

SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN PARA COMPENSADOR EN SERIE DIRECTO

5 CAMPO TÉCNICO

La presente solicitud se refiere al campo de la transmisión flexible de potencia, en particular a un sistema de control y protección para un compensador en serie directo.

10 ANTECEDENTE

A medida que los sistemas de energía a gran escala se vuelven más interconectados y se emplean varios dispositivos nuevos, el tamaño y la complejidad del sistema de energía han aumentado y al mismo tiempo se logra una generación y transmisión de energía más rentable y eficiente. Además, como una gran cantidad de sistemas de generación distribuida están integrados en la red, el flujo actual de energía es de la red de distribución a la red de transmisión, lo que es inverso al camino tradicional de la red de transmisión a la red de distribución. El crecimiento constante en la carga de usuarios requiere la implementación de mecanismos de control de flujo para mejorar la capacidad de transmisión de energía existente. La evolución de las redes inteligentes y el complejo intercambio de energía en los mercados energéticos requieren un control frecuente de optimización del flujo.

Los compensadores en serie directos ofrecen un método de control más flexible y avanzado para redes inteligentes, mejorando eficazmente la capacidad de suministro y la estabilidad de seguridad del sistema eléctrico. Una gran cantidad de módulos de compensación garantizan la redundancia del equipo, mejorando así la confiabilidad del dispositivo. Además, los compensadores en serie directos se pueden implementar en líneas de transmisión o subestaciones, requiriendo un espacio mínimo.

Actualmente, el sistema de control y protección para los compensadores en serie directos es bastante simple, empleando un patrón de control de módulo en sitio que carece de flexibilidad y exhibe un rendimiento deficiente de ajuste de flujo. Algunas universidades e institutos de investigación de China han realizado investigaciones sobre diversos compensadores en serie (como reactores eléctricos en serie, compensadores en serie síncronos estáticos y controladores de flujo de potencia), centrándose en estructuras topológicas, modelado de simulación y estrategias de control. Sin embargo, aún no se dispone de informes sobre la estructura y configuración funcional del sistema de control y protección de compensadores en serie.

SUMARIO

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un sistema de control y protección para un compensador en serie directo para abordar los problemas de control inflexible y rendimiento deficiente del ajuste de flujo.

En un aspecto de esta solicitud, se proporciona un sistema de control y protección para un compensador en serie directo. El compensador en serie directo comprende una pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. El sistema de control y protección comprende una pluralidad de unidades de control y protección configuradas para generar instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con una instrucción de energía enviada desde un programador; una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula configuradas para enviar las instrucciones de voltaje; y una pluralidad de unidades de control de módulo configuradas para recibir las instrucciones de voltaje y generar comandos de encendido y apagado para componentes electrónicos en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las instrucciones de voltaje; en donde la pluralidad de unidades de control y protección, la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula y la pluralidad de unidades de control de módulo están dispuestas independientemente entre sí, cada unidad de control y protección corresponde a una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, cada unidad de interfaz de módulo de válvula corresponde a una pluralidad de unidades de control de módulo, y cada unidad de control de módulo corresponde a un módulo de compensación.

De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema de control y protección comprende además una interfaz de módulo de válvula, y la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula está configurada además para compartir la interfaz

de módulo de válvula y enviar las instrucciones de voltaje a la pluralidad de unidades de control de módulo a través de la interfaz del módulo de válvula.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado, y el módulo de control centralizado
5 está configurado para generar las instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de energía enviada desde el programador.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada unidad de control y protección comprende: un módulo de control centralizado configurado para generar primeras
10 instrucciones de voltaje de inyección para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de potencia enviada desde el programador, y realizar control coordinado y protección centralizada sobre la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie;
y un módulo de control de válvula configurado para generar las instrucciones de
15 voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las primeras instrucciones de voltaje de inyección o las segundas instrucciones de voltaje de inyección preestablecidas.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control centralizado comprende un submódulo de control de equilibrio de voltaje, un submódulo de
20 protección y/o un submódulo de control de sobrecarga de línea para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie; el submódulo de control de equilibrio de voltaje está configurado para equilibrar un voltaje trifásico de una línea; el submódulo de protección está configurado para proteger los módulos de

compensación y/o trabajar en conjunto con una función de protección de un sistema de CA en caso de que el sistema de CA falle; y el submódulo de control de sobrecarga de línea está configurado para ajustar las instrucciones de voltaje de inyección para los módulos de compensación cuando una corriente de una línea
5 conectada al compensador en serie directo o una línea adyacente excede un rango establecido, con el fin de mantener la corriente dentro del rango establecido.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control de válvula comprende un submódulo de control coordinado para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie, y el submódulo de control coordinado está
10 configurado para controlar la inserción y desinserción de los módulos de compensación conectados en serie, y/o asignar las instrucciones de voltaje de inyección.

