



Sistema SIPROTEC 5

Integración funcional

Debido a la construcción modular del Hardware y Software como también a la integración funcional, los equipos SIPROTEC 5 son apropiados excelentemente para todas las aplicaciones en el campo de energía.

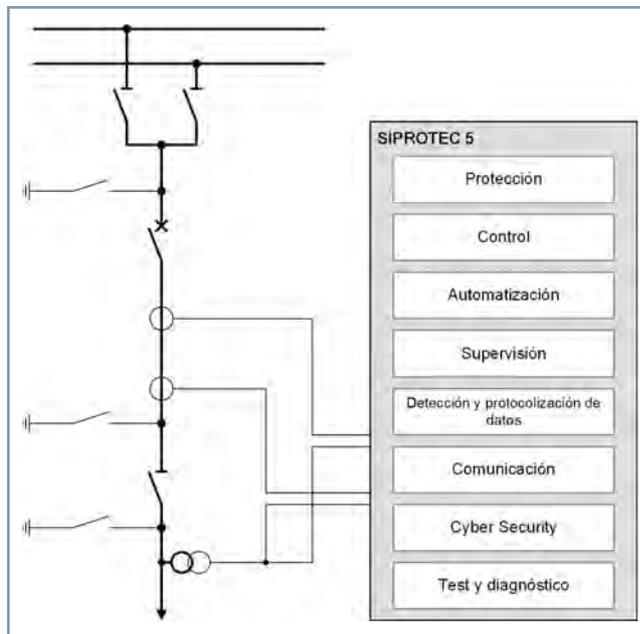
Los equipos SIPROTEC 5 comprenden:

- Protección
- Control y automatización
- Supervisión y monitoreo
- Detección y almacenamiento de datos
- Comunicación y Cyber Security:
- Prueba y diagnósticos

Gracias a su estructura modular en Hardware y Software y también por sus eficientes herramientas de ingeniería DIGSI 5, el sistema SIPROTEC 5 es apropiado perfectamente para las operaciones de protección, automatización, medida y supervisión (monitorización) en el funcionamiento y en la supervisión de las redes modernas.

Los equipos no son solamente unidades de protección y de control, sino también éstos posibilitan por su capacidad de rendimiento una integración funcional en la profundidad deseada. Además, los equipos pueden efectuar paralelamente operaciones de supervisión (monitorización), medida de sincrofasores (Phasor Measurement), perturbografías eficientes, medidas de alta capacidad y muchas otras más y, de esta manera, están preparados para ampliaciones futuras.

Para esto, SIPROTEC 5 pone a disposición una detección y un almacenamiento de datos de amplio volumen y alta precisión a nivel de campo para estas funciones. En combinación con la flexibilidad en la comunicación, esto aumenta considerablemente el campo de aplicación y ofrece múltiples posibilidades para resolver las exigencias de las redes actuales y futuras. Con SIPROTEC 5 estará siempre en el lado seguro para sus aplicaciones. La figura siguiente muestra la estructura funcional posible de un equipo SIPROTEC 5.



[dw_funktionale-Integration, 4, es_ES]

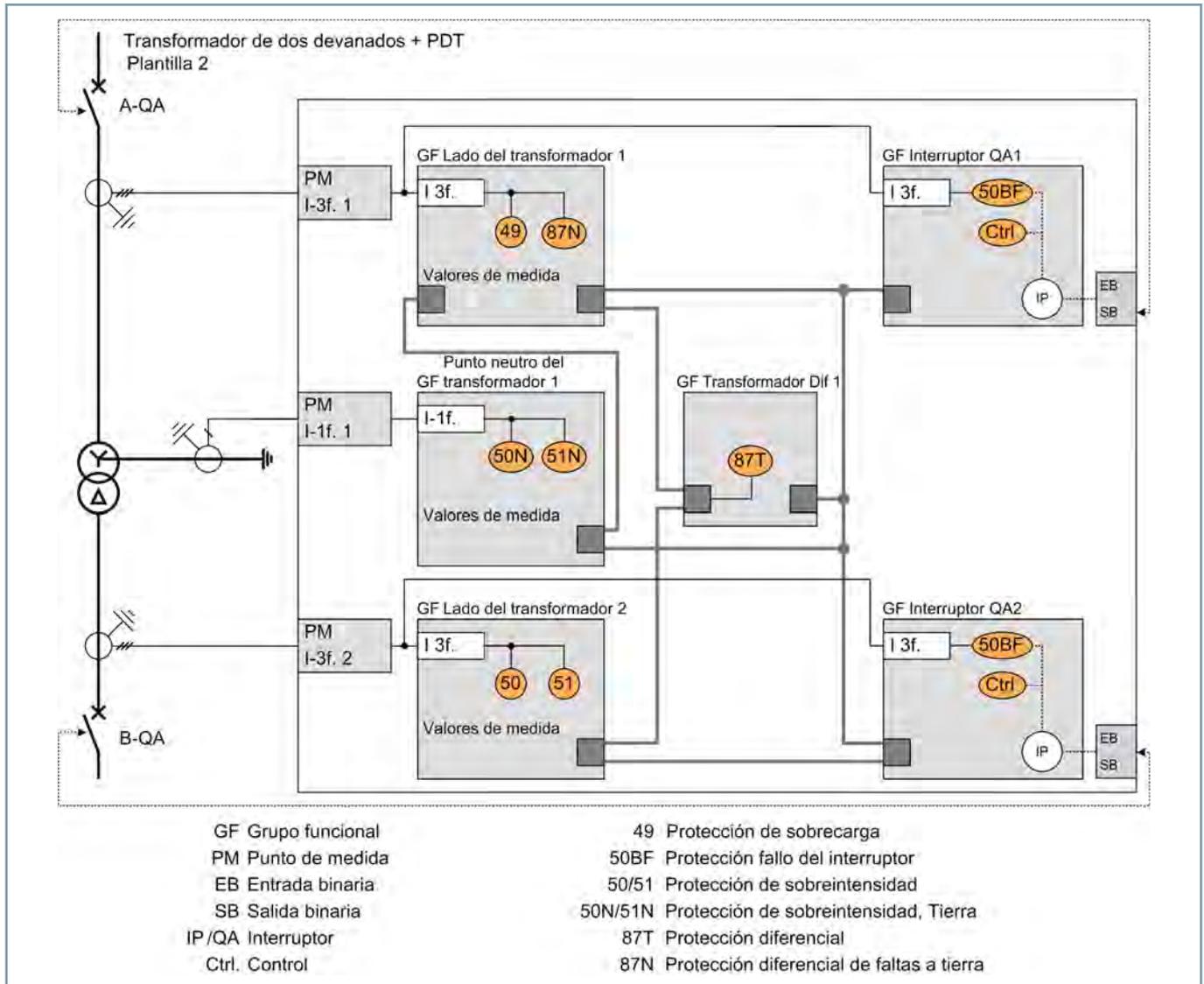
Figura 3.1/1 Estructura funcional posible de un equipo SIPROTEC 5.

Con las plantillas de aplicación alcanzará más rápido su objetivo

Una biblioteca de funciones común ofrece todas las funciones de protección, automatización, supervisión y también funciones adicionales para los equipos SIPROTEC 5. Las funciones idénticas son realmente válidas para todos los equipos. Por consecuencia, las configuraciones ya existentes pueden ser transferidas de un equipo al otro. De este concepto resulta un esfuerzo notablemente reducido de ingeniería.

Para cada tipo de equipo se dispone en DIGSI 5 de plantillas de aplicación predefinidas (Templates). Éstas contienen las configuraciones básicas, las funciones necesarias y los preajustes. Además, se puede guardar un equipo como plantilla maestra en una biblioteca definida por el usuario y utilizarla nuevamente como plantilla para aplicaciones típicas. Esto proporciona un ahorro de tiempo y de costes. Existe la posibilidad de almacenar las plantillas de aplicación definidas por el usuario.

En la [Figura 3.1/2](#) se puede observar en el ejemplo de un transformador en una configuración de planta que en una plantilla de aplicación las funciones están agrupadas en grupos funcionales (GF). Los grupos funcionales corresponden a los componentes primarios (objeto a proteger, lado del transformador 1, lado del transformador 2, punto neutro, transformador, unidades de mando, interruptores) y facilitan la relación directa a la instalación primaria. Si, por ejemplo, su instalación dispone de 2 interruptores, esto es representado por 2 grupos funcionales „Interruptor”



[dw_two-winding-temp_02, 3, es_ES]

Figura 3.1/2 Protección de un transformador

Transformador de protección y de medida

La flexibilidad de la serie SIPROTEC 5 permite la integración y el procesamiento simultáneo de funciones de diferentes tipos. El Hardware modular posibilita una configuración de equipos relacionada a la aplicación. Si desea utilizar adicionalmente la función Medida del fasor de sincronismo (Phasor Measurement), es decir, la detección de alta precisión de vectores de intensidad y de tensión y las magnitudes derivadas de éstos como la potencia y la frecuencia, esta función puede ser asignada a la entrada de medida. Una posible aplicación adicional es la supervisión de las magnitudes características de Power-Quality.

