

## INSTRUCCIONES De Instalación y Operación

### Introducción

**PRECAUCIÓN:** El equipo que abarca la presente publicación se debe seleccionar para una aplicación específica y se debe instalar y hacer funcionar por personas calificadas, mismas que deben dar mantenimiento al equipo. Dichas personas deben estar debidamente capacitadas y deben comprender todos los peligros relacionados. Esta publicación fue escrita para dichas personas calificadas y en ningún momento tiene la intención de sustituir la debida capacitación y experiencia que atañe a los procedimientos de seguridad que se deben seguir con este tipo de equipo.

El Dispositivo de Control Automático de S&C—Tipo UP brinda protección a los bancos de capacitores sin aterrizar en derivación con conexión en estrella—incluyendo los bancos con doble conexión en estrella.† Es un dispositivo de control electrónico de estado sólido y de construcción modular que detecta la pérdida de las unidades de capacitores individuales. Ver Figura 1. En la medida que las unidades de capacitores

individuales en un grupo en serie de un banco de capacitores queden aisladas del banco por sus fusibles correspondientes, las unidades de capacitores que sigan funcionando en el grupo quedan protegidas contra la sobretensión en cascada gracias al seccionamiento automático—el cual es iniciado por el Dispositivo de Control Automático Tipo UP—mismo que aísla y bloquea el banco en su totalidad cuando se supera el nivel de tensión de neutro a tierra predeterminado.

† Para las aplicaciones en las cuales la fuente es un bobinado de transformador terciario con conexión en triángulo, se requiere de un “banco” de transformadores de tensión aterrizado con conexión en estrella y conexión interrumpida en triángulo y resistor en derivación—al cual normalmente se le denomina transformador aterrizado de alta impedancia (normalmente se requiere para detectar fallas a tierra)—con el fin de mantener la estabilidad de las relaciones de tensión de fase a tierra en todos los casos, con la excepción de las condiciones de falla. Sin embargo, si el Dispositivo de Control Automático Tipo UP de S&C incluye un módulo de compensación de desbalance enchufable (el cual se conecta para compensar por el desbalance de tensión del sistema y por el desbalance inherente del banco de capacitores), se compensará automáticamente por hasta el 10% del desbalance entre los niveles de tensión de fase a tierra del sistema.

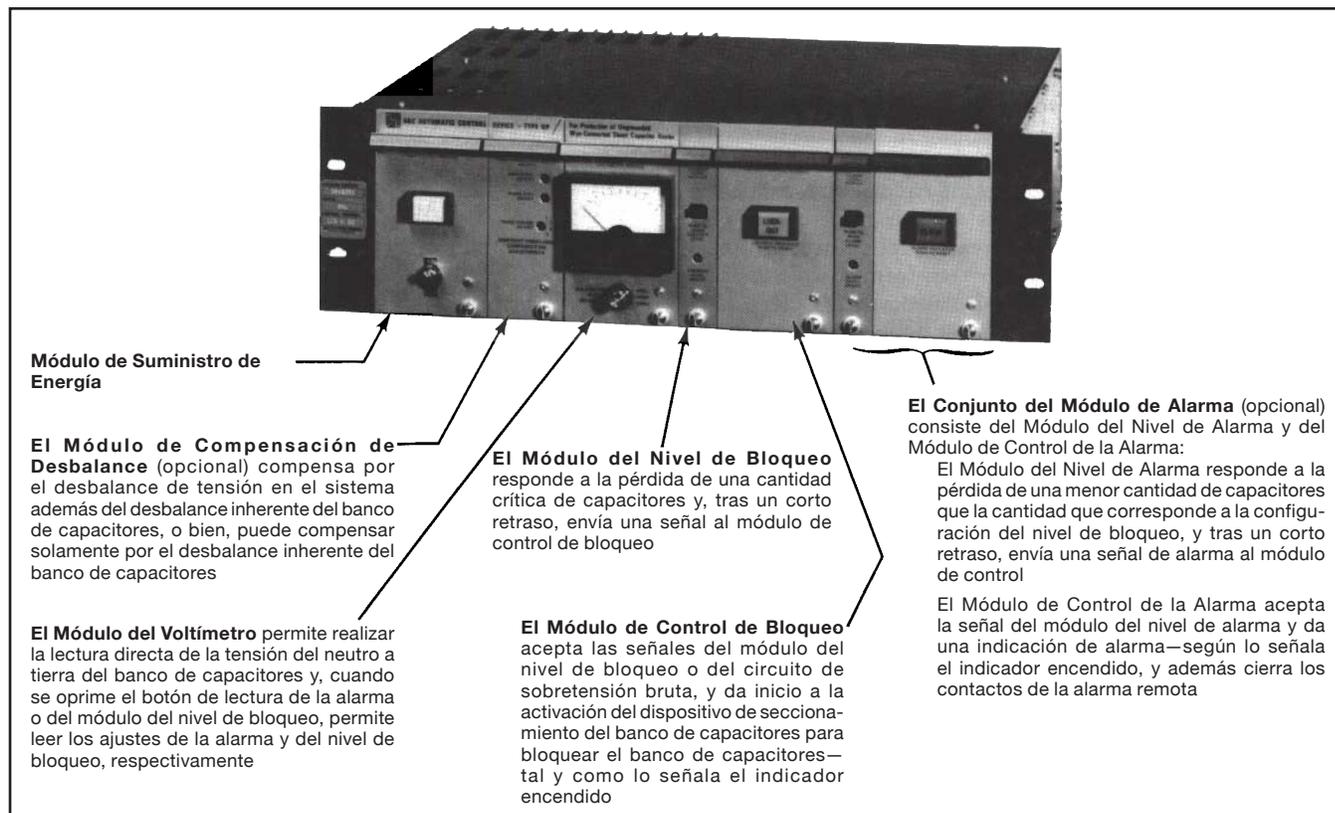


Figura 1. Dispositivo de Control Automático de S&C—Tipo UP.



El Dispositivo de Control Automático Tipo UP incorpora la funcionalidad del circuito de *sobretensión bruta*, la cual deriva el nivel de bloqueo y los circuitos de control de la temporización y da inicio al aislamiento del banco de capacitores en el caso de que haya un flameo de los grupos en serie dentro del banco de capacitores. El circuito se activa tras un retraso corto de tiempo ajustable en campo, cuando el nivel de tensión del neutro a tierra supera el nivel ajustable en campo.

El conjunto opcional del módulo de alarma enchufable (sufijo de número de catálogo “-H”) se puede equipar para que provea una señal de alarma tras la pérdida de una cantidad menor de capacitores que la cantidad que corresponde a la configuración del nivel de bloqueo. En el caso de muchos bancos de capacitores, es muy fácil activar la alarma tras la pérdida de un solo capacitor—lo cual supone una gran ventaja debido a que el reemplazo del capacitor descompuesto se puede realizar convenientemente y en un momento planeado.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP, gracias a su precisión, flexibilidad, y grado compactación de los elementos electrónicos de estado sólido, ofrece inigualables características de diseño y circuitos que resisten los rigores de la aplicación con equipos eléctricos.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP utiliza módulos enchufables que cuentan con tarjetas de circuito de resina epóxica reforzadas con vidrio, y todos sus componentes se aplican a niveles que están muy por debajo de las especificaciones establecidas en las directrices MIL-STD para reducir al mínimo la tensión sobre los componentes, los requerimientos de suministro de energía, y el calentamiento interno. Se utilizan circuitos integrados de “calidad mejorada” y puntas de los conectores y contactos revestidos en oro sobre níquel para mejorar la confiabilidad. Los circuitos de entrada para detección de tensión van aislados por relevadores; dichos relevadores tienen contactos de óxido de cadmio-plata cubierto con oro para garantizar una vida útil prolongada.

Los protectores de sobretensión de óxido metálico ubicados en puntos críticos de los circuitos de control proporcionan la mejor protección contra sobretensiones. La eficacia de las exclusivas técnicas de control de sobretensión de S&C ha quedado comprobada gracias a los años de su aplicación exitosa en ambientes hostiles en subestaciones de compañías eléctricas. La capacidad de los dispositivos electrónicos de S&C para resistir las sobretensiones queda confirmada gracias a dos tipos de pruebas de verificación de calidad en fábrica: La Prueba de Capacidad de Resistencia a las Sobretensiones ANSI (Norma ANSI C37.90a, 1974); y la mucho más severa (5-kV, 3.75-joules) prueba de descarga capacitiva, desarrollada

especialmente por S&C para duplicar o superar los niveles de sobretensión medidos por las subestaciones de potencia EHV. Los niveles de sobretensión especificados se aplican en todas las terminales del dispositivo. Algunas pruebas adicionales realizadas en fábrica incluye la prueba dieléctrica, los procedimientos de verificación con el dispositivo energizado—incluyendo las pruebas de vibración, ciclos de temperatura, y temperatura operativa máxima, además de las pruebas funcionales (antes y después de las pruebas de verificación).

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP es ideal para montarse en un bastidor de relevadores estándar de 19 pulgadas. Las conexiones externas del cableado de control están establecidas con regletas de terminales numeradas en la parte posterior del dispositivo. Ver Figura 2. Se proporcionan fusibles instalados por el cliente y bloques de fusibles para la fuente de control. Para montar el dispositivo de control al ras en los tableros de mando, consolas de control u otro tipo de gabinetes, se ofrece un bisel de montaje (sufijo de número de catálogo “-L” o “-M”).

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP se puede equipar con un gabinete resistente a la intemperie adecuado para montarse en una estructura para subestación. En este caso, se proporciona una regleta de terminales auxiliar cubierta, precableada, de acceso frontal además de un calefactor adecuado para operar a 120-Voltios ac o 240-Voltios ac. El calefactor es controlado por un termostato no ajustable de 90°C. Se incluyen fusibles instalados en fábrica y bloques de fusibles para la fuente de control y para el calefactor. Las conexiones externas del dispositivo de control automático se establecen mediante la placa para entrada de conductos ubicada en la parte inferior del gabinete.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP también se puede proporcionar en combinación con un Dispositivo de Control Automático—Tipo VR de S&C, el cual realiza el seccionamiento automático del banco de capacitores para regular el nivel de tensión del sistema. Cuando esta combinación se incluye en un gabinete resistente a la intemperie, se proporciona una regleta de terminales auxiliar cubierta de acceso frontal, al igual que fusibles y bloques de fusibles adicionales. Ver Figura 3. Todas las interconexiones necesarias vienen precableadas. Además, si la combinación se equipa para funcionar con un nivel de tensión de fuente de control de 125-Voltios dc (sufijo de número de catálogo “-B”), el gabinete resistente a la intemperie se surte con un ventilador de gases controlado por un termostato no ajustable de 120°C. Consulte la Hoja de Instrucciones de S&C 531-515S para ver información adicional sobre el Dispositivo de Control Automático Tipo VR.