De acuerdo con algunas realizaciones, la unidad de control del módulo comprende: un módulo de control de voltaje CC configurado para estabilizar un
15 voltaje de condensador de un módulo de compensación correspondiente; un módulo de control de sobrecarga de línea configurado para controlar una corriente de una línea conectada al módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido; un módulo de protección contra sobrecorriente configurado para evitar
que el módulo de compensación correspondiente sufra una descarga por
20 sobrecorriente para proteger el módulo de compensación correspondiente; y/o un módulo limitador de instrucciones de voltaje configurado para limitar la instrucción de voltaje para el módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control de voltaje CC, el módulo de control de sobrecarga de línea, el módulo limitador de instrucciones de voltaje y/o el módulo de protección contra sobrecorriente están integrados en el mismo tablero de control.

5 De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema de control y protección se aplica a un compensador en serie directo de línea multicircuito, y el módulo de control centralizado comprende además un submódulo de control coordinado de línea multicircuito configurado para asignar instrucciones de alimentación para una línea de circuitos múltiples.

10 De acuerdo con algunas realizaciones, la pluralidad de unidades de control y protección comprende una unidad de control y protección principal y una unidad de control y protección de respaldo, y la prioridad de las instrucciones generadas por la unidad de control y protección principal es mayor que la de las instrucciones generadas por la unidad de control y protección de respaldo.

15 De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control centralizado y el módulo de control de válvula se comunican de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

De acuerdo con algunas realizaciones, la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie comprende un primer módulo de compensación y un segundo módulo de compensación, y el primer módulo de compensación está
20 configurado para recibir las instrucciones de voltaje y enviar las instrucciones de voltaje al segundo módulo de compensación.

De acuerdo con algunas realizaciones, la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie está dispuesta en una subestación, una sala de estación de conmutación o un contenedor, y los módulos de compensación adoptan una forma de refrigeración que combina refrigeración líquida interna y refrigeración por aire externa.

De acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud, el sistema de control y protección para un compensador en serie directo comprende la pluralidad de unidades de control y protección y la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, respectivamente responsables del cálculo y la comunicación de la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. Además, la estructura del sistema de control y protección es más clara. Con abundantes recursos de software y hardware, el sistema de control y protección de esta aplicación demuestra un rendimiento superior y una funcionalidad integral, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de ingeniería de compensadores en serie directos de gran capacidad y múltiples módulos.

Debe entenderse que la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada son sólo ejemplares y no limitan la aplicación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para explicar más claramente los esquemas técnicos de las realizaciones de la solicitud, a continuación, se exponen brevemente los dibujos necesarios en la descripción de las realizaciones. Los objetos, características y ventajas anteriores y

otros de la solicitud se harán más evidentes al describir en detalle realizaciones ejemplares con referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie distribuido del estado de la técnica.

5 La Fig. 2 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización ejemplar de la solicitud.

La Fig. 3 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización de la solicitud.

10 La Fig. 4 es un diagrama estructural de un sistema compensador en serie directo de acuerdo con una realización de la solicitud.

La Fig. 5 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo en un escenario de aplicación de línea de doble circuito de acuerdo con una realización de la aplicación.

15 La Fig. 6 es un diagrama estructural de otro sistema de control y protección para un compensador directo en serie de acuerdo con la aplicación.

La Fig. 7 es un diagrama estructural de otro sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización ejemplar de la solicitud.

20

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

Las realizaciones ejemplares se describirán más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, las realizaciones

ejemplares se pueden implementar de diversas formas y no deben considerarse limitadas a las realizaciones establecidas en la presente. Estas realizaciones se proporcionan para hacer que esta aplicación sea más exhaustiva y completa, y para transmitir completamente el concepto de las realizaciones ejemplares a los expertos en la técnica. En los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a piezas iguales o similares, por lo que se omitirán descripciones repetidas.

Las características, estructuras o características descritas se pueden combinar de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. En la siguiente descripción, se proporcionan numerosos detalles específicos para brindar una comprensión profunda de las realizaciones de la divulgación. Sin embargo, los expertos en la técnica pueden darse cuenta de que la solución técnica de la divulgación se puede practicar sin uno o más de estos detalles específicos, o se pueden adoptar otras formas, componentes, materiales, dispositivos u operaciones. En estos casos, no se mostrarán ni describirán en detalle estructuras, métodos, dispositivos, implementaciones, materiales u operaciones bien conocidos.

