejemplo: $P_{CC} = 20 \text{ MVA} = 20000 \text{ KVA}$

Por lo tanto:
$$Z_S = \frac{220^2}{20000 \times 1000} = 0.0024$$

De manera que la corriente total de corto circuito en X1 es:

$$I_{CCT} = \frac{V_S}{\sqrt{3} \times Z_S} + I_{MCC}$$

$$I_{CCT} = \frac{220}{1.73 \times 0.0024} + 725$$

$$I_{CCT} = 53715.51 \text{ A}$$

Para la falla en el punto X_2 se debe considerar la impedancia del conductor 1/0 del punto de alimentación al centro de control de motores y cuyo valor es de 0.0130 a 0.0160 OHMS /100M en forma conservadora se puede tomar el menor valor del rango, es decir: $Z_C = 0.0130 \text{ OHMS}/100\text{M}$, para una distancia de 40 M se tiene ahora.

$$Z_C = \frac{0.0130 \times 40}{100} = 0.0052 \Omega$$

La impedancia del sistema mas la del conductor es ahora:

$$Z_R = Z_S + Z_C = 0.0024 + 0.0052 = 0.0076 \text{ OHM}$$

La corriente total de corto circuito es:

$$I_{CCT} = \frac{V_s}{\sqrt{3} \times Z_T} + I_{MCC}$$

$$I_{CCT} = \frac{220}{1.73 \times 0.0076} + 729$$

$$I_{CCT} = 17461.58 A$$

CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN INSTALACIONES ELECTRICAS MAYORES

En el proyecto de una instalación eléctrica industrial el problema del calculo de las corrientes de corto circuito se pone en los siguientes términos:

En un punto de la instalación se debe instalar lo que se debe seleccionar con una capacidad de interrupción igual o superior al valor de la corriente de corto circuito en ese punto de la instalación.

En las líneas de alimentación con cable aislado, se debe verificar que los esfuerzos térmicos como consecuencia de la circulación de la corriente de corto circuito no produzca sobretensiones peligrosas para la integridad del aislamiento.

Se considera que la corriente de corto circuito sensibiliza o acciona a un relevador de sobrecorriente para que este de la orden al mecanismo de apertura del interruptor, el circuito se abre después de un tiempo que depende de las características mecánicas del interruptor mismo.

En el tiempo de envío de la señal del relevador y de apertura por parte del interruptor, la corriente de corto circuito se atenúa de manera que en realidad el interruptor interrumpe una corriente reducida, con este valor de corriente se determina la capacidad o potencia interruptiva del interruptor.

En el caso de los esfuerzos electrodinámicos de las corrientes de corto circuito, se debe calcular el llamado valor de cresta del primer ciclo o primera alternación, que constituirá

el valor máximo de la corriente de corto circuito. De este valor depende el valor máximo de los esfuerzos electrodinámicos entre conductores.

El valor de la corriente de corto circuito en su concepto mas elemental, como ya se ha indicado se calcula como:

$$I_{cc} = \frac{V}{Z}$$

Donde: V = Voltaje de la instalación en el punto del corto circuito.

Z = Impedancia del circuito mas allá del punto de corto circuito.

CALCULO DE LA IMPEDANCIA

De lo que ya se ha tratado anteriormente, se observa que para el calculo de la corriente de corto circuito simétrica se debe conocer la impedancia equivalente del circuito mas allá del punto donde se calculara el valor del corto circuito.

Como se menciona antes, en el estudio de corto circuito intervienen distintos elementos tales como el generador, la red de alimentación, los motores, conductores, etc. Que en el estudio se deben representar por sus impedancias que se deben combinar entre si en serie y paralelo, calculada la impedancia característica, por medio de la simple aplicación de la ley de ohm se calcula la corriente de corto circuito.

A continuación, se indica como calcular la impedancia de cada uno de los elementos:

- A. ***Impedancia de la red de alimentación (Compañía Suministradora).*** La información relacionada con las características de la red de alimentación en el punto de alimentación, se debe obtener de la propia compañía suministradora (Comisión Federal de Electricidad en México).

La característica de la red se proporciona normalmente al usuario como un valor de potencia de corto circuito (P_{cc}) expresada en MVA, el valor de la corriente de corto circuito se obtendrá por lo tanto como:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V}$$

El valor de la impedancia del sistema (Red de alimentación) se obtiene como:

$$Z_s = \frac{V^2}{P_{cc}} \text{ (Ohms)}$$

B. **Generadores y motores síncronos.** Por lo general en los motores síncronos la impedancia esta constituida principalmente por la reactancia ya que la resistencia se puede despreciar sin cometer un error apreciable, la relación entre la resistencia y la reactancia en la mayor parte de los casos esta entre 0.02 y 0.04.

Los valores de reactancia están por lo general expresados en por ciento. Para obtener el valor en ohms de la reactancia por base se puede hacer uso de la formula:

$$X_D = \frac{X'_D (\%) V_N^2 (\%)}{P_N \times 100} \left(\frac{\text{ohms}}{\text{fase}} \right)$$

Donde: V_N = Tensión nominal del generador. (kV)

P_N = Potencia nominal del generador.

X'_D = Reactancia transitoria del generador (ohms/fase).

$X'_D (\%)$ = Reactancia transitoria del generador en por ciento.

Para los motores síncronos se tienen las mismas consideraciones que para los generadores. En la siguiente tabla, se dan algunos valores de valores aproximados de reactivancias en por ciento, sobre la base de la capacidad en kVA nominales.

GENERADOR DE POLOS SALIENTES CON DEVANADOS DE AMORTIGUAMIENTO	12 POLOS O MENOS	X rd = 18%
	14 POLOS O MAS	X rd = 24%
GENERADOR DE POLOS SALIENTES SIN DEVANADOS DE AMORTIGUAMIENTO	12 POLOS O MENOS	X rd = 25%
	14 POLOS O MAS	X rd = 35%
GENERADOR DE ROTOR CILÍNDRICO	625 - 9375 KVA	
	2 POLOS	X rd = 9%
	12500 KVA Y MAYORES	
	2 POLOS	X rd = 10%
	12500 KVA Y MAYORES	
	4 POLOS	X rd = 14%

Tabla 3.1 Valores de reactivancias subtransitorias de generadores a la base de los KVA nominales; expresadas en por ciento

C. *Motores de Inducción.* En el caso de los motores de inducción se puede despreciar la resistencia de manera que la impedancia se puede tomar como la reactivancia, la relación resistencia a reactivancia (R/X) es del orden de 0.05 a 0.07. La acción de los motores de inducción durante el corto circuito se amortigua rápidamente, tanto, que el valor de la corriente de corto circuito permanente se puede considerar como cero.

La reactivancia de corto circuito de un motor de inducción se puede calcular de acuerdo con la formula:

$$X_M = \frac{V_N}{3 \times I_A} \quad \text{También} \quad X_M \% = \frac{100 V_N}{I_A}$$

Donde: I_N = Corriente nominal.

X_M = Reactancia subtransitoria (el mismo valor para la transitoria) de motor en (ohms/fase).

V_N = Voltaje nominal del motor de inducción.

I_A = Corriente de arranque del motor.

Normalmente para los motores en baja tensión la corriente de arranque se toma como de 4 a 7 veces la corriente nominal los valores mayores se toman para los motores pequeños.

En la tabla siguiente se dan valores de reactancia para motores de inducción expresados en porciento a su base de potencia nominal.

GRANDES MOTORES SÍNCRONOS INDIVIDUALES	6 POLOS 8 A 14 POLOS	$X''d = 10\%$, $X'd = 15\%$ $X''d = 15\%$, $X'd = 24\%$
GRANDES MOTORES SÍNCRONOS 600 VOLTS O MENOS MAYORES DE 600 VOLTS	6 POLOS 8 A 14 POLOS	$X''d = 25\%$, $X'd = 33\%$ $X''d = 15\%$, $X'd = 25\%$
GRANDES MOTORES DE INDUCCIÓN INDIVIDUALES	8 A 14 POLOS	$X''d = 25\%$
GRUPOS DE MOTORES DE INDUCCIÓN 600 VOLTS O MENOS MAYORES DE 600 VOLTS	6 POLOS 8 A 14 POLOS	$X''d = 25\%$ $X''d = 20\%$

Tabla 3.2 valores aproximados de reactancias para motores de C.A. a la base de los KVA nominales;
Expresadas en porciento.

D. **Transformadores.** La impedancia de los transformadores se puede calcular considerando resistencia y reactancia, ya que no siempre en la practica se puede despreciar la resistencia respecto a la reactancia. Esto es valido para transformadores con impedancias mayores del 6%. Los valores de resistencia y reactancia se pueden calcular de acuerdo a las siguientes expresiones.

$$R_T = \frac{N_R \times V_N^2}{100 P_N}$$

$$X_T = \frac{N_S \times V_N^2}{100 P_N}$$

Donde:

R_T = Resistencia equivalente de corto de circuito del transformador en ohms/fase.

X_T = Reactancia equivalente de corto circuito del transformador en ohms/fase.

N_R = Por ciento de caída de tensión por resistencia (Resistencia en por ciento).

N_S = Por ciento de caída de tensión por reactancia (Reactancia en por ciento).

$Z\%$ = $N_R^2 + N_S^2$ Caída de tensión por impedancia (Impedancia en por ciento).

P_N = Potencia nominal del transformador, los valores típicos de impedancias de transformador expresadas en por ciento se dan a continuación:

TRIFÁSICOS CON TENSIÓN PRIMARIA DE 13.8 KV O MENOR Y TENSIÓN SECUNDARIA DE 600 VOLTS O MENOR.		
DE 300 A 500 KVA		Z = 5%
DE 750 A 2500 KVA		Z = 5.5%
TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN		
POTENCIA EN KVA	5 KVA O MENOS	5.1 A 15 KV
3 A 5	Z = 2%	Z = 2.3%
10 A 15	Z = 2%	Z = 2.0%
25 A 50	Z = 2.5%	Z = 2.4%
75 A 167	Z = 3.3%	Z = 3.7%
250 A 500	Z = 4.7%	Z = 5.1%
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS CON VOLTAJE SECUNDARIO MAYOR DE 2.4 KV Y POTENCIA MAYOR DE 500 KVA		
VOLTAJE PRIMARIO		
11-23 KV		Z = 5.5%
34.5KV		Z = 6.0%
46 KV		Z = 6.5%
69 KV		Z = 7.0%
TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS CON VOLTAJE SECUNDARIO MAYOR DE 2.4 KV Y POTENCIA MAYOR DE 500 KVA		
VOLTAJE PRIMARIO		
2.2 A 2.5 KV		Z = 5.5%
25.1 A 34.5 KV		Z = 6.0%
34.6 A 46.0 KV		Z = 6.5%
46.1 A 69.0 KV		Z = 7.0%

Tabla 3.3 Valores de impedancias de transformadores expresadas en porciento, a la base de su potencia nominal.

E. **Cables de Potencia.** Los valores de resistencia y reactancia de los distintos tipos de cables se pueden obtener de los diferentes catálogos de cada fabricante,

en este caso, a diferencia de las líneas aéreas conductores desnudos, la resistencia no se puede despreciar debido a que su valor es prevalente sobre la reactancia, para el cálculo de la impedancia.

La resistencia depende del material y la sección de los conductores y se calcula como:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Donde: R = Resistencia del cable en ohms fase.

ρ = Resistividad del material conductor en ohms mm²/Km.

l = Longitud en m.

S = Sección del conductor en mm².

En el caso de los cables unipolares la reactancia depende del espesor del aislamiento, de la presencia de armadura metálica y del sistema de instalación.

$$X = W_L - \frac{1}{W_C}$$

Donde: X = Reactancia del cable en ohms/fase.

$W = 2 \times \pi \times F$; F = Frecuencia del sistema en Hertz. (60 en México)

L = Inductancia en Henry.

C = Capacitancia en Farads.

En la mayoría de los casos, la reactancia capacitiva es despreciable para los estudios de corto circuito.

En una primera aproximación, y a reserva de obtener los valores de reactancia de tablas características de cables, se puede tomar una reactancia de: $X=0.1$ ohms/Km.

EJEMPLO DE CALCULO DE CORTO CIRCUITO

El diagrama unifilar de la instalación de una planta industrial que esta alimentada por dos líneas de 115 kV con sus respectivos interruptores en aceite de 10 MVA de capacidad interruptiva y transformadores de 115/4.16 kV. Calcular las fallas en los puntos indicados. Si la capacidad de cortocircuito del sistema es de 4500 MVA; los centros de control de motores 1 y 2 agrupan motores trifásicos de inducción de 440 volts con una potencia global de 1000 KVA cada uno.

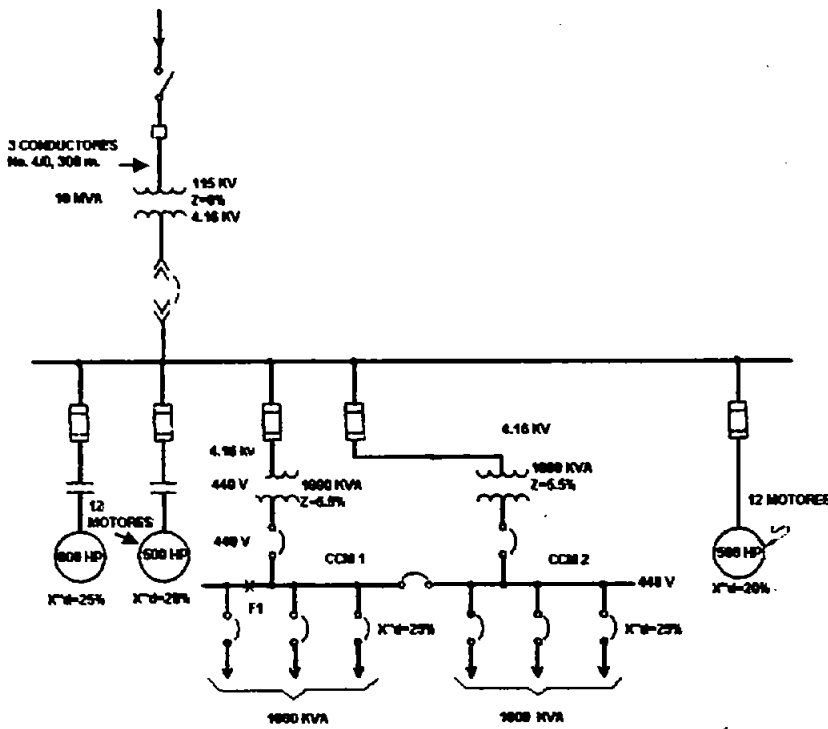


Fig. 3.19 Ejemplo: Calculo de la corriente de cortocircuito en instalaciones eléctricas mayores.

SOLUCIÓN

Tomando como potencia base o de referencia, la capacidad interruptiva de los interruptores de cada línea de alimentación a 115 kV. $P_{BASE} = 10,000 \text{ KVA}$.

Calculo de los valores de reactancias para cada uno de los elementos.

Para la red de alimentación:

$$X_s = Z_s = \frac{V_s^2}{P_{cc} \times 100} = \frac{(115)^2}{4500000} = 0.00294 \text{ ohms}$$

Para los conductores, de tablas se puede tomar una reactancia de 0.010 ohms/100 m:

$$X_L = \frac{0.010}{100} \times 300 = 0.03 \text{ ohms}$$

Refiriéndolos a los 440 Volts:

$$X_L = \frac{0.03}{\left(\frac{115000}{440}\right)^2} = 4.391 \times 10^{-7}$$

Para el transformador de 10 MVA:

$$Z_T = \frac{Z\% \times V_N^2}{100 P_N} = \frac{8 \times 115000^2}{100 \times 10000} = 1058 \text{ ohms}$$

Refiriéndolo a 440 Volts:

$$Z_T = \frac{Z\% \times V_N^2}{100 P_N} = \frac{8 \times 440^2}{100 \times 10000} = 0.001548 \text{ ohms}$$

Para los transformadores de 1000 KVA:

$$Z_T = \frac{Z\% \times V_N^2}{100 P_N} = \frac{5.5 \times 4160^2}{100 \times 1000} = 0.0106 \text{ hm.}$$

Para los motores de 800 y 500 HP. Se puede considerar sin mucho error 800 HP = 800 KVA y que 500 HP = 500 KVA:

$$X_D = \frac{X_D (\%) Y_N^2 \%}{P_N \times 100} = \frac{25 \times 4160^2}{800 \times 100} = 5.408 \text{ hms}$$

$$X_D = \frac{X_D (\%) Y_N^2 \%}{P_N \times 100} = \frac{20 \times 4160^2}{500 \times 100} = 6.92 \text{ hms.}$$

Refiriendo las reactancias de los motores a 4.16 kV a la base de 440 V. Para los motores de 500 HP:

$$X_D = 6.92 \frac{(44)^2}{4.16} = 0.0774 \text{ ohm}$$

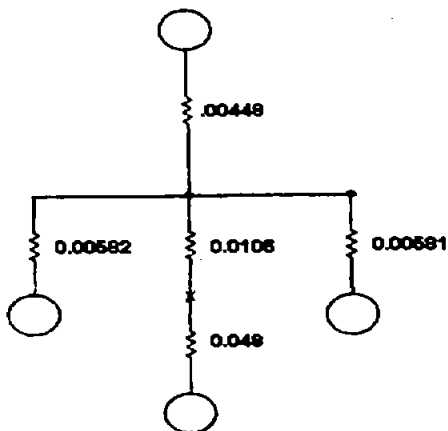
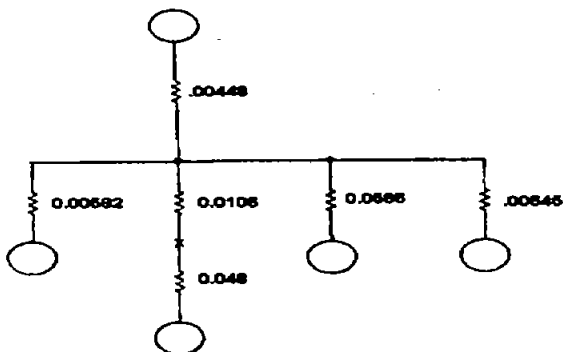
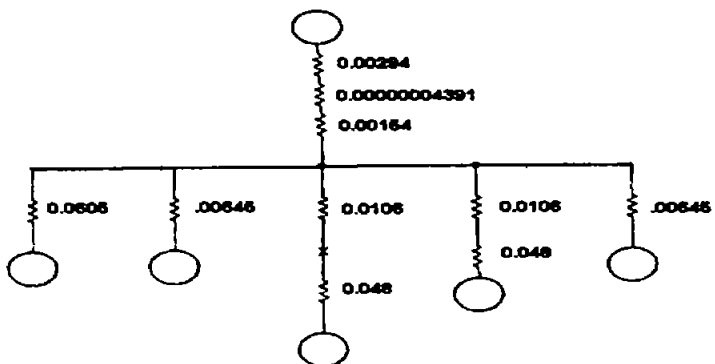
Para los motores de 800 HP:

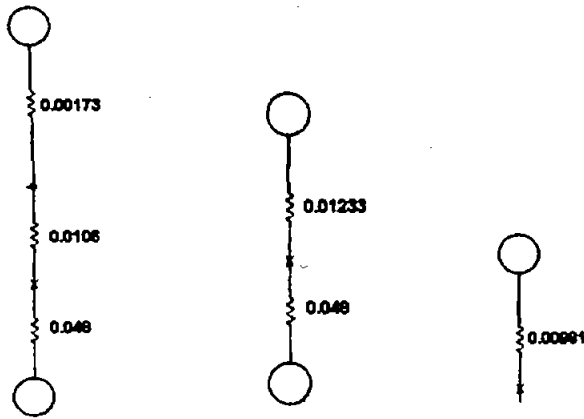
$$X_D = 5.408 \frac{(44)^2}{4.16} = 0.0605 \text{ hm}$$

Para los motores agrupados en los CCM 1 y 2, que operan con una potencia nominal de 1000 KVA:

$$X_D = \frac{X_D (\%) Y_N^2 \%}{P_N \times 100} = \frac{25 \times 440^2}{100 \times 1000} = 0.048 \text{ hms.}$$

Con los datos obtenidos, se hace un diagrama de reactancias, el cual se va reduciendo hasta el punto de falla.





La corriente de corto circuito es entonces:

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} \times X_{TOTAL}} = \frac{440}{1.732 \times 0.00981} = 25.896 \text{ kA}$$

3.3 LIMITACIÓN DE CORRIENTES DE FALLA

LIMITACIÓN DE CORRIENTE: Un dispositivo es limitador cuando la corriente que permite pasar sobre un cortocircuito es francamente inferior, en amplitud, a la corriente presunta.

Corriente presunta: Es el valor eficaz de la componente alterna de la intensidad que circula por un circuito destinado a incluir un fusible, cuando se sustituye éste por un conductor de resistencia prácticamente nulo.

En el caso de un interruptor automático limitador, se presenta necesariamente de manera simultánea con la limitación, una notable reducción del tiempo T de duración de la sobrecorriente en comparación con el tiempo de duración prevista del cortocircuito no limitado.

OBJETO DE LA LIMITACIÓN:

Poder fabricar interruptores automáticos más económicos, sobre todo en los casos de corrientes nominales reducidas. El aparato es recorrido solamente por la corriente limitada, de valores reducidos en relación con la corriente presunta y sólo debe cortar esta corriente limitada.

1. Para minimizar los efectos de las corrientes de defecto en una instalación eléctrica (cables, juegos de barras y conductores en general).
2. Reducción de la energía generada en el dispositivo de ruptura.
3. Reducción de las sollicitaciones térmicas a soportar por la instalación, aguas arriba del defecto.
4. Obtención de un efecto de protección en cascada, entre dos interruptores automáticos conectados en serie, con una ganancia sustancial del poder de ruptura del interruptor automático situado aguas abajo.
5. Facilitar la selectividad en la distribución, con la instalación de interruptores automáticos altamente limitadores aguas debajo de los interruptores automáticos clásicos.

EFECTOS:

- Efecto electromagnético: A una distancia de un conductor recorrido por una corriente de intensidad I , se genera en el aire la inducción B . Que produce influencias sobre instrumentos de medida situados cerca del conductor.
- Efectos mecánicos / electrodinámicos: Si a la distancia de un conductor recorrido por una corriente I_1 se encuentra situado otro conductor, paralelo al primero, y de una longitud L , recorrido por una corriente I_2 , este segundo conductor estará sometido a un esfuerzo F (de atracción si ambas corrientes son del mismo sentido y de repulsión en caso contrario), se tiene:

$$F/L = B \cdot I_1$$

Si ambos conductores están recorridos por la misma corriente I :

$$F/L = B \cdot I = 2 \cdot 10^{-7} I^2 / d$$

Ejemplo: $I = 50 \text{ kA}$, $d = 10 \text{ cm}$

$$F/L = 5.000 \text{ N/m}$$

Las posibles consecuencias: deformación o rotura de las partes recorridas por la corriente, por efecto de los esfuerzos electrodinámicos.

Los contactos de las diferentes partes de un circuito, mantenidos cerrados por el esfuerzo de resortes, tienden a abrir bajo los efectos de una fuerza electrodinámica de repulsión. Para $I = 50 \text{ kA}$, esa fuerza de 1000 N se consigue por los sistemas de compensación.

- Efecto Térmicos: Al producirse un cortocircuito, se origina un efecto de calentamiento adiabático de los conductores

EXTINCIÓN POR PASO POR CERO: Otros interruptores para producir la apertura necesitan que la corriente pase por cero, necesitan toda la energía disponible del medio ciclo para producir la apertura del circuito.