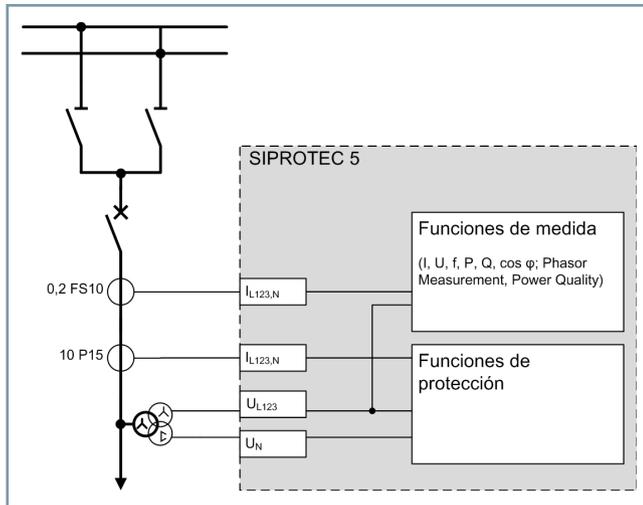
La [Figura 3.1/3](#) muestra la conexión a un transformador de medida y protección para una salida de línea. Según la aplicación, las funciones de protección necesarias están asignadas al transformador de protección y las funciones de medida al transformador de medida.

Los valores de medida de alta precisión y las informaciones de estado proporcionadas por los equipo SIPROTEC 5 pueden ser

transmitidos mediante la comunicación eficiente a los sistemas de automatización como, por ejemplo, a un sistema de control de subestaciones y redes SICAM o a los sistemas de evaluación (por ejemplo, SIGUARD PDP). Especialmente el control y la supervisión de redes inteligentes requieren informaciones de los productores de energía (energías convencionales y renovables) y de los consumidores (salidas de línea). Las informaciones necesarias pueden ser los valores de medida, los estados de conmutación y los avisos de las funciones de protección y supervisión. Aparte de las versiones para las operaciones locales de protección, control y supervisión, los equipos SIPROTEC 5 son apropiados excelentemente como fuentes de datos. La comunicación flexible de los equipos posibilita la integración en diferentes topologías de comunicación. Para esto, el estándar de comunicación basado en Ethernet IEC 61850 ofrece como estándar generalizado muchas ventajas.

Sistema SIPROTEC 5

Integración funcional



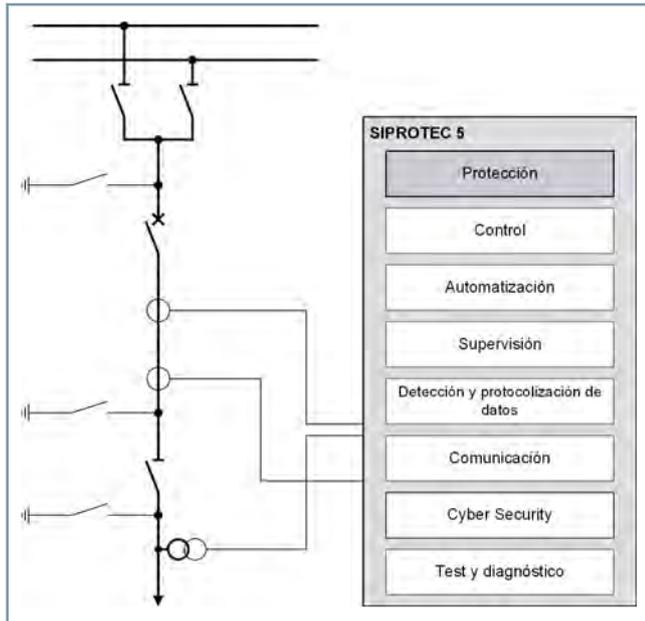
[dw_Anschl_Feldgeraete, 1, es_ES]

Figura 3.1/3 Conexión de los equipos de campo a los transformadores de medida o de protección

La estructura modular y flexible en el Hardware y Software garantiza una solución a medida para todos los requerimientos en la red.

Con SIPROTEC 5 usted se beneficia de una flexibilidad permanente durante todo el ciclo de vida del producto y con ello asegura al mismo tiempo sus inversiones.

Protección



[dw_schutz, 4, es_ES]

Figura 3.2/1 SIPROTEC 5 – Integración funcional – Protección

SIPROTEC 5 ofrece todas las funciones necesarias para una protección fiable de las redes y de sus componentes. Se da soporte tanto a las configuraciones de planta de barras múltiples como también a las aplicaciones de un interruptor y medio. Las funciones se basan en las experiencias obtenidas durante muchas décadas de práctica en las instalaciones como también en las sugerencias de los clientes de Siemens.

La estructura modular funcional de SIPROTEC 5 permite obtener un alto grado de flexibilidad y una adaptación perfecta de la funcionalidad de protección a las condiciones de la instalación y se mantiene flexible para adaptaciones futuras.

A continuación se describen las funciones de los equipos disponibles.

Protección de distancia (ANSI 21, 21N) – método clásico

SIPROTEC 5 ofrece una protección de distancia de 6 sistemas con algoritmos que ya han sido comprobados en versiones de equipo de protección SIPROTEC anteriores. Este método de medida es denominada "método clásico".

Mediante el cálculo y la supervisión paralela de todos los seis bucles de impedancia se obtiene una sensibilidad muy alta en todos los casos de falta. Todos los modos de tratamiento del punto neutro (compensado, aislado, fijo o puesto a tierra por baja impedancia) son realizables. Dependiendo del tipo de equipo se puede efectuar un disparo monopolar y tripolar. La protección de distancia es apropiada para cables y líneas aéreas con o sin compensación serie.

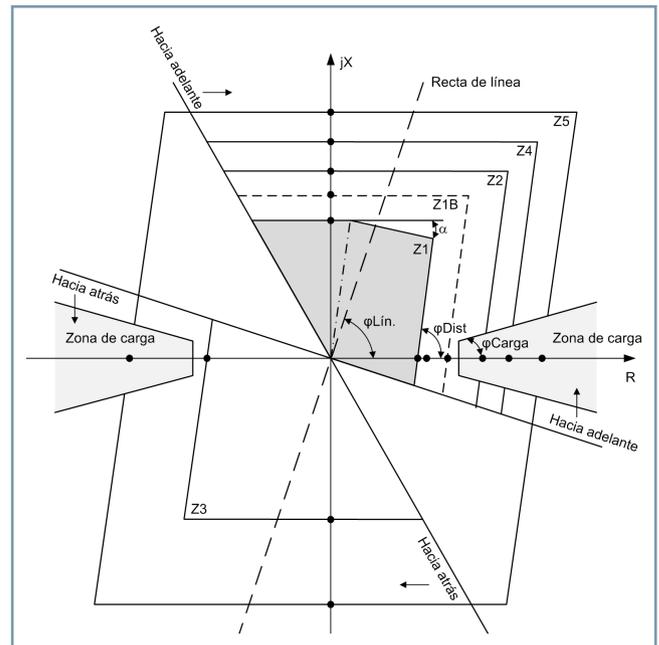
El equipo ofrece características poligonales como también características de zonas MHO. Las características pueden ser utilizadas separadamente para faltas de fase y a tierra.

Por lo tanto, las faltas a tierra de alta impedancia pueden ser tratadas, por ejemplo, con la característica poligonal de zonas y las faltas de fase con la característica MHO. La evaluación de las tensiones ajenas a la falta y la utilización de una memoria de tensión posibilitan realizar una determinación direccional óptima.

Característica poligonal de zonas

La característica poligonal de zonas permite un ajuste separado de la reactancia X y de la resistencia R . La resistencia R puede ser ajustada separadamente para faltas con o sin contacto a tierra. Por consecuencia, esta característica es apropiada perfectamente para detectar faltas de alta impedancia. Las aplicaciones con un alcance de reactancia dependiente de la falta a tierra por zona pueden ser realizadas de manera simple utilizando zonas de distancia adicionales. Cada zona de distancia puede ser configurada individualmente sólo para faltas a tierra, sólo para faltas de fase o para todos los tipos de de falta.

Las zonas de distancia pueden ser ajustadas hacia adelante, hacia atrás o no direccional (Figura 3.2/2).

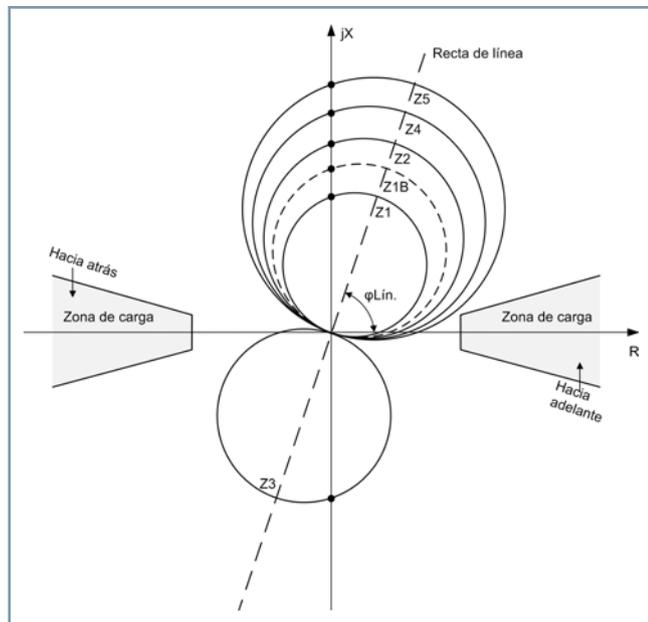


[Dw_polygonale-zone, 1, es_ES]

Figura 3.2/2 Ejemplo de una característica poligonal de 4 zonas

Característica MHO

En la característica de zonas MHO, la extensión del círculo MHO garantiza un comportamiento de protección seguro y selectivo para todos los tipos de falta. La extensión abarca hasta la impedancia serie pero no más del alcance de impedancia seleccionado. La Figura 3.2/3 muestra la característica para una falta hacia adelante.



