

Como Evaluar
y Especificar
los Tableros de
Distribución de
Medio Voltaje
para Garantizar
una Distribución
Eficiente y
Económica de la
Energía Eléctrica



S&C ELECTRIC COMPANY

Especialistas en Protección y Seccionamiento de Sistemas Eléctricos de Potencia

Índice Temático

Introducción.....	2
Aspectos Básicos.....	3
Configuraciones normales de los tableros de distribución.....	4
Proteja la carga.....	6
Proteja el tablero de distribución.....	8
El tamaño de la carga y el tipo de tablero de distribución especificado.....	8
Adaptación del tablero de distribución a sus corrientes de corto circuito.....	9
Qué tan crítica es cada carga y cuáles con las necesidades del tablero de distribución.....	11
Usted necesita transferencia automática pero no se tiene disponible una segunda línea de la empresa suministradora.....	16
Cuando pensar en los sistemas de transferencia automática de tres fuentes.....	17
Redundancia—proporcionar vías alternas para la distribución de electricidad.....	18
Como afecta la disposición física del lugar su elección del tablero de distribución.....	19
Prevea aplicaciones especiales de seccionamiento que pueda llegar a necesitar.....	21
En dónde se ubicará físicamente el tablero de distribución.....	24

W W
Load 1

W W
Load 1

Load 4
Load 5
Load 6

Introducción

Este prontuario aborda las necesidades de los tableros de distribución en las instalaciones industriales, comerciales e institucionales de hoy día. Se da por hecho que las instalaciones usan cables aislados, así que hemos limitado nuestras explicaciones a tableros de distribución con cable. Aunque hay muchas opciones de protección y seccionamiento, el material técnico que aquí se presenta se limita a los dos tipos más comúnmente utilizados de tableros de distribución blindados: los tableros de distribución con revestimiento metálico tipo metal-clad o el tablero de distribución de interruptor con gabinete metálico tipo metal-enclosed. Nuestra intención es demostrar cuál tablero de distribución se debe utilizar en las diferentes aplicaciones. Este prontuario está organizado de manera que la mayoría de las secciones se puedan leer sin tener que remitirse a alguna sección anterior.

El tablero de distribución con revestimiento metálico tipo metal-clad utiliza interruptores automáticos desmontables y se le denominará, equipo con interruptor automático. El interruptor automático proporciona tanto protección contra cortocircuitos como interrupción de corriente de carga. El tablero de distribución de interruptor con gabinete metálico tipo metal-enclosed utiliza seccionadores interruptores de carga y fusibles de potencia, y se le denominará, equipo con seccionador/fusible. Los seccionadores interruptores de carga proporcionan interrupción de corriente de carga (establecimiento e interrupción de corrientes de carga). Los fusibles de potencia proporcionan protección contra cortocircuitos tanto de fallas de fase a tierra como de fase a fase. Ambos tipos de equipo están disponibles con fabricantes reconocidos como equipos de alta calidad. En algunos casos, la aplicación indicará la elección del equipo.

He aquí algunos términos que se usan comúnmente en este prontuario. Se utiliza el término bahía en el equipo con seccionador/fusible y es una sola unidad que es equivalente a una sección vertical en el equipo con interruptor automático. El término conformación representa el conjunto completo del tablero de distribución. El término entrada se aplica a la bahía o dispositivo entrante, a la cual a veces se le llama principal. Alimentador de carga se aplica a la bahía o dispositivo de un circuito saliente, a veces se le llama derivación.

Ya sea que usted vaya a expandir una instalación ya existente o a construir una nueva, este prontuario le resultará útil para identificar las cuestiones que se deben atender antes de especificar e instalar el equipo. Como en todo proyecto complejo, es importante examinar sus necesidades primero. Las cuestiones que aquí se presentan tratan sobre los fundamentos que se tienen que tomar en cuenta, tales como las cargas, la fuente(s) de la empresa suministradora, las limitaciones físicas de la instalación y lo crítico de la carga.

Aspectos Básicos

¿Cuáles son las condiciones?

Usted necesita conocer algunos aspectos básicos.

- ¿Cuál es el voltaje real del sistema?
- ¿Cuáles son los requisitos de la empresa suministradora que abastece?
- ¿Cuál es la magnitud total de la corriente de carga y por circuito?
- ¿Existen tareas de conmutación pesadas como bancos de capacitores, reactores o transformadores rectificadores conectados uno tras otro?
- ¿Algunas de las cargas necesitan conmutación diaria?
- ¿En dónde se instalará el equipo? ¿En interiores? ¿En exteriores?
- ¿Cuál es el entorno del sitio?

¿Cuáles son los objetivos?

Los objetivos primordiales de cualquier tablero de distribución son elevar al máximo la protección contra cortocircuitos y la segmentación del sistema de distribución para reducir al mínimo el efecto de las fallas del equipo en otras partes del sistema. Otros objetivos podrían incluir el diseño redundante para facilitar el mantenimiento y las reparaciones, los métodos de transferencia manual o automática de las cargas críticas, y la cuidadosa selección de equipos para las tareas de conmutación especiales o las condiciones ambientales. Si su empresa no cuenta con personal capacitado sobre equipos de medio voltaje, uno de los objetivos quizá sea el proporcionar equipo confiable que necesite poco mantenimiento.

Configuraciones normales de los tableros de distribución

El diseño que se usa más comúnmente en el sistema de distribución de las plantas industriales es el sistema radial. Es sencillo y económico. En la Figura 1A se muestra una configuración típica del tablero de distribución. Sólo existe una fuente de abastecimiento de la empresa suministradora y todos los circuitos de salida alimentan las cargas.

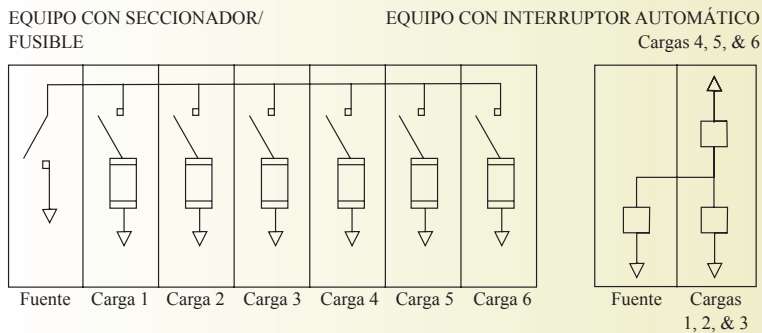


Figura 1A

Cuando existen dos fuentes de abastecimiento de la empresa suministradora, se añade una segunda entrada. Esta configuración se denominará diseño de barra común (vea la Figura 1B). Quizá algunas personas lo conozcan como diseño de preferente/auxiliar o de normal/de reserva. Normalmente, sólo una fuente alimenta la carga y la segunda fuente está de reserva o como auxiliar. Sólo uno de los seccionadores o interruptores automáticos de entrada se cierra y la transferencia de una fuente a la otra se puede hacer de forma manual o el tablero de distribución se podría equipar para transferencias automáticas. Esta es la configuración que se usa más comúnmente en los tableros de distribución para transferencia automática y se abordará más adelante.

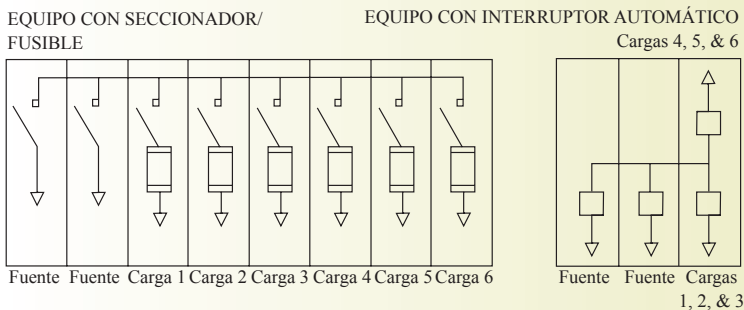


Figura 1B

Otra aplicación de esta configuración es en un sistema de circuito cerrado que entra al tablero de distribución por un seccionador o interruptor automático de entrada y sale por otro. En este caso, ambos seccionadores o interruptores automáticos de entrada se cerrarán.