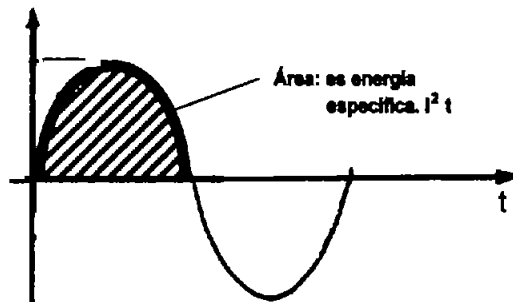


Fig. 3.19 Energía específica de la corriente cuando pasa por cero.

En el momento en que cambia el sentido la corriente, el interruptor corta la circulación de la corriente. La particularidad que tiene los sistemas de corte de paso por cero, es que todos los sistemas aprovechan la energía que está en juego para la apertura del circuito(parte sombreada)*La energía específica Ft .*

3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES

La clasificación básica de interruptor de baja tensión son de caja moldeada, de caja aislada e interruptores de potencia en baja tensión. Existen dispositivos relacionados tales como interruptores no automáticos de caja moldeada y protectores de circuito de motor. Cada uno se agrupa dentro de una clasificación y cada una de las clasificaciones, tiene un juego específico de características, funciones, ventajas y consideraciones económicas. El traslape de funciones y capacidades permite al usuario escoger mas de un dispositivo adecuado para su aplicación específica.

Los interruptores pueden ser clasificados según diferentes criterios como sigue, es un ejemplo:

1. Según el funcionamiento:
 - a) Con fuerza de retroceso.
 - b) Sin fuerza de retroceso.
2. Según la clase de accionamiento:
 - a) Interruptores manuales.
 - b) Interruptores de pedal.
 - c) Interruptores de mando a distancia.
3. Según la clase de extinción del arco:
 - a) Interruptores de aire.
 - b) Interruptores de aceite.

- c) Interruptores de agua.
 - d) Interruptores de gas a presión.
 - e) Interruptores de vacío.
4. Según la finalidad de empleo:
- a) Interruptores de protección.
 - b) Interruptores succionadores.
 - c) Interruptores selectores.
 - d) Interruptores de mando.
 - e) Interruptores auxiliares.
5. Según la potencia de desconexión:
- a) Interruptores para maniobra en vacío.
 - b) Interruptores para maniobra en carga.
 - c) Interruptores para motores.
 - d) Interruptores de potencia o disyuntores.

CAPÍTULO IV
“INTERRUPTORES
TERMOMAGNÉTICOS”

CAPÍTULO IV

“INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS”

Los interruptores automáticos combinan las funciones de un apagador y un fusible, en un solo dispositivo. El interruptor termomagnético se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que puede realizar funciones de conexión o desconexión, protección contra cortocircuito y contra sobrecarga en las instalaciones.

La maniobra de los interruptores podrá efectuarse de la forma que se estime mas conveniente: mecánicamente, por resorte acumulador de energía, eléctricamente por solenoide o motor, por aire comprimido, etc.

Se prohíbe la utilización de interruptores, previstos para cierre manual, en los cuales el movimiento de los contactos sea dependiente de la actuación del operador. El interruptor debe de tener un poder de cierre independiente de la actuación del operador.

Cualquiera que sea el mecanismo adaptado para la maniobra de los interruptores automáticos, será de disparo libre. Todos los interruptores automáticos estarán equipados con un dispositivo de apertura local, actuado manualmente. La apertura será iniciada por un dispositivo que podrá ser eléctrico, mecánico, hidráulica o combinación de los anteriores sistemas.

Con carácter general, salvo casos especiales, los interruptores automáticos, no deben de funcionar con reenganche rápido, deberán satisfacer con su pleno poder de corte uno de los dos ciclos nominales siguientes:

Abrir-3 min. ---- Cerrar-Abrir-3 min. ---- Cerrar-Abrir

Abrir-15s----Cerrar-Abrir

Al final del ciclo el interruptor será capaz de soportar permanentemente el paso de su intensidad nominal en servicio continuo.

Como ya se menciona, la apertura de un circuito eléctrico en falla o en condiciones normales se tiene la siguiente secuencia de operación:

1. Apertura del circuito, a través de la separación de los contactos.
2. Inmediatamente de producida la apertura del circuito se produce el arco eléctrico.
3. Se produce la ionización del medio, estableciéndose la conducción por corriente iónica.

Después de la apertura de los contactos, sobreviene una sobretensión que produce un arco eléctrico. Si el medio es dieléctrico, el arco se interrumpe, si el medio se ioniza el arco no se extinguirá.

La ionización del medio entre ambos electrodos es debida por una parte al campo magnético presente, por otra parte la elevada temperatura que se origina ($I^2.R$), provoca una mayor movilidad en los iones, efecto de ionización térmica, dando lugar al choque de los iones entre sí (denominado ionización por choque).

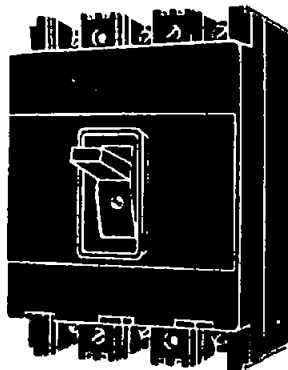


Fig. 4.1 Interruptor termomagnético de caja moldeada.

Esta constituido por una caja moldeada con terminales y una palanca para su accionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tienen una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacena la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía, y la fuerza del resorte separa los contactos.

También se pueden abrir los contactos moviendo el disparador de volquete hacia la posición de apagado. El cierre bimetalico requiere cierto tiempo para calentarse y disparar el interruptor hacia la posición de apagado; con esto se logra una característica de retardo. Casi todos los interruptores termomagnéticos llevaran 150% de su carga nominal durante casi un minuto; 200% durante unos 20s y 300% durante unos 5s lo suficiente para llevar la corriente pesada requerida para arrancar un motor.

El disparador manual de algunos interruptores automáticos del tipo de volquete tiene cuatro posiciones (Fig. 4.2). Bajo condiciones normales, el disparador manual esta arriba. Al presentarse una condición de sobrecorriente, el disparador manual se mueve hacia una posición intermedia. Para volver a montar el dispositivo, se debe mover el disparador hacia abajo tanto como se pueda y, a continuación, regresarlo a la posición de encendido. Cuando se lleva a la posición de apagado en forma manual, se debe mover el disparador hasta que pase por la posición intermedia, hasta la posición de apagado.

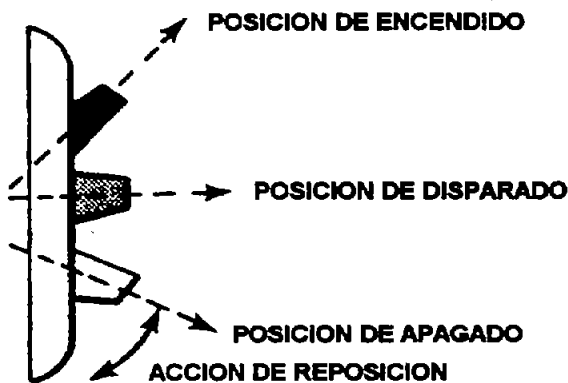


Fig. 4.2 Posiciones del disparador manual de un interruptor termomagnético.

4.1 APLICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

4.1.1 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS COMO DESCONECTADORES

Las siguientes figuras muestran las partes de un interruptor termomagnético que desarrolla la función de desconexión. En la primera ilustración, los contactos están cerrados permitiendo a la corriente fluir a través del circuito.

Cada conductor de fase en el circuito tiene su propio juego de contactos los cuales son abiertos y cerrados cuando se opera manualmente la manija, la cual gira el brazo de contacto sobre su pivote.

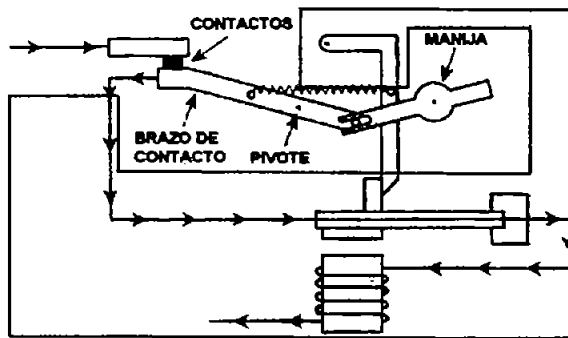


Fig. 4.3 Contactos cerrados.

- Los interruptores termomagnéticos a menudo funcionan como desconectadores.
- Un juego de contactos para cada circuito se abre y se cierra para conectar y desconectar el circuito.

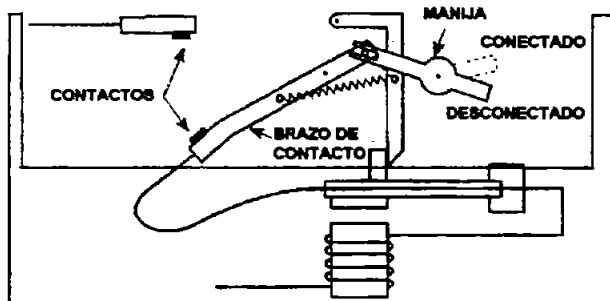


Fig. 4.4 Contactos abiertos.

En la ilustración inferior, la manija externa del interruptor termomagnético ha sido movida a la posición "abierto" (desconectado), la cual ha abierto los contactos del circuito e interrumpido el flujo de corriente.

4.1.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.

Sabemos que la corriente eléctrica genera calor y en la medida que la corriente en un conductor se incrementa, el calor se incrementará en la misma proporción. Los interruptores termomagnéticos toman ventaja de esta propiedad para detectar y eliminar las sobrecorrientes en los circuitos que protegen.

Toda la corriente que fluye a través de un interruptor termomagnético fluye a través de una tira bimetalica (que es una tira hecha de dos diferentes tipos de metal) que sostiene los contactos en la posición cerrada. Si demasiada corriente pasa a través de la tira bimetalica, esta se calienta. Y como esta hecha de dos diferentes materiales que se expanden a diferentes coeficientes de dilatación, entre mas se calienta, mas se deforma o se deflexiona.

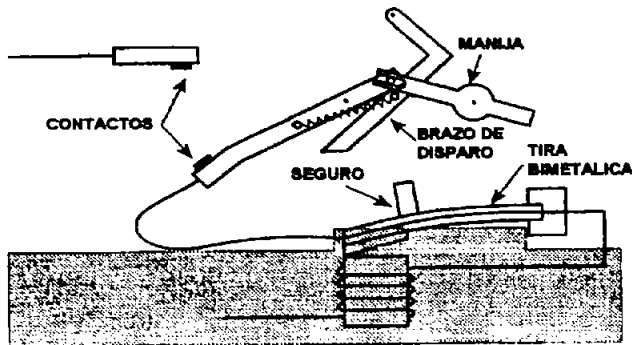


Fig. 4.5 El calor provocado por la corriente que fluye a través de la tira bimetalica provoca que esta tira se deforme, la cual "dispara" al interruptor termomagnético y abre los contactos.

Si la corriente en el circuito excede la capacidad del interruptor termomagnético, la tira bimetalica se deformará al punto donde libera al brazo de disparo y permite al resorte

empujar a los contactos para que se abran. Cuando esto ocurre, se dice que el interruptor termomagnético ha disparado el circuito y la manija externa se mueve a la posición de desconectado. Cuando la tira bimetalica se enfría, el seguro regresa a su posición normal y la manija externa es usada para restablecer el brazo de disparo en forma manual. Esta cierra los contactos y permite que la corriente continúe fluyendo a través del circuito.

4.1.3 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN DE CORTOCIRCUITO

Cuando se desarrolla un corto circuito, el interruptor termomagnético tiene que operar mucho mas rápido que con una sobrecarga debido a la magnitud de la sobrecorriente y el daño que esta pueda causar. Para complementar esto, muchos interruptores termomagnéticos usan un electromagneto que desconecta la corriente del circuito.

El electromagneto en un interruptor termomagnético esta diseñado para generar una poca o casi nada de fuerza magnética cuando la corriente en el interruptor termomagnético esta debajo de su rango de capacidad. Sin embargo, cuando un corto circuito provoca un repentino “pico” en la corriente del circuito, entonces el electromagneto llega instantáneamente a energizarse. Esto libera rápidamente el seguro y permite al brazo de disparo pivotear y abrir los contactos. En muchos casos, el tiempo de reacción del corto circuito para los interruptores termomagnéticos es medido en fracciones de un ciclo.

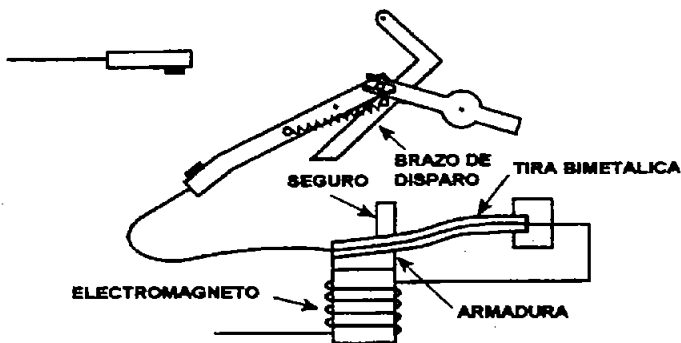


Fig. 4.6 Cuando un corto circuito provoca un peligroso pico de corriente que fluye a través del circuito, energiza un electromagneto en el interruptor que empuja al brazo de disparo y abre los contactos instantáneamente.

4.1.4 INTERRUPTORES TERMOMÁGNÉTICOS PARA PROTECCIÓN FALLA A TIERRA

Hablando estrictamente, la protección por falla a tierra no es una protección contra sobrecorriente. Las fallas a tierra pueden provocar trayectorias de fuga para pequeñas cantidades de corriente y, sin embargo ser extremadamente peligrosas.

Mientras todos los interruptores termomagnéticos proporcionan una función de desconexión además de protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos, solamente algunos están contruidos para proporcionar protección de falla a tierra. Y como las fallas a tierra que normalmente ocurren en las instalaciones como baños, albercas, o en áreas de trabajo mojadas, son a menudo conducidas a través de personas, es importante que un **interruptor termomagnético de falla a tierra (GFCI)** cense y corte la corriente de una falla de tierra casi instantáneamente y a muy bajos niveles de corriente.

Ya que una cantidad tan pequeña como 1/10 ampere (100 mili ampere) puede provocar un choque fatal. Por ejemplo si una secadora eléctrica para pelo tiene una rotura en el aislamiento cerca de la clavija en su cordón, la corriente puede fluir por la rotura hacia cualquier punto a tierra. En los cuartos de baño, muchos puntos expuestos como los grifos, lavabos metálicos y, a menudo, molduras metálicas decorativas son puntos posibles hacia tierra. Una persona que haga contacto entre cualquiera de estos puntos y el alambre expuesto en la rotura puede recibir un choque.

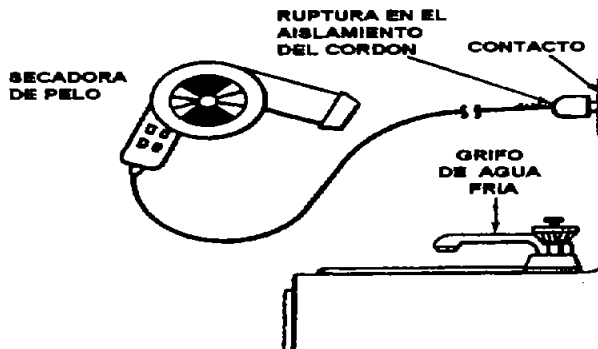


Fig. 4.7 Falla a tierra de un aparato eléctrico.

La severidad de un choque depende tanto del tiempo que transcurre pasando la corriente como la magnitud de esa corriente. Un choque de 20 a 30 mili amperes, aunque por debajo del nivel fatal, puede provocar parálisis muscular, de modo que la victima no pueda soltar el conductor vivo. Este pequeño aumento en el flujo de la corriente no basta para que se dispare un interruptor automático o se queme un fusible. Bajo estas condiciones, seguirá pasando la corriente y quizá provoque una lesión seria.

El grado de afectación en las personas, viene determinado por diferentes factores, en la siguiente gráfica se observa como afecta al organismo el paso de corriente en función del tiempo durante el que está pasando:

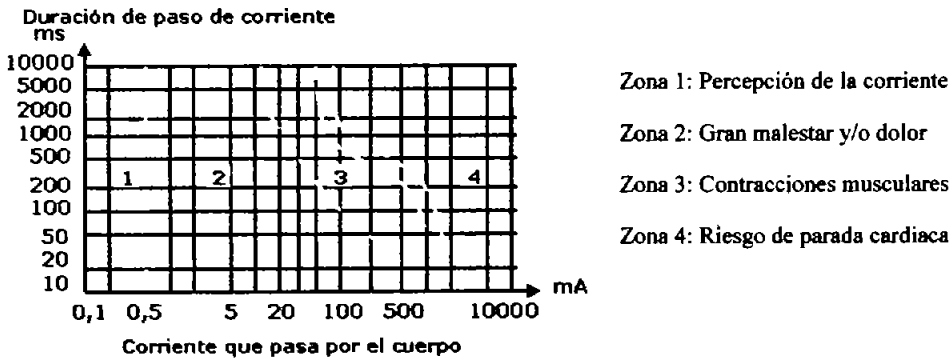


Fig. 4.8 Daños provocados al cuerpo provocados por una corriente.

Los interruptores termomagnéticos de falla a tierra (GFCI) complementan su función usando un transformador que censa la corriente que detecta cuando la corriente en el conductor de fase es diferente a la corriente en el conductor neutro del circuito. Eso es debido que bajo condiciones normales la corriente en ambos conductores debe ser idéntica. Pero en el caso de una falla a tierra, la falla consume una porción de la corriente del conductor de fase y por lo tanto, los dos conductores llegan a estar desbalanceados.

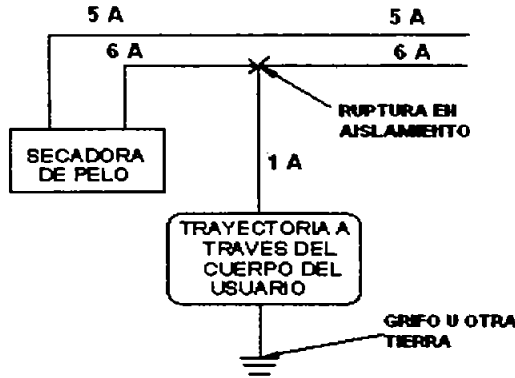


Fig. 4.9 Flujo de corriente en una falla a tierra.

En el ejemplo descrito anteriormente, cuando el usuario dio lugar a un camino para la corriente que salía por la rotura en el aislamiento hacia un punto a tierra, la corriente podía fluir a través del aparato (la secadora de pelo) hacia la tierra de la energía y también a través de la falla (el usuario) hacia el punto a tierra. Esta segunda trayectoria requirió un incremento en el flujo de corriente en el alambre de fase. El flujo de corriente en el alambre de fase y en el de la tierra de la energía entonces ya no fueron iguales. Este desequilibrio en el flujo de la corriente que resulta de una falla a tierra es detectado por GFCI y hace que el circuito se abra antes de que se puedan producir lesiones serias.

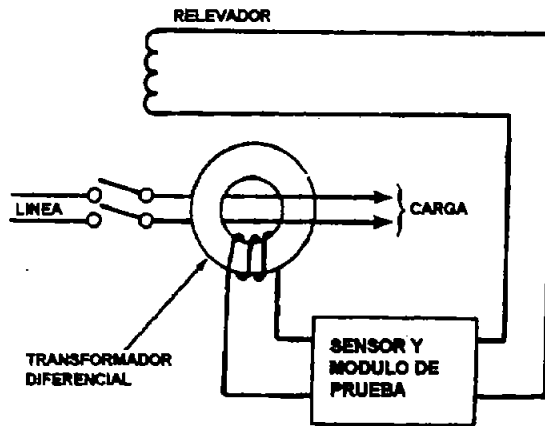


Fig. 4.10 Falla a tierra de un aparato eléctrico

Los GFCI contienen un transformador diferencial, un sensor y un modulo de prueba, y un interruptor magnético. El transformador diferencial consta de un devanado secundario circular con núcleo de hierro. Los conductores de potencia del circuito actúan como el primario del transformador diferencial. Estos conductores pasan por el centro del núcleo circular. Cuando fluye corriente en un conductor, se crea un campo magnético alrededor del mismo, siendo la intensidad del campo proporcional a la intensidad de la corriente. Cuando la corriente en ambos conductores es igual, el campo alrededor de cada conductor es igual y opuesto. Los campos se cancelan y no fluye corriente en el secundario. Cuando la corriente en el alambre de fase se hace mayor que la que circula en la línea de tierra, el campo de aquel se hace mayor que la que circula en la línea de tierra, el campo de aquel se hace mayor y se induce corriente en el secundario del diferencial. Esta salida del secundario es detectada y amplificada por el sensor del circuito y el modulo de prueba. La salida del modulo activa un interruptor magnético que corta la energía que va hacia la carga. Los GFCI también contienen un circuito de prueba para verificar la operación del modulo y el apagador.

Como la mayoría de los interruptores termomagnéticos de falla a tierra (GFCI) son diseñados para seguridad humana, tienen que abrir el circuito lo suficientemente rápido (1/40 avo. de segundo) y a una mínima diferencia de corriente (de 4 a 6 mili amperes) para evitar daños.

La sensibilidad de los GFCI es el valor que aparece en catálogo y que identifica al modelo, sirve para diferenciar el valor de la corriente a la que se quiere que "salte" el diferencial, es decir, valor de corriente que si se alcanza en la instalación, ésta se desconectará.

Las diferentes sensibilidades son:

- Muy alta sensibilidad: 10 mA
- Alta sensibilidad: 30 mA
- Sensibilidad normal: 100 y 300 mA
- Baja sensibilidad: 0.5 y 1 mA

El tipo de interruptor diferencial que se usa en las viviendas es de alta sensibilidad (30 mA) o de muy alta sensibilidad (10 mA), ya que son los que quedan por debajo del límite considerado peligroso para el cuerpo humano.

Por regla general, en viviendas no se utilizan interruptores diferenciales de 10mA de sensibilidad, ya que se utiliza cuando los cables de instalación son cortos, por lo que en una vivienda lo único que provocaría es que el interruptor "saltara" constantemente.

Existen tres tipos de GFCI, todos con algunas características comunes. Cuentan con un botón de prueba para simular una condición de fuga y verificar que ocurra la desconexión apropiada. Un control para volver a montar restablece el flujo de la corriente después de haber provocado un disparo de prueba o de tener una falla a tierra real. Tienen también una indicación visible del disparo por medio de una luz o por la posición del control de reposición. Por lo general los fabricantes recomiendan que se prueben los GFCI después de su instalación y, de ahí en adelante, una vez al mes. Los GFCI se fabricaron con diversas capacidades de corriente y voltaje. La capacidad del GFCI debe ser el correspondiente al circuito en el que se instala.

La forma mas simple de protección por falla a tierra no requiere instalación especial. Consiste en una pequeña unidad rectangular con patas de clavija estándar en la parte posterior. Basta con enchufar la unidad en el contacto. En el frente de la unidad se encuentran los botones de prueba y de reposición y uno de dos contactos para 3 patas. Cualquier aparato que se enchufe en el contacto tiene protección por falla a tierra. Esta unidad no tiene efecto alguno sobre cualquier otro contacto o dispositivo del circuito.

Estos dispositivos se encuentran en el comercio tanto para circuitos de dos alambres y 120 V como para tres alambres y 120/240 V, con capacidades de corriente hasta de 30 A. Tienen la ventaja de la sencillez y lo portátil, pero si muchos contactos requieren protección por falla a tierra, el uso de estas unidades en todos sería muy costoso.



