

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Serie Básica 101



Cutler-Hammer

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Temario

En este módulo, estudiaremos con detalles cada uno de estos temas:

Introducción	6
¿Qué es un Interruptor de Potencia de Baja Tensión?	8
Métodos utilizados para Cerrar o Abrir Circuitos	8
Valores de Operación	8
Construcción/ Mantenimiento	9
Unidades de Disparo	10
Mecanismos de Operación	10
Principios de Operación y Terminología	11
Energía Almacenada	11
Barra Bus	12
Voltaje de Control	12
Interruptor Extraíble	12
Extracción Detrás de la Puerta	14
Extracción a Través de la Puerta	15
Capacidad Nominal de Corriente Continua	15
100% Nominal	15
Capacidad Interruptiva	15
Capacidad de Carga Breve	15
Disparo Libre	16
Sensor de Corriente	16
Repaso 1	17
Consideraciones de Diseño y Funcionales	18
Marco o Chasis	18
Contactos Primarios	19
Extinguidores de Arco	22
Mecanismo de Operación	23
Unidad de Disparo Integral	24
Artículos Accesorios	26
Repaso 2	30
Método de Montaje	32
Interruptor de Circuito Fijo	32
Interruptor de Circuito Removible	32
Estándares Rectores	33
ANSI	35
UL	35
IEC	35
Comentarios finales sobre Estándares	35
Prueba	35
Ayuda al Cliente	37
Factores de Selección Estándares	37
Ejemplo ANSI	38
Ejemplo IEC	40
Ejemplo ANSI y IEC	40

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Factores de Selección Especiales	41
Repaso 3	42
Interruptores de Potencia de Baja Tensión Avanzados	43
Estándares y Pruebas	44
IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)	45
NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico)	46
UL (Underwriters Laboratories Inc.)	46
CSA (Asociación Canadiense de Estándares)	46
ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales)	46
IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)	48
Conclusiones sobre Estándares	49
Prueba de Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión según C37.50	49
Repaso 4	53
Método de Construcción	54
Valores de Operación y Desempeño	55
Repaso 5	61
Técnicas Operativas	62
Abertura y Cierre de Contactos Primarios	63
Ensamble de Contactos Móviles	63
Ensamble de Contactos Estacionarios	63
Brazo Operativo (Enlace)	64
Sistema de Contactos Primarios Magnum DS	64
Mecanismo de Operación	68
Mecanismo de Operación de Magnum DS	70
Cámara de Arqueo (Placas de Ionización)	70
Extinción de Arco en Magnum DS	71
Unidad de Disparo Integral	72
Protección y Coordinación Programable	73
Coordinación de Interruptor	74
Ejemplo de Coordinación de Interruptores	75
Repaso 6	76
Sistemas de Protección	78
Protección de Retardo Largo (L)	80
Protección de Retardo Breve (S)	80
Protección Instantánea (I)	80
Protección de Falla de Conexión a Tierra (G)	80
Combinaciones de Protección contra Sobrecorriente	80
Repaso de Curvas Características	81
Advertencias y Alarmas Anticipadas	81
Diagnósticos y Pruebas del Sistema	82
Monitoreo del Sistema	82
Monitoreo de la Calidad de la Potencia	82
Monitoreo y Manejo de la Energía	82

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Comunicaciones	83
Aplicaciones	83
Interbloqueo Selectivo por Zona	83
Repaso 7	86
Significado de los Valores de la Placa	87
Resumen de los Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión	88
Resumen sobre Estándares y Pruebas	88
Resumen de las Características Generales	89
Resumen de Magnum DS	89
Repaso 8	91
Glosario	92
Respuestas del Repaso 1	95
Respuestas del Repaso 2	95
Respuestas del Repaso 3	95
Respuestas del Repaso 4	96
Respuestas del Repaso 5	96
Respuestas del Repaso 6	96
Respuestas del Repaso 7	96
Respuestas del Repaso 8	96

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Bienvenido

Bienvenido al Módulo 7, que trata de interruptores de potencia de baja tensión.

Figura 1. Versión en Caja Moldeada de Interruptores de Potencia de Baja Tensión



Usted encontrará que los “Interruptores de Potencia de Baja Tensión Avanzados” se refieren a una discusión avanzada del interruptor de potencia de baja tensión. Es una continuación de la discusión de los interruptores de potencia de baja tensión y del Módulo 5, “Fundamentos de los Interruptores”. Se enfoca también a muchos de los mismos temas de manera más detallada. Puesto que el Interruptor de Potencia de Baja Tensión **Magnum DS** de Cutler-Hammer es el producto más avanzado en la industria, será el interruptor de potencia de baja tensión utilizado en la mayoría de los ejemplos.

Como los demás módulos en esta serie, este módulo presente pequeñas secciones de material nuevo seguidas por una serie de preguntas sobre este material. Estudie el material cuidadosamente y conteste después las preguntas sin ver lo que usted acaba de leer. Usted es el mejor juez de su asimilación del material. Repase el material tan frecuentemente como lo considere usted necesario. Lo más importante es establecer una base sólida sobre la cual construir conforme usted pasa de tema en tema y de módulo en módulo.

Nota sobre los Estilos de Fuentes

Los puntos esenciales aparecen en negritas.

Los elementos del Glosario se presentan en cursivas y subrayados la primera vez que aparecen.

Viendo el Glosario

Las versiones impresas tienen el glosario al final del módulo. Usted puede también hojear el Glosario seleccionándolo en el margen izquierdo.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Introducción

Existen interruptores de potencia CD de baja tensión e interruptores de potencia CA de baja tensión. La interrupción de la corriente directa es diferente de la interrupción de la corriente alterna, y en general más difícil en tensiones e intensidades comparables. Muchos interruptores de potencia CA de baja tensión se utilizan en la industria en comparación con el número muy pequeño de dispositivos CD. Por esta razón y debido al hecho que este tema es una introducción a los interruptores de potencia de baja tensión, se contemplarán solamente diseños CA. Sin embargo no se le olvide que los interruptores de potencia CD de baja tensión existen y se utilizan en numerosas aplicaciones especiales, como por ejemplo tránsito rápido.

Los *Interruptores de Circuito* son frecuentemente clasificados a través de ciertas palabras modificadoras tales como potencia de baja tensión. Una potencia CA de baja tensión se considera para aplicaciones de 1000 volts CA y menos. Por razones de comparación entonces, la potencia CA de media tensión se considera para aplicación arriba de 1000 volts CA. En general, sin embargo, los interruptores de potencia de baja tensión se consideran como interruptores de 600 volts aplicados a varios niveles de tensión diferentes, como por ejemplo 240 o 480 volts.

¿Esto le parece confuso? Vamos a tratar de aclarar un poco este punto viendo rápidamente al por qué un interruptor de potencia de baja tensión puede ser utilizado junto con cierta información de antecedentes.

¿Por qué utilizar un interruptor de potencia de baja tensión y no otro tipo de interruptor de baja tensión? En la mayoría de los casos, la determinación se efectúa a través de la aplicación específica. Vamos a considerar un número de razones más sólidas por las cuales un interruptor de potencia de baja tensión es idealmente adecuado para ciertas aplicaciones. Guarde estas razones en mente conforme usted avanza en este módulo. Usted aprenderá las características y requerimientos que soportan y explican adicionalmente las razones siguientes para aplicar interruptores de potencia de baja tensión:

- **Continuidad de Servicio** - La continuidad de servicio permite el mayor tiempo de funcionamiento normal y el menor tiempo muerto de equipo. Un interruptor de potencia de baja tensión tiene una *Capacidad de Carga Breve* (también: "capacidad de carga no disruptiva") importante. Esto significa que el interruptor de potencia de baja tensión tiene la resistencia para soportar los esfuerzos de una falla durante hasta 1/2 segundo o 30 ciclos, en vez de abrirse inmediatamente. Esta capacidad de retardar la apertura permite que un interruptor más cercano a la falla corrija la falla. Esto ayuda a evitar la suspensión del suministro a instalaciones o bien cierres generalizados de equipo en instalaciones.
- **Mantenimiento** - Un interruptor de potencia de baja tensión está diseñado para recibir mantenimiento en el campo. Esto extiende la vida útil del interruptor. Especialmente en el caso de aplicaciones pesadas repetitivas, el mantenimiento del interruptor es una característica importante. Los interruptores de potencia de baja tensión permiten la inspección y el reemplazo de partes en el sitio.
- **Seguridad** - Los interruptores de potencia de baja tensión son probados como dispositivos removibles en un compartimiento. Como tales, se proporcionan cuatro posiciones distintas del interruptor con relación a su compartimiento para una mayor seguridad del operador. Las cuatro posiciones del interruptor removible permiten las siguientes funciones diferentes:
Posición de Conexión: El interruptor está totalmente conectado y funcional.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Posición de Prueba: Las conexiones primarias del interruptor están desconectadas. Las conexiones secundarias no están desconectadas y la prueba puede efectuarse con seguridad puesto que el interruptor no está alimentado. Esto no es posible con un interruptor montado de manera permanente.

Posición de Desconexión: No se establecen ni las conexiones primarias ni las conexiones secundarias del circuito. Esta posición se utiliza frecuentemente para almacenar el interruptor en su compartimiento.

Posición Removida: En esta posición, el interruptor no tiene conexiones eléctricas. Se encuentra suficientemente lejos de su compartimiento, habitualmente en algún tipo de riel de extensión integrado para permitir la inspección y mantenimiento sin apagar el suministro de energía a un ensamble entero de equipos.

Confiabilidad - Los interruptores de potencia de baja tensión son probados y deben cumplir con altos de resistencia a la fatiga tanto eléctricos como mecánicos. La resistencia a la fatiga eléctrica es el número de operaciones en una corriente continua nominal y a una tensión de sistema máxima. La resistencia a la fatiga mecánica es el número de operaciones sin tensión aplicada.

Operación a Distancia y Cierre - Los interruptores de potencia de baja tensión son diseñados para operación a distancia. Tienen mecanismos de Energía Almacenada en dos etapas que permiten el cierre rápido de los interruptores después de una falla. El mecanismo de energía almacenada en dos etapas hace posible varias operaciones de carga-cierre, así como la secuencia de operación: carga-cierre-recarga-apertura-cierre-apertura.

La costumbre ha llevado a la utilización de expresiones tales como **interruptores de potencia de baja tensión, interruptores de marco metálico de baja tensión, interruptor de aire de baja tensión, e interruptor de potencia de 600 volts**. Aún cuando estos interruptores están dentro de la clasificación de 1000 volts y menos, las aplicaciones reales son habitualmente de 600 volts y menos, de ahí la referencia a 600 volts. En general, dicho dispositivo debe ser construido y probado de conformidad con un grupo muy específico de estándares, como por ejemplo los estándares ANSI. Un **interruptor de potencia de baja tensión** es un dispositivo con una Capacidad Interruptiva y una capacidad de carga breve, en donde la capacidad de carga breve consiste de dos componentes:

- Intensidad de Retardo Breve (expresada en kA)
- Tiempo de Retardo Breve (expresado en ciclos)

Es la característica diferenciadora primaria entre un interruptor de potencia y un interruptor en caja moldeada. La importancia de esta diferencia se comentará varias veces más adelante en este módulo.

Durante muchos años, los interruptores de potencia de baja tensión eran esencialmente un conjunto de partes en un marco metálico soldado, **de ahí la expresión interruptor de marco metálico**. La distinción entre un interruptor de baja tensión y otro era bastante sencilla. Si se trataba de un interruptor de marco metálico, era probablemente un interruptor de potencia. Si las partes del interruptor estaban encerradas a través de un material aislante, se conocía como interruptor de caja moldeada (Figura 2).

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 2. Interruptor de Potencia de Baja Tensión en Marco Metálico

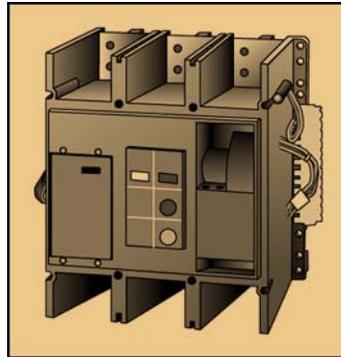


Ciertos interruptores de baja tensión híbridos fueron desarrollados después y fueron bastante exitosos en ciertos mercados. Estos interruptores tenían sus partes encerradas en un material aislante, de manera parecida a un interruptor en caja moldeada. Desde una perspectiva de desempeño, sin embargo, funcionaban más como interruptores de potencia. Presentaban varios de los atributos físicos del interruptor de potencia, pero nunca pudieron lograr las capacidades de carga breve de un interruptor de potencia ni pasar todos los estándares de prueba de interruptores de potencia.

Este tipo de interruptor, aún cuando no se probaron de conformidad con todos los estándares de un interruptor de potencia, encontraron su nicho de aplicación similar a los interruptores de potencia tradicionales. **Este diseño se conoció como un interruptor de caja aislada de baja tensión** (Figura 3).

En aquel entonces, la línea entre el material de marco para identificar el tipo de interruptor se volvió borrosa. Sin embargo, **la característica diferenciadora sigue siendo la capacidad del dispositivo de cumplir con estándares de prueba de interruptores de potencia, no el tipo de construcción de marco.**

Figura 3. Interruptores en Caja Aislada de Baja Tensión



¿Qué es un Interruptor de Potencia de Baja Tensión?

Como muchos otros términos en la industria, la designación interruptor de potencia de baja tensión puede ser confusa a veces. Por ahora vamos a considerar que el conjunto de estándares que cumple un interruptor determina si el interruptor puede ser clasificado como interruptor de potencia de baja tensión. Los estándares aplicables se comentarán más adelante en este módulo.

Como usted puede imaginarlo, existe una amplia gama de interruptores de potencia de baja tensión disponibles hoy en día en el mercado. No vamos a concentrarnos en como se llaman los interruptores. Al contrario vamos a ver sus características y estándares rectores. Después, independientemente de quien es el fabricante o cómo se llama un interruptor, usted estará mejor preparado para hablar del tema.

Los interruptores de potencia de baja tensión se consideran resistentes, duraderos, flexibles y en grados variables, pueden recibir mantenimiento en el campo.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Vamos a ver rápidamente algunas de las áreas que pueden diferenciar un interruptor de potencia de baja tensión de otros tipos de interruptores de baja tensión, como por ejemplo:

- Método utilizado para cerrar y abrir circuitos
- Valores de Operación
- Construcción/Mantenimiento
- Unidades de Disparo Integradas
- Mecanismos de Operación
- Pruebas

Métodos utilizados para Cerrar o Abrir Circuitos

Puesto que abren y cierran circuitos de potencia en el aire, empleando *Placas de Ionización de Arco*, a diferencia de *Vacío*, *SF₆* o aceite, se consideran *Interrup-tores de Circuito en Aire*.

Valores de Operación

Los valores de interrupción de interruptores de potencia de baja tensión y designaciones de tamaño de marco pueden variar hasta cierto punto de un fabricante a otro o de una parte del mundo a otra. Lo que si es común a la mayoría de los interruptores de potencia es el hecho que **sus valores de operación son determinados para una operación continua al 100% de su capacidad nominal en su compartimiento**. Lo que usted ve en la placa es lo que usted tiene. Ninguna desclasificación es necesaria cuando están en su compartimiento, si se aplican de conformidad con lo especificado por el fabricante. Este no es el caso de todos los tipos de interruptores de baja tensión cuando se encuentran en su compartimiento. Los interruptores de potencia de baja tensión tienen también una **capacidad de carga breve además de una capacidad interruptora** que los hace naturalmente adecuados para selectividad y coordinación con equipos corriente abajo. Equipos corriente abajo son equipos tales como otros interruptores **que se encuentran más lejos en el sistema eléctrico**.

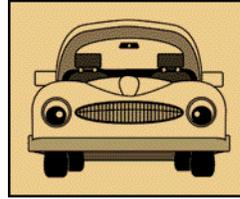
Usted recordará a partir de una discusión anterior y vale la pena mencionarlo otra vez, que la capacidad de carga breve consiste de dos componentes - **intensidad de retardo breve** y **tiempo de retardo breve**, que son ajustables (programables). En cuanto a la **selectividad**, digamos que es la respuesta a un grupo de condiciones de circuito o sistema, habitualmente en términos de corriente, en un marco temporal dado. Es realmente la capacidad de resistir a un cierto nivel de intensidad (kA) durante un período dado de tiempo (ciclos) mientras que un dispositivo corriente abajo maneja selectivamente un problema mediante interrupción. Se conoce también como discriminación. El grado de selectividad es habitualmente limitado por la sofisticación de la unidad de disparo y la capacidad física del interruptor para resistir a los esfuerzos térmicos y mecánicos potencialmente grandes creados por una corriente de falla.

Construcción/ Mantenimiento

Los interruptores de potencia de baja tensión son esencialmente un conjunto de partes en un marco metálico o bien en un alojamiento de material aislante. Es importante saber que **ningún grupo de estándares dicta el tipo de construcción de marco para interruptores de potencia de baja tensión**. Esta decisión se encuentra en las manos del fabricante. Usted puede considerarlo como el marco y carrocería de un carro que protege todas las demás partes, tales como motor, ruedas, defensas, asientos y radio. Este tipo de interruptor, en varios grados, tiene la capacidad de recibir mantenimiento en el campo.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 4. La Estructura de un Carro es similar al alojamiento de un Interruptor de Potencia de Baja Tensión



Además, se encuentra disponible en configuración *Fijo* o en configuración *Removible*, utilizándose más comúnmente el tipo removible.

Unidades de Disparo

Las *Unidades de Disparo* utilizadas hoy en día en interruptores de potencia de baja tensión son casi universalmente de **diseño de estado sólido, basadas en microprocesadores**. Hace años este mismo tipo de interruptor utilizaba solamente unidades de disparo de tipo electromecánico. Puesto que este tipo de unidad de disparo utilizada con un interruptor de potencia de baja tensión es casi inexistente, se mencionará solamente brevemente en este módulo. Es importante observar que los **Estándares ANSI requieren que las unidades de disparo en interruptores de potencia de baja tensión estén montadas integralmente**.

Mecanismos de Operación

Los interruptores de potencia de baja tensión operan a través de mecanismos de resorte con energía almacenada en dos etapas. Los resortes utilizados para cerrar los contactos del interruptor, que se conocen como resortes de cierre, pueden ser cargados manual o eléctricamente. Los resortes utilizados para abrir el interruptor, que se conocen como resortes de apertura, son habitualmente cargados automáticamente cuando el interruptor está en condición cerrada.

Debido a las fuerzas de cierre crecientes requeridas y a la mayor velocidad de cierre, interruptores de potencia de baja tensión utilizan **mecanismos de energía almacenada, en dos etapas**. Es decir, los resortes de cierre son cargados y permanecen cargados con el interruptor abierto hasta la liberación de un botón de "cierre" o algún otro tipo para cerrar el interruptor. Como se mencionó en el Módulo 5, el interruptor de potencia de baja tensión debe proporcionar según los estándares ANSI un **ciclo de servicio abierto-cerrado-abierto** esto dicta la necesidad de un **mecanismo de energía almacenada en dos etapas**.

En Campo

Los interruptores de potencia de baja tensión son aplicados más comúnmente en ensambles de switchgear como el que se muestra aquí.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 5. Ensamble en Gabinete Metálico de Interruptor de Baja Tensión Típico



Frecuentemente, los interruptores de potencia de baja tensión son utilizados para controlar (y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos) ventiladores, bombas, y paneles de alumbrado.

Un ensamble de este tipo podría utilizarse para servir las necesidades de HVAC de una instalación manufacturera.

Puesto que son contruidos para resistir condiciones de servicio tan intensas, los interruptores de potencia de baja tensión son ideales para aplicaciones industriales de este tipo.

Principios de Operación y Terminología

Un interruptor de potencia de baja tensión puede aplicarse en cualquier sistema dentro de la capacidad nominal interruptora del interruptor. Los interruptores de potencia de baja tensión son idealmente adecuados para aplicaciones en donde existe un **requerimiento que los interruptores sean selectivos** cuando se enfrentan a condiciones de cortocircuito. Además de nuestro comentario anterior sobre selectividad, podríamos decir que el término “selectivo” significa que el interruptor puede permanecer cerrado durante un cierto período de tiempo con un cortocircuito presente para permitir la resolución del problema a través de un dispositivo corriente abajo antes que los interruptores de potencia se abran y antes del cierre del sistema más grande (capacidad nominal de retardo breve). Es el área en donde las capacidades nominales de retardo breve de **0 a 30 ciclos** desempeñan una función esencial. Evidentemente, se considera que el interruptor es aplicado apropiadamente y no se enfrenta a condiciones de cortocircuito más allá de su capacidad. Si se encuentra frente a una condición que rebasa su capacidad de carga breve, abrirá de manera instantánea.

Se tomará tiempo aquí para introducir varios principios adicionales y términos comunes asociados con los interruptores de potencia de baja tensión y su aplicación. Este material será especialmente útil desde una perspectiva práctica. Son los tipos de términos y temas encontrados en el trabajo cuando se manejan interruptores de potencia de baja tensión y sus ensambles. Los principios y términos presentados aquí ciertamente no son completos. Aún después de terminar este módulo y regresar a su ubicación de trabajo, nuevos términos aparecerán que deberían formar parte de su vocabulario en materia de interruptores de potencia de baja tensión. Lo que pretendemos aquí es ofrecer una base sólida sobre la cual usted pueda seguir construyendo.

Energía Almacenada

La energía almacenada fue brevemente abordada antes en este módulo y en el Módulo 5. Puesto que se trata de una expresión común con relación a los interruptores, tenemos que explicarla más a fondo. Todos los interruptores de poten-

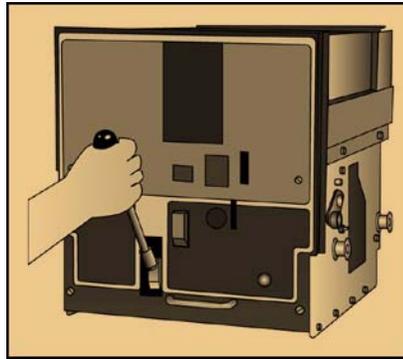
Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

cia de baja tensión, operados manual o eléctricamente, **utilizan mecanismos de energía almacenada en dos etapas**. Los mecanismos de energía almacenada son necesarios para superar las fuerzas inherentes opuestas al proceso de cierre. Hacen también posible cerrar el interruptor muy rápidamente, en 5 ciclos o menos.

La energía almacenada es una energía en espera, **lista para abrir o cerrar el interruptor de potencia de baja tensión en cinco ciclos o menos**. Diseños son tales que la energía requerida para abrir un interruptor de potencia de baja tensión siempre está disponible.

En interruptores operados manualmente, resortes de cierre son cargados manualmente. En el caso de interruptores operados eléctricamente, resortes son normalmente cargados por un pequeño motor eléctrico, aún cuando pueden también ser cargados manualmente si la energía eléctrica no está disponible (Figura 6).

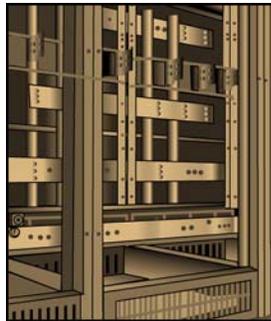
Figura 6. Interruptor de Potencia de Gabinete Metálico de Baja Tensión Típico cargado manualmente



Barra Bus

La barra bus se refiere a un conductor o a varios conductores, habitualmente elaborados de barras de cobre o aluminio. Las barras llevan la corriente y sirven como conexión común para dos o más circuitos (Figura 7).

Figura 7. Vista posterior de un Ensamble de Switchgear de Baja Tensión Típico que muestra un grupo de Barras Conductoras Interconectadas



Tensión de Control

La *Tensión de Control* (o bien tensión secundaria) es habitualmente secundaria con relación a la tensión nominal del circuito en donde está el interruptor. Una tensión de control se utiliza para operar dispositivos secundarios. La tensión utilizada para hacer funcionar el motor que carga automáticamente los resortes de un interruptor es un ejemplo.

Interruptor Removible

Un interruptor removible se refiere a un interruptor que puede ser desplazado en un compartimento a partir de una posición definida hacia otra posición sin desconexión manual ni apagado del suministro de energía del lado de la línea. Esto se logra habitualmente a través del uso de un disposi-

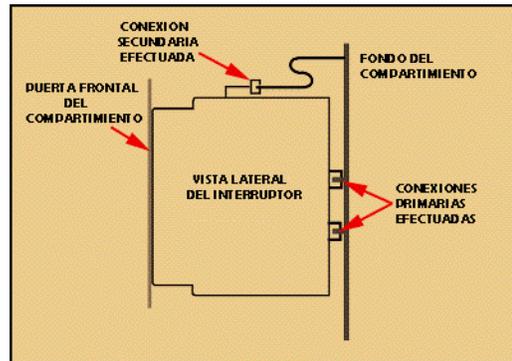
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

tivo mecánico, a veces en combinación con la ayuda manual de un operador. Esto se conoce como la colocación del interruptor en una posición. El interruptor es abierto primero, y después los dispositivos de desconexión principales en un interruptor removible permiten la conexión o desconexión del interruptor de la barra conductora. Estos dispositivos de desconexión automáticos principales se conocen frecuentemente como *Grupos de Contactos*. La expresión grupo de contactos proviene del hecho de que muchos diseños emplean numerosos conductores (contactos) ensambladas en un grupo. Las cuatro posiciones típicas son:

- Conexión
- Prueba
- Desconexión
- Remoción (Retirada)

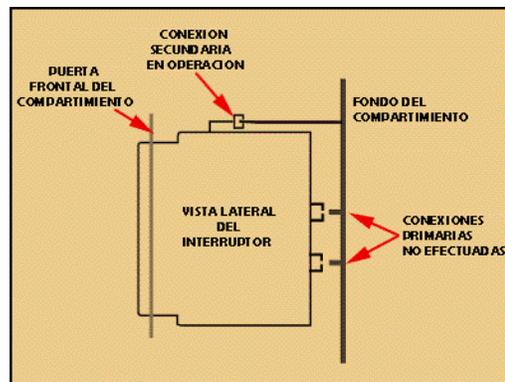
En la posición de **Conexión**, el interruptor se encuentra en su compartimiento hasta el fondo, y las conexiones eléctricas primarias y secundarias están cerradas. El interruptor está ahora listo para una operación normal (Figura 8).

Figura 8. Posición de Conexión



En la posición de **Prueba**, el interruptor es alejado del fondo del compartimiento y las conexiones eléctricas primarias ya no están efectuadas (Figura 9). Las conexiones eléctricas secundarias siguiente en operación y esta posición ofrece la energía secundaria requerida para probar la operación del interruptor, incluyendo la unidad de disparo.

Figura 9. Posición de Prueba

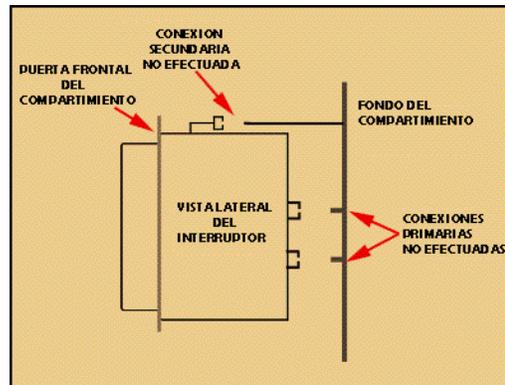


En la posición de **Desconexión**, el interruptor está todavía más alejado del fondo de su compartimiento y los *Contactos* principales están abiertos (Figura 10). Ni

Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

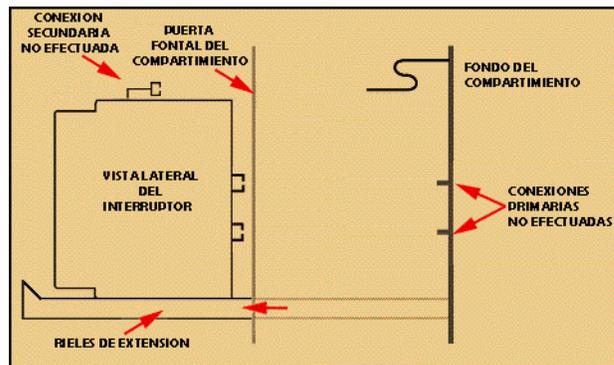
las conexiones eléctricas primarias ni secundarias están en operación. Esto es una posición de almacenaje en compartimiento típica para un interruptor que no está en uso.

Figura 10. Posición de Desconexión



En la posición de **Remoción** (o bien Retirada), el interruptor está fuera del compartimiento en rieles de extensión con los contactos principales abiertos y los resortes de cierre descargados (Figura 11). No hay ninguna conexión eléctrica ni primaria ni secundaria. Es la última posición típica para un interruptor antes de la remoción física de sus rieles hacia otra ubicación.