Para las aplicaciones en las que sea necesario dividir la carga entre las dos fuentes abastecedoras de la empresa suministradora, a la configuración anterior se le añade un seccionador o interruptor automático de enlace. Con frecuencia a esto se le llama diseño de barra partida (vea la Figura 1C). Normalmente, el seccionador o interruptor automático de enlace está abierto y cada seccionador o interruptor automático de entrada está cerrado, alimentando sus cargas respectivas.

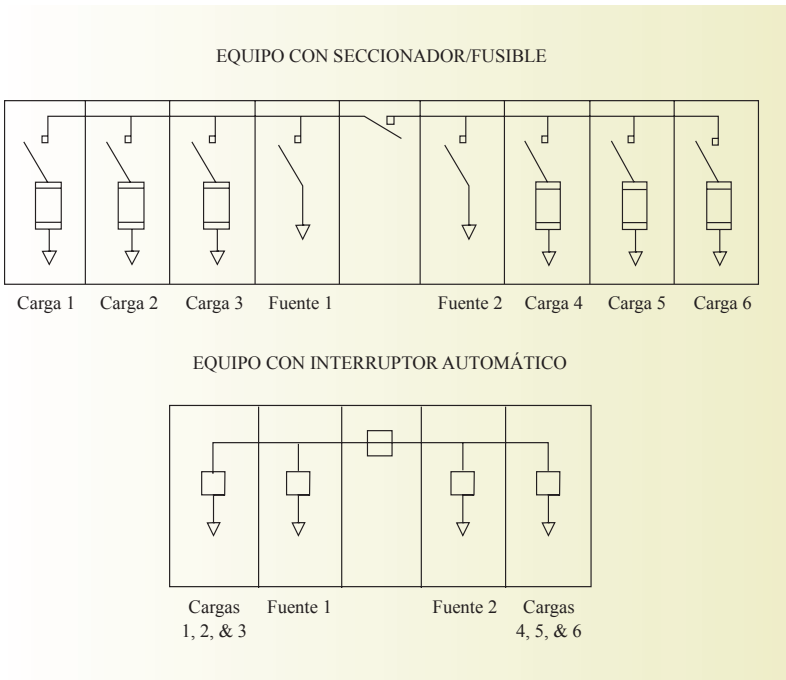


Figura 1C

Proteja la carga

Una de las principales funciones del tablero de distribución es la de proteger el sistema contra fallas que incluyan las averías de los componentes como los transformadores, los cables y las terminaciones de cables del lado carga. Lo ideal, es que usted proteja cada carga de manera individual pero quizá su presupuesto no le permita este método con un equipo con interruptor automático. Los equipos con seccionador/fusible normalmente tiene un costo menor así que es posible darle protección individual a cada una de las cargas.

Piense en una instalación que conste de tres transformadores de carga de 1500 kVA a 12.47 kV. Cuando económicamente no es factible tener un interruptor automático en cada transformador de carga, se usa un interruptor automático para proteger los tres. Si uno falla, los otros dos fallarán. Utilizar fusibles primarios en cada transformador es un avance que aísla únicamente el transformador que falló. Pero, aún así una falla en los cables hará que los otros dos transformadores se averíen. En la Figura 2A se muestran ambos métodos.

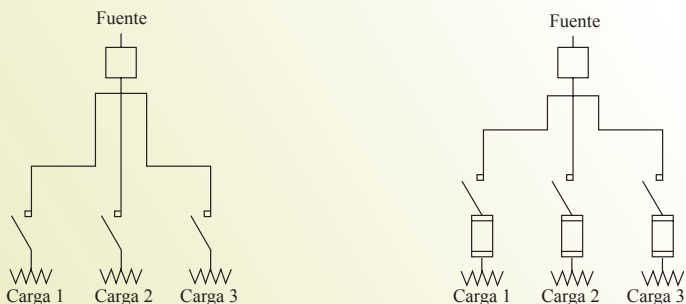


Figura 2A

Ya que el equipo con seccionador/fusible tiene un costo menor, normalmente se puede tener protección individual como se ilustra en la Figura 2B.

Los fusibles del tablero de distribución protegen a cada transformador y a su cable de forma individual así sólo el circuito de la carga con falla será aislado mientras que los otros permanecen en funcionamiento. Este método de protección proporciona un mayor nivel de segmentación y da como resultado un mayor nivel de continuidad de servicio al sistema en general. Los fusibles no necesitan pruebas ni calibración así que el usuario de energía eléctrica queda liberado de esa responsabilidad. Asimismo, el sistema de protección no depende del mantenimiento por parte del usuario de energía eléctrica.

En el equipo con seccionador/fusible, los fusibles proporcionan la protección contra cortocircuito. Hay tres tipos que se usan comúnmente. Los fusibles de material sólido limitan la duración de la falla. Están disponibles en una amplia variedad de capacidades de interrupción y de corriente continua. Su curva TCC es muy inversa en el margen bajo de corriente de falla y moderadamente inversa en el margen alto de corriente de falla.

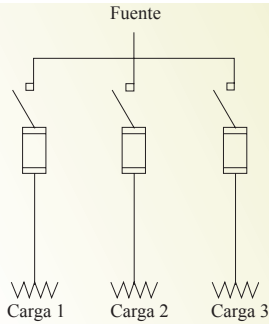


Figura 2B

Esta característica les permite proteger los transformadores de carga contra una amplia gama de corrientes de falla y hace más fácil que se coordinen con otros dispositivos. Las versiones lenta y muy lenta incrementan el tiempo de respuesta solamente en el margen alto de corrientes de falla y pueden ser muy útiles para coordinar con los dispositivos de aguas abajo. Los fusibles limitadores de corriente pueden limitar tanto la magnitud como la duración de la falla, pero sólo si la corriente de falla disponible es lo bastante alta para estar en el margen de limitación de corriente. Si no es así, no hay limitación de corriente. Los fusibles limitadores de corriente efectivamente tienen capacidades de interrupción muy altas y pueden ser la mejor opción cuando la corriente de falla disponible es extremadamente alta. En muchos fusibles limitadores de corriente, la curva TCC entera en muy inversa. Dicha curva pronunciada requiere del uso de una capacidad de amperaje mayor para sobrevivir al arranque del transformador así que no protege contra una gama tan amplia de corrientes de falla como el fusible de material sólido. Con frecuencia también hace que sea difícil coordinar estos fusibles con los dispositivos de aguas abajo. Los fusibles de accionamiento electrónico utilizan la electrónica para establecer una variedad de curvas TCC. Estas curvas TCC son más semejantes a las curvas de relevador que las de otros fusibles, así que con frecuencia se adaptan a aplicaciones que no se pueden realizar con otros tipos de fusibles. A continuación la Tabla 1 muestra las capacidades de corriente continua que comúnmente están disponibles en cada tipo de fusible de potencia.

	Voltaje Nominal			
Tipo de fusible	4.16 kV	13.8 kV	25 kV	34.5 kV
Material sólido	400 amperes	400 amperes	300 amperes	300 amperes
Limitación de corriente	450 amperes	200 amperes	100 amperes	80 amperes
Electrónicamente adecuado	600 amperes	600 amperes	600 amperes	N/A

TABLA 1

Comunmente disponibles en rangos de corriente continua de los fusibles de potencia.