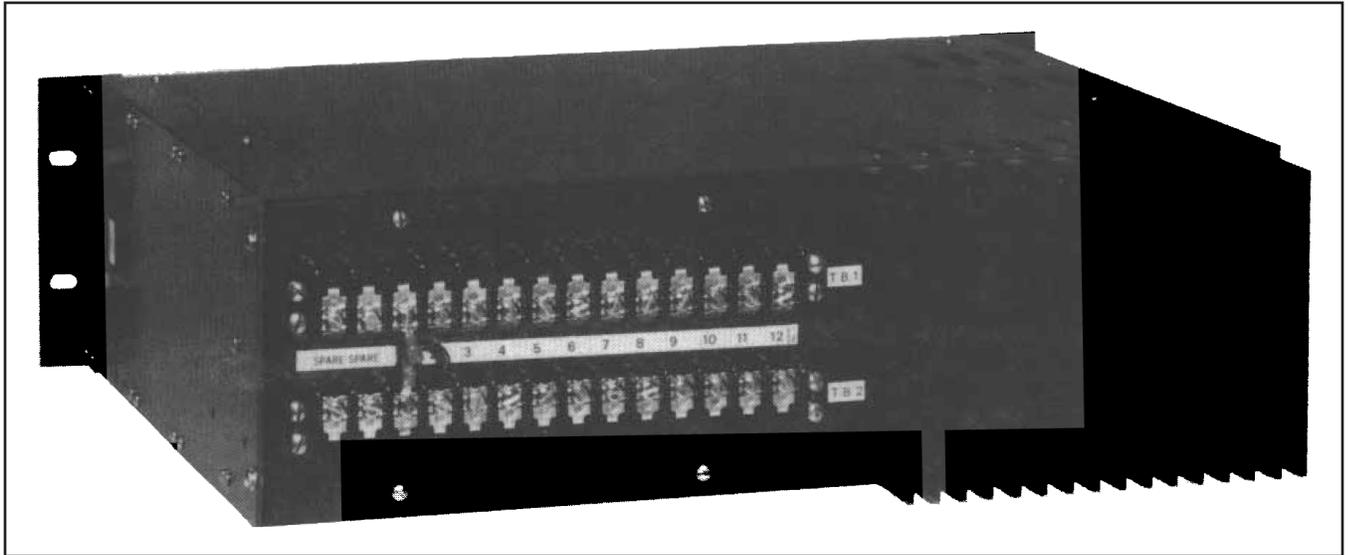


Figura 2. Regletas de terminales para las conexiones externas del cableado de control.

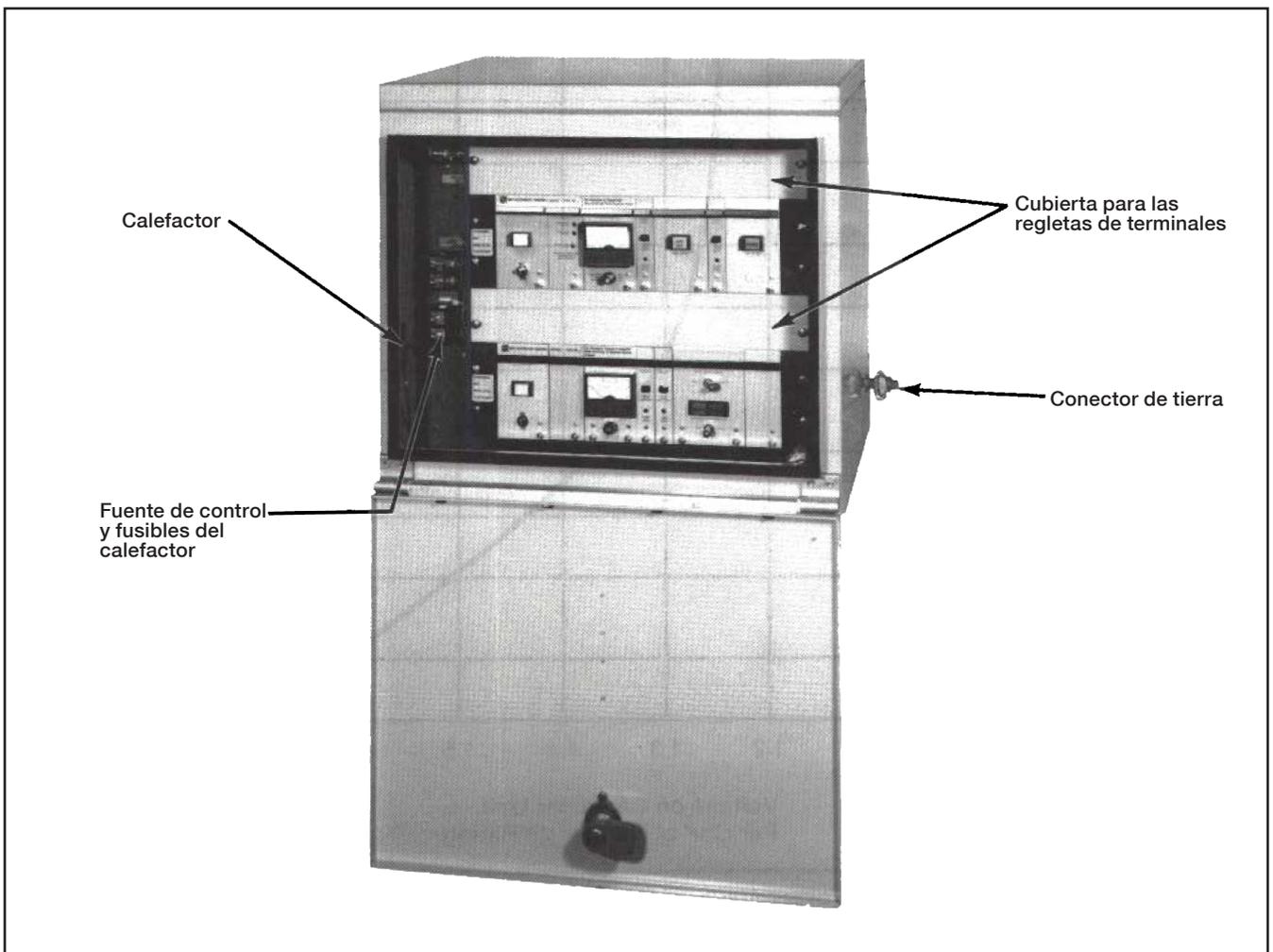


Figura 3. Dispositivo de Control Automático—Tipo UP/VR de S&C montado en un gabinete resistente a la intemperie.

En la medida que los capacitores que fallan quedan aislados sucesivamente en el mismo grupo de serie por sus fusibles relacionados, el nivel de tensión aplicado a los capacitores sobrevivientes en el grupo aumenta en incrementos discretos. La Figura 4 indica el tiempo de operación permisible de los capacitores en múltiplos por unidad variables de la capacidad de tensión indicada en la placa de cada capacitor de conformidad con la Norma 18-1980 de ANSI/IEEE, la cual además menciona que los capacitores deberán ser capaces de continuar operando con hasta un 110% de tensión nominal, incluyendo las armónicas. La mayoría de los fabricantes de capacitores publican datos similares, lo cual puede permitir niveles de tensión de trabajo más elevados. Cuando el nivel de tensión aplicada a los capacitores sobrevivientes supera el nivel

de tensión de trabajo máximo recomendado por el fabricante (o en el caso de que no se cuente con dicha recomendación, consultar la información de ANSI/IEEE), el banco en su totalidad podría ser sacado de servicio.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP utiliza un módulo de voltímetro que detecta el nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores, tal y como éste es monitoreado por el Dispositivo de Potencial de S&C de 15-Voltios-Amperes. Debido a que hay incrementos discretos predecibles en el nivel de tensión de la conexión de neutro a tierra del banco de capacitores, se puede seleccionar un valor específico para ajustar el módulo de nivel de bloqueo del Dispositivo de Control Automático Tipo UP.