[Dw_MHO-zone, 1, es_ES]

Figura 3.2/3 Ejemplo de una característica de zonas MHO con 6 zonas

Número seleccionable de zonas de distancia

El número de zonas de distancia puede ser adaptado libremente según las exigencias de la aplicación correspondiente. Para las funciones que utilizan una zona independiente, por ejemplo, la transferencia de disparo permisivo, todas las zonas parametrizadas de la protección de distancia están disponibles (la utilización de las zonas en la protección de distancia no es afectada aquí). Cada zona de distancia dispone de un temporizador propio, separado para faltas monopolares o multipolares. La flexibilidad de la serie de equipos SIPROTEC 5 permite una adaptación óptima a cada aplicación en la cual la protección de distancia ofrece exactamente el número correcto de zonas de distancia.

Zona de carga

Para diferenciar con seguridad entre un funcionamiento de carga y un cortocircuito – especialmente en las líneas prolongadas con cargas de alta impedancia – se ha previsto un rango de carga ajustable. Las impedancias dentro de este rango de carga no producen un disparo indeseable en las zonas de protección.

4 Procedimiento de arranque

Como procedimientos de arranque se utilizan opcionalmente:

- Arranque de sobreintensidad $I \gg \gg$
- Arranque por intensidad dependiente de la tensión U/I
- Arranque de sobreintensidad dependiente de la tensión y del ángulo de fase $U/I \varphi$
- Arranque de impedancia $Z <$

Selectividad absoluta de fase

La función de protección de distancia contiene un algoritmo sofisticado y comprobado en la práctica para la selección de fases. Un arranque en las fases libres de faltas debido a las

influencias negativas de las intensidades y tensiones de cortocircuito en otras fases es impedido fiablemente. El algoritmo para la selección de fases se encarga de las decisiones correctas y de la medida de distancia correcta sobre un extenso rango de aplicación.

Medidas para las aplicaciones de un interruptor y medio

Si los núcleos de ambos transformadores de tensión están conectados en paralelo, la intensidad resultante medida es la suma de las dos intensidades circulantes en el transformador de intensidad. Esta suma de intensidades corresponde a la intensidad circulante en la salida de línea y, por lo tanto, es utilizada para las funciones de protección de potencia y otras funciones. Este procedimiento es muy usual. Los equipos SIPROTEC 5 ofrecen ahora numerosas entradas de medida suficientes para la conexión separada de dos o varios transformadores de intensidad. En este caso, se efectúa la suma internamente por Software. La función de protección de distancia reconoce una posible saturación en sólo un transformador de tensión y, de esta manera, puede impedir una reacción intempestiva en caso de una falta externa con una intensidad circulante muy alta. Mediante las intensidades medidas por separado, se pueden activar funciones de protección fallo del interruptor separadas para ambos interruptores. Además, las intensidades medidas por separado permiten realizar una protección diferencial esencial para la "zona muerta" entre los transformadores de intensidad cuando la salida de línea esta desconectada (ver protección diferencial de zona muerta, ANSI 87-Stub).

Compensación de línea paralela

Las medidas de protección de distancia erróneas debido a las influencias de la línea paralela pueden ser compensadas mediante la detección de la intensidad a tierra de la línea paralela. La compensación de línea paralela puede ser utilizada tanto para la protección de distancia como también para la localización de faltas.

Compensación de carga

La protección de distancia ofrece posibilidades para la compensación de las influencias de carga en la medida del alcance.

Eliminación de magnitudes interferentes

Los filtros digitales hacen que la función clásica de protección de distancia sea insensible frente a las interferencias en los valores de medida. Se reduce fuertemente las influencias de los componentes de intensidad continua, de los transformadores de tensión y de las variaciones de frecuencia. Para mantener la selectividad de protección en caso de una saturación del transformador de intensidad se aplica un procedimiento especial.

Detección de fallo de la tensión de medida

La pérdida de la tensión de medida bloquea automáticamente el disparo de la protección de distancia e impide, de esta manera, los disparos intempestivos. La reacción de una de las funciones de supervisión de tensión o del contacto auxiliar del interruptor magnetotérmico del transformador bloquea la protección de distancia y puede activar la protección S-int. T-def. de emergencia (S-int. T-def., Protección de sobreintensidad de tiempo definido).

Protección de distancia con método de reactancia (RMD) (ANSI 21, 21N)

Bajo condiciones extremas, las intensidades de carga y las altas resistencias de falta pueden influenciar la selectividad. La Protección de distancia con el método de reactancia (RMD) reduce la influencia desfavorable de las altas resistencias de falta producidas por una elevada carga.

La compensación de carga es parte del principio

Si la red presenta situaciones no homogéneas, por ejemplo, con diferentes ángulos de impedancia de las alimentaciones, esto también puede influenciar el alcance de la protección de distancia. El método de reactancia compensa este efecto con ángulos de compensación ajustables.

La función Protección de distancia con método de reactancia (RMD):

- Opera en redes con punto neutro puesto a tierra
- Es una protección de cortocircuito selectiva para líneas y cables con alimentación unilateral y multilateral, en redes radiales, en anillo o malladas.
- Sirve como función reserva para barras, transformadores y demás líneas
- Es apropiada para aplicaciones en todos los niveles de tensión

La función Protección de distancia con método de reactancia (RMD) puede ser aplicada de manera alternativa o adicional a la función de protección de distancia con método clásico.

Característica de zonas poligonal

La característica poligonal de zonas permite un ajuste separado para la reactancia X y para la resistencia RF. Cada zona de distancia puede ser configurada individualmente sólo para faltas a tierra, sólo para faltas de fase o para todos los tipos de de falta. Todas las zonas de distancia pueden ser ajustadas hacia adelante, hacia atrás o no direccional.

La función RMD calcula hasta 7 bucles de impedancia L1-E, L2-E, L3-E, L1-L2, L2-L3, L3-L1 y L1-L2-L3. El procedimiento de arranque es el arranque de impedancia Z<. La evaluación de las tensiones ajenas a la falta, la utilización de una memoria de tensión como también la evaluación de magnitudes Delta y las componentes simétricas posibilitan realizar una determinación direccional óptima.

Característica MHO

En la característica de zonas MHO, la extensión del círculo MHO garantiza un comportamiento de protección seguro y selectivo. La extensión abarca hasta la impedancia serie pero no más del alcance de impedancia seleccionado. Como alternativa a la característica poligonal de zonas, se puede utilizar la función RMD para faltas de fase con característica de zonas MHO si existen requerimientos de compatibilidad a los sistemas de protección de distancia presentes.

Número seleccionable de zonas de distancia

El número de zonas de distancia puede ser adaptado libremente según las exigencias de la aplicación correspondiente.

Zona de carga

Para diferenciar con seguridad entre un funcionamiento de carga y un cortocircuito – especialmente en las líneas prolongadas con cargas de alta impedancia - se ha previsto un rango de carga ajustable. Las impedancias dentro de este rango de carga no producen un disparo indeseable en las zonas de protección.

Selectividad absoluta de fase

La función Protección de distancia con método de reactancia (RMD) contiene un algoritmo sofisticado para la selección adaptativa de bucles. Se procesan simultáneamente diversos criterios de selección de bucle. Los criterios de selección de bucle operan con la detección de salto, la detección de magnitudes delta, las componentes simétricas y también con el esquema de sobrealcance de intensidad, tensión e impedancia. Por lo tanto, un arranque en las fases libres de faltas debido a las influencias negativas de las intensidades y tensiones de cortocircuito en otras fases es impedido fiablemente. El algoritmo para la selección adaptativa de bucles se encarga de las decisiones correctas y de la medida de distancia correcta sobre un extenso rango de aplicación.

Medidas para las aplicaciones de un interruptor y medio

La función RMD es apropiada para esquemas de interruptor y medio igualmente como la función de protección de distancia clásica.

Compensación de línea paralela

Las influencias sobre las medidas de distancia debido a las líneas paralelas pueden ser compensadas por la función RMD mediante la detección de la intensidad a tierra de la línea paralela.

Eliminación de magnitudes interferentes

Los filtros digitales hacen que la función RMD sea insensible frente a las interferencias en los valores de medida. Se reduce fuertemente las influencias de los componentes de intensidad continua, de los transformadores de tensión y de las variaciones de frecuencia. Para mantener la selectividad de protección en caso de una saturación del transformador de intensidad se aplica un procedimiento especial.

Detección de fallo de la tensión de medida

La pérdida de la tensión de medida bloquea automáticamente el disparo de la protección de distancia e impide, de esta manera, los disparos intempestivos. La reacción de una de las funciones de supervisión de tensión o del contacto auxiliar del interruptor magnetotérmico del transformador bloquea la función RMD y puede activar la protección S-int. T-def. de emergencia (S-int. T-def., Protección de sobreintensidad de tiempo definido).

Protección de impedancia para transformadores (ANSI 21T)

SIPROTEC 5 ofrece una protección de impedancia de 6 sistemas con hasta 4 zonas de impedancia, especialmente para aplicaciones como protección de reserva para transformadores de potencia.

La función

- protege los transformadores como protección de reserva de la protección diferencial de transformador.
- sirve para aplicaciones en plantas eléctricas como protección de reserva para el transformador de bloque y el generador.
- sirve como protección de reserva contra reversión de la potencia sobre una falta en la red interconectada a través de un transformador.