Figura 11. Posición de Remoción (Retirada)



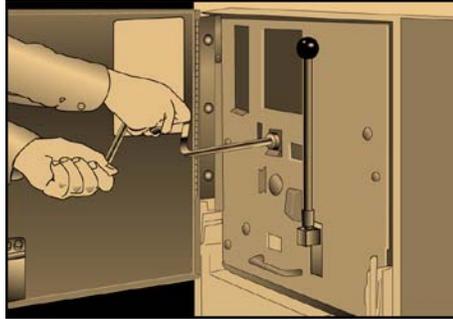
Remoción Detrás de la Puerta

Esto se relaciona al diseño específico de interruptor removible (Figura 12). La remoción atrás de la puerta se refiere al hecho que la puerta del compartimiento del interruptor habitualmente debe estar abierta para *Apalancar* el interruptor de una posición a otra como se comentó en la sección “interruptores removibles”.

El interruptor tiene normalmente un *Blindaje de Placa Frontal* (o bien “blindaje de frente muerto”) para proteger al operador contra tensiones peligrosas cuando la puerta está abierta. Este tipo de diseño permite habitualmente al interruptor encontrarse en cualquiera de tres posiciones (**Desconexión, Prueba, Conexión**) cuando la puerta está cerrada. Este diseño no permite a una persona conocer el estatus del interruptor o su unidad de disparo sin abrir la puerta del compartimiento.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 12. Interruptor en Marco Metálico de Baja Tensión de tipo de remoción Atrás de la Puerta Típico colocado de una posición a otra



Remoción a Través de la Puerta

Es también un diseño de interruptor de tipo de remoción (Figura 13). La **remoción a través de la puerta permite al operador colocar el interruptor de la posición “Conectada” a la posición de “Prueba” a la posición de “Desconexión y viceversa sin abrir la puerta del compartimento.** La puerta tiene un orificio en donde aloja salientes a través de la puerta de una pequeña parte del interruptor conforme llega a una posición hacia la parte frontal del compartimento. El operador está también protegido a través de un blindaje de frente muerto, habitualmente una combinación de la puerta y de la placa frontal del interruptor. Los beneficios asociados con este diseño son una vista completa de la parte frontal del interruptor junto con acceso al dispositivo de colocación (remoción) sin abrir la puerta del compartimento.

Figura 13. Tres Posiciones Típicas de Remoción a Través de la Puerta de Interruptores de Potencia de Baja Tensión en su Compartimento



Capacidad Nominal de Corriente Continua

La Capacidad Nominal de Corriente Continua de un interruptor es la capacidad nominal máxima que el interruptor puede llevar en base continua y permanecer dentro de los lineamientos aplicables para el interruptor. Se conoce también como la “Capacidad Nominal de Marco” o bien el “Tamaño de Marco”.

100% Nominal

ANSI especifica que los interruptores de potencia de baja tensión deben ser clasificados para operación continua al 100% de su capacidad nominal en su compartimento. Para cumplir con estos requisitos, son probados para operación en un gabinete específico y por consiguiente no deben ser desclasificados.

Capacidad Interruptiva

La capacidad interruptora es la corriente de cortocircuito máxima que el interruptor puede interrumpir con seguridad. ANSI indica sus capacidades interruptoras preferidas mínima para interruptores de potencia.

Capacidad de Carga Breve

La capacidad de carga breve de un interruptor de potencia de baja tensión es el **valor máximo de la corriente que el interruptor está diseñado para manejar con seguridad durante un período breve (30 ciclos o 0.5 segundos)** en la posición cerrada, sin dañar el interruptor. Esta prueba se repite dos veces durante un total de un (1) segundo. La capacidad de carga breve es habitualmente igual a una capacidad interruptora de 600 volts. Este atributo es una de las

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

características principal que diferencian un interruptor de potencia de otros tipos de interruptores y permite selectividad de sistema. La capacidad de carga breve fue también comentada antes en éste módulo.

Disparo Libre

Cuando un interruptor se encuentra en una condición de *Disparo Libre*, **por diseño no puede estar cerrado**. Aún cuando se hacen esfuerzos intencionales para cerrar el interruptor, si este se encuentra en la condición de disparo libre, los contactos principales no se tocarán y el interruptor regresará automáticamente a la posición disparada. Es una característica de seguridad importante específica de los interruptores de potencia.

Sensor de Corriente

El término sensor, como se utiliza con relación a un interruptor, es un término común para un **transformador de corriente** que reduce la corriente a niveles útiles para un propósito específico, como por ejemplo proporcionar una entrada a una unidad de disparo (paquete de inteligencia del interruptor).

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 1

Conteste las siguientes preguntas sin ver el material que se le acaba de presentar. Empiece la siguiente sección cuando esté seguro que ha entendido lo que ha leído.

1. Un interruptor de potencia tiene o bien una capacidad interruptora o bien una capacidad de carga breve.
VERDADERO FALSO
2. Mientras se encuentran en sus compartimientos, la mayoría de los interruptores de potencia removibles de baja tensión pueden encontrarse en cualquiera de las siguientes posiciones con las puertas del compartimiento cerradas:
 - a. Posición Conectada
 - b. Posición _____
 - c. Posición _____
3. Tanto los interruptores de potencia de baja tensión operados manualmente como eléctricamente utilizan mecanismos de energía almacenada para apertura y cierre.
VERDADERO FALSO
4. La clasificación de cuadro o el tamaño de cuadro de un interruptor de potencia de baja tensión se refiere a la capacidad nominal _____ del interruptor.
5. Todos los interruptores de potencia de baja tensión que cumplen los estándares aplicables de ANSI pueden operar continuamente al 100% de su capacidad nominal.
VERDADERO FALSO
6. La capacidad _____ de un interruptor es una de las características principales que diferencian un interruptor de potencia de otros tipos de interruptores.
7. Los estándares de ANSI requieren que los interruptores de potencia de baja tensión tengan unidades de disparo integralmente montadas.
VERDADERO FALSO
8. Una razón por la cual un interruptor de potencia de baja tensión utiliza un mecanismo de energía almacenado en dos etapas es que puede proporcionar un ciclo de operación _____ - _____ - _____.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Consideraciones de Diseño y Funcionales

En el Módulo 5, usted aprendió que todos los interruptores tienen numerosas características de diseño y funcionales en común:

- Cumplimiento con Estándares Específicos
- Conjunto de Contactos Abiertos/Cerrados
- Dispositivo para Abrir y Cerrar los Contactos
- Dispositivo para Extinguir un Arco
- Dispositivo para Responder a Sobrecorrientes/Comandos
- Métodos para alojar los Componentes del Interruptor
- Método para Montar el Interruptor

Métodos específicos utilizados para montar y utilizar interruptores de potencia de baja tensión se presentarán en la sección siguiente. En esta sección, nos concentraremos en la forma cómo operan los interruptores de potencia de baja tensión para cumplir su tarea y los elementos accesorios disponibles para incrementar sus capacidades.

Los interruptores de potencia de baja tensión básicos consisten generalmente de:

- Marco o Chasis
- Contactos Primarios
- Extinguidores de Arco
- Mecanismos de Operación
- Unidad de Disparo Integral
- Accesorios

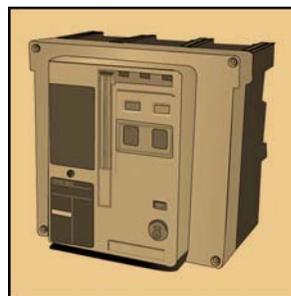
A continuación vamos a ver cada uno de estos elementos.

Marco o Chasis

Usted recordará del Módulo 5 que todos los interruptores utilizan algún método para que todas las partes que constituyen el interruptor estén sujetadas, habitualmente se conoce como **marco o chasis**. Hoy en día existen dos tipos de chasis para interruptores de potencia de baja tensión (Figuras 14 y 15):

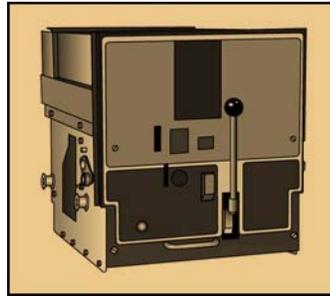
- Marco Metálico de Tipo Abierto (Diseños más antiguos)
- Marco Moldeado de Resinas Compuestas de Termoendurecimiento manipuladas (Diseños más recientes)

Figura 14. Construcción de Tipo Marco Moldeado



Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 15. Construcción de Tipo Marco Metálico



El **marco metálico de tipo abierto** tiene numerosas piezas soldadas y/o atornilladas en donde se ensamblan los diferentes componentes del interruptor. Los componentes presentan una tendencia a ser más grandes, más pesados, y pueden requerir de un ajuste.

En Campo

El nuevo interruptor de potencia Magnum DS utiliza un marco rígido moldeado a partir de resinas compuestas de termoendurecimiento manipuladas.

Figura 16. Interruptor de Potencia Magnum DS



El moldeo mejora la rigidez estructural del marco, permitiendo alcanzar capacidades de carga breve e interruptora mayores.

Muchas partes individuales de los interruptores son moldeadas como ensambles integrales. Esto mejora el diseño haciendo que los interruptores sean más pequeños y más sólidos con un número menor de partes individuales, a diferencia del marco metálico.

Contactos Primarios

Los contactos primarios abiertos/cerrados en un interruptor de potencia de baja tensión proporcionan un dispositivo para aislar o conectar una parte de un circuito del resto del circuito. **El diseño de los contactos primarios es una de las consideraciones de diseño más importantes en cuanto a la eficiencia y efectividad global de cualquier interruptor de potencia de baja tensión.** Estos contactos se emplean para llevar o interrumpir la corriente de carga continua principal asociada con el sistema en donde se aplica el interruptor. Cada fase tiene un contacto primario asociado. Un interruptor de potencia de baja tensión trifásico, como por ejemplo, tendrá tres conjuntos de contactos primarios. Acuérdesse que los contactos primarios se presentan en una gran variedad de diseños y apariencias. No todos los diseños utilizan el mismo número de partes ni son igualmente eficientes. Sin embargo, todos los diseños actúan para proporcionar el mismo servicio general.

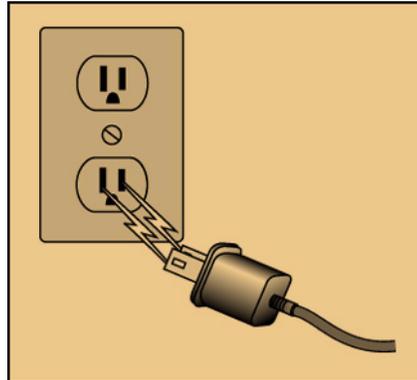
Los contactos primarios de interruptores de potencia de baja tensión tienen habitualmente partes de arqueo y partes que llevan la corriente principal separadas.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Esto no significa que sean necesariamente piezas separadas. Pueden formar parte del mismo componente, aún cuando el arqueo y los contactos principales actúan como piezas individuales y desempeñan funciones claramente diferentes.

En el Módulo 5, se mencionó la descarga de una corriente eléctrica que atraviesa un espacio entre dos contactos (Figura 17). Este fenómeno a pequeña escala, puede observarse ocasionalmente cuando se extrae una clavija de contacto de un toma-corriente de pared.

Figura 17. La Corriente Eléctrica Atraviesa un Espacio



El Arqueo ocurre también cuando se abre y cierra unos interruptores de potencia de baja tensión bajo carga, excepto que a un grado mucho mayor. El reto para diseñar los contactos primarios es **asegurar que el arqueo es manejado primero para proteger la superficie de los contactos principales contra daños causados por el arco**. Por esta razón, los contactos primarios son diseñados mecánicamente de tal manera que al cerrarse el interruptor, **los contactos de arqueo están en contacto (se cierran) antes que los contactos principales**. Asimismo, al abrir el interruptor, **los contactos principales se separan (se abren) antes que los contactos de arqueo**. Esta construcción asegura que el arqueo se efectúa en los contactos de arqueo térmicamente resistentes. Habitualmente, los contactos primarios son reemplazables en interruptores de potencia de baja tensión, lo que puede ser necesario si las condiciones de operación del interruptor son suficientemente duras.

Un ensamble de contactos primarios consiste de:

- Una parte fija (estacionaria)
- una parte móvil

Una pieza aislante rígida es utilizada a través de un movimiento de empuje o tracción para operar la parte móvil del ensamble de contactos primarios.

Las porciones fijas y móviles de contactos primarios y de arqueo del ensamble pueden estar en cualquier configuración, algunas más eficientes que otras (Figuras 18 y 19). Habitualmente, los diseños para un interruptor de tipo particular son los mismos. La única variable es el número de partes que se utiliza para manejar la cantidad de corriente disponible. Los marcos de interruptor más grandes requieren de un mayor número y/o mayor tamaño de piezas de contactos de arqueo y piezas de contactos principales.

Recuerde que el objetivo del diseño es manejar eficientemente el arqueo a través de contactos de arqueo resistentes al calor de tal manera que los contactos principales estén protegidos contra un daño innecesario. Este enfoque permite que los contactos principales sean fabricados de materiales de baja resistencia como

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

por ejemplo plata o aleaciones de plata para minimizar el calor desarrollado durante una operación normal.

Figura 18. Ensamble de Contactos Montados (Vista Frontal)

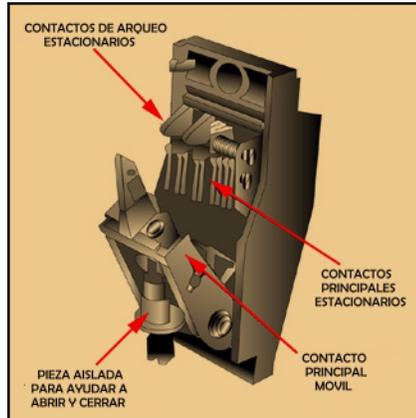
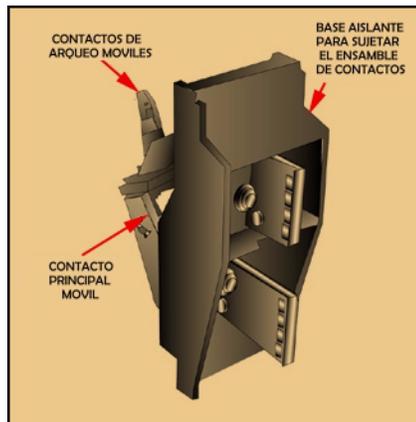


Figura 19. Ensamblaje de Contactos Montados (Vista Posterior)



Finalmente, se indicó en el Módulo 5 que algunos diseños de interruptores de potencia de baja tensión más novedosos aprovechan totalmente ciertos hechos naturales de la física para ayudar el proceso de apertura. Usted recordará que el concepto se centra alrededor de los campos magnéticos establecidos en conductores cuando la corriente está fluyendo en los conductores.

El diseño de interruptor de potencia de baja tensión aprovecha totalmente esta fuerza electromagnética para ayudar a abrir y mantener el interruptor cerrado. **En algunas configuraciones, la fuerza y también el aislante se utilizan para mantener los contactos cerrados temporalmente durante una condición de falla, que es de donde proviene una capacidad de carga breve del interruptor de potencia.** Diseños de interruptores que aprovechan este concepto pueden ser de menor tamaño y más ligeros y seguir manteniendo las capacidades de carga no disruptiva (breve) asociadas con interruptores de potencia de baja tensión. Cuando es hora de abrir los contactos, esta misma fuerza puede ser utilizada en la dirección opuesta para **acelerar la acción de apertura.**

Piense en cuanto al concepto de la asistencia electromagnética con la apertura y cierre de contactos de la siguiente manera (Figura 20). Una puerta puede considerarse como el contacto móvil. Nuestro superhéroe puede ser considerado como el aislador rígido utilizado para empujar o abrir la puerta (contactos). La ayuda del

Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

viento (fuerza electromagnética) en la dirección apropiada ayudaría a nuestro superhéroe a abrir o mantener la puerta cerrada.

Figura 20. La Fuerza Electromagnética puede ser Utilizada para Ayudar a la Apertura y Cierre



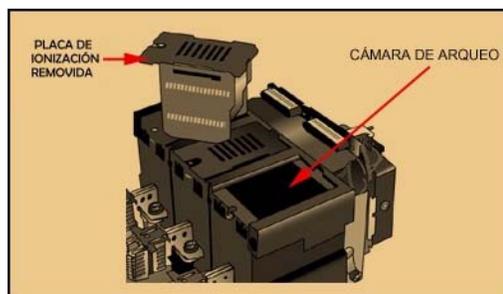
Extinguidores de Arco

En el Módulo 5, comentamos numerosas formas o combinaciones de formas para extinguir un arco. Los interruptores de potencia de baja tensión utilizan algún tipo de *Extinguidores de Arcos* (placas de ionización o cámaras de arqueo) montados arriba y alrededor de los contactos principales para extinguir arcos en el aire (Figuras 21 y 22). Esto explica el nombre de interruptores de aire de potencia de baja tensión.

Las placas de ionización, de alguna manera, han sido utilizadas para extinguir arcos durante más de medio siglo. El propósito primario de una placa de ionización es **extinguir un arco cada vez que un interruptor interrumpe una corriente**. Esto se logra **confinando, dividiendo y enfriando** el arco. Logrado esto, el arco no puede sostenerse a sí mismo en la corriente cero.

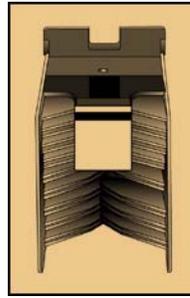
No todos los extinguidores de arco son iguales, y por consiguiente, algunos son más eficientes que otros. La eficiencia es muy importante puesto que la cantidad de daño a los contactos provocado por el arqueo se relaciona directamente con la velocidad o la eficiencia con la cual se extinguen los arcos. Una mayor eficiencia conlleva una **vida de contacto más larga**.

Figura 21. Vista Posterior Superior de Interruptor Magnum DS mostrando Cámaras de Arqueo y una Placa de Ionización Removida



Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 22. Una Placa de Ionización de Arco Removida de un Interruptor Magnum DS (Vista inferior)



Durante el proceso de arqueo, gases ionizados son generados y normalmente ventilados, de alguna manera, sin causar daños al interruptor, compartimiento de interruptor, ni a un eventual operador encontrándose cerca del equipo. Se sabe también que la alta presión creada por estos gases, si es apropiadamente controlada, puede aprovecharse durante la interrupción.

Para este propósito, el diseño de interruptor de potencia de baja tensión en caja moldeada, utiliza esta **presión de gas para ayudar en el proceso de interrupción** mientras se minimiza la fuga de gas hacia el interruptor mismo. Esta mejora se logra a través del uso de sellos en la cámara de arqueo y un ajuste estrecho de piezas y partes. Esto puede lograrse solamente con diseños de marco moldeado. Evidentemente, el diseño y proceso es un poquito más complicado de lo que acabamos de describir. Por ahora lo más importante que se tiene que recordar es que el concepto de extinguidor de arcos original sigue utilizándose hoy en día, pero se hicieron esfuerzos importantes para mejorar el concepto original con mejoras significativas en eficiencia global.

Mecanismo de Operación

Usted aprendió en el Módulo 5 que se proporciona algún tipo de mecanismo con todos los interruptores para abrir y cerrar. Los interruptores de potencia de baja tensión no son una excepción. Un mecanismo de operación de interruptor de potencia de baja tensión consiste de numerosas partes diferentes, ensambles y accesorios, todos dedicados a asegurar que el interruptor pueda abrir y cerrar consistentemente.

El mecanismo es un **tipo de energía almacenada cargada en resorte en dos etapas** que proporciona tres funciones básicas:

- Un dispositivo para cargar los resortes de cierre
- Un dispositivo para abrir/cerrar el interruptor utilizando la energía almacenada en los resortes de cierre y de apertura
- Un dispositivo para efectuar un ciclo de operación de apertura-cierre-apertura

Existen dos tipos de mecanismos:

- Manual
- Eléctrico (Operado con motor)

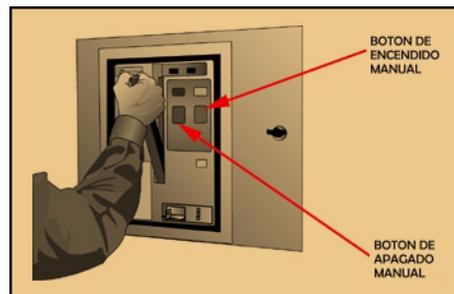
El **interruptor operado manualmente** tiene sus resortes de cierre cargados manualmente a través del uso de algún tipo de manija de carga. El interruptor es cerrado utilizando un botón de cierre manual lo que es un proceso mecánico. Conforme se cierra el interruptor, se carga un grupo de resortes de apertura más pequeños. El interruptor es abierto empleando un botón de disparo manual (abierto), que es un proceso mecánico.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Enclavamientos de seguridad, aditamentos accesorios y unidades de disparo pueden también provocar que el interruptor se dispare a través de un dispositivo mecánico. La mayoría de los interruptores de potencia operados manualmente pueden estar equipados con un dispositivo opcional para liberar eléctricamente la energía almacenada en el resorte, cerrando así el interruptor.

Previamente, no era práctico, ni siquiera posible convertir interruptores de potencia de baja tensión operados manualmente en interruptores operados eléctricamente en el campo. Esto ya no es imposible con los nuevos diseños de interruptores de potencia de baja tensión. Tales diseños permiten que **interruptores operados manualmente sean convertidos en interruptores operados eléctricamente a través de la instalación en campo** de operadores eléctricos listados según UL.

Figura 23. Interruptor de Potencia Magnum DS Cargado Manualmente



Un **interruptor de circuito operado eléctricamente** puede ser operado como un interruptor de circuito operado manualmente. Además, un pequeño motor eléctrico se utiliza normalmente para cargar automáticamente los resortes de cierre, y se proporciona un dispositivo eléctrico para cerrar o desconectar (abrir) el interruptor de circuito.

Unidad de Disparo Integral

Para que un interruptor de circuito funcione, se debe proporcionar un dispositivo que permite que el interruptor de circuito funcione automáticamente o en respuesta a otros comandos. En resumen, el interruptor de circuito es un dispositivo no inteligente. **La fuente de inteligencia es la unidad de disparo.**

De conformidad con lo requerido por los estándares ANSI, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión deben estar equipados con una Unidad de Disparo Montada Integralmente. Esto significa que la unidad de disparo debe encontrarse dentro del interruptor de circuito o formar parte de él. Antes del surgimiento de la primera unidad de disparo de estado sólido, se utilizaban dispositivos de disparo de tipo electromagnético comúnmente conocidos como disparadores magnéticos de sobrecorriente doble con todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión. En años recientes, este tipo de dispositivo de disparo en interruptores de circuito de potencia de baja tensión ha desaparecido. Por esta razón, en este módulo se comentarán solamente las unidades de disparo basadas en microprocesadores.

Una unidad de disparo basada en microprocesador típica utilizada con interruptores de circuito de potencia de baja tensión ofrece las siguientes capacidades (Figura 24):

- Programación
- Monitoreo
- Diagnóstico

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

- Comunicación
- Prueba

Figura 24. Unidades de Disparo Integradas

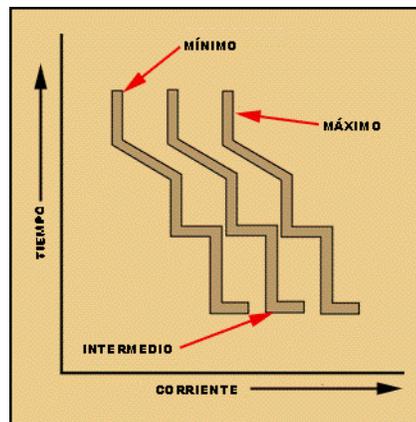


La capacidad de una unidad de disparo particular depende del diseño mismo de la unidad de disparo y de los requerimientos de sistema. Algunas unidades de disparo pueden ofrecer solamente características básicas, mientras que otras pueden ofrecer características básicas o, si lo requiere el sistema, características sofisticadas y altamente avanzadas adicionales.

La respuesta de operación de una unidad de disparo es representada por gráficamente por **curvas características de tiempo-corriente**. Estas curvas muestran cómo y cuándo una unidad de disparo particular actuará para valores dados de tiempo y corriente. Una curva característica es representada por una banda creada por un valor mínimo y un valor máximo de tiempo o corriente.

Las **características programables o ajustables de una unidad de disparo** permiten el movimiento de su curva característica o partes de la curva (Figura 25). Este movimiento puede ser efectuado tanto en dirección horizontal como vertical. Algunas unidades de disparo hasta permiten cambiar la forma de la curva.

Figura 25. Movimiento Horizontal Típico de una Curva de Disparo



La mayoría de las unidades de disparo ofrecen las siguientes combinaciones de protección:

- **(L)** Protección de retardo largo - protección contra sobrecargas y cortocircuitos
- **(S)** Protección de retardo corto - protección contra cortocircuitos

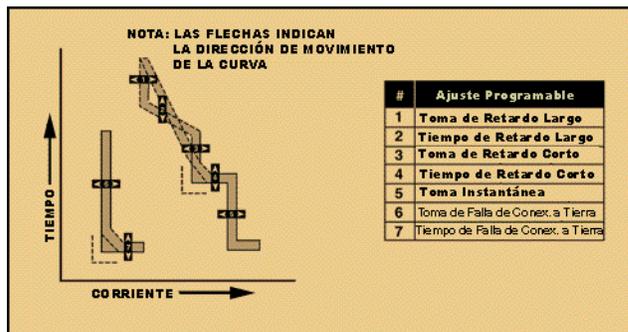
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

- (I) Protección instantánea - protección contra cortocircuitos
- (G) Protección contra falla de conexión a tierra - protección contra fallas de conexión a tierra

Una unidad de disparo que ofrece estas cuatro protecciones juntas se conoce habitualmente como una **unidad de disparo LSIG**. Otras combinaciones están también disponibles, por ejemplo **LI, LS, LSI, LIG y LSG**.

Las funciones largas, corta y de conexión a tierra tienen valores programables de corriente y tiempo. Evidentemente, **la función instantánea no tiene tiempo asociado** puesto que el disparo es instantáneo (Figura 26). Las unidades de disparo tienen estas características programables diferentes programadas de tal manera que se coordinen entre ellas y con los requisitos del sistema protegido para ofrecer la mayor coordinación y protección de sistema contra todas las eventualidades. Esta disciplina de coordinación es cuanto usted comenzará a oír expresiones tales como **forma de curva y coordinación estrecha**. En este módulo no intentaremos presentar los detalles de esta disciplina. Es muy especializada y se reserva a las personas con capacitación adecuada.

Figura 26. Ajustes avanzados de Curva Tiempo-Corriente de Unidad de Disparo



Las unidades de disparo más avanzadas pueden **monitorear y desplegar corriente, energía, potencia, calidad de potencia y factor de potencia**. Pueden también **diagnosticar problemas y proporcionar advertencias adelantadas** de problemas potenciales, por ejemplo armónicas. **Se dispone también de comunicaciones en dos sentidos para monitoreo y control remoto**. Esto proporciona al usuario una forma económica de monitorear y controlar instalaciones amplias en ubicaciones múltiples con una amplia gama de equipos protectores y maquinaria operacional.

Las pruebas de disparo y no disparo pueden efectuarse habitualmente en la unidad de disparo y en el interruptor de circuito empleando **capacidades de pruebas integrales o bien kits de prueba separados**. Normalmente, las pruebas pueden efectuarse con el interruptor de circuito en servicio y proporcionando una protección total durante la prueba. Este tipo de prueba es lo que se conoce como prueba secundaria. La prueba primaria incluye equipo de prueba especializados y experto en pruebas y no se comenta en éste módulo.

Artículos Accesorios

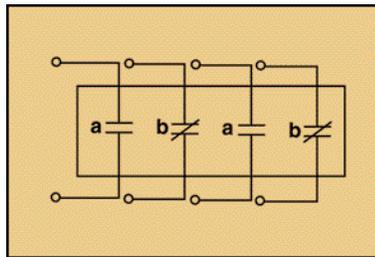
Los accesorios utilizados con interruptores de circuito de potencia de baja tensión se agregan habitualmente al interruptor de circuito para proporcionar características adicionales, por ejemplo indicación de estado y operación remota. Sin embargo es posible que algunos accesorios para ciertos diseños de interruptor de circuito puedan ser montados remotamente con relación al interruptor de circuito. Estos dispositivos pueden ser totalmente mecánicos, totalmente eléctricos o bien una combinación. La idea aquí es comentar brevemente el funcionamiento

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

de los accesorios más comúnmente utilizados, aún cuando no todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión ofrecen necesariamente la totalidad de los dispositivos comentados aquí, y tampoco éste lista pretende ser completa.