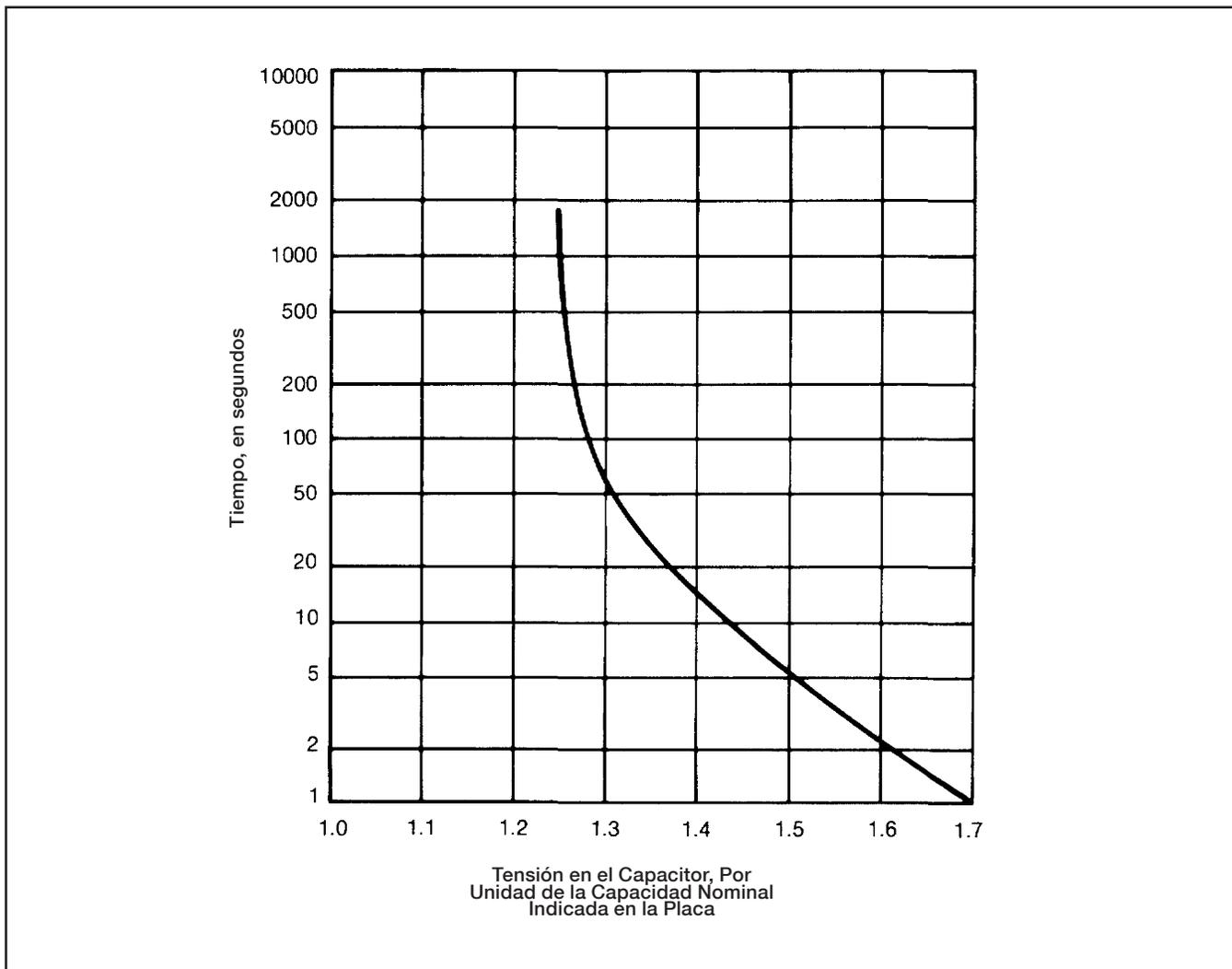


Figura 4. Sobretensión de la frecuencia de energía del capacitor versus tiempo, según lo permite la Norma ANSI-IEEE 18-1980 "Norma IEEE para Capacitores de Potencia en Derivación", la cual además indica que los capacitores deben ser capaces de continuar operando con niveles de tensión nominal de hasta el 110%, incluyendo las armónicas. Observación: Esta curva aplica para hasta 300 aplicaciones de la sobretensión de frecuencia de energía de las magnitudes y duraciones que se muestran. Es posible que los fabricantes de capacitores publiquen recomendaciones distintas que apliquen a sus unidades particulares.

Se ha incorporado un retraso de tiempo ajustable en campo de 1 a 30§ segundos al módulo del nivel de bloqueo para asegurar la operación del fusible relacionado con el último capacitor fallido antes de enviar la señal al módulo de control del bloqueo, acto que dará inicio a la activación del dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores.

El circuito de sobretensión bruta responde a las fallas en el banco que producen un nivel de tensión de neutro a tierra en exceso del nivel ajustable en campo de 1000 a 5000 Voltios al dar inicio al aislamiento y bloqueo del banco de capacitores después del retraso de tiempo ajustable en campo de 0.5 a 5 segundos.⊕

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP se puede equipar con un conjunto de módulo de alarma opcional, el cual envía una señal de alarma tras la pérdida de una cantidad de capacitores menor a la que corresponde a la configuración del nivel de bloqueo. Además, el conjunto del módulo de alarma responde a la pérdida de la alimentación de control del Dispositivo de Control Automático Tipo UP y envía una señal de alarma. El retraso de tiempo de 1 a 30§ segundos que se incorpora en el módulo del nivel de bloqueo también se utiliza para evitar falsas alarmas debidas a perturbaciones transitorias.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP incorpora un relevador auxiliar (33X) que se activa mediante el contacto “b” del control auxiliar del moto-operador del banco de capacitores. El relevador auxiliar evita que haya bloqueos

indebidos en el dispositivo de control automático (y también evita la activación indebida del circuito de alarma en las instalaciones que incluyen el conjunto del módulo de alarma opcional), es decir, los bloqueos que resultan de los niveles de tensión de neutro a tierra de varios kilovoltios que se inducen durante los periodos en los cuales el banco de capacitores se ha desenergizado como tarea de rutina.

Cuando sea necesario, el módulo enchufable opcional para compensación de desbalances se puede incluir (al igual que los dispositivos de monitoreo de tensión adicionales) para detectar y compensar por la tensión errónea que aparece entre el neutro del banco de capacitores y la tierra, lo cual ocasiona un desbalance en el nivel de tensión del sistema★ y/o un desbalance inherente en el banco de capacitores como resultado de las variaciones en la tolerancia de manufactura entre los capacitores de un mismo banco.

§ Configurado de fábrica a 10 segundos.

⊕ Configurado de fábrica a 2500 voltios para un retraso de tiempo de 2 segundos.

★ En el caso de la compensación por desbalance adecuada, los niveles de tensión derivados del sistema monitoreados por el Dispositivo de Control Automático de S&C deben ser proporcionados por Dispositivos de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes—o por transformadores de tensión—conectados al segmento de la barra de estación a la cual está derivado el banco de capacitores. Los circuitos de conexión que van de los dispositivos de potencial o transformadores de tensión al Dispositivo de Control Automático Tipo UP de S&C deben estar libres de toda carga variable, disminución de tensión variable, y bucles de tierra para que los niveles de tensión monitoreados representen, con precisión, la magnitud y ángulo de fase de los niveles de tensión de la barra.

### Requisitos Generales de Instalación

Para evitar que haya daños al Dispositivo de Control Automático Tipo UP en el caso de que se presenten sobretensiones que superen los niveles comprobados en fábrica, es necesario seguir al pie de la letra las recomendaciones de instalación de fusibles en los circuitos de control de S&C. Los fusibles y bloques de fusibles requeridos se surten con el dispositivo de control. Si se anticipa que habrá sobretensiones frecuentes que superen los niveles de tensión, se debe informar a S&C con respecto al grado de severidad de las sobretensiones para que sea posible hacer recomendaciones especiales.

Al diseñar la instalación, se debe tomar en consideración la provisión de ventilación adecuada para el dispositivo de control con el fin de limitar la temperatura adyacente a la unidad a un máximo de 160°F. Esto es particularmente importante en los casos en los cuales el dispositivo de control se instale en un gabinete o cuando varios dispositivos de control se instalen uno junto al otro.

### Establecimiento de las Conexiones

**IMPORTANTE:** El módulo del voltímetro ha sido calibrado en fábrica para proporcionar la lectura directa de la tensión del neutro a tierra del banco de capacitores para un Dispositivo de Potencial de 15-Voltios-Amperes de S&C de capacidad de tensión específica que esté conectado entre el neutro del banco de capacitores y la tierra—según se indica en la etiqueta que va pegada a la parte posterior del tablero del módulo.

Cuando se haya especificado el módulo de compensación de desbalance opcional, ésta habrá sido calibrado en fábrica para un Dispositivo de Potencial de S&C de 15-Voltios-Amperes de capacidad de tensión específica que vaya conectado entre el neutro del banco de capacitores y la tierra, y para un (o varios) Dispositivo(s) de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes o transformador(es) de tensión de proporción específica primaria a secundaria que vayan conectado(s) entre la barra de estación y la tierra—tal y como se indica en la etiqueta que va pegada a la parte posterior del tablero del módulo.

Si se utilizan otros tipos de dispositivos para monitoreo de tensión, será necesario realizar una recalibración. Consulte las instrucciones de recalibración que se especifican en el Plano de Referencia de S&C RD-3223 para el módulo del voltímetro, o el RD-3224 para el módulo de compensación de desbalance. El plano(s) correspondiente(s) se proporciona(n) como parte del instructivo detallado que se puede solicitar para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP.

El Dispositivo de Control Automático Tipo UP viene equipado con regletas de terminales numeradas para las conexiones

de cableado de control externas en la parte posterior del dispositivo. Ver Figura 2. Utilice el plano de conexión del instructivo que viene con el dispositivo para establecer las siguientes conexiones:

1. Fuente de control (48 Vdc, 125 Vdc, 120 V 60 Hertz, o 240 V 60 Hertz, según corresponda).
2. Terminales de salida del Dispositivo de Potencial de S&C de 15-Voltios-Amperes que tenga una capacidad de tensión de sistema según se describe a continuación:

Tensión Fuente Nominal, kV	Capacidad de Tensión de Sistema del Dispositivo de Potencial, kV, Nominal
Inferior a 23	23
23	23
34.5	23
46	23
69	34.5
115	69
138	69
161	138
230	138

3. Circuito de apertura del moto-operador.
4. Circuito de cierre del moto-operador.
5. Contacto “b” del interruptor auxiliar del moto-operador. Este contacto debe estar configurado para que se abra en la posición cercana al cierre total del dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores.
6. Tierra de la estación.
7. Fuente del calefactor, en caso de que aplique (120 V 60 Hertz o 240 V 60 Hertz).
8. Circuito de alarma (opcional).