La selección de bucles puede ser controlada dependiendo de la aplicación. En redes puestas a tierra directamente, todos los 6 bucles de medida operan independiente uno del otro. Mediante el criterio de intensidad mínima se efectúa la autorización general. En redes no puestas a tierra directamente (por ejemplo, protección del generador) se controla la selección de bucles de medida por un arranque de la sobreintensidad con sostenimiento de subtenSIón.

Utilizando los valores de muestreo adaptados en la frecuencia se mide la impedancia en un amplio rango de frecuencia. Esto es ventajoso para redes aisladas o bloques de plantas eléctricas, por ejemplo, durante procesos de excitación de generadores.

Característica de zonas poligonal

La característica poligonal de zonas permite un ajuste separado de la reactancia X y de la resistencia R para bucles f-t y f-f. La característica poligonal es un rectángulo en el nivel de impedancia. Dentro de la función se pueden activar, como máximo, 4 zonas de impedancias. Éstas pueden ser ajustadas hacia adelante, hacia atrás o no direccional. Cada zona de impedancia dispone de su propio temporizador.

Determinación direccional

La dirección se determina con las tensiones prefalta memorizadas o con las magnitudes de secuencia positiva.

Detección de fallo de la tensión de medida

La pérdida de la tensión de medida bloquea automáticamente el disparo de la protección de impedancia e impide, de esta manera, los disparos intempestivos. La reacción de una de las funciones de supervisión de tensión o del contacto auxiliar del interruptor magnetotérmico del transformador bloquea la protección de impedancia y puede activar la protección S-int. T-def. de emergencia (S-int. T-def., Protección de sobreintensidad de tiempo definido).

Protección de sobreexcitación (ANSI 24)

La Protección de sobreexcitación sirve para detectar una inducción alta no admisible en generadores y transformadores y proteger estos componentes de planta contra una sobrecarga térmica muy alta.

Esta inducción se detecta directamente por evaluación de la relación U/f. Una sobretensión produce intensidades de magnetización elevadas y una subfrecuencia produce altas pérdidas de remagnetización.

Al efectuarse un desacoplamiento de red y si en la red separada la regulación de tensión y frecuencia no reacciona suficientemente rápido o si el desequilibrio de potencias es muy grande, existe el peligro de una sobreexcitación.

Dentro de la función, se puede utilizar simultáneamente un escalón con característica dependiente definida por el usuario y, como máximo, dos escalones independientes.

Verificación de sincronismo, Función de sincronización (ANSI 25)

Para acoplar dos redes separadas o para conectar a la red un componente de planta bajo tensión, las redes deben estar en sincronismo en el momento del cierre. La función de sincronización supervisa esta condición.

La función de sincronización puede ser aplicada para redes síncronas (conectadas galvánicamente, sin diferencia de frecuencia) como también para redes asíncronas (separadas galvánicamente, con diferencia de frecuencia).

Ésta dispone de 3 modos de funcionamiento:

- Verificación de sincronismo (supervisión de la diferencia de tensión, frecuencia y ángulo de fase)
- Acoplamiento de redes síncronas (control de la igualdad de frecuencia, de la diferencia de tensión, del ángulo de fase y también de la continuidad durante una ventana de tiempo)
- Acoplamiento de redes asíncronas (diferencia de tensión y de frecuencia, cierre en el punto de sincronismo considerando el tiempo de cierre del interruptor).

Evaluando la diferencia de frecuencia, la función cambia automáticamente entre el modo de función síncrono o asíncrono. La función de verificación de sincronismo puede ser utilizada exclusivamente para tareas de supervisión.

Las magnitudes relevantes para la sincronización se obtienen de los transformadores de tensión (posicionados a la izquierda y a la derecha del interruptor). Dependiendo del número de las entradas de tensión disponibles del transformador se puede operar con uno o con dos puntos de sincronización (interruptor).

Para cada equipo se puede aplicar varias funciones, para las cuales se utilizan, como máximo, 2 juegos de parámetros (escalones) para la verificación de sincronismo y hasta 6 juegos de parámetros (escalones) para la función de sincronización. De esta manera, el equipo puede reaccionar a las diferentes condiciones de la red o de la planta siempre con los parámetros de sincronización correctos.

Órdenes de posicionamiento para la sincronización automática (ANSI 25)

La función de sincronización garantiza un acoplamiento síncrono del interruptor del generador. Con la generación de órdenes de posicionamiento a los reguladores de velocidad y de tensión se puede realizar una sincronización automática. Si las condiciones de sincronismo no están cumplidas, la función genera automáticamente señales de posicionamiento. Según el estado de servicio se trata de órdenes (de posicionamiento más alto o más bajo) al regulador de tensión o de velocidad (regulador de frecuencia). Las señales de posicionamiento son proporcionales a la diferencia de tensión o de frecuencia. Esto significa que con una diferencia de tensión o de frecuencia más alta, se generan órdenes de posicionamiento más largos. El gradiente es ajustable. Entre las órdenes de posicionamiento se

deja pasar un tiempo de pausa ajustable para estabilizar el cambio de estado. Con este método se consigue una adaptación rápida de la tensión o de la frecuencia del generador a las condiciones reales. Si durante la sincronización de generadores con la red se observa una igualdad de frecuencia (fasor de sincronismo inmóvil), el impulso de empuje produce una variación del estado.

Si se desea una adaptación de tensión mediante el regulador de toma del transformador, se genera un impulso de posicionamiento definido.

Una supervisión de la inducción (valor U/f) garantiza que con la generación de las órdenes de posicionamiento (por ejemplo, "elevar" la tensión, "reducir" la velocidad de rotación), el valor límite permanentemente admisible $U/f = 1,1$ no sea sobrepasado.

Protección de subtensión (ANSI 27)

La protección de subtensión supervisa el rango de tensión admisible o protege los componentes de planta contra daños evolutivos producidos por la subtensión. Ésta puede ser utilizada en la red para operaciones de desacoplamiento o deslastre de carga.

Se dispone de diferentes funciones de protección de subtensión. Éstas están concebidas de manera estándar cada una con dos escalones que pueden ser ampliadas hasta con tres o cuatro escalones idénticos. Las funciones de protección de subtensión pueden ser bloqueadas por un criterio de intensidad.

Las siguientes funciones están disponibles:

- Protección de subtensión con tensión trifásica
 - Medida opcional de las tensiones fase-fase o de las tensiones fase-tierra
 - Métodos de medida: Medida opcional de la onda fundamental o del valor eficaz (True-RMS)
- Protección de subtensión con tensión de secuencia positiva
 - Los cortocircuitos o faltas a tierra bipolares producen caídas asimétricas de las tensiones. En comparación a los sistemas de medida relacionados a la fase, estos procesos influyen insignificadamente la tensión de secuencia positiva. Por esta razón, la función es especialmente apropiada para la evaluación de problemas de estabilización.
 - Métodos de medida: Cálculo de la tensión de secuencia positiva a partir de las tensiones fase-tierra medidas.
- Protección de subtensión con cualquier tensión
 - Detección de cualquier subtensión monofásica para aplicaciones especiales
 - Métodos de medida: Medida opcional de la onda fundamental o del valor eficaz (True-RMS)
- Protección de variación de tensión dU/dt
 - Detecta los estados inseguros del sistema que ocurren debido a una asimetría entre la potencia activa generada y consumida.
 - Puede ser utilizada como criterio para aplicaciones de deslastre de carga.

Protección de subtensión por dirección de potencia reactiva (protección QU)

La protección de subtensión por dirección de potencia reactiva (protección QU) representa una protección de sistema para desacoplamientos de red. Para evitar un colapso de tensión en los sistemas de energía, se debe prever al lado de la generación, por ejemplo, un generador, con dispositivos de protección de tensión y frecuencia. En el punto de conexión de la red se requiere una protección de subtensión controlada por dirección de potencia reactiva (protección QU). La protección QU reconoce las situaciones críticas de la red y se encarga de separar de la red la instalación de generación de energía. Además, la protección se encarga de que el reenganche sólo sea efectuado si las condiciones de la red son estables. Los criterios para esta función son parametrizables y están descritos en el documento *Directiva técnica para instalaciones de generación en una red de media tensión (BDEW, Junio 2008)* y en el „Documento de especificaciones FNN Protección de subtensión controlada por dirección de potencia reactiva (FNN, Feb 2010)“.

Protección de potencia (ANSI 32, 37)

La protección de potencia opera de manera trifásica y detecta el sobrepaso por encima o por debajo de los umbrales de la potencia activa o reactiva ajustados (*Figura 3.2/4*). Se supervisan límites de potencia predefinidos y se generan avisos de alarma correspondientemente. La dirección de potencia puede ser determinada por medida del ángulo de potencia activa. De esta manera se puede detectar, por ejemplo, una realimentación en la red o en las máquinas eléctricas. Las máquinas en vacío (motores, generadores) son detectadas y pueden ser paradas por un aviso.