Fig. 4.11 GFCI para enchufar.

A fin de contar con protección de falla a tierra para varios contactos en el mismo circuito en forma más económica, se instala otro tipo de unidad GFCI en una caja de conexiones, en lugar de un contacto estándar. Este dispositivo proporciona protección por falla a tierra no solo a los aparatos que se enchufen en el, sino a todos los que se enchufen entre el y el extremo del circuito derivado. Estos contactos se conocen como unidades con "alimentación a través". Estos GFCI se ajustan a cualquier caja de registro con 1 1/2 pulgadas (3.8 cm) de profundidad. Se encuentran para circuitos de dos alambres y 120 V, de 15 o 20 A.

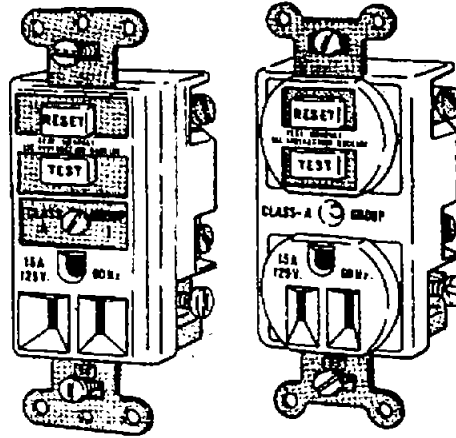


Fig. 4.12 GFCI del tipo de contacto.

Para la protección completa por falla a tierra en cualquier circuito, se fabrican unidades combinadas que incluyen, en un solo dispositivo, tanto la protección contra sobrecorriente, mediante un interruptor automático, como la protección por falla a tierra. Estas unidades se pueden colocar en los tableros de servicio. Estos GFCI tienen un conductor blanco de cola de cerdo que debe conectarse a una terminal neutra en el tablero de servicio. También se debe conectar a la unidad el conductor de tierra de la energía del circuito. Los GFCI de combinación se fabrican para circuitos de dos alambres y 120 V y tres alambres y 120/240 V, en capacidades de 15 a 30 A.

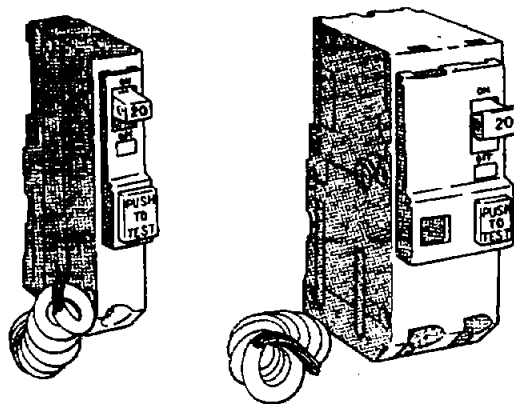


Fig. 4.13 Unidades de combinación para tablero de servicio.

4.2 PROPIEDADES DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS EN CAJA MOLDEADA

4.2.1 PARTES QUE CONFORMAN AL INTERRUPTOR .

Un interruptor termomagnético consta de las siguientes partes:

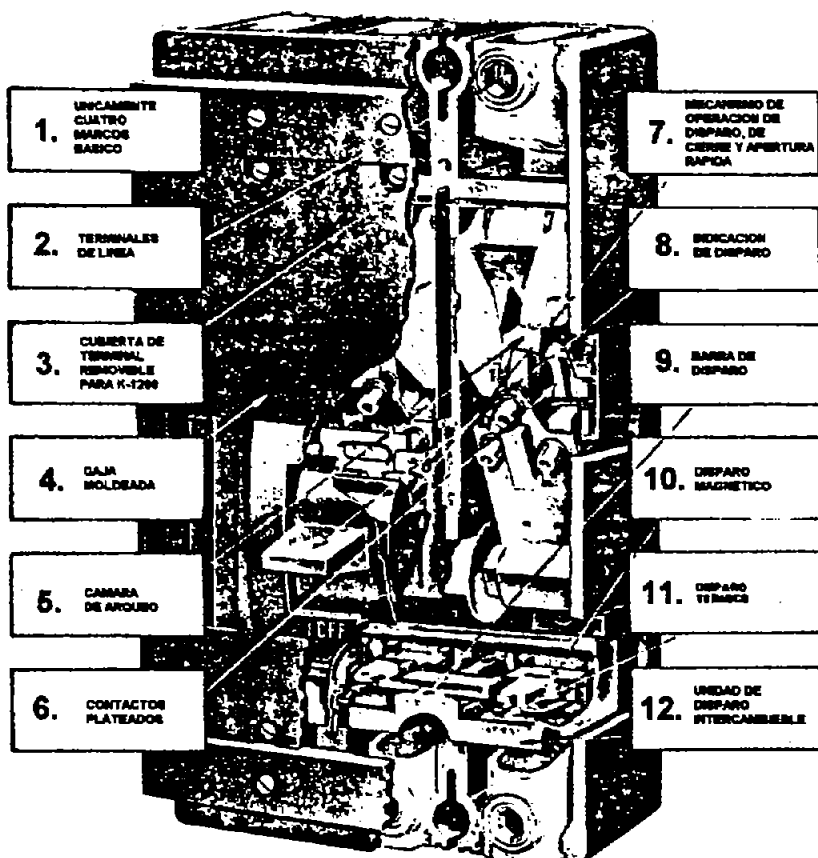


Fig. 4.14 Partes que conforman al interruptor.

1. CUATRO MARCOS BÁSICOS. Desde 15 hasta 1200 A., fácil de identificar, y seleccionar, ahorro de espacio.

2. **TERMINALES DE LÍNEA.** Diseñado para aceptar conductores de cobre o aluminio. Las terminales son fácilmente accesibles para facilitar la conexión. Se pueden emplear desde uno hasta cuatro cables. Conexiones eléctricas positivas con un mínimo de pérdidas por calor.
3. **CUBIERTA TERMINAL REMOVIBLE.** Para hacer conexiones a la línea y a la carga sin necesidad de quitar la tapa frontal. Dos tornillos en la parte superior y otros dos en la parte inferior sujetan la cubierta terminal para tener acceso a las terminales. Esto evita tener que quitar toda la tapa frontal y que le entre tierra y polvo al mecanismo.
4. **CAJA MOLDEADA.** Material de moldeo para uso pesado es el que se emplea para moldear la caja, lo cual viene a darle mayor seguridad al interruptor.
5. **CÁMARA DE ARQUEO.** Estas se construyen de material aislante, así como de placas metálicas que absorben el calor del arco. Estas cámaras extinguen el arco rápidamente y evitan que el interruptor sufra daños. Cuando los contactos empiezan a abrir el arco y el calor que este genera, se forzan dentro de la cámara, el arco se extingue inmediatamente al ser enfriado en las placas metálicas, los gases calientes generados en esta acción son expelidos.
6. **CONTACTOS PLATEADOS.** Estos son fabricados a base de una aleación de tungsteno y plata, aprovechando las excelentes propiedades de dureza y conductividad de estos metales, para prolongar la vida y asegurar una buena conductividad en los contactos.
7. **MECANISMO DE OPERACIÓN,** de disparo libre y cierre y apertura rápida. La alta velocidad de apertura y cierre de los contactos reduce al mínimo el arqueo entre contactos, lo cual además de prolongar la vida del interruptor, lo hace ser de operación mas segura. El mecanismo de disparo libre funciona independiente de la manija, de tal manera que el interruptor puede abrir sobrecargas o cortos circuitos, aunque la manija se sostenga en la posición de cerrado (on).

8. INDICACIÓN DE DISPARO. Cuando el mecanismo de disparo actúa, la manija se mueve a una posición intermedia. Para restablecer se mueve la manija manualmente hasta la posición de abierto (off) y luego hacia la de cerrado (on).
9. BARRA DE DISPARO. Asegura una desconexión instantánea de todas las fases cuando ocurre una falla de sobrecarga o corto circuito en cualquiera de estas, evitando así la operación monofásica.
10. DISPARO MAGNÉTICO. Son los elementos que componen la unidad de disparo instantáneo (para fallas de corto circuito). Un incremento súbito de corriente que sea superior al ajuste de la unidad, produce un campo magnético que activa el mecanismo de la barra de disparo.
11. DISPARO TÉRMICO. Son los elementos que componen la unidad de disparo por tiempo (para fallas de sobrecorriente). Un incremento de corriente ocasiona que un elemento bimetálico se caliente y deforme, esta deformación activa el mecanismo de la barra de disparo.
12. UNIDAD DE DISPARO INTERCAMBIABLE. La unidad de disparo (en marcos arriba de 100 A) pueden intercambiarse según sea requerido por el tipo de aplicación. Esto simplifica el almacenaje, ya que pueden tenerse mas unidades que marcos para cubrir cualquier rango requerido.

4.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS

Los interruptores termomagnéticos en caja moldeada presentan las siguientes características:

- Eliminan la reposición de fusibles, ahorrando tiempo y dinero.
- Suministran protección automática contra sobrecargas y corto circuito sin sufrir daño.

- Mediante un arreglo que incorpore relevadores suministran protección contra bajo voltaje.
- Evitan la operación monofásica de equipos polifásicos ya que desconectan automáticamente las fases de alimentación del circuito que protegen cuando ocurre una falla, sobrecarga o bajo voltaje.
- Se ahorra espacio al ser utilizados en los equipos de distribución.
- Los arreglos modernos incluyen disparo libre, que hace que el interruptor funcione aun cuando su manija se encuentre bloqueada externamente.
- Tienen botón de prueba, el cual sirve para verificar y probar aquellos interruptores que han estado conectados durante mucho tiempo protegiendo a un circuito en el cual no han ocurrido fallas y no se tiene la certeza de que si el interruptor operara en caso de presentarse una anomalía.
- Cuentan con disparo magnético ajustable con el cual se preteje contra corto circuito.
- Tienen disparo térmico con el cual proveen de protección contra sobrecarga.
- Tienen indicación de disparo local y remoto.
- Tienen bobina de disparo en derivación para control remoto.

4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DE ACUERDO A SU FABRICACIÓN

Los interruptores termomagnéticos se fabrican según sus aplicaciones y capacidad para prestar servicio en:

1. Tipo industrial
2. Centros de carga
3. Tableros de alumbrado

4.3.1 TIPO INDUSTRIAL.

Como ya se menciona los interruptores termomagnéticos son elementos de protección cuyas funciones son conectar y desconectar manualmente el circuito al cual se encuentra instalaciones y protegerlo contra sobrecargas sostenidas y corto circuito.

Se fabrican para distintas tensiones y capacidades de corriente como se indica en la tabla siguiente:

TENSIÓN C.A	NUMERO DE POLOS	CORRIENTE EN AMPERES
TENSIÓN C.D		
240 Volts C.A	2	15,20, 30, 40, 50, 70, 100.
125/250 Volts C.A	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100.
480 Volts C.A	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100.
250 Volts C.D		
600 Volts C.A	2	15, 20, 30, 40, 50, 70.
250 Volts C.D	3	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 125, 150

Tabla 4.1 Interruptores termomagnéticos para distintas capacidades. Para 600 V en C.A en tres polos dependiendo de la caja NEMA se fabrican en capacidades de corriente hasta 225, 400 y 1000 A.

VOLTS C.A	NUMERO DE POLOS	CAPACIDAD EN AMPERES
120	1	15,20,30,40,50
120/240	2	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100
240	3	15, 20, 30, 50, 70

Tabla 4.2 Centros de carga.

4.3.2 CENTROS DE CARGA

Usados para distribución de corriente y protección de los circuitos de alumbrado en residencias, oficinas, comercios, edificios y pequeñas industrias, en los siguientes tipos:

TRIFÁSICO

4 hilos con neutro sólido 120/240 V.

Para 12 circuitos 100 A

Para 20 circuitos 100 A

Para 30 circuitos 100 A

MONOFÁSICO

3 hilos con neutro sólido 120/240 V.

Para 12 circuitos 100 A

Los interruptores termomagnéticos para estos centros de carga y tableros de alumbrado se fabrican en las capacidades.

120/240 VOLTS		
TIPO DE MONTAJE	NUMERO DE CIRCUITOS	CAPACIDAD EN AMPERES
SOBREPONER	2	40
EMBUTIR		
SOBREPONER	4	70
EMBUTIR		
SOBREPONER	8	100
EMBUTIR		

Tabla 4.3 Interruptores termomagnéticos para centros de carga y tableros de alumbrado.

Estos interruptores bajo condiciones severas de corto circuito o sobrecarga operan su protección magnética en 1/8000 de segundo. Bajo condiciones no severas y temporales de sobrecorriente se efectúa el disparo térmico al persistir la sobrecarga.

4.3.3 TABLEROS DE ALUMBRADO.

Estos tableros son usados para la distribución de corrientes y protección de circuitos de alumbrado y motores pequeños en hospitales, edificios, oficinas e industria en general.

NUMERO DE CIRCUITOS	CAPACIDAD EN AMPERES
14	100
20	100
30	200
42	200
CON INTERRUPTOR GENERAL DE DOS POLOS	
14	70
20	100
30	200
42	200

Tabla 4.4 Tableros con interruptor general de dos polos.

NUMERO DE CIRCUITOS	CAPACIDAD EN AMPERES
14	100
20	100
30	100
42	200
CON INTERRUPTOR GENERAL DE TRES POLOS	
14	50
20	100
30	100
42	200

Tabla 4.5 Tableros con interruptor general de tres polos.

4.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS (POR CAPACIDAD LIMITE DE RUPTURA).

Los interruptores automáticos para instalaciones pequeñas y medianas son fabricados en tipos diversos tipos y modelos muy distintos; pero pueden ser clasificados por su capacidad limite de ruptura, como sigue:

1. Limite 5000 A. Son interruptores pequeños, unipolares, para 15 o 20 A., destinados a tableros de alumbrado en una fase 125 V, dentro de cajas empotradas en los muros, o sobrepuestas ; tienen un disparo lento y otro rápido, no ajustable ni intercambiable.
2. Limite 10000 A. Son de 2 o 3 polos, para cargas de 50 a 225 A., en 250 V, con dispositivo de disparo intercambiable, pero sin ajuste. También hay para cargas de 15 a 225 A., en 600 V, con dispositivo de disparo no intercambiable, pero si ajustable, en proporción de 1 a 2, generalmente.
3. Limite 20000 A. Son multipolares, para cargas de 15 a 600 A., en 600 V, con dispositivo no intercambiable, pero ajustable.
4. Limite 40000 A. Son multipolares, para cargas de 100 a 1600 A., en 600 V, con dispositivo no intercambiable, pero ajustable.

Los interruptores automáticos para instalaciones grandes, de mas de 600 A., tienen capacidades de ruptura de 20000 a 80000., son multipolares y admiten aditamentos de disparo y señal usuales en interruptores para estación, pudiendo recibir, además del impulso manual para cerrar y abrir, impulso eléctrico, voluntario o automático, para el mismo fin.

La tendencia actual en materia de tableros de distribución es la de eliminar fusibles, sustituyéndolos por interruptores automáticos unipolares en circuitos de luz y aparatos pequeños con sistemas de neutro a tierra; bipolares para igual objeto en sistemas aislados, o sistemas trifilares con el neutro a tierra; y tripolares para circuitos de potencia. La corriente total en cada polo del alimentador puede ser de 50, 100 o 200 A y el numero de circuitos varia desde 4 hasta 20 o mas, generalmente, para alumbrado. En instalaciones de potencia la corriente total puede llegar a 400 A pero el numero de circuitos es menor de 15, generalmente.

4.4 INTERRUPCIÓN DE CORRIENTES DE FALLA

4.4.1 SISTEMAS DE DISPARO DE ESTADO SÓLIDO

Los avances rápidos en la tecnología del microprocesador y del sensor han permitido la incorporación de sistemas de disparo en estado sólido en interruptores, haciéndolos altamente competitivos, aun en bajas capacidades de amperes.

Los sistemas de disparo de estado sólido tienen los siguientes denominadores comunes.

Cada interruptor tiene tres **sensores de corriente** los cuales son transformadores que miden con precisión la corriente que pasa a través del interruptor. Los sensores de corriente tienen capacidades específicas, tales como 100, 150, 600 y 1200 A. Una **clavija de capacidad** define la capacidad en amperes del interruptor y actúa como un dispositivo escalable. Por ejemplo, si una clavija de capacidad de 90 A es usada con un sensor de corriente de 100 A, Entonces la corriente “clasificada” será de 90 A.

El **microprocesador** es el “cerebro” del sistema de disparo del interruptor, desarrollando cinco funciones clave: 1) Las señales de corriente CA “analógica” son convertidas a un flujo de señales digitales por un convertidor de Alterna a Directa (CA a CD). 2) La corriente verdadera “**rcm**” es calculada para cada una de las corrientes de las tres fases. 3) Cada corriente de fase es comparada contra instrucciones de disparo almacenadas en el microprocesador. 4) Cuando se requiere una acción de disparo, una señal de disparo es enviada al derivador de flujo. 5) El estado del interruptor y la indicación de disparo son enviadas a un monitor, dependiendo del modelo del interruptor.

El **derivador de flujo** usa la señal de disparo de baja energía que viene desde el microprocesador para contrarrestar momentáneamente la fuerza de un pequeño magneto permanente, permitiendo que un resorte venza al magneto y se dispare el interruptor.

Dependiendo sobre el tipo de sistema, el monitor de estado del interruptor varía desde una indicación de que un disparo de sobrecorriente es inminente y entonces he ocurriendo, hasta un análisis sofisticado del porque disparo el interruptor.

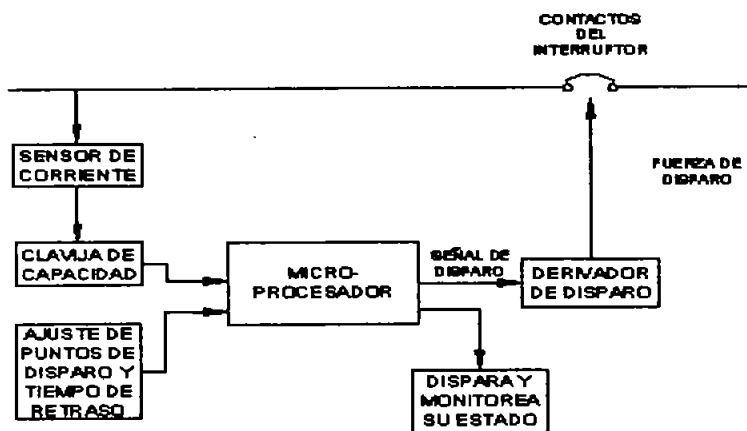


Fig. 4.15 Sistema de Disparo de Estado Sólido Simplificado

Usando sistemas de disparo de estado sólido

Existen varias respuestas del porque usar sistemas de disparo de estado sólido:

Primero, las tolerancias de disparo son mas cerradas con los dispositivos de estado sólido. Compare las curvas de corriente-tiempo de disparo en los tres diferentes sistemas de disparo mostrados en la siguiente figura. El dispositivo sobre la izquierda tiene un sistema de disparo termomagnético. Los otros dos interruptores tienen sistema de disparo de estado sólido con diferentes grados de ajustabilidad. Las tolerancias cerradas significan mejor protección, o sea una protección mas precisa.

Segundo, las unidades de disparo de estado sólido ofrecen mejor flexibilidad de protección. La combinación de tolerancias cerradas y las características de ajustabilidad de disparo hacen mas fácil coordinar a los interruptores que se encuentren localizados mas cerca de la fuente, de la carga y que proporcionan protección suplementaria tanto a los equipos como a sus conductores.

Tercero, los sistemas de disparo de estado sólido son **insensibles al ambiente**. Los interruptores termomagnéticos dependen del calentamiento de una tira bimetalica para protección de sobrecorriente. La proporción de calentamiento para la tira bimetalica depende tanto de la carga de corriente como de la temperatura ambiente del interruptor. La precisión de los sistemas de disparo de estado sólido no es afectada por la temperatura ambiente.

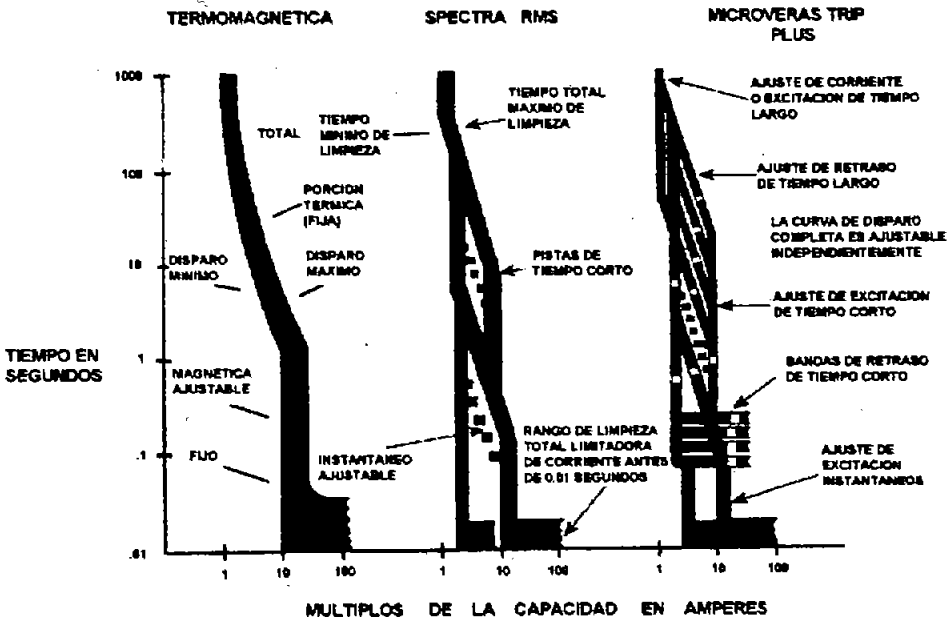


Figura 4.16 Comparación. Existen tres razones para usar sistema de disparo de estado sólido: mayor precisión y repetibilidad, flexibilidad en la protección e insensibilidad a la temperatura ambiente.

4.4.2 CAPACIDADES DEL INTERRUPTOR CA Y CD

Las capacidades para el mismo interruptor usado en un circuito de CD son diferentes que sus capacidades para el mismo en corriente alterna (CA).

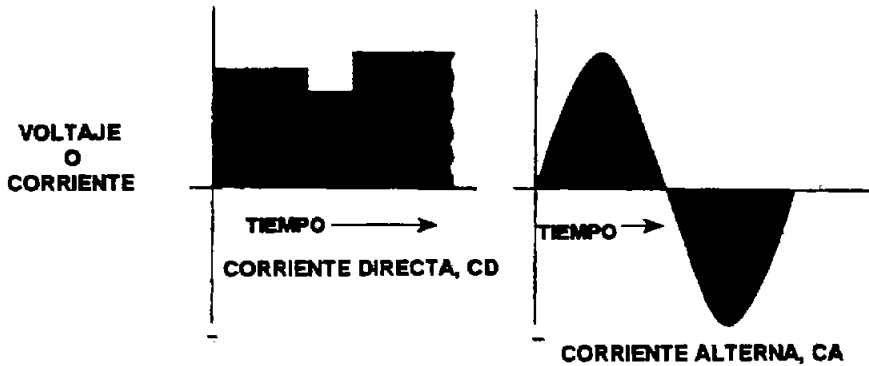


Figura 4.17 Capacidades del interruptor en CD y CA. La corriente directa no es senoidal: no pasa a través de voltaje / corriente "cero". La corriente alterna pasa a través de voltaje / corriente "cero" dos veces por ciclo (120 veces por segundo en un circuito de 60 Hz).