Proteja el tablero de distribución

No siempre es necesario tener protección contra sobrecorrientes en la bahía de entrada. Si la fuente de la empresa suministradora abastece a múltiples usuarios de energía y tiene un dispositivo de protección en la derivación, ese dispositivo puede proteger su sistema contra las fallas de la barra en el tablero de distribución principal así como de fallas en su derivación. Cuando la fuente de la empresa suministradora está dedicada al usuario de energía, con frecuencia es subterránea. Nuevamente, la protección para su cable también puede proteger contra las fallas de la barra. En estos casos, el dispositivo de protección de la principal no da ningún beneficio práctico y complica de manera innecesaria la coordinación de los dispositivos de protección. En algunas empresas suministradoras, es una práctica normal el requerir dicha protección contra sobrecorriente. Quizá no sea benéfico y usted podría optar por negociar un cambio a su requerimiento.

Cuando se necesita un dispositivo de protección en la entrada del equipo con seccionador/fusible, al interruptor de entrada se le puede poner un fusible o reemplazarlo con un interruptor automático de entrada, dependiendo de la capacidad de corriente continua que se necesite. Los tamaños de los fusibles que están disponibles comúnmente se muestran en la Tabla 1 de la página 7. Los fusibles de accionamiento electrónico están disponibles en capacidades continuas de hasta en 600 amperes y generalmente son la mejor opción para esta aplicación.

En los tableros de distribución con transferencia automática, es mejor tener un dispositivo de bloqueo por sobrecorriente, que protección contra sobrecorrientes en la entrada. Este dispositivo bloquea el interruptor de entrada en la posición de abierto y evita una transferencia para que la otra fuente no se conecte a la falla de la barra. Esta función es muy atractiva y le podría ayudar a negociar con la empresa suministradora en contra de la protección contra sobrecorrientes en la entrada.

El tamaño de la carga y el tipo de tablero de distribución que se especifica

El seccionador o interruptor automático de entrada y la barra principal del tablero de distribución, y el seccionador o interruptor automático de enlace, si está presente, deben tener la capacidad para la corriente de carga continua total. Si se prevé alguna expansión, se debe incluir la carga adicional. El equipo con seccionador/fusible estándar está diseñado para corrientes continuas de hasta 1200 amperes. Cuando el seccionador de entrada deba conducir más de 1200 amperes, se puede utilizar un interruptor automático de entrada a manera de dispositivo de entrada en el equipo con seccionador/fusible para mantener la ventaja de las bahías de alimentación de carga con seccionador/fusible para la protección individual de las cargas como se explicó anteriormente. La Figura 3 ilustra un ejemplo de un equipo con seccionador/fusible de 12.47 kV con un interruptor automático principal y seis secciones alimentadoras de carga para seis transformadores de carga de 5000 kVA, así que la carga total es de 1389 amperes.

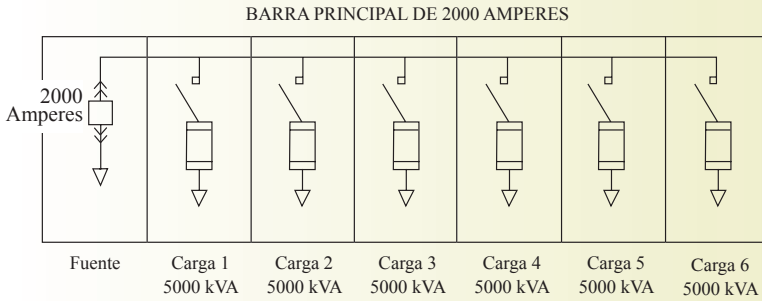


Figura 3

Las bahías alimentadoras de la carga tienen el tamaño para conducir su carga individual. Para las cargas de hasta la capacidad continua del fusible, el equipo con seccionador/fusible es la manera más económica de darle a cada carga protección individual. Para las corrientes de carga mayores, usted tendrá que utilizar interruptores automáticos para los alimentadores de carga. Si la mayoría de las cargas necesitan interruptores automáticos utilice el equipo con interruptor automático. La Tabla 1 de la página 7 enumera las capacidades típicas de corriente continua máxima que comúnmente están disponibles en los fusibles de potencia.

Adaptación del tablero de distribución a sus corrientes de cortocircuito

Todos los tableros de distribución deben tener capacidades de cortocircuito que sean iguales o mayores que la corriente de cortocircuito disponible en el sitio. Cuando el usuario de energía eléctrica es el propietario del tablero de distribución principal, la empresa suministradora que abastece puede especificar, de manera conservadora, capacidades que sean mayores que la corriente de cortocircuito disponible real. En algunos casos excepcionales, el tiempo de despeje de los dispositivos de protección de aguas arriba puede ser muy prolongado y usted debe estar seguro de que la duración de la Capacidad de Corriente de Tiempo Reducido del tablero de distribución sea igual o superior a dicho tiempo de despeje. Si usted también especifica los componentes, asegúrese de que tengan capacidades compatibles. Un error común en las especificaciones para los tableros de distribución con fusibles de potencia es el elegir un fusible que tenga una capacidad de interrupción menor que la capacidad de corto circuito del tablero de distribución. Elija una capacidad de interrupción que sea igual o mayor a la capacidad de cortocircuito del tablero de distribución. Los fusibles limitadores de corriente o los de accionamiento electrónico generalmente tienen capacidades de interrupción que son mayores que las de los fusibles de potencia.

Algunos sistemas de distribución de energía eléctrica son muy rígidos, con corrientes de cortocircuito extraordinariamente altas. Igualar las capacidades de todo el equipo que se adquiriera hará que sus costos se incrementen. Como alternativa en una instalación nueva, quizá sea posible utilizar transformadores de alta impedancia o reactores limitadores de corriente para reducir la magnitud de la corriente de falla a un nivel más bajo. Esto dará como resultado mayores pérdidas así que los costos más elevados de la energía se tendrán que sopesar con los ahorros en el equipo. El mismo problema le puede ocurrir a una instalación ya existente debido a modificaciones en el sistema de distribución de energía eléctrica. Una vez que la corriente de cortocircuito disponible sobrepasa la capacidad para cortocircuito del equipo existente, el sistema del usuario de energía queda vulnerable. El costo de reemplazar el tablero de distribución y los cables, con frecuencia es prohibitivo. En las aplicaciones en las que la corriente continua esté dentro del margen de funcionamiento de un fusible limitador de corriente o uno de accionamiento electrónico, cualquiera de estos se puede utilizar para proteger los sistemas existentes contra el nivel de falla más elevado. Para las aplicaciones de más de 600 amperes, las opciones se pueden limitar a la instalación de reactores limitadores de corriente o al reemplazo del equipo existente. La Tabla 2 muestra una serie de capacidades para cortocircuito que comúnmente están disponibles para ambos tipos de tableros de distribución.

	Voltaje Nominal			
Tipo de tablero de distribución	4.16 kV	13.8 kV	25 kV	34.5 kV
Interrupor automático	65–350 MVA	500–1000 MVA	900–1700 MVA	1255–2390 MVA
Seccionador/Fusible	125–290 MVA	300–960 MVA	405–860 MVA	375–1000 MVA

TABLA 2

Capacidades típicas para cortocircuito de los tableros de distribución

¿Qué tan crítica es cada carga y cuáles son las necesidades del tablero de distribución?

Obviamente, no todas las cargas necesitan el mismo nivel en la continuidad del servicio. En las instalaciones de gran tamaño, el requerimiento puede variar de un área a otra de la instalación. Usted debe conocer qué tan crítica es cada carga y durante cuánto tiempo puede estar sin energía. Primero, tomemos en cuenta las cargas que son menos críticas, y luego avancemos hacia las más críticas y hablemos del tipo de tablero de distribución que se necesita para abastecer la carga.

Se puede tolerar una interrupción de servicio durante varias horas.