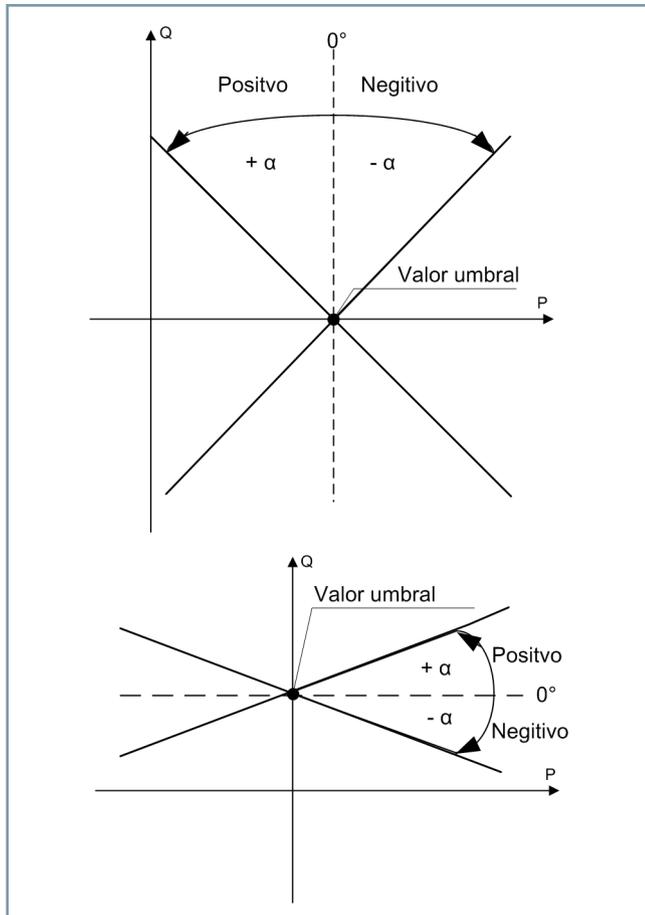
La protección de potencia puede ser integrada en cualquier solución de automatización, por ejemplo, si se deben supervisar rangos de potencia específicos (procesamiento posterior lógico en CFC).

Por suministro, la función protección de potencia está preconfigurada con un escalón de potencia activa y un escalón de potencia reactiva. Dentro de la función se pueden activar, como máximo, cuatro escalones de potencia activa y cuatro escalones de potencia reactiva. Los escalones están estructurados de manera idéntica.

Se pueden definir los umbrales de sobrepaso por encima o por debajo de las rectas de potencia. Por la combinación de los diferentes escalones mediante CFC se obtienen numerosas aplicaciones.

Ejemplos de aplicación:

- Detección de la potencia activa negativa. En este caso, se puede utilizar una protección de potencia inversa en CFC para vincular las salidas de la protección de potencia con la función directa de disparo.
- Detección de la potencia reactiva capacitiva. Si, debido a las líneas de gran longitud bajo condiciones sin carga se detecta una sobretensión, se puede seleccionar las líneas en las cuales es medida la potencia reactiva capacitiva.



[dw_Wirk_Blind_KL, 1, es_ES]

Figura 3.2/4 Característica de la potencia activa y reactiva

Protección de potencia inversa (ANSI 32R)

La protección de potencia inversa se aplica en generadores y bloques de planta. En caso de un fallo de la energía mecánica (por ejemplo, suministro de vapor a la turbina), el generador extrae la energía de accionamiento desde la red. En este estado de funcionamiento pueden ocurrir daños en la turbina que se evitan mediante un disparo de la protección de potencia inversa. Para reaccionar más rápido en caso de avería de vapor, se acopla la posición de la válvula de cierre instantáneo a una entrada binaria. Aquí se puede conmutar entre dos temporizaciones para la orden de disparo. Además, esta función se utiliza para las desconexiones de servicio (conexión secuencial) de generadores.

Para otras aplicaciones se recomienda la protección de potencia universal (ANSI 32, 37).

La protección de potencia inversa funciona de manera trifásica y supervisa la potencia activa consumida (valor umbral negativo). Debido a la evaluación de la potencia de secuencia positiva y a la utilización de una ventana de medida prolongada, la función resulta insensible frente a las magnitudes interferentes y con una alta precisión (valor umbral inferior de ajuste: $-0,3 \% P / S_{nom}$). La exactitud de medida está influenciada notablemente por el error angular. Ya que los equipos SIPROTEC 5 están calibrados, la exactitud de medida es influenciada por los transfor-

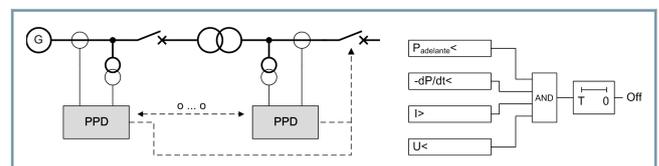
madores primarios. El error angular puede ser corregido por la función: El error angular puede ser visto en el protocolo de prueba de los transformadores o determinado por medida con la instalación primaria. La problemática con el error angular se excluye si se utilizan convertidores de medida de alta precisión (clase 0,2 ó 0,1) como transformadores primarios. Para esto se debe asignar la protección de potencia inversa a un módulo de medida autónomo.

Desacoplamiento de planta (ANSI 32 dP/dt; 27, 50)

Los cortocircuitos trifásicos cercanos producen no solamente desgastes eléctricos sino también mecánicos del bloque turbogenerador. El criterio determinante para el grado del esfuerzo mecánico a esperar de un bloque turbogenerador es el salto de la potencia activa negativa ΔP , ya que el par de torsión y la potencia activa son proporcionales. Un deslumbre repentino de carga activa produce una aceleración de la rueda polar. Simultáneamente varía también la posición de fases y la amplitud de la tensión de la rueda polar. Estos cambios se manifiestan según la constante de inercia de la máquina y el grado de variación de la potencia activa con un cierto tiempo de retraso. Cuanto más prolongado es este estado, más crítico es el desgaste para el generador en caso de una restauración brusca de la tensión. Se puede comparar los efectos del proceso sucesivo de manera similar a los efectos de una **Sincronización errónea**. Si la protección de red no desconecta los cortocircuitos de alta intensidad cercanos a la planta en el tiempo inmediato previsto, podrían ocurrir los efectos mencionados anteriormente.

Para estos casos, la función de desacoplamiento de planta interviene efectuando una desconexión del interruptor de la red al lado de alta tensión. Después de despejar esta falta, el bloque puede ser sincronizado nuevamente con el equipo de sincronización.

La función de protección evalúa el salto de la potencia activa negativa de la potencia de secuencia positiva. Esta magnitud se determina a partir de los valores de tensión e intensidad trifásicos. Después de un retraso admisible (debe ser dado por el fabricante del bloque turbogenerador) se genera la orden de disparo. Como magnitudes adicionales de estabilización sirve un arranque de sobreintensidad y de subintensidad. Además, el generador debe haber estado accionado al menos con una potencia activa mínima y encontrarse debajo de un umbral de potencia activa.



[dw_7UM8_kraftwerksentkuppl, 1, es_ES]

Figura 3.2/5 Orden de la función y principio de la lógica

Protección de subintensidad (ANSI 37)

La protección de subintensidad reconoce el flujo de intensidad saliente o descendente. Esto puede ocurrir debido a operaciones de mando, por ejemplo, de un interruptor de orden superior o por reducción de cargas, por ejemplo, bombas funcionando en vacío.

En ambas situaciones puede ser necesario desconectar el interruptor local para evitar daños evolutivos. Esta función asume la protección de subintensidad.

La función esta compuesta de un escalón de subintensidad con una temporización independiente de la intensidad. Dos escalones pueden ser activados paralelamente como máximo.

Opcionalmente, se pueden evaluar los contactos auxiliares del interruptor local para evitar una reacción intempestiva.

Supervisión de la temperatura (ANSI 38)

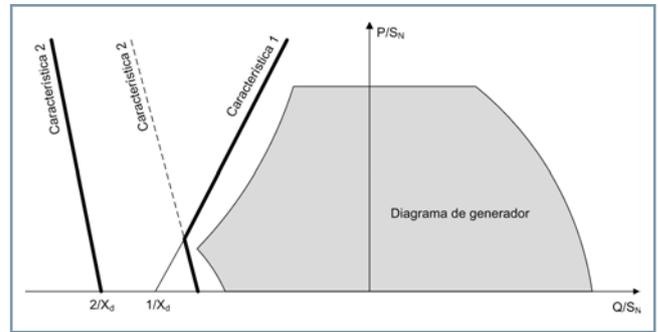
Mediante un dispositivo externo de supervisión térmica se controlan las temperaturas (por ejemplo, las temperaturas del devanado o del aceite). Los sensores típicos son Pt 100, Ni 100 y Ni 120. Las temperaturas son transferidas a la protección por los interfaces serie o interfaces Ethernet y controladas por la función de supervisión de temperatura con relación a un sobrepaso de los valores límites ajustados. Por cada punto de medida de temperatura existen 2 valores umbrales. La función esta compuesta de manera que se pueden procesar las temperaturas de hasta 12 puntos de medida. La supervisión integrada detección de rotura de hilo genera una alarma relacionada al punto de medida.

Protección de subexcitación (ANSI 40)

El diagrama de potencia del generador describe el límite de estabilización. Éste puede ser transformado en un diagrama de admitancia en representación por unidad simplemente modificando los rótulos de los ejes. La protección de subexcitación supervisa los límites de estabilización y evita daños en el generador producidos por pérdida de sincronismo (marcha asíncrona) debido a problemas con la excitación o regulación de tensión durante el funcionamiento subexcitado.

La función de protección ofrece tres características para la supervisión de la estabilidad estática y también dinámica. Mediante un acoplamiento binario se logra una reacción rápida de la protección en caso de un fallo de la excitación y una autorización de disparo inmediato. Alternativamente, la tensión de excitación puede ser medida mediante un convertidor de medida y la señal de autorización puede ser evaluada en caso de disminución por debajo del valor umbral. La rectas de las características posibilitan efectuar una adaptación óptima de la protección al diagrama del generador (ver [Figura 3.2/6](#)). A partir de la representación Per-Unit del diagrama se puede leer directamente los valores de ajuste.