Adicionalmente, si el Dispositivo de Control Automático Tipo UP viene equipado con el módulo de compensación de desbalance opcional, se requieren conexiones hacia las terminales de salida de los demás dispositivos para monitoreo de tensión según se indica a continuación:

1. *Únicamente para detección y compensación del desbalance inherente en el banco de capacitores, en aplicaciones donde la fuente esté aterrizada, la conexión se debe establecer con:*
  - a. Un Dispositivo de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes de capacidad nominal plena de tensión de sistema que esté equipado con un dispositivo de calibración ajustado en fábrica (sufijo de número de catálogo “-T”), que vaya conectado a cualquier fase de la barra de estación de la cual el banco de capacitores esté derivado, o bien,

- b. Un transformador de tensión que vaya conectado a la barra de estación de la cual el banco de capacitores esté derivado—ya sea de línea a línea a través de dos fases o de línea a tierra en cualquier fase.
2. *Únicamente para detección y compensación del desbalance inherente del banco de capacitores, en aplicaciones donde la fuente sea un bobinado de transformador terciario conectado en triángulo*, la conexión se debe establecer con un transformador de tensión de proporción 1:1 que esté a su vez conectado a cualquier circuito secundario de un transformador de conexión a tierra de alta impedancia; el transformador de tensión deberá tener una capacidad de tensión igual a la capacidad de tensión secundaria del transformador de conexión a tierra. (El transformador de conexión a tierra—que deberá estar conectado a la barra de estación de la cual el banco de capacitores esté derivado—mantiene la estabilidad de las relaciones de tensión de fase a tierra en todos los casos, menos en las condiciones de fallas).
3. *Para detección y compensación del desbalance inherente en el banco de capacitores además de la detección y compensación del desbalance en el nivel de tensión del sistema, en aplicaciones donde la fuente esté aterrizada*, la conexión se debe establecer con:
  - a. Tres Dispositivos de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes de capacidad plena de tensión de sistema equipados con dispositivo de calibración ajustado en campo (sufijo de número de catálogo “-T”), cada uno de los cuales debe ir conectado a una fase de la barra de estación de la cual el banco de capacitores esté derivado, o bien,
  - b. Tres transformadores de tensión, conectados a la barra de estación, aterrizados y con conexión en estrella.
4. *Para detección y compensación del desbalance inherente en el banco de capacitores además de la detección y compensación del desbalance en el nivel de tensión del sistema, en aplicaciones donde la fuente sea un bobinado de transformador terciario conectado en triángulo*, las conexiones se deben establecer con tres transformadores de tensión de proporción 1:1, cada uno de los cuales se conecta a su vez al circuito secundario de un transformador de conexión a tierra de alta impedancia; los transformadores de tensión deberán tener una capacidad de tensión igual a la capacidad de tensión secundaria del transformador de conexión a tierra. (El transformador de conexión a tierra—que deberá estar conectado a la barra de estación de la cual esté derivado el banco de capacitores—mantiene la estabilidad de las relaciones de tensión de fase a tierra en todos los casos, menos en las condiciones de falla.)

Cuando el módulo de compensación de desbalance se utilice para compensar el desbalance de tensión del sistema, éste estará calibrado de fábrica de conformidad con la información proporcionada a la hora de hacer el pedido. Dicha información incluye el número de catálogo de los Dispositivos de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes, las capacidades de tensión primaria y secundaria y la proporción de espiras del transformador de conexión a tierra relacionado, si lo hubiere.

Los circuitos de conexión de los dispositivos para monitoreo de tensión del Dispositivo de Control Automático Tipo UP deben estar libres de cargas variables, disminuciones variables en el nivel de tensión, y bucles de tierra para que los niveles de tensión monitoreados correctamente representen la magnitud y ángulo de fase de los niveles de tensión de la barra. Algunos de los errores posibles que afectan la compensación de desbalance son:

- Diferencias en la proporción de tensión efectiva entre los tres Dispositivos de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes o los tres transformadores de tensión que se utilizan para obtener los niveles de tensión derivados del sistema, según corresponda.
- Carga desbalanceada o variable de los dispositivos de monitoreo de tensión que se utilizan para obtener los niveles de tensión derivados del sistema. (Por lo tanto, los transformadores de servicio a la estación no son fuentes aptas para este propósito).
- Disminuciones en el nivel de tensión del cableado de control entre los dispositivos de monitoreo de tensión y el dispositivo de control automático. (Por ejemplo, una corriente de 1-ampere que fluya a través de 1000 pies de un cable AWG del número 10 provocará una disminución de 1-Voltio en la señal del nivel de la tensión, lo cual puede ser suficiente para ocasionar un desempeño indeseable en el esquema de protección.) Los circuitos de conexión de tamaño adecuado colocados entre los dispositivos de monitoreo de tensión y el dispositivo de control automático ayudan a reducir al mínimo las disminuciones en el nivel de tensión.
- Tensiones inducidas en el cableado de control. Es importante contar con protectores adecuados.
- Bucles de tierra ocasionados por las diferencias en el nivel de tensión entre los puntos de aterrizaje del dispositivo de monitoreo de tensión del neutro a tierra del banco de capacitores y los puntos de aterrizaje de los dispositivos de monitoreo de tensión que se utilizan para obtener los niveles de tensión derivados del sistema. Preferentemente, los circuitos secundarios de todos los dispositivos de detección de tensión deberán estar aterrizados en un solo punto—en la caseta de control, según lo propone la norma ANSI C57.13.3, “Guía para Aterrizaje de los Circuitos Secundarios del Transformador y Gabinetes”.

## Establecimiento de las Configuraciones

Esta página y las páginas subsecuentes detallan dos métodos para establecer el nivel de bloqueo del banco de capacitores—uno de estos utiliza gráficas y el otro utiliza fórmulas.

### Para Determinar la Sobretensión Creciente en el Capacitor y en el Nivel de Tensión del Neutro a Tierra del Banco de Capacitores Debido a una Pérdida Sucesiva de Capacitores—Método Gráfico

#### Procedimiento Paso por Paso

1. Recopile los datos de instalación, incluyendo:

- a. El nivel de tensión continua de línea a neutro del sistema anticipado más elevada, en kV.
  - b. La capacidad del capacitor indicada en la placa de datos, en kV.
  - c. La cantidad de grupos en serie por fase — S.
  - d. La cantidad de capacitores en paralelo por grupo en serie — P.
2. Utilice la gráfica de la Figura 5 para leer los valores por unidad de VO—la tensión aplicada a los capacitores sobrevivientes—para una serie de pasos que correspondan a los valores crecientes de F—la cantidad de capacitores aislados—hasta e incluyendo FC—el paso para el cual VO

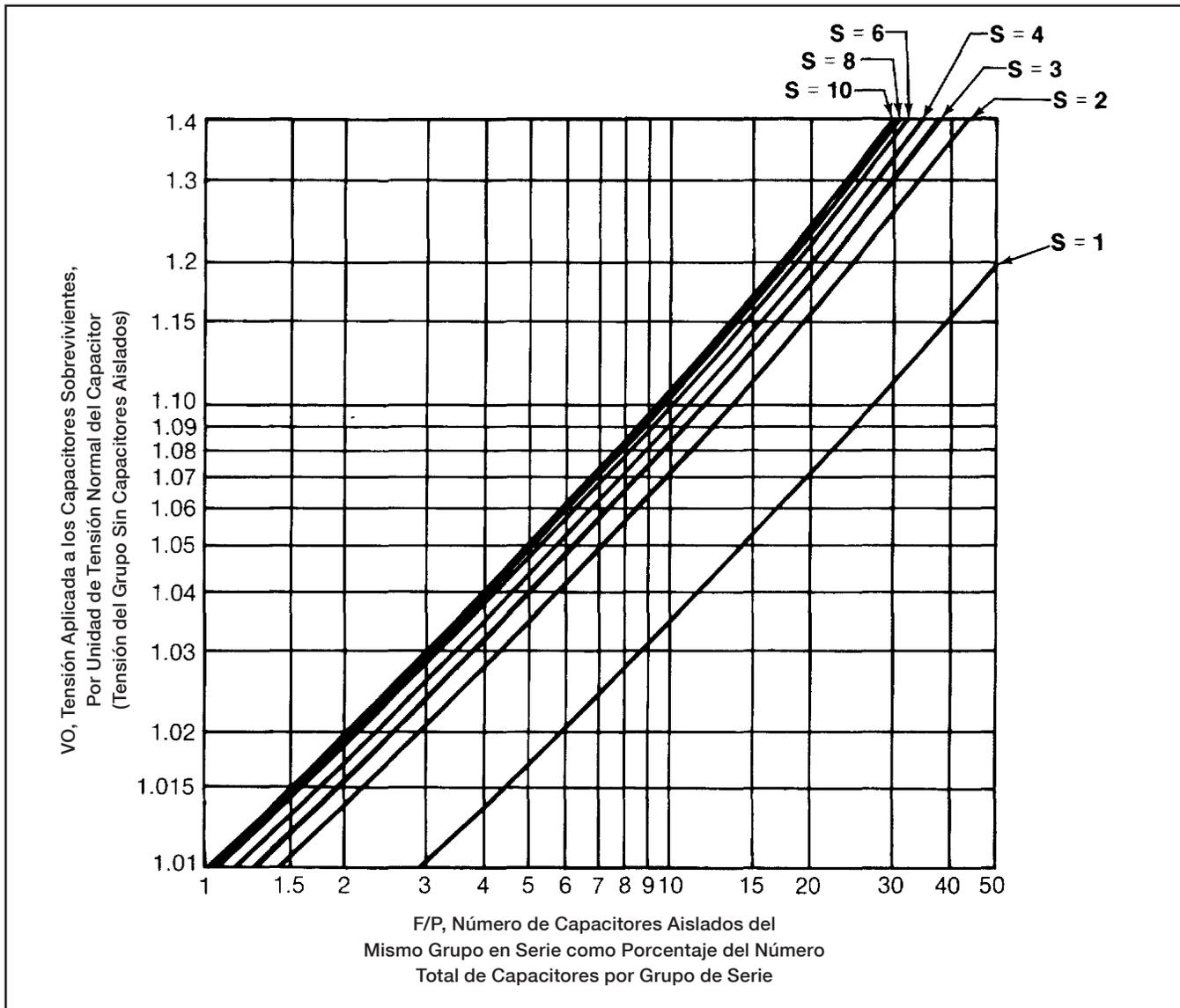


Figura 5. Tensión por unidad aplicada a los capacitores sobrevivientes en un grupo en serie contra el porcentaje de capacitores aislados en el mismo grupo en serie.

es igual o supera la tensión de trabajo máxima recomendada por el fabricante (por lo general, 1.1. por unidad). En lo sucesivo, los pasos que corresponden a FC serán denominados como el “paso crítico”.

3. Si los capacitores se hacen funcionar con un nivel de tensión que no sea el nivel nominal, corrija los valores que leyó en el paso (2) anteriores al multiplicar la proporción de la tensión aplicada (nivel anticipado más alto) “normal”

(con todos los capacitores funcionando) por la capacidad de tensión indicada en la placa de datos de los capacitores.

4. Utilice la gráfica en la Figura 6 para leer los valores por unidad de  $V_n$ —tensión de neutro a tierra del banco de capacitores—para la misma serie de pasos que corresponden a los valores crecientes de F hasta e incluyendo FC.