Algunas cargas, como los complejos pequeños de oficinas, bodegas y fábricas chicas, generalmente no son críticas. Estos usuarios de energía eléctrica pueden tolerar el tiempo que se tarda la empresa suministradora en reparar su sistema y restablecer el servicio. También es posible que no puedan justificar el costo de un servicio de mayor nivel.

El sistema más práctico para estos usuarios de energía es un diseño radial, que se usa ampliamente y que es simple y económico. La configuración del tablero de distribución también es sencilla, normalmente con una bahía o sección de entrada y la cantidad de bahías o secciones de alimentación de carga que se necesiten para la carga. En la Figura 4 se muestra un ejemplo típico.

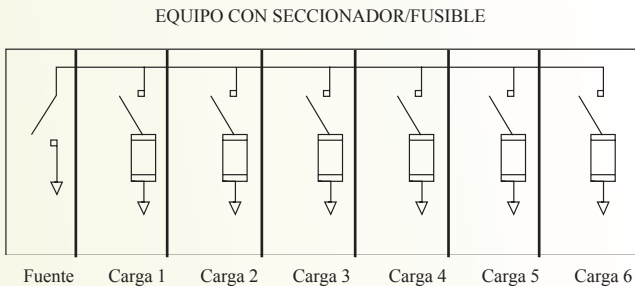


Figura 4

Se puede tolerar una interrupción de servicio de hasta una hora.

Algunas plantas manufactureras o complejos universitarios pueden tolerar interrupciones de servicio de hasta una hora. Sus cargas generalmente no son críticas. Cuentan con personal capacitado en el uso de tableros de distribución de medio voltaje, que pueden operar los interruptores automáticos o los seccionadores de forma manual para restablecerle el servicio a la instalación a partir de una fuente auxiliar. En dichas aplicaciones, un diseño de tablero de distribución con transferencia manual es una buena elección para estos usuarios de energía, ya que no quieren una interrupción prolongada pero no pueden justificar el costo agregado de los equipos de transferencia automática.

Una instalación así requiere dos fuentes de alimentación de la empresa suministradora, que permita la oportunidad de cambiar manualmente a la segunda fuente para restablecer el servicio a la carga con facilidad. El tablero de distribución puede ser un diseño de barra común, como se muestra en la Figura 5A, o bien, un diseño de barra partida como se muestra en la Figura 5B. Algunos usuarios de energía eléctrica han instalado esta configuración, como medio de sobrellevar la falla de un cable de entrada, a pesar de que solamente tienen una fuente.

EQUIPO CON SECCIONADOR/FUSIBLE

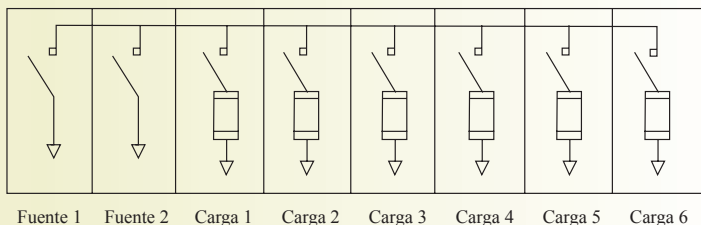


Figura 5A - Barra Común

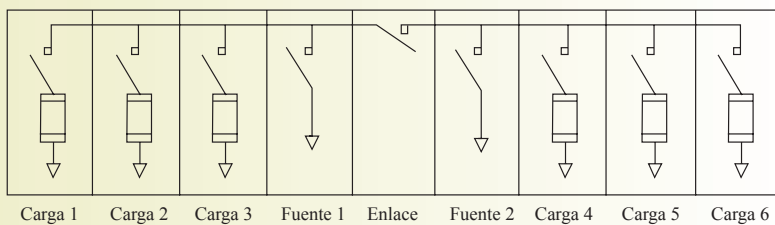


Figura 5B – Barra Partida

Se necesita restablecer el servicio en diez segundos.

Los lugares como hospitales, aeropuertos, centros comerciales, hoteles grandes, plantas de tratamiento de aguas residuales, grandes edificios de oficinas comerciales, cárceles y muchas empresas manufactureras deben limitar las interrupciones de servicio a diez segundos o menos. Por lo tanto, se necesita tener transferencia automática para proteger la carga contra la pérdida de la fuente de la empresa suministradora. Muchas instalaciones podrán utilizar tableros de distribución para transferencia automática en todas las cargas del interior del complejo. Por cuestiones económicas, las empresas grandes pueden elegir instalar transferencia automática únicamente en las cargas críticas. El equipo con seccionador/fusible generalmente se utiliza para esta aplicación y tiene componentes estándares diseñados para este uso. En la Figura 6A se muestran diagramas unilíneales de los equipos con seccionador/fusible para transferencia de fuente automática en un diseño de barra común y en la 6B, uno con diseño de barra partida. En ambos sistemas de transferencia automática, la secuencia de transferencia directa a la fuente auxiliar siempre es en transición abierta (interrumpir antes de establecer) para que la fuente que está bien, no se ponga en paralelo con la fuente fallada.

El diseño de barra común utiliza la fuente de la empresa suministradora para abastecer la carga y la transfiere toda a la fuente en buen estado cuando se pierde la preferente. El diseño de barra partida divide la carga entre las dos fuentes de la empresa suministradora y sólo transfiere la mitad de la carga cuando una se pierde.

EQUIPO CON SECCIONADOR/FUSIBLE

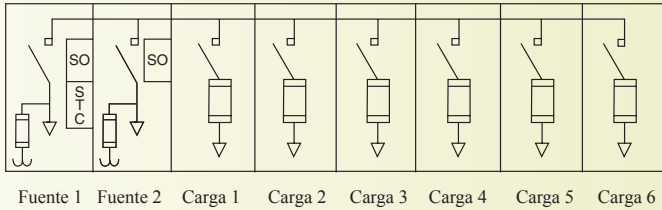


Figura 6A - Diseño de Transferencia Automática con Barra Común

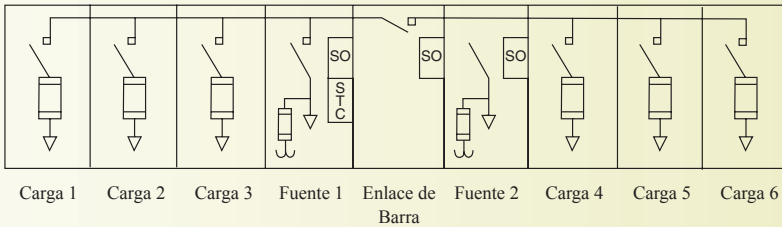


Figura 6B – Diseño de Transferencia Automático con Barra Partida

Los controles de transferencia de fuente están equipados con muchas funciones estándares y opcionales. Los cronómetros de pérdida de fuente permiten que la transferencia se coordine con un dispositivo restablecedor de aguas arriba para darle a la empresa suministradora la oportunidad de restablecer el voltaje así como de asegurar que el seccionador interruptor de carga no se abra con la corriente de falla. La transferencia de retorno puede ser automática, ya sea en transición cerrada (establecer antes de interrumpir) o abierta (interrumpir antes de establecer), después de un retardo de tiempo para confirmar que la fuente auxiliar es estable. También puede ser manual si así lo dicta la empresa suministradora que da el servicio. Otra función que es útil cuando la transferencia de retorno debe ser en transición abierta es la del cronómetro de intervalos. Proporciona un intervalo entre la apertura de un seccionador y el cierre del otro, así que hay un breve periodo en el que la barra se queda sin energía para proteger los motores permitiéndoles volver al reposo.

Se necesita restablecer la energía en milisegundos.