- **Operador Eléctrico** - Es un ensamble de dispositivos que incluyen un pequeño motor de carga de resorte que, cuando se agrega a un interruptor de circuito operado manualmente lo **convierte en un interruptor de circuito operado eléctricamente**. Esto permite una operación remota (abrir/cerrar) del interruptor de circuito. La capacidad de instalar este dispositivo en el campo es más común con los interruptores de circuito de potencia de baja tensión más recientes. Los interruptores de circuito de potencia utilizaban habitualmente ya sea manuales o eléctricos por diseño y no podían ser convertidos fácilmente.
- **Contador de Operaciones** - Un contador de operaciones es un dispositivo de conteo, habitualmente conectado de alguna manera al mecanismo de operación. Se utiliza para **contar las operaciones de apertura y cierre** del interruptor, y sirve como auxiliar para el mantenimiento.
- **Conmutador Auxiliar** - Un conmutador auxiliar consiste de contactos “**normalmente abiertos**” (NO) y “**normalmente cerrados**” (NC) (Figura 27). Los contactos en algunos conmutadores son convertibles de NO a NC y vice-versa. Los contactos se conocen frecuentemente como contactos “a” ó “b”. El contacto “a” **está abierto cuando el interruptor de circuito se encuentra en estado abierto y el contacto “b” está cerrado cuando el interruptor de circuito está abierto**. En resumen, estos contactos auxiliares cambian de “estado” cuando los contactos principales del interruptor de circuito cambian de “estado”. Un control auxiliar se encuentra montado normalmente en el interruptor de circuito. Los contactos de estos conmutadores se utilizan frecuentemente para la operación eléctrica de un interruptor de circuito, señalización remota, e interbloqueo eléctrico.

Figura 27. Representación Gráfica de un Conmutador Auxiliar de Cuatro Contactos (2A y 2B)



- **Liberación por Baja Tensión (UVR)** - Una liberación por baja tensión, normalmente un dispositivo electromecánico montado en un interruptor de circuito, dispara el interruptor de circuito cuando la **tensión cae por debajo de un nivel predeterminado**.
- **Bobina de Disparo (ST)** - Un bobina de disparo es un dispositivo electromecánico estándar en la mayoría de los interruptores de circuito de potencia operados eléctricamente. Cuando se agrega a un interruptor de circuito operado manualmente **permite un disparo eléctrico controlado a distancia**.
- **Liberación por Resorte (SR)** - El dispositivo de liberación por resorte es estándar en la mayoría de los interruptores de circuito de potencia operado eléctricamente. Cuando se agrega a un interruptor de circuito operado man-

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

ualmente, permite que el interruptor de circuito sea cerrado eléctricamente a partir de una ubicación remota.

- **Alarma de Campana (OTS)** - La alarma de campana, frecuentemente conocida como **interruptor de disparo de sobrecorriente (OTS)** en un interruptor de circuito de potencia, está normalmente montada en el interruptor de circuito. Su función es **ofrecer una señal que indica que el interruptor de circuito se ha abierto automáticamente (comando de unidad de disparo)**. No operará si el interruptor de circuito es disparado por otros medios, como por ejemplo el uso de un botón de disparo manual, un conmutador de control eléctrico, o bien la operación de un dispositivo de liberación por baja tensión.
- **Dispositivos de Bloqueo** - Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión tienen normalmente una amplia gama de dispositivos de bloqueo mecánicos para **evitar una operación no autorizada del interruptor de circuito** (Figura 28).

Figura 28. Candado montado en la parte frontal de un Interruptor de Potencia en Caja Moldeada que evita el uso no autorizado de Botones de Apertura y Cierre



- **Interbloques Mecánicos** - Proporcionan la forma de interbloquear mecánicamente dos interruptores de circuito. Un uso típico para un dispositivo de este tipo es **evitar que un interruptor de circuito cierra mientras otro interruptor de circuito ya está cerrado**.
- **Dispositivo de Disparo de Capacitor** - Un dispositivo de disparo de capacitor se monta normalmente fuera del interruptor de circuito. Utiliza un pequeño capacitor de almacenamiento para control **CA del interruptor de circuito** para asegurar un disparo confiable durante condiciones de fallas de suministro.
- **Dispositivo de Levantamiento** - Puesto que algunos interruptores de circuito de potencia de baja tensión pueden ser grandes y pesados, varios dispositivos están habitualmente disponibles para **levantar y desplazar el interruptor de circuito** una vez que se encuentra fuera de su compartimiento (Figura 29).

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Figura 29. Dispositivo de Levantamiento montado en Riel utilizado para levantar un Interruptor de Circuito de Potencia Magnum DS de los Rieles de extensión de su compartimiento



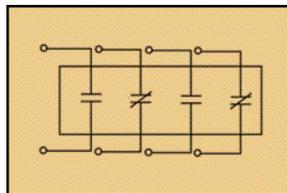
- **Interruptor de Celda Operado en Carro (TOC)** - Un interruptor TOC se monta habitualmente en el compartimiento de interruptor de circuito y es **activado por el movimiento de un interruptor de circuito removible en y fuera de la posición "Conectada"**. Conforme se desplaza el interruptor de circuito, los contactos son activados proporcionando una forma de indicación remota de la posición del interruptor de circuito.

Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 2

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empezar la siguiente sección cuando esté seguro de entender lo que ya ha leído.

1. Durante muchos años, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión fueron interruptores de circuito de cuadro de metal de tipo abierto. Hoy en día, diseños de interruptores de circuito de potencia de baja tensión más recientes son diseños de tipo de cuadro _____.
2. Cuando abre un interruptor de circuito de potencia de baja tensión, sus contactos de arqueado se separan antes que los contactos principales se separen para alejar cualquier arco formado de los contactos principales.
VERDADERO FALSO
3. Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión se consideran interruptores de circuito de aire y utilizan una _____ para eliminar el arco confinándolo, dividiéndolo y enfriándolo.
4. Los resortes del mecanismo de operación de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión tanto manuales como eléctricos pueden ser cargados manualmente.
VERDADERO FALSO
5. Una fuente de inteligencia de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión es su _____.
6. Los transformadores de corriente utilizados en un interruptor de circuito de potencia de baja tensión para monitorear y reducir la corriente a niveles útiles se conocen también como _____.
7. Curvas de características Tiempo-corriente representan gráficamente la respuesta de operación de _____.
8. Marque con un círculo el tipo o tipos de protección de los cuatro tipos listados abajo que ofrece(n) algún grado de protección contra los cortocircuitos.
(a) Protección de retardo largo
(b) Protección instantánea
(c) Protección de retardo corto
(d) Protección contra fallas de conexión a tierra
9. Abajo se representa gráficamente un conmutador auxiliar. En la gráfica, marque cada uno de los cuatro contactos ya sea como contacto de tipo "a" ó "b".



10. Un _____ es un dispositivo electromecánico utilizado para proporcionar el disparo controlado a distancia de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión operado manualmente.
11. Una alarma de campana en un interruptor de circuito de potencia de baja tensión, que se conoce también como conmutador de disparo de sobrecorriente, ofrece una señal para indicar cuando un interruptor de circuito sea abierto cualquiera que sea la razón.
VERDADERO FALSO

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

12. Un interruptor TOC es activado por el movimiento de un interruptor de circuito en y fuera de la posición "Conectada". Indique al lado de cada letra la palabra que estas letras representan.

(En inglés TOC Switch)

Interruptor T _____ O _____ C _____

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Método de Montaje

Como se comentó brevemente arriba, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión están habitualmente disponibles en las dos configuraciones de montaje siguientes:

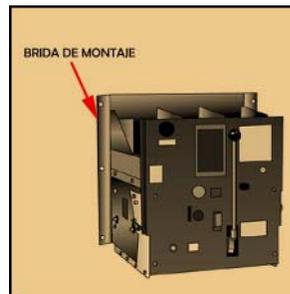
- Fija
- Removible

El uso total de interruptores de circuito de potencia de baja tensión hoy en día está **dominado por la configuración removible puesto que ofrece un mantenimiento más fácil y continuidad de servicio**. Sin embargo, la mayoría de los fabricantes de interruptores de circuito ofrecen ambos tipos.

Interruptor de Circuito Fijo

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión fijos, tienen habitualmente barras conductoras primarias fijas que se proyectan a partir del fondo del interruptor de circuito. El interruptor de circuito es atornillado en posición en su compartimiento, y las barras conductoras posteriores están atornilladas sobre conexiones de bus primarias (Figura 30). Conexiones secundarias se efectúan también manualmente. El **suministro de energía debe ser apagado** para conectar un interruptor de circuito fijo en el sistema o para removerlo del sistema.

Figura 30. Interruptor de Circuito Fijo tipo DSII



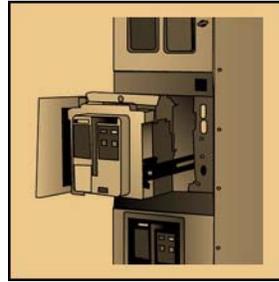
Interruptor de Circuito Removible

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión removibles tienen un dispositivo de apalancamiento para desplazar el interruptor de circuito de una posición a la siguiente. Habitualmente una parte del mecanismo de apalancamiento se encuentra en el interruptor de circuito con una parte correspondiente en su compartimiento. Conjuntamente proporcionan el medio mecánico requerido para desplazar el interruptor de circuito. Interruptores de circuito removibles son diseñados de tal manera que sean removidos y conectados sin cortar el suministro de energía a todo el ensamble en condiciones de carga puesto que el interruptor de circuito, por diseño, abre automáticamente antes de su colocación. Esto significa que el suministro de energía al ensamble no tiene que ser apagado cuando se remueve o se inserta un interruptor de circuito, asegurando así la continuidad del servicio.

Los compartimientos para interruptores de circuito removibles tienen rieles de extensión que, cuando no se utilizan, están almacenados dentro del compartimiento (Figura 31). Los rieles de extensión ofrecen un medio a través del cual un interruptor de circuito removible puede ser fácilmente removido de su compartimiento para inspección, mantenimiento o desplazamiento hacia otra área.

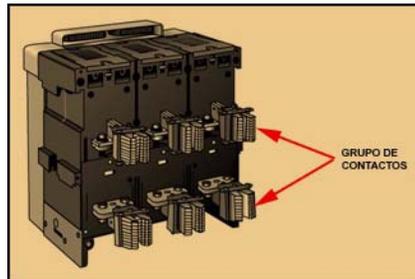
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 31. Interruptor de Circuito Removible mostrado en Rieles de Extensión



Conexiones eléctricas primarias entre el interruptor de circuito y el bus primario **hacen o interrumpen automáticamente conforme el interruptor de circuito es introducido o extraído de la posición “Conectado”** en el compartimiento de interruptor de circuito. Conectores primarios montados en la parte posterior del interruptor de circuito se deslizan en los conectores de bus primario. Estos conectores primarios, que se conocen frecuentemente como **grupos de contactos** o bien **contactos de desconexión**, consisten frecuentemente de varios contactos cargados con resorte (Figura 32). El número de contactos que se utiliza depende de la cantidad de corriente que llevarán. Los contactos son elaborados de un excelente material conductor o combinación de materiales, por ejemplo cobre revestido con plata.

Figura 32. Vista posterior de un Interruptor de Circuito de Potencia Magnum DS que muestra Seis Grupos de Contactos Primarios



Conexiones eléctricas secundarias se hacen o deshacen habitualmente automáticamente conforme el interruptor de circuito es introducido y removido de su compartimiento. Conforme el interruptor de circuito es colocado **en la posición de “Prueba” a partir de la posición de “Desconexión”, las conexiones secundarias se efectúan** proporcionando la energía secundaria requerida para prueba u operación del interruptor, pero no la corriente primaria. Las secundarias **permanecen conectadas mientras el interruptor es introducido en la posición “Conectada”**. Cuando el interruptor de circuito es removido de la posición “Conectada”, las secundarias permanecen conectadas hasta que el interruptor de circuito sea desplazado fuera de su compartimiento más allá de la posición de “Prueba”. Las gráficas de las cuatro posiciones representadas antes en este módulo muestran el movimiento y las conexiones.

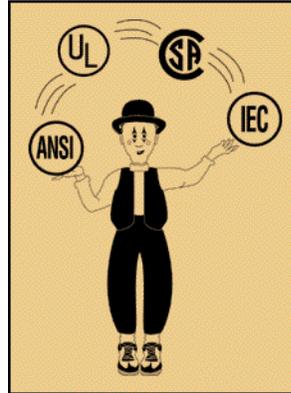
Estándares Rectores

Usted recordará del Módulo 5 que los interruptores de circuito son diseñados, construidos y probados de conformidad con uno o varios conjuntos específicos de estándares. En este módulo, se le presentará los estándares específicos para interruptores de circuito de potencia de baja tensión. El propósito aquí no es presentar y estudiar los diferentes estándares aplicables palabra por palabra. Este tipo de objetivo sería un curso por sí solo. Nuestro propósito es entender algo

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

sobre estándares relacionados con interruptores de circuito de potencia de baja tensión, en donde se encontrarán y en donde están ahora.

Figura 33. Muchos Estándares



Usted oirá a muchas a muchas personas repetir designaciones de estándares específicos. Muchas de esas personas no tienen un conocimiento preciso de lo que dicen realmente los estándares, ni tampoco decimos que deberían tener este conocimiento. La selección real de producto con base en cumplimiento con estándares debe ser dejada a los expertos. Sin embargo es útil conocer los estándares específicos con los cuales cumplen sus productos y los temas generales abordados por un estándar específico.

Tenga en mente que existe un estándar para casi todo. Existen estándares específicos para interruptores de circuito y otros para el ensamble estructural. El cumplimiento con estos estándares estrictos asegura al cliente la mejor selección posible de producto con un alto grado de comodidad. **No hay espacio para compromisos cuando el desempeño, la calidad y la seguridad están en juego.**

Hace varios años, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión y la mayor parte de los demás tipos de equipo eran diseñados y construidos primariamente solamente con estándares domésticos en mente. Este enfoque era también el enfoque de los proveedores extranjeros. Un fabricante ofrecía un interruptor diseñado, probado y fabricado cumpliendo con los estándares aplicables para esta parte del mundo o bien para un país particular. El intentar desempeñar un papel importante en otros mercados mundiales era extremadamente difícil en el mejor de los casos. Si los fabricantes hoy en día desean ser participantes globales, deben ofrecer productos que cumplen con los estándares aplicables en varios mercados diferentes en el mundo. Esto requerirá que usted se familiarice con la nomenclatura, valores de operación, procedimientos y estándares rectores tanto domésticos como internacionales. La tarea es mayor pero también la recompensa.

Algunas de las líneas que separan diferentes tipos de interruptores de circuito de baja tensión fueron borrados a veces en el pasado. Los interruptores de circuito de potencia de marco metálico de baja tensión fueron construidos y probados de conformidad con ciertas especificaciones ANSI y UL, mientras que algunos interruptores de circuito en cajas, de baja tensión, eran probados de conformidad con UL para interruptores de circuito en cajas moldeadas. Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión más recientes, como por ejemplo **Magnum DS**, son probados con relación a estándares de interruptores de circuito de potencia de baja tensión específicos, como por ejemplo ANSI. Son también probados con relación a estándares que abarcan una gama de producto mucho más amplia, por

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

ejemplo IEC. Los estándares de prueba primarios asociados con los interruptores de circuitos de potencia de baja tensión hoy en día son los siguientes:

ANSI

ANSI C37.50 del The American National Standards Institute es un estándar de prueba norteamericano titulado “Interruptores de potencia CA de baja tensión utilizados en cajas”. Este estándar especifica pruebas rigurosas para desempeño del producto. Existen estándares C37 adicionales que rigen los interruptores de potencia y la construcción de la unidad de disparo, como por ejemplo C37.13 y C37.17, respectivamente.

UL

UL1066, de *Underwriter's Laboratories Incorporated*, requiere esencialmente de prueba para demostrar el cumplimiento con la norma ANSI C37.50 que acabamos de mencionar. Una etiqueta UL se fija sobre el interruptor para indicar un cumplimiento exitoso.

IEC

IEC 947-2 de *Comisión Electrotécnica Internacional* es un estándar de prueba internacional más general que abarca una amplia gama de dispositivos, incluyendo interruptores de todos tipos y tiene por título “Switchgear y Controlgear de Baja Tensión”.

Comentarios finales sobre Estándares

Antes de concluir esta sección, puede ser útil para minimizar la confusión que usted recuerde que existe frecuentemente muchas referencias a otros estándares dentro de un estándar específico. Una prueba exitosa con relación a un estándar incluye frecuentemente el cumplimiento automático de otros estándares.

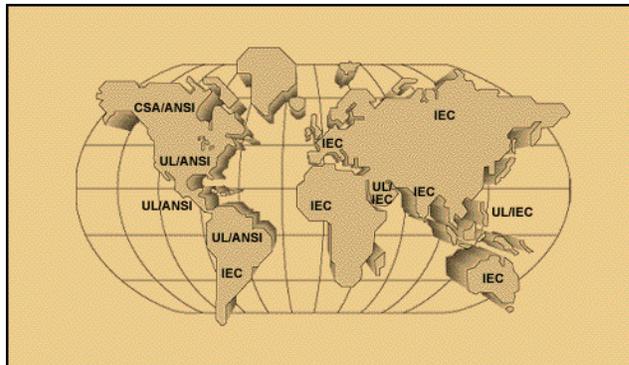
Ejemplo 1 - ANSI C37.13 presenta con detalles los atributos físicos, por ejemplo energía almacenada, que debe tener un interruptor de potencia CA de baja tensión, mientras que ANSI C37.50 hace referencia a C37.13 y presenta con detalles cómo se debe efectuar la prueba del interruptor. La clave aquí es que una prueba exitosa cumpliendo con ANSI C37.50 hace que cumpla con C37.13.

Ejemplo 2 - De manera similar, IEC 947-2 hace referencia a IEC 947-1 (Reglas Generales). El cumplimiento con IEC 947-2, por consiguiente implica el cumplimiento con IEC 947-1.

Prueba

La prueba requerida y los estándares que deben ser cumplidos por un interruptor de potencia de baja tensión dependen del área del mundo en donde se utiliza el interruptor. Para desempeñar un papel internacional importante, los interruptores de potencia de baja tensión deben poder cumplir con los **requerimientos de ANSI, UL y IEC** (Figura 34).

Figura 34. Estándares Mundiales Dominantes



Conforme avanza en este módulo, usted tendrá conciencia que la prueba requerida es el factor clave para definir el tipo de interruptor. De manera muy general y

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

simplista, los interruptores de potencia de baja tensión son sometidos a una secuencia de cuatro pruebas rigurosas.

1. La primera secuencia consiste de una prueba de elevación de temperatura, sobrecarga y cortocircuito.
2. La segunda secuencia consiste de una serie de pruebas de cortocircuito.
3. La tercera secuencia es una prueba de resistencia.
4. La cuarta secuencia es una prueba de valores de operación momentáneos.

Interruptores en cajas moldeadas, por ejemplo, son sometidos a pruebas similares a los números 1, 2 y 3. La cuarta secuencia de pruebas, la **prueba de valores de operación momentáneos**, es específica para los interruptores de potencia y para ciertos interruptores en cajas moldeadas según IEC.

En este módulo no se presentarán detalles específicos de las pruebas. Se indicará sin embargo que la prueba de valores de operación momentáneos que acabamos de mencionar (secuencia de prueba 4) somete el interruptor a fuerzas físicas importantes y a efectos de calentamiento severos. Planteado de manera muy sencilla, el interruptor es sometido a su valor de corriente breve completo durante dos (2) períodos de hasta 30 ciclos cada uno. El **valor de operación breve indica la magnitud de corriente que el interruptor puede soportar con contactos cerrados durante un período breve sin ser dañado**. El valor de operación breve del interruptor es frecuentemente igual a su capacidad interruptiva de 600 volts. Un interruptor de potencia de baja tensión debe ser suficientemente fuerte para superar esta prueba y funcionar correctamente después de ella.

Ayuda al Cliente

La selección del interruptor de potencia de baja tensión correcto para una aplicación específica no es difícil. Existen sin embargo algunas preguntas importantes que se deben contestar. Afortunadamente, la parte más difícil del trabajo ya ha sido efectuada por otros especialistas cuando determinaron los requerimientos del sistema.

Esto incluye la determinación de lo siguiente:

- Tipo de Interruptor requerido
- Tensión de aplicación
- Sistema de corriente de falla máximo encontrado
- Corriente continua para el sistema y cada ramal
- Frecuencia del Sistema
- Tipo de capacidades de unidad de disparo
- Funciones Programables
- Necesidades de accesorios
- Configuraciones de montaje
- Requerimientos especiales

Su trabajo es cerciorarse que estos tipos de preguntas tienen respuestas. Entre más familiarizado esté usted con una línea particular de interruptor, más fácil será su tarea. Primero vamos a ver lo que hacen los fabricantes de interruptor para ayudar.

Los fabricantes ofrecen normalmente mucho apoyo en el sentido de material impreso, información accesible a través de computadora y contacto directo. Sin embargo esto no significa que usted no debe hacer todo el esfuerzo posible para saber personalmente lo que está disponible. Aprenda a usar toda la información ofrecida.

La mayoría de los factores de selección pertenecen a una de las dos categorías siguientes:

- Factores de selección estándares
- Factores de selección especiales

Factores de Selección Estándares

Los factores de selección estándares están normalmente asociados con los valores de operación del interruptor/estándares, método de operación, accesorios y la forma de montaje del interruptor. Los elementos más comunes se comentarán a continuación.

1. **Estándares** - Los estándares aplicables fueron comentados en este módulo y módulos anteriores. Se le debe decir o de aparecer en una especificación escrita los estándares que deben cumplir los interruptores. Los interruptores de potencia de baja tensión recientes cumplen con una amplia gama de estándares y por esta razón son aceptables en la mayor parte del mundo. Además cerciórese que está conciente de cualquier requisito y/o estándar local especial.
2. **Valores de Operación** - Es una parte crítica del proceso de selección. Usted ya debe saber lo que se requiere. Ahora debe determinar que interruptores específicos cumplen con los requerimientos de valores de operación. Los fabricantes proporcionan normalmente tablas fáciles de leer que presentan

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

los valores de operación de cada cuadro de interruptor. Guarde en mente que puede existir más de una tabla. Esto es especialmente cierto en el caso de diseños de interruptores recientes que cumplen tanto con requerimientos ANSI como con requerimientos IEC. Un fabricante puede seleccionar presentarlo como una tabla combinada o bien dos tablas. Si usted sabe lo que se requiere, podrán efectuar una selección a partir de las tablas en circunstancias normales.

Ejemplo ANSI

Vamos a considerar una tabla ANSI típica para un interruptor de potencia de baja tensión y ver lo que ofrece (Figura 35). La tabla utilizada en este ejemplo no abarca todos los valores de operación de interruptor para un diseño particular.

Se presenta una parte suficiente de la tabla para que usted tenga un buen conocimiento práctico de cómo utilizarla. Cada área de la tabla que se comenta es identificada por una letra en un círculo con el objeto de simplificar los comentarios. Un último punto importante debe precisarse antes de iniciar. **Lea siempre cuidadosamente las referencias en pie de tabla.** Ofrecen una información importante y deben ser esenciales para una selección correcta.

Figura 35. Ejemplo de tabla de Valores de Operación ANSI

A Tipo de Interruptor	B Tamaño de Cuadro Amperes	C Capacidad Interruptiva, rma Simetrico Amperes					
		D Con Disparo Instantáneo			E Sin Disparo Instantáneo ①		
		208-240V	480V	600V	208-240V	480V	600V
XYZ-508	800	65,000	50,000	42,000	50,000	50,000	42,000
XYZ-616	1600	65,000	65,000	50,000	65,000	65,000	50,000
XYZ-632	3200	85,000	65,000	65,000	65,000	65,000	65,000

① También capacidad breve

A: El “Tipo de Interruptor” es habitualmente el nombre dado al interruptor por el fabricante junto con alguna información general sobre las capacidades de este tipo de interruptor específico. En la tabla de capacidades mostrada, **XYZ-508** es el primer interruptor listado. El **XYZ** es el nombre del interruptor. El primer número “**5**” le ofrece una idea general de la capacidad interruptiva del interruptor XYZ-508 a una tensión de 480 volts. Es un método de presentación común puesto que la tensión de utilización más ampliamente utilizada a nivel doméstico es 480 volts. Los últimos dos números “**08**” en este caso le informan habitualmente del valor de operación de corriente continua máximo del interruptor. Por consiguiente XYZ-508 puede llevar 800 amperes continuamente, e interrumpir 50,000 amperes a 480 volts.

B: Esta columna presenta específicamente la corriente continua máxima que el interruptor puede llevar. Obsérvese que el tipo de interruptor **XYZ-616** en la tabla lleva una corriente continua máxima de **1600 amperes**. Obsérvese que los dos últimos números del interruptor de tipo XYZ-616 (“**16**”) le da la misma información, y 16 significa 1600. Tómese el tiempo de hacer la misma comparación con el interruptor de tipo **XYZ-632**.

C: Obsérvese que el resto de esta tabla está dedicado a las capacidades interruptivas en amperes de los diferentes tipos de interruptores en tensión de aplicación diferentes. Obsérvese también que las tensiones de aplicación listadas son:

- 208-240 volts

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

- 480 volts
- 600 volts

El rango de tensión nominal para el **mercado ANSI es 208 a 600 Volts CA a una frecuencia de 50 o 60 hertz**. Familiarícese con estas tensiones cuando platica de interruptores de potencia de baja tensión según ANSI.

D: Usted observará que estas dos columnas están marcadas de manera diferente. La primera columna “**Con disparo instantáneo**” presenta las capacidades interruptivas de cada cuadro de interruptor en diferentes tensiones de aplicación. Estos valores son **aplicables cuando la unidad de disparo del interruptor proporcionan una interrupción instantánea**. En otras palabras, el interruptor puede ser aplicado para manejar con seguridad fallas de las magnitudes mostradas.

Observará también que en la columna intitulada “**Sin disparo instantáneo**” que algunos de los valores de interrupción son relativamente inferiores que la columna izquierda bajo 208-240 volts. Estos valores son las magnitudes que le interruptor puede **tolerar con seguridad durante un breve período (30 ciclos) antes de abrir en los valores de retardo breve mostrados**. Esto puede parecer contradictorio. De hecho no lo es por varias razones que se presentan a continuación.

1. Usted recordará con base en el material presentado antes que una capacidad breve de un interruptor de potencia de baja tensión es normalmente igual a su capacidad interruptiva. La palabra clave aquí es **normalmente**. La tabla parcial de valores considerada aquí indica ya que existen algunas veces muy limitadas cuando un interruptor de potencia de baja tensión puede tener una capacidad interruptiva más alta si tiene protección instantánea y no solamente protección breve y sin protección instantánea. Esto fue probablemente el resultado de una decisión consciente de cumplir con algún requisito de aplicación muy específico para un cliente o una industria particular, sabiendo que un interruptor debía tener una protección instantánea para ser aplicada a estos valores relativamente más elevados.
2. Sigue el hecho que los interruptores de potencia de baja tensión **deben** ser aplicados y solamente **son** aplicados de conformidad con las capacidades indicadas en su placa. En casi todos los casos, esto muestra que la capacidad interruptiva y la capacidad breve son iguales. Cuando se consideran sistemas eléctricos, cálculos de falla son efectuados para determinar la **corriente de falla máxima** que un sistema puede soportar. Interruptores de potencia de baja tensión son seleccionados entonces con capacidades que pueden **manejar exitosamente y con seguridad el escenario de falla de peor caso calculado**. En otras palabras, si un interruptor de potencia de baja tensión con un valor de corriente de retardo breve adecuado es aplicado, permanecerá cerrado durante un tiempo breve apropiado de cualquier manera. Esto es cierto puesto que no experimentará más de lo que está diseñado para manejar con seguridad. Aquí termina esta parte de la historia.
3. Además, un interruptor de potencia de baja tensión, **que se encuentra ya en la posición abierta**, se disparará instantáneamente si se intenta cerrar el interruptor en una falla existente. Esta característica de seguridad evita el daño que podría resultar del cierre en estado de falla. Hoy en día, esta característica se logra normalmente a través de un circuito que es parte de la unidad de disparo. Este circuito de autoprotección se conoce frecuentemente como circuito discriminador o bien puede conocerse como una **liberación de**

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

corriente en diseños más recientes como por ejemplo **Magnum DS**. Su propósito no tiene nada que ver con un interruptor ya cerrado y funcionando.

Ahora no vamos a comentar como se logra técnicamente esta característica. Sepa solamente que dicha característica existe con los interruptores de potencia de baja tensión. Un material de capacitación futuro específico para un diseño de interruptor de potencia de baja tensión particular presentará el modo de lograrlo.