En la figura anterior se observan graficas de corriente y voltaje contra tiempo, para ambos circuitos energizados y cargados de CA y CD. Note que el voltaje y la corriente en CD nunca pasa a través de cero. En la CA, tanto la corriente como el voltaje pasan a través de cero dos veces cada ciclo. Ejemplo: para un circuito de 60 Hz, tanto el voltaje como la corriente pasan a través de cero 120 veces por segundo.

Cuando dos contactos empiezan a interrumpir la corriente, se forma un arco. En un circuito de corriente directa, los contactos tienen que desarrollar mas trabajo para interrumpir el arco. (Ignorando los detalles de las placas de arqueo dentro del interruptor). En un circuito de corriente alterna, tanto el voltaje como la corriente van a cero dos veces por ciclo, por lo que, para un mismo voltaje y corriente, interrumpir un circuito de corriente alterna es mas fácil que interrumpir otro de corriente directa.

Todos los interruptores tienen que pasar extensivas pruebas para ser clasificados adecuadamente para su uso en sistemas de energía de corriente directa y de corriente alternas.

Las capacidades de corriente de los interruptores con ambos tipos de capacidades en CA y CD generalmente son las mismas hasta 2000 A. El calor producido por 100 A de corriente

directa es el mismo que el generado por 100 A RCM de corriente alterna. El elemento de disparo de sobrecorriente térmico no conoce la diferencia entre CA y CD. Hay una excepción a esta regla.

Un campo magnetico rodea a todos los conductores que conducen corriente. La fuerza del campo magnetico esta basado sobre el cuadrado de la corriente (I). Cuando los valores de corriente alterna se incrementan arriba de 3000 A, el campo magnetico alterno provoca una fuerza electromotriz (f.em.) en los conductores adyacentes. El efecto es un mayor calentamiento o una menor ampacidad en un arreglo de conductor dado. Por esta razón un interruptor con una medida de marco mayor tiene una mayor capacidad de CD y una menor capacidad de CA.

Por ejemplo (interruptores GE):

A R-75	3200 A (CA), 4000 A (CD)
A R-100	4000 A (CA), 6000 A (CD)

Las capacidades interruptivas en corriente directa con muy pocas excepciones, son menores que las capacidades interruptivas de corriente alterna para los mismos voltajes efectivos del circuito. Es simplemente mas difícil interrumpir un corto circuito de corriente alterna usando el mismo dispositivo de interrupción.

La siguiente tabla muestra ejemplos seleccionados de un mismo interruptor con capacidades interruptivas en CA y en CD.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN DEL INTERRUPTOR	MILES DE AMPERES	
	240 VCA	250 VCD
CAJA MOLDEADA - 2 POLOS	42 A 65	10 A 20
INTERRUPCIÓN ESTÁNDAR EN CAJA AISLADA	85 A 100	22 A 42
ALTA INTERRUPCIÓN EN CAJA AISLADA	125 A 200	35 A 85

Tabla 4.6 Capacidades de ruptura del interruptor en CA y CD.

NUMERO DE POLOS DEL INTERRUPTOR	VOLTAJE	
	C.A, RCM	C.D
UN POLO	120	125
	277	125
DOS POLOS	240	250
	480	250
TRES POLOS	480	250
	600	250, 500

Tabla 4.7 Comparación de capacidades interruptivas típicas.

RCM

Ya que el valor instantáneo de corriente y voltaje en un circuito de corriente alterna esta constantemente cambiando, un tema clave es como hacer cálculos precisos. Idealmente, nos gustaría usar las mismas ecuaciones usadas en corriente directa para los circuitos de corriente alterna.

Una simple aproximación es calcular valores de voltaje y corriente efectivos para circuitos de corriente alterna. En un circuito resistivo, la potencia que fluye tanto en un circuito de corriente directa como en uno de corriente alterna monofásico, es encontrada multiplicando el voltaje efectivo por la corriente efectiva, o la resistencia por el cuadrado de la corriente efectiva. En circuitos de corriente directa el voltaje y la corriente permanecen constantes, por lo tanto, lo que se mide son valores efectivos.

Los ingenieros prueban los valores de voltaje y corriente efectivos en una onda senoidal pura y son el 70.7 % de los valores pico. El método usado para calcular valores efectivos envuelve una técnica llamada "**raíz cuadrática media**" o "**rcm**". Simplemente se establece que un circuito resistivo monofásico de corriente alterna con un voltaje pico de 160 V y una corriente de 10 A tendrá un voltaje efectivo de 113.12 V y una corriente efectiva de 70.7 A.

Un circuito resistivo monofásico de corriente alterna con un voltaje de 110 V RCM y una corriente de 10 A rcm, tiene una capacidad de potencia igual a un circuito de corriente directa con un voltaje de 110 V y una corriente de 10 A.

Algunos circuitos de CA producen armónicas, o formas de onda de corriente y voltaje distorsionadas. El procedimiento matemático para calcular voltaje y corriente rcm es similar, ya sea para ondas senoidales puras o distorsionadas. Sin embargo, los valores de voltaje y corriente rcm de una forma de onda distorsionada no pueden ser mas grandes que los valores asumidos del 70.7 % de los valores pico.

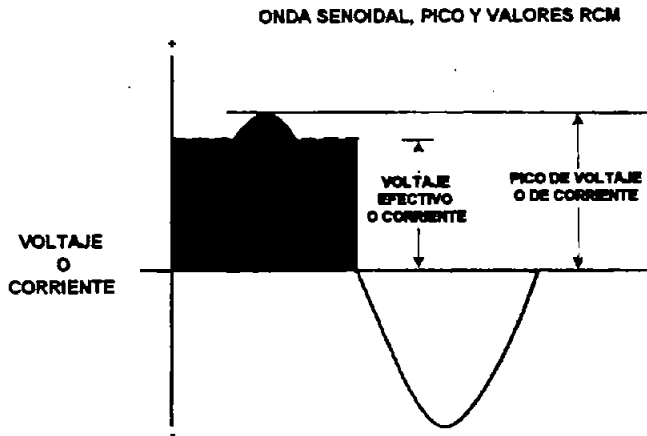


Figura 4.18 Valor RCM.

Los interruptores termomagnéticos miden corriente eficaz en cada fase. Sensan los valores de calor de las corrientes de carga, las cuales son corrientes rcm. Sin embargo, algunos instrumentos sensan ya sea promedios o valores pico —no valores rcm. Su calibración esta basada sobre la suposición de que la forma de onda de corriente alterna es una onda senoidal pura— lo cual no es verdad en una forma de onda distorsionada por armónicas. Algunos viejos sistemas de disparo de estado sólido fueron unidades sensoras de picos de corriente. Consecuentemente, estos interruptores sensores de pico de alguna manera desprotegían o sobreprotegían sus cargas cuando existieron corrientes con armónicas.

El concepto de “rcm” es simple. Solo piense lo que significa “efectivo”. Usamos el termino “rcm” frecuentemente siempre que discutimos sobre capacidades y valores de corriente alterna.

4.4.3 INTERRUPTORES LIMITADORES DE CORRIENTE

La siguiente figura muestra una grafica de la primera mitad de ciclo de corto circuito contra el tiempo. La corriente pico disponible esta determinada por la corriente disponible de corto circuito, la impedancia del corto circuito y su relación X/R. Si de alguna manera interrumpimos el circuito antes de la terminación de la primera mitad de ciclo, hemos limitado la corriente pico de falla a menos de su valor máximo. Un interruptor limitador de corriente entonces, abre y “limpia” el circuito antes que la corriente pico de falla sea alcanzada.

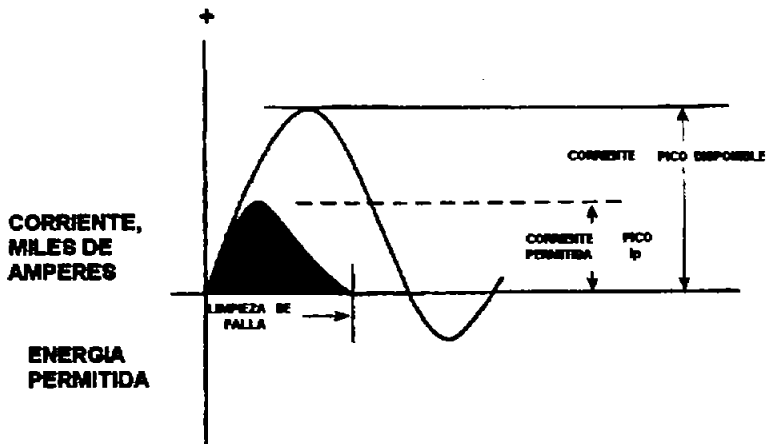


Figura 4.19 Interruptores limitadores.

Dos términos son usados para describir el funcionamiento del interruptor limitador de corriente: corriente pico permitida y energía permitida total. La corriente pico permitida es la corriente pico máxima que el interruptor permite dentro del circuito antes de abrirlo. La energía permitida (I^2t) es la mejor medida del impacto destructivo de un corto circuito y el factor mas importante para regular o limitar un interruptor. Es la cantidad total de

energía eléctrica entregada al circuito desde el momento en que empieza el corto circuito hasta cuando el arco es extinguido, el flujo de corriente se detiene y el corto circuito es “limpiado”. El área sombreada bajo la curva de la corriente permitida pico I_p es una medida relativa de la energía permitida cuando se compara al área bajo la curva de la corriente disponible pico.

Los fabricantes de interruptores usan dos técnicas principales para proporcionar acción limitadora de corriente. La primera es invertir los caminos de la corriente para literalmente hacer que los contactos se repelan magnéticamente. La segunda técnica usa un motor para una mejor repulsión de los contactos.

Algunos interruptores de caja moldeada incorporan la integración de fusibles. Los limitadores son un tipo especial de fusibles diseñados para limpiar solamente corto circuitos (y no sobrecargas sostenidas). Los limitadores proporcionan acción limitadora de corriente a altas magnitudes de corriente de falla. Sin embargo, tienen que ser reemplazados después de un corto circuito.

4.5 CARACTERÍSTICAS A TENER EN CUENTA PARA SU SELECCIÓN

1. La **tensión de servicio** : Tensión eficaz de línea para la que se debe utilizar el interruptor.
 - Para BT
 - Para MT
 - Para AT
2. **Clase de aislación** : Se requiere la misma aislación de los otros elementos del circuito.
3. **Frecuencia nominal**: 50 / 60 hz.
4. **La corriente nominal**: I_n : es la corriente que maneja permanentemente sin provocar alteraciones, ni elevación de la temperatura.

5. **La corriente de apertura** (I_a , I_b , P_k) ; I_a : es la corriente que es capaz de interrumpir un interruptor de potencia sin que se produzcan daños permanentes, a una determinada tensión de restablecimiento.
6. **Corriente de servicio** I_s , **corriente térmica** I_{th} .
7. **Duración del arco**: Especificado en segundos
8. **Tiempo de auto cierre**: Son los tiempos mínimos y se distinguen entre la primera y segunda operación de autocierre.
9. **El tipo de montaje**:
 - Fijo
 - Extraíble
10. **Lugar de instalación**:
 - Interior
 - Intemperie
11. **Tipo de comando**: Manual, eléctrico, aire comprimido o hidroneumático
12. **Tensión auxiliar**: Especificar el nivel de tensión auxiliar de motor y bobinas de aperturas, bobinas de cierre y contactos auxiliares.
13. **Contactos auxiliares**: En los contactos auxiliares se debe especificar: a) la cantidad y tipo de contactos,(normalmente cerrado y normalmente abierto), b) la tensión de los contactos (CC CA), c) la corriente nominal I_n del contacto.
14. **Tipo de protección del interruptor** : curvas representativas de la protección del interruptor.

Otros factores relevantes que tienen que ser considerados cuando se selecciona un interruptor termomagnético. Son los siguientes:

El tamaño de marco. Para interruptores de menos de 600 volts se relaciona con el tamaño del marco físico y son dimensiones generales, esto permite que interruptores de

distintos fabricantes puedan ser intercambiados en los tableros al tener dimensiones físicas normalizadas. El tamaño de los marcos se expresa por lo general en amperes y corresponde a la capacidad mas grande disponible dentro de un grupo.

En la tabla siguiente se dan los valores típicos de los tamaños de marco y sus características principales.

TAMAÑO DEL MARCO EN (A)	VOLTS C.A.	CORRIENTE CONTINUA O PERMANENTE (A)	CAPACIDAD INTERRUPTIVA ASIMÉTRICA (A)	CAPACIDADES ESTÁNDAR DE LA BOBINA DE DISPARO
225	600	15-225	15000	15, 20, 30, 40, 50
	480	25-225	25000	70, 90, 100, 125
	240	35-225	30000	150, 175, 200, 225
600	600	40-600	25000	40, 50, 70, 90, 100
	480	100-600	35000	125, 150, 175, 200
	240	150-600	50000	225, 250, 300, 350 400, 500, 600
1600	600	200-1600	50000	220, 225, 250, 300
	480	400-1600	60000	350, 400, 500, 600
	240	600-1600	75000	800, 1000, 1200, 1600
3000	600	2000-3000	75000	2000, 2500, 3000
	480	2000-3000	75000	
	240	2000-3000	100000	
4000	600	4000	100000	4000
	480	4000	100000	
	240	4000	150000	

Tabla 4.8 Datos de marcos de referencia y características asociadas.

Capacidad de corriente se refiere a la corriente máxima permitida por un interruptor termomagnético específico sin tomar en cuenta el marco en el que esta montado. Por ejemplo dentro del marco de 100 A hay interruptores termomagnéticos que están clasificados individualmente a 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y 100 amperes.

CAPACIDAD DE CORRIENTE TÍPICO	
INTERRUPTOR DE 100 AMPERES	INTERRUPTOR DE 1200 AMPERES
10	600
15	700
20	800
25	1000
30	1200
35	
40	
45	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

Tabla 4.9 Capacidad de corriente típica.

Capacidad de voltaje define el voltaje máximo que cualquier interruptor termomagnético dado puede manejar seguramente. Cualquier interruptor puede ser usado seguramente para una aplicación que esta debajo de su capacidad máxima, sin embargo, esto es raramente hecho debido a que el costo de un interruptor se incrementa según como su capacidad de voltaje es incrementado.

CAPACIDAD DE BAJO VOLTAJE TÍPICO	
120	277/480
120/240	480
240	600
277	

Tabla 4.10 Capacidad de voltaje típico.

La capacidad interruptiva define la corriente de corto circuito mas alta que un interruptor termomagnético puede interrumpir. Para cualquier circuito dado, la capacidad interruptiva de un interruptor termomagnético tiene que ser iguala, o mas grande que la corriente máxima de cortocircuito que es posible dentro del circuito. La capacidad interruptiva para cualquier dimensión de marco típico dado cambia con el voltaje. Entre mas alto sea el voltaje, mas baja será la capacidad interruptiva. Comúnmente, la capacidad interruptiva de un interruptor termomagnético estará entre los rangos de 10000 y 100000 A, sin embargo existen interruptores termomagnéticos disponibles con capacidades interruptivas tan altas como hasta 200000 A.

La capacidad interruptiva o la potencia máxima de cortocircuito –corriente máxima de cortocircuito por el voltaje de reestablecimiento- que puede soportar un termomagnético esta limitada por:

- a) La separación de los contactos en posición abierta.
- b) El tiempo que tardan en abrirse los contactos y llegar a la separación máxima. Este lapso a su vez depende de las masas en movimiento, de la fricción y de la energía que se almacena en el resorte.
- c) La capacidad de la cámara de extinción para enfriar los gases del arco.

Si la capacidad de cortocircuito se especifica en amperes se entiende que el voltaje de restablecimiento es el voltaje nominal. Si la corriente de cortocircuito sobrepasa la capacidad interruptiva, las paredes de la cámara de extinción no son capaces de enfriar los gases ionizados y la corriente sigue fluyendo. Entonces la energía disipada por el arco por efecto Joule, debida a la resistencia del arco (RI^2t), aumenta súbitamente y en fracciones de segundo los gases aumentan de volumen produciendo una explosión.

Lo mismo sucede si la corriente es menor que la corriente máxima de cortocircuito, pero el voltaje de reestablecimiento – voltaje que aparece en los contactos abiertos después de cada falla- es mayor que su voltaje nominal, ya que este voltaje restablece la corriente después de cada paso por cero y el arco se mantiene.

CAPACIDAD INTERRUPTIVA TÍPICA
65000 Amperes a 240 Vca
25000 Amperes a 480 Vca
18000 Amperes a 600 Vca

Tabla 4.11 Capacidad interruptiva típica.

4.6 GRAFICAS DE TIEMPO DE DISPARO

La idea de hacer una mas adecuada selección de un interruptor termomagnético es mas completa si miramos la grafica de tiempo de disparo de dicho interruptor termomagnético depende de la fuerza de la sobrecorriente, por lo que una pequeña sobrecorriente tomara mas tiempo la fuerza que una corriente mayor.

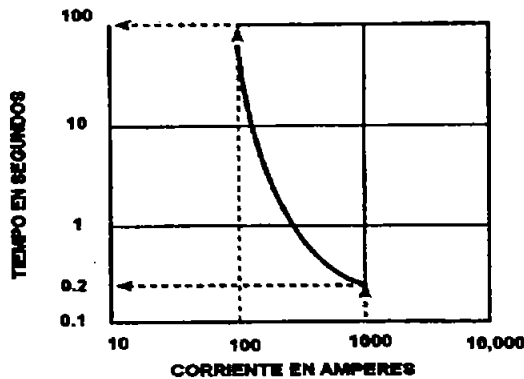


Figura 4.20 Interruptor termomagnético típico 100 A. En el rango de sobrecarga, el tiempo de disparo de un interruptor termomagnético varia con la magnitud de la sobrecorriente.

La grafica anterior muestra como trabaja esto para un interruptor termomagnético típico de 100 A. Si este interruptor termomagnético censa una corriente de 100 A, disparara en 100 s. Si censa una corriente de 1000, disparara en 2/10 de s.

Pero si planeamos instalar estos interruptores termomagnéticos en un circuito de distribución sencillo, retrazaría el tiempo de disparo selectivamente para asegurar que no

se disparen todos al mismo tiempo. La grafica en la parte inferior muestra como es llevado a cabo esto. Con el interruptor no. 1 se ajusta su disparo que sea el mas rápido, el interruptor no. 2 se ajusta su disparo ligeramente mas lento y el interruptor no. 3 se ajusta su disparo para que sea el mas lento de los tres.

Este ejemplo muestra que con una corriente de 500 A provocaría que el interruptor termomagnético no. 1 disparara en 0.3 s, el interruptor no. 2 dispararía en 0.6 s, y el interruptor no. 3 dispararía en 1.5 s.

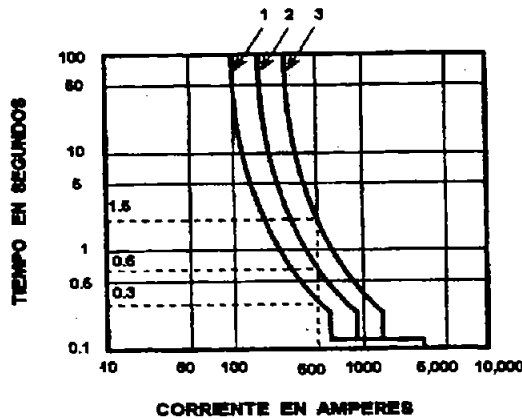
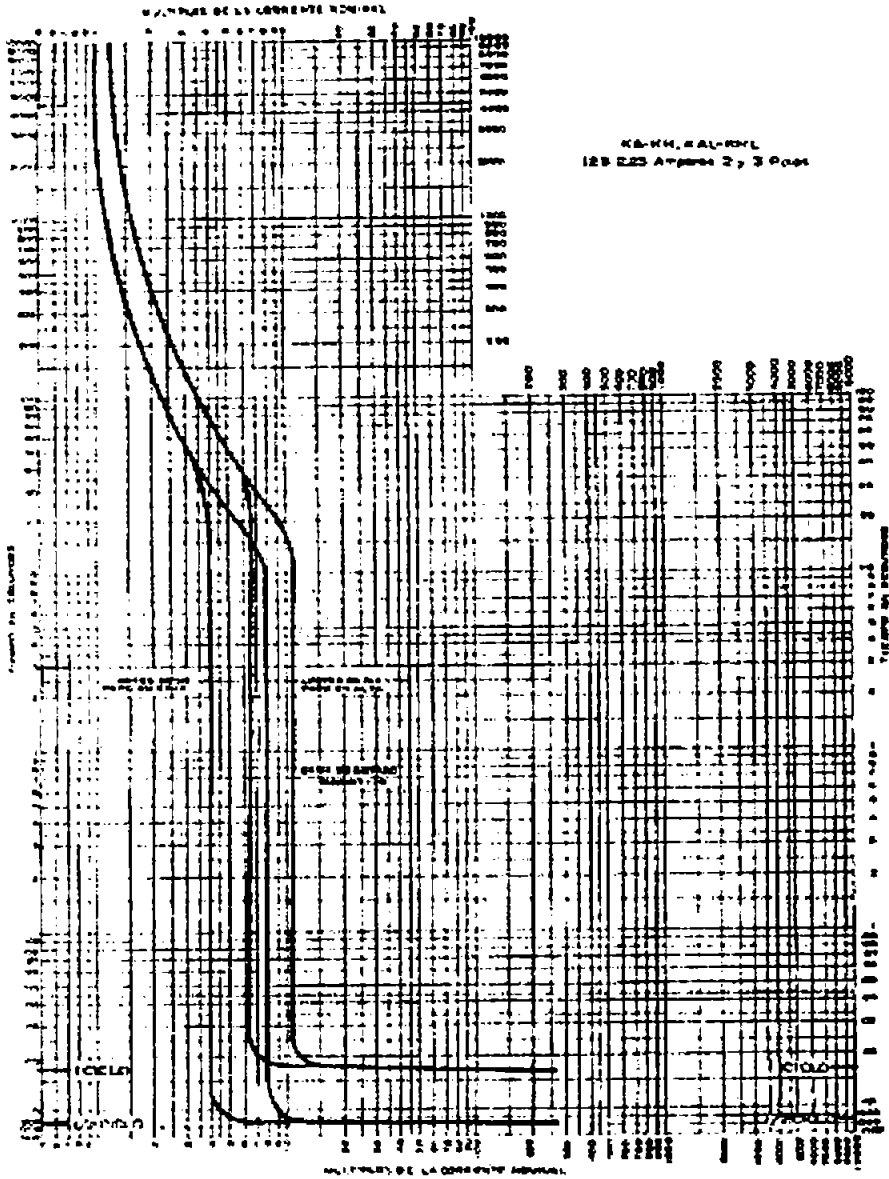


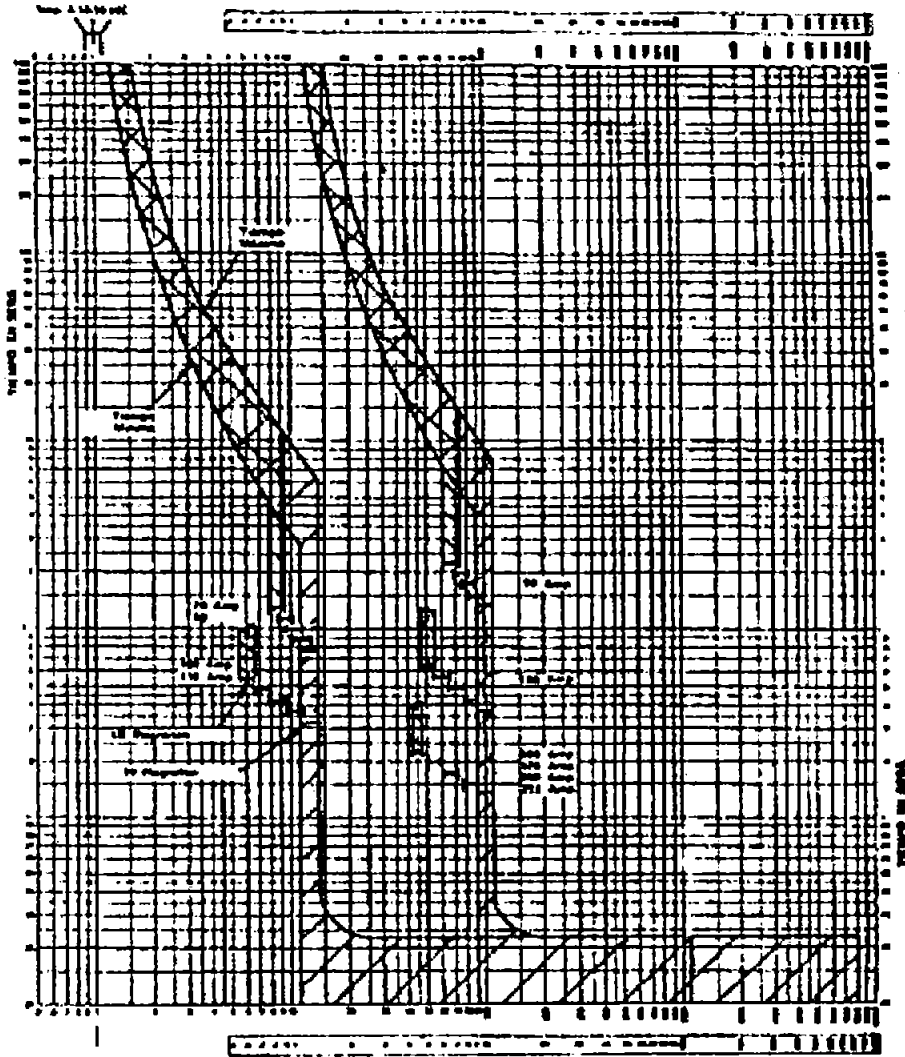
Figura 4.21 Grafica del ejemplo. Algunos interruptores termomagnéticos están diseñados de tal forma que pueden ser ajustados para disparar ligeramente mas rápido o mas lento que otros interruptores en el mismo circuito de distribución.