La admitancia se calcula a partir de las magnitudes de secuencia positiva de las tres intensidades y tensiones trifásicas. De esta manera se garantiza un comportamiento correcto de la función de protección también bajo condiciones de red asimétricas. Si la tensión difiere de la tensión nominal, el cálculo de admitancia ofrece la ventaja de que las características transcurren en la misma dirección como se desplaza el diagrama de potencia del generador.



[dw_charac-underexcitation-protection, 1, es_ES]

Figura 3.2/6 Característica de la protección de subexcitación

Protección de carga desequilibrada (ANSI 46)

Las cargas de intensidad asimétricas de las 3 fases del generador producen en el rotor calentamientos debido al campo de secuencia negativa. La protección reconoce una carga asimétrica de las máquinas trifásicas. Ésta está basada en la evaluación de las componentes simétricas. La función de protección evalúa la intensidad de secuencia negativa y evita una sobrecarga térmica del rotor de las máquinas eléctricas (generadores, motores). Mediante el procedimiento de integración se representa el comportamiento térmico.

La relación siguiente es la base de la función de protección:

$$K = \left(\frac{I_2}{I_{N,M}} \right)^2 * t$$

[fo_Schiefelastschutz, 1, es_ES]

Con

K	Constante de la máquina (5 s hasta 40 s)
I_2	Intensidad de secuencia negativa
$I_{N,M}$	Intensidad nominal de la máquina

Como característica de disparo se obtiene una característica dependiente. Las pequeñas intensidades de carga desequilibrada producen tiempos de disparo más largos. Para evitar un funcionamiento intempestivo en caso de intensidades elevadas de carga desequilibrada (por ejemplo, por cortocircuitos asimétricos), se limitan las intensidades altas de secuencia negativa (aprox. $10 * I$ admisible). Además, la carga desequilibrada se supervisa de manera adicional constantemente y en caso de un sobrepaso indebido se genera un aviso de alarma temporizado.

Protección de sobreintensidad de secuencia negativa (ANSI 46)

La función de protección determina a partir de las intensidades de fase la intensidad de secuencia negativa. Ésta puede estar relacionada a la intensidad nominal del objeto o la intensidad de secuencia positiva (ventajoso para la supervisión de rotura de hilo).

Para un transformador se puede aplicar la protección de sobreintensidad de secuencia negativa como protección sensible de reserva en el lado de alimentación para detectar faltas monopo-

lares y bipolares de baja intensidad. Esto permite también detectar averías monopolares por el lado de tensión inferior, que por el lado de la tensión superior no provoquen en la corriente ningún sistema homopolar (por ejemplo en el grupo vectorial Dyn).

Con la protección de sobreintensidad de secuencia negativa se pueden realizar diferentes funciones de supervisión y protección:

- Detección de cortocircuitos monopolares o bipolares en la red con mayor sensibilidad que en la protección de sobreintensidad clásica (ajuste inferior al valor de la intensidad nominal del objeto).
- Detección de las interrupciones del conductor en el sistema primario y en los circuitos secundarios del transformador de intensidad
- Localización de cortocircuitos o conexiones de fases intercambiadas en los circuitos del transformador de intensidad
- Señalización de los estados asimétricos en el sistema de energía
- Protección de máquinas eléctricas contra cargas asimétricas que son producidas por las tensiones asimétricas o las interrupciones del conductor (por ejemplo, debido a un fusible fundido).

La función está preconfigurada por entrega con un escalón. Se pueden utilizar, como máximo, seis escalones simultáneamente. Si el equipo dispone de la función Detección de intensidad inrush de cierre, se pueden estabilizar los escalones contra una reacción de disparo provocada por las intensidades inrush de cierre del transformador de potencia.

Protección de sobreintensidad, sistema de secuencia negativa con dirección (ANSI 46, 67)

La función Protección de sobreintensidad, sistema de secuencia negativa con dirección sirve como protección de cortocircuito de reserva para faltas asimétricas.

Con el sistema de secuencia negativa se pueden realizar diferentes funciones de supervisión y protección como:

- Detección de cortocircuitos monopolares o bipolares en la red con mayor sensibilidad que en la protección de sobreintensidad clásica
- Detección de las interrupciones del conductor en el sistema primario y en los circuitos secundarios del transformador de intensidad
- Localización de cortocircuitos o conexiones de fases intercambiadas en los circuitos del transformador de intensidad
- Señalización de los estados asimétricos en el sistema de energía
- Protección de máquinas eléctricas contra cargas asimétricas que son producidas por las tensiones asimétricas o las interrupciones del conductor (por ejemplo, debido a un fusible fundido).

La función viene preconfigurada de fábrica con 1 escalón. Se pueden utilizar, como máximo, 6 escalones simultáneamente. Si el equipo dispone de la función Detección de intensidad inrush de cierre, se pueden estabilizar los escalones contra una reac-

ción de disparo provocada por las intensidades inrush de cierre del transformador de potencia.

Funciones de protección de sobretensión (ANSI 59, 47, 59N)

Las sobretensiones aparecen por ejemplo en las líneas de gran longitud con pequeña o con ninguna carga. La protección de sobretensión supervisa el rango de tensión admisible, protege los componentes de planta contra daños evolutivos producidos por las sobretensiones y sirve para el desacoplamiento de plantas (por ejemplo, alimentaciones de instalaciones eólicas).

Se dispone de diferentes funciones de protección de sobretensión. Éstas están concebidas de manera estándar cada una con dos escalones que pueden ser ampliadas hasta con tres escalones idénticos.

Las siguientes funciones están disponibles:

Protección de sobretensión con tensión trifásica (ANSI 59)

- Medida opcional de las tensiones fase-fase o de las tensiones fase-tierra
- Métodos de medida: Medida opcional de la onda fundamental o del valor eficaz (RMS value).

Protección de sobretensión con tensión de secuencia positiva (ANSI 59)

- Detección de sobretensiones simétricas estacionarias con tensión de secuencia positiva
- Procedimiento de medida: Cálculo de la tensión de secuencia positiva a partir de las tensiones fase-tierra medidas.

Protección de sobretensión con tensión de secuencia positiva y compensación en equipos de protección de línea (ANSI 59)

- Debido a la capacidad por longitud pueden producirse sobretensiones estacionarias en el lado extremo de la línea (efecto Ferranti).
- Procedimiento de medida: Se calcula el sistema de secuencia positiva de la tensión en el lado extremo de la línea a partir de las tensiones e intensidades medidas localmente de acuerdo con el diagrama del circuito equivalente para la línea.

Protección de sobretensión con tensión de secuencia negativa (ANSI 47)

- Se supervisa la red y las máquinas eléctricas con relación a las asimetrías de tensión
- Procedimiento de medida: Cálculo de la tensión de secuencia negativa a partir de las tensiones fase-tierra medidas.

Protección de sobretensión con tensión homopolar/desplazamiento (ANSI 59N/64)

- Detección de faltas a tierra en redes aisladas o compensadas y también en componentes eléctricos de planta (por ejemplo, máquinas)
- Detección de la fase afectada por la falta a tierra (opcional)

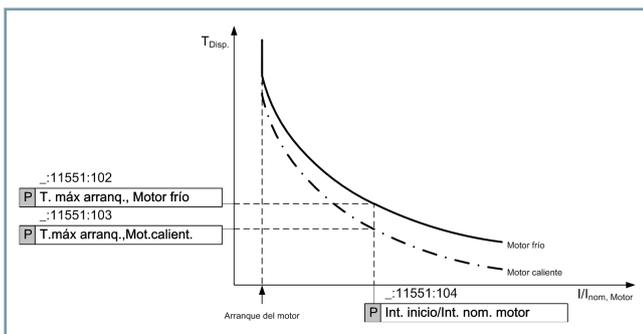
- Procedimiento de medida: Medida de la tensión de desplazamiento directamente en el devanado en triángulo abierto o cálculo de la tensión homopolar a partir de las tensiones fase-tierra
- Métodos de medida: Medida opcional de la onda fundamental (estándar o con muy fuerte atenuación de armónicos y transitorios) o del valor eficaz (RMS value).

Protección de sobretensión con cualquier tensión (ANSI 59)

- Detección de cualquier sobretensión monofásica para aplicaciones especiales
- Métodos de medida: Medida opcional de la onda fundamental o del valor eficaz (RMS value)

Supervisión del tiempo de arranque (ANSI 48)

La función de supervisión del tiempo de arranque protege el motor contra los procesos de arranque demasiado largos. Especialmente los motores de alta tensión con un rotor térmicamente crítico pueden ser llevados hasta sus límites térmicos, cuando son arrancados muchas veces. Si el proceso de arranque se prolonga, p.ej. por caídas de tensión inadmisibles al conectar el motor, por causa de un par de carga demasiado alto o por bloqueo del rotor, entonces el equipo de protección genera una orden de disparo. La [Figura 3.2/7](#) muestra la característica térmica de la función. Para el arranque desde un estado del motor en frío o en caliente, se pueden considerar diferentes tiempos de arranque máximos.