Recuerde:

- Los interruptores de potencia de baja tensión son aplicados en los valores de operación de su placa.
- Los interruptores de potencia de baja tensión seleccionados para su aplicación para manejar la falla máxima que podría encontrarse en donde se aplican.
- Los interruptores de potencia de baja tensión están equipados con dispositivos para disparar (abrir) instantáneamente si son cerrados en una falla existente.

E: Vamos a ver rápidamente la nota de pie de tabla. Nos dice que estos valores son también los valores breves del interruptor. El material en D fue comentado como si ya supiéramos que estos valores eran valores breves, y lo sabíamos. Suponemos que no lo supiéramos y no habíamos leído la nota de pie de tabla. No estaríamos informados para la selección del interruptor apropiado. Sería lo mismo que hacer una selección a ciegas. **Lea las notas en pie de tablas.**

Ejemplo IEC

Ejemplo IEC - Un ejemplo IEC similar al que acabamos de presentar se ofrecerá a continuación. Tablas de valores y la presentación de los datos pueden cambiar de país a país y hasta de fabricante a fabricante. Sin embargo la información presentada es habitualmente similar. Usted debe tener conciencia de algunas de las diferencias notables en los datos presentados, y **comenzar ahora a familiarizarse con los interruptores clasificados según IEC**. Por ahora, considere lo siguiente para comenzar:

- El rango de tensión para el mercado internacional es de **380 a 690 Volts CA** a una frecuencia de **50 o 60 hertz**.
- El rango general de corriente continua para interruptores de potencia de baja tensión es de **800 a 6300 amperes**.
- Las abreviaturas de tensión e intensidad y nombres son diferentes, como por ejemplo: :
 U_e – tensión de aplicación, como por ejemplo 380 o 690 volts.
 I_n – intensidad nominal, por ejemplo 800 o 6300 amperes.
 I_{cs} – capacidad de interrupción breve de servicio nominal.
 I_{cu} – capacidad de interrupción de cortocircuito última nominal.
 I_{cw} – intensidad de resistencia breve nominal (similar al valor nominal breve según ANSI y se espera que el interruptor funcione correctamente otra vez después de haber manejado la I_{cw}).

Ejemplo ANSI y IEC

Comparemos desde una perspectiva de presentación. Acuérdesse que lo importante es:

1. ¿El interruptor considerado dará el servicio?
2. ¿El interruptor considerado cumple todos los estándares aplicables en donde se utiliza?

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

No es posible tomar simplemente un producto diseñado y probado de conformidad con un estándar (ANSI o IEC) y certificando con el otro estándar. Un fabricante debe efectuar un esfuerzo de diseño para cumplir ambos estándares individualmente.

Marco de Interruptor (A)	Tensión Nominal (V)	Interrupción (kA)
IEC 800 - 2000	415	40 ó 65 ó 130
	690	40 ó 65 ó 85
ANSI 800 - 1600	480	42 ó 100 ó 200
	600	42 ó 100 ó 200

No se trata de un ejemplo que incluya todas las opciones. Tiene solamente el propósito de hacer comparaciones sencillas entre ANSI y IEC en cuanto algunos de los puntos más comunes que deben considerarse cuando se seleccionan interruptores de potencia de baja tensión. Usted puede observar que aún cuando no son exactamente iguales, es esencialmente una cuestión de familiarizarse con ellos.

- Método de Operación** - De conformidad con lo comentado arriba, interruptores de potencia de baja tensión son operados ya sea **manual o eléctricamente**. Se debe explicar siempre el método de operación. En algún momento tendrá que conocer la tensión de control secundaria utilizada para un interruptor operado eléctricamente. Aún si los interruptores son operados manualmente, **es una buena idea conocer la tensión de control secundaria**. La tensión de control es necesaria para la selección final de numerosos elementos, no solamente los interruptores operados eléctricamente.
- Accesorios** - Muchos de los accesorios comunes relacionados con los interruptores de potencia de baja tensión fueron comentados antes. Usted tiene que fijarse en estos elementos en una especificación o preguntar al cliente si se requiere. Entonces se puede determinar si un accesorio compatible está disponible para satisfacer la necesidad. Haga una **lista de los accesorios requeridos y de los requerimientos específicos** apropiados para ellos, como por ejemplo tensión de control, número y tipos de contactos y función global.
- Método de Montaje** - Necesitará saber si los interruptores serán **fijos o removibles**. Revise siempre para determinar si existen requerimientos especiales para una de estas configuraciones.

Factores de Selección Especiales

Tal vez no se tenga que considerar condiciones especiales, aún cuando esto debe de terminarse lo más pronto posible. Usted debe poder manejar ciertas condiciones especiales y otras pueden requerir de ayuda del fabricante. No dude en solicitar ayuda. Algunas condiciones o requerimientos que pueden no considerarse como estándares son:

- Temperaturas ambientes altas o bajas
- Atmósferas húmedas o corrosivas
- Altura
- Altas condiciones de choque
- Condiciones de montaje de interruptor no habituales

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 3

Conteste las siguientes preguntas sin referirse al material que se le acaba de presentar.

- Entre los dos métodos de montaje más comunes para interruptores de potencia de baja tensión, la configuración fija es la más común puesto que es más económica.
VERDADERO FALSO
- Cuando un interruptor de potencia de baja tensión de tipo removible se encuentra en la posición “conectado”, se hacen tanto conexiones eléctricas _____ y _____ .
- Si se le pide que seleccione un interruptor de potencia de baja tensión, mencione por lo menos cinco factores de selección, factores estándares o especiales, que puede tomar en cuenta durante el proceso de selección.

- En una tabla de capacidades de interruptor de potencia de baja tensión, “El tamaño de cuadro” indica la capacidad interruptiva del interruptor en amperes.
VERDADERO FALSO
- El rango de tensión nominal para interruptores de potencia de baja tensión en el mercado doméstico regido por estándares ANSI es _____ a 600 Volts CA.
- En términos del mercado internacional regido por estándares IEC, U_e representa _____, por ejemplo 415 volts.
- En el mercado global de hoy en día, los estándares son habitualmente tan similares que un interruptor de potencia de baja tensión diseñado y probado de conformidad con los estándares IEC puede simplemente ser certificado con relación a los estándares ANSI y viceversa, sin necesidad de pruebas adicionales.
VERDADERO FALSO
- Un interruptor de potencia de baja tensión está siempre equipado con protección instantánea contra cierre en una corriente de falla.
VERDADERO FALSO
- Interruptores de potencia de baja tensión son seleccionados y aplicados para manejar con seguridad la corriente de falla _____ a la cual podrían estar expuestos.
- Circule la letra al lado del estándar de prueba que mayor influencia sobre el diseño y la prueba de interruptores de potencia de baja tensión utilizados en los estados unidos .
(a) ANSI C50.51
(b) UL1866
(c) IEC 947-2
(d) ANSI C37.50

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Interruptores de Potencia de Baja Tensión Avanzados

La Familia **Magnum DS** de interruptores de potencia de baja tensión no es una extensión de ningún otro diseño de baja tensión (Figura 36). Es lo más avanzado en cuanto a tecnología y desarrollo. Por esta razón, es un diseño excelente para comentarios cuando se requieren de ciertos ejemplos específicos en este módulo. Recuerde sin embargo que no todos los interruptores de potencia de baja tensión ofrecen necesariamente tantas características ni utilizan la misma tecnología avanzada que **Magnum DS**. Aún cuando esto puede ser el caso, no significa que otro diseño no califique como interruptor de potencia de baja tensión o que no haya otros interruptores de potencia de baja tensión con alta capacidad.

Figura 36. Familia **Magnum DS** de Interruptores de Potencia de Baja Tensión, 2 tamaños de marco de 800 a 5000 Amperes



El Magnum DS es un interruptor de potencia de baja tensión. Es construido y probado para todos los estándares ANSI aplicables para interruptores de potencia CA de baja tensión y listados en Underwriter's Laboratories. Debido a su diseño flexible, una **versión** de **Magnum DS** calificado por la Comisión Electrotécnica Internacional está también disponible para requerimientos internacionales. Esta versión de IEC se conoce como **Magnum**. Todo lo que se espera de un interruptor de potencia de baja tensión clasificado según ANSI lo ofrece **Magnum DS**, y algo más. Si usted piensa que esto suena un poco subjetivo, es cierto. Cutler-Hammer está orgulloso de **Magnum DS**, y conforme tenga una información más detallada sobre los interruptores de potencia de baja tensión, ciertamente que estará de acuerdo.

Usted recordará un comentario sobre las áreas que pueden diferenciar un interruptor de potencia de baja tensión de otros tipos de interruptores de circuito de baja tensión. Específicamente:

- Método utilizado para conectar y desconectar circuitos.
- Valores de Operación
- Construcción/Mantenimiento
- Unidad de Disparo Montada Integralmente
- Mecanismos de Operación
- Pruebas

Inicialmente, a usted se le introdujo a los factores primarios que hacen que el interruptor de potencia de baja tensión sea único. Otros factores y métodos que fueron relativamente comunes con los interruptores de potencia de baja tensión pero no necesariamente únicos fueron también comentados. Usted verá de nuevo numerosas áreas que acabo de mencionar. Varios temas comentados, sin embargo, presentarán mayores detalles, con énfasis especial en los factores que diferencian los interruptores de potencia de baja tensión de los demás tipos de interruptores de circuito de baja tensión, como por ejemplo los interruptores de

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

circuito en cajas moldeadas y cajas aisladas. Los temas generales que se comentarán son los siguientes:

- Estándares y Pruebas
- Métodos de Construcción
- Valores de Operación y Desempeño
- Técnicas de Operación
- Unidad de Disparo Integral
- Aplicaciones
- Resumen sobre Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Esta segunda sección reitera muchos de los hechos aprendidos, recalcando los factores únicos asociados con los interruptores de potencia de baja tensión. Este resumen puede servir de repaso y de referencia rápida futura.

Estándares y Pruebas

Los estándares aplicables a los interruptores de potencia de baja tensión y las pruebas involucradas para comprobar su cumplimiento de un diseño de interruptor de potencia de baja tensión específico se presentan en el Módulo 5 y previamente en este módulo. Usted aprendió a partir de estos comentarios que los estándares y las pruebas son lo esencial. Es cierto desde tres perspectivas importantes:

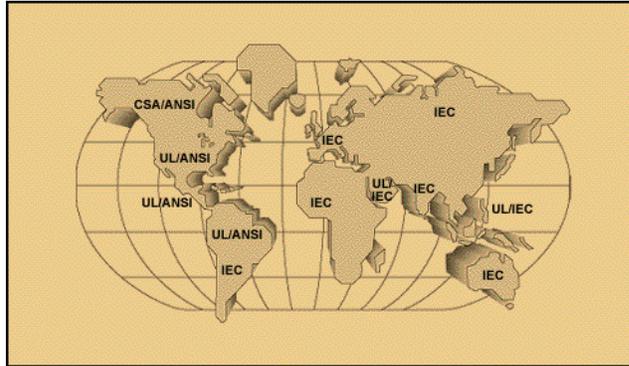
1. Es la determinación de la industria en cuanto a sí o no un diseño particular de interruptor puede cumplir una amplia gama de requerimientos físicos y de operación publicados.
2. El cumplimiento comprobado y establecido con estándares específicos indica a los usuarios potenciales que el equipo de los fabricantes considerados cumple con ciertos estándares básicos, lo que hace que el proceso de evaluación del usuario sea mucho más sencillo. Una vez efectuada esta determinación, un fabricante particular puede seguir ganando una gran ventaja ofreciendo características adicionales únicas y/o un enfoque de diseño operacional preferido por el usuario.
3. Es una forma sólida de definir tipos específicos de interruptores dentro de un grupo general más amplio. Por ejemplo, El grupo general más amplio es "Interruptores de Baja Tensión". Tipos específicos dentro del grupo de los Interruptores de Baja Tensión sería "Potencia de Baja Tensión, Caja Aislada, Caja Moldeada y Miniatura".

Como usted lo puede ver, cuando se especifica un interruptor de circuito de tipo específico, como por ejemplo un interruptor de potencia de baja tensión, la persona que especifica ya conoce las expectativas de base que puede esperar de cada fabricante.

Usted recordará, a partir del Módulo 5 y de las secciones previas, un mapa del mundo que muestra los estándares más importantes en diferentes partes del mundo (Figura 37). Es importante ver de nuevo el mapa para enfatizar la importancia, en la economía globalizada actual, de tener diseños flexibles capaces de cumplir con todos los estándares principales en el mundo. En este módulo el énfasis será primariamente sobre los estándares ANSI y IEC. Usted no debe nunca perder de vista, sin embargo, que existen numerosos otros estándares que pueden ser esenciales para determinar qué equipo es aceptable para aplicación en un área dada del mundo. Se puede tener que considerar hasta los códigos y requerimientos locales y/o de ciudades individuales.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 37. Estándares más influyentes a Escala Mundial



En módulos previos, se hicieron referencias a estándares otros que ANSI y IEC, como por ejemplo UL, IEEE. Existe una fuerte relación entre ANSI, UL e IEEE. De hecho, usted observará en las publicaciones de los fabricantes de interruptores de circuito de potencia de baja tensión y hasta en switchgear blindados de baja tensión referencias a todos estos estándares. Los siguientes dos ejemplos son declaraciones típicas que usted puede encontrar al leer publicaciones tanto sobre interruptores de potencia como de switchgear blindados:

Declaración Típica de Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión:

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión de Tipo XYZ son listados según UL, y construidos y probados según estándares NEMA, ANSI, IEEE y UL aplicables (ANSI C37.50, C37.13, UL 1066).

Declaración Típica en cuando a Switchgear blindados de Baja Tensión: El switchgear blindado de baja tensión de Tipo XYZ cumple con NEMA SG3, NEMA SG5, ANSI C37.20.1, ANSI C37.51 y UL1558.

Se le puede hacer confuso. Una vez comprendida la relación, resultará claro el porqué de estas referencias. No se harán comentarios detallados de los estándares con relación a switchgear blindados para baja tensión en este módulo, solamente a los estándares relevantes para los interruptores de circuito de potencia. No se olvide sin embargo que funciona de la misma manera. Los estándares establecen requerimientos diferentes para los equipos diferentes, pero la intención es la misma - **un equipo seguro con capacidades de desempeño comprobadas.**

Para el propósito de esta sección, vamos a identificar los actores principales y daremos detalles sobre algunos de ellos. Esto no puede considerarse como un sustituto de los estándares mismos. Para una explicación completa de un estándar, consulte el estándar mismo para detalles e instrucciones de cumplimiento apropiadas.

IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

- IEEE es una organización técnica objetiva que consiste de fabricantes, usuarios, y otras partes interesadas en general.
- IEEE presenta definiciones técnicas, requerimientos técnicos, límites de temperatura, corrección de altura, límites de aislamiento, y condiciones de servicio. Para equipo eléctrico, incluyendo switchgear, suministra los requerimientos de prueba para la construcción de circuitos de potencia de baja tensión y estándares de prueba, específicamente ANSI C37.13 y ANSI C37.50.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico)

- NEMA es una organización que incluye solamente a fabricantes de equipo eléctrico, por ejemplo Cutler-Hammer, General Electric, y Square D. NEMA define los valores de operación preferidos, equipos relacionados, y recomendaciones de aplicación.
- Los estándares NEMA abarcan normalmente información adicional sobre un producto de interés específico para los fabricantes, que no incluye el Comité de Estándares Nacionales Americano en su alcance. NEMA tiene derecho a voto sobre lo adecuado de estándares para designación ANSI y adopta, por referencia, los Estándares Nacionales Americanos apropiados.
- El estándar NEMA para interruptores de circuito de potencia de baja tensión aplicable es SG-3, y adopta totalmente ANSI C37.16.

UL (Underwriters Laboratories Inc.)

- UL es una compañía de certificación y prueba de terceros, independiente, no lucrativa, con oficinas principales en Northbrook, Illinois. Funciona para desarrollar estándares y para asegurar que el equipo cumple con los estándares publicados relevantes.
- UL adopta también estándares reconocidos y, en algunos casos, desarrolla sus propias pruebas de certificación independientes. En el caso de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión, el estándar de UL es UL1066, que fue mencionado previamente. UL1066 titulado “Estándar para Interruptores de Circuito de Potencia CA y CD de Baja Tensión utilizado en gabinetes” pide que las pruebas demuestren el cumplimiento con ANSI/IEEE C37.13 sin cambio. Una etiqueta UL se coloca sobre el interruptor de circuito para indicar un cumplimiento exitoso.

CSA (Asociación Canadiense de Estándares)

- La Asociación Canadiense de Estándares pertenece a la categoría de los estándares internacionales principales. Sus requerimientos de diseño y prueba son esencialmente los mismos que los requeridos por UL. De hecho, programas de armonización UL y CSA se están llevando a cabo para cerrar la brecha y/o eliminar las diferencias. El estándar de la Asociación Canadiense de Estándares más asociado con los interruptores de potencia de baja tensión es CSA 22.2-31 para Switchgear.

ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales)

Ya se le dió una introducción a ANSI. Ahora vamos a estudiar más a fondo ANSI porque ANSI es la clave para los interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Es la **Autoridad Norteamericana Reconocida** en materia de estándares de equipo.

Propósito de ANSI - ANSI es una organización no lucrativa con fondos privados que coordina el desarrollo de los estándares nacionales voluntarios norteamericanos, conocidos como Estándares Nacionales Americanos. Es también la entidad estadounidense miembro de las entidades de estándares internacionales que no pertenecen a tratados, como por ejemplo la Organización Internacional para Estandarización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). ANSI atiende tanto las necesidades del sector privado como la del sector público en materia de estandarización voluntaria.

Historia de ANSI - El instituto fue fundado en 1918. Surgió como necesidad de una organización de tipo cúpula para coordinar las actividades del sistema estadounidense de estándares voluntarios y eliminar conflicto y/o duplicación en el proceso de desarrollo. El instituto atiende a una membresía diversa de más de 1300 compañías, 250 organizaciones profesionales, técnicas, comerciales, laborales y de consumidores y unas 30 agencias gubernamentales.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Un ejemplo muy sencillo y sin embargo muy típico de la razón por la cual se fundó ANSI puede relacionarse a los interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Al inicio del desarrollo de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión, los fabricantes y los usuarios estaban construyendo y utilizando equipo pensando poco en un desempeño uniforme o en una estandarización de diseño. El estándar **C37** fue desarrollado e implementado para establecer estándares de desempeño mínimo para el interruptor de circuito y sus características de diseño.

El estándar tomó en cuenta hasta los detalles más pequeños. Un botón de cierre, por ejemplo, no puede decir cierre ni puede tener variación de color según el fabricante. Estas inconsistencias de diseño hacen que los productos sean confusos para los clientes. Esto puede parecer un punto trivial, pero imagínese el problema con todos los aspectos de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión.

Funciones de ANSI - ANSI funciona para :

- Coordinar la auto-regulación, puesto que se trata de un proceso de sistema estándares voluntarios por consenso
- Administrar el desarrollo de estándares y aprobarlos como Estándares Nacionales Americanos
- Ofrecer los medios para que los Estados Unidos de América influencien el desarrollo de estándares internacionales y regionales.
- Diseminar información oportuna e importante en materia de actividades de estándares nacionales, internacionales y regionales a la industria Norteamericana

Estos estándares tienen en propósito de ofrecer una guía, dirección y requerimientos. El cumplimiento de estos estándares no pretende limitar a los fabricantes en cuanto a construcción, materiales o tecnología empleada.

Con relación específica a los interruptores de potencia, los estándares de ANSI son redactados ya sea por el Comité de Switchgear de IEEE o NEMA. Los estándares eléctricos redactados por ambas organizaciones son revisados y explicados por el Comité Acreditado en materia de Estándares (ASC) para switchgear de potencia e interruptores de potencia. El grupo de estándares de ASC lleva por título C37.

Estándares definidos por ANSI para Interruptores de Potencia de Baja Tensión - Aún cuando existen numerosos estándares ANSI con relación a diferentes tipos de equipo, aquí se presentan solamente los estándares que se relacionan con los interruptores de circuito de potencia de baja tensión. El propósito es que usted tenga conocimiento solamente del número de estándares aplicables a una sola categoría de equipo eléctrico. Usted observará que cada estándar es seguido por un año específico. Conforme se elaboran adiciones o cambios a un estándar, se altera el año para indicar la última versión. Evidentemente, el estar al día con la última versión es un proceso constante. Debe observar también que cada estándar recibe una definición general.

1. **ANSI/IEEE C37.13-1990**, "Interruptores de Circuito de Potencia CA de Baja Tensión empleados en Gabinetes"
2. **ANSI C37.16-1997**, "Requerimientos Relacionados con los Valores de Operación Preferidos y Recomendaciones de Aplicación para Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión y Protectores de Circuito de Potencia CA"
3. **ANSI C37.17-1997**, "Dispositivos de Disparo para Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión CA y CD para Propósitos Generales"

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

4. **ANSI C37.50-1989**, "Procedimiento de Prueba para Interruptores de Circuito de Potencia CA de Baja Tensión utilizados en Gabinetes"
5. **Estándar IEEE C37.100-1992**, "Definiciones de Estándar de IEEE para Switchgear de Potencia"
6. **IEEE C37.20.1-1993**, "Estándar para Switchgear de Interruptor de Circuito de Potencia de Baja Tensión en Gabinete Metálico"
7. **ANSI C37.51-1989**, "Estándar para Switchgear - Ensamblajes de Switchgear de Interruptor de Circuito de Potencia de Baja Tensión en Gabinete Metálico - Procedimientos de Prueba de Cumplimiento"
8. **NEMA SG-3-1981**, "Interruptor de Circuito de Potencia de Baja Tensión"
9. **UL1066-1993**, "Estándar para Interruptores de Circuito de Potencia CD y CA de Baja Tensión utilizados en Gabinetes"

Esta larga lista le ofrece una indicación del porqué se trata de un asunto de carácter práctico cuando un fabricante establece que un equipo es construido y probado de conformidad con todos los estándares NEMA, ANSI, IEEE y UL aplicables. Se mencionó también que una gran cantidad de referencias a otros estándares se llevan a cabo dentro del cuerpo de un estándar específico. La prueba exitosa y cumplimiento con relación a un estándar incluye frecuentemente el cumplimiento automático de otros estándares. Vale la pena repetir uno de los ejemplos dados.

Ejemplo: ANSI C37.13 presenta detalles de los atributos físicos, como por ejemplo *Energía Almacenada*, que debe cumplir un interruptor de circuito de potencia CA de baja tensión. Al mismo tiempo, ANSI C37.50 hace referencia a C37.13 y presenta con detalles cómo se debe probar el interruptor de circuito descrito. La clave aquí es que una prueba exitosa de conformidad con ANSI C37.50 significa el cumplimiento con C37.13. No hay necesidad de mencionarse C37.13, cuando se indica que el interruptor de circuito cumple con C37.50.

IEC (Comisión
Electrotécnica
Internacional)

IEC preside la estandarización de equipo para varias otras partes del mundo. Tomando en cuenta los mercados globales actuales, existe una cantidad significativa de interacciones entre las organizaciones que acabamos de mencionar e IEC.

IEC 947-2 es un estándar de prueba internacional que abarca varios dispositivos, incluyendo **interruptores de circuito de todos tipos**. Tiene por título "Switchgear y Controlgear de baja tensión".

En cuanto a IEC, cada dispositivo probado es de conformidad con IEC 947-2 debe ser sometido a varias secuencias de pruebas para ser aprobados. Puesto que IEC 947-2 abarca tanto interruptores de circuito de potencia de baja tensión como interruptores de circuito en caja moldeada de baja tensión, las secuencias de prueba exactas efectuadas no son necesariamente las mismas. Dependen de la categoría del dispositivo.

Dispositivo de Categoría A - En general es un dispositivo sin una *Capacidad de Carga No Disruptiva* breve, por ejemplo un interruptor de circuito en caja moldeada.

Dispositivo de Categoría B - Es un dispositivo con una capacidad de carga no disruptiva breve, como por ejemplo un interruptor de circuito de potencia y ciertos interruptores de circuito en caja moldeada. Típicamente, estos dispositivos se conocen como *Interruptores de Circuito en Aire* o bien simplemente ACBs.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

IEC 947-2 fue desarrollado con apoyo de miembros del Comité Nacional Norteamericano. Sin embargo existen numerosas diferencias significativas entre IEC 947-2 y los estándares ANSI aplicables. En particular, los varios valores de operación de un interruptor de circuito puede diferir cuando se prueban según cada uno de estos estándares. Por consiguiente, cualquier comparación efectuada entre productos probados según estos estándares diferentes (estándares domésticos versus internacionales) debe efectuarse solamente con una comprensión profunda de las diferencias.

Conclusiones sobre Estándares

Esto puede parecer una cantidad enorme de información en materia de estándares. Es solamente la punta del iceberg. Esto no implica que usted tenga que ser un experto en materia de estándares para trabajar con interruptores de circuito de potencia. Sin embargo usted puede comenzar a darse cuenta del esfuerzo, inversión y trabajo involucrados para poder imprimir legítimamente en un documento la declaración siguiente:

Los Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión “**Magnum DS** son listados según UL y construidos y probados de conformidad con todos los estándares ANSI aplicables”. Recuerde que todos estos estándares establecen **requerimientos mínimos**. Nada impide a un fabricante rebasar estos estándares ofreciendo características adicionales y/o utilizando técnicas de operación mejoradas más recientes para lograr niveles más altos de desempeño. **Magnum DS** hace exactamente esto en varias áreas.

La mayoría de los comentarios siguientes en este módulo serán presentados con relación a estándares ANSI aplicables. Recuerde sin embargo que existen otros estándares en otras partes del mundo. Se deben cumplir para participar en el segmento internacional (Figura 38).

Figura 38. Identificación de Interruptores de Circuito

Nombre de Interruptor de Circuito	Estándar	Etiqueta	Carátula
Magnum DS	ANSI C37 & UL 1066	UL	Gris (ASA 61)
Magnum	IEC 947-2	Marc a CE	Gris Claro

Prueba de Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión según C37.50

La prueba de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión de conformidad con los estándares ANSI requeridos ofrece la primera indicación de lo que hace que un interruptor de circuito de potencia de baja tensión sea un equipo único. Recuerde que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión se **utilizan en los valores de operación indicados en su placa o por debajo de dichos valores**. El valor de operación indicado en la placa es el resultado de haber aprobado exitosamente una serie de pruebas rigurosas. Esto se conoce como **valores de operación del 100%**.

Aún cuando no se abarcará aquí todos los detalles de la prueba, usted tendrá una idea de lo exigente que son estas pruebas definidas según ANSI para interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Las pruebas se describirán como cuatro secuencias de prueba. Se indicará aquí que todas las pruebas se efectúan utilizando un interruptor de circuito *Removable* en su gabinete para cada tamaño de marco.

Las primeras tres secuencias de prueba son similares en muchos aspectos a las pruebas efectuadas en otros tipos de interruptores de circuito de baja tensión, como por ejemplo en el caso de un interruptor de circuito en caja moldeada. Es la **cuarta secuencia de prueba** efectuada en un interruptor de circuito de potencia de baja tensión que diferencia el interruptor de circuito de potencia de otros tipos de interruptores de circuito.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Obsérvese que todas las secuencias de prueba siguientes, excepto la Secuencia de Prueba 4 en la cual el interruptor de circuito no tiene ninguna Unidades de Disparo, son precedidas y seguidas por una prueba de calibración y una revisión del dieléctrico.

Secuencia de Prueba 1 - Esta secuencia de prueba consiste de una prueba de elevación de temperatura para tomar una prueba de interrupción por sobrecarga y después una prueba de cortocircuito. El interruptor de circuito está equipado con un disparador instantáneo.

1. El interruptor de circuito es cargado a 100% del valor de operación máximo del tamaño de marco (en un gabinete normal) hasta que la temperatura sea constante. El estándar presenta una lista de las elevaciones de temperatura permisibles máximas en varias partes del interruptor de circuito.
2. El interruptor de circuito es después sometido a numerosas operaciones de abertura en interrupción por sobrecarga.
3. El interruptor de circuito es después sometido a una prueba de cortocircuito trifásica en su valor de operación de máxima tensión, que es 635 volts para este interruptor de circuito con valor de operación de 600 volts. La corriente de cortocircuito en este caso no puede ser inferior a la capacidad interruptiva de 600 volts del interruptor de circuito probado. Las tres tensiones máximas utilizadas durante esta prueba y listadas típicamente en la placa se presentan a continuación junto con sus tensiones de aplicación correspondientes:

Tensión Máxima	Tensión de Aplicación
635 volts	600 volts
508 volts	480 volts
254 volts	240 volts

4. La prueba de cortocircuito consiste de una corriente inicial a través del interruptor de circuito cerrado, provocando su disparo. Después de 15 segundos, el interruptor de circuito es cerrado de nuevo en la falla y después se permite que se dispare para remover la falla. Esto se conoce como una **prueba O-CO (abierto-cerrado abierto)**.
5. La prueba de cortocircuito es seguido por una revisión de calibración y una prueba de dieléctrico.