EJEMPLOS DE GRAFICAS:

CURVA DE DESARCO
CARACTERISTICAS



Curvas Tiempo-Corriente



MULTIPLICOS DE LA CORRIENTE			
INTERRUPTOR CAJA MOLDEADA			
LINEA F-225			
AMBIENTE COMPENSADO			
Tipos TPE y TME	Tiempo Largo e Instantáneo		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>TELEFONOS SCOMP</p> <p>Corriente 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 1000</p> <p>Voltaje 600 volt. C.A. 500 volt. C.D.</p> <p>Frecuencia 60 y 50 Hz AC</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Aplicación</p> <p>No tiene efecto en el tiempo largo, el tiempo instantáneo se reduce en 10%.</p> </td> </tr> </table>		<p>TELEFONOS SCOMP</p> <p>Corriente 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 1000</p> <p>Voltaje 600 volt. C.A. 500 volt. C.D.</p> <p>Frecuencia 60 y 50 Hz AC</p>	<p>Aplicación</p> <p>No tiene efecto en el tiempo largo, el tiempo instantáneo se reduce en 10%.</p>
<p>TELEFONOS SCOMP</p> <p>Corriente 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 1000</p> <p>Voltaje 600 volt. C.A. 500 volt. C.D.</p> <p>Frecuencia 60 y 50 Hz AC</p>	<p>Aplicación</p> <p>No tiene efecto en el tiempo largo, el tiempo instantáneo se reduce en 10%.</p>		

4.7 COMPARACIÓN ENTRE FUSIBLES E INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS

Frecuentemente se presenta la necesidad de seleccionar entre el uso de fusibles o de interruptores termomagnéticos, esta selección se debe basar en algunos puntos objetivos que estén al margen de la opinión de los fabricantes de estos productos, ya que como es natural cada fabricante trata de demostrar que su producto es mejor, lo cual puede influir de alguna manera en la decisión del proyectista.

La practica de este no se puede decir que sea uniforme la experiencia en este caso juega un papel muy importante en la selección y avances continuos en el diseño de productos. A continuación se mencionan algunas ventajas y desventajas de ambos medios de protección, con el objeto de nombrar en cierta medida del criterio del proyectista, aun cuando es necesario recordar que cada instalación representa un problema diferente y por otra parte el valor de la corriente de corto circuito puede influir también en esta decisión.

CONVENIENCIA Y SEGURIDAD Desde el punto de vista de su utilización, los interruptores termomagnéticos resultan mas convenientes, ya que un interruptor termomagnético se puede cerrar con facilidad sin ningún riesgo después de que ha disparado. Por el contrario, un fusible que se ha fundido se debe destornillar o jalar con algún dispositivo para ello y entonces se debe tener cuidado que cuando el circuito esta abierto no se haga contacto accidental con las partes energizadas, esta riesgo se puede decir que es pequeño, pero existe.

Por otra parte, cuando se funden os fusibles, se debe de disponer de los sistemas fusibles de repuesto, cuando no se tienen estos, se puede caer en la tentación de puentear el fusible o bien sustituirlo por otro de mayor capacidad, en cuyo caso se crean condiciones de riesgo en la instalación, ya que se cumple con las funciones de instalación.

CONFIABILIDAD Por experiencia se sabe que el uso de fusibles es confiable y normalmente no requieren de ser cambiados por periodos largos de tiempo, por otra parte, también se observa de la experiencia que los interruptores termomagnéticos se ven mas afectados por las condiciones ambientales y pueden llegar a ser un poco menos en su operación, por lo que recomienda que su mecanismo de operación se revise por lo menos una vez al año, lo cual no siempre ocurre, ya que por lo general se observan solo después de haber disparado. Cuando por alguna razón el mecanismo de operación se encuentra oxidado o en mal estado, puede ocurrir que no opere y entonces un circuito puede permanecer cerrado en condiciones de falla, lo cual representa un riesgo para la instalación eléctrica, esta situación no se presenta con los fusibles, lo cual representa una ventaja de estos.

El calentamiento excesivo como resultado de un pobre contacto en las terminales, puede producir que tanto interruptores termomagnéticos como fusibles produzcan disparos accidentales. En los fusibles el calentamiento en las terminales por contactos falsos, se puede evitar por medio del uso de grapas de presión.

Un problema se puede presentar con el uso de fusibles, es que los circuitos trifásicos se puedan ver sometidos a una falla denominada perdida de la fase, lo cual, dependiendo del diseño puede representar una desventaja con respecto a los interruptores termomagnéticos. Una falla en cualquiera de las fases de un circuito trifásico que esta protegido por interruptores termomagnéticos, produce la apertura de todas las fases del circuito, cortando la alimentación a la carga trifásica, ya sea de alumbrado o bien motores eléctricos.

Una falla en cualquiera de las fases de un circuito trifásico que esta protegido por fusibles, desconecta únicamente la fase fallada, de manera que se continua alimentando potencia a las cargas de alumbrado a motores monofásicos conectados a las fases que permanecen energizadas, de manera que se mantiene un servicio aproximadamente 2/3 de la carga.

Sin embargo, en los motores trifásicos que están protegidos solo por fusibles, al desconectarse solo la parte fallada, quedan sujetos a la operación en dos fases, si estos

continúan operando, pero con una corriente incrementada y desbalanceada circulando en dos fases que quedan energizadas, de manera que al menos una de estas fases energizadas, demanda una corriente excesiva, de manera que el elemento térmico (si lo tiene) debe operar y desconectar al motor en tiempo breve.

Si la protección del motor no esta seleccionada en forma correcta la capacidad de los elementos térmicos no ha sido correctamente seleccionada, el motor continua operando con sobrecorriente hasta que se quema, y esto llega a suceder.

EL COSTO Y LAS APLICACIONES GENERALES De hecho, un interruptor termomagnético combina la función de una cuchilla desconectadora con protección del circuito, en cambio un fusible necesita de un desconectador (switch) adicional para cumplir con la misma función, aun con esto un fusible es mas barato que el interruptor termomagnético.

La tendencia general es usar los interruptores termomagnéticos en la mayoría de los casos, tanto en las instalaciones para casas habitación, como en una gran variedad de instalaciones industriales.

CAPITULO V
CONDICIONES DE OPERACIÓN

CAPITULO V

CONDICIONES DE OPERACIÓN

La habilidad de un conductor para conducir la corriente esta limitada por la seguridad de la temperatura de operación de su aislamiento. Esta temperatura de operación es al suma de la temperatura ambiente mas la elevación de temperatura debida a la corriente que conduce el conductor. La NOM especifica la degradación del conductor pata temperaturas mayores de 30°C.

Los interruptores y fusibles se calibran y ajustan sin gabinetes, es decir, a la temperatura ambiente, y su corriente nominal se basa en la que fueron calibrados sin dicho gabinete. Esto es, los interruptores son compensados normalmente por el cambio en la capacidad del conductor debido a os cambios de temperatura ambiente.

Debido a que los interruptores y fusibles son calibrados al aire, sus capacidades usualmente son afectadas por un factor de degradación para tomar en cuenta las diferentes temperaturas dentro y fuera de los gabinetes. Estas características térmicas son reconocidas por la NOM.

La Sección 210-23(a)(b) establece que los circuitos no deben de ser cargados mas del 80% de su capacidad por periodos largos de tiempo. Por lo que los interruptores, fusibles y desconectores deben tener una capacidad por lo menos del 125% de la carga conectada. Este factor del 125% generalmente es suficiente para tener cuidado con la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del gabinete para dispositivos individuales encerrados en el. Además, cuando un gran numero de dispositivos se agrupan juntos e un gabinete, tal como un tablero, la elevación de temperatura dentro de este deberá ser mayor.

La sección de tableros en las normas NEMA recomiendan que en un tablero de distribución de circuitos no sea cargada mas del 70% de la capacidad de los conductores, dispositivos de desconexión y protección.

5.1 SELECCIÓN DEL CALIBRE DE CONDUCTOR PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de conducción eléctrica tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas, considerando desde luego el aspecto económico. Por esta razón, la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre o aluminio, que son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo lo suficiente mente bajo como para que resulten económicos. Existen otros materiales de mejor conductividad como por ejemplo la plata y el platino, pero que tienen un costo elevado, que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas.

Por lo general los conductores eléctricos se fabrican de sección circular de material sólido o como cables, dependiendo de la cantidad de corriente por conducir y su utilización, aunque en algunos casos se elaboran en secciones rectangulares para altas corrientes.

Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un numero que corresponde a lo que comúnmente se conoce como calibre, y que normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gage), siendo el mas grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el mas delgado usado en instalaciones eléctricas.

Para conductores con un área mayor del 4/0, se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el **Circular Mil**, siendo así como un conductor de 250 corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 C.M. y así sucesivamente entendiéndose como:

Circular Mil: La sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 pulg.).

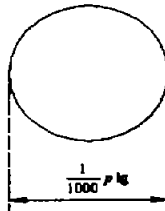


Fig. 5.1 Circular Mil

La relación entre el circular mil y el área en mm^2 para un conductor se obtiene como sigue:

$$1 \text{ plg} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{100} \text{ plg} = 0.254 \text{ mm}$$

Siendo el Circular Mil un área:

$$1 \text{ C.M.} = \frac{\pi(\phi)^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.254)^2}{4} = 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{10^4}{5.064506} = 1974 \text{ C.M.} \approx 2000 \text{ C.M.}$$

En la siguiente tabla, se indican las dimensiones de los conductores eléctricos según la NOM.

TAMAÑO NOMINAL	TAMAÑO NOMINAL	TAMAÑO NOMINAL	TAMAÑO NOMINAL
MM ²	AWG KCMIL	MM ²	AWG KCMIL
0,8235	18	126,67	250
1,307	16	152,01	300
2,082	14	177,34	350
3,307	12	202,68	400
5,26	10	253,35	500
8,367	8	304,02	600
13,3	6	354,69	700
21,15	4	380,03	750
26,67	3	405,37	800
33,62	2	456,04	900
42,41	1	506,71	1000
53,48	1/0	633,39	1250
67,43	2/0	760,07	1500
85,01	3/0	886,74	1750
107,2	4/0	1013,42	2000

Tabla 5.1 Dimensiones de los Conductores.

A excepción de los conductores eléctricos usados en líneas aéreas y redes de distribución, los empleados en las instalaciones eléctricas están aislados. Antiguamente se aislaban con hule, conociéndose comercialmente como tipo R. Actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales, según el tipo de fabricante, siendo los mas conocidos por ser a prueba de agua, entre otras propiedades los siguientes: Tipo TW, Vinanel 900, Vinanel Nylon, Vulcanel E.P. y Vulcanel XLP.

Cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que los diferencian de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse los agentes que los afectan durante su operación y que se pueden agrupar como:

- Agentes mecánicos.
- Agentes químicos.
- Agentes eléctricos.

En el proyecto de las instalaciones eléctricas la selección adecuada de un conductor que llevara corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración dos factores:

- La capacidad de conducción de corriente (ampicidad).
- La caída de voltaje.

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis y simultáneamente en la selección de un conductor. Como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces, se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección, ya que de esta manera el conductor se comportara satisfactoriamente desde el punto de vista de caída de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

5.1.1 CALCULO DE CONDUCTORES POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE

La capacidad de conducción de un conductor (ampicidad) se encuentra limitada por los siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor.
- Capacidad térmica del aislamiento.

Desde el punto de vista de conductividad se han elaborado tablas que dan la resistencia eléctrica de los conductores, factor que es muy importante, en virtud que determina las perdidas de potencia eléctrica al paso de la corriente, según la formula:

$$W = RI^2$$

Donde:

R = Resistencia eléctrica en ohms.

I = Corriente eléctrica en amperes.

W = Potencia en watts.

Esta potencia, por un periodo de tiempo determinado, es una energía que se disipa en forma de calor.

Por otra parte, se sabe que la resistencia eléctrica de los conductores varía por la temperatura, y los datos de resistencia normalmente están dados para una temperatura de 60° C, por lo que al calcular la resistencia de un conductor a cualquier otra temperatura se debe corregir mediante la fórmula:

$$R_T = R_{60^{\circ}C} [1 + \alpha (T - 60)]$$

Donde:

R_T = Resistencia a la temperatura deseada.

T = Temperatura considerada.

α = Coeficiente de corrección en ohms/°C.

Es conveniente recordar también que los valores de resistencia indicados en las tablas están dados para una corriente directa, y cuando una corriente alterna circula por un conductor se produce lo que se conoce como el **Efecto superficial**, debido a que se desarrolla una tensión por efecto de inducción, que es mayor en la parte central del conductor que en la superficie; produciendo el efecto de una corriente en sentido contrario a la corriente nominal que circula por el, manifestándose con esto un aumento de resistencia.

De lo anterior, se deduce que la resistencia de un conductor cuando circula por el una corriente alterna es mayor que cuando circula una corriente directa, debido a esto, se han obtenido factores de corrección para alcanzar los valores de resistencia en corriente alterna a partir de los valores de resistencia en corriente directa.

Como se expresa en la ecuación $W = RI^2$ las pérdidas se manifiestan en forma de calor, que a su vez influye directamente en el aislamiento del conductor, factor que es muy importante porque determina la temperatura máxima de operación a régimen permanente

de un conductor. Dependiendo de la aplicación, el aislamiento podría ser tan simple como una cubierta de barniz, o tan complejo como una serie de capas múltiples de hule y/o plástico. En la siguiente tabla se indican estas temperaturas para algunos conductores comerciales en baja tensión.

T.W.	60°C en ambiente seco	60°C en ambiente mojado
Vinanel 900	90°C en ambiente seco	75°C en ambiente mojado
Vinanel Nylon	90°C en ambiente seco	75°C en ambiente mojado
Vulcanel EP	90°C en ambiente seco	75°C en ambiente mojado
Vucanel XLP	90°C en ambiente seco	75°C en ambiente mojado

Tabla 5.2 Temperatura máxima de operación a régimen permanente
De los conductores de baja tensión

De lo anterior se deduce que la capacidad de conducción de corriente de un conductor esta íntimamente ligada a la capacidad de aislamiento a las temperaturas elevadas, esto considerando también que por lo general los conductores se encuentran dentro de canalizaciones en las instalaciones eléctricas, que se comportan como emisoras de calor y también por temperaturas ambientes superiores a los 40° C.

Teóricamente un conductor desnudo soportado por aisladores de porcelana puede transmitir una gran corriente, hasta el punto en que por efecto Joule se alcance la temperatura de fusión del material, en realidad esto no ocurre, ya que los conductores manejan la corriente permisible de acuerdo a su capacidad, pero en el caso de sobrecargas el calor producido es disipado por el aire circundante al conductor.

En el caso de las instalaciones eléctricas de baja tensión, los conductores se encuentran alojados en un medio de canalización, en donde además están otros conductores. Considerando como ejemplo un tubo conduit, en este caso el calor generado tiende a dispersarse en el medio envolvente, es decir, en el propio aislamiento del conductor, en el aislamiento de los conductores vecinos, en el aire que esta contenido en el tubo y en el tubo mismo.

En este caso, el calor generado en las sobrecargas permanentes destruirá a los aislamientos mucho antes que el material conductor llegue a su temperatura de fusión, debido a que la capacidad térmica del aislamiento es mucho menor que la del conductor; por lo que es muy importante limitar la temperatura de trabajo de los conductores hasta el punto en que el calor que se genere no llegue a la temperatura de fusión de los aislamientos, es decir, que **siempre se debe trabajar al conductor debajo de la temperatura de fusión del aislamiento.**

Para fines prácticos se va un poco mas abajo y no se permite trabajar al conductor con temperaturas que excedan a las de reblandecimiento de este con un régimen de trabajo permanente.

Desde el punto de vista teórico se pueden establecer las bases para el calculo del calibre del conductor, de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente, considerando el efecto térmico en los términos vistos anteriormente. Este calculo establece una analogía con la ley de Ohm para circuitos eléctricos, y a semejanza de la ecuación conocida para la ley de Ohm, que expresa la caída de voltaje en un circuito (V) cuando circula una corriente (I) a través de una resistencia.

$$V = RI$$

Se tiene una ecuación para un medio en el cual está circulando calor, y establece que un incremento de temperatura es igual al calor circundante en el medio, multiplicado por la resistencia térmica el mismo. Se expresa como:

$$\Delta T = R_x W$$

Donde: ΔT = Incremento o caída de temperatura en °C.

W = Calor circulante en Watts/m.

R_x = Resistencia térmica del medio en °C m/Watt.

Suponiendo el caso de un conductor aislado dentro de un tubo conduit y que la temperatura ambiente T_a es menor que la producida por el conductor T_c , entonces el calor fluye del conductor hacia el medio ambiente pasando por su aislamiento, el aire contenido en el tubo y el tubo mismo. Cada uno de estos elementos tendrá una resistencia al paso del calor de acuerdo con sus características propias.

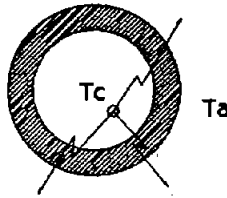


Fig. 5.2 Variación de temperatura.

La variación de temperatura desde el punto mas caliente hasta el punto mas frío esta dada como:

$$\Delta T = T_c - T_a$$

El calor que produce el conductor es exclusivamente el debido al efecto Joule.

$$W = RI^2 \frac{\text{Watts}}{m}$$

Donde: R = Resistencia del conductor en ohms/m.

I = Corriente que circula por el conductor en amperes.

La resistencia térmica R_x es la suma de las resistencias térmicas de los distintos medios, desde el punto mas caliente hasta el punto mas frío.

$$R_x = R_{x_1} + R_{x_2} + R_{x_n} = \sum_{i=1}^n R_{x_i}$$

Si se sustituye ΔT , R_x y W se tiene:

$$T_c - T_a = (RI^2) * \sum_{i=1}^n R_{x_i} = RI^2 * R_x$$

De la expresión anterior se puede despejar la corriente I, que se representa el valor admisible de corriente en el conductor.

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{R * R_x}}$$

Si se expresa la resistencia del conductor como:

$$R = \sigma \frac{l}{s}$$

Donde: σ = Resistividad en $\Omega \cdot m / mm^2$

l = Longitud en m

s = Sección en mm^2

La ecuación:

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{R * R_x}}$$

Queda como sigue:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta(T_c - T_a)}{\sigma * R}}$$

Con estas ecuaciones se puede prefijar la temperatura de operación deseada y calcular la corriente admisible en un conductor e un calibre determinado. Mediante el uso de formulas como las anteriores y por datos experimentales, se han llegado a establecer las tablas de capacidad de conducción de corriente para distintos conductores bajo distintas condiciones de instalación, desde el punto de vista del medio de canalización.

Se ha mencionado que los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor, y debido a que el aislamiento impone una fuerte restricción por sus limitaciones de tipo térmico.

Por esta razón, el número de conductores dentro de un tubo conduit, tiene que ser restringido, de tal forma que permita un arreglo físico de los mismos de acuerdo a la selección del tubo, para que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores e mantengan a temperaturas adecuadas en base de un buen enfriamiento. Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores.

Si A es el área del interior del tubo en mm^2 ó plg^2 y a es el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$F = \frac{a}{A}$$

Este factor de relleno (F) tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones:

- 53% Para un conductor.
- 31% Para dos conductores.
- 43% Para tres conductores.
- 40% Para cuatro conductores o mas.

5.1.2 CALCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE VOLTAJE

No basta calcular los conductores con corriente únicamente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulara por el. También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas técnicas para Instalaciones Eléctricas (que son 2% caída de voltaje en instalaciones residenciales y 3 ó 4% en instalaciones industriales).

Para estar seguros de que las caídas de voltaje no excedan esos valores, es necesario calcularlas en los circuitos derivados y en los alimentadores. En las formulas que a continuación se desarrollan, se empleara la siguiente nomenclatura:

W = Potencia en watts.

I = Corriente en amperes por conductor.

E_f = Voltaje entre fases.

E_n = Voltaje de línea a neutro.

$\cos \phi$ = Factor de potencia.

R = Resistencia e un conductor en ohms.

σ = Resistividad del cobre $1/58 (\Omega\text{-mm/mm}^2)=1/50$.

L = Longitud del conductor en metros.

s = Sección el conductor mm^2 .

e = Caída de voltaje de fase a neutro en volts.

ef = Caída de voltaje entre fases, en volts.

$e\%$ = Caída de voltaje en porciento.

$$e\% = \frac{e \cdot 100}{E_n} = \frac{ef \cdot 100}{E_f}$$

SISTEMA MONOFÁSICO

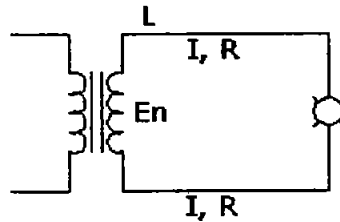


Fig. 5.3 Sistema monofásico.

La potencia que consume la carga es:

$$W = E_n I \cos \phi$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi}$$

La caída de voltaje por existencia en el conductor es:

$$e = 2RI$$

La resistencia del conductor es:

$$R = \frac{\sigma L}{s} = \frac{1}{50} \frac{L}{s}$$

De donde:

$$e\% = \frac{LI}{25s E_n} = 4 \frac{LI}{E_n s}$$

El sistema monofásico a dos hilos se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 watts por circuito.

También se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30 y 40 amperes.