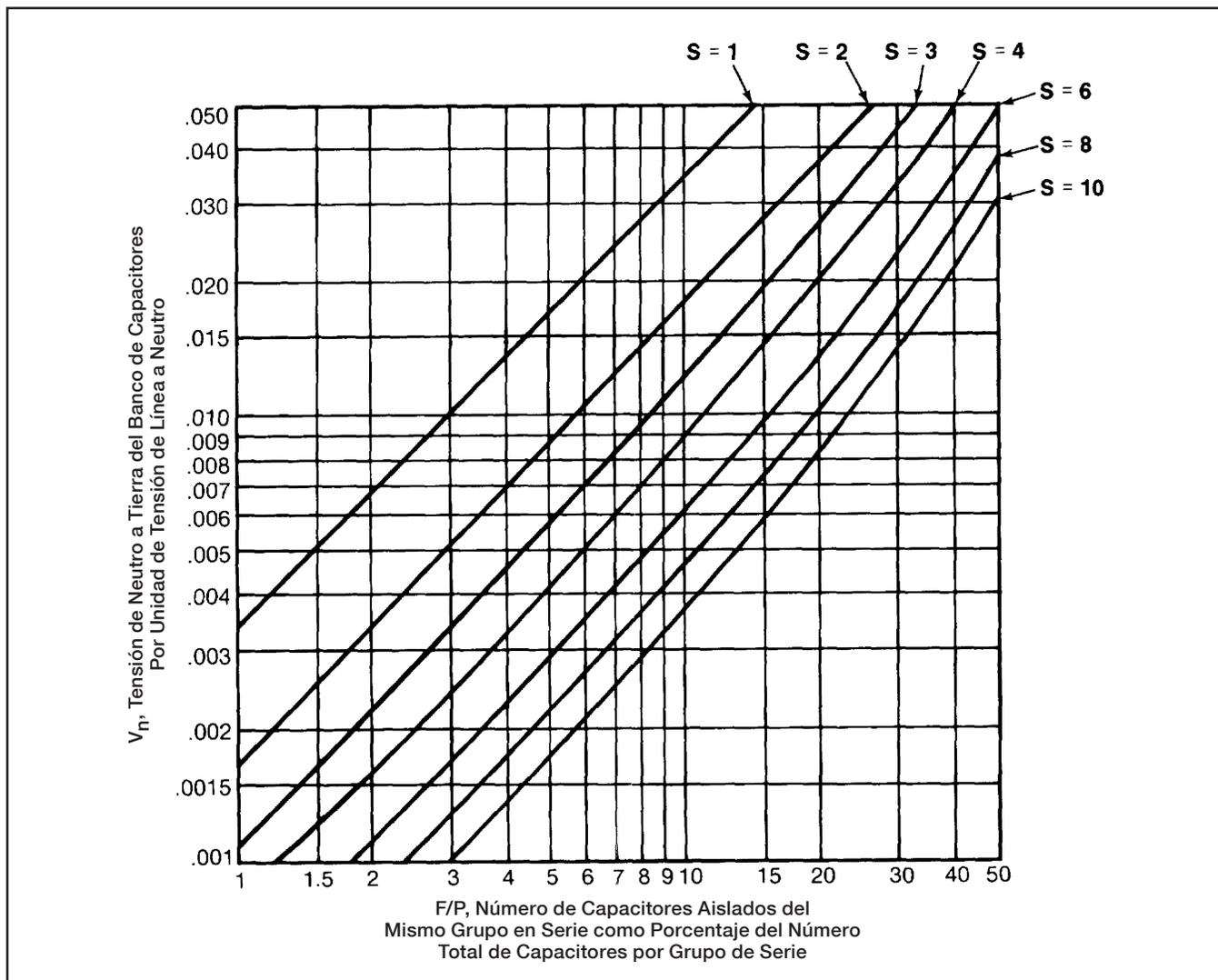


Figura 6. Tensión del neutro a tierra del banco de capacitores por unidad contra el porcentaje de capacitores aislados en el mismo grupo en serie.

6. Determine el nivel de bloqueo deseado—el punto medio entre  $V_n$  para el paso crítico,  $F_c$ , y  $V_n$  para  $F_c - 1$ .

### Uso del Método Gráfico—Primer Ejemplo

1. Datos de Instalación
  - a. Tensión de línea a neutro continua anticipada más elevada del sistema, en kV ..... 20
  - b. Capacidad en la placa de datos del capacitor, kV . . . 9.96
  - c. Número de grupos en serie por fase ..... 2
  - d. Número de capacitores en paralelo por grupo en serie . . . . . 10
2. Para  $F = 1$ , ingrese la gráfica, Figura 5, en el 10 sobre la escala horizontal (1/10 = 10% de capacitores aislados en un grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 2 grupos en serie por fase (curva denominada “S = 2”) y lea  $V_O = 1.072$  por unidad en la escala vertical.

Para  $F = 2$ , de la misma manera ingrese la gráfica, Figura 5, en el 20 sobre la escala horizontal (2/10 = 20% de capacitores aisladores en el mismo grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 2 grupos en serie por fase (curva denominada “S = 2”) y lea  $V_O = 1.16$  por unidad sobre la escala vertical. Obviamente,  $F = 2$  es el paso crítico,  $F_c$ , si es que se desea limitar  $V_O$  a 1.1 o menos por unidad.

3. Con una tensión de línea a neutro anticipada del sistema de 20 kV y con 2 grupos en serie por fase, los capacitores normalmente funcionan a 10 kV.  
Por lo tanto:

Para  $F = 1$

$$V_O = \frac{1.072 \times 10 \text{ kV}}{9.96 \text{ kV}} = 1.076 \text{ por unidad}$$

Para  $F = 2$

$$V_O = \frac{1.16 \times 10 \text{ kV}}{9.96 \text{ kV}} = 1.16 \text{ por unidad}$$

4. Para  $F = 1$ , ingrese la gráfica, Figura 6, en el 10 sobre la escala horizontal (1/10 = 10% de capacitores aislados de un grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 2 grupos en serie por fase (curva denominada “S = 2”) y

lea  $V_O = .018$  por unidad en la escala vertical.

Para  $F = 2$ , de la misma manera ingrese la gráfica, Figura 6, en el 20 sobre la escala horizontal (2/10 = 20% de capacitores aisladores en el mismo grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 2 grupos en serie por fase (curva denominada “S = 2”) y lea  $V_n = 0.38$  por unidad sobre la escala vertical.

5. Multiplique los valores que leyó en el paso (4) anterior por el nivel de tensión de línea a neutro del sistema para convertir los valores  $V_n$  por unidad a valores de tensión  $V_n$  reales. Por lo tanto:

Para  $F = 1$ ,

$$V_n = 0.018 \times 20,000 \text{ voltios} = 360 \text{ voltios}$$

Para  $F = 2$ ,

$$V_n = 0.038 \times 20,000 \text{ voltios} = 760 \text{ voltios}$$

6. Determine el nivel de bloqueo al calcular el valor del punto medio entre  $V_n$  para  $F = 1$  y  $V_n$  para  $F = 2$ , el paso crítico  $F_c$ . Así pues, el nivel de bloqueo deseado es

$$\frac{360 \text{ voltios} + 760 \text{ voltios}}{2} = 560 \text{ voltios}$$

### Uso del Método Gráfico—Segundo Ejemplo

1. Datos de Instalación
  - a. Tensión de línea a neutro continua anticipada más elevada del sistema, en kV ..... 139.44
  - b. Capacidad en la placa de datos del capacitor, kV ..... 19.92
  - c. Número de grupos en serie por fase ..... 7
  - d. Número de capacitores en paralelo por grupo en serie . . . . . 12
2. Para  $F = 1$ , ingrese la gráfica, Figura 5, en el 8.33 sobre la escala horizontal (1/12 = 8.33% de capacitores aislados en un grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 7 grupos en serie por fase (interpolar entre las curvas denominadas “S = 6” y “S = 8”) y lea  $V_O = 1.085$  por unidad en la escala vertical.

Para  $F = 2$ , de la misma manera ingrese la gráfica, Figura 5, en el 16.67 sobre la escala horizontal (2/12 = 16.67% de capacitores aisladores en el mismo grupo en serie). Siga

hasta un punto que corresponda a 7 grupos en serie por fase y lea  $V_O = 1.18$  por unidad sobre la escala vertical. Obviamente,  $F = 2$  es el paso crítico,  $F_C$ , si es que se desea limitar  $V_O$  a 1.1 o menos por unidad.

3. Con una tensión anticipado de línea a neutro del sistema de 139.44 kV y con 7 grupos en serie por fase, los capacitores normalmente funcionan a 19.92 kV, la cual es su capacidad de tensión nominal. Por lo tanto, no es necesario aplicar ningún factor de corrección a los valores que leyó en el paso (2) anterior.
4. Para  $F = 1$ , ingrese la gráfica, Figura 6, en el en el 8.33 sobre la escala horizontal ( $1/12 = 8.33\%$  de capacitores aislados en un grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 7 grupos en serie por fase (interpolar entre las curvas denominadas “S = 6” y “S = 8”) y lea  $V_O = 0.0043$  por unidad en la escala vertical.

Para  $F = 2$ , de la misma manera ingrese la gráfica, Figura 5, en el 16.67 sobre la escala horizontal ( $2/12 = 16.67\%$  de capacitores aislados en el mismo grupo en serie). Siga hasta un punto que corresponda a 7 grupos en serie por fase y lea  $V_O = .0093$  por unidad sobre la escala vertical.