Secuencia de Prueba 2 - Esta secuencia de prueba consiste de una serie de prueba de cortocircuito en un interruptor de circuito equipado con disparo selectivo (no instantáneo).

1. Otra vez, todas las pruebas de cortocircuito son precedidas por una prueba de dieléctrico y una prueba de calibración. Después de las interrupciones, el interruptor de circuito es sometido a otra prueba de dieléctrico y se revisa otra vez la calibración.
2. Cada prueba de cortocircuito es una prueba O-CO, lo que significa que el interruptor de circuito interrumpe la corriente de falla completa dos veces.
3. Después de terminar las pruebas de cortocircuito trifásicas en tensiones prescritas diferentes, se llevan a cabo pruebas monofásicas. Un nuevo interruptor de circuito puede ser utilizado para cada prueba, o cada prueba puede ser efectuada en polos diferentes del mismo interruptor de circuito.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

- Se lleva a cabo una prueba monofásica en cada uno de los mismos tres valores de operación de tensión máxima utilizados para las pruebas trifásicas (635, 508 y 254 volts) en el *Valor de Interrupción* apropiado para esta tensión.

Secuencia de Prueba 3 - Esta secuencia de prueba incluye pruebas de resistencia a la fatiga mecánica y eléctrica.

- Un interruptor de circuito es calibrado, sometido a una prueba de dieléctrico, y sometido a un gran número de operaciones. Algunas de las operaciones son sin carga, y otras a plena carga.
- El número requerido de operaciones varía por tamaño de marco de interruptor de circuito.
- Después de haber efectuado la prueba de resistencia a la fatiga, el mismo interruptor de circuito es sometido a una prueba de cortocircuito **O-CO** trifásica completa a 635 volts y a una prueba de resistencia de dieléctrico.

El número requerido de operaciones para la prueba de resistencia a la fatiga que acabamos de describir es aproximadamente el mismo para interruptores de circuito de potencia de marco más grande y relativamente mayor en el caso de interruptores de circuito de potencia de marco más pequeño en comparación con las pruebas de resistencia a la fatiga de interruptores de circuito en caja moldeada. Para comparación, véase las dos tablas de valores de resistencia a la fatiga, una para interruptores de circuito de potencia y otra para interruptores de circuito en caja moldeada (Figuras 39 y 40).

Figura 39. Valores de Resistencia a la Fatiga de Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión (Según C37.50)

Tamaño de Marco de Interruptor de Circuito (A)	Resistencia a la Fatiga Eléctrica	Resistencia a la Fatiga Mecánica	Total
600/800	2800	9700	12,500
1600/2000	800	3200	4000
3000-4000	400	1100	1500

Figura 40. Valores de Resistencia a la Fatiga de Interruptores de Circuito de Baja Tensión en Caja Moldeada y en Caja Aislada (Según UL 489)

Tamaño de Marco de Interruptor de Circuito (A)	Resistencia a la Fatiga Eléctrica	Resistencia a la Fatiga Mecánica	Total
600	1000	5000	6000
800	500	3000	3500
1600	500	2000	2500
2000	500	2000	2500
3000	400	1100	1500

Secuencia de Prueba 4 - Esta secuencia de prueba incluye una prueba de corriente breve (no disruptiva). Los interruptores de circuito en caja moldeada y caja aislada **habitualmente no son sometidos a este tipo de prueba** y, por consiguiente, no tienen la *Capacidad de Carga Breve* de 30 ciclos completa. **Es una de las diferencias principales.**

- Para esta prueba, el interruptor de circuito no tiene unidad de disparo o bien la unidad de disparo está desconectada. Durante la prueba de cortocircuito, el interruptor de circuito puede ser disparado instantáneamente por una bobina de disparo.
- El interruptor de circuito es cerrado y después excitado en su valor de corriente de corto tiempo completo. El valor de operación de corto tiempo es habitualmente igual al valor de corriente de cortocircuito de 600 volts.
- Se deja circular la corriente durante 30 ciclos (1/2 segundo), después se apaga durante 15 segundos, y después se enciende otra vez durante 30 cic-

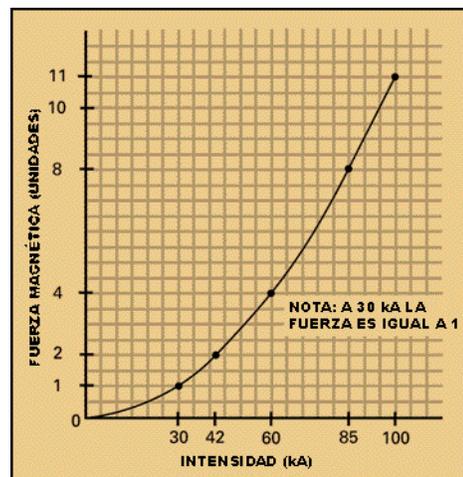
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

los adicionales. El interruptor de circuito permanece cerrado durante esta secuencia de prueba.

- Después de las pruebas de corriente de tiempo corto (no disruptiva), el mismo interruptor de circuito es sometido a una secuencia de prueba de cortocircuito trifásica a valor de corriente de cortocircuito completo y 635 volts. El interruptor de circuito es abierto lo más rápidamente posible por la bobina de disparo la cual es excitada al mismo momento que se aplica el suministro de energía eléctrica. El objetivo es obligar el interruptor de circuito a abrir durante las condiciones de peor caso (asimetría de corriente total). Es de donde proviene el valor de operación de tiempo corto para el interruptor de circuito.
- Después de la prueba final, se revisa la calibración del interruptor de circuito y se efectúa una prueba de no disruptiva del dieléctrico.

Durante la Secuencia de Prueba 4, el interruptor de circuito es sometido a fuerzas físicas enormes de los campos magnéticos y a efectos de calentamiento importantes de la corriente. **Tanto las fuerzas magnéticas como el calentamiento varían con el cuadrado de la intensidad** (Figura 41). Por ejemplo, un interruptor de circuito de potencia de baja tensión de marco de 4,000 amperes a 85,000 amperes es sometido a fuerzas y calentamiento 450 veces mayores de lo normal para cada prueba de 30 ciclos. **Es impresionante.**

Figura 41. Fuerza Magnética Versus Intensidad



Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 4

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la sección siguiente cuando esté seguro de entender lo que acaba de leer.

1. ANSI es la Autoridad Norteamericana reconocida en materia de estándares para equipo.
VERDADERO FALSO
2. Los interruptores de circuito de potencia de baja potencia Magnum DS de Cutler-Hammer son construidos y probados de conformidad con todos los estándares ANSI aplicables. La versión según estándares IEC de este interruptor de circuito de potencia de baja tensión de Cutler-Hammer se llama _____.
3. Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión Magnum DS llevan una etiqueta UL que indica el cumplimiento exitoso del interruptor de circuito del Estándar UL Número _____.
4. Los procedimientos de prueba Norteamericanos primarios para interruptores de circuito de potencia de baja tensión utilizados en un gabinete se presentan en el estándar ANSI C37._____. _____.
5. Todos los interruptores de circuito de baja tensión tienen valores de operación de tiempo corto de 30 ciclos completos puesto que todos ellos deben someterse a una prueba de valor de operación momentánea.
VERDADERO FALSO

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Método de Construcción

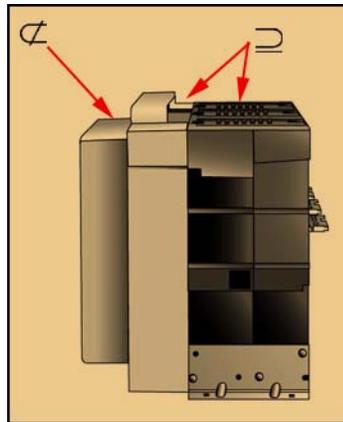
Usted aprendió que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión son esencialmente un conjunto de partes en un marco de metal o bien en un gabinete de material aislante. Puesto que la conformación de ambos enfoques fue comentada adecuadamente, no se repetirán los detalles. Sin embargo un punto que debe ser repetido se refiere a los estándares aplicables que son requeridos en cuanto al método de construcción. La construcción del marco que se utiliza debe retener en su lugar todas las partes del interruptor de circuito y debe poder resistir las fuerzas físicas enormes y los efectos de calentamiento importantes al cual un interruptor de circuito de potencia podría ser sometido al desempeñar su función. Los estándares **no especifican** la naturaleza exacta de la construcción ni del material utilizado. Estas decisiones son tomadas por el fabricante del interruptor de circuito.

Evidentemente, el método de construcción y los materiales utilizados deben resultar en un diseño rígido sólido. Durante muchos años, el enfoque preferido fue el marco de metal de tipo abierto que tenía numerosas piezas soldadas y/o atornilladas juntas. Con los avances tecnológicos importantes efectuados en las áreas de los materiales aislantes y los procesos de moldeo, **alojamientos de cuadro rígidos versátiles** de resinas compuestas de termo-endurecimiento de alta resistencia están disponibles. No solamente el interruptor de circuito de potencia de baja tensión de tipo de alojamiento de marco rígido cumple con los requerimientos estrictos de ANSI, **los rebasa en numerosos casos.**

El interruptor de circuito **Magnum DS** utiliza una construcción de 3 partes (Figura 42):

- ⇒ Una caja de resina compuesta de termo-endurecimiento de 2 piezas rodea totalmente las vías de corriente y las cámaras de arqueo.
- ⊘ El mecanismo de operación se asienta en la parte frontal de la caja y se encuentra eléctricamente aislado de las estructuras de contacto de corriente. Está revestido a su vez por una cubierta frontal aislante.

Figura 42. Construcción de Marco Rígido de Interruptor de Circuito de Potencia de Baja Tensión Magnum DS (Vista Lateral Derecha)



La construcción de marco rígido resulta en un interruptor de circuito de potencia de baja tensión más ligero y más compacto. Diseños previos de interruptores de circuito con muchas partes que fueron alguna vez producidas y sujetadas individualmente sobre el marco pueden ahora moldearse como parte integral del marco rígido. La resistencia y rigidez global del diseño de resina compuesta de termo-endurecimiento puede contribuir a capacidades de desempeño más altas por parte del interruptor de circuito de potencia. Esto fue el resultado con **Magnum**

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

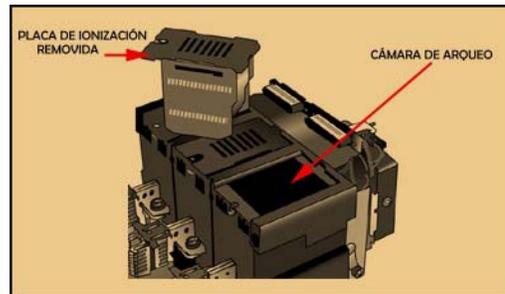
DS que tiene una **mayor capacidad de carga no disruptiva breve** en comparación con los interruptores de circuito de potencia previamente disponibles, junto con **capacidades de interrupción mayores**. A título de repaso, recuerde que la **capacidad de carga no disruptiva breve** consisten de los dos componentes siguientes:

- Componente de corriente de retardo breve (kA)
- Componente de tiempo de retardo breve (ciclos)

Además de las características de desempeño mejoradas que se acaban de mencionar, el interruptor de circuito de potencia de baja tensión de tipo de alojamiento en marco rígido tiene cámaras de arqueo individuales que (Figura 43):

- Aíslan el Arqueo de otros polos, del resto del interruptor de circuito, y del personal
- Ofrece soporte para el ensamble de polo de vía de corriente

Figura 43. Vista Posterior Superior de Interruptor de Circuito de Potencia Magnum DS en donde se observa Cámara de Arqueo con una Placa de Ionización Removida



Valores de Operación y Desempeño

El alojamiento en marco rígido ofrece también un montaje rígido de los componentes del interruptor de circuito lo que:

- Mejora la vida del mecanismo eliminando una deflexión del marco
- Proporciona una operación consistente del mecanismo
- Elimina la necesidad de ajustes al mecanismo

Algunas de las informaciones más útiles sobre un interruptor de circuito de potencia de baja tensión pueden encontrarse en su tabla de valores de operación. Las tablas de valores de operación fueron estudiadas brevemente en los comentarios relacionados con la Selección de Interruptores de Circuito. Los valores de operación publicados en estas tablas son respaldados por pruebas según los lineamientos de los estándares aplicables. Estos valores de operación ofrecen una información muy valiosa. Indican cómo un interruptor de circuito particular se desempeñará en circunstancias de operación dadas. De manera similar, los valores de operación indican el interruptor de circuito que debe ser seleccionado para una aplicación específica.

Aún cuando las tablas de valor de operación de fabricantes diferentes son frecuentemente similares o reflejan muchos valores de operación similares, **no es conveniente considerar que todos los interruptores de potencia de baja tensión tienen los mismos valores de operación**. Acostúmbrese a repasar varias tablas y comparar los valores de operación publicados. En materia de selección de interruptor de circuito no se permiten sorpresas.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 44. Ejemplo de Tabla de Valores de Operación según ANSI

Tamaño de Cuadro Amperes	Valores de Interrupción o de Cortocircuito						Valores de Interrupción o de Cortocircuito				Valores de Operación de Tiempo Corto	
	rms Simétrico Amperes						rms Simétrico Amperes				rms Simétrico Amperes	
	Con Disparo Instantáneo						Sin Disparo Instantáneo					
	Magnum DS 240V & 480V & 600V	Tipo XYZ 240V	Tipo XYZ 480V	Tipo XYZ 600V	Magnum DS 240V & 480V & 600V	Tipo XYZ 240V	Tipo XYZ 480V	Tipo XYZ 600V	Magnum DS 240V & 480V & 600V	Tipo XYZ 240V		
800	42,000	42,000	-	42,000	42,000	-	-	42,000	42,000	-		
800	-	-	50,000	50,000	-	50,000	-	50,000	-	50,000		
800	65,000	65,000	65,000	-	65,000	65,000	-	65,000	65,000	65,000		
800	85,000	-	-	-	85,000	-	50,000	85,000	-	85,000		
800	100,000	-	-	-	85,000	-	-	85,000	-	85,000		

Para demostrar el valor de efectuar estas comparaciones, veamos otra vez una tabla parcial de valores de operación según ANSI, contrastando los valores de operación para un tipo de interruptor de circuito de potencia de baja tensión (Tipo XYZ) con los valores de operación del interruptor de circuito de potencia de baja tensión **Magnum DS** (Figura 44). Una vez que se tomó el tiempo de ver la tabla, se comentarán varios ejemplos. No se olvide que esta tabla representa solamente partes de los valores de operación y no pretende mostrar los valores de operación de todos los interruptores de circuito disponibles para una línea entera. Se puede considerar que los dos interruptores de circuito utilizados en los ejemplos cumplen todos los estándares ANSI aplicables para interruptores de circuito de potencia de baja tensión.

Las comparaciones a comentar serán identificadas en la tabla mediante una letra en un círculo, por ejemplo:

A - Observe primero que los valores de operación proporcionados para el interruptor de circuito de potencia **Magnum DS** aplican para todas las tensiones del sistema. Valores de operación para otros interruptores de potencia pueden variar según la tensión. Valores de operación uniformes en todas las tensiones de aplicación para los interruptores de circuito de marco de 3200 amperes y menos simplifican el proceso de selección. Valores interruptivos mayores de 100,000 amperes están disponibles con tamaños de marco de Magnum DS arriba de 3200 amperes para ciertas tensiones de aplicación. Por consiguiente, la uniformidad no se mantiene totalmente en los interruptores de circuito de marco más grande.

B - La capacidad de carga no disruptiva breve para **Magnum DS** aplica otra vez en toda la gama de tensiones de aplicación, mientras que la otra es aplicable solamente a 480 volts. Además, obsérvese que **Magnum DS** tiene capacidad de carga no disruptiva breve mayores que el otro interruptor de circuito de potencia. Una gama más amplia y capacidades de carga no disruptiva breve mayores permiten aplicar **Magnum DS** en sistemas con corrientes de cortocircuito más altas manteniendo una selectividad completa.

C - Un valor interruptivo de 100,000 amperes está disponible con interruptores de circuito **Magnum DS** de marco de 3200 amperes y menos en todas las tensiones de aplicación. Este valor de operación no está disponible con los demás interruptores de circuito de potencia. Obsérvese además que la capacidad de carga no disruptiva es de 85,000 amperes (3200 amperes y menos).

1. Estos valores de operación significan que este **Magnum DS** particular tiene una capacidad de carga no disruptiva breve importante y puede resistir a un cortocircuito de 85,000 amperes durante los 30 ciclos completos requeridos por ANSI.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

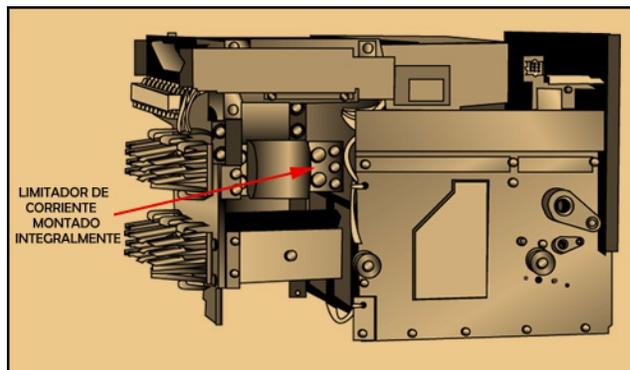
2. Significa también que este **Magnum DS** puede ser aplicado en un sistema que podría ser sometido a un cortocircuito de hasta 100,000 amperes. El interruptor de circuito sería selectivo hasta 85,000 amperes y abriría instantáneamente entre 85,000 y 100,000 amperes.

D - Otra área de una tabla de valores de operación que deben considerarse es con y sin disparo instantáneo. Es posible que algunos interruptores de circuito tengan valores interruptivos más altos si pueden disparar instantáneamente. En estos casos, el valor interruptivo puede ser menor si el interruptor de circuito debe proporcionar una protección breve. No es el caso sin embargo con **Magnum DS** en valores interruptivos de 85,000 amperes y menos.

En términos generales, los valores de operación para la mayoría de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión según ANSI son similares en donde los requerimientos de sistema son menos estrictos. Cuando los requerimientos de aplicación se vuelven más estrictos y/o especiales, las capacidades de diferentes interruptores de potencia empiezan a diferir. Véase las tablas de valores de operación con detalle. Son altamente informativas.

Valores Interruptivos Extendidos: Los valores interruptivos pueden ser extendidos hasta 200,000 amperes proporcionando una combinación de interruptor de circuito de potencia de baja tensión conectado en serie con fusibles de limitación de intensidad (limitadores de intensidad). Esta combinación se proporciona en sistemas en donde se requieren funciones de sobrecarga y conmutación para el interruptor, y corrientes de falla disponibles rebasan el valor interruptivo del interruptor de circuito solo. En el caso de interruptores de circuito de cuadro más pequeño, los limitadores de intensidad están eventualmente montados integralmente en el interruptor (Figura 45). En el caso de interruptores de circuito de marco más grande, los limitadores de intensidad están habitualmente montados en un carro de remoción separado y colocados adyacentes al interruptor de circuito.

Figura 45. Interruptor de Circuito DSL II con fusible (Vista Lateral)



Altura y Valores de Operación: Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión son aplicables en su tensión y valores de corriente completos hasta una **altura máxima de 2000 metros sobre el nivel del mar**. Cuando se instala un interruptor de circuito a alturas mayores, los valores de operación son sometidos a factores de corrección según estándares ANSI. Afortunadamente, usted no se encuentra en esta situación. Pero si tiene que enfrentarse a una situación de este tipo, probablemente ya habrá sido considerada por el encargado de la especificación. Sin embargo es bueno tener conocimiento de estas excepciones.

Formas de Onda y Valores de Operación: El tema de las formas de onda de la corriente y sus efectos sobre los valores de operación de los interruptores de cir-

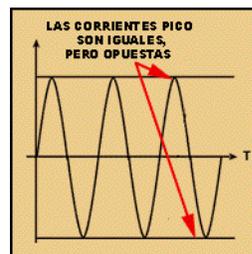
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

cuito no se comentará con grandes detalles en este módulo. Otra vez esta consideración es habitualmente responsabilidad de la persona encargada de las especificaciones y se toma en cuenta cuando un interruptor de circuito particular es especificado. Tiene que tener algún conocimiento de los conceptos. Por lo menos esto le ayudará a explicar por qué una selección de valores de operación de un interruptor de circuito particular fue realizada para una aplicación particular. También será una buena información de antecedentes después en este módulo al comentarse aplicaciones. Usted observará en la tabla de valores de operación que acabamos de comentar que los valores interruptivos y los valores de breve duración fueron expresados en amperes simétricos. Para la mayoría de los comentarios y selecciones que involucran interruptores de circuito de potencia de baja tensión, esto será el caso. Sin entrar demasiado en detalles, es importante saber que existen dos formas habituales de clasificar los dispositivos protectores en amperes. Estos valores de operación son simétricos y asimétricos. Los valores de operación en amperes **simétricos y asimétricos** pueden ser bastante diferentes para el mismo dispositivo. Para explicar el significado de los dos términos, vamos a comentarlos individualmente.

La gráfica mostrada de una **Corriente CA simétrica** representa una corriente de falla que fluye en un circuito (Figura 46). La corriente de falla tiene la misma forma de onda sinusoidal y es simétrica con relación al eje horizontal. Es decir, la corriente se eleva y cae de manera igual arriba y abajo del eje horizontal, de tal manera que las formas son simétricas.

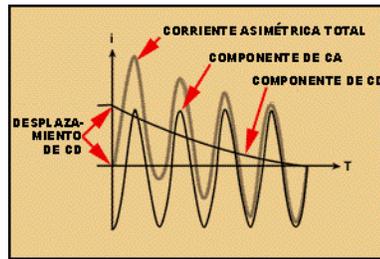
La gráfica mostrada de una **Corriente Asimétrica que se vuelve Simétrica** representa una onda de corriente de falla desplazada (Figura 46). Se eleva arriba del eje horizontal de manera considerablemente mayor que debajo de dicho eje para los primeros ciclos. Se dice que esta onda es **desplazada o asimétrica** con relación al eje horizontal. Esta condición ocurre en circuitos que contienen reactancia que son sometidos a cortocircuito en algún momento que no es cuando la corriente está pasando a través del punto cero en el ciclo. Ocurre en todos los circuitos trifásicos en una o varias fases. Cuando esto ocurre, una corriente CD es sobrepuesta por encima de la corriente CA provocando una asimetría. El componente de CD es amortiguado hasta cero dentro de un tiempo breve después de ocurrir la falla. El amortiguamiento final del componente CD significa un cambio de corriente asimétrica a corriente simétrica. La velocidad con la cual ocurre dicho cambio depende de la relación entre reactancia y resistencia en el circuito, la **proporción X/R**. Entre mayor es la resistencia en el circuito, más rápidamente se amortigua el componente CD, o bien **entre mayor es la proporción X/R, mayor es el tiempo de amortiguamiento**.

Figura 46. Corriente CA Simétrica



Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Figura 47. Una Corriente Asimétrica se vuelve Simétrica conforme se amortiguan los Componentes de CD



Continuando estos comentarios sobre las formas de onda de la corriente, veamos algunas informaciones de fondo. Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión dividen típicamente sus Contactos después de **varios ciclos de corriente de falla**, considerando que no existe ningún retardo intencional. En resumen, la división de los contactos empieza solamente cuando los retardos han vencido. El interruptor de circuito puede ser requerido para interrumpir más que el valor simétrico de la corriente de falla. De conformidad de lo calculado a partir de la impedancia del circuito. Esto se debe al hecho de la presencia del componente de CD que se acaba de mencionar.

No comentaremos aquí porqué el grado de asimetría puede ser diferente, sepan solamente que el grado puede variar. Lo que es realmente importante es la velocidad con la cual se amortigua el componente de CD y la velocidad con la cual se efectúa el cambio a corriente simétrica. Esta velocidad y por consiguiente el valor de corriente, puede relacionarse directamente con la proporción entre la reactancia de circuito y la resistencia del circuito o sea la proporción X/R .

Por esta razón, la **proporción X/R es un factor importante y específico para pruebas**. Es también una proporción importante que se tiene que conocer para seleccionar los interruptores de circuito para aplicación en un sistema. Mientras la proporción X/R del sistema no rebasa la proporción X/R probada para los interruptores de circuito, no hay problema.

Si la proporción X/R del sistema rebasa la proporción X/R probada para los interruptores de circuito, los interruptores de circuito tendrían que tener su **capacidad interruptiva publicada y su capacidad de corriente de retardo breve desclasificada**. Un interruptor de circuito con una capacidad interruptiva más elevada y valor de corriente de retardo breve más alto puede ser necesario para dar cabida al factor de desclasificación.

De conformidad con lo mencionado previamente, estos tipos de determinaciones de sistema se efectúan normalmente de antemano por el encargado de la especificación o consultor, que es el momento cuando se especifica normalmente el valor de operación de cortocircuito de sistema equivalente.

Para su información, la **proporción X/R probada según ANSI para interruptores de circuito de potencia es 6.6**. No fue siempre esta proporción 6.6. De hecho, los interruptores de circuito de potencia no siempre fueron clasificados en términos simétricos. Es historia y no comentaremos porqué se efectúa un cambio de asimétrico a simétrico.

En algún punto, la industria hizo el cambio y determinó que una proporción X/R de 6.6 para interruptores de circuito de potencia era típica, y sería una buena base sobre la cual trabajar para llevar a cabo pruebas y aplicaciones. Por lo menos todos los fabricantes estaban trabajando con el mismo punto de salida estandarizado. Ahora, cuando la proporción X/R de corriente de cortocircuito cal-

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

culada para un sistema particular es mayor que la proporción de X/R estándar de 6.6 para interruptores de circuito de potencia de baja tensión, se puede consultar una tabla para determinar qué factor de desclasificación debe aplicarse al valor interruptivo del interruptor de circuito para asegurar el tamaño y la selección adecuados del interruptor de circuito apropiado.

Para que usted tenga una idea de estos factores de desclasificación, véase la tabla parcial de factores de desclasificación para interruptores de circuito de potencia de baja tensión (Figura 48). Tenga en mente que estas consideraciones y decisiones deben efectuarse para todos los tipos de interruptores de circuito, no solamente para los interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Antes de terminar estos comentarios, veamos un ejemplo sencillo.

Figura 48. Factores de Desclasificación de Valores Interruptivos para la Tabla de Todos los Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión

Proporción X/R	Factor de Desclasificación
1.7321	1.000 veces el valor de operación
3.1798	1.000 veces el valor de operación
3.8730	1.000 veces el valor de operación
4.8990	1.000 veces el valor de operación
6.5912	1.000 veces el valor de operación ← (ESTÁNDAR DE PRUEBA ANSI)
8.2731	0.962 veces el valor de operación
9.9499	0.937 veces el valor de operación
11.7221	0.918 veces el valor de operación
14.2507	0.899 veces el valor de operación
19.9750	0.874 veces el valor de operación

Ejemplo: La corriente de falla disponible total de todas las fuentes que este interruptor de circuito de potencia de baja tensión debe manejar fue calculada en 48,000 amperes simétricos. En el caso de este ejemplo, solamente estamos considerando qué interruptor de circuito debe emplearse para manejar instantáneamente una falla potencial de esta magnitud. A partir de la gráfica de selección usted puede seleccionar un interruptor de circuito con una capacidad interruptiva de 50,000 amperes.

En este ejemplo **no sería una buena selección** porque se ha determinado que la proporción X/R del sistema es 9.94. Usted puede observar a partir de la tabla de desclasificación que una proporción de 9.94 es igual a un factor de desclasificación de 0.937. Este factor utilizado en la capacidad interruptiva del interruptor de circuito de 50,000 amperes la reduce a 46,850 amperes, lo que no es suficiente para manejar una corriente de falla potencial de 48,000 amperes [**50,000 x 0.937 = 46,850**].

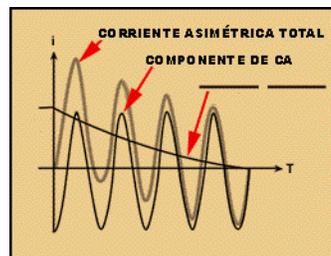
Evidentemente, un interruptor de circuito con una capacidad interruptiva más alta debe seleccionarse para esta aplicación. Si un interruptor de circuito con una capacidad interruptiva de 65,000 amperes se selecciona, usted puede ver a partir del cálculo que es adecuado para esta aplicación [**65,000 x 0.937 = 60,905**].

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 5

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empezar la siguiente sección cuando esté seguro de haber entendido lo que ha leído.