La industria de los semiconductores, del acero, de la fabricación de vidrio, los centros de procesamiento de datos, las empresas fabricantes de automóviles y otras industrias de procesos continuos no pueden permitirse ni siquiera la más leve interrupción en la energía eléctrica. En estas aplicaciones en las que la carga es extremadamente crítica, una disminución, aumento o interrupción de voltaje podría provocar que las computadoras centrales, los controles computarizados y los procesos continuos salieran de la línea y provocaran un paro imprevisto. La pérdida de producción y/o datos, además del tiempo de volver a arrancar o volver a crear la información, puede ser muy costoso. La curva CBEMA/ITIC, que se muestra en la Figura 7A, es una directriz que indica una envolvente de voltaje aceptable como función de tiempo. Ya que es sólo una directriz, es necesario tener información del usuario de energía con respecto a cuánto tiempo puede tolerar el equipo diferentes niveles de disminuciones o aumentos de voltaje. Las empresas suministradoras que tengan cargas de esta naturaleza son candidatas para un sistema de conmutación de transferencia de fuente de alta velocidad. A diferencia de los interruptores de transferencia automática mecánica, el sistema de conmutación de transferencia de fuente de alta velocidad utiliza interruptores de potencia electrónicos y puede hacer transferencias de una fuente a la otra con suficiente rapidez para proteger las computadoras, los controles y las instalaciones críticas contra las perturbaciones de voltaje. Muchas instalaciones podrán incluir el sistema de transferencia de fuente de alta velocidad en el tablero de distribución personal. Las instalaciones más grandes deben pensar en colocar el sistema de transferencia de fuente de alta velocidad en un centro de conmutación de aguas abajo para que pueda proteger sólo a la carga crítica. En la Figura 7B se muestra un sistema con barra común. También están disponibles sistemas con barra partida. La capacidad de las fuentes de la empresa suministradora con frecuencia limita la cantidad de carga que se puede transferir a entre 4 y 10 MVA.

La Curva CBEMA

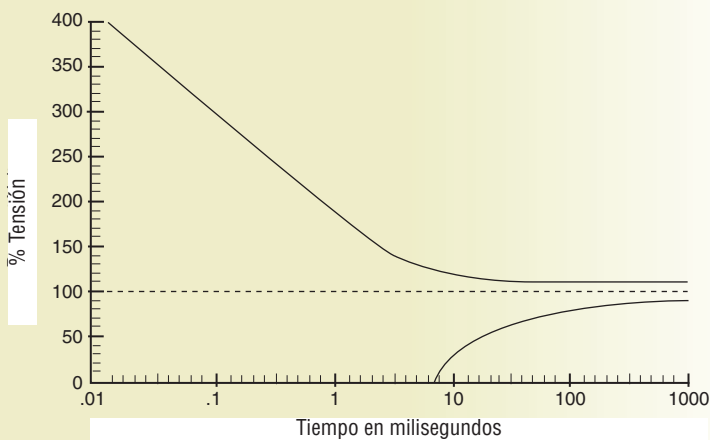


Figura 7A

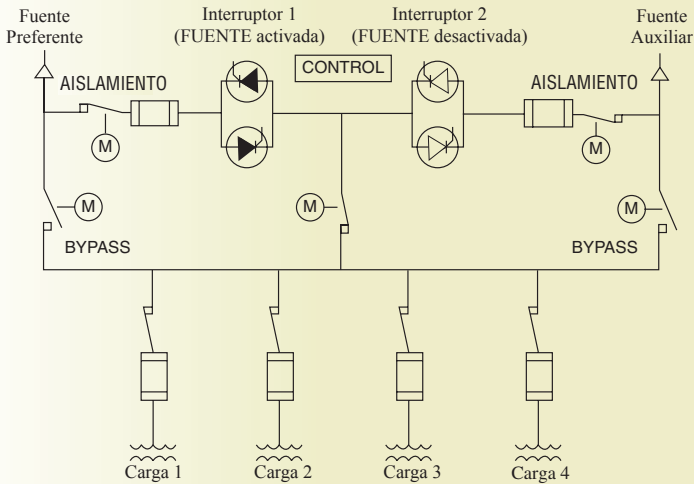


Figura 7B

El sistema con barra partida puede abastecer una carga del doble de tamaño que el de barra común debido a que únicamente transfiere la mitad de la carga. El interruptor electrónico de potencia requiere dispositivos de aislamiento y de desviación para funcionar correctamente. El equipo con seccionador/fusible es la manera más económica de proporcionar estas funciones. La capacidad de desviar y de aislar permite que el interruptor electrónico de potencia se aisle para ser reparado o recibir mantenimiento, o puede entrar, automáticamente al modo de funcionamiento de desviación en una emergencia, como la pérdida del refrigerante, sin desconectar la carga. Los seccionadores de aislamiento también se abren para eliminar la retrocarga en una línea con falla de la empresa suministradora. Existen otras tecnologías que se pueden aplicar cuando no se tiene disponible una segunda fuente pero están fuera del alcance de este prontuario y no se discuten en este documento.

Existe un aspecto que con frecuencia se pasa por alto en el proceso de especificación de tableros de distribución para cargas sensibles; como prevenir las depresiones de voltaje provocadas por fallas y desperfectos del equipo dentro de las instalaciones del usuario de energía eléctrica. Atender esta necesidad desde el principio le puede ahorrar a su planta costosos paros en el futuro. La única manera de suministrar esta protección es a través del uso de fusibles de accionamiento electrónico para proteger los alimentadores internos de la planta. Los fusibles de accionamiento electrónico pueden despejar las fallas de aguas arriba lo bastante rápido para eliminar los potenciales problemas de depresión de voltaje en el resto del sistema de distribución interno de la planta, manteniendo de ese modo las computadoras y los controles computarizados funcionando. Estos fusibles pueden despejar corrientes de falla fuertes en aproximadamente 4 milisegundos (un cuarto de ciclo), comparados con los interruptores automáticos en vacío que se tardan 50 milisegundos (tres ciclos) más el tiempo de relevación. Son incluso más rápidos que los fusibles limitadores de corriente convencionales y tiene mejor capacidad de respuesta dentro de la curva CBEMA/ITIC.

Usted necesita transferencia automática pero no se tiene disponible una segunda línea de la empresa suministradora

En algunos casos, una planta puede requerir transferencia automática pero solamente tiene una fuente de la empresa suministradora. Si no hay una segunda fuente a una distancia razonable, el costo de construir la línea quizá sea prohibitivo. Con frecuencia se ha utilizado un generador de reserva como fuente auxiliar con el tablero de distribución principal en un sistema de transferencia con barra común como se muestra en la Figura 6A en la página 13. Para las cargas más grandes, quizá se requiera más de un generador. Se pueden utilizar tableros de distribución tipo interruptor automático o tipo seccionador/fusible para la función de transferencia automática. El equipo con seccionador/fusible normalmente está disponible con la transferencia automática y con frecuencia se usa para dicha aplicación. Los contactos secos del control de transferencia se pueden utilizar para enviarle una señal al control del generador de reserva indicando que se ha perdido la fuente de la empresa suministradora. Otros contactos secos le pueden decir al control del generador que la carga ha sido transferida a la empresa suministradora para que pueda empezar el ciclo de enfriamiento. El control del generador utiliza sus propios relojes automáticos de pérdida de fuente y de enfriamiento.

En este sistema de transferencia automática, la transferencia directa al generador de reserva siempre es de transición abierta (desconectar antes de conectar) para que el generador no experimente la falla. La instalación típica también utiliza la transición abierta para la retransferencia a la empresa suministradora. Esto elimina la necesidad de sincronizar los generadores con la empresa suministradora y simplifica el equipo de control del tablero de distribución y del generador. Recomendamos usar un cronómetro de intervalos que proporcione un intervalo corto entre la apertura de un seccionador y el cierre del otro. Ya que el generador no está sincronizado con la fuente de la empresa suministradora, esto protegerá los motores permitiéndoles pasar al reposo mientras que la barra está desenergizada.