5. Multiplique los valores que leyó en el paso (4) anterior por el nivel de tensión de línea a neutro del sistema para convertir los valores  $V_n$  por unidad en valores de tensión  $V_n$  reales. Así pues:

Para  $F = 1$ ,

$$V_n = .0043 \times 139,440 \text{ voltios} = 600 \text{ voltios}$$

Para  $F = 2$ ,

$$V_n = .0093 \times 139,440 \text{ voltios} = 1297 \text{ voltios}$$

6. Determine el nivel de bloqueo al calcular el valor del punto medio entre  $V_n$  para  $F = 1$  y  $V_n$  para  $F = 2$ , el paso crítico  $F_C$ . Por lo tanto, el nivel de bloqueo deseado es

$$\frac{600 \text{ voltios} + 1297 \text{ voltios}}{2} = 949 \text{ voltios}$$

### Para Determinar la Sobretensión Creciente en el Capacitor y en el Nivel de Tensión del Neutro a Tierra del Banco de Capacitores Debido a una Pérdida Sucesiva de Capacitores—Método por Fórmula

#### Procedimientos Paso a Paso

1. Recopile los datos de instalación, incluyendo:
  - a. El nivel de tensión continua de línea a neutro del sistema anticipado más elevado, en kV
  - b. La capacidad del capacitor indicada en la placa de datos, en kV
  - c. La cantidad de grupos en serie por fase
  - d. La cantidad de capacitores en paralelo por grupo en serie
2. Calcule los valores por unidad de  $V_O$ —el nivel de tensión aplicado a los capacitores sobrevivientes—para una serie de pasos que correspondan a los valores crecientes de  $F$ —la cantidad de capacitores aislados—hasta e incluyendo  $F_C$ —el paso para el cual  $V_O$  es igual o supera la tensión de trabajo máxima recomendada por el fabricante (por lo general, 1.1. por unidad). En lo sucesivo, los pasos que corresponden a  $F_C$  serán denominados como el “paso crítico”. Utilice las siguientes fórmulas:

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{(3P)(V_{L-n})}{2F + 3S(P-F)}$$

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{VO \text{ (Voltios)}}{\text{Capacidad de tensión de la placa de los capacitores}}$$

donde  $V_{L-n}$  = Tensión continua anticipada más alta de línea a neutro del sistema

S = Número de grupos en serie por fase

P = Número de capacitores en paralelo por grupo en serie

F = Número de capacitores aislados del Banco (y del mismo grupo en serie)

## Establecimiento de las Configuraciones

3. Para cada valor de F que utilizó en el paso (2) anterior, calcule el nivel de tensión de neutro a tierra,  $V_n$ . Utilice la siguiente fórmula:

$$V_n = \frac{(F)(V_{L-n})}{2F + 3S(P - F)}$$

donde ( $V_{L-n}$ ), S, P, y F se definen de la misma manera que en el paso (2) anterior.

4. Determine el nivel de bloqueo al calcular el punto medio entre  $V_n$  para FC, el paso crítico, y  $V_n$  para FC - 1.

### Uso del Método por Fórmula—Primer Ejemplo

1. Datos de Instalación
  - a. Tensión de línea a neutro continua anticipada más elevada del sistema, en kV ..... 20
  - b. Capacidad en la placa de datos del capacitor, kV ..... 9.96
  - c. Número de grupos en serie por fase ..... 2
  - d. Número de capacitores en paralelo por grupo en serie ..... 10

2. Para F = 1,

$$V_O \text{ (voltios)} = \frac{(3)(10)(20,000)}{(2)(1) + (3)(2)(10 - 1)} = 10,714 \text{ voltios}$$

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{10,714}{9,960} = 1,0757 \text{ por unidad (o 7.5\% de sobretensión)}$$

- Para F = 2,

$$V_O \text{ (voltios)} = \frac{(3)(10)(20,000)}{(2)(2) + (3)(2)(10 - 2)} = 11,538 \text{ voltios}$$

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{11,538}{9,960} = 1.1585 \text{ por unidad (o 15.85\% de sobretensión)}$$

Obviamente, F = 2 es el paso crítico FC, en caso de que se desee limitar VO a 1.1 o menos por unidad.

3. Para F = 1,

$$V_n = \frac{(1)(20,000)}{(2)(1) + (3)(2)(10 - 1)} = 357 \text{ voltios}$$

- Para F = 2,

$$V_n = \frac{(2)(20,000)}{(2)(2) + (3)(2)(10 - 2)} = 769 \text{ voltios}$$

4. Determine el nivel de bloqueo al calcular el punto medio entre  $V_n$  para F = 1 y  $V_n$  para F = 2, el paso crítico FC. Por lo tanto, el nivel de bloqueo deseado es de 563 voltios.

### Uso del Método por Fórmula—Segundo Ejemplo

1. Datos de Instalación
  - a. Tensión de línea a neutro continua anticipada más elevada del sistema, en kV ..... 139.44
  - b. Capacidad en la placa de datos del capacitor, kV ..... 19.92
  - c. Número de grupos en serie por fase ..... 7
  - d. Número de capacitores en paralelo por grupo en serie ..... 12

2. Para F = 1,

$$V_O \text{ (voltios)} = \frac{(3)(12)(139,440)}{(2)(1) + (3)(7)(12 - 1)} = 21,544 \text{ voltios}$$

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{21,544}{19,920} = 1.1776 \text{ por unidad (o 17.76\% de sobretensión)}$$

- Para F = 2,

$$V_O \text{ (voltios)} = \frac{(3)(12)(139,440)}{(2)(2) + (3)(7)(12 - 2)} = 23,457 \text{ voltios}$$

$$V_O \text{ (por unidad)} = \frac{23,457}{19,920} = 1.1776 \text{ por unidad (o 17.76\% de sobretensión)}$$

Obviamente,  $F = 2$  es el paso crítico, FC, en caso de que se desee limitar VO a 1.1 o menos por unidad.

3. Para  $F = 1$ ,

$$V_n = \frac{(1)(139,440)}{(2)(1)+(3)(7)(12-1)} = 598 \text{ voltios}$$

Para  $F = 2$ ,

$$V_n = \frac{(1)(139,440)}{(2)(2)+(3)(7)(12-2)} = 1303 \text{ voltios}$$

4. Determine el nivel de bloqueo al calcular el punto medio entre  $V_n$  para  $F = 1$  y  $V_n$  para  $F = 2$ , el paso crítico FC. Por lo tanto, el nivel de bloqueo deseado es de 951 voltios.

### Circuito de Sobretensión Bruta

Calcule el nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores,  $V_n$ , que resulta de una falla dentro del banco de capacitores, misma que causaría un cortocircuito al grupo en serie completo. Utilice la siguiente fórmula:

$$V_n = \left[ \frac{1}{3S-2} \right] V_{L-n}$$

donde  $S$  = Número de grupos en serie por fase  
 $V_{L-n}$  = Nivel de tensión anticipada continua de línea a neutro más elevada

En el caso del primer ejemplo presentado en la sección “Para Determinar la Sobretensión Creciente en el Capacitor y en el Nivel de Tensión del Neutro a Tierra del Banco de Capacitores Debido a una Pérdida Sucesiva de Capacitores—Método por

Fórmula”, el nivel de bloqueo deseado de sobretensión bruta es el punto medio entre  $V_n$  para  $F = 2$ —769 voltios—y el valor de  $V_n$  que resulta del cortocircuito de un grupo en serie—

$$\left[ \frac{1}{(3)(2)-2} \right] 20,000 \text{ voltios} = 5000 \text{ voltios, o bien}$$

$$\frac{769 \text{ voltios} + 5000 \text{ voltios}}{2} = 2885 \text{ voltios}$$

En el caso del segundo ejemplo presentado en la sección “Para Determinar la Sobretensión Creciente en el Capacitor y en el Nivel de Tensión del Neutro a Tierra del Banco de Capacitores Debido a una Pérdida Sucesiva de Capacitores—Método por Fórmula”, el nivel de bloqueo deseado de sobretensión bruta es el punto medio entre  $V_n$  para  $F = 2$ —1303 voltios—y el valor de  $V_n$  que resulta del cortocircuito de un grupo en serie—

$$\left[ \frac{1}{(3)(7)-2} \right] 139,440 \text{ voltios} = 7339 \text{ voltios, o bien}$$

$$\frac{1303 \text{ voltios} + 7339 \text{ voltios}}{2} = 4321 \text{ voltios}$$

Si el nivel de bloqueo de sobretensión bruta calculada supera los 5000 voltios, el detector se debe configurar a su valor máximo.

## ¿Es Necesaria la Compensación por Desbalance?

Siempre hay presente cierta cantidad de tensión de error entre el neutro y la tierra del banco de capacitores, algo que se debe al desbalance en el nivel de tensión del sistema y/o a el desbalance inherente en el banco de capacitores, mismo que resulta de las variaciones de tolerancia de manufactura entre los capacitores del banco. Debido a que no es posible predecir la manera en que los dos componentes de la tensión de error se combinarán vectorialmente, es importante que la magnitud de la tensión de error se conserve a un nivel bajo en relación a la magnitud del nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores, misma que resulta del aislamiento de uno de los capacitores. Por ejemplo, la tensión de error puede ser aditiva con respecto al nivel de tensión de neutro a tierra que resulta del aislamiento de los capacitores en otro hilo de la fase.

Como regla general, la compensación por desbalance se debe realizar si la magnitud de la tensión de error alcanza un 50% del valor del nivel de tensión de neutro a tierra calculado en base al aislamiento de un capacitor. Si el fabricante del banco de capacitores puede proporcionar una estimación del nivel de desbalance por unidad entre las fases en el banco de capacitores, y si se conoce el nivel de desbalance de tensión de sistema por unidad entre las fases, la estimación de la tensión de error se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en el Banco de Capacitores} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{Desbalance} \\ \text{Por Unidad en} \\ \text{el Banco de} \\ \text{Capacitadores} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{Tensión} \\ \text{de Línea a} \\ \text{Neutro del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right)}{3}$$

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en la Tensión de Sistema} = \frac{\left( \begin{array}{c} \text{Desbalance} \\ \text{Por Unidad} \\ \text{en la Tensión} \\ \text{del Sistema} \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} \text{Tensión} \\ \text{de Línea a} \\ \text{Neutro del} \\ \text{Sistema} \end{array} \right)}{3}$$

En el caso de los dos ejemplos presentados en la sección “Para Determinar la Sobretensión Creciente en el Capacitor y en el Nivel de Tensión del Neutro a Tierra del Banco de Capacitores Debido a una Pérdida Sucesiva de Capacitores—Método por Fórmula”, utilice un desbalance por unidad en el banco de

capacitores de 0.01 y un desbalance por unidad de tensión de 0.005.