El diagrama de flujo mostrado en los dibujos es sólo una ilustración ejemplar y no incluye necesariamente todos los contenidos y operaciones/pasos, ni tiene que ejecutarse en el orden descrito. Por ejemplo, algunas operaciones/pasos se pueden descomponer, mientras que otras se pueden fusionar o fusionar parcialmente, por lo que el orden de ejecución real puede cambiar de acuerdo con la situación real.

Términos como "primero" y "segundo" en la especificación y las reivindicaciones de esta solicitud y los dibujos se utilizan para distinguir diferentes objetos, pero no para describir un orden específico. Además, los términos

"comprenden" y "tienen" y cualquier variación de los mismos pretenden cubrir la inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un proceso, método, sistema, producto o dispositivo que comprende una serie de pasos o unidades no se limita a los pasos o unidades enumerados, sino que opcionalmente comprende pasos o unidades no enumerados, u opcionalmente comprende otros pasos o unidades inherentes al proceso, método, producto o dispositivo.

La Fig. 1 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie distribuido de la técnica anterior. El sistema de control y protección que se muestra en la Fig. 1 adopta una disposición jerárquica que presenta control en capas, que comprende una capa de control de programación remota, una capa de protección y control centralizado de la instalación y una capa de control de módulo en el sitio. La capa de protección y control centralizado de la instalación enfrenta una importante presión de recursos de hardware y software, ya que se requiere recibir instrucciones de energía desde el nivel superior, realizar cálculos de voltaje de inyección para el compensador, asignar instrucciones de voltaje de inyección y comunicarse con módulos de compensación, lo que hace poco práctico se aplican a compensadores en serie directos de módulos múltiples y de gran capacidad.

Para aprovechar al máximo las ventajas de los compensadores en serie distribuidos en la optimización del flujo de energía, garantizar la seguridad de los equipos y sistemas de energía, así como promover el rápido desarrollo de controladores de flujo de energía distribuidos, los inventores de esta aplicación han descubierto la necesidad de un sistema de control y protección para un

compensador en serie directo que ofrece una estructura más clara, rendimiento mejorado, funcionalidad integral y es más adecuado para aplicaciones de ingeniería.

De acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud, el sistema de control y protección para un compensador en serie directo comprende una pluralidad de unidades de control y protección y una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, respectivamente responsables del cálculo y la comunicación de una pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. Además, la estructura del sistema de control y protección es más clara. Con abundantes recursos de software y hardware, el sistema de control y protección de esta aplicación demuestra un rendimiento superior y una funcionalidad integral, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de ingeniería de compensadores en serie directos de gran capacidad y múltiples módulos.

A continuación, se describirán en detalle realizaciones específicas de la aplicación con referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 2 es un diagrama de bloques estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización ejemplar de la solicitud. El sistema de control y protección mostrado en la Fig. 2 comprende una pluralidad de unidades de control y protección 201, una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula 203 y una pluralidad de unidades de control de módulo 205. La pluralidad de unidades de control y protección 201 están configuradas para generar voltaje. instrucciones para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con una instrucción de potencia

enviada desde un planificador; la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula 203 están configuradas para enviar las instrucciones de voltaje; y la pluralidad de unidades de control de módulo 205 están configuradas para recibir las instrucciones de voltaje y generar comandos de encendido y apagado para
5 componentes electrónicos en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las instrucciones de voltaje.

De acuerdo con una realización de la solicitud, la pluralidad de unidades de control y protección 201, la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula 203 y la pluralidad de unidades de control de módulo 205 están dispuestas
10 independientemente entre sí, cada unidad de control y protección corresponde a una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, cada unidad de interfaz de módulo de válvula corresponde a una pluralidad de unidades de control de módulo, y cada unidad de control de módulo corresponde a un módulo de compensación. En esta realización, se puede admitir un mayor número de interfaces
15 de comunicación configurando de forma independiente las unidades de interfaz del módulo de válvula, facilitando así la comunicación con un gran número de módulos de compensación. Al integrar la pluralidad de unidades de control de módulo con la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, la realización de la aplicación exhibe capacidades informáticas y de comunicación mejoradas. Por lo
20 tanto, la realización de la aplicación es adecuada para aplicaciones de ingeniería de compensadores en serie directos de gran capacidad y múltiples módulos.