SISTEMA TRIFÁSICO A TRES HILOS

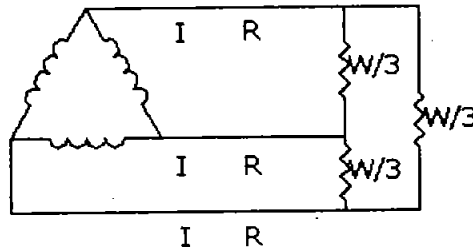


Fig. 5.4 Sistema trifásico a tres hilo.

La potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \phi$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f I \cos \phi}$$

La caída de voltaje entre fases es:

$$e_f = \sqrt{3}RI$$

Pero:

$$R = \frac{dL}{s} = \frac{1L}{50s}$$

$$e_f = \frac{\sqrt{3}LI}{50s}$$

El porciento de caída de voltaje es:

$$e\% = \frac{e_f}{E_f} * 100$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3}L}{50sE_f} * 100$$

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{sE_f}$$

El sistema trifásico a tres hilos se emplea generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan con tensiones de 440 ó 220 volts, como es el caso de los motores trifásicos de 440 V, que en operación resultan mas económicos que los motores a 220 V, ya que demandan menos corriente:

$$P = \sqrt{3}VI \cos \phi \eta$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi \eta}$$

SISTEMA TRIFÁSICO A CUATRO HILOS

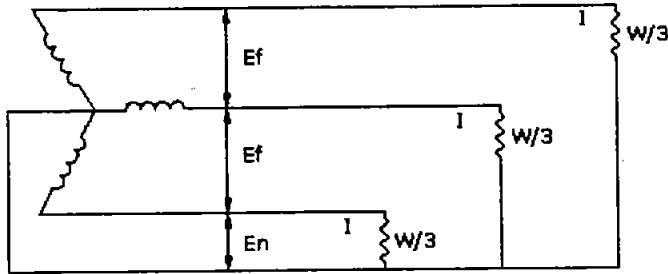


Fig. 5.5 Sistema trifásico a cuatro hilos.

La potencia que consume la carga trifásica es:

$$W = \sqrt{3}E_f I \cos\phi = 3E_n I \cos\phi$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3}E_f \cos\phi} = \frac{W}{3E_n \cos\phi}$$

La caída de tensión al neutro es:

$$e = R I = \frac{LI}{50s}$$

$$e\% = \frac{e}{E_n} * 100 = \frac{LI}{50E_n} * 100$$

$$e\% = \frac{2LI}{sE_n}$$

El sistema trifásico a cuatro hilos presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásicas. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (con tensión entre líneas), por ejemplo 220 V y alimentar cargas monofásicas (alumbrado) a una tensión entre línea y neutro ($220 \cdot \sqrt{3} = 127V$).

Debido a esta ventaja, este sistema es el mas empleado para alimentación de cargas industriales. La siguiente figura muestra conectadas una carga trifásica (motor) y una carga monofásica (lámpara) al sistema trifásico de cuatro hilos.

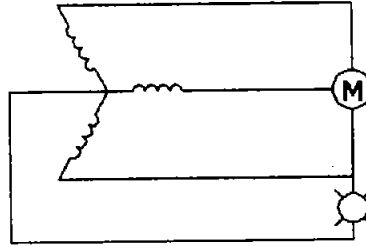


Fig. 5.6 Conexión de una carga trifásica y una monofásica.

Caída de voltaje. En los conductores eléctricos se tiene resistencia y reactancia, es decir, la caída de voltaje total es por resistencia y reactancia.

La reactancia de un conductor depende de varios factores: sección, frecuencia de operación, longitud, material, materiales magnéticos, etc.

Sea:

E_n = Voltaje al principio del conductor.

E'_n = Voltaje al final del conductor.

e = La caída de voltaje en el conductor por resistencia y reactancia.

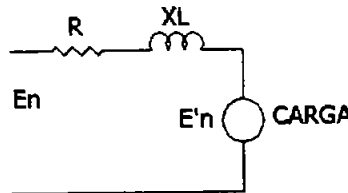


Fig. 5.7 Caída de voltaje total.

La caída de voltaje total por resistencia y reactancia es:

$$e = \sqrt{(RI)^2 + (X_L I)^2}$$

EJEMPLOS

Calcular la caída de voltaje en el circuito derivado de un motor de 2 HP, monofásico a 115 volts, que tiene la longitud de conductor del punto de alimentación al punto de conexión del motor de 25 m. El alambre es de cobre.

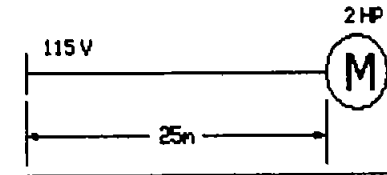


Fig. 5.8 Ejemplo de caída de voltaje.

SOLUCIÓN

Para un motor monofásico de 2 HP a 115 Volts:

$$I_{pc} = 24 \text{ A}$$

$$1.25 I_{pv} = 1.25 \times 24 = 30 \text{ A}$$

Calibre del conductor, No. 10 (AWG); $s = 5.26 \text{ mm}^2$

La caída de voltaje en porciento es:

$$e\% = \frac{4 \times 25 \times 24}{115 \times 5.26} = 4\%$$

Un alimentador trifásico de tres conductores tipo TW, de 100m de longitud, debe transmitir una carga de 75 KW a 216 volts entre fases, con una frecuencia de 60 c/s y un factor de potencia de 0.8 atrasado. Los conductores deberán ir dentro de un tubo conduit de acero. Calcular el calibre de los conductores y el tubo conduit, si se desea que la caída de voltaje no exceda el 2%. Considerando únicamente la resistencia.

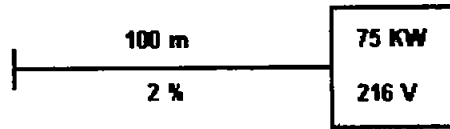


Fig. 5.9 Ejemplo de calculo de calibre.

SOLUCIÓN

La corriente que demanda la carga es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}E_f \cos\phi} = \frac{75000}{\sqrt{3} \times 216 \times 0.80} = 250A$$

La caída máxima de tensión máxima permisible se encuentra en la formula para un alimentador trifásico:

$$e = \frac{2\sqrt{3}LI}{E_f s} (\%)$$

La sección del conductor para una caída de tensión máxima de 2% se calcula despejándola de la formula anterior:

$$s = \frac{2\sqrt{3}LI}{E_f (e\%)} = \frac{2\sqrt{3} \times 100 \times 250}{216 \times 2} = 200mm^2$$

De la tabla de conductores: para $s = 200mm^2$ corresponde un conductor No. 400. La corriente permisible para tres conductores de 400 MCM en un tubo conduit es de 280 A.

5.2 TIPO DE CARGA Y CICLO DE SERVICIO

El diseño de una instalación eléctrica requiere del conocimiento de la potencia o carga que se va a alimentar. Por carga se entiende la que será demandada a la instalación, y no la suma de las capacidades de los equipos que serán instalados. Mientras mayor información se tenga al respecto del consumo y de las condiciones de operación de todos los elementos que estarán conectados a la instalación, mayores serán las posibilidades de un calculo que cumpla con los requerimientos necesarios y que sea económico.

Es prácticamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación compleja. Sin embargo, se puede hacer un calculo detallado con la información completa de todos los equipos que serán conectados y obtener un valor mas preciso de la carga. La determinación de la carga es una labor que requiere de técnica, pero también de criterio para definir los preparativos que deben dejarse para el futuro, así como la influencia de los posibles ciclos de operación. Una reserva excesiva representara una inversión que tal vez nunca se utilice; por el contrario, reservas escasas pueden provocar un problema a corto plazo. Por esta razón es recomendable estudiar varias opciones.

5.2.1 ESTIMACIÓN DE CARGA POR SIMILITUD

CARGA DE LOS EQUIPOS RELACIONADOS CON EL TIPO DE USUARIO.

Para las primeras etapas de un proyecto, cuando se requiere tener una estimación aproximada de la carga, se pueden utilizar los valores de carga típicos, producto de la observación de empresas o procesos similares que se encuentren operando.

Las características de la carga y la corriente de plena carga determinan la capacidad nominal el interruptor automático o desconectador y fusible. Cuando se involucran los ciclos de servicios especiales, tal como sobrecargas temporales indicadas en la placa de datos y arranques y paros periódicos del motor, puede ser necesario integrar los efectos caloríficos combinados de las corrientes de carga para determinar la capacidad adecuada.

Debido a los requisitos de la NOM, referentes a la protección contra sobrecorriente en la alimentación y los puntos donde los calibres de los conductores se reducen, los interruptores o desconectores con fusibles son los mas frecuentemente suministrados para la protección de acometidas, alimentadores y circuitos derivados.

CARGA DE ALUMBRADO PARA DIFERENTES TIPOS DE USUARIO.

Existen tablas que solo se pueden utilizar como una aproximación. Aplicando estas tablas puede estimarse la carga total conociendo la superficie que será iluminada y las especificaciones de los equipos mas importantes. Esto se vera detenidamente mas adelante.

CALCULO ANALÍTICO.

La precisión que se obtiene con los métodos estimativos resulta insuficiente para obtener las capacidades de los elementos de una instalación eléctrica y las secciones de los conductores.

Un calculo mas preciso se inicia cuando se conocen los consumos de energía de cada uno de los equipos y servicios que serán alimentados por la instalación.

A continuación se definen algunos términos necesarios para determinar la carga:

CARGA O POTENCIA INSTALADA. (P_{inst}) es la sumatoria de los consumos nominales de cada elemento consumidor según sus datos de placa.

$$P_{inst} = \sum P_j \quad \text{Donde: } P_j = \text{potencia de cada elemento, } j = 1, 2, \dots, n.$$

DEMANDA MÁXIMA. (P_{max}) es la carga o potencia máxima que podría ocurrir en una instalación. En las tarifas, para fines de facturación, la demanda máxima es la carga máxima que subsiste durante 15 minutos en el lapso de un mes. Se le llama tambien demanda máxima medida.

FACTOR DE CARGA. (f_c) es el cociente de la potencia o demanda máxima entre la potencia (carga) instalada, por lo tanto:

$$P_{\max} = (f_c) \times P_{\text{Inst}}$$

En la tabla se reproduce la tabla 220-11 de la NOM donde se presentan factores de carga típicos para el cálculo de carga de alumbrado general en algunas aplicaciones no industriales.

Tabla 5.3: Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (en VA)	Factor de demanda por ciento
Almacenes	Primeros 12500 o menos	100
	A partir de 12500	50
Hospitales*	Primeros 50000 o menos	40
	A partir de 50000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los bloques de apartamentos sin cocina*	Primeros 20000 o menos	50
	De 20001 a 100000	40
	A partir de 100000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120000	35
	A partir de 120000	25
Todos los demás	Total VA	100

* Los factores de demanda de esta Tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores a las zonas de hospitales, hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como quirófanos, comedores y salas de baile.

En la siguiente tabla, se presentan algunos factores de carga considerados típicos para comercios e industrias.

<i>Comercio</i>	<i>Factor de carga %</i>
Alumbrado publico	100
Apartamentos	35
Bancos	70
Bodegas	50
Casinos	85
Correos	30
Escuelas	70
Estacionamientos	60
Hospitales	40

<i>Comercio</i>	<i>Factor de carga %</i>
Hoteles chicos	50
Hoteles grandes	40
Iglesias	60
Mercados	80
Multifamiliares	25
Oficinas	65
Restaurantes	65
Teatros	60
Tiendas abarrotes	65

<i>Industria</i>	<i>Factor de carga %</i>
Acetileno	70
Aamdora de autos	70
Carpinterias	65
Carne	80
Carton	50
Cemento	65
Cigarros	60
Dulces	45
Fundicion	70
Galletas	55

<i>Industria</i>	<i>Factor de carga %</i>
Hielo	90
Herrerias	50
Imprentas	60
Jabon	60
Laminadora	70
Lavanderias	80
Niquelado	75
Madererias	65
Marmolerias	70
Mecanico	75

Tabla 5.4 Factores de carga típicos.

5.3 ACOMETIDAS

Una acometida incluye los conductores y el equipo para suministrar energía eléctrica desde el sistema suministrador a la instalación eléctrica del usuario. Artículo 230 de la NOM. A grandes rasgos, se pueden citar dos tipos de acometidas, la subterránea y la aérea.

ACOMETIDA SUBTERRÁNEA

Desde la línea más cercana de la empresa suministradora de energía eléctrica, se tenderá una derivación subterránea hasta la caja general de protección situada en el edificio. Esta derivación se calculará previamente según las consideraciones a tomar respecto a la "previsión de cargas", en cualquier caso no debe ser inferior a 6 mm^2 .

El tipo de cable que se debe utilizar será el mismo que el empleado por la compañía suministradora es decir, cable para instalaciones subterráneas recomendándose que la derivación que constituye la acometida, tenga el mismo número de conductores que la línea general de la que deriva. Normalmente se utiliza cable de cuatro conductores (tres fases y un neutro) para instalaciones de corriente trifásica y cable de tres conductores (dos polos y un neutro) para instalaciones de corriente continua.

ACOMETIDA AÉREA

Desde la línea aérea más cercana de la empresa suministradora, se tendrá una derivación aérea, apoyándose, si es preciso, en postes, palomillas, etcétera, hasta la caja general de protección situada en el edificio. Esta derivación se habrá calculado previamente, teniendo en cuenta la "previsión de cargas", en cualquier caso, la selección de los conductores aéreos no será nunca inferior a 4 mm^2 .

En las acometidas aéreas pueden presentarse dos casos diferentes:

- a) Acometida aérea con entrada subterránea en el interior del edificio.
- b) Acometida aérea con entrada aérea en el interior del edificio.

5.4 ALIMENTADORES

Un alimentador, esta compuesto de los conductores de una instalación eléctrica entre el equipo de la acometida y el dispositivo de protección contra sobrecorriente de un circuito derivado. Artículo 220 y 430 de la NOM.

Calibre de los conductores alimentadores. Los conductores alimentadores no deberán ser de calibre mas delgado que el que corresponda, de acuerdo a la carga por servir y deberán cumplir con la fracción siguiente:

- a) Caída de voltaje. La caída de voltaje desde la entrada de servicio hasta el ultimo punto de la canalización, correspondiente a la carga indicada en la tabla, no deberá ser mayor de 4% para cargas de aparatos y motores, y de 3% para cargas de alumbrado.
- b) Calculo de la carga. La carga computada para los conductores alimentadores no deberán ser menor que la suma de todas las cargas de los circuitos derivados abastecidos por dichos conductores, sujeta a las prescripciones siguientes:
Alumbrado y aparatos pequeños, en los casos que se citan se podrá aplicar a la carga computada el factor de demanda que se señala:
 - Casas habitación: 30% al excedente sobre 2500 watts.
 - Edificios de oficinas: 70% al excedente sobre 20000 watts.
 - Escuelas: 50% al excedente sobre 15000 watts.
 - Hospitales: 40% hasta 50,000 watts y 20% al excedente.
 - Hoteles: 50% hasta 20000 watts y 35% al excedente.

Motores. En el caso de los motores, la carga se calculara de acuerdo con las disposiciones correspondientes.

- a) Carga del neutro del circuito alimentador. Cuando haya un neutro en el circuito alimentador, la carga que se considere para el no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga determinada según esta fracción.
- b) Circuitos alimentadores con neutro común. Puede usarse un hilo neutro común para dos o mas circuitos alimentadores multifilares. Cuando se tiene dentro de cubiertas metálicas, todos los conductores de circuitos alimentadores que empleen un hilo neutro común, deberán ir juntos dentro de la misma cubierta.

<i>POTENCIA DE LOS APARATOS</i>	<i>RANGO DE FACTORES DE DEMANDA COMUNES</i>
Motores para bombas, compresoras, elevadores, maquinas herramientas, ventiladores, etc.	26 a 60 %
Motores para operaciones semicontinuas en algunos molinos y plantas de proceso.	50 a 80%
Motores para operaciones continuas, como en maquinas textiles.	70 a 100%
Hornos de arco.	80 a 100%
Hornos de inducción.	80 a 100%
Soldaduras de arco.	30 a 60%
Soldaduras de resistencia.	10 a 40%
Calentadores de resistencia, hornos.	80 a 100%

Tabla 5.5 Factores de demanda típicos.

5.4.1 CALCULO DE LAS COMPONENTES DEL ALIMENTADOR:

El método de calculo de las componentes del alimentador, es de hecho el mismo que el usado para calcular las componentes del circuito derivado de un motor.

1. LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE (AMPICIDAD) de los conductores del alimentador se calcula con 1.25 veces la corriente a plena

carga del motor de mayor capacidad mas la suma de las corrientes a plena carga de los motores restantes. Cargas adicionales o bien otros motores se agregan a esta suma en forma directa.

$$IA = 1.25I_{PCM} + \sum I_{PC} \text{ OTROS MOTORES} \text{ I OTRAS CARGAS}$$

2. EL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR para protegerlo contra corto circuito y fallas a tierra, se calcula agregando la suma de las cargas adicionales a la corriente máxima para el dispositivo de protección del motor contra corto circuito o falla a tierra, que se obtiene de la tabla correspondiente, para el motor mayor.

Cuando se consideren cargas adicionales para el futuro, se incluyen en los cálculos para determinar la capacidad apropiada de los alimentadores y los dispositivos de protección.

El circuito alimentador que alimenta la potencia desde el servicio hasta el circuito derivado de un motor, se puede realizar en distintas formas, de hecho el diseñador debe seleccionar el arreglo que sea mas fácilmente realizable evaluando algunas consideraciones como el costo, voltaje de alimentación, disponibilidad de espacio, forma de control de los motores etc.

5.5 CIRCUITOS DERIVADOS

Un circuito derivado se define como el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hacia las salidas de las cargas. Artículos 210 y 430 de la NOM

El concepto elemental de circuito Derivado y Alimentador se muestra brevemente por medio de un diagrama a bloques como el siguiente:

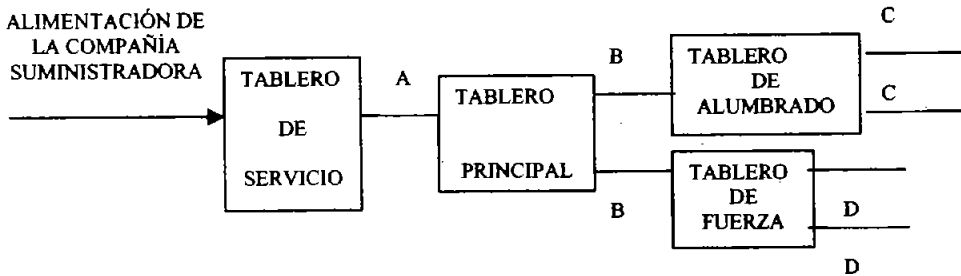


Fig. 5.10 Concepto elemental de circuito derivado y alimentador,

De la figura anterior:

- A. Representa a los conductores que llevan la potencia de la compañía suministradora al tablero principal.
- B. Representa los conductores que alimentan a los circuitos de alumbrado y fuerza del tablero principal.
- C. Son los “Circuitos Derivados” del tablero de alumbrado a las cargas de alumbrado.
- D. Son los “Circuitos Derivados” del tablero de fuerza a las cargas de fuerza.

CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplican en circuitos que abastezcan cargas de alumbrado, o de aparatos domésticos o comerciales o a combinaciones de dichas cargas. También cuando se conectan motores, u otras cargas especiales en instalaciones de utilización de Baja Tensión.

CLASIFICACIÓN

Los Circuitos Derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad de ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente, el cual determina la capacidad nominal del circuito, aunque por razones ya mencionadas se usaran conductores de mayor capacidad.

Los circuitos derivados para cargas diversas indefinidas se clasifican como de 15, 20, 30 y 50 amperes. Cuando la carga por conectarse sea conocida, podrán usarse circuitos de

capacidad a esa carga. Las cargas individuales mayores de 50 amperes deberán alimentarse por circuitos derivados individuales. *Circuito derivado individual*, es aquel que alimenta a un solo equipo de utilización como un aparato o un motor, que por su tamaño requerirá de alimentación individual.

CIRCUITOS DERIVADOS MULTIFILARES

Se entiende por circuito Multifilar el compuesto por dos o mas conductores a diferente potencial entre si y de un conductor que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los otros conductores.

TENSIÓN MÁXIMA DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos derivados que abastezcan portalámparas, aparatos o contactos de capacidad normal de 15 amperes o menos, no deberán de exceder de 150 volts a tierra, con las excepciones siguientes:

- a) En establecimientos industriales el voltaje puede ser hasta de 300 volts a tierra, para circuitos derivados que abastezcan únicamente unidades de alumbrado que estén colocadas a mas de 2.40 metros de altura sobre el piso y que no tengan interruptores como parte integrante de las unidades.
- b) En sistemas ferroviarios.
- c) Para calefacción industrial infrarroja.

CARGA MÁXIMA Y USO DE CIRCUITOS DERIVADOS

La corriente máxima que demanda la carga total conectada, no debe ser mayor que la capacidad nominal del propio circuito.

Para calcular la carga de equipos de iluminación que utilicen balastra, transformadores o autotransformadores, se debe considerar la corriente total que demanden dichos equipos y no solo la potencia de las lámparas de los mismos. Con relación al uso de los circuitos derivados se puede mencionar lo siguiente:

- a) Los circuitos derivados de 15 y 20 amperes se pueden usar en cualquier tipo de local para alimentar unidades de alumbrado o aparatos portátiles o fijos, o bien para alimentar una combinación de estas cargas.
- b) Los circuitos derivados de 30 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación o aparatos portátiles o fijos en cualquier tipo de local. Los portalámparas que se conecten a estos circuitos derivados deben ser del tipo pesado.
- c) Los circuitos derivados de 40 y 50 amperes se pueden usar para alimentar unidades de alumbrado fijas en locales que no sean casas habitación. Se deben usar portalámparas del tipo pesado.
- d) Los circuitos derivados individuales pueden alimentar cualquier tipo de carga en cualquier tipo de local y las cargas individuales mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

CIRCUITOS DERIVADOS PARA DISTINTAS CLASES DE CARGAS

Se recomienda que se instalen circuitos derivados separados para las cargas siguientes:

- a) Alumbrado y aparatos pequeños como: relojes, radios, etc.
- b) Aparatos de mas de 3 amperes como: planchas, parrillas, refrigeradores etc.

Con relación a las cargas eléctricas para instalaciones eléctricas se dan las siguientes definiciones:

- *Carga eléctrica.* Es la potencia que demanda en un momento dado un aparato o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico; se debe señalar que la carga, dependiendo del tipo de servicio, puede variar con el tiempo.
- *Carga conectada.* Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y maquinas que consumen energía eléctrica y que están conectados a un circuito o un sistema.

- *Carga continua.* Es la carga cuyo máximo valor de corriente, se espera que se conserve durante tres horas o más.

CALCULO DE LA CARGA

Para determinar la capacidad que deben tener los circuitos derivados se consideran las cargas por conectarse, con los mínimos siguientes:

- A) Alumbrado y aparatos pequeños.** Por cada metro del área del piso, una carga no menor que la indicada en la tabla siguiente según la Nom:

Tabla 5.6: Tabla 220-3(b) Cargas de alumbrado general por uso de edificio

Uso de edificio	Carga unitaria(VA/m ²)
Almacenes	2,5
Bancos	35**
Casas de huéspedes	15
Clubes	20
Colegios	30
Cuarteles y auditorios	10
Edificios de oficinas	35**
Edificios industriales y comerciales	20
Estacionamientos públicos	5
Hospitales	20
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina*	20
Iglesias	10
Juzgados	20
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Unidades de vivienda*	30

*Todos los contactos para aparatos menores de 3 amperes para estos casos, (sin disposiciones para el uso de aparatos eléctricos para cocinas) pueden considerarse como salidas para alumbrado general y no es necesario incluir carga adicional alguna para ellos.