Para el primer ejemplo:

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en el Banco de Capacitores} = \frac{(0.01)(20,000 \text{ volts})}{3} = 66.7 \text{ voltios}$$

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en la Tensión de Sistema} = \frac{(0.005)(20,000 \text{ voltios})}{3} = 33.3 \text{ voltios}$$

En el caso de que dichas tensiones de error sean aditivas, la tensión de error total podría ser tan alta como 100 voltios—28% del nivel de tensión de neutro a tierra que resulta al aislar un capacitor, es decir, 357 voltios. Por lo tanto, el usuario no debe incluir el módulo de compensación de desbalance (ni los dispositivos de monitoreo de tensión adicionales que se requieran) a menos de que se establezca la necesidad de compensar el desbalance mediante su experiencia en campo. (Ver el paso 11 en la página 17.)

Para el segundo ejemplo:

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en el Banco de Capacitores} = \frac{(0.01)(139,440 \text{ voltios})}{3} = 464.8 \text{ voltios}$$

$$\text{Tensión de Error por Desbalance en la Tensión de Sistema} = \frac{(0.005)(139,440 \text{ voltios})}{3} = 232.4 \text{ voltios}$$

En el caso de que dichas tensiones de error sean aditivas, la tensión de error total podría ser tan alta como 697.2 voltios—un valor que requiere de compensación de desbalance porque la tensión de neutro a tierra que resulta del aislamiento de un capacitor para este ejemplo es de 598 voltios.

### Paso 1

Coloque el interruptor de palanca de encender-apagar del módulo de suministro de energía en la posición de encendido. Un indicador luminoso señalará la presencia de la tensión de control fuente.

Si debía haberse encendido un indicador de alarma o un indicador luminoso de bloqueo, oprima el botón correspondiente para reconfigurar el circuito.

### Paso 2

Elija la escala adecuada del voltímetro al ajustar el selector de rango de medición de éste de tal manera que el nivel de bloqueo predeterminado caiga dentro de la escala de la mitad superior del voltímetro. Así pues, en el caso de los ejemplos presentados en el apartado “Método por Fórmula” en las páginas 12 y 13, se debe seleccionar la escala de voltios de 0 a 1000 en ambos casos.

### Paso 3

Ajuste el nivel de bloqueo al oprimir el botón de “oprimir para leer el nivel de bloqueo” del módulo del nivel de bloqueo al mismo tiempo que gira el tornillo de “ajustar de nivel de bloqueo” para alcanzar la lectura requerida del voltímetro.

### Paso 4

*En caso de que se surta el módulo de alarma opcional:* Ajuste el nivel de alarma al oprimir el botón de “oprimir para leer el nivel de alarma” del módulo del nivel de alarma al mismo tiempo que gira el tornillo de “ajustar nivel de alarma” para alcanzar la lectura requerida del voltímetro. Elija el rango de medición adecuado que anotó en el paso 2.

La configuración del nivel de alarma debe ser de aproximadamente la mitad del valor del nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores, mismo que resulta del aislamiento de un capacitor. Por lo tanto, al utilizar los ejemplos presentados en la sección “Método por Fórmula” en las páginas 12 y 13, las configuraciones del nivel de alarma deben ser de  $357 \text{ voltios}/2 = 178 \text{ voltios}$ , y de  $598 \text{ voltios}/2 = 299 \text{ voltios}$ , respectivamente.

La activación del circuito de alarma tras el aislamiento de un capacitor permite que el usuario elija ya sea continuar operando el banco de capacitores—retrasando el reemplazo del capacitor fallido hasta un momento conveniente—o bien, permite reemplazar el capacitor fallido más rápido, reduciendo así al mínimo el tiempo que los capacitores sobrevivientes quedan expuestos a la sobretensión, y por lo tanto también se reduce la probabilidad de que los capacitores marginales fallen antes de tiempo.

### Paso 5

Como referencia futura, registre las configuraciones del nivel de bloqueo y del nivel de alarma que se alcanzaron en los pasos anteriores, según lo indique el voltímetro. También deberá anotar el rango seleccionado del voltímetro.

### Paso 6

Ajuste el nivel de tensión de neutro a tierra del circuito de sobretensión bruta al configurar el potenciómetro de espira única de 1000-5000 voltios ubicado en la tarjeta de circuito impresa del módulo de control de bloqueo según el valor requerido. En el caso de los ejemplos presentados en la sección “Circuito de Sobretensión Bruta” en la página 13, la configuración de sobretensión bruta debe ser de 2885 voltios y de 4321 voltios, respectivamente.

Un aspecto importante a considerar en la aplicación del Dispositivo de Control Automático Tipo UP es que se debe coordinar el aislamiento del banco de capacitores y el bloqueo con la operación de los fusibles individuales de los capacitores. El control no debe iniciar el bloqueo antes de que el fusible del último capacitor que falle tenga suficiente tiempo para entrar en operación—y así se elimina cualquier indicación con respecto a cuál capacitor estaba a punto de fallar. En general, se logrará la coordinación si se cumple con lo siguiente:

1. Los niveles de bloqueo y de la alarma están configurados según se describe en el ejemplo a continuación,
2. El tiempo de retraso del bloqueo es adecuado, y
3. Se utiliza una proporción de 1.25 o menos para los fusibles individuales de los capacitores.

### Paso 7

Si se desea un tiempo de retraso de bloqueo distinto al configurado en fábrica (ver apartado de “**Especificaciones**” en la página 19), ajuste el valor deseado en el potenciómetro de 1-30 segundos de espira única ubicado en la tarjeta de circuito impresa del módulo de nivel de bloqueo. La escala del potenciómetro tiene un grado de precisión de  $\pm 20\%$ .

### Paso 8

Ajuste el tiempo de retraso del circuito de sobretensión bruta, según el valor deseado, al configurar el potenciómetro de espira única de 0.5-5 segundos, mismo que está ubicado en la

tarjeta de circuito impresa del módulo de control de bloqueo, al valor deseado. La escala del potenciómetro tiene un grado de precisión de  $\pm 20\%$ .

El tiempo de retraso del circuito de sobretensión bruta deberá ser de un mínimo de 0.5 segundos<sup>‡</sup> más el tiempo transcurrido entre la energización del circuito de apertura del dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores y el cierre del contacto “b” del dispositivo de seccionamiento (lo cual coincide con la separación mecánica de las cuchillas desconectoras, en el caso de que se cuente con un Circuit-Switcher de S&C).

Por ejemplo, si el dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores es un Circuit-Switcher de S&C de 230-kV, la configuración del retraso de tiempo mínimo del circuito de sobretensión bruta deberá ser de 0.5 segundos más 0.6 segundos, o 1.1 segundos en total. El tiempo transcurrido entre la energización del circuito de apertura y la separación mecánica de las cuchillas desconectoras puede ser de aproximadamente 40% del tiempo operativo máximo del Circuit-Switcher de S&C en particular que se esté utilizando.

### Paso 9

Para referencia futura, registre las configuraciones de retraso de tiempo que seleccionó en los pasos 7 y 8.

<sup>‡</sup> Es necesario para evitar un bloqueo por sobretensión bruta debido a la tensión transitoria del sistema.

### Paso 10

Cierre el dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores para energizar el banco de capacitores.

Verifique que ningún capacitor haya quedado aislado del banco de capacitores (revise que no haya fusibles quemados). La lectura del voltímetro deberá ser de básicamente cero o, a lo mucho, el 50% del nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores calculado como el resultado del aislamiento

de un capacitor. Para referencia futura, registre dicha lectura del voltímetro. Para referencia futura, registre esta lectura del voltímetro. Si la lectura del voltímetro supera el 50% del nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores calculado como el resultado del aislamiento de un capacitor, será necesario ya sea aumentar la configuración del nivel de alarma o utilizar el módulo de compensación de desbalance opcional, siendo éste ajustado según se describe en el paso 11.

## Ajuste de la compensación por desbalance

---

### Paso 11

Si la lectura del voltímetro que tomó en el paso 10 supera el 50% del nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores calculado como el resultado del aislamiento de un capacitor, será necesario contar con compensación por desbalance. Suponiendo que el módulo de compensación por desbalance esté instalado, calibrado†, y conectado, haga lo siguiente: Dé cinco giros completos al tornillo de “ajustar amplitud” en el sentido de las manecillas del reloj da partir de su posición inicial. Si la lectura del voltímetro supera el valor de la escala plena, gire el interruptor selector de rango del voltímetro temporalmente hacia la siguiente escala más alta. Enseguida,

gire el tornillo de “ajuste burdo de fase” para hacer funcionar el interruptor giratorio de cuatro posiciones (al azar) para obtener la lectura mínima del voltímetro. Gire el tornillo de “ajustar amplitud” para reducir aún más la lectura del voltímetro. Gire el tornillo de “ajuste fino de fase” para alcanzar la lectura mínima final del voltímetro. Para referencia futura, registre esta lectura del voltímetro.

† El módulo de compensación de desbalance viene calibrado de fábrica de conformidad con la información proporcionada por el comprador al momento de hacer el pedido.

## Verificación de los niveles calculados de bloqueo y alarma

---

El nivel de bloqueo se puede verificar de la siguiente manera:

### Paso 12

Verifique que no haya capacitores aislados en el banco.

### Paso 13

Desenergice el banco de capacitores al abrir el dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores. Después, aterrice el banco, siguiendo al pie de la letra los procedimientos de seguridad y precaución establecidos. Aísle la cantidad de capacitores—todos en el mismo grupo en serie—que según lo haya determinado anteriormente se requieran para bloquear el banco al retirar los fusibles correspondientes.

### Paso 14

Quite las conexiones temporales a tierra, vuelva a energizar el banco y registre la lectura del voltímetro. Si la deflexión del voltímetro supera el valor del nivel de bloqueo, ocurrirá una operación de seccionamiento automático para aislar el banco de capacitores en su totalidad una vez que el temporizador termine su ciclo—según lo señale el “Indicador Luminoso de Bloqueo”. En cualquiera de los casos, debe desenergizar el banco al abrir el dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores tan pronto como haya obtenido la lectura del voltímetro, esto con el fin de evitar que se reduzca la vida útil de los capacitores. Verifique que no hayan quedado capacitores aislados.

Observación: Tras el bloque automático del banco de capacitores, el banco se puede volver a poner en servicio *únicamente después de oprimir* el botón del “Indicador de Bloqueo”. Esto permite el cierre del dispositivo de seccionamiento del banco de capacitores.

### Paso 15

Desenergice y aterrice el banco de capacitores, asegurándose

de seguir al pie de la letra los procedimientos de seguridad y precaución establecidos. Vuelva a conectar los fusibles que haya desconectado previamente para aislar los capacitores.