De acuerdo con una realización de la solicitud, el sistema de control y protección comprende además una interfaz de módulo de válvula, y la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula 203 están configuradas además para compartir la interfaz de módulo de válvula y enviar las instrucciones de voltaje a la pluralidad de unidades de control del módulo a través de la interfaz del módulo de válvula. En esta realización, el costo se puede reducir compartiendo la interfaz del módulo de válvula.

En algunas realizaciones, cada unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado, y el módulo de control centralizado está configurado para generar las instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de energía enviada desde el programador.

En algunas otras realizaciones, cada unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado y un módulo de control de válvula. El módulo de control centralizado y el módulo de control de válvulas se comunican de forma inalámbrica o mediante fibras ópticas. El módulo de control centralizado está configurado para generar primeras instrucciones de voltaje de inyección para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de energía enviada desde el programador, y realizar control coordinado y protección centralizada en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. El módulo de control de válvula está configurado para generar las instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados

en serie de acuerdo con las primeras instrucciones de voltaje de inyección o las segundas instrucciones de voltaje de inyección preestablecidas.

De acuerdo con una realización de la solicitud, el módulo de control centralizado comprende un submódulo de control de equilibrio de voltaje, un
5 submódulo de protección y/o un submódulo de control de sobrecarga de línea para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie.

En algunas realizaciones, el submódulo de control de equilibrio de voltaje está configurado para equilibrar un voltaje trifásico de una línea; el submódulo de protección está configurado para proteger los módulos de compensación y/o
10 trabajar en conjunto con una función de protección de un sistema de CA en caso de que el sistema de CA falle; y el submódulo de control de sobrecarga de línea está configurado para ajustar las instrucciones de voltaje de inyección para los módulos de compensación cuando una corriente de una línea conectada al compensador en serie directo o una línea adyacente excede un rango establecido, con el fin de
15 mantener la corriente dentro del rango establecido.

En algunas otras realizaciones, el módulo de control de válvula comprende un submódulo de control coordinado para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. Aquí, el submódulo de control coordinado está configurado para controlar la inserción y desinserción de los módulos de
20 compensación conectados en serie, y/o asignar las instrucciones de voltaje de inyección.

De acuerdo con una realización de la solicitud, la unidad de control del módulo comprende un módulo de control de voltaje CC, un módulo de control de sobrecarga de línea, un módulo limitador de instrucciones de voltaje y/o un módulo de protección contra sobrecorriente.

5 En algunas realizaciones, el módulo de control de voltaje CC está configurado para estabilizar un voltaje de capacitor de un módulo de compensación correspondiente; el módulo de control de sobrecarga de línea está configurado para controlar una corriente de una línea conectada al módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido; el módulo de protección contra
10 sobrecorriente está configurado para proteger el módulo de compensación correspondiente contra descargas por sobrecorriente para proteger el módulo de compensación correspondiente; y el módulo limitador de instrucciones de voltaje está configurado para limitar la instrucción de voltaje para el módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido.

15 En algunas realizaciones específicas, el módulo de control de voltaje CC, el módulo de control de sobrecarga de línea, el módulo limitador de instrucciones de voltaje y/o el módulo de protección contra sobrecorriente se pueden integrar en el mismo tablero de control, lo que resulta en ahorros en la configuración del hardware.

De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema de control y protección
20 configura el módulo de control centralizado para el módulo de compensación de cada línea trifásica, y el módulo de control centralizado comprende además un módulo de control coordinado de línea multicircuito, de modo que el multicircuito Las líneas pueden cooperar entre sí para regular el flujo de energía. Aquí, el submódulo

de control coordinado de línea de circuitos múltiples está configurado para asignar instrucciones de energía para una línea de circuitos múltiples.

De acuerdo con algunas realizaciones, la pluralidad de unidades de control y protección comprende una unidad de control y protección principal y una unidad de control y protección de reserva, y la prioridad de las instrucciones generadas por la
5 unidad de control y protección principal es superior a la de las instrucciones generadas por la unidad de control y protección de reserva.

De acuerdo con la realización mostrada en la Fig. 2, el sistema de control y protección para un compensador en serie directo comprende una pluralidad de
10 unidades de control y protección y una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, respectivamente responsables del cálculo y comunicación de una pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. Además, la estructura del sistema de control y protección es más clara. Con abundantes recursos de software y hardware, el sistema de control y protección de esta aplicación
15 demuestra un rendimiento superior y una funcionalidad integral, lo que la hace adecuada para aplicaciones de ingeniería de compensadores en serie directos de módulos múltiples y de gran capacidad.