1. Los estándares aplicables no indican que el marco o bastidor de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión tenga que ser fabricado de un tipo de material específico. El fabricante del interruptor de circuito toma esta decisión.
VERDADERO FALSO
2. La capacidad de carga breve de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión se conoce también como _____.
3. Dos componentes diferentes se combinan para efectuar una capacidad de carga breve de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión. Uno es el componente de tiempo de retardo breve y el otro es el componente de _____.
4. Todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión que cumplen los mismos Estándares ANSI deben ofrecer todos los mismos valores de operación.
VERDADERO FALSO
5. Las capacidades interruptivas de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión Magnum DS son iguales para todas las tensiones de aplicación en interruptores de circuito de marco de 3200 amperes y menos.
VERDADERO FALSO
6. La capacidad interruptiva más alta disponible para un interruptor de circuito de potencia de baja tensión de marco de 3200 amperes y menos sin fusibles es ofrecida por Magnum DS. La capacidad interruptiva es de _____ amperes.
7. Dos partes de la gráfica abajo están indicadas. Un componente tiene una flecha pero no está indicado. Indique el nombre de este componente al lado de la flecha.



8. Utilice la información proporcionada aquí para determinar la capacidad interruptiva mínima de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión para manejar con seguridad una corriente de falla disponible máxima de 63 kA en base instantánea. El sistema en el cual este interruptor de circuito será aplicado tiene una proporción X/R de 6.59. Circule la respuesta correcta, (a), (b), (c) ó (d).
 - (a) capacidad interruptiva de 42,000 amperes
 - (b) capacidad interruptiva de 65,000 amperes
 - (c) capacidad interruptiva de 85,000 amperes
 - (d) No se cuenta con información suficiente para determinar la respuesta

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Técnicas Operativas

En general, todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión emplean las mismas partes funcionales que se presentan a continuación:

- un grupo de contactos principales y de arqueo para aislar o desconectar circuitos
- un mecanismo de energía almacenada en dos etapas para abrir o cerrar los contactos
- un mecanismo mecánico y/o eléctrico para cargar los resortes
- cámaras de arqueo (placas de ionización) para extinguir los arcos formados durante la abertura
- la inteligencia para operar automáticamente o responder a comandos

¿Esto significa que todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión son virtualmente iguales? **No.**

Usted recordará que los Estándares ANSI ofrecen los **requisitos mínimos** para ser clasificados como interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Además, los estándares no dicen cómo se debe lograr una meta, solamente la meta que debe lograrse. Ya se indicó en un principio en este módulo que los Estándares ANSI no indican el método de construcción. Si existe una mejor manera de lograr el mismo resultado, hágalo. Lo que diferencia un interruptor de circuito de potencia de baja tensión de otro es las técnicas de diseño utilizadas para lograr el objetivo. Técnicas que pueden ofrecer lo siguiente:

- eficiencia operativa mejorada
- mejores características de desempeño
- valores de operación más elevados
- características adicionales
- dispositivos más pequeños y más ligeros

En resumen, el cliente se beneficia, puede hacer más y/o mejor utilizando un interruptor de circuito en lugar de otro. A continuación vamos a ver con mayores detalles las técnicas de diseño.

Abertura y Cierre de Contactos Primarios

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión tienen generalmente contactos de arqueo y contactos de corriente principales separados. **Esto no significa necesariamente que los contactos de arqueo y los contactos principales son dos piezas físicamente separadas.** En algunos diseños, son dos partes distintas de un mismo conjunto. En otros diseños, los contactos de arqueo y principales son solamente áreas de contacto diferentes en el mismo contacto.

Los contactos de arqueo y los contactos principales son diseñados mecánicamente de tal manera que **al cerrar, los contactos de arqueo se cierran antes que los contactos principales. Al abrir, los contactos principales se abren antes que los contactos de arqueo.** Este tipo de construcción asegura que el arqueo se efectúa en los contactos de arqueo más resistentes al calor. Puesto que el daño por arqueo se efectúa en los contactos de arqueo, los contactos principales están protegidos y pueden elaborarse de plata pura o de una aleación de plata. La composición de los contactos principales es de una resistencia mucho menor y minimiza el calor desarrollado durante la operación. **Los contactos son habitualmente de tipo que puede ser mantenido y/o reemplazado,** una característica esencial de un interruptor de circuito de baja tensión.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Un ensamble de contactos primarios completo consiste generalmente de tres partes primarias (Figuras 49 y 50):

- Ensamble de Contactos Móviles
- Ensamble de Contactos Estacionarios
- Brazo Operativo

Figura 49. Ensamble de Contactos Primarios de Tipo DSII Montado (Vista Frontal)

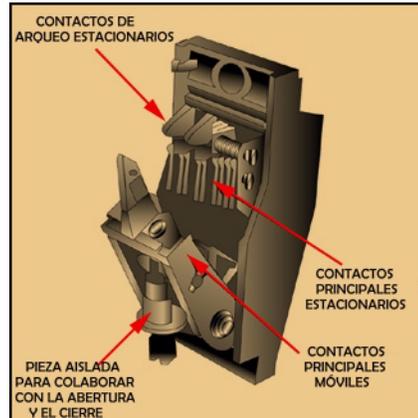
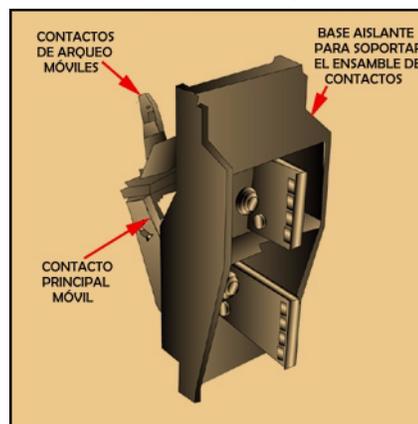


Figura 50. Ensamble de Contacto Primario de Tipo DSII Montado (Vista Posterior)



Ensamble de Contactos Móviles

El ensamble de contactos móviles es articulado o puede pivotar de alguna manera dentro del interruptor de circuito permitiendo su apertura y cierre según lo requerido. Consiste de un contacto principal y un contacto de arqueo.

1. El **contacto principal móvil está conectado al conductor de carga a través de una conexión articulada o flexible**. Varía también en cuanto a tamaño según la cantidad de corriente. Cuando cierra, se apoya contra la parte estacionaria del contacto cerrando el circuito. Abre el circuito cuanto pivota en la dirección opuesta y rompe el contacto con la parte fija.
2. El contacto de arqueo móvil hace contacto primero con su contraparte fija al cerrar, y se separa al último al abrir. puede ser de un diseño de tipo Cierre de Tope o un diseño de tipo Dedo.

Ensamble de Contactos Estacionarios

El ensamble de contactos estacionarios está en la posición fija (estacionaria) dentro del interruptor de circuito. Consiste de un contacto principal y de un contacto de arqueo fijo o de alguna parte que actúa como contacto de arqueo fijo.

Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

1. El **contacto principal estacionario** está conectado **rígidamente al conductor de línea**. El contacto mismo es frecuentemente un contacto de tipo apoyo y varía en cuanto a tamaño según la cantidad de corriente que debe llevar. Por contacto de apoyo, entendemos una **conexión efectuada cuando la parte móvil del contacto se apoya firmemente contra la parte estacionaria del contacto**.
2. El contacto de arqueo estacionario puede ser un contacto de tipo cuña o contacto de tipo tope. Por contacto de tipo cuña, se entiende que la parte móvil se inserta entre dos contactos de arqueo paralelos fijos.

Brazo Operativo (Enlace) Un brazo operativo rígido (enlace), habitualmente fabricado de un material aislante, es la conexión entre el ensamble de contacto móvil y el mecanismo operativo del interruptor de circuito. **Opera el ensamble de contactos móviles durante el proceso de abertura y cierre** en combinación con el mecanismo operativo. El enlace operativo se considera a veces como parte del mecanismo operativo.

Después de este repaso general de los contactos primarios de abertura y cierre, vamos a ver más de cerca cómo funcionan. Vamos a estudiar el **Magnum DS** innovador. Recuerde sin embargo que no todos los diseños son iguales y que algunos son más eficaces que otros.

Sistema de Contactos Primarios Magnum DS

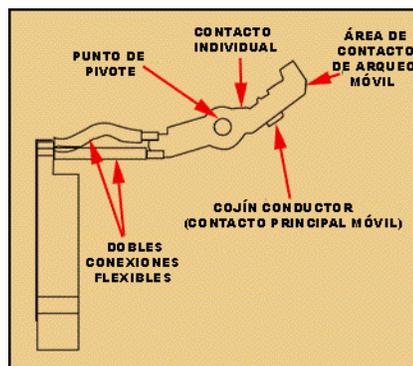
Todos los diseños de interruptor de circuito de potencia de baja tensión intentan, con varios grados de éxito, optimizar la combinación de dos aspectos de diseño importantes:

- Diseño y Movimiento de los Contactos
- Leyes Electromagnéticas Naturales

El sistema de contactos primarios **Magnum DS** presenta una combinación muy efectiva y eficiente de estos dos aspectos de diseño.

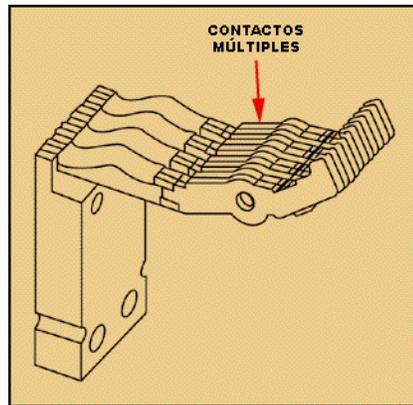
1. El **diseño de contactos móviles Magnum DS** se centra en un **solo contacto que efectúa tanto la función de contacto principal como de contacto de arqueo**. Estas dos funciones se efectúan en **partes diferentes del mismo contacto**. Un cojín de aleación altamente conductor es parte del contacto de cobre y funciona como el contacto principal móvil. La parte superior del mismo contacto de cobre funciona como el contacto de arqueo móvil. Un ensamble completo de contactos móviles es solamente una combinación de varios contactos individuales. El número exacto de contacto que se requiere depende del tamaño de marco y de la capacidad interruptiva del interruptor de circuito (Figuras 51 y 52).

Figura 51. Gráfica de Contacto Individual de Magnum DS



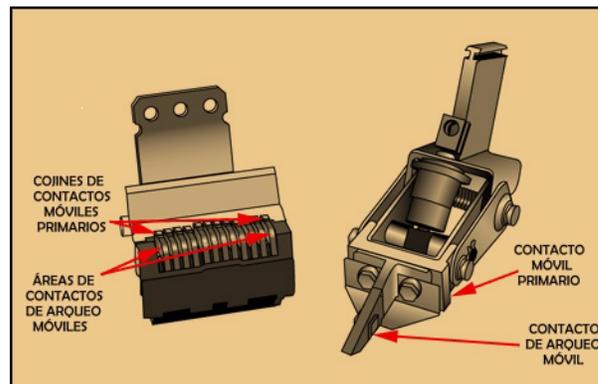
Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Figura 52. Gráfica de Configuración de Contactos Múltiples de Magnum DS



Usted aprendió que las eficiencias de diseño diferencian frecuentemente los interruptores de circuito. El diseño de los contactos que se utiliza entre interruptores de circuito es un ejemplo de esta diferencia en cuanto a eficiencia. Si se efectúa una comparación visual entre el ensamble de contactos móviles de **Magnum DS** y su contraparte en otros interruptores de circuito de potencia de baja tensión, una cosa es evidente - **la diferencia de masa total** (Figura 53). Esto es especialmente cierto en el caso del área de contactos de arqueado. el diseño de contactos de arqueado de tipo dedo y cuña, que se emplean en un DSII por ejemplo, no es tan eficiente para controlar un arco como el contacto de arqueado de tipo de tope empleados en el Magnum DS. Por consiguiente, el diseño de contactos de tipo dedo y cuña compensan esta limitación con masa adicional. Por otra parte **Magnum DS** puede reducir tanto masa como su peso puesto que controla los arcos de manera más eficaz.

Figura 53. Comparación de Ensamble de Contactos Móviles de Magnum DS (Izquierda) y DS II (Derecho)



Para simplificar esta discusión, vamos a comentar el caso de un solo contacto. Una vez que usted entienda el concepto en términos de contacto, no importará cuantos contactos se requieren para llevar la corriente. El concepto de diseño permanece constante. Una confiabilidad global mejorada es el resultado de este diseño sencillo.

La acción de apertura y cierre del dedo de contacto individual se describe mejor como un **movimiento de "Talón-Dedo"** (Figura 54). **La parte de contacto principal puede considerarse como el "Talón" y la parte de contacto de arqueado como el "Dedo"**. Si usted apoya el pie hacia adelante y hacia atrás del talón al dedo y del dedo al talón, está representando el movimiento del diseño de

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

contactos. Obsérvese con que forma se desplaza su pie en esta secuencia, existen momentos en los cuales solamente los dedos tocan, momentos en los cuales solamente el talón toca el piso, y un tiempo breve durante el cual tanto el talón como los dedos tocan el piso.

Figura 54. Movimiento de “Talón-Dedos”

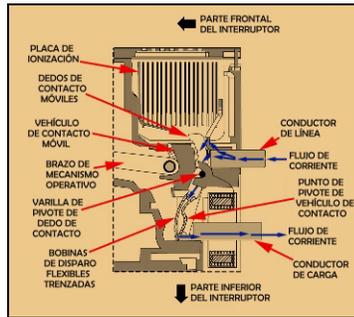


Cuando el interruptor está cerrado, el “Talón” (parte de contacto principal) **está en contacto con el contacto estacionario** y lleva la corriente (Figura 55). Al mismo tiempo, el “Dedo” (parte de contacto de arco) **está separado del contacto de arco estacionario (cursor de arco)**. En este punto, es similar a la posición de su pie apoyándose en el talón con los dedos separados del piso. En condiciones de cortocircuito, la fuerza en el “Talón” (parte de contacto principal) para mantener el contacto principal cerrado es incrementada por la colocación del punto de apoyo, que se localiza cerca del contacto, y la fuerza electromagnética en el conductor móvil.

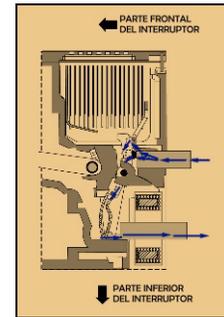
Conforme el interruptor de circuito abre, el “Dedo” **toca el piso antes que el “Talón” se separe del piso**. Durante el breve instante en el cual tanto el “Talón” como el “Dedo” están en contacto con sus contrapartes fijas, la **corriente presente conmuta (cambia su trayectoria)** desde la parte de contacto principal del dedo de contacto hacia la parte de arco. Cuando el “Talón” (parte de contacto principal) se eleva, la corriente restante es llevada hacia el “Dedo” (parte de contacto de arco) por la tensión de arco producida. Recuerde que la tensión impulsa la corriente. La trayectoria en la cual se desplaza la corriente es muy corta y la transferencia es rápida. **El resultado es un daño por arco muy leve al “Talón” (parte de contacto principal)**. Esta protección de los contactos principales es la razón primaria por la cual los contactos principales tienen una vida útil más larga, y pueden elaborarse de materiales más conductores. Este uso de materiales conductores más puros resulta en un mejor desempeño térmico. Una vez hecha la separación principal, Es seguido por la separación del “Dedo” (parte de contacto de arco) en donde se crea el arco principal. La forma como el interruptor de circuito maneja el arco se comentará al momento de hablar de las Placas de Ionización de Arco.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

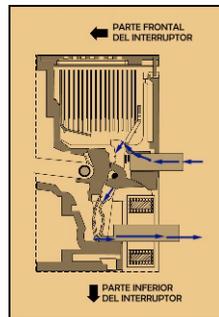
Figura 55. Acción de Contacto Talón-Dedo de Magnum DS
(Vista en Corte Transversal de Solamente una Parte del Interruptor)



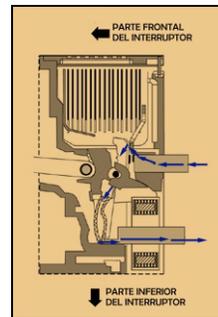
Posición Totalmente Cerrada
(En los Dedos)



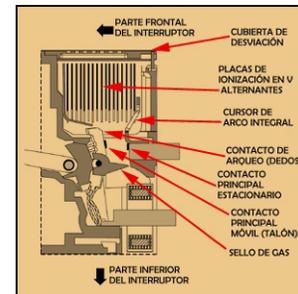
Todos los Contactos Tocan Simultáneamente
(Talón y Dedos)



Todos los Contactos de Dedos (Arqueo) Tocan



Solamente Tocan los Contactos de Dedos de Centro (Arqueo)



Posición Totalmente Abierta
(Ningún Contacto Toca)

Cuando el interruptor de circuito debe cerrar, la acción “Talón-Dedos” funciona para que los “Dedos” toquen primero seguido por el “Talón”. La mayor parte del impacto sobre los contactos durante el cierre es absorbida por la parte de “Dedos”. Otra vez los contactos principales están protegidos lo que resulta en una vida útil más larga. Como en el caso durante la operación de apertura, el “Talón” y los “Dedos” están cerrados simultáneamente durante un corto período de tiempo para asegurar que un eventual arqueo sea manejado por los “Dedos” (parte de contacto de arqueo). El cierre se completa conforme el dedo de contacto regresa en su “Talón” y los “Dedos” levantan el área de contacto de arqueo fija (cursor de arco).

En general, el contacto móvil puede fijarse sobre el conductor de carga a través de una conexión articulada o bien sujetarse con un conector flexible. Debido a su acción de apertura y cierre compleja, el **Magnum DS** utiliza **dos conectores trenzados (derivadores flexibles) para sujetar cada dedo de contacto**. No solamente los conectores trenzados flexibles eliminan uniones atornilladas que son puntos calientes naturales, ayudan a reducir el espacio de montaje requerido para los contactos primarios. Los conectores flexibles (derivadores) permiten también que el dedo tenga el movimiento necesario para el movimiento “Talón-Dedos” (balanceo).

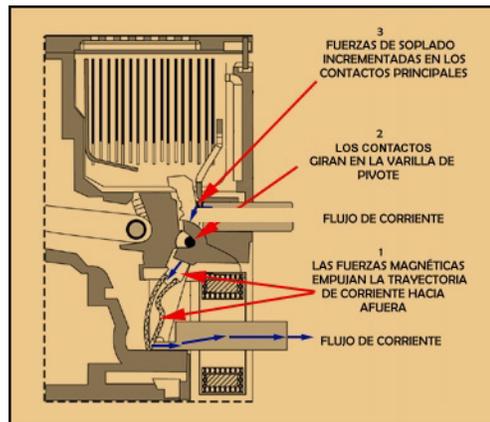
2. **Fuerzas electromagnéticas** generadas naturalmente son utilizadas de manera inteligente por el **Magnum DS** para ayudar al proceso de resistencia y

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

abertura (Figura 56). Un **diseño de trayectoria de corriente de bucle C compacto** permite que las fuerzas electromagnéticas, producidas primariamente como resultado natural de una corriente de falla, suplementen las fuerzas de contacto proporcionadas por el mecanismo operativo. Los dedos de contacto pivotan de tal manera que las fuerzas inducidas magnéticamente creen una fuerza que *Apalanca* el contacto principal en el contacto estacionario (**fuerza de soplado**), incrementando temporalmente la presión de contacto de cierre durante una corriente de falla. Esto logra dos cosas importantes para **Magnum DS**:

3. El mecanismo operativo no tiene que ser tan grande ni tan pesado.
4. Se pueden lograr capacidades de carga no disruptivas breves mayores.

Figura 56. Diseño de Bucle C Compacto (Física de Fuerzas de Soplado)



Además, cuando se dispara el interruptor, el punto de pivote es liberado y las fuerzas electromagnéticas en los dedos de contacto son convertidas en una **fuerza de abertura para acelerar la acción de abertura**. Se puede considerar estos usos de las fuerzas electromagnéticas como magia de diseño; de hecho son ingenuidad de diseño. Estas leyes naturales de la física existían mucho antes que los interruptores de circuito. Es ahora que los diseños están utilizando correctamente las fuerzas magnéticas para ayudar a mantener los contactos cerrados en caso necesario y para ayudar a abrirlos rápidamente.

Mecanismo de Operación

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión operan a través de mecanismos de energía de resorte almacenada para efectuar las funciones de abertura y cierre. Se pueden conseguir **mecanismos operados manualmente** y **mecanismos operados eléctricamente**. Los resortes de cierre pueden ser cargados manual o eléctricamente con un mecanismo operado eléctricamente y cargados manualmente solamente con el mecanismo operado manualmente (Figura 57). La carga manual se logra a través del uso de algún tipo de manija de carga manual en la carga frontal del interruptor de circuito. El mecanismo es tal que cuando el interruptor de circuito está cerrado, los resortes de abertura están simultáneamente cargados. Los mecanismos de resorte son **mecanismos de energía almacenada de dos etapas**. Es decir, los resortes de cierre son cargados y permanecen cargados con el interruptor de circuito abierto hasta que un botón de cierre o un solenoide eléctrico los libere, cerrando el interruptor de circuito.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Figura 57. Resorte de Cierre Magnum DS Sometidos a un Proceso de Carga Manual

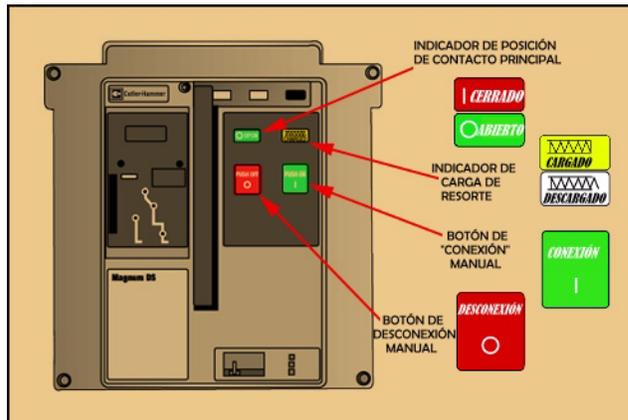


El cierre de interruptor de circuito, una vez cargado el resorte, es rápido y **ocurre dentro de un período de cinco ciclos**. El tiempo de carga de resorte es típicamente de varios segundos.

Varios dispositivos diferentes relacionados con el mecanismo son accesibles desde la parte frontal del interruptor de circuito (Figura 58). Como mínimo, estos dispositivos son:

- Botón de Conexión Manual (Cierre)
- Botón de Desconexión Manual (Disparo)
- Indicador de Carga de Resorte
- Indicador de Posición de Contactos Principales (Abierto/Cerrado)

Figura 58. Cubierta Frontal del Circuito de Magnum DS



El mecanismo operativo consiste de dos partes principales:

- La energía almacenada o mecanismo de carga de resorte
- Mecanismo para abrir y cerrar el interruptor

Estas dos partes básicas se combinan normalmente en un mecanismo de operación global. Existen dos tipos de conformidad con lo mencionado anteriormente: El tipo manual y el tipo eléctrico. En el pasado, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión estaban ya sea operados manualmente o bien eléctricamente y no podían ser convertidos de uno a otro en campo. Hoy en día, varios fabricantes ofrecen interruptores de circuito que pueden ser convertidos de manual a eléctrico en campo mediante la adición de un **operador eléctrico**. Si un interruptor de circuito es operado manualmente, puede:

- Dispararse eléctricamente con un dispositivo eléctrico de bobina de disparo

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

- Cerrado eléctricamente con un dispositivo eléctrico de liberación de resorte

Otra vez, todos los mecanismos de operación no son diseñados ni construidos de la misma manera aún cuando efectúan la misma función general. Algunos son más grandes y más pesados que otros, mientras que algunos son más eficientes que los demás. Vamos a estudiar algunas características del mecanismo de operación de **Magnum DS**.

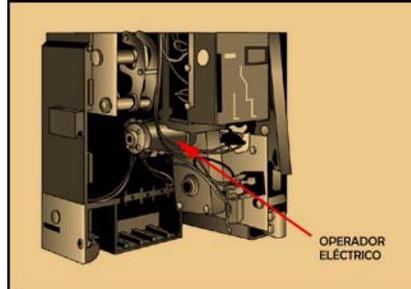
Mecanismo de Operación de Magnum DS

El mecanismo de operación de **Magnum DS** se basa en el **diseño de interruptores de circuito de potencia DSII comprobado** que tiene una reputación reconocida de confiabilidad. Es compacto y ligero por varias razones. Dos de las principales son:

1. El **uso inteligente de las fuerzas electromagnéticas generadas naturalmente para crear una fuerza de soplado** para ayudar al mecanismo a mantener cerrados los contactos primarios. Esta técnica de diseño lleva a un mecanismo más compacto y ligero.
2. El **marco rígido (gabinete) ofrece condiciones de montaje muy rígidas** para el mecanismo de operación. Esto contribuye a una vida de mecanismo más larga y a operaciones mejoradas con un mejor número de partes de mecanismo y un peso menor.

El mecanismo de operación **Magnum DS** es del tipo que puede ser convertido en campo de operación manual a operación eléctrica con adición de un operador eléctrico (Figura 59). El operador eléctrico se monta en la cubierta frontal del interruptor. Todos los interruptores de circuito **Magnum DS** son pre-alambrados para aceptar la adición de operadores eléctricos de manera sencilla y rápida.

Figura 59. Operador Eléctrico Instalable en Campo mostrado montado con Cubierta Frontal Removida



Cámara de Arqueo (Placas de Ionización)

Que usted llame la parte de extinción de arco del interruptor de circuito cámara de arqueo o placas de ionización, todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión utilizan un medio relativamente similar para extinguir los arcos generados cuando se separan los contactos. Otra vez, sin embargo, ciertos métodos son más eficaces que otros. El propósito es extinguir el arco lo más pronto posible. Esto se logra combinando varias técnicas bien comprobadas, como por ejemplo:

- Desionización de los gases de arco
- Estiramiento del arco
- Ruptura del arco en partes
- Enfriamiento del arco

Durante mucho tiempo, los interruptores de circuito de potencia de baja tensión han tenido una placa de ionización de arco individual montada en la parte superior de cada polo de interruptor. La placa de ionización de arco está diseñada de

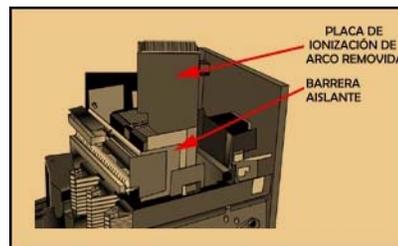
Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

tal manera que quepa en los contactos de arqueo del interruptor. Esta colocación de la placa de ionización de arco confina el arco en la placa de ionización todo el tiempo.

La caja de placa de ionización de arco se fabrica de un material aislante fuerte. Esta caja contiene **varias piezas que se conocen como divisores**, habitualmente apilados verticalmente. Los divisores son fabricados generalmente de acero y presentan una forma y/o configuración especial para ayudar a interrumpir el arco. Cuando ocurre una falla y se separan los contactos, los divisores atraen el arco más arriba en la placa de ionización de arco en donde el arco es estirado, enfriado, desionizado y extinguido.

En interruptores de circuito de potencia de baja tensión de gabinete metálico abierto, barreras aislantes individuales se montan según lo requerido entre los diferentes polos del interruptor de circuito, que separan también las placas de ionización individuales (Figura 60). Esto es frecuentemente necesario para ayudar a mantener los pasos eléctricos apropiados.

Figura 60. Interruptor de Circuito de Gabinete Metálico DSII con una Placa de Ionización de Arco Removida



Extinción de Arco en Magnum DS

El interruptor de circuito de potencia de baja tensión **Magnum DS** aprovecha al máximo el hecho que su gabinete rígido está **moldeado a partir de resinas compuestas de termo-endurecimiento de alta resistencia**. La cámara de arqueo es de hecho parte integral del gabinete del interruptor. **La cámara de arqueo aísla** cada polo del resto del interruptor de circuito y del personal operativo. Ofrece también el espacio requerido para montar y proteger las placas de ionización de arco individuales en cada grupo de contactos.

Se sabe que una alta presión en la cámara de arqueo contribuye a una mejor interrupción. La parte superior de las placas de ionización de arco (salidas de placas de ionización de arco) tienen una cubierta para crear las contrapresiones. El **Magnum DS** utiliza también un **sello de cámara de arqueo** para:

- Impedir un flujo de gas de retroceso indeseable generado durante el arqueo en el resto del interruptor
- Confinar el gas para mantener la presión para una interrupción mejorada.