[dwtherms-200712-03.tif, 1, es_ES]

Figura 3.2/7 Característica térmica de la supervisión del tiempo de arranque

Cálculo de foco térmico (ANSI 49H)

La función Cálculo de foco térmico (hot spot calculation) protege los devanados del transformador contra destrucción térmica en caso de intensidades operacionales elevadas.

El cálculo del foco térmico considera las normas IEC 60076-7 e IEEE C57.91 y calcula para la función de protección tres magnitudes relevantes:

- Temperatura del foco térmico
- Envejecimiento relativo
- Reserva de carga hasta la advertencia/aviso de alarma

Estas magnitudes pueden ser utilizadas para la generación de una alarma. Además, la temperatura del foco térmico puede iniciar un disparo. El cálculo de la temperatura del foco térmico

depende de la temperatura superior de aceite del transformador, del método de enfriamiento, del factor de carga, de la dimensión del transformador, de la constante de aceite y de tiempo de espiras y de otros factores según IEC 60076-7 e IEEE C57.91.

El valor superior de la temperatura de aceite se detecta mediante puntos de medida de temperatura. Aquí se puede transmitir, como máximo, 12 puntos de medida de temperatura vía una unidad RTD al equipo de protección. Uno de estos puntos de medida puede ser seleccionado para el cálculo de la temperatura del foco térmico en aceite.

Los factores requeridos adicionalmente como el modo de enfriamiento y la dimensión del transformador pueden ser ajustados en la función por el mismo usuario. El envejecimiento relativo se determina cíclicamente y se incrementa a un envejecimiento total.

Protección de sobrecarga del estator (ANSI 49S)

La función de sobrecarga térmica del estator protege el motor contra sobrecargas térmicas supervisando el estado térmico del estator.

La protección de sobrecarga del estator calcula la sobret temperatura a partir de las intensidades de fase medidas según un modelo térmico equivalente a un cuerpo homogéneo. A partir de los valores de medida de intensidad muestreados con frecuencia alta (8 kHz), se determina para cada fase el valor eficaz (RMS Value). Por el amplio rango de trabajo de la frecuencia se consideran todas las magnitudes que puedan producir un calentamiento.

Escalones

Para la protección de sobrecarga térmica se dispone de un escalón de alarma de intensidad y de temperatura para generar una alarma antes del disparo. Las características de tiempo de disparo son funciones exponenciales según IEC 60255-8. La carga previa es considerada en los tiempos de disparo por sobrecarga.

Protección de sobreintensidad de arranque (ANSI 50)

Las turbinas a gas se accionan mediante un convertidor de arranque. La protección de sobreintensidad de arranque detecta los cortocircuitos en el rango inferior de frecuencia (a partir de 2 Hz hasta 3 Hz) y está dimensionada como protección de sobreintensidad. El valor de arranque se ajusta a un valor inferior a la intensidad nominal. La función sólo está activa durante el arranque (bloqueo mediante el interruptor abierto del convertidor de arranque). Con frecuencias superiores a 10 Hz, reacciona la adaptación de la frecuencia de muestreo y después se activan las demás funciones de cortocircuito.

Protección fallo del interruptor (ANSI 50BF)

La protección fallo del interruptor está concebida con dos escalones y ofrece un mecanismo adicional de protección para fases y tierra en caso de que el interruptor principal no produzca un disparo con una falta en la red. Si la intensidad de falta no desaparece después de un tiempo ajustable, se genera otra orden de disparo más o una orden de disparo para la barra. La función correcta del interruptor se supervisa por medida de intensidad y

mediante los contactos auxiliares del interruptor. La lógica de detección de intensidad funciona selectivamente por fase y, por lo tanto, puede ser utilizada también para efectuar un disparo monopolar.

La protección fallo del interruptor puede ser activada por todas las funciones integradas y también por las señales binarias o mediante la comunicación serie con mensajes GOOSE en los sistemas IEC 61850. Para elevar la seguridad de funcionamiento se efectúa una activación externa por 2 entradas binarias conectadas en paralelo. El arranque monopolar y el arranque tripolar pueden ser efectuados con diferentes temporizaciones.

Para las aplicaciones con 2 transformadores de intensidad por salida de línea, por ejemplo, aplicaciones de interruptor y medio, barra en anillo o 2 conmutadores, el equipo puede ser configurado con 2 funciones fallo del interruptor independientes entre sí.

Acoplamiento externo

Se puede acoplar cualquier señal de equipos externos de protección y supervisión por las entradas binarias o por la comunicación serie. Estas señales pueden ser incluidas en el procesamiento de avisos y de disparo o también pueden ser utilizadas para iniciar la perturbografía. El acoplamiento se comporta prácticamente como una función de protección. Opcionalmente, la orden de disparo puede ser temporizada. Si el equipo y el interruptor están concebidos para esta operación, se dispone de una desconexión monopolar. De esta manera, es posible integrar los dispositivos de protección mecánicos (por ejemplo, detector de presión o de nivel de aceite o protección Buchholz) como también los equipos de protección en operación paralela sin ningún problema. Dependiendo de la aplicación se puede seleccionar el número necesario de acoplamientos.

Desconexión rápida por alta intensidad (ANSI 50HS)

En caso de un cierre sobre una línea afectada por una falta se puede generar un disparo instantáneo. Con elevadas intensidades de falta, esta protección de sobreintensidad con disparo rápido genera, en caso de un cierre sobre una falta, un disparo inmediato.

La función está preconfigurada por entrega con un escalón. Dentro de la función se pueden activar simultáneamente, como máximo, dos escalones. Los escalones están estructurados de manera idéntica. La propia detección de cierre se realiza en la detección del estado de conmutación. Ésta reacciona directamente en caso de un cierre manual o el estado de conmutación se detecta automáticamente a partir de las magnitudes de medida (intensidad, tensión) o mediante los contactos auxiliares del interruptor.

Para una aplicación en el transformador, el escalón de intensidad debe ser ajustado a un valor mayor que la intensidad de cortocircuito máxima circulante o mayor que la intensidad inrush de cierre.

Protección de zona muerta (ANSI 50EF)

Sin medidas especiales, el lugar de montaje del transformador de intensidad define el rango de medida de la protección diferencial. Si el interruptor está abierto, se puede proteger la zona

entre el transformador de intensidad y el interruptor óptimamente por la protección de zona muerta. Una intensidad detectada cuando el interruptor está abierto caracteriza una falta en el rango afectado. Mediante un disparo correspondiente a los interruptores adyacentes se puede despejar la falta.

En cooperación con la protección de barra, la reacción a una falta depende de la posición de montaje del transformador de intensidad. Con los transformadores de intensidad instalados en el lado de la barra, un disparo a la sección de barra se efectúa de manera inmediata y selectiva. Con los transformadores de intensidad instalados en el lado de la línea, la protección de zona muerta puede generar un disparo al interruptor en el lado opuesto mediante un dispositivo de transmisión.

Protección contra reencendido del arco en el interruptor (ANSI 50RS)

La función Protección contra reencendido del arco en el interruptor detecta la presencia de una reignición del arco en el interruptor que, por ejemplo, puede ser producida por sobreintensidad en los polos del interruptor después de una desconexión de un banco de condensadores. La función genera en caso de un reencendido del arco en el interruptor una señal de disparo de reserva.

Disparo rápido por cierre sobre una falta (SOTF)

Esta función está disponible para aplicaciones en las cuales la protección de sobreintensidad con disparo rápido (50HS) no es suficiente o no puede ser utilizada. Ésta posibilita una desconexión rápida también en caso de intensidades de falta más bajas. La función no dispone de una función de medida propia. La protección es vinculada por una entrada con el arranque (la medida) de otra protección, por ejemplo, con el escalón de una protección de sobreintensidad, y efectúa un disparo propio en caso de un cierre sobre una falta. Generalmente, se configuran tales escalones de protección que efectúan un disparo temporizado. La propia detección de cierre se realiza en la detección del estado de conmutación.

Protección de salto de carga (ANSI 50L)

La función Protección de salto de carga sirve para la protección de motores en caso de un bloqueo abrupto del rotor. Mediante una desconexión rápida del motor, en un caso así, se evitan y se reducen los daños en los engranajes, cojinetes y en los demás componentes mecánicos del motor.

Por causa del bloqueo del rotor se produce un salto de intensidad en las fases. El salto de intensidad es utilizado por la función como criterio de detección.

También la protección de sobrecarga térmica puede reaccionar tan pronto como los valores umbrales parametrizados de la imagen térmica sean superados. Sin embargo, la Protección de salto de carga está en condiciones de reconocer más rápidamente un rotor bloqueado y, de esta manera, poder reducir posibles daños en el motor y en los componentes accionados.