La Fig. 3 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización de la solicitud.

20 La Fig. 4 es un diagrama estructural de un sistema compensador en serie directo de acuerdo con una realización de la solicitud.

De acuerdo con una realización de la solicitud, N módulos de compensación del compensador en serie directo pueden conectarse en serie en una subestación

o a lo largo de una línea de manera centralizada, o conectarse en serie a lo largo de una línea de manera distribuida. Aquí, N es un número natural y N es mayor que 1. Como se muestra en la Fig. 4, cada módulo de compensación comprende un submódulo de puente completo y un dispositivo de derivación.

5 Como se muestra en la Fig. 3, el sistema de control y protección comprende unidades de control y protección A y B, unidades de interfaz de módulo de válvula A y B, y unidades de control de módulo.

Cada unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado y un módulo de control de válvula. Como se muestra en la Fig. 3, el
10 módulo de control centralizado A y el módulo de control de válvula A constituyen la unidad de control y protección A, y el módulo de control centralizado B y el módulo de control de válvula B constituyen la unidad de control y protección B.

Las funciones de la unidad de control y protección A y de la unidad de control y protección B son las mismas. En una realización específica, la unidad de control y protección A y la unidad de control y protección B se utilizan como un dispositivo
15 del sistema principal y un dispositivo del sistema de respaldo respectivamente, tanto la unidad de control y protección A como la unidad de control y protección B comprenden módulos de control para realizar la selección de un sistema principal y un sistema de respaldo para los dos dispositivos, y las instrucciones transmitidas
20 por el dispositivo principal a la unidad de interfaz del módulo de válvula A o la unidad de interfaz del módulo de válvula B se ejecutan preferentemente.

En algunas realizaciones, la unidad de interfaz del módulo de válvula A y la unidad de interfaz del módulo de válvula B tienen las mismas funciones y se

comunican con cada unidad de control del módulo de compensación de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

Como se muestra en la Fig. 3, el módulo de control centralizado convierte la instrucción de potencia en las primeras instrucciones de voltaje de inyección para cada módulo de compensación, y realiza control coordinado y protección centralizada en cada módulo de compensación. La instrucción de energía se envía a través de un programador de recepción o la configuran/preestablecen los operadores en función del estado operativo en tiempo real de la red eléctrica y los resultados de la previsión de carga.

En una realización específica, por ejemplo, el programador obtiene una instrucción de potencia de línea óptima del compensador en serie directo para la optimización del flujo de energía en la red eléctrica de acuerdo con el estado operativo en tiempo real de la red eléctrica de CA, u obtiene una curva de instrucción de control de potencia de acuerdo con el estado de funcionamiento en tiempo real de la red eléctrica y los resultados de la previsión de carga.

El módulo de control de válvulas recibe las primeras instrucciones de voltaje de inyección enviadas desde el módulo de control centralizado o las segundas instrucciones de voltaje de inyección preestablecidas, y las primeras instrucciones de voltaje de inyección y las segundas instrucciones de voltaje de inyección son procesadas por el módulo de control de válvulas para generar las instrucciones de voltaje para los módulos de compensación. La unidad de interfaz del módulo de válvulas recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y las envía a cada unidad de control del módulo. La unidad de control del módulo

recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y las convierte en comandos de encendido y apagado para los componentes electrónicos en los módulos de compensación correspondientes.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada módulo de control centralizado comprende, pero no se limita a, un submódulo de control de equilibrio de voltaje, un submódulo de protección y/o un submódulo de control de sobrecarga de línea para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. El submódulo de control de balance de voltaje está configurado para balancear un voltaje trifásico de una línea; el submódulo de protección para cada módulo de compensación está configurado para proteger el módulo de compensación correspondiente y/o trabajar en conjunto con una función de protección de un sistema de CA en caso de que el sistema de CA falle; y el submódulo de control de sobrecarga de línea está configurado para ajustar las instrucciones de voltaje de inyección para los módulos de compensación cuando una corriente de una línea conectada al compensador en serie directo o una línea adyacente excede un rango establecido, con el fin de mantener la corriente dentro del rango establecido.

De acuerdo con algunas realizaciones, la unidad de control de válvulas comprende, pero no se limita a, un submódulo de control coordinado para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie, y el submódulo de control coordinado está configurado para controlar la inserción y desinserción de los módulos de compensación conectados en serie, y/o asignar las instrucciones de voltaje de inyección.