Al determinar la carga sobre la base de Watts/m^2 , el área del piso deberá calcularse con la superficie cubierta del edificio, apartamento o local de que se trate, y el número de pisos, sin incluir pórticos, garajes anexos a casas habitación ni otros lugares donde no se necesite normalmente alumbrado.

El valor de 20 Watts/m^2 como en el caso de las casas para habitación, se basa en condiciones medias de carga y para factor de protección del 100%, por lo que pueden existir casos en que este valor pueda ser excedido y en los que habrá que dimensionar la instalación para que opere en forma segura y eficiente usando conductores de mayor capacidad de conducción de corriente.

En aquellos casos en que se usen lámparas fluorescentes para alumbrado, es necesario que estas se compren del llamado alto factor de potencia a fin de evitar conductores de mayor sección.

La llamada *carga continua*, que es un valor de carga cuyo valor máximo de corriente se espera que permanezca durante 3 o 4 horas y que esta alimentada por un circuito derivado, como ya se menciono anteriormente no debe exceder al 80% de la capacidad de conducción, con las siguientes excepciones:

1. En donde la instalación, incluyendo al dispositivo de protección contra sobrecorriente ha sido diseñada para operar al 100% de su capacidad, la carga continua del circuito debe ser igual a la capacidad e conducción de corriente de los conductores.
2. En donde los circuitos sirven para alimentar cargas especificas en particular y los conductores operan a su capacidad de conducción de corriente para la máxima demanda.

- B) *Aparatos de mas de 3 amperes.* Por cada contacto destinado a conectar aparatos de mas de 3 amperes, se considera una carga no menor de amperes. Cuando en un mismo cuarto se instalen varios contactos que no se usen simultáneamente, se podrá calcular una carga no menor de 5 amperes por cada tres contactos.
- C) *Hilo neutro.* Cuando haya hilo neutro en el circuito derivado, la carga que se considera para el neutro no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga en el circuito.

CONDUCTORES DE CIRCUITOS DERIVADOS

Los conductores de los circuitos derivados se sujetaran a lo siguiente:

- a) *Capacidad de conducción.* Serán de calibre suficiente para conducir la corriente del circuito derivado y deberán cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.
- b) *Sección mínima.* La sección de los conductores no deberá ser menor que la correspondiente al calibre numero 14, para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del numero 12 para circuitos que alimenten aparatos de mas de 3 amperes.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos y que se usen para conectarlos a las salidas de los circuitos derivados pueden ser de menor sección, siempre que su corriente permitida sea suficiente para la carga de las unidades o aparatos y que no sean de calibre mas delgado que:

- Numero 18 cuando se conecten a circuitos derivados de 15 amperes.
- Numero 16 cuando se conecten a circuitos derivados de 20 amperes.
- Numero 14 cuando se conecten a circuitos de 30 amperes.
- Numero 12 cuando se conecten a circuitos de 50 amperes.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

Cada conductor no conectado a tierra de un circuito derivado deberá protegerse contra sobrecorrientes excesivas por medio de dispositivos de protección contra sobrecorriente. La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando si lo sean, deberá ser como sigue:

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.
- b) Si el circuito abastece únicamente a un solo aparato con capacidad de 10 amperes o mas, la capacidad o ajuste del dispositivo contra sobrecorriente no deberá exceder del 150% de la capacidad del aparato.

Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

SALIDAS

La "SALIDA" en una instalación eléctrica de utilización es la caja de conexiones de la cual se toma la alimentación para una o varias cargas eléctricas determinadas tales como las de luminarias, motores, contactos, etc. Los dispositivos de salida son normalmente los portalámparas y contactos y deben tener una capacidad no menor que la de la carga que alimenten y además cumplir con lo siguiente:

1. **Portalámparas.** Se recomienda que los portalámparas que se conecten a circuitos derivados de mas de 20 amperes sean del tipo de servicio pesado. Se considera un portalámparas de servicio pesado a los que tienen una capacidad mayor de 60 watts.
2. **Contactos.** Se recomienda que un contacto único conectado a un circuito derivado individual tenga una capacidad nominal no menor que la del circuito derivado. Los contactos que estén conectados a circuitos derivados con dos o mas salidas pueden tener una capacidad nominal igual a la del circuito derivado, pero no mayor.

CALCULO DE LA CARGA EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos derivados para propósitos generales se instalan en la mayoría de los casos para alimentar salidas de alumbrado y contactos para cargas pequeñas de distintas aplicaciones y equipos de oficina. Cuando los circuitos de alumbrado están separados de los circuitos que alimentan contactos, las normas indican reglas de diseño para cada tipo de circuito derivado.

Reglas aplicables. La carga de alumbrado que se debe usar en los cálculos de circuitos derivados para determinar el numero necesario de circuito debe ser mayor que los valores obtenidos usando:

- a) La carga actual.
- b) Una carga mínima en Watts/m² como se menciona anteriormente.
- c) En el caso general la carga de alumbrado en circuitos derivados debe considerarse igual al 100% de la carga conectada al circuito.
- d) Cargas diversas. Para aparato diversos y otras cargas definidas no incluidas en la carga de alumbrado a que se refieren los incisos b y c, se pueden indicar como mínimo las cargas por salida que se indican a continuación:
 1. Salidas para aparatos fijos y otras cargas definidas que no sean motores: 100% de la potencia nominal que se trate.
 2. Otras salidas, para contactos no considerados en la carga de alumbrado: 180 watts como mínimo.
 3. En alumbrado de aparatos comerciales, se puede considerar una carga de 660 watts por metro lineal de aparador, medidos horizontalmente a lo largo de su base.

En todos los casos se deben respetar las cargas máximas permisibles ya que los alimentadores están limitados a la potencia que pueden suministrar a una carga a su

corriente nominal y voltaje especificado. Por ejemplo, un alimentador de 127 volts y 15 amperes puede alimentar una carga máxima de:

$$127 \times 15 = 1905 \text{ watts}$$

5.5.1 CIRCUITOS DERIVADOS PARA ALUMBRADO

Las normas técnicas permiten únicamente 15 o 20 amperes por circuito derivado para alimentar unidades de alumbrado (lámparas o luminarias). Los circuitos derivados e mas de 20 amperes se permiten para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de servicio pesado que son casos especiales de las casas habitación.

En ciertos casos se requiere determinar el numero de circuitos derivados necesarios para alimentar una carga dada. El numero de circuitos derivados que queda determinado por la carga es:

$$\text{Numero de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad del circuito (amperes)} \times \text{Voltaje del circuito (volts)}}$$

EJEMPLO

Calcular el numero de circuitos derivados de 15 amperes para alimentar una carga de alumbrado de 8000 watts a 127 volts.

SOLUCIÓN

Como a 15 amperes y 127 volts la capacidad por circuito derivado es de 1905 watts, el numero de circuitos es:

$$\frac{8000}{1905} = 4.205 \text{ circuito}$$

5.5.2 CIRCUITOS DERIVADOS PARA CONTACTOS

A continuación se indican las reglas establecidas para el uso de circuitos derivados que alimentan a contactos. Para los contactos de propósito general se especifica una carga de 180 watts por cada contacto sencillo o múltiple; cuando la carga es continua los valores calculados se deben incrementar 25%, con esto se asegura que no exceda al 80% de la capacidad del circuito. Entonces:

$$\frac{\text{Numero de contactos} \times 180 \text{ watts}}{\text{Capacidad del circuito (amperes)} \times \text{Voltaje del circuito (volts)}} = \text{Numero de circuitos}$$

5.5.3 CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES

Los interruptores y desconectores con fusible son como ya se ha mencionado destinados para la protección de conductores, aparatos de control de motores y circuitos de motores contra condiciones de falla a tierra y corto circuito. Los interruptores, no son seleccionados de acuerdo a su potencia, debido a su alta habilidad interruptiva.

Con sobrecargas en el motor, el dispositivo de protección contra sobrecorriente del motor deberá abrir el circuito antes de que el dispositivo de protección del circuito derivado, cuando este sea correctamente aplicado.

Las elevadas corrientes del valor de rotor bloqueado deberán ser interrumpidas por el dispositivo, protegiendo al circuito de esas pesadas corrientes de falla. La protección del circuito derivado no deberá operar bajo condiciones normales de arranque del motor.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito deben aplicarse para brindar protección contra sobrecorriente del motor y también reunir los requisitos del artículo 430 de la NOM, estas aplicaciones deben llevarse a cabo con los interruptores destinados para la protección de circuitos de motores.

El cálculo para motores eléctricos, por lo general no se relaciona con la selección de los motores mismos. Los fabricantes de equipo motorizado (por ejemplo aire acondicionado, compresores, transportadores, ventiladores, etc.) especifican los tipos de motores y controles asociados que se requieren para una aplicación dada. Como medida general para

la selección de los motores eléctricos se deben tomar en consideración los siguientes factores:

- Potencia en la entrada o salida, expresada en HP o kilowatts.
- Características de la carga por accionar.
- Velocidad nominal en RPM.
- Tamaño de la carcasa.
- Clasificación por velocidades.
- Efecto del ciclo de trabajo.
- Temperatura ambiente.
- Elevación de temperatura en la maquina.
- Voltaje nominal.
- Tipo de carcasa y condiciones ambientales.
- Requerimientos de mantenimiento y accesibilidad.
- Frecuencia del sistema del cual se va a alimentar.
- Numero de fases.

POTENCIA A LA SALIDA. También designada como potencia en la flecha, debe de ser la suficiente para accionar la carga que estará conectada a su eje. Este factor se complica con el hecho de que un motor debe soportar por periodos breves sobrecargas.

Otra condición puede ser que el ciclo de trabajo sea tal que la mayor parte del tiempo opere el motor con cargas bajas, entonces la potencia se debe seleccionar para la consideración de carga a la que el motor opere la mayor parte del tiempo, si se considera que a menor carga el motor es menos eficiente. Si la carga puede requerir mayor potencia en forma continua pueden tener otras características que dependen del tipo particular de la carga por accionar. Si en cambio se tiene una carga que requiere de variación de velocidad dentro de un rango amplio se puede pensar en otra solución, y lo mismo ocurrirá, si la velocidad es prácticamente constante. A este respecto, lo que se pretende

hacer notar es que existe una amplia gama de motores eléctricos para distintas aplicaciones.

VELOCIDAD NOMINAL. La velocidad de un motor en RPM esta dada para sus condiciones normales de operación, ya que un motor eléctrico se le puede requerir para operar a cualquier velocidad desde el reposo hasta su velocidad nominal o bien periódicamente operar con velocidades que varíen dentro de cierto rango, esto hace que la solución se pueda dar con distintos tipos de motores y elementos de control, por lo que constituye también un factor a considerar en su selección.

TAMAÑO DE LA CARCAZA. Este se encuentra normalizado por la asociación de fabricantes eléctricos de los Estados Unidos (NEMA) y esta clasificación ha sido adoptada por la mayoría de los países que están dentro de su área de influencia comercial. Esta normalización se puede resumir como una serie de diámetros de carcasa asociados a ciertas longitudes de las mismas, y relacionados con la temperatura de operación y aspectos particulares, dándose una designación comercial a cada tipo.

CLASIFICACION POR VELOCIDAD. Esta es también reconocida por los fabricantes de motores eléctricos (NEMA) que se agrupa como sigue:

- *Motores de velocidad constante.* Que tiene una variación máxima del 20% de vacío a plena carga; dentro de esta categoría se encuentra la mayoría de los motores de inducción.
- *Motores de velocidad variable.* El cambio de vacío a plena carga en la velocidad es mucho mayor del 20%; la mayoría de estos motores son los conocidos como del tipo universal.
- *Motores de velocidad ajustable.* Estos motores son los llamados de inducción con motor devanado.

- *Motores de velocidad ajustable-variable.* Son motores de inducción de rotor devanado con medios externos de control como por ejemplo resistencias en el rotor.
- *Motores de multivelocidad.*
- *Motores reversibles.*
- *Motores no reversibles.*

EFFECTO DEL CICLO DE TRABAJO. Este afecta en forma considerable el ciclo de operación de los motores, ya que este puede ser continuo o alternativo, con carga aplicada en forma directa al eje o a través de mecanismos como poleas o cajas de engranes reductores de velocidad, el par del motor varía y puede hacer variar el voltaje de alimentación.

TEMPERATURA AMBIENTE. Los motores de inducción pueden ser usados en ambientes poco comunes, como por ejemplo cercanos a hornos o equipos que operan con altas temperaturas, o bien sumergidos como es el caso de los motores de bombas para pozo profundo. En ambos casos la elevación de temperatura es distinta, y en consecuencia se requiere distinto tipo de motor a distinta aplicación.

VOLTAJE Y CORRIENTE NOMINAL. Dependiendo del voltaje y corriente nominal, que son función de la potencia del motor, se requieren distintas características en la fuente de alimentación.

TIPO DE CARCAZA. El tipo de carcasa se selecciona según las condiciones de operación sean consideradas como normales o especiales, por ejemplo, sumergido en agua, a prueba de goteo, a prueba de polvo, en ambiente explosivo, etc.

TAMAÑOS COMUNES DE MOTORES. Los tamaños de motores se encuentran disponibles para los rangos de voltajes estándar de alimentación de corriente alterna, en México es a 60 Hz. Los factores como son la eficiencia y costo, se consideran de manera que en la practica general los tamaños de los motores están siempre limitados:

- Para alimentación monofásica a 127 volts el limite máximo practico es de 2 HP.
- Para alimentación trifásica a 220 Volts el limite es de 200 HP.
- Para voltajes mayores es conveniente consultar los catálogos de fabricantes.

EL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR EN GENERAL

El diagrama general para el circuito derivado de los motores se muestra a continuación:

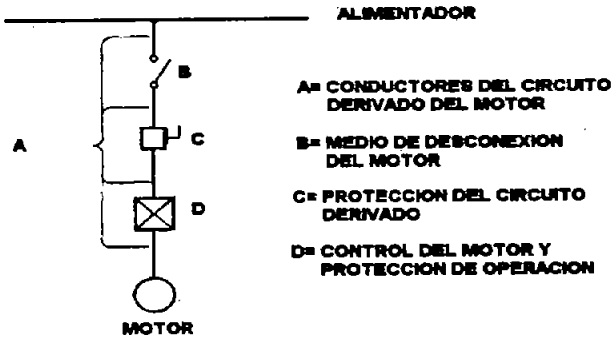


Fig. 5.11 Diagrama general para el circuito derivado de los motores.

Basándose en el diagrama general anterior, por cada circuito alimentador de un motor se requiere lo siguiente:

Una fuente de alimentación (alimentador), un medio de desconexión de la fuente, el alambrado a los circuitos derivados y su protección, un elemento controlador para arrancar y parar el motor, que se requiere adicionalmente a la protección del circuito derivado.

Como se sabe los motores fraccionarios y pequeños se arrancan directamente de la línea, pero los motores grandes, de algunos cientos y hasta miles de HP requieren arranque indirecto de la línea y en consecuencia elementos de control mas o menos complejos.

En general, los motores que se arrancan directamente de la línea tienen una corriente de arranque relativamente alta para algunos motores esta corriente alcanza hasta 8 veces el valor de la corriente nominal (a plena carga), este valor se presenta cuando el motor parte de reposo hasta alcanzar su velocidad nominal, en este punto decae el valor de corriente nominal.

Se requieren dos tipos de protección contra sobrecarga. Si el dispositivo de protección contra sobrecarga del circuito derivado, es fusible o interruptor termomagnético, son suficientemente grandes y permiten el paso de las corrientes de arranque y por lo tanto pueden ser demasiado grandes y permitir que el motor se sobrecargue.

Para proteger al motor mismo, se requiere que se separe la protección contra sobrecorriente, de aquí se observa que se requieren los dos tipos de protección contra sobrecarga, el del alimentador y el del motor.

PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO DEL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR

El diagrama general para el circuito derivado de motores, muestra al elemento C que constituye al elemento de protección contra sobrecorriente, que proporciona protección contra sobrecorriente por corto circuito, fallas a tierra o bien sobrecargas súbitas. Este dispositivo de protección, esencialmente protege al alumbrado del circuito derivado, es decir básicamente una protección contra corto circuito.

Por lo general, se usan fusibles o bien interruptores termomagnéticos instantáneos para interrumpir corrientes de falla a grandes corrientes de sobrecarga, de manera que si la corriente de arranque está dentro de su rango normal y no persiste, la protección del circuito derivado del motor permanece cerrada.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA EN EL MOTOR.

Cuando el motor se encuentra operando y la carga mecánica que acciona que esta acoplada a su eje se incrementa o es excesiva, la corriente que demanda el motor también es excesiva.

En el diagrama de componentes del circuito derivado de un motor aparece un segundo elemento de protección en operación del motor junto con el control del motor D, a esta protección se le conoce como protección de sobrecarga o sobrecorriete.

La corriente excesiva que demanda el motor hace actuar al dispositivo de protección accionado térmicamente (elemento térmico) que interrumpe el circuito en forma directa en motores pequeños o de potencia media.

CORRIENTES DE ARRANQUE.

Los motores de gran potencia demandan de la línea de alimentación valores de corriente de arranque elevados, estos además de afectar el alumbrado (bajo voltaje) en el área donde se encuentran instalados, producen disturbios en el voltaje que afectan al equipo eléctrico de otros usuarios e inclusive sus propios aparatos eléctricos.

Debido a lo anterior, se deben limitar tales corrientes de arranque y es así, que los motores grandes se arrancan por medio de un autotransformador, o bien resistencias o reactores, que reducen el voltaje de arranque del transformador.

EL CALCULO DE LOS COMPONENTES PARA EL CIRCUITO DERIVADO DE UN MOTOR.

Cuando se alimenta a un motor e forma individual, la capacidad de conducción de corriente (ampicidad) de los conductores del circuito derivado debe ser al menos 125% de la corriente a plena carga o nominal del motor.

EJEMPLOS

1. En la instalación eléctrica de un motor de inducción se usan conductores THW. Calcular el calibre del conductor requerido para el alimentador de 3 HP si se alimenta a 220 Volts.

SOLUCION

Para un motor trifásico jaula de ardilla con par de arranque normal, la corriente a plena carga a 220 volts y 3 HP es de 10 amperes, el conductor se calcula para:

$$I = 1.25 \quad I_N = 1.25 \times 10 = 12.5 \text{ A}$$

Consultando la tabla de capacidad de corriente para conductores, se determina que requiere conductor del No. 14, sin embargo el mínimo permisible es del No. 12.

Cuando se alimenta mas de un motor, la capacidad de corriente del conductor es la suma de 1.25 veces la corriente a plena carga del motor mayor mas la suma de las corrientes a plena carga del resto de los motores.

$$I_{TCP} = 1.25I_{MPC} + \sum I_{MPC}$$

Donde:

I_{TCP} = Corriente total a plena carga en amperes.

I_{MPC} = Corriente a plena carga del motor mayor en amperes.

I_{MPC} = Corriente a plena carga de otros motores en amperes.

2. Calcular el calibre del conductor THW requerido, si al motor de 3 HP 220 volts, trifásicos del ejemplo anterior, se le agregan a su circuito derivado otro motor trifásico, similar de 2 HP.

SOLUCION

El motor mas grande de los dos es el de 3 HP, que como se determino su corriente a plena carga es de 10 amperes. Para el motor de 2 Hp la corriente a plena carga es de 7.1 amperes, por lo tanto la corriente total es:

$$\begin{aligned} I_{TCP} &= 1.25I_{MPC} + \Sigma I_{MPC} \\ &= 1.25 \times 10 + 7.1 \\ &= 19.6 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Consultando la tabla de conductores THW se observa que se requiere conductor No. 12 AWG.

MEDIOS DE DESCONEXION DEL CIRCUITO DERIVADO DEL MOTOR

Los medios de desconexión del circuito derivado del motor, están localizados lo mas cerca posible a la alimentación (elemento B del diagrama general) y por lo tanto son capaces de desconectar al motor y controlador del alimentador así como al alambrado del propio circuito derivado.

Cuando se usan desconectores de navajas (Switch), se hace con fusibles por lo general, de otra forma se usan interruptores, termomagnéticos (circuito derivado un medio de desconexión y protección)

Por razones de seguridad el elemento controlador debe de estar siempre a la vista del medio desconectador, es decir que un dispositivo y otro estén siempre a la vista, esto quiere decir que al distancia entre uno y otro no sea mayor de 15 metros.

Adicionalmente se requiere que los medios de desconexión tengan claramente indicadas las posiciones de "abierto" y "cerrado". Cuando los medios de desconexión son

desconectores de navajas, están relacionadas con la potencia en HP del motor, mientras que si usa desconector de navajas o interruptor termomagnético indistintamente, se dimensionan para un 115% de la corriente a plena carga del motor.

Por lo general, cada motor tiene un medio de desconexión individual y solo excepcionalmente se permite el uso de estos dispositivos para grupos.

EL SIGNIFICADO DE LAS LETRAS DE CODIGO EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Las letras de código en los motores eléctricos, representan una medida de la corriente que demandan durante el arranque, o sea lo que se dice a rotor bloqueado, que significa con velocidad inicial cero y son consideradas como un elemento que interviene en la selección de protección del motor.

Es común que las letras de código se expresen en unidades de kilovolts-amperes / caballos de potencia (KVA/HP). En consecuencia, si la potencia de un motor en HP y su letra de código se leen de sus datos de placa, se puede calcular en forma muy sencilla los KVA de arranque y la corriente máxima de arranque. Para un motor trifásico la potencia aparente en VA es:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \quad \text{Donde:}$$

P = Potencia en volts-amperes.

V_L = Voltaje de fase a fase en volts.

I_L = Corriente de línea en amperes.

Para el propósito del calculo de la capacidad o tipo de los dispositivos de protección como sigue:

- Mas de 1 HP.
- 1 HP o menos con arranque manual.
- 1 HP a menos con arranque automático.

EJEMPLO

Calcular para un motor trifásico de inducción de 5 HP, 60 Hz, 220 volts con letra de código H.

- La mínima y máxima corriente de arranque permisible.
- La corriente normal de operación a plena carga.
- La máxima corriente de arranque como una relación de la corriente nominal.

SOLUCIÓN

a) De tablas, para la letra de código H el motor tiene de 6.3 a 7.09 KVA/HP, por lo tanto:

Los KVA mínimos que demanda son: $6.3 \times 5 = 31.5$ KVA

Los KVA máximos que demanda son: $7.09 \times 5 = 35.45$ KVA

Como se trata de un motor trifásico su potencia se expresa como $P = \sqrt{3}V_L I_L$

De donde para el caso de la mínima y máxima corriente de línea:

$$I_{MIN} = \frac{VA_{MIN}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{315KVA}{\sqrt{3} \times 220} = 82664$$

$$I_{MAX} = \frac{VA_{MAX}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{3545KVA}{\sqrt{3} \times 220} = 93034$$

b) La corriente normal de operación a plena carga se obtiene de la tabla para corriente a plena carga de motores de manera que para 5 HP a 220 Volts la corriente es de 15 Amperes.

c) La máxima corriente de arranque como una relación de la corriente nominal es:

$$\frac{I_{MAX}}{I_{NOM}} = \frac{9303}{15} = 6202$$

Es decir, aproximadamente 6.2 veces mayor que la corriente de operación.

5.6 PRUEBAS DE RUTINA EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Parte de la tarea en la protección de las instalaciones eléctricas consiste en probarlas y asegurarse de que todas las conexiones se han hecho correctamente. Si la prueba indica que existen errores en la instalación, deben aplicarse procedimientos para detectarlas con el fin de localizarlas y corregirlas.