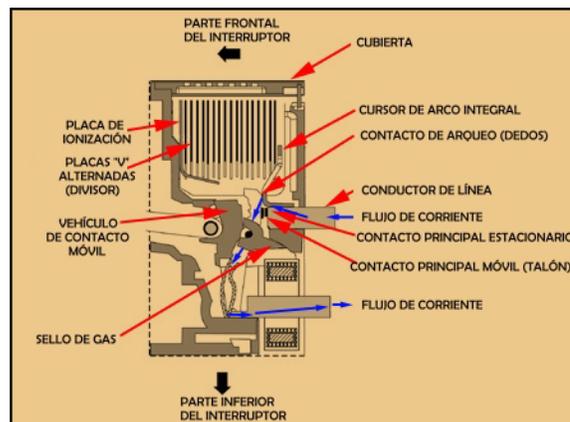
Mediante el diseño del ensamble portador de contacto para que se ajuste estrechamente con el gabinete moldeado y mediante la inclusión del sello de cámara de arqueo, se minimiza el flujo de retroceso de gas. El diseño de sello de cámara de arqueo permite no solamente que **Magnum DS** incremente el desempeño de interrupción, sino que es también una característica segura para proteger el mecanismo y los operadores contra gases potencialmente dañinos. **Este diseño de tipo de ajuste preciso** puede lograrse gracias al diseño del gabinete de **Magnum DS**. La construcción de gabinete metálico, por naturaleza, no puede permitir tolerancias tan precisas.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Usted recordará durante el comentario de la operación de contacto de **Magnum DS** que una **trayectoria de corriente de bucle C compacta** se utiliza durante una operación normal. Este diseño permite al interruptor de circuito aprovechar las fuerzas electromagnéticas para mantener los contactos cerrados - **el efecto de soplado**. Cuando el interruptor de circuito debe abrir e interrumpir una corriente de falla y el arco generado, la misma fuerza de soplado es **convertida en una fuerza de abertura para ayudar a acelerar la acción de abertura**.

Después de la separación de los contactos principales, la corriente restante es transferida a los contactos de arqueo por la tensión de arqueo (Figura 61). La acción magnética es incrementada y el arco es atraído hacia la placa de ionización de arco. Conforme se separan los contactos de arqueo, el contacto de arqueo móvil se descarga en las placas de ionización de arco mientras que el cursor de arco integral ayuda a atraer el arco hacia la placa de ionización de arco. Recuerde que el cursor de arco integral tiene dos propósitos. Funciona como contacto de arqueo fijo y forma también una parte esencial de la placa de ionización de arco misma.

Figura 61. Sistema de Cursor de Arco de Magnum DS



Finalmente, la **forma en V alternada de las placas de ionización de arco (divisores)** es muy efectiva para dividir y enfriar el arco (Figura 62). El resultado es un proceso de extinción de arco rápido y eficiente.

Figura 62. Vista Inferior de Placas de Ionización de Magnum DS que muestra Placas en forma de V alternadas



Unidad de Disparo Integral

Todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión deben tener la inteligencia para operar automáticamente o responder a comandos específicos. Este paquete de inteligencia es la unidad de disparo. Usted recordará que los **Estándares ANSI** requiere que las unidades de disparo utilizadas con interruptores de circuito de potencia de baja tensión sean parte (integral) del interruptor de circuito (Figura 63).

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Comentamos un sistema de disparo de interruptor de circuito de potencia de baja tensión. **El sistema incluía un actuador de disparo, un sensor de corriente (transformador) para cada fase, y una unidad de disparo (inteligencia del sistema).** Usted sabe también que las unidades de disparo presentan una amplia variedad de formas y tamaños con un conjunto todavía más amplio de capacidades. La mayoría de las unidades de disparo de interruptores de circuito de potencia de baja tensión utilizadas hoy en día son **diseños basados en microprocesadores de detección RMS.** Habitualmente se seleccionan según los requerimientos de sistema para protección y otras necesidades, como por ejemplo capacidades de comunicaciones.

Figura 63. Unidad de Disparo basada en Microprocesador de Magnum DS Montada a la Izquierda y Desmontada a la Derecha



Nos enfocaremos a los tipos de características, de protección y de otro tipo, disponibles hoy en día con las unidades de disparo basadas en microprocesador digital. Recuerde que algunos de los sistemas eléctricos más sofisticados pueden utilizar todas las características que una familia de unidad de disparo tiene que ofrecer. Otras aplicaciones de sistema pueden necesitar solamente el paquete de protección más básico. En resumen, estos sistemas de disparo pueden ser adecuados para satisfacer requerimientos muy precisos de sistema. En general, unidades de disparo basadas en microprocesadores sofisticados pueden proporcionar combinaciones de varias capacidades, como por ejemplo:

- Protección y coordinación programables
- Advertencias y alarmas anticipadas
- Diagnóstico y prueba de sistema
- Monitoreo de sistema
- Monitoreo de la calidad de la energía
- Monitoreo y manejo de la energía
- Comunicaciones

Protección y Coordinación Programable

Se puede lograr una coordinación precisa de sistema cuando numerosos ajustes de forma de curva tiempo-corriente forman parte de las capacidades de la unidad de disparo. Esto significa que un gran número de puntos de ajuste de incremento deben estar disponibles tanto para toma de corriente como para ajustes de tiempo. Para ofrecer la mayor flexibilidad, la pendiente de una curva tiempo-corriente debe ser ajustable junto con la corriente y los ajustes de tiempo. Para optimizar el esfuerzo de coordinación, los ajustes programables deben incluir lo siguiente:

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

- Toma de retardo largo (corriente)
- Ajustes de tiempo de retardo largo y pendiente
- Toma de retardo corto (corriente)
- Ajustes de tiempo de retardo corto y pendiente
- Toma instantánea (corriente)
- Toma de falla de conexión a tierra (corriente)
- Ajustes de tiempo de falla de conexión a tierra y pendiente

Los ajustes (de toma) de corriente, ajustes de tiempo de retardo y selecciones de pendiente determinan la curva característica resultante. Vamos a repasar ahora algunos de estos temas. Veremos brevemente los diferentes tipos de protección disponibles con atención especial a la protección de retardo corto (capacidades no disruptivas), una característica esencial de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión.

Coordinación de Interruptor

La palabra Coordinación se utiliza frecuentemente en estos módulos de aprendizaje y en la industria. Todos tenemos una idea de lo que incluye el proceso. Es una gran responsabilidad considerar todas las variables en un sistema de distribución, efectuar el análisis y tomar las decisiones finales en cuanto a equipo. Las decisiones en materia de equipo **deben colocar la seguridad en primer lugar seguido por numerosas consideraciones adicionales**, como por ejemplo protección de equipo, interrupciones del suministro de energía, costo, limitaciones de espacio y condiciones de aplicación no habituales.

La coordinación es el proceso de **seleccionar y aplicar interruptores de circuito en un sistema de distribución eléctrica para localizar una condición de falla y restringir las interrupciones de suministro de energía al equipo afectado**. El objetivo de la coordinación es una mayor selectividad. Una coordinación apropiada requiere de la comparación de las características de operación de los interruptores de circuito en el sistema. Curvas características de tiempo-corriente se utilizan para determinar si existirá coordinación al seleccionar el tamaño de los interruptores de circuito o analizar solamente un sistema existente.

Mediante la superposición de las curvas de tiempo-corriente de dos interruptores de circuito o mediante su comparación de alguna otra manera, se puede determinar si existe selectividad. Si las curvas de los dos interruptores de circuito se intersectan, por ejemplo, el área de intersección indica las condiciones en las cuales ambos interruptores pueden dispararse. Si se utilizan estos interruptores de circuito en un sistema de distribución eléctrica, estas condiciones pueden resultar en el disparo de ambos interruptores. Esto sería una interrupción innecesaria del suministro de energía a ciertas partes del sistema. Por otra parte, si las curvas de los interruptores son claramente separadas y no se intersectan, se dice que los interruptores de circuito están coordinados.

La preparación y la realización de un estudio de coordinación puede ser bastante complicado, especialmente en el caso de un sistema amplio y diverso. Se deben preparar diagramas unifilares precisos. Todos los datos pertinentes incluyendo tipos y valores de operación para todos los interruptores, corriente de cortocircuito disponibles y requerimientos especiales deben determinarse y mostrarse en los diagramas.

Este breve comentario le dará una idea de lo que ocurre antes de que se le pregunte para un interruptor de circuito particular con valores y características de operación específicos. Evidentemente, este tema es mucho más complejo de lo

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Ejemplo de Coordinación de Interruptores

que acabamos de presentar pero por lo menos tiene ahora una idea más precisa del proceso.

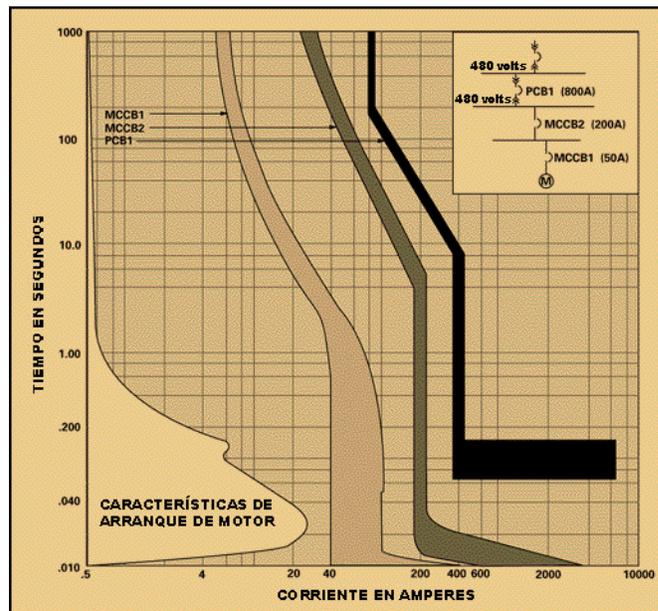
Véase la Figura 64. Un diagrama unifilar de sistema se prepara mostrando primero los datos pertinentes, como por ejemplo tipos y valores de operación de interruptores de circuito y corrientes de cortocircuito disponibles. Para mayor comodidad, el diagrama unifilar de este ejemplo se muestra sobrepuesto en la curva de coordinación.

Un estudio de coordinación empieza con el interruptor más cercano a la carga y sigue hacia la fuente. Para este ejemplo, la carga es un pequeño motor. Las características de tiempo-corriente para el motor durante el arranque y durante el funcionamiento normal pueden parecerse a la curva sobrepuesta en la curva de coordinación. El interruptor de circuito en caja moldeada uno de 50 amperes corriente abajo (**MCCB1**) se selecciona primero con su curva correspondiente. Esto es seguido de manera similar por la curva para el interruptor de circuito en caja moldeada dos de 200 amperes (**MCCB2**), y la curva del interruptor de circuito de potencia 1 (**PCB1**) de 800 amperes corriente arriba. Obsérvese que las tres curvas de interruptor de circuito son claramente separadas, lo que significa que existe coordinación entre los interruptores de circuito.

Puesto que la curva que representa el arranque del motor y el funcionamiento normal del motor no intersecta la curva para **MCCB1**, **MCCB1** no se dispararía en condiciones normales. Sí el rotor del motor se bloquea y toma continuamente un nivel de corriente potencialmente perjudicial, **MCCB1** sería el primero en línea para tratar el problema. **MCCB2** y **PCB1** están colocados para manejar niveles de corrientes más elevados, potencialmente más destructivos.

Aún cuando se trata de un ejemplo menor, demuestra el procedimiento. Entre más complicado es el sistema, más complejo y tardado es el proceso de coordinación.

Figura 64. Ejemplo de Sistema Selectivamente Coordinado

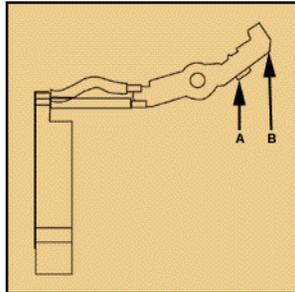


Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 6

Conteste las preguntas siguientes sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la siguiente sección cuando esté seguro que entiende lo que ya ha leído.

1. Cuando cierra un interruptor de circuito de potencia de baja tensión, sus contactos de arqueo cierra antes que sus contactos principales. Los contactos de arqueo se separan también antes que los contactos principales cuando se abre dicho interruptor.
VERDADERO FALSO
2. El diseño de contactos móviles Magnum DS gira alrededor de un solo contacto como se muestra gráficamente abajo. Dos partes de un contacto están indicadas por flechas. Identifique estas dos partes llenando los espacios al lado de las flechas .



A— Contacto _____

B— Contacto _____

3. Una estructura de contacto de “Talón-Dedos” es utilizada en los interruptores de potencia Magnum DS. Cuando todos los “Talones” de todos los contactos tocan y los “Dedos” no lo hacen, ¿en qué posición se encuentra el interruptor? Circule la mejor respuesta entre las siguientes.
(a) el interruptor está listo para cerrarse
(b) el interruptor está abierto
(c) el interruptor está cerrado
(d) Ninguno de los anteriores
4. La fuerza generada naturalmente utilizada por los interruptores de potencia Magnum DS para incrementar temporalmente la presión de contacto de cierre se conoce como fuerza _____.
5. Los interruptores de potencia Magnum DS utilizan también una fuerza similar generada naturalmente para acelerar la acción de abertura del interruptor.
VERDADERO FALSO
6. El mecanismo de resorte de energía es almacenada de los interruptores de potencia de baja tensión operados manual y eléctricamente puede ser cargado manualmente.
VERDADERO FALSO
7. La cámara de arqueo de un interruptor de potencia Magnum DS _____ y _____ cada polo de interruptor de circuito entre ellos, del resto del interruptor, y del personal operativo.
8. Puesto que los interruptores de potencia Magnum DS utilizan cámaras de arqueo, no utilizan placas de ionización de arco como los diseños antiguos de interruptores de potencia.
VERDADERO FALSO

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

9. La mayoría de las unidades de disparo de interruptores de potencia de baja tensión modernas son verdaderos diseños basados en microprocesador detectores de _____ .
10. Los Estándares ANSI requieren de interruptores de potencia de baja tensión que tienen una unidad de disparo montada integralmente.
VERDADERO FALSO

Sistemas de Protección

Todos los sistemas de distribución de energía eléctrica deben ofrecer la mayor seguridad a los equipos. La protección del sistema, con el objetivo primario de seguridad, está diseñado para equilibrar los objetivos restantes de protección de conductor/equipo y continuidad de servicio al costo más razonable. Para cumplir estos objetivos, el equipo de protección en condiciones de falla o de sobrecarga debe aislar la sección afectada del sistema para mantener el servicio a las demás secciones, minimizando el daño al equipo y limitar la duración de cualquier suspensión de servicio. Según el diseño, estas funciones son efectuadas por sistemas de protección con varios grados de eficacia.

Existen tres enfoques básicos para diseñar un paquete de protección de sistema de energía eléctrica. El sistema puede ser:

- Capacidad de Combinación en Serie
- Capacidad Completa
- Coordinado Selectivamente

Cada enfoque protege el sistema. Sin embargo, el grado de conservación de la continuidad del servicio en porciones que no presentan fallas y el costo inicial del sistema difieren según el diseño seleccionado.

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión pueden funcionar en cualquier sistema seleccionado. Debido a sus **capacidades de carga breve**, sin embargo, los interruptores de potencia de baja tensión son **ideales para sistemas selectivamente coordinados**. Se comentará solamente el caso del sistema selectivamente coordinado.

El **Sistema de Protección Selectivamente Coordinado optimiza la continuidad del servicio**. Todos los interruptores son **de capacidad total para interrumpir la corriente de falla máxima disponible** en su punto de aplicación en el sistema. En el caso de la coordinación selectiva, solamente el interruptor de circuito más cercano a la falla opera para aislar el circuito de falla de la fuente de energía.

Un sistema selectivamente coordinado requiere que **cada interruptor de circuito corriente arriba tenga una protección de carga breve**. Los interruptores de circuito corriente arriba deben poder resistir los **esfuerzos térmicos y magnéticos causados por la corriente de falla durante el período requerido para que el interruptor de circuito más cercano a la falla interrumpa la falla**. Este tipo de tarea requiere de capacidades solamente disponibles con interruptores de circuito de potencia de baja tensión.

En la mayoría de los casos, el **costo inicial de un sistema selectivamente coordinado es mayor** que el costo de los demás sistemas mencionados. Sin embargo, la continuidad del servicio es **mucho mejor**.

La selectividad de un sistema puede basarse en cualesquiera de las alternativas siguientes:

- Magnitud de la corriente de falla (selectividad de corriente)
- Lapso durante el cual el sistema experimenta una corriente de falla (selectividad de tiempo)
- Combinación de corriente y tiempo (selectividad completa)

Veamos un ejemplo de sistema simple para ilustrar cada una de las alternativas que acabamos de mencionar.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Ejemplo de Sistema Selectivamente Coordinado:

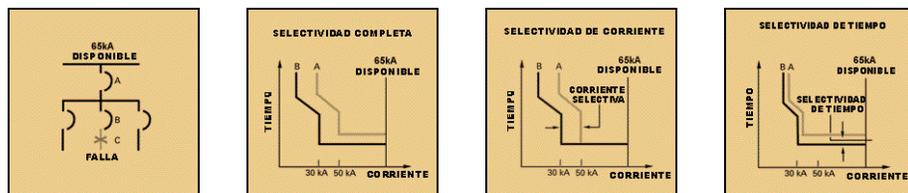
Veamos la gráfica de un sistema de suministro de energía simple que utiliza todos los interruptores de potencia de baja tensión (Figura 65). La **X** grande marcada con la letra “C” represente el lugar donde ocurre una falla. El interruptor “B” es el interruptor de circuito corriente abajo y “A” es el interruptor de circuito corriente arriba.

Para un **sistema totalmente selectivo**, el interruptor de circuito corriente arriba “A” requiere de un tiempo de disparo mayor que el interruptor de circuito corriente abajo “B” para todos los valores de la corriente. Por consiguiente se obtiene una selectividad completa. La selectividad completa requiere que las curvas características tiempo-corriente de los dos interruptores de circuito no se empalmen en ningún punto. Las curvas deben mantener un intervalo de tiempo suficiente (espacio en la gráfica ilustradas) para permitir un tiempo de operación normal del interruptor de circuito (B) corriente abajo antes del inicio de una operación de “disparo” para el interruptor de circuito corriente arriba (A).

La **selectividad de la corriente** ocurre entre los interruptores “A” y “B” cuando el interruptor de circuito corriente abajo “B” tiene una Capacidad Nominal de Corriente Continua menor y un ajuste de disparo instantáneo inferior que el interruptor de circuito corriente arriba “A”. La selectividad de corriente se eleva con diferencias crecientes en los ajustes continuos e instantáneos de los interruptores de circuito corriente arriba y corriente abajo.

La **selectividad de tiempo** ocurre entre el interruptor de circuito corriente arriba “A” y el interruptor de circuito corriente abajo “B” cuando, para el mismo valor de corriente, el interruptor de circuito corriente arriba utiliza un retardo de tiempo mayor que el interruptor de circuito corriente abajo. La **selectividad de retardo de tiempo se logra mejor con interruptores de circuito que tienen unidades de disparo equipadas con capacidades de retardo de tiempo breve significativas**. El interruptor de circuito corriente arriba debe ser suficientemente retardado para iniciar una operación de disparo para permitir que el interruptor de circuito corriente abajo tenga suficiente tiempo para eliminar completamente la falla. Esto significa que el interruptor de circuito corriente arriba debe poder resistir a los esfuerzos térmicos y magnéticos introducidos por la corriente de falla durante el retardo. Históricamente, este tipo de selectividad ha sido y sigue siendo obtenida con interruptores de potencia que tienen capacidades de tiempo breve junto con capacidades de carga no disruptiva importantes.

Figura 65. Ejemplo de Sistema Coordinado Selectivamente



La corriente de falla máxima del sistema de energía a través de los interruptores A y B es de 65 kA hasta la falla en C.

El interruptor A es totalmente selectivamente coordinado para todos los valores de corriente de falla; el interruptor B aísla todas las fallas en C.

El interruptor A es coordinado selectivamente para corriente para todas las condiciones de fallas de menos de 50kA; tanto A como B se disparan en el caso de fallas arriba de 50kA en C.

Los interruptores A y B cierran relativamente en valor nominal de corriente continua; el interruptor A es coordinado selectivamente para tiempo para Corrientes de Falla en C arriba de 30 kA.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

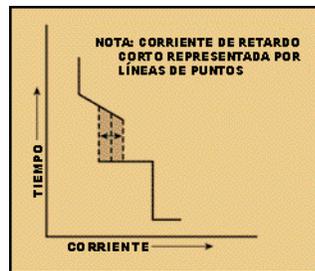
Protección de Retardo Largo (L)

La *Protección de Retardo Largo* reacciona a condiciones de sobrecarga y algunas condiciones de cortocircuito. La protección consisten de un ajuste de corriente de retardo largo, un ajuste de tiempo de retardo largo, y frecuentemente un ajuste de pendiente de curva para el ajuste de tiempo.

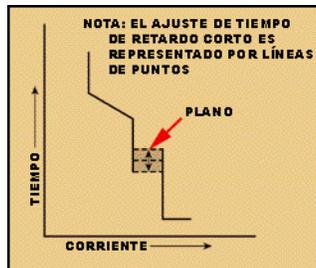
Protección de Retardo Breve (S)

La *Protección de Retardo Breve* reacciona a las condiciones de corto circuito (Figura 66). Es similar a la protección de retardo largo en la medida en que tiene un ajuste de corriente, un ajuste de tiempo y frecuentemente un ajuste de pendiente de curva para el ajuste de tiempo. Una buena coordinación de sistema depende mucho de la flexibilidad de la protección de retardo corto de la unidad de disparo y de las capacidades de resistencia del interruptor de circuito. Los ajustes de tiempo de interruptor de circuito de potencia de baja tensión son **ajustables hasta 0.5 segundo o 30 ciclos**. Los interruptores de potencia de baja tensión son diseñados, construidos y probados para resistir fallas en el sistema en donde se aplican para este lapso extenso de tiempo.

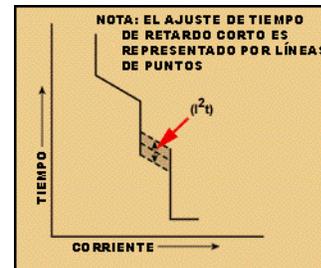
Figura 66. Ajustes de Protección de Retardo Corto Típicos



Ajuste de Corriente de Retardo Corto Típico



Ajuste Típico de Tiempo de Retardo Corto con Pendiente Plana



Ajuste Típico de Tiempo de Retardo Corto con Pendiente (I^2T)

Protección Instantánea (I)

La *Protección Instantánea* reacciona a condiciones de falla de alto nivel. El ajuste instantáneo establece el nivel de corriente en el cual la función de disparo instantáneo de la unidad de disparo disparará el interruptor sin retardo de tiempo intencional.

Protección contra Falla de Conexión a Tierra (G)

La *Protección contra Falla de Conexión a Tierra* reacciona a las condiciones de falla de conexión a tierra. La protección consiste también en un ajuste de corriente de falla de conexión a tierra, un ajuste de tiempo de falla de conexión a tierra y frecuentemente un ajuste de pendiente de curva para tiempo.

Combinaciones de Protección contra Sobrecorriente

La protección contra sobrecorriente proporcionada a un sistema puede ofrecerse en numerosas combinaciones de las funciones de protección larga (L), corta (S), instantánea (I) y de falla de conexión a tierra (G) que acabamos de mencionar. Es común describir las unidades de disparo en términos de las funciones de protección que ofrecen utilizando solamente las primeras letras (L,S,I,G) como

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

descripción. Las descripciones siguientes son solamente dos ejemplos de cómo se describen frecuentemente las unidades de disparo de los interruptores:

1. **Unidad de Disparo LS** - Esto nos dice que la unidad de disparo particular ofrece una protección larga (L) y corta (S). No ofrece ninguna de las demás capacidades asociadas con esta protección.
2. **Interruptor de Circuito LI** - Esto significa que el interruptor está equipado con una unidad de disparo que ofrece protección larga (L) e instantánea (I). Otra vez no se proporcionan datos específicos.

Las combinaciones de funciones de protección comunes son:

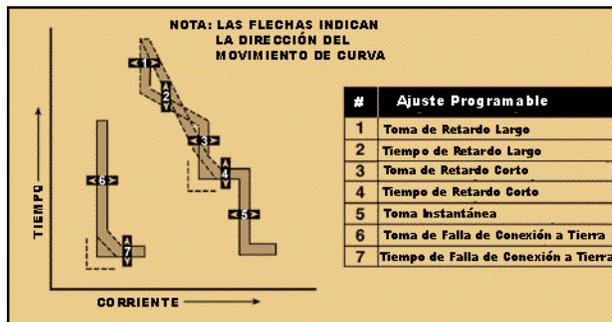
- **LI (larga e instantánea)**
- **LS (larga y corta)**
- **LSI (larga, corta e instantánea)**
- **LIG (larga, instantánea y de conexión a tierra)**
- **LSG (larga, corta y de conexión a tierra)**
- **LSIG (larga, corta, instantánea y de conexión a tierra)**

Repaso de Curvas Características

La respuesta operativa de la unidad de disparo es representada gráficamente por curvas de características de tiempo-corriente. Estas curvas muestran cómo y cuándo una unidad de disparo particular actuará para valores dados de corriente. Entre más versátil la unidad de disparo, más fácil es lograr una coordinación estrecha y obtener una protección óptima.

Las parte programables o ajustables de una unidad de disparo permiten el movimiento de su curva característica o partes de la curva. El movimiento puede efectuarse tanto horizontal como verticalmente en la gráfica de tiempo-corriente (Figura 67).

Figura 67. Ajustes Avanzados de Curva de Tiempo-Corriente de Unidad de Disparo



Advertencias y Alarmas Anticipadas

Las unidades de disparo basadas en microprocesadores más avanzadas, a través del uso de varios métodos, ofrecen advertencias tempranas de condición específica o alarmas de condiciones detectadas. Muchas de estas características pueden ser indicadas directamente por la unidad de disparo, indicadas por un dispositivo accesorio o bien indicadas por una pantalla de una computadora remota. Lo que es disponible y cómo se logra depende de la unidad de disparo específica. Algunos ejemplos típicos de estas advertencias y alarmas anticipadas son:

1. **Alarma de Carga Alta** - La alarma de carga alta es activada cuando la corriente de carga rebasa un nivel de corriente seleccionado para proporcionar una advertencia anticipada de la condición.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

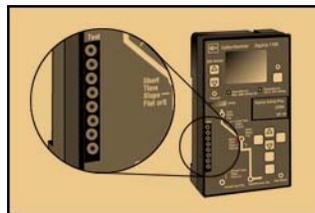
2. **Alarma de Disparo de Retardo Largo** - La alarma de disparo de retardo largo opera después del disparo del interruptor de circuito causado por una condición de sobrecarga.
3. **Alarma de Disparo por Cortocircuito** - La alarma de disparo por cortocircuito opera después del disparo del interruptor de circuito debido a condiciones tales como disparo instantáneo o disparo de retardo corto.
4. **Alarma de Disparo por Falla de Conexión a Tierra** - La alarma de disparo por fallo de conexión a tierra opera después del disparo del interruptor de circuito debido a condiciones que rebasan los valores de falla de conexión a tierra.

Diagnósticos y Pruebas del Sistema

Según lo sofisticado de la unidad de disparo, unidades de disparo basadas en microprocesadores pueden almacenar información en memoria para su uso durante actividades de diagnóstico. En numerosos casos, la razón de ciertas situaciones u operaciones puede ser determinada directamente a partir de la unidad de disparo.

Capacidades de prueba integrales forman también parte de la mayoría de las unidades de disparo basadas en microprocesadores (Figura 68). El interruptor de circuito puede ser probado habitualmente de tal manera que el interruptor de circuito se dispare realmente (Modo de Prueba de Disparo) o bien se puede probar sin la operación real del interruptor de circuito (Modo de Prueba Sin Disparo). La mayoría de los diseños de interruptor de circuito habitualmente siguen proporcionando protección durante el proceso de prueba.