Por ejemplo, la unidad de control de válvulas recibe una instrucción de voltaje de inyección y los voltajes de los módulos de compensación correspondientes, selecciona los módulos de compensación correspondientes que se insertarán manteniendo el equilibrio del voltaje del condensador del módulo, y garantiza que la suma de los voltajes de estos módulos de compensación insertados sea igual a la instrucción de voltaje de inyección.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control y protección de la unidad de control del módulo comprende, pero no se limita a, un módulo de control de voltaje CC, un módulo de control de sobrecarga de línea, un módulo limitador de instrucciones de voltaje y un módulo de protección contra sobrecorriente. El módulo de control de voltaje CC está configurado para estabilizar el voltaje de un capacitor de un módulo de compensación correspondiente; el módulo de control de sobrecarga de línea está configurado para controlar una corriente de una línea conectada al compensador en serie directo dentro de un rango establecido; el módulo de protección contra sobrecorriente está configurado para proteger el módulo de compensación correspondiente contra descargas por sobrecorriente para proteger el módulo de compensación correspondiente; y el módulo limitador de instrucciones de voltaje está configurado para limitar la instrucción de voltaje para el módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control de voltaje CC, el módulo de control de sobrecarga de línea, el módulo limitador de instrucciones de voltaje y/o el módulo de protección contra sobrecorriente pueden integrarse en el mismo tablero de control.

La figura 3 muestra un escenario de aplicación que implica una línea de circuito único. Cuando se conectan varias líneas de un solo circuito en paralelo, se forma una línea de varios circuitos. La Fig. 5 es un diagrama estructural de un sistema de control y protección para un compensador en serie directo en un escenario de aplicación de línea de doble circuito de acuerdo con una realización de la aplicación. Como se muestra en la Fig. 5, para el escenario de aplicación de línea de circuitos múltiples, el módulo de compensación de cada circuito está equipado con un conjunto de unidades de control centralizadas de instalación, es decir, una unidad de control y protección como dispositivo principal del sistema y un control y unidad de protección como dispositivo del sistema de respaldo.

De acuerdo con una realización de la aplicación, basada en la mostrada en la Fig. 3, cada módulo de control centralizado del sistema de control y protección de la Fig. 5 comprende además un submódulo de control coordinado de líneas multicircuito para asignar instrucciones de potencia para líneas multicircuito.

La Fig. 6 es un diagrama estructural de otro sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con la aplicación, que es adecuado para compensadores en serie directos con menor capacidad y menos módulos de compensación.

Como se muestra en la Fig. 6, el sistema de control y protección para el compensador en serie directo comprende unidades de control y protección, unidades de interfaz de módulo de válvula y unidades de control de módulo, y la unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control centralizado A y el módulo de control centralizado B tienen las mismas funciones y sirven como un dispositivo principal y un dispositivo de respaldo respectivamente. Tanto el módulo de control centralizado A como el módulo de control centralizado B comprenden 5 módulos de control para realizar la selección de un sistema principal y un sistema de respaldo para los dos dispositivos, e instrucciones transmitidas por el dispositivo principal a la unidad de interfaz del módulo de válvula A o al módulo de válvula. La unidad de interfaz B se ejecuta preferentemente. La unidad de interfaz del módulo de válvula A y la unidad de interfaz del módulo de válvula B tienen las mismas 10 funciones y se comunican con cada unidad de control del módulo de compensación de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control centralizado recibe la instrucción de potencia del programador y emite las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación. La unidad de interfaz del módulo de válvula 15 recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y las envía a cada unidad de control de módulo. La unidad de control del módulo recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y las convierte en comandos de encendido y apagado para los componentes electrónicos en los módulos de compensación correspondientes.

20 La Fig. 7 es un diagrama estructural de otro sistema de control y protección para un compensador en serie directo de acuerdo con una realización ejemplar de la aplicación. Como se muestra en la Fig. 7, el sistema de control y protección comprende unidades de control y protección, unidades de interfaz de módulo de

válvula, una interfaz de módulo de válvula y unidades de control de módulo. El módulo de control centralizado A y el módulo de control de válvula A constituyen la unidad de control y protección A, y el módulo de control centralizado B y el módulo de control de válvula B constituyen la unidad de control y protección B. La unidad de control y protección A y la unidad de control y protección B tienen las mismas funciones, y ambas comprenden módulos de control para realizar la selección de un sistema principal y un sistema de reserva para dos dispositivos, y las instrucciones transmitidas por el sistema principal a la unidad de interfaz de módulo de válvula A o a la unidad de interfaz de módulo de válvula B se ejecutan preferentemente.