### Paso 16

Repita los pasos 13 al 15 para los hilos de fase restantes del banco de capacitores.

### Paso 17

Verifique que el nivel de bloqueo calculado sea menor que la lectura del voltímetro obtenida en los pasos 12 al 16. Si se obtuvo un nivel de bloqueo calculado mayor que una o dos de las lecturas del voltímetro obtenidas en los pasos 12 al 16, esto significa que el desbalance de tensión del sistema y/o el desbalance inherente del banco de capacitores está creando una tensión de error entre el neutro y la tierra del banco de capacitores, misma que tiene una magnitud suficiente como para bloquear la tensión de neutro a tierra resultante del aislamiento de capacitores sucesivos. En dicho caso, se pueden realizar dos acciones:

1. Reducir la configuración del nivel de bloqueo a un valor inferior que el de la lectura más baja obtenida en los pasos 12 al 16, sabiendo que el bloqueo puede ocurrir habiendo retirado de servicio a la menor cantidad de capacitores individuales.
2. Instalar el módulo de compensación de bloqueo enchufable opcional y ajustarlo según se indica en la sección “AJUSTE DE LA COMPENSACIÓN POR DESBALANCE”.

### Paso 18

Para verificar el valor del nivel de alarma (en caso de que se incluya el módulo de alarma opcional), continúe de la misma manera según se describe en los pasos 12 al 16 con respecto a la verificación del valor del nivel de bloqueo.

No se recomienda ningún tipo de mantenimiento para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP aparte de su ejercitación ocasional (más o menos una vez por año) para verificar que funcione bien. Esto se puede realizar al ajustar temporalmente el nivel de bloqueo para que disminuya hasta que ocurra el bloqueo del banco de capacitores.

En las instalaciones que utilicen un Circuit-Switcher de S&C como dispositivo de seccionamiento en el banco de capacitores, el Moto-Operador de S&C relacionado, ya sea Tipo CS-1A o Tipo CS-2A se puede desacoplar cómodamente del Circuit-Switcher. Esto hace posible verificar el Dispositivo de Control Automático Tipo UP sin tener que seccionar el banco de capacitores.

Se recomienda, durante los primeros días después de la puesta en marcha, comparar las lecturas diarias del voltímetro con las lecturas registradas en el paso 10 o en el paso 11. Es posible que haya cambios debido a irregularidades en los

dispositivos de monitoreo de tensión o a aberraciones (fallas en desarrollo) en los mismos capacitores. Cuando se haya determinado que el nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores permanece constante será posible comparar las lecturas del voltímetro en intervalos convenientes. Si entonces se observa un pequeño incremento en el nivel de tensión de neutro a tierra del banco de capacitores, esto puede ser una indicación de un capacitor que está fallando.

Utilice los botones de “oprimir para leer” en los módulos correspondientes para comparar ocasionalmente el nivel de alarma (según corresponda) y el nivel de bloqueo—tal y como se indica en el voltímetro—contra las configuraciones registradas en el Paso 5.

Por último, puede ser prudente que confirme que las configuraciones de retraso de tiempo, según fueron registradas en el Paso 9, no se hayan alterado.

## Dispositivo de Control Automático

### Dispositivo de Control Automático

Sufijo de Número de Catálogo	Tensión de la Fuente de Control		Corriente
	Nominal	Rango Operativo	
A	48 Vdc	38.5—56 Vdc	1 Amp
B	125 Vdc	100—140 Vdc	1 Amp
D	120 V, 60 Hz	102—132 V, 60 Hz	½ Amp
E	240 V, 60 Hz	204-264— V, 60 Hz	¼ Amp

### Rango de Temperatura Operativa

Ambiente adyacente al dispositivo ..... De -40°F a +160°F

### Circuito de Entrada de la Tensión de Neutro a Tierra

Rango de tensión operativa normal ..... De 0 a 10 V, 60 Hz  
 Rango de frecuencia ..... 60 ± 0.3 Hertz §  
 Carga ..... 1 VA Máximo

§ Para las aplicaciones de 50-Hertz, consulte con la Oficina de Ventas de S&C más cercana.

‡ Para cualquier combinación de tensión de fuente de control y de temperatura ambiente dentro del rango especificado.

### Circuito de Entrada de Tensión del Sistema (para el módulo de compensación de desbalance opcional)

Rango de tensión ..... De 60 a 140 V, 60 Hz  
 Rango de frecuencia ..... 60 ± 0.3 Hertz §  
 Carga ..... 1 VA Máximo

### Voltímetro de Neutro a Tierra

Precisión ..... ± 2% del la lectura a escala plena  
 Rangos ..... 0-500, 0-1000, 0-2000 Voltios

### Módulo de Nivel de Bloqueo

#### Detector de Nivel

Rango de ajuste ..... De 0 a 2000 Voltios  
 Precisión ..... ± 1% de la configuración ‡

#### Retraso de Tiempo—Para Iniciar el Bloqueo

Ajuste de fábrica ..... 10 segundos  
 Rango de ajuste ..... De 1 a 30 segundos  
 Precisión ..... ± 3% de la configuración ‡

## Especificación

### Módulo de Alarma Opcional

Detector de Nivel	
Rango de ajuste	De 0 a 2000 Voltios
Precisión	± 1% de la configuración‡
Retraso de Tiempo—Para Iniciar la Alarma★	
Configuración de fábrica	10 segundos
Rango de ajuste	De 1 a 30 segundos
Precisión	± 3% de la configuración‡

### Circuito de Sobretensión Bruta

Detector de Nivel	
Rango de ajuste	De 1000 a 5000 Voltios
Precisión	± 5% de la configuración‡
Retraso de Tiempo—Para Iniciar el Bloqueo	
Configuración de fábrica	2 segundos
Rango de ajuste	De 0.5 a 5 segundos
Precisión	± 5% de la configuración‡

### Capacidad del Contacto del Relevador de Salida

Conducción de Corriente	
Continua	10 Amperes
De corta duración (1 seg.)	50 Amperes
Interruptiva	1.0 Ampere a 48 Vdc, 0.5 Ampere a 125 Vdc, 10 Amperes a 120 V, 60 Hz, o 5 Amperes a 240 V, 60 Hz

### Peso Aproximado de Embarque

Dispositivo de Control Automático Tipo UP únicamente	26 lbs.
Dispositivo de Control Automático Tipo UP en Gabinete Resistente a la Intemperie	186 lbs.
Dispositivo de Control Automático Tipo UP/VR en Gabinete Resistente a la Intemperie	212 lbs.

‡ Para cualquier combinación de tensión de fuente de control y de temperatura ambiente dentro del rango especificado.

★ Utilizando el retraso de tiempo del módulo de nivel de bloqueo.

### Opciones

Las opciones que se han incluido con el Dispositivo de Control Automático Tipo UP se señalan mediante la inclusión de uno o más sufijos al número de catálogo del dispositivo de control, según se indica en la tabla a continuación:

Artículo	Sufijo que Se Debe Agregar al Número de Catálogo del Dispositivo de Control Automático
Módulo de alarma enchufable, el cual consiste de un módulo de nivel de alarma y un módulo de control de alarma. Emite una señal de alarma tras la pérdida de una cantidad de capacitores menor a la que corresponde a la configuración del nivel de bloqueo.	-H
Módulo de compensación de desbalance enchufable. Compensa por el desbalance en el nivel de tensión del sistema y por el desbalance inherente en el banco de capacitores <sup>①</sup> o únicamente por el desbalance inherente en el banco de capacitores <sup>②</sup> .	-K
Bisel de montaje para montar el Dispositivo de Control Automático Tipo UP al ras.	-L
Bisel de montaje para montar el Dispositivo de Control Automático Tipo UP/VR al ras.	-M
Extensor de tarjeta para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP. Permite posicionar el módulo para analizarlo. Es necesario para la calibración en campo.	-N
Kit de extensor de tarjeta para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP/VR. Permite posicionar el módulo para analizarlo. Es necesario para la calibración en campo.	-P

① Se requieren conexiones adicionales hacia las terminales de salida de tres Dispositivos de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes, cada uno de los cuales ha de estar equipado con un dispositivo de calibración ajustado en campo (sufijo de número de catálogo "T") y debe contar con una capacidad de tensión de sistema igual al nivel de tensión del sistema al cual esté conectado el banco de capacitores (o tres transformadores de tensión). Observación: Cuando se utilice un módulo de compensación de desbalance con un dispositivo Tipo UP/VR, cualquiera de los tres dispositivos de potencial (o transformadores de tensión) pueden tomar el lugar del dispositivo de potencial o transformador de tensión que normalmente se requiere para detectar la tensión en la barra. Especifique el número de catálogo de los Dispositivos de Potencial de S&C (o la capacidad de tensión primaria y la proporción de espiras de los transformadores de tensión, además de la tensión nominal del circuito secundario del transformador de tensión, es decir, ya sea 115—120 Voltios o 65.71—69.3 Voltios). De manera alternativa, en el caso de que se utilice un transformador de conexión a tierra de alta impedancia para la estabilización de la tensión de línea a tierra, se pueden establecer conexiones con los circuitos secundarios del transformador de conexión a tierra (especifique la proporción de espiras y el nivel de tensión del circuito secundario del transformador de conexión a tierra) al utilizar tres transformadores de tensión de proporción 1:1 (proporcionados por el usuario).

② Se requieren conexiones adicionales hacia las terminales de salida de un Dispositivo de Potencial de S&C de 30-Voltios-Amperes que esté equipado con un dispositivo de calibración ajustado en fábrica (sufijo de número de catálogo "T"), y que tenga una capacidad de tensión de sistema igual al nivel de tensión del sistema al cual esté conectado el banco de capacitores (o un transformador de tensión). De manera alternativa, en el caso de que se utilice un transformador de conexión a tierra de alta impedancia para la estabilización de la tensión de línea a tierra, se pueden establecer conexiones a cualquier circuito secundario del transformador de conexión a tierra al utilizar un transformador de tensión de proporción 1:1 (proporcionado por el usuario).

### Accesorios

Artículo	Número de Catálogo
Instructivo detallado para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP	RD-3355
Instructivo detallado para el Dispositivo de Control Automático Tipo UP/VR	RD-3360