Existen muchos instrumentos para facilitar y hacer mas rápidas las pruebas y localización de fallas. Para muchas de las pruebas se pueden usar probadores de voltaje y continuidad sencillos, para hacer pruebas mas completas o descubrir las fallas, es posible usar analizadores de tomas de corriente, medidores del nivel de voltaje, medidores de carátula y señalador, o bien medidores de abrazadera.

La planificación y colocación de la instalación son importantes, pero el trabajo no esta terminado hasta que se tiene la seguridad de que el alambrado de los circuitos instalados esta correcto y es seguro. Las pruebas completas y cuidadosas aseguran que se ha hecho un buen trabajo.

Los procedimientos que se aplican para poner a prueba las instalaciones en obras nuevas y viejas son básicamente los mismo. La primera prueba es una de baja tensión únicamente del alambrado nuevo o agregado, antes de instalar los apagadores, contactos y artefactos. Después de que todos los dispositivos eléctricos están en su lugar, se realiza una segunda prueba de baja tensión. La verificación final es una prueba con toda la energía, después de que se conecta la instalación nueva a la fuente de potencia.

En las obras nuevas, se puede probar la instalación antes de cerrar las paredes y techos. Si se descubren fallas, por lo común se pueden corregir fácil y rápidamente, por que toda la instalación es visible y accesible.

La localización de fallas en las adiciones y modificaciones a obras viejas es mas difícil porque generalmente la instalación esta por lo menos parcialmente oculta. Además, si se han agregado tomas de corriente a un circuito existente, los apagadores, contactos,

artefactos o alambrado de las partes viejas de circuito pueden provocar fallas que aparenten deberse a la obra nueva.

5.6.1 SECUENCIA DE LAS PRUEBAS

La secuencia de la pruebas se divide aproximadamente en dos partes: prueba de baja tensión y pruebas después de que se conecta la potencia de la fuente. Las pruebas de baja tensión permiten verificar el alambrado sin peligro para el personal. Si el alambrado no esta correcto, no se causara daño alguna al cableado o a la estructura.

La prueba de baja tensión es semejante a la de continuidad. Las pruebas de continuidad se llevan a efecto para verificar las conexiones y asegurarse de que no existen roturas en el alambrado. Las pruebas de baja tensión pueden detectar muchos, pero no todos, los errores en el alambrado y fallas en el material. Para quedar completamente seguro de que el alambrado esta bien, deben llevarse a cabo pruebas con la energía completa.

5.6.2 EQUIPOS DE PRUEBA

PROBADORES PARA BAJA TENSIÓN: Las pruebas de baja tensión se pueden realizar con un probador de continuidad o un óhmetro. Los probadores de corriente y los ohmmetros, aun cuando son extremadamente útiles para muchas pruebas, tienen dos desventajas cuando se usan para probar circuitos completos. En los dos dispositivos generalmente se usan una o dos baterías pequeñas (1.5 a 3 volts). Esta bajo voltaje no puede ser suficiente para probar tendidos largos de cable que contengan muchas conexiones. La caída normal de tensión a lo largo de la línea puede producir el mismo resultado en la prueba que un circuito abierto. Además, cuando solo se aplican 1.5 a 3 volts, es posible que no se manifiesten los cortos circuitos que provocaran problemas al aplicar toda la energía.

PROBADORES PARA PLENO VOLTAJE: Las pruebas a pleno voltaje se pueden efectuar con un voltímetro, un amperímetro, o bien con uno de los dispositivos especiales

conocidos como analizadores con un voltímetro se puede efectuar el mismo trabajo que con un analizador, pero lleva mas tiempo. Los amperímetros (sean del tipo conductor de prueba o abrazadera) se usan principalmente para localizar fallas en alambrados especiales (como los circuitos para motores) en los que puede ser necesaria la medición de la intensidad de corriente.

5.6.3 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA A BAJA TENSION

La primera prueba a baja tensión se debe hacer tan pronto como se pueda, después de que se hayan instalado todas la cajas de conexiones y de haber colocado todo el alambrado desde el tablero de servicio hasta el final del tendido en todos los circuitos, pero antes de instalar los apagadores, contactos y artefactos y, por supuesto, antes de conectar las líneas de potencia de la compañía en la entrada de servicio.

PRUEBA DEL ALAMBRADO

El probador de timbre suena cuando existe una trayectoria continua para el paso de la corriente en los conductores de prueba: y deja de sonar cuando no existe esa trayectoria entre los conductores.

Antes de realizar cualquier prueba, es necesario comprobar igualmente todo el alambrado, desde el tablero de servicio hasta cada toma de corriente. Compruébese que se han hecho todas las conexiones permanentes entre los conductores. Los conductores que se conectaran a los contactos y artefactos se deben extraer de las cajas de las tomas de corriente y separar. Téngase cuidado en que los alambres calientes no toquen los de tierra. En todo punto en el que se va a instalar un interruptor, los conductores que se deben conectar a ese apagador se conectaran entre si para temporalmente para los fines de la prueba a baja tensión.

Cuando estén separados todos los alambres de contactos y artefactos y todos los apagadores estén en corto circuito, el alambrado queda en una condición que representa el

circuito final en el que todos los apagadores están en la posición de encendido, pero no se tienen cargas presentes en el circuito.

PRUEBAS PARA EL TABLERO DE SERVICIO

La primera prueba se debe hacer en el tablero de servicio. Colóquense todos los interruptores automáticos en su posición de apagado o quítense todos los fusibles. Conéctese un puente temporal de prueba en las terminales de los alambres activos. Conéctese una de las terminales de del probador de timbre a los alambres activos en corto circuito. Conéctese la otra terminal del probador a la barra de distribución de del neutro.

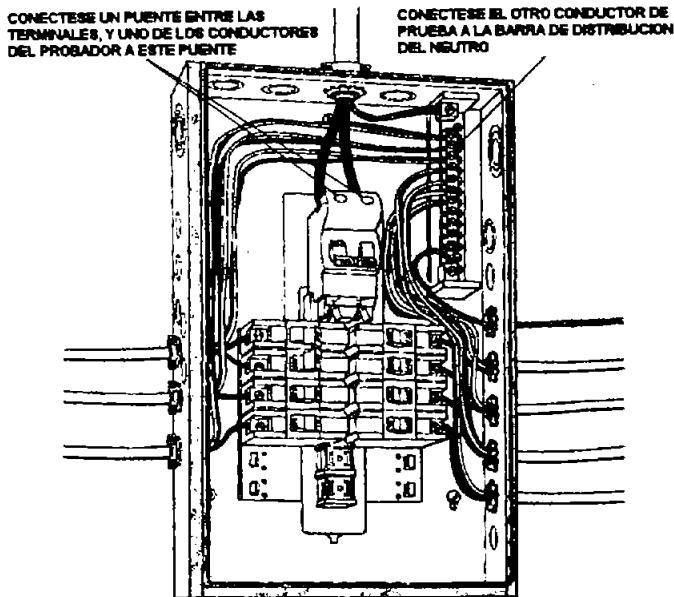


Fig. 5.12 Puntos de conexión del probador en el tablero de servicio.

Esto hace que tengan 12 volts a través de cada alambre activo y la tierra de la energía. En otra palabras, se aplica una baja tensión al tablero de servicio en la misma forma en que la energía de 120 volts se aplicara a la instalación terminada. Sin embargo, el voltaje de

prueba no representa la potencia de 240 volts. Con las barras de distribución de los alambres activos en corto circuito no existe diferencia de potencial a través de las líneas de 240 volts.

El probador no debe de sonar al conectarse entre las barras de distribución de los alambres activos y el neutro. Si suena existe un corto circuito en el alambrado del tablero de servicio. Debido a que todos los interruptores automáticos están en su posición de apagado, o bien, se han quitado todos los fusibles, probablemente una tierra de la energía o un alambre de puesta a tierra esta en contacto con una de las barras calientes. Será necesario hacer una cuidadosa verificación visual para descubrir el problema. Si es necesario ayudarse de alguna manera a fin de localizar el problema, quítese el puente que esta entre las barras de los alambres activos y conéctese el probador precisamente entre una de estas barras y la del neutro. Hágase esta prueba para determinar cual de las barras esta en corto circuito hacia tierra. Si el probador suena, la barra conectada a él es la que esta en corto circuito. Para continuar la prueba del tablero, póngase cada interruptor automático en la posición de encendido, o introdúzcase cada fusible, uno tras otro en orden. Esto conecta sucesivamente cada circuito derivado al probador. El timbre no debe sonar en ningún instante de esta prueba. Si suena existe un corto circuito o un error en el alambrado, en el circuito derivado que se conecto por medio del interruptor o el fusible, al empezar a sonar. Hágase una verificación rápida de las tomas de corriente en el circuito defectuoso, para ver si existe algún problema en las puntas de los conductores que se sacaron de las cajas. Si no se descubre la fuente del corto circuito por medio de esta verificación, vuélvase a verificar todo el alambrado del circuito, desde el tablero de servicio hasta el final del tendido para localizar el problema.

PRUEBA DE CONTINUIDAD PARA LOS CIRCUITOS DERIVADOS

Si todos los circuitos se pueden colocar en la posición de encendido sin indicación de falla, no existe trayectoria de corto circuito en la instalación completa del alambrado. Sin embargo, con esto no se determina la comprobación de bajo voltaje. Será necesario

realizar una prueba adicional para establecer que todo el alambrado del circuito es continuo, de modo que se aplicara la energía a todas las tomas de corriente.

Quítese el puente que esta entre las barras de distribución de los alambres activos. Conéctese uno de los conductores de prueba de la batería directamente a la barra neutra y el otro conductor a una de las barras de los alambres activos.

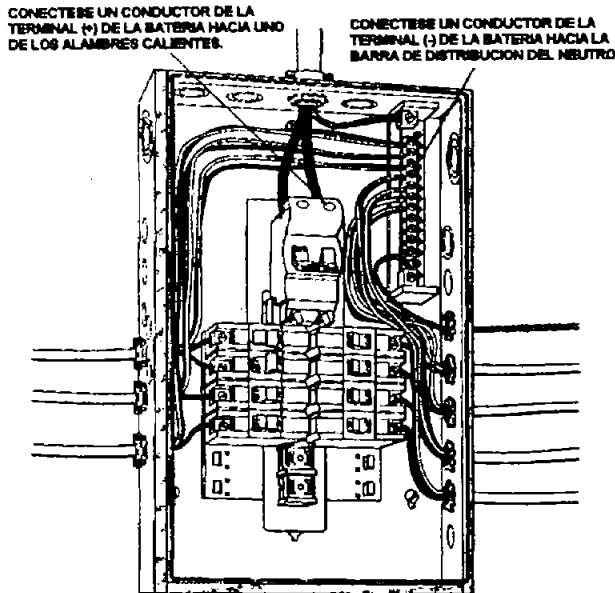


Fig. 5.13 Puntos de conexión para la prueba de baja tensión en un circuito derivado.

Pónganse todos los interruptores automáticos en su posición de encendido, o introdúzcanse todos los fusibles. Esta conexión suministra 12 volts a todos los circuitos conectados a una de las barras de los alambres calientes; también suministra 12 volts a la mitad de cada circuito de 240 volts. La presencia de este voltaje en cada toma de corriente alimentada por la barra indica que el alambrado desde el tablero de servicio hasta esa toma esta correcto.

El procedimiento de prueba consiste en conectar el timbre a los alambres negro y blanco en cada toma de corriente. el timbre debe de sonar en cada toma de corriente. Si el timbre

no suena en algún punto, hágase una rápida verificación visual para descubrir alguna conexión abierta en el alambrado. Si la toma se controla por medio de un apagador, verifíquese que los alambres de ese apagador están conectados. Continúese con la prueba hasta que se hayan examinado todas las tomas correspondientes a esa barra. Con frecuencia, la causa del problema queda indicado por el patrón de los resultados finales. Una vez que se hayan verificado todas las tomas de una de las barras, muévase el conductor de prueba que esta en el tablero de servicio hacia la otra barra y realícese la misma prueba en las tomas de corriente restantes. Los errores de alambrado son la causa mas probable de problemas, téngase cuidado en hacer las conexiones apropiadas, y que estas se hagan con firmeza. Con una verificación visual se podrán descubrir daños en los cables o en el conduit.

PRUEBAS EN LAS ADICIONES O MODIFICACIONES

El alambrado que se agrega a un sistema eléctrico existente se puede probar casi de la misma manera en que el de una obra nueva. Las diferencias en el procedimiento de prueba dependen del tipo de modificación o adición que se haya hecho. Si el trabajo consiste en haber agregado una sola toma de corriente a un circuito a un circuito ya existente, es posible llevar a cabo las pruebas de baja tensión antes de que el cable de energía que va hacia la nueva toma se conecte a la energía de la fuente. Si se agregan uno o mas circuitos derivados completos, también se pueden llevar a cabo las pruebas de baja tensión antes de conectar los circuitos al tablero de servicio.

PRUEBA DEL CIRCUITO COMPLETO

Una vez que se hayan pasado con éxito todas las pruebas del alambrado, es posible continuar con el trabajo en la instalación. Se pueden instalar todos los apagadores, contactos y artefactos. Es buena practica realizar una breve prueba a baja tensión del circuito completo, después de haber instalado los dispositivos. Ahora realícense las

pruebas con los procedimientos anteriormente descritos pero ya en la instalación completamente constituida.

Los artefactos fluorescentes no se pueden probar con una fuente de cc de bajo voltaje, porque su balastro opera solo cuando se le alimenta con ca de 120 volts. Los artefactos fluorescentes se prueban a plena tensión.

5.6.4 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA A PLENO VOLTAJE

Una instalación que ha pasado todas las partes de la prueba de baja tensión, puede probarse con seguridad a pleno voltaje. Sin embargo, téngase presente que se realiza la prueba a pleno voltaje porque la instalación todavía puede contener fallas y errores. Algunos de estos errores (por ejemplo un conductor de puesta a tierra abierto en una toma de corriente) podría dar lugar a un shock eléctrico. Se debe tener cuidado particular al trabajar en instalaciones que no se han probado por completo.

El procedimiento para esta parte de la prueba consiste en pasar en sucesión cada una de las partes del medio de desconexión principal a su posición de encendido, a través de todos los circuitos derivados. En toda esta operación, no debe dispararse ningún interruptor automático (o no debe quemarse fusible alguno). Si ocurre cualquiera de estas indicaciones de un corto circuito, es necesario hallar la causa inmediatamente y corregirla antes de continuar con la prueba a pleno voltaje. Si no se presenta problema alguna durante la conexión de la energía, se puede efectuar la parte siguiente de la prueba. Esta prueba consiste en verificar el voltaje correcto, la polaridad apropiada, y la puesta a tierra en todos y cada uno de los circuitos derivados. Para esta parte de la prueba se puede utilizar un probador de voltaje, un voltímetro de carátula y manecilla, un medidor del nivel del voltaje o un analizador de tomas de corriente.

PRUEBAS PARA LOS RECEPTÁCULOS DE 120 VOLTS.

1. Introdúzcanse los conductores de prueba del voltímetro en las ranuras de contacto.
El voltímetro debe indicar 120 volts.
2. Introdúzcase uno de los conductores de prueba en la ranura angosta y el otro en la
abertura de puesta a tierra que tiene forma de U. El medidor debe indicar 120.
3. Introdúzcase uno de los conductores de prueba en la ranura ancha y el otro en la
abertura de puesta a tierra que tiene forma de U. El medidor debe indicar 0 volts.

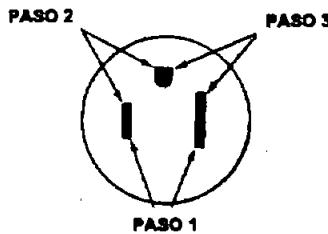


Fig. 5.14 Prueba de los contactos de 120 volts.

Si se obtienen resultados incorrectos, se puede determinar la causa como sigue:

LECTURA DE VOLTAJE EN CADA PASO			FALLA
1	2	3	
120	0	120	Polaridad invertida. las conexiones del alambre activo y del que va a tierra están invertidas en algún punto.
120	0	0	Alambre de tierra abierto.
0	120	0	Tierra de la energía abierta.
0	0	0	Alambre caliente abierto.
0	120	120	Están invertidos el alambre activo y el de tierra.
0	0	120	Comportamiento de la tierra de la energía. alambre activo abierto.

Tabla 5.7 Causas de fallas para los contactos de 120 volts.

PRUEBAS PARA LOS CONTACTOS DE 240 VOLTS

Si existe un error en el alambrado, se pueden medir 240 volts en cualquier paso. Téngase cuidado de que el conmutador de intervalos del voltímetro este colocado en una posición lo suficientemente alta como para medir este voltaje con seguridad.

1. Introdúzcase uno de los conductores de prueba del voltímetro en la ranura del neutro. Introdúzcase el otro conductor de prueba en una de las ranuras de alambre activo. El medidor debe indicar 120 volts.
2. Con uno de los conductores de prueba en la ranura del neutro, introdúzcase el otro conductor en la otra ranura del alambre activo. El medidor debe indicar 120 volts.
3. Introdúzcase uno de los conductores de prueba en una de las ranuras de alambre activo; y el otro en la ranura de alambre activo. El medidor debe marcar 240 volts.
4. Algunos contactos de 240 volts tienen una ranura de puesta a tierra adicional. Para verificar la ranura de este tipo, introdúzcase uno de los conductores de prueba en ella y el otro en cualquiera de las dos de alambre activo. El medidor debe indicar 120 volts.

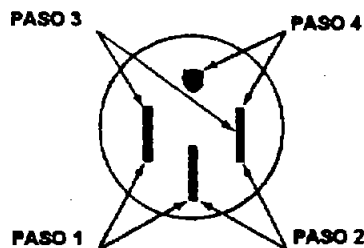


Fig. 5.15 Prueba de los contactos de 240 volts.

Si se obtiene una lectura incorrecta en cualquiera de los pasos, la causa se puede determinar como sigue:

LECTURA DEL VOLTAJE EN CADA PASO				FALLA
1	2	3	4	
120	0	0	120	Alambre activo abierto.
0	120	0	0	Alambre activo abierto.
0	0	240	120	Alambre de tierra abierto.
120	120	240	0	Alambre neutro abierto.
240	120	120	120	Alambre a tierra abierto.
120	240	120	0	Los alambres activos y neutro están invertidos.

Tabla 5.8 Causas de fallas para los contactos de 240 volts.

5.7 LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN LOS CIRCUITOS

De vez en cuando, se presentan problemas que no es posible aclarar por medio de una inspección simple y revisión del alambrado. Estos problemas se localizan de manera mas eficiente por medio de una serie sistemática de pruebas en el circuito.

LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN UN CIRCUITO DERIVADO

El procedimiento básico consiste en dividir el circuito o el alambrado nuevo con tanta frecuencia como sea necesario y volver a probar después de cada división para ver si persiste la falla. Un corto directo haría que el interruptor se dispare o el fusible se queme de inmediato. Pero, una falla difícil de localizar es cuando cada vez que el interruptor se pone en la posición de encendido, se conserva esta posición aproximadamente durante 1 minuto y enseguida se dispara hacia apagado, aquí lo que se esta buscando es una trayectoria que limita la intensidad de la corriente pero permite un flujo mas alto que la capacidad nominal de 15 amperes que corresponde al circuito. Fallas como esta son difíciles de localizar por dos razones. No se puede conectar la energía por un tiempo suficientemente largo como para verificar la tensión y polaridad, la resistencia en la trayectoria de corto circuito puede evitar indicarla como falla en la prueba de baja tensión.

Entonces, el procedimiento mas practico es dividir el circuito en partes y probar cada parte. Conectese una vez mas la energía para ver si persiste la falla. Es posible continuar este procedimiento hasta que se limite la falla a una sola toma o a un tendido corto de alambre. Si se necesita un aislamiento todavía mayor de la fuente del problema, en un area pequeña, se pueden conectar los alambres de la energía y de puesta a tierra uno por uno. Después de conectar cada alambre individual, se conecta la energía. Este procedimiento indicara la trayectoria del corto circuito.

LOCALIZACIÓN DE FALLAS RELATIVAS A TIERRA

También es posible localizar este tipo de fallas aplicando los procedimientos de localización que acaban de describirse. Si la protección contra fallas a tierra para un circuito completo se encuentra en el tablero de servicio, se puede localizar la falla exactamente por medio del procedimientos de división del circuito. Si la protección es solo para una parte de un circuito, si la protección es para una parte de un circuito, existe la posibilidad de simplificar un poco el proceso ya que solo es necesario verificar las tomas que se encuentra hacia debajo de los GFCI.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En resumen, después de haber amalgamado en este trabajo información extraída de la bibliografía relacionada con el tema, de las normas y reglamentos eléctricos en vigor (**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-1999**), además de considerar la información proporcionada por los fabricantes de equipo eléctrico, así como también nuestra aportación personal, podemos concluir lo siguiente:

La energía eléctrica es una energía noble producida para el servicio del hombre, independientemente de la fuente que la produzca es indispensable en el desarrollo de la vida moderna. Sin embargo su aprovechamiento requiere de un sistema de manipulación que contemple equipo de protección para prever y/o actuar en caso de que cualquier anomalía atente contra la instalación o peor aun contra el usuario.

Para una correcta aplicación de un sistema de protección es indispensable conocer el principio de operación y las principales características de los equipos y dispositivos que lo conforman y en base a ello seleccionar el mas conveniente de acuerdo; primero, a los estudios especializados para tal fin, como pueden ser el de corto circuito, sobrecorrientes y aislamiento; y segundo, a los criterios de economía, eficiencia, capacidad, rapidez de operación, confiabilidad, entre otros, usados por el ingeniero.

El análisis de corto circuito constituye una etapa muy importante y necesaria en el diseño de un sistema de protección, pues este estudio permite determinar las características interruptivas de los dispositivos desconectores de protección, además de proporcionar información suficiente para dimensionar el sistema y equipos a utilizar.

CONCLUSIONES

De esta forma es como la selección de equipo de protección adecuado, en este caso hablando de interruptores termomagnéticos (pues estos han logrado gran aceptación gracias a su tipo compacto y por sus cualidades técnicas, físicas, económicas además de su fácil instalación y operación, que no requieren mayor esfuerzo por parte del usuario), es fundamental en la constitución de un sistema de suministro continuo y seguro de energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- EL ABC DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES. Enríquez Harper Gilberto. Editorial Limusa.
- EL ARTE Y LA CIENCIA DE LA PROTECCIÓN POR RELEVADORES. Russell Mason C. Editorial C.E.C.S.A.
- FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS. Foley. Editorial McGraw hill.
- FUNDAMENTOS DE PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS POR RELEVADORES. Enríquez Harper Gilberto. Editorial Limusa.
- INSTALACIONES ELECTRICAS. Spitta Albert F. y Seip Günter G. Editorial Dossat
- INSTALACIONES ELECTRICAS CONCEPTOS BÁSICOS Y DISEÑO. Bratu N. y Campero E. Editorial Alfaomega.
- INSTALACIONES ELECTRICAS EN LOS EDIFICIOS, Serra Florensa Rafael. Editores Técnicos Asociados.
- INSTALACIONES ELECTRICAS 1. Ramírez Vásquez J. Ediciones C.E.A.C.
- LINEAS E INSTALACIONES ELECTRICAS. Luca Marín Carlos. Editorial Alfaomega.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL PRACTICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS DOMESTICAS, DE GRANJAS E INDUSTRIALES. Richter H.P. Editorial Continental.
- MANUALES INVISION ENTRENAMIENTO Y DESARROLLO. General Electric. G.E. Ed. y C.
- PROTECCIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA E INTERRUPTORES. Ravindranath B. Y Chander M. Editorial Limusa.