Como se muestra en la Fig. 7, la unidad de interfaz del módulo de válvulas A y la unidad de interfaz del módulo de válvulas B tienen las mismas funciones y comparten la interfaz del módulo de válvulas, y la interfaz del módulo de válvulas se comunica con cada unidad de control del módulo de compensación de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

De acuerdo con algunas realizaciones, el módulo de control centralizado recibe la instrucción de potencia del programador y la convierte en una instrucción de voltaje de inyección para el compensador; el módulo de control de válvula recibe la instrucción de voltaje de inyección para el compensador y emite las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación; la unidad de interfaz del módulo de válvula recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y envía las mismas a cada unidad de control de módulo; y la unidad de control del módulo recibe las instrucciones de voltaje para cada módulo de compensación y las

convierte en comandos de encendido y apagado para los componentes electrónicos en los módulos de compensación correspondientes.

Como se muestra en la Fig. 7, el módulo de compensación 1 y el módulo de compensación 2 se comunican de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

5 Por ejemplo, el módulo de compensación 1 recibe una instrucción de voltaje de salida para el módulo de compensación 2 enviada desde la interfaz del módulo de válvula y envía la misma al módulo de compensación 2, y el módulo de compensación 2 recibe una instrucción de voltaje de salida para el módulo de compensación 1 enviada desde la interfaz del módulo de válvula y envía el mismo
10 al módulo de compensación 1.

De acuerdo con algunas realizaciones, los módulos de compensación del compensador en serie directo se pueden instalar en un lugar óptimo para controlar el flujo de energía, por ejemplo, se conectan en serie en una subestación o sala de estación de conmutación de manera centralizada. Los módulos de compensación
15 adoptan un sistema de refrigeración que combina refrigeración líquida interna y refrigeración por aire externa.

El carácter portátil de un contenedor permite una conexión flexible a diferentes líneas, por lo que, en algunas realizaciones específicas, los módulos de compensación del compensador en serie directo se conectan en serie en un
20 contenedor de forma centralizada. El compensador en serie directo se puede conectar de manera flexible a líneas eléctricas de acuerdo con los requisitos de regulación de la red, y los módulos de compensación adoptan una forma de

enfriamiento que combina enfriamiento líquido interno y enfriamiento por aire externo.

Las realizaciones de la solicitud se han presentado en detalle anteriormente.

En el presente documento se aplican ejemplos específicos para ilustrar el principio

5 y la implementación de la aplicación. Las realizaciones anteriores sólo se utilizan

para ayudar a comprender el método de la aplicación y sus ideas centrales. Los

cambios o deformaciones realizados por expertos en la técnica en función de las

ideas de la aplicación y la implementación específica y el alcance de la aplicación

están dentro del alcance de protección de la aplicación. En resumen, el contenido

10 de esta especificación no debe interpretarse como una limitación de la aplicación.

15

20

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control y protección para un compensador en serie directo, comprendiendo el compensador en serie directo una pluralidad de módulos de compensación conectados en serie, y comprendiendo el sistema de control y protección:

una pluralidad de unidades de control y protección configuradas para generar instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con una instrucción de energía enviada desde un programador;

una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula configuradas para enviar las instrucciones de voltaje; y

una pluralidad de unidades de control de módulo configuradas para recibir las instrucciones de voltaje y generar comandos de encendido y apagado para componentes electrónicos en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las instrucciones de voltaje;

caracterizado porque la pluralidad de unidades de control y protección, la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula y la pluralidad de unidades de control de módulo están dispuestas independientemente entre sí,

cada unidad de control y protección corresponde a una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula,

cada unidad de interfaz de módulo de válvula corresponde a una pluralidad de unidades de control de módulo, y

cada unidad de control de módulo corresponde a un módulo de compensación.

2. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1, que
5 comprende además una interfaz de módulo de válvula, caracterizado porque

la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula está configurada además para compartir la interfaz de módulo de válvula y enviar las instrucciones de voltaje a la pluralidad de unidades de control de módulo a través de la interfaz de módulo de válvula.

10

3. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cada unidad de control y protección comprende un módulo de control centralizado, y el módulo de control centralizado está configurado para generar las instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de potencia
15 enviado desde el planificador.

4. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cada unidad de control y protección comprende:

20

un módulo de control centralizado configurado para generar primeras instrucciones de voltaje de inyección para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con la instrucción de energía enviada desde el programador, y realizar control coordinado y protección

centralizada en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie;
y

un módulo de control de válvula configurado para generar las instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las primeras instrucciones de voltaje de inyección o las segundas instrucciones de voltaje de inyección preestablecidas.

5. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el módulo de control centralizado comprende un submódulo de control de equilibrio de tensión, un submódulo de protección y/o un submódulo de control de sobrecarga de línea para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie, y en el que

el submódulo de control de equilibrio de voltaje está configurado para equilibrar un voltaje trifásico de una línea;

el submódulo de protección está configurado para proteger los módulos de compensación y/o trabajar en conjunto con una función de protección de un sistema de CA en caso de que el sistema de CA falle; y

el submódulo de control de sobrecarga de línea está configurado para ajustar las instrucciones de voltaje de inyección para los módulos de compensación cuando una corriente de una línea conectada al compensador en serie directo o una línea adyacente excede un rango establecido, con el fin de mantener la corriente dentro del rango establecido.

6. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el módulo de control de válvulas comprende un submódulo de control coordinado para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie, y caracterizado porque

5 el submódulo de control coordinado está configurado para controlar la inserción y desinserción de los módulos de compensación conectados en serie, y/o asignar las instrucciones de voltaje de inyección.

7. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la unidad de control del módulo comprende:

10 un módulo de control de voltaje CC configurado para estabilizar un voltaje de capacitor de un módulo de compensación correspondiente;

un módulo de control de sobrecarga de línea configurado para controlar una corriente de una línea conectada al módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido;

15 un módulo de protección contra sobrecorriente configurado para evitar que el módulo de compensación correspondiente sufra una descarga por sobrecorriente para proteger el módulo de compensación correspondiente; y/o

un módulo limitador de instrucciones de voltaje configurado para limitar la instrucción de voltaje para el módulo de compensación correspondiente dentro de un rango establecido.

8. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el módulo de control de voltaje CC, el módulo de control de sobrecarga de línea, el módulo limitador de instrucciones de voltaje y/o el módulo de protección de sobrecorriente están integrados en un mismo tablero de control.

5

9. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el sistema de control y protección se aplica a un compensador en serie directo de línea multicircuito, y el módulo de control centralizado comprende, además:

10 un submódulo de control coordinado de línea multicircuito configurado para asignar instrucciones de potencia para una línea multicircuito.

10. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la pluralidad de unidades de control y protección
15 comprende una unidad de control y protección principal y una unidad de control y protección de reserva, y una prioridad de las instrucciones generadas por la unidad de control y protección principal es superior a la de las instrucciones generadas por la unidad de control y protección de reserva.

20 11. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el módulo de control centralizado y el módulo de control de válvulas se comunican de forma inalámbrica o a través de fibras ópticas.

12. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie comprende un primer módulo de compensación y un segundo módulo de compensación, y en el que:

5 el primer módulo de compensación está configurado para recibir las instrucciones de voltaje y enviar las instrucciones de voltaje al segundo módulo de compensación.

13. El sistema de control y protección de acuerdo con la reivindicación 1,
10 caracterizado porque la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie está dispuesta en una subestación, una sala de estación de conmutación o un contenedor, y los módulos de compensación adoptan una manera de enfriamiento que combina el enfriamiento interno por líquido y el enfriamiento externo por aire.

15

20

RESUMEN

La presente solicitud proporciona un sistema de control y protección para un compensador en serie directo. El compensador en serie directo comprende una pluralidad de módulos de compensación conectados en serie. El sistema de control y protección comprende una pluralidad de unidades de control y protección configuradas para generar instrucciones de voltaje para la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con una instrucción de voltaje enviada desde un programador; una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula configuradas para reenviar las instrucciones de voltaje; y una pluralidad de unidades de control de módulo configuradas para recibir las instrucciones de voltaje y generar comandos de encendido y apagado para componentes electrónicos en la pluralidad de módulos de compensación conectados en serie de acuerdo con las instrucciones de voltaje; donde la pluralidad de unidades de control y protección, la pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula y la pluralidad de unidades de control de módulo están dispuestas independientemente unas de otras, cada unidad de control y protección corresponde a una pluralidad de unidades de interfaz de módulo de válvula, cada unidad de interfaz de módulo de válvula corresponde a una pluralidad de unidades de control de módulo, y cada unidad de control de módulo corresponde a un módulo de compensación. De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema de control y protección es más adecuado para aplicaciones de ingeniería de compensadores en serie directos de gran capacidad y multi-módulo.