Algunos usuarios necesitarán transición cerrada (conectar antes de desconectar) en la transferencia. La empresa suministradora puede necesitar relevadores en el tablero de distribución principal para accionar el interruptor automático de salida y aislar el generador si está retroalimentando en una falla de la fuente de la empresa suministradora. El control del generador debe contar con capacidad de sincronización y la retransferencia se debe bloquear hasta que el generador esté sincronizado con la carga. El generador se pone en paralelo con la línea de la empresa suministradora únicamente por un periodo de tiempo reducido. Dependiendo de la velocidad del tablero de transferencia esto podría variar de 6 ciclos a 3 segundos. La operación manual del tablero de distribución se podría bloquear para que no hubiera puesta en paralelo, así que quizá a usted le convenga negociar que se quite el requisito de dichos relevadores.

¿Cuándo pensar en los sistemas de transferencia automática de tres fuentes?

Ciertos usuarios de energía eléctrica pueden necesitar más protección contra una pérdida de fuente que la que ofrecen los tableros de distribución para transferencia normales. Una de dichas aplicaciones utiliza tres fuentes de la empresa suministradora con una que sirve como auxiliar común para dos alineamientos separados de tableros de distribución para transferencia. El método más sencillo es utilizar dos conformaciones de equipo con seccionador/fusible con funciones para transferencia automática. Cada conformación tiene su propia fuente preferente y comparte la tercera fuente como auxiliar y comparte la tercera fuente como auxiliar (vea la Figura 8A). Si la tercera fuente no tiene la capacidad de absorber toda la carga, será necesario interbloquear los dos sistemas de transferencia para que sólo uno se pueda transferir a la fuente auxiliar compartida. Es posible otra versión con los tableros de distribución conformados en conjunto.

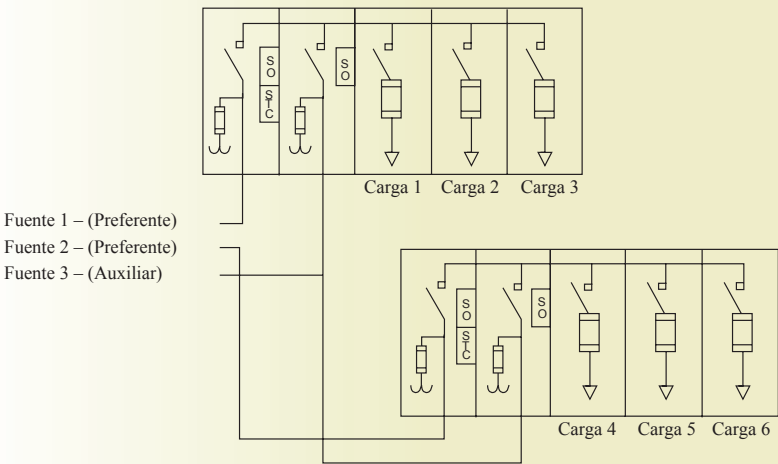


Figura 8A

Otra aplicación utiliza dos sistemas de transferencia automática con dos fuentes de la empresa suministradora y un generador de reserva. El primer sistema de transferencia automática está entre las dos fuentes de la empresa suministradora. En caso de que ambas se pierdan, otro sistema de transferencia automática proporcionará una señal de inicio para un generador de reserva y transferirá la carga al generador cuando éste tenga la capacidad de aceptar carga. Este esquema se muestra en la Figura 8B. El Control de Transferencia de Fuente (CTF) de la izquierda hace transferencias entre las dos fuentes de la empresa suministradora y el otro CTF transfiere la carga al generador de reserva si se pierden las dos fuentes de la empresa suministradora.

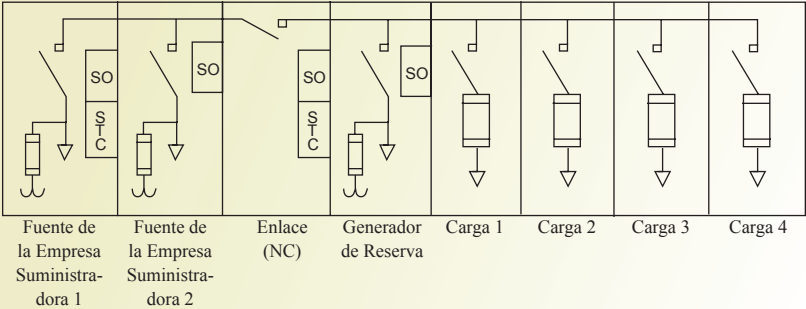


Figura 8B

Redundancia – Proporcionar vías alternas para la distribución de la energía

Algunos usuarios de energía eléctrica necesitan un sistema de distribución eléctrica con un diseño redundante para proporcionar una vía alternativa en la distribución de la energía para restablecer el servicio por las fallas del equipo interno o para puentear el equipo para darle mantenimiento.

Una técnica que se utiliza comúnmente es configurar el tablero de distribución principal con un diseño de barra partida, alimentado con dos fuentes separadas de la empresa suministradora (vea la Figura 9). Una bahía alimentadora de carga de cada lado del enlace en el tablero de distribución principal alimenta el tablero de distribución de bajo voltaje. Al utilizar este diseño de dos puntas, se pueden seccionar muchas partes del equipo y desconectarlas del servicio sin desconectar la carga. Añadirle transferencia automática al tablero de distribución de bajo voltaje incrementa la continuidad del servicio. Algunos ingenieros equipan ambos conjuntos de tablero de distribución con transferencia automática para proporcionar aún más protección contra la pérdida del voltaje de la empresa suministradora para satisfacer las necesidades de la planta.

EQUIPO CON SECCIONADOR/FUSIBLE

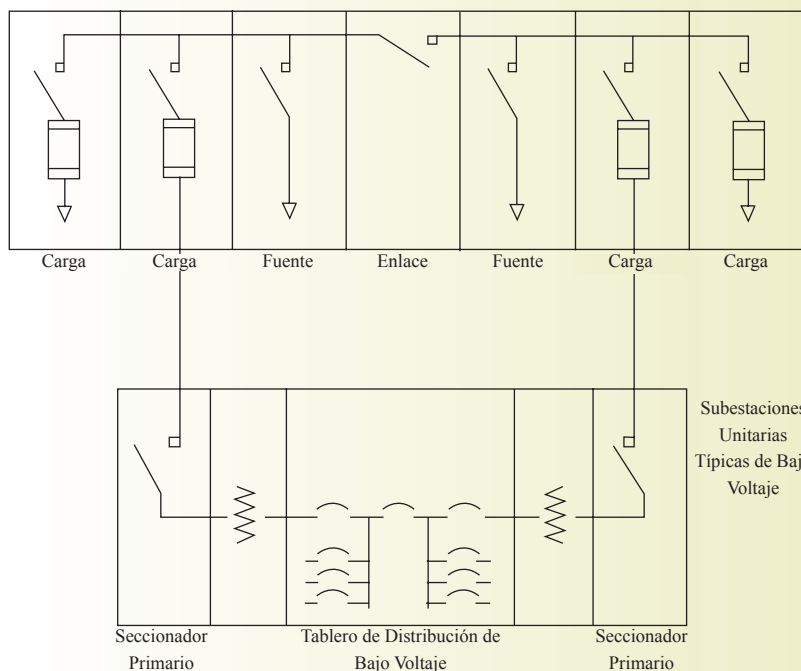


Figura 9

Como afecta la disposición física de su empresa su elección de tableros de distribución

Las cargas pequeñas se extienden en un área extensa.