Figura 68. Ampliación de un Tipo de Puerto de Prueba Accesible desde la Parte Frontal de la Unidad de Disparo de Magnum DS



Monitoreo del Sistema

Las unidades de disparo basadas en microprocesadores avanzadas son capaces de monitorear la mayor parte o la totalidad de los datos siguientes:

- Valor de estado estacionario de corrientes de fase, neutro y conexión a tierra
- Valores de corriente máximo y mínimo
- Corriente de demanda promedio
- Causa de disparo
- Magnitud de la corriente de falla que causa la operación de disparo

Monitoreo de la Calidad de la Potencia

Las unidades de disparo más sofisticadas pueden calcular y desplegar de alguna forma información sobre la calidad de la potencia. La información típicamente desplegada es la siguiente:

- Porcentaje de contenido de Armónicos
- Distorsión Armónica Total (THD)

Monitoreo y Manejo de la Energía

Otra vez, las unidades de disparo más sofisticadas pueden monitorear y desplegar de alguna forma valores de potencia y energía, tales como:

- Potencia en kilowatts

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

- Demanda pico en kilowatts
- Energía total en kilowatt-horas
- Corriente directa e inversa en kilowatt-horas

Comunicaciones

La mayoría de las unidades de disparo basadas en microprocesadores pueden comunicar de alguna manera. La comunicación de dos sentidos es posible a través de una red para monitoreo y control remoto. El interruptor de circuito, a través de la unidad de disparo, puede responder a comandos de abertura y cierre a través de la red de comunicaciones.

Muchos dispositivos de Cutler-Hammer, incluyendo unidades de disparo, son dispositivos compatibles con IMPACC. La red IMPACC de Cutler-Hammer es un sistema único que centraliza varios dispositivos de monitoreo, protección y control en un sistema de distribución eléctrica para edificios. Dispositivos compatibles pueden ser monitoreados, controlados y hasta programados a distancia. La Red de Comunicaciones IMPACC llamada INCOM es una red de comunicaciones inmune al ruido. INCOM interconecta productos de distribución y control eléctricos basados en microprocesadores con computadoras personales remotas en una red de comunicación de información y control.

Aplicaciones

Usted aprendió que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión tienen numerosas características y/o capacidades únicas. Algunas de las características hacen que sean los interruptores de circuito ideales o en algunos casos la única opción. La mayoría de esto se centra alrededor de capacidades de tiempo breve. Entre mayor y/o más estrecha la coordinación de sistema que se requiere, más valioso es un interruptor de circuito de potencia de baja tensión. Puesto que se han comentado varios temas, vamos a ver algunos ejemplos de aplicación. Esto ayudará a juntar varias de estas capacidades en forma real.

Interbloqueo Selectivo por Zona

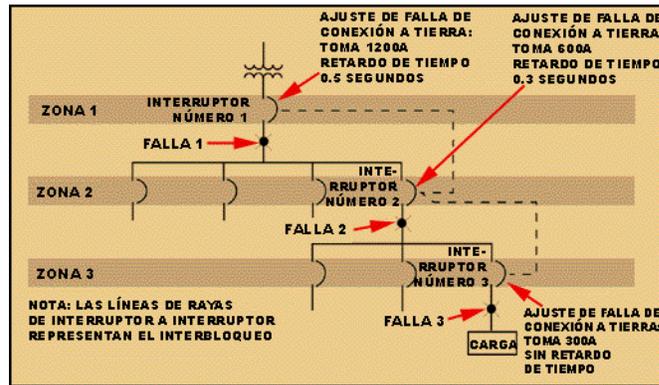
Hoy en día las unidades de disparo basadas en microprocesadores modernas están habitualmente disponibles con interbloqueo selectivo por zona. El interbloqueo selectivo por zona se **proporciona para las funciones de disparo de retardo corto y retardo de falla de conexión a tierra** para una mejor protección del sistema.

La característica de interbloqueo selectivo por zona es un **dispositivo de comunicaciones a través de un par de alambres** entre dos o más unidades de disparo compatibles. El interbloqueo selectivo por zona hace posible alterar automáticamente los ajustes programados de unidades de disparo para responder a condiciones de falla y ubicaciones diferentes. Con esto la interrupción es localizada y se proporciona una coordinación positiva entre los interruptores de circuito disponibles.

Un esquema de protección de falla de conexión a tierra típico que utiliza interbloqueo selectivo por zona se ilustra gráficamente en la Figura 69. Para interruptores de circuito fuera de la zona de protección, la unidad de disparo en el interruptor de circuito más cercano a la falla envía una señal de interbloqueo a la unidad de disparo de los interruptores de circuito corriente arriba. Esta señal de interbloqueo restringe el disparo inmediato de los interruptores de circuito corriente arriba hasta que alcancen sus tiempos de coordinación programados. Este interbloqueo selectivo por zona correctamente aplicado puede reducir el daño causado por condiciones de cortocircuito o falla de conexión a tierra.

Interrupedores de Potencia de Baja Tensión

Figura 69. Esquema de Protección contra Fallas de Conexión a Tierra mediante el uso de un Interbloqueo Selectivo por Zona



Ejemplo de aplicación de Magnum DS:

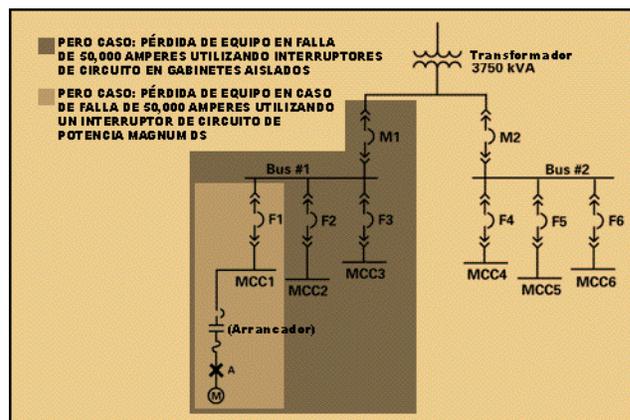
Usted aprendió que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión **Magnum DS** tienen:

- Capacidades de carga no disruptiva breve más elevadas
- Capacidades interruptivas aún mayores

Estos hechos, cuando se aplican en el mundo real tienen resultados interesantes.

A continuación vamos a ver el caso de un usuario industrial con un gran transformador que alimenta una instalación. Este usuario tiene varias entradas de servicio que utilizan un transformador de 3750 kVA lleno de líquido externo. Cada una de las conexiones a partir del transformador penetra en la instalación y cada uno alimenta interruptores de circuito principales separados de 3000 amperes (**M1 y M2**). Cada interruptor de circuito principal a su vez alimenta varios interruptores de circuito alimentadores de 800 amperes (**F1 a F6**). Este puede ser el momento adecuado para repasar el diagrama unifilar para este ejemplo (Figura 70). El diagrama representa un ejemplo que utiliza **interruptores en gabinetes aislados** primero y después el **interruptor de circuito de potencia Magnum DS**.

Figura 70. Diagrama Unifilar de Ejemplo de Aplicación de Interruptor de Circuito en Caja Aislada y Magnum DS



Antes de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión **Magnum DS**, el usuario empleaba interruptores de circuito en gabinetes aislados con el objeto de obtener una capacidad interruptiva suficientemente grande para la aplicación. Se calculó que este sistema tenía una capacidad de falla potencial de 93,500

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

amperes considerando todo lo que podía afectar. A partir del cálculo, resultaba evidente que el sistema requería de interruptores de circuito con una capacidad interruptiva de 100,000 amperes. El usuario no consideraba el caso de los interruptores de circuito de potencia con fusibles y de todas maneras no tenía suficiente espacio de piso. La única solución aceptable en aquel entonces era utilizar interruptores de circuito en gabinete aislado con una capacidad interruptiva de 100,000 amperes.

Existe un inconveniente con relación a esta solución. Los interruptores de circuito en gabinete aislado tienen solamente un valor nominal de corriente de retardo corto de 25,000 amperes para los interruptores de circuito de alimentador y 35,000 amperes para los interruptores de circuito principal. Por consiguiente, en el caso de una falla mayor que 35,000 amperes en el lado de la carga de los arrancadores en cualquiera de los centros de control de motor, se perdía la coordinación total.

Una falla de 50,000 amperes, por ejemplo, en el punto “A” en un ramal del centro de control de motor 1 (**MCC1**) requeriría de desconectar todo el centro de control de motor 1 (**MCC1**) debido a la abertura del interruptor de circuito (**F1**). Además, todos los demás centros de control de motor conectados al **Bus #1** se perderían debido a la abertura del interruptor de circuito principal (**M1**).

Con la disponibilidad de los interruptores de circuito de potencia de baja tensión **Magnum DS**, los resultados serían muy diferentes. En caso de utilizar interruptores de circuito **Magnum DS** con una capacidad de retardo breve de 85,000 amperes y una capacidad interruptiva de 100,000 amperes, la coordinación lograda sería mucho mejor con un número mucho menor de equipo fuera de servicio. Además, los interruptores de circuito **Magnum DS** requieren de menos espacio de piso.

Vamos a concluir este ejemplo de aplicación tabulando una comparación entre el interruptor de circuito en gabinete aislado, el interruptor de circuito de potencia **Magnum DS** y un interruptor de circuito de potencia DSLII (DSII con fusible integrado). Para comparación y tabulación, vamos a considerar que el espacio de piso no es limitado y que se pueden aplicar interruptores de circuito de potencia con fusibles.

Comparando los datos presentados en la Figura 71, resulta claro que los interruptores de potencia DSLII pueden manejar la condición de falla de 50,000 amperes que acabamos de describir. Sin embargo existen tres inconvenientes relacionados con el uso del interruptor de circuito de potencia DSLII en lugar del interruptor de potencia **Magnum DS**. Estos inconvenientes son los siguientes:

1. El costo de instalación inicial para DSLII sería el mayor de los tres interruptores de circuito.
2. Los interruptores de circuito DSLII requieren de significativamente más espacio de piso que los demás dos interruptores de circuito.
3. El DSLII no tiene capacidad de carga breve. Por consiguiente, no puede ser coordinado selectivamente con dispositivos corriente abajo.

Figura 71. Tabla de Tabulación de Aplicación

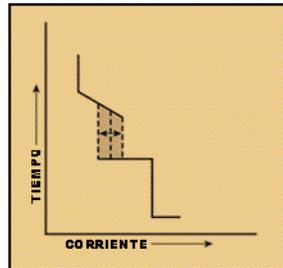
Tipo de Interruptor de Circuito	Capacidad Interruptiva (kA)	Capacidad de Carga Breve (kA)
Gabinete Aislado	100	25
Interruptor de Potencia Magnum DS	100	85
Interruptor de Potencia DSLII	200	NA

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 7

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar. Empiece la siguiente sección cuando esté seguro que entendió lo que ha leído.

1. De los tres enfoques para la protección de sistema listados a continuación, circule el enfoque que ofrece la mejor continuidad de servicio.
(a) Capacidad de Combinación en Serie
(b) Coordinado Selectivamente
(c) Capacidad Completa
2. El ajuste de tiempo de retardo breve de un interruptor de circuito de potencia de baja tensión es ajustable a hasta _____ segundos o _____ ciclos.
3. El área representada por las líneas de rayas en la gráfica de tiempo-corriente abajo representa un ajuste _____ de retardo breve.



4. ¿Qué tipos de protección ofrecería una unidad de disparo tipo LSG?

5. Sí una unidad de disparo ofrece un ajuste de pendiente en protección de falla de conexión a tierra, esto significa que se puede cambiar la pendiente de la parte de la curva que representa el ajuste de corriente de falla de conexión a tierra.
VERDADERO FALSO
6. Un interbloqueo selectivo por zona permite que dos o más dispositivos compatibles, como por ejemplo unidades de disparo, comuniquen a través de un _____ de _____.

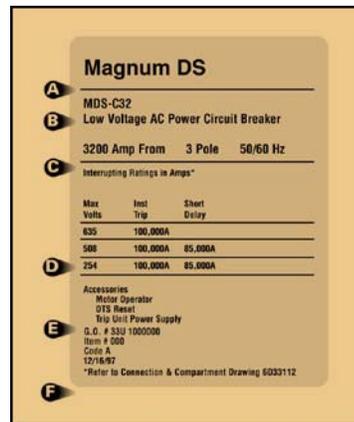
Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Significado de los Valores de la Placa

Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión se aplican de conformidad con las potencias nominales indicadas en su placa. Es el momento oportuno para ampliar la información sobre el tema especialmente porque acabamos de abarcar una situación de aplicación real con interruptores de circuito **Magnum DS**. Observemos con más detenimiento la placa de **Magnum DS** y veamos lo que nos puede enseñar.

Las placas son desplegadas de manera visible en la parte frontal del interruptor. Una parte de la información dada es general, pero la mayor parte es específica para este interruptor. Véase la gráfica de placa de **Magnum DS** y estudiemos brevemente las áreas de referencia (Figura 72).

Figura 72. Placa Típica de Magnum DS

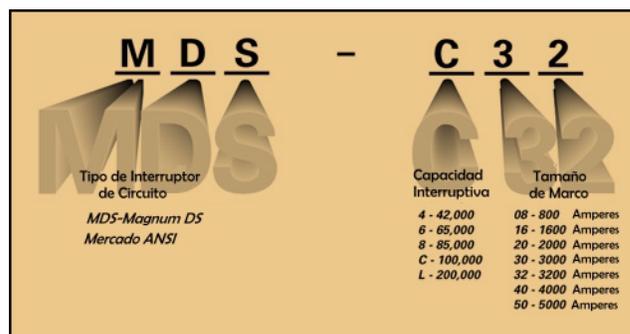


A—Magnum DS, es el nombre de la familia de interruptores de circuito de potencia de baja tensión.

B—Es el número de identificación para un interruptor de circuito de potencia de baja tensión particular. Véase la gráfica de Sistema de Identificación **Magnum DS** para interpretar este número (Figura 38). Los números de identificación presentan muchas informaciones. Además, los números de identificación son frecuentemente utilizados en la industria cuando se comenta y/o pide interruptores de circuito. Es el momento oportuno para comenzar a acostumbrarse al concepto de un sistema de numeración de producto, ya sea un número de catálogo o un número de identificación.

La Tabla de Sistema de Identificación de **Magnum DS** es relativamente intuitiva. Vamos a considerar e interpretar el número de identificación en la placa, MDS-C32.

Figura 73. Sistema de Identificación de Magnum DS



1. La letra “M” significa **Magnum**.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

2. Las letras “**DS**” identifican que el interruptor de circuito es probado para aplicación según estándares ANSI.
3. La letra “**C**” indica que este interruptor de circuito tiene una capacidad interruptiva de 100,000 amperes.
4. El número “**32**” indica el tamaño de marco en amperes, que es 3,200 amperes para este interruptor de circuito.

C—Se presenta aquí información específica sobre capacidades adicionales, una parte de la cual ya se conoce a partir del número de identificación.

D—Es el área esencial de la placa. La mayor parte de la información sobre la manera de utilizar con seguridad este interruptor de circuito se presenta en esta área. Cada línea empieza indicando la tensión mínima a la cual aplican las capacidades que siguen. Usted observará que las capacidades no son iguales para todas las tensiones en la placa de **Magnum DS**. Es un área en donde no se puede adivinar. Las mismas capacidades aplican para un tamaño de marco de **Magnum DS** específico para las tres tensiones máximas. Esto **no es el caso con todos los tipos** de interruptores de circuito de potencia de baja tensión. Algunos tienen capacidades reducidas a ciertas tensiones. **!Fíjese!**

El número 100,000 indica que este interruptor de circuito interrumpirá con seguridad una corriente de falla de hasta 100,000 amperes **instantáneamente**.

El número 85,000 indica que este interruptor de circuito tiene capacidades para manejar con seguridad una corriente de falla de hasta 85,000 amperes **durante un lapso breve** de hasta 0.5 segundos o 30 ciclos.

E—Es otra área de la placa en donde se indica la información específica para este interruptor de circuito particular. El valor de tensión de los accesorios instalados en fábrica para este interruptor de circuito se presentan aquí. Además, en esta área se puede encontrar información de fabricación específica con relación a este interruptor, como por ejemplo el Número de Pedido General (G.O. #).

F—Esta área de la placa indica una referencia que especifica detalles de construcción del gabinete para mantener los valores publicados.

En este módulo de capacitación, se plantearon varios aspectos de los **Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión**. Se presentaron elementos que aplican a todos los interruptores de circuito de potencia de baja tensión, y a interruptores de circuito de potencia de baja tensión específicos. En este resumen, presentaremos una reseña breve de muchos de los puntos presentados. Algunos son únicos para los interruptores de circuito de potencia de baja tensión, mientras que otros son comunes, pero no necesariamente únicos. Un resumen general se presenta primero seguido por un resumen del **Magnum DS**. Este resumen no pretende ser completo, especialmente en cuanto a **Magnum DS**. Sin embargo será una reseña excelente y servirá como referencia futura.

Resumen sobre los Interruptores de Circuito de Potencia de Baja Tensión

Resumen sobre Estándares y Pruebas

1. **ANSI y IEC** son los dos estándares principales con relación a los circuitos de potencia de baja tensión a escala mundial.
2. Los **Estándares ANSI** son la **Autoridad reconocida en Norteamérica** en materia de diseño de interruptores de circuito de potencia de baja tensión.
3. **ANSI C37.50** es el estándar primario para probar los interruptores de circuito de potencia de baja tensión.
4. La prueba según **ANSI C37.50** consiste de cuatro secuencias de prueba. La primera secuencia es única para los interruptores de circuito de potencia de

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

baja tensión. Otros tipos de interruptores de circuito de baja tensión **no son** sometidos a esta secuencia de prueba. La cuarta secuencia de prueba determina sí o no un interruptor de circuito de potencia de baja tensión tiene **capacidad** para recibir un **valor de tiempo breve de 30 ciclos**. Durante la prueba real, el interruptor de circuito es sometido a **dos pruebas de 30 ciclos**.

5. Los interruptores de circuito de potencia de baja tensión **ANSI** están siempre **clasificados para operación continua a 100%** de su capacidad nominal de corriente en su gabinete.
6. Los **Estándares ANSI no especifican** la naturaleza de la construcción ni el material de construcción para interruptores de circuito de potencia de baja tensión.
7. Los Estándares ANSI requieren que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión proporcionen un **ciclo de servicio de abertura-cierre-abertura**. Esto se logra con un **mecanismo de energía almacenada de resorte de dos pasos**.
8. Los Estándares ANSI requieren que los interruptores de circuito de potencia de baja tensión tengan **unidades de disparo integradas**.
1. Coordinación precisa de sistema con **capacidades de carga no disruptiva breve sin iguales**
2. Aplicada en un sistema en **valores de operación indicados en la placa**
3. **máximo de cierre de 5 ciclos**
4. **Marcos rígidos fuertes para resistir a los esfuerzos físicos** asociados con capacidades de carga no disruptiva breve
5. Mecanismo de operación de **resorte de energía almacenada en dos etapas**.
6. Operación **manual y eléctrica**
7. **Unidades de disparo integradas**
8. Suministrado típicamente como interruptores de circuito **removibles de cuatro posiciones**
9. Retiro **por la puerta o atrás de la puerta**
10. Configuraciones de **montaje fijas**
11. **Configuración con fusibles** para interrupción de 200,000 amperes
12. Diseño de **fácil mantenimiento**
1. Cumple o rebasa los **Estándares ANSI/UL** para interruptores de circuito de potencia de baja tensión
2. **Cierre de 3 ciclos**
3. Gabinete de **marco rígido de resina compuesta**
4. Construcción **resistente, de fácil mantenimiento**
5. **Compacto y ligero**
6. **Removible por la puerta o Fijo**
7. **Capacidades de carga no disruptiva breve** mayores que DSII

Resumen de las
Características
Generales

Resumen de Magnum
DS

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

8. **Capacidades interruptivas** mayores que DSII
9. Operación **convertible de manual a eléctrica en campo**
10. Accesorios **listados según UL instalables en campo**
11. Accesorios eléctricos **visibles y montados desde la parte frontal**
12. Solamente **dos tamaños de marco**, 800 a 5000 amperes (cuadro de 3200 amperes más pequeño en la industria)
13. **Estructura de contacto de Talón-Dedo**
14. **Material de contacto mejorado**
15. Trayectoria de corriente de **bucle “C” compacta**
16. Conexión de **trayectoria de corriente trenzadas**
17. **Cámara de arqueo sellado** para aislamiento
18. Unidades de disparo basadas en microprocesadores de **detección de RMS, programables**
19. **Indicador de desgaste** de contacto móvil
20. **Interbloqueo selectivo por zona**
21. Comunicaciones **compatibles con IMPACC**

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Repaso 8

Conteste las siguientes preguntas sin hacer referencia al material que se le acaba de presentar.

1. Un interruptor de circuito de potencia Magnum DS identificado como MDS-616 es un interruptor de circuito de cuadro de _____ amperes.
2. ¿Qué es la capacidad interruptiva de un interruptor de circuito de potencia Magnum DS con un número de identificación de MDS-C32? Capacidad de interrupción de _____ kA
3. La familia Magnum DS de interruptores de circuito de potencia utiliza solamente dos tamaños de cuadro diferentes para abarcar de _____ a _____ amperes.
4. Todos los interruptores de circuito de baja tensión son clasificados para operación continua a 100% de sus capacidades nominales de corriente en su gabinete.
VERDADERO FALSO
5. El mecanismo de energía almacenada en resorte de dos pasos que se utiliza en un interruptor de circuito de potencia de baja tensión hace posible que el interruptor de circuito efectúe un ciclo de abierto-cerrado-abierto, requerido por los Estándares ANSI.
VERDADERO FALSO
6. Un interruptor de circuito de potencia Magnum DS removible puede ser introducido o extraído de tres posiciones diferentes dentro de su gabinete sin abrir la puerta frontal del gabinete. Nombre estas tres posiciones.
(a) posición _____
(b) posición _____
(c) posición _____
7. Los interruptores de circuito de potencia Magnum DS tienen accesorios eléctricos instalables en campo que pueden verse desde la parte frontal del interruptor de circuito. Sin embargo deben ser instalados en la fábrica para ser listados según UL.
VERDADERO FALSO
8. Los interruptores de circuito de potencia Magnum DS ofrecen capacidades de carga breve mayores así como capacidades _____ mayores.

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Glosario

Interruptores de Circuito en Aire	Un interruptor de circuito que cierra y abre circuitos de potencia en aire utilizando placas de ionización de arco.
Arqueo	El efecto generado cuando la corriente eléctrica puentea el espacio de aire entre dos conductores que no se están tocando.
Placas de Ionización de Arco	Un componente de un extinguidor de arco en un interruptor de circuito de baja tensión. Alarga y enfría un arco
Extinguidores de Arco	Un método común utilizado para extinguir un arco. En general, confina, divide y enfría el arco.
ANSI	Instituto Americano de Estándares Nacionales.
Cierre de Tope	Un tipo de diseño para cerrar los contactos en un interruptor de circuito.
Interruptores de Circuito	Un dispositivo de protección contra sobrecorrientes reutilizable. Después del disparo del interruptor de circuito, puede ser re-inicializado para proteger el circuito otra vez.
Posición de Conexión	La posición en donde el interruptor de circuito está totalmente conectado y funcional.
Contactos	Un método para abrir y cerrar el circuito conforme a los contactos se cierran o abren.
Capacidad Nominal de Corriente Continua	La cantidad de corriente que el interruptor puede llevar continuamente a 60 ciclos sin rebasar el límite de elevación de temperatura, según las gráficas de ANSI.
Tensión de Control	La tensión utilizada para operar dispositivos secundarios.
Coordinación	El proceso de selección y aplicación de interruptores de circuito en un sistema de distribución eléctrica para localizar una condición de falla y restringir las interrupciones de servicio al equipo afectado.
CSA	Asociación Canadiense de Estándares.
Posición de Desconexión	La posición en la cual ni las conexiones eléctricas primarias ni secundarias del interruptor de circuito están cerradas. Esta posición se utiliza frecuentemente como posición de almacenamiento para el interruptor de circuito en su gabinete.
Removible	Un tipo de interruptor de circuito que puede ser introducido o extraído de su estructura sin desatornillar, frecuentemente en un mecanismo de colocación en bastidores.
Placa Frontal de Protección	Un dispositivo para proteger al operador contra tensiones peligrosas mientras la puerta del interruptor está abierta.
Dedo	Un tipo de diseño para contactos en un interruptor de circuito.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Grupos de Contactos	Dispositivos de desconexión principales automáticos para un interruptor de circuito.
Fijo	Un tipo de interruptor de circuito atornillado en una posición fija con bus o cable mecánicamente atornillado sobre terminales de interruptor.
Protección contra Falla de Conexión a Tierra	Una forma de protección que reacciona a condiciones de falla de conexión a tierra.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Una organización técnica objetiva conformada por fabricantes, usuarios, y otros interesados generales.
Unidad de Disparo Montada Integralmente	La unidad de disparo está dentro del interruptor o forma parte del mismo.
Comisión Electrotécnica Internacional	Abreviado IEC. Esta organización se relaciona con equipo utilizado internacionalmente.
Capacidad Interruptiva	También "Capacidad Interruptiva en Amperes (AIC)". Una indicación de la cantidad de corriente que un dispositivo de protección, por ejemplo fusible o interruptor de circuito puede interrumpir con seguridad.
Protección Instantánea	Una forma de protección que reacciona a condiciones de falla de alto nivel.
Apalancar	Mover el interruptor de una posición a otra.
Protección de Retardo Largo	Una forma de protección que reacciona a condiciones de sobrecarga, y ciertas condiciones de cortocircuito.
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
SF₆	Una tecnología de extinción de arco que incluye el uso de gas hexafluoruro de azufre.
Protección de Retardo Breve	Una forma de protección que reacciona a condiciones de cortocircuito.
Capacidad de Carga Breve	Una indicación de la rapidez con la cual un interruptor de circuito abre, se expresa en ciclos.
Energía Almacenada	Un mecanismo utilizado para superar las fuerzas inherentes opuestas al proceso de cierre del interruptor, que almacena energía hasta que se requiera para ayudar a abrir el interruptor.
Posición de Prueba	La posición en la cual las conexiones primarias del interruptor de circuito están desconectadas. Las conexiones secundarias no están desconectadas y la prueba puede efectuarse con seguridad puesto que el interruptor de circuito no está excitado.
Disparo Libre	No se puede impedir el disparo del interruptor aún manteniendo la manija en la posición de CONEXIÓN.
Unidades de Disparo	Dispositivos que disparan el mecanismo de operación en el caso de una condición de cortocircuito o sobrecarga.

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Underwriter's Laboratories	UL. Un laboratorio independiente que prueba los equipos para determinar si cumplen con ciertos estándares de seguridad cuando se utilizan apropiadamente.
Vacío	Una tecnología de extinción de arco. Presenta un par de contactos separables que se encuentran en una envoltura hermética vacía. Puesto que el entorno dentro de la envoltura del interruptor es un vacío, un arco no puede sostenerse fácilmente.
Posición Removida	En esta posición, el interruptor de circuito no tiene conexiones eléctricas. Está suficientemente lejos de su gabinete para permitir inspección y mantenimiento.
Capacidad de Carga No Disruptiva	Véase "Capacidad de Carga Breve"

Interrupidores de Potencia de Baja Tensión

Respuestas del Repaso 1

1. Falso
2. b. Prueba, c. Desconexión
3. Verdadero
4. Corriente continua
5. Verdadero
6. Tiempo breve
7. Verdadero
8. Abierto Cerrado Abierto

Respuestas del Repaso 2

1. Moldeado
2. Falso
3. Placas de ionización de arco, extinguidores de arco
4. Verdadero
5. Unidad de disparo
6. Sensores
7. Unidad de disparo
8. Circule a, b, y c
9. De izquierda a derecha: b, b, a
10. Disparo por bobina
11. Falso
12. Carro, Operado, Celda

Respuestas del Repaso 3

1. Falso
2. Primario, secundario
3. 5 de los siguientes:
Estándares
Capacidades
Método de Operación
Accesorios
Método de Montaje
Temperaturas ambientes Altas o Bajas
Atmósferas Húmedas o Corrosivas
Altura
Altas condiciones de choque
Condiciones de montaje de interruptor de circuito no habituales
4. Falso
5. 208
6. Tensión de Aplicación
7. Falso
8. Verdadero
9. Máximo
10. D

Interruptores de Potencia de Baja Tensión

Respuestas del Repaso 4

1. Verdadero
2. Magnum
3. UL1066
4. C37.50
5. Falso

Respuestas del Repaso 5

1. Verdadero
2. De carga no disruptiva
3. Corriente de retardo breve
4. Falso
5. Verdadero
6. 100,000
7. Componente CD
8. B

Respuestas del Repaso 6

1. Falso
2. derecho superior: Arqueo Móvil
inferior izquierdo: Principal Móvil
3. C
4. Soplado
5. Verdadero
6. Verdadero
7. Aísla
8. Falso
9. RMS
10. Verdadero

Respuestas del Repaso 7

1. B
2. 0.5, 30
3. Corriente de Retardo Breve
4. Protección de Retardo Largo, Protección de Retardo Breve, Protección de Falla de Conexión a Tierra
5. Falso
6. Par, Alambres

Respuestas del Repaso 8

1. 1600
2. 100 kA
3. 800, 5000
4. Falso
5. Verdadero
6. a: conectado b: de prueba c: desconectado
7. Falso
8. Interrupción