Las instalaciones como los complejos de oficinas o las ciudades universitarias con frecuencia tienen cargas más pequeñas (menores a 750 kVA) que están diseminadas en un área extensa. Con frecuencia, la distancia hace que sea caro colocar cables desde el conjunto principal de tableros de distribución hasta cada carga. La alternativa es un circuito cerrado (o múltiples circuitos) que alimenten todas las cargas. El tablero de distribución principal protege el circuito de cable y cada transformador de carga tiene su propia protección como se ilustra en la Figura 10A de la página 20. Este ejemplo utiliza una sola fuente pero el tablero de distribución principal podría usar dos fuentes en una configuración con barra común o con barra partida o incluso con transferencia automática.

En condiciones operativas normales, un seccionador interruptor cerca del centro del circuito se abre para que aproximadamente la mitad de la carga quede a cada lado del punto abierto. El tablero de distribución para transferencia primaria normalmente está diseñado para aislar los tendidos de cableado. Con esta configuración, si ocurre una falla en alguna sección del circuito, el cable con falla se puede aislar y se restablece el servicio a todas las cargas.

Una variación de este método es el uso de tableros de distribución tipo pedestal para abastecer los transformadores de carga. (vea la Figura 10B). El equipo tipo pedestal es una variación del equipo con seccionador/fusible que comúnmente utilizan las empresas suministradoras para las aplicaciones de circuito cerrado. Se conecta con cables a los transformadores, no se le ponen acoplamientos cerrados. Los tableros de distribución tipo pedestal normales proporcionan seccionamiento y protección contra corto circuito para uno o dos transformadores de carga y a un costo que es menor al de las unidades de seccionamiento primario tradicionales.

Cuando existen demasiadas cargas para un solo circuito, utilice varios circuitos. La carga total puede necesitar un diseño con barra partida para el tablero de distribución principal. Asimismo, este equipo se podría equipar con transferencia automática para incrementar la protección contra la pérdida de la fuente de la empresa suministradora.

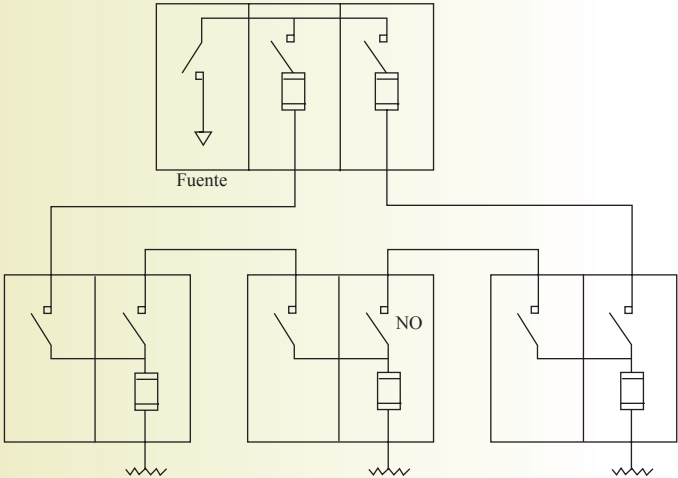


Figura 10A

Las cargas de tamaño regular están esparcidas en un área extensa pero se concentran en grupos.

Las plantas manufactureras que se extienden en áreas extensas con frecuencia tienen los mismos problemas geográficos que las ciudades universitarias o los complejos de oficinas pero sus cargas tienden a ser más grandes y aglomeradas. Debido a estas diferencias, quizá se necesite especificar un sistema distinto (vea la Figura 11 en la página 22). Se puede utilizar un conjunto principal de tableros de distribución para alimentar los centros de seccionamiento de aguas abajo. Si las corrientes continuas de las bahías alimentadoras de carga están dentro de las capacidades continuas de los fusibles, las cuales se muestran en la Tabla 1 de la página 7, se puede utilizar equipo de seccionador/fusible para el tablero de distribución principal. Si las corrientes de alimentación de carga sobrepasan este nivel, o si hay otras necesidades que no se puedan atender con el equipo de seccionador/fusible, utilice equipo con interruptor automático. Se puede ofrecer protección contra cortocircuito en la entrada del equipo con seccionador/fusible, como se explicó antes, con fusibles principales o interruptores automáticos según sea adecuado.

Planee las aplicaciones de seccionamiento especiales que pueda llegar a necesitar

Algunas aplicaciones pueden necesitar dispositivos que estén especialmente diseñados y que tengan capacidades especiales para el servicio. Estos incluyen el seccionamiento de capacitores de corrección del factor de potencia, reactores, transformadores rectificadores y fallas a tierra por resistencia limitada. El dispositivo de seccionamiento que esté más cerca de la carga debe tener la capacidad de conmutar la corriente (conectarla y desconectarla). Los dispositivos de seccionamiento de aguas arriba deben tener ya sea la misma capacidad de funcionamiento o ser interbloqueados con el dispositivo local para que únicamente éste último conmute la corriente. En los siguientes ejemplos se reflexiona sobre los interruptores automáticos de circuito, los interruptores en vacío, los interruptores en aceite y los seccionadores interruptores de carga.

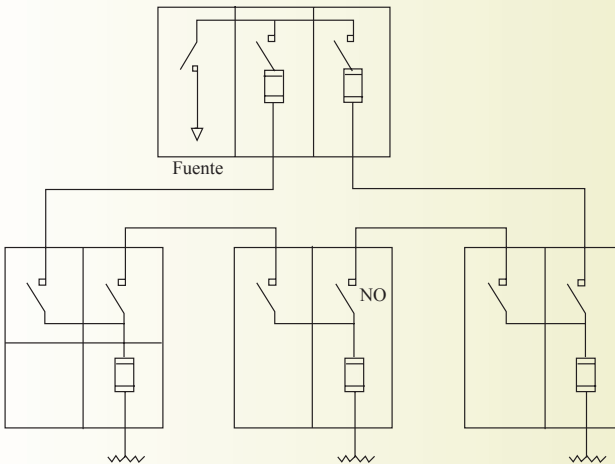


Figura 10B

Use equipo con seccionador/fusible en donde sea posible para alcanzar los beneficios antes descritos. Se pueden incluir interruptores de vacío y de aceite especialmente diseñados para ciertas aplicaciones en el equipo con seccionar/fusible según se necesite. En algunas aplicaciones, el equipo con interruptor automático de circuito es la única opción. No dé por hecho que cualquier interruptor automático de circuito puede manejar todas las aplicaciones. Siempre verifique la aplicación con el fabricante.

Capacitores para corrección del factor de potencia

A la hora de elegir un dispositivo de seccionamiento, tome en cuenta el tamaño del banco de capacitores, con qué frecuencia se debe conmutar, y si usted tiene bancos en paralelo. Muchos seccionadores interruptores de carga pueden seccionar bancos pequeños pero generalmente no están diseñados para bancos grandes, para operarse diariamente, y para seccionar bancos que están uno tras el otro (desenergizar uno de los dos o más bancos que estén conectados en paralelo). Normalmente los interruptores de vacío o de aceite diseñados para esta aplicación son la mejor opción para los bancos de tamaño mediano, y los bancos muy grandes requieren interruptores automáticos de circuito con la capacidad necesaria para el servicio. Seccionar bancos de capacitores uno-tras-otro es un trabajo mucho más difícil que seccionar un solo banco. Muchos dispositivos diseñados para seccionar capacitores no se pueden aplicar en esta situación a menos que se utilicen reactores de control de corrientes de energización. Algunos dispositivos incorporan resistores de amortiguamiento para esta aplicación. El seccionamiento de capacitores es un trabajo difícil para cualquier dispositivo, incluso para un interruptor automático de circuito, a menos que éste esté diseñado para dicha aplicación. Verifique la aplicación con el fabricante.

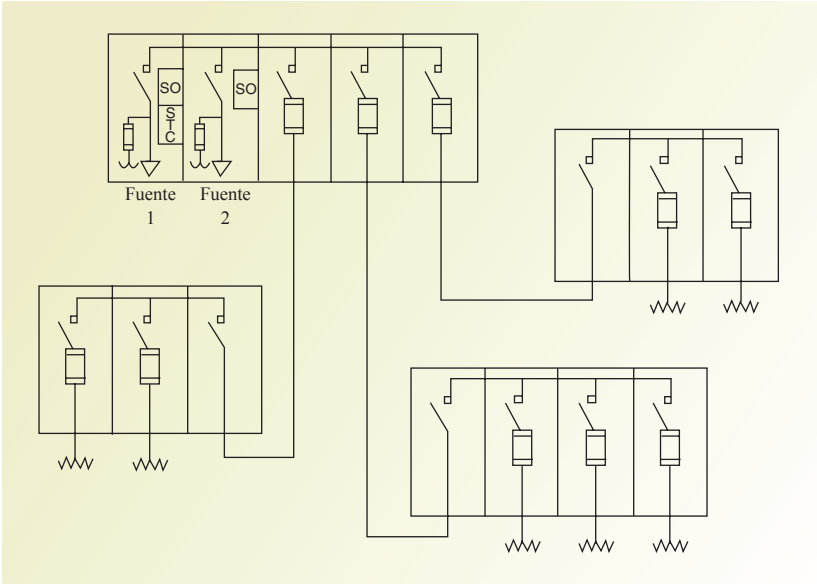


Figura 11

Reactores

Los reactores limitadores de corriente se pueden utilizar ocasionalmente en el lado de la carga del tablero de distribución. La mayoría de los seccionadores interruptores de carga tiene poca o nula capacidad de funcionamiento para esta aplicación. Existen interruptores de vacío y de aceite que están diseñados para esta aplicación y son la opción más económica. Si la corriente excede el margen de funcionamiento de dichos interruptores, utilice un interruptor automático con capacidad suficiente para la tarea. Verifique la aplicación con el fabricante.

Transformadores rectificadores

Los transformadores rectificadores, como los que se utilizan para los hornos de inducción, los motores grandes de CC y los sistemas de tránsito, tienden a distorsionar la corriente en una onda que se asemeja al escalón de una escalera. Existen interruptores de vacío diseñados para este fin. Manejan la mayoría de las aplicaciones de medio voltaje y son la opción más económica. Para los transformadores muy grandes, utilice interruptores automáticos que tengan capacidad suficiente para tal tarea. La mayoría de los seccionadores interruptores de carga tiene poca o nula capacidad de funcionamiento para esta aplicación. Verifique la aplicación con el fabricante.

Fallas a tierra de resistencia limitada

Este tipo de sistema utiliza un resistor limitador en el neutro secundario del transformador para limitar la magnitud de las fallas de fase a tierra del circuito al que alimenta. Estos resistores tienen un periodo de tiempo limitado en el que pueden conducir la corriente antes de sobrecalentarse así que el circuito se debe desconectar en ese periodo. Debido a que el resistor hace que dicha corriente parezca corriente de carga muchos seccionadores interruptores de carga o interruptores de aceite tienen márgenes de funcionamiento iguales a su capacidad de seccionamiento de corriente de carga para esta aplicación. Estas aplicaciones con frecuencia se denominan de alta resistencia aterrizada. Los sistemas aterrizados de baja resistencia pueden tener mucho más de 1000 amperes de falla aterrizada, aún con la limitación. Para estas corrientes más altas, utilice un interruptor de vacío o un interruptor automático según sea pertinente. Verifique la aplicación con el fabricante.

Conmutación diaria

Las aplicaciones que necesitan conmutación frecuente, tales como un banco de capacitores automáticos, necesitan dispositivos con capacidad para un alto número de operaciones. Algunos interruptores de vacío y de aceite están específicamente diseñados y tienen la capacidad para estas aplicaciones. Si la carga es demasiado grande para estos interruptores, utilice un interruptor automático específicamente diseñado y con la capacidad para un mayor número de operaciones. Verifique la aplicación con el fabricante.

Restricción

Probablemente se requiera protección adicional contra incendios cuando usted utilice un interruptor de aceite. Normalmente se necesita una bóveda para las instalaciones en interiores. Los materiales combustibles, incluyendo las costaneras de los edificios, se deben mantener a una distancia segura de las instalaciones exteriores.

¿En dónde se ubicará físicamente el tablero de distribución?

El lugar en el que usted planea colocar el tablero de distribución puede influir en el tipo de tablero de distribución que especifique así como en algunos aspectos de su construcción.

En Interiores

Cuando se lo coloca en interiores, usted debe tomar en cuenta las necesidades del tablero de distribución y su ubicación. ¿Este tendrá acceso únicamente por el frente, o por el frente y por atrás, o por todos lados? La ubicación puede dictar que el equipo se tiene que diseñar para tener acceso al él sólo por el frente. Las limitaciones de espacio pueden requerir una configuración de “uno tras otro” para limitar la longitud del equipo o, incluso, podría dar vuelta en esquina. Quizá se necesite un diseño a prueba de goteo o a prueba de polvo. Factores que con demasiada frecuencia se pasan por alto, pero que son importantes, lo son el espacio para la expansión y el acceso al área para incorporar equipo nuevo.

En Exteriores

Hoy en día, con los altos costos de las superficies útiles, con frecuencia es preferible colocar el tablero de distribución en exteriores. Si se opta por el equipo con interruptor automático para la instalación, normalmente éste va a necesitar protección contra el clima en la forma de un edificio prefabricado o de una construcción tipo pasillo con protección. Esto es necesario para proporcionar espacio para sacar los interruptores automáticos para darles mantenimiento e inspección, y debido a que los dispositivos de control que van montados en la parte frontal del tablero de distribución no son a prueba de intemperie. El equipo con seccionar/fusible que tenga acabado para exteriores no necesita esta protección adicional. También se debe tomar en cuenta este acabado para ayudar a garantizar la vida útil prolongada del equipo. Generalmente, en el equipo para exteriores se debe especificar que éste debe cumplir con la Norma ANSI C57.12.28, Equipo Tipo Pedestal-Integridad del Gabinete. Contiene una especificación funcional para los acabados de la pintura, basada en las pruebas ASTM. Los requerimientos también son mayores y más completos que los que se encuentran en las normas de los equipos con interruptor automático o con seccionar/fusible. Recomendamos equipar el tablero de distribución con filtros de polvo para minimizar la contaminación.

La Seguridad

El Código Eléctrico Nacional y las normas ANSI explican el control de acceso que se necesita basándose en la ubicación del tablero de distribución. Cuando el acceso esté limitado al personal autorizado, el tablero de distribución se puede construir según la Categoría B de Gabinetes que se encuentra en las normas ANSI/IEEE C37.20.2 y ANSI/IEEE C37.20.3. Estas son, respectivamente, las normas para el equipo con interruptor automático y para el de seccionador/fusible. Cuando el equipo esta accesible al público, se debe construir según las Categoría A para Gabinetes de dichas normas. El garantizar las medidas de seguridad adecuadas ayudará a evitar la entrada no autorizada que podría tener como resultado lesiones o la muerte así como daños al equipo.

Dispositivos de Seguridad

Los tableros de distribución siempre deben de contar con un medio adecuado para aterrizar todos los cables de entrada y de salida. También deben tener sostenes para puerta, preferiblemente de los que se aseguran solos, para mantener la puerta abierta para el personal operativo. Para el equipo de seccionador/fusible, se debe tener barreras internas en el frente de los seccionadores y los fusibles para evitar los contactos accidentales.

Contaminación por Químicos

Las instalaciones interiores así como las exteriores pueden quedar expuestas a químicos corrosivos que haya en el aire. Si dichos químicos atacan el aluminio, asegúrese de que las partes conductoras estén hechas de cobre o de aleaciones cupríferas. Si dichos químicos atacan el cobre, será necesario utilizar tableros de distribución que estén totalmente sellados y que no se abran para propósitos de operación.