Protección de sobreintensidad, fases y tierra (ANSI 50/51, 50N/51N)

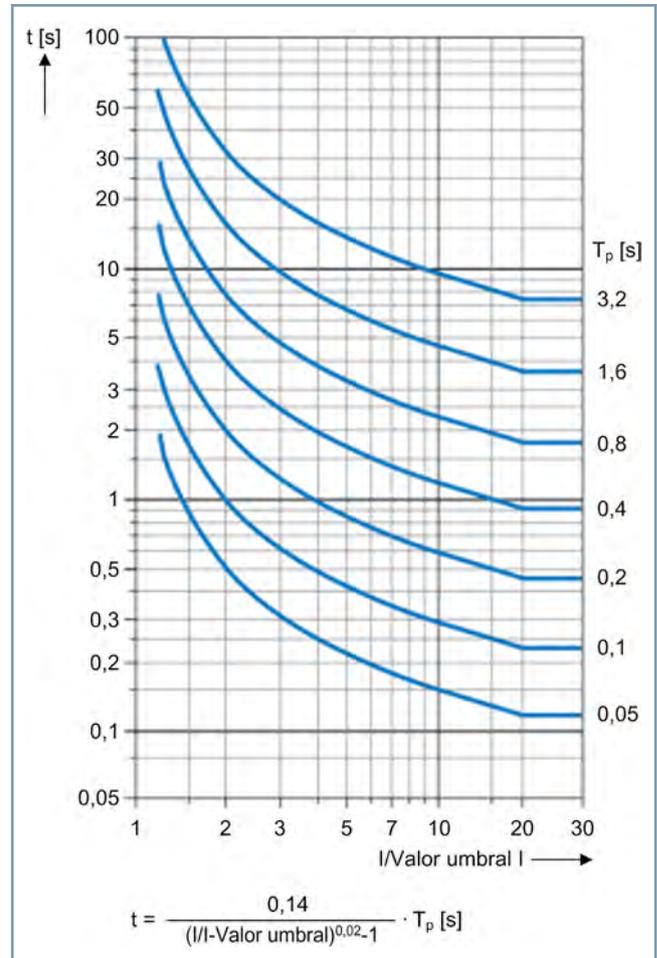
Las funciones Protección de sobreintensidad para fases y tierra detectan los cortocircuitos en los componentes eléctricos de planta. La protección de sobreintensidad no direccional es apropiada como protección principal en redes radiales de alimentación unilateral o redes anulares con funcionamiento abierto. Esta función puede ser utilizada como protección de reserva o como protección de sobreintensidad de emergencia aparte de la protección principal, por ejemplo, para líneas o transformadores. Para transformadores, la aplicación preferida es la protección de reserva para las redes ubicadas posteriormente.

Están preconfigurados dos escalones de protección de sobreintensidad de tiempo definido (escalones S-int. T-def.) y un escalón de protección de sobreintensidad de tiempo inverso (escalón S-int. T-inv.). Dentro de la función, se puede configurar otros escalones S-int. T-def. y también un escalón con característica definida por el usuario.

Para los escalones S-int. T-inv. están disponibles todas las características usuales según IEC y ANSI/IEEE, ver, por ejemplo, [Figura 3.2/8](#).

Los escalones de la protección de sobreintensidad están estructurados de manera idéntica, con excepción de la característica.

- Éstos pueden ser bloqueados individualmente por entrada binaria o por otras funciones (por ejemplo, detección de la intensidad inrush de cierre, reenganche automático, detección de cierre de carga en frío).
- Cada escalón puede ser estabilizado contra interferencias producidas por las intensidades inrush de cierre del transformador.
- Cada escalón puede ser utilizado como escalón de alarma (sin aviso de disparo).
- En el procedimiento de medida se puede elegir entre la medida de la onda fundamental o del valor eficaz.
- La función a tierra evalúa la intensidad homopolar calculada (3I0) o la intensidad a tierra medida.
- Los retardos de reposición pueden ser ajustados individualmente.



[dw_IEC-kennlinie, 1, es_ES]

Figura 3.2/8 Característica de tipo "Inversa normal"

Protección de sobreintensidad, monofásica (ANSI 50N/51N)

Para transformadores, la aplicación preferida es la protección de reserva para las redes conectadas al devanado estrella puesto a tierra. Aquí se puede procesar directamente la intensidad de punto neutro del transformador. Alternativamente, se puede utilizar la función también como protección diferencial de faltas a tierra de alta impedancia.

Otra alternativa es la protección de cuba para transformadores en posición aislada.

La estructura y la capacidad de la función de protección son idénticas a la función de sobreintensidad a tierra (ANSI 50N/51N).

Protección sensible de intensidad a tierra (ANSI 50Ns/51Ns)

La función de protección sensible de intensidad a tierra detecta las intensidades de falta a tierra en las redes aisladas y compensadas. Además, ésta puede ser utilizada para aplicaciones especiales donde se requiere una medida de intensidad muy sensible. Los arranques de protección y los disparos pueden ser guardados en el buffer separado de faltas a tierra.

Protección de faltas a tierra intermitentes

Las faltas intermitentes (reencendido) se producen debido a deficiencias de aislamiento en los cables, o por penetración de agua en los empalmes de cable. Las faltas desaparecen por si mismas en algún momento o se convierten en cortocircuitos permanentes. Durante la intermitencia, las resistencias de punto neutro pueden ser sobrecargadas térmicamente en las redes puestas a tierra por baja impedancia. La protección de faltas a tierra normal no puede detectar los impulsos de intensidad muy breves ni tampoco desconectarlos de manera segura.

La selectividad necesaria en caso de faltas a tierra intermitentes se logra por integración temporal de los impulsos individuales y un disparo después de alcanzar un tiempo integrado (ajustable). El umbral de arranque I_{IE} > evalúa los valores eficaces con relación a un período de red.

Detección de intensidad inrush de cierre del transformador

Si se aplica el equipo, por ejemplo, en la salida de un transformador, se debe tener en cuenta las altas intensidades (inrush) producidas en las operaciones de cierre de contactos del transformador. Éstas pueden llegar a ser un múltiplo de la corriente nominal, y según el tamaño y la forma de construcción del transformador pueden estar pasando entre algunas decenas de milisegundos hasta algunos segundos. La función detección de intensidad inrush de cierre reconoce un proceso de cierre del transformador y genera una señal de bloqueo para las funciones de protección que son influenciadas por los inevitables procesos de cierre de transformadores. Por lo tanto, es posible efectuar un ajuste sensible de esta función de protección.

Para una detección segura de procesos de cierre, la función utiliza los procedimientos de medida **Análisis de armónicos y Procedimiento CWA** (análisis de la forma de onda de intensidad). Ambos procedimientos operan paralelamente y vinculan el resultado por lógica OR. Es decir, se efectúa una **decisión 1 de 2** que eleva la disponibilidad de la instalación eléctrica.

Protección de energización accidental (ANSI 50/27)

Un cierre no intencionado del interruptor puede producir daños en el generador parado o ya puesto en marcha, pero todavía no excitado o sincronizado. La función de protección se encarga de limitar los daños posibles. La tensión alimentada por la red hace que el generador funcione con un gran deslizamiento como máquina asíncrona. Por consecuencia se inducen en el rotor intensidades inadmisiblemente altas. Una lógica compuesta de medida de intensidad sensible por fase, indicador de valores de medida, control de tiempo, bloqueo a partir de una tensión mínima produce una orden de disparo inmediato. Si el monitor de fallo fusible (Fuse-Failure-Monitor) reacciona, esta función ya no tiene efecto.

3.2

Protección de intensidad en el eje (ANSI 50GN)

La función de protección es necesaria sobre todo para los generadores de plantas hidroeléctricas. Dependiendo de la construcción, los generadores de plantas hidroeléctricas disponen de ejes relativamente largos. Debido a diversos motivos, como fricción, campos magnéticos de los generadores y otros más, se puede formar una tensión en el eje que después actúa como

fuerza de tensión. Esta tensión inducida de aproximadamente 10 V hasta 30 V depende de la carga, de la instalación y de la máquina. Si la película de aceite en un cojinete del eje es demasiado fina, se puede producir una descarga disruptiva. Dado su carácter de bajo ohmiaje (eje, cojinete y toma a tierra) pueden fluir fuertes corrientes que pueden dañar el cojinete. La experiencia muestra que las intensidades mayores que 1 A ya son críticas para los cojinetes. Ya que diferentes cojinetes pueden estar afectados, se mide la intensidad circulante en el eje mediante un transformador toroidal especial.

La protección de intensidad en el eje procesa esta intensidad y produce un disparo en caso de un sobrepaso del valor umbral. Aparte de la onda fundamental se puede evaluar el 3er armónico y la mezcla estas intensidades (1er y 3er armónico). La magnitud de medida como también el valor umbral se determinan durante la puesta en marcha. Debido a la técnica de medida elegida, se alcanza una alta exactitud de medida (umbral secundario mínimo de 0,3 mA).

Protección de sobreintensidad dependiente de la tensión (ANSI 51V)

Aquí, igualmente están integradas la protección de cortocircuito y la protección de reserva. La función se aplica donde la protección de la red opera con dispositivos de protección dependientes de la intensidad.

Existen 3 tipos de función diferentes (tipos de escalón):

- Controlada
- Dependiente de la tensión
- Sostenimiento por subtensión

La función de intensidad puede ser controlada mediante una evaluación de la tensión de la máquina. El tipo de función **controlada** autoriza el escalón de intensidad sensible. En el tipo **dependiente de la tensión**, el valor de reacción de intensidad se reduce linealmente con la tensión descendente. El monitor de fallo fusible (Fuse-Failure-Monitor) evita un funcionamiento intempestivo.

Se da soporte a las características IEC y ANSI, ver [Tabla 3.2/1](#).

Características dependientes de la intensidad con soporte		
Característica	ANSI/IEEE	IEEE/IEC 60255-3
Inversa	•	•
Inversa moderada	•	
Inversa alta	•	•
Extrem. inversa	•	•
Inversa total	•	

Tabla 3.2/1 Característica IEC y ANSI

Para las aplicaciones de protección del generador se utiliza usualmente la función **Sostenimiento por subtensión**. Si el transformador de excitación está conectado directamente a la desviación del generador y se produce un cortocircuito, la tensión de excitación disminuye. De esta manera, se reduce la tensión de rueda polar y también la intensidad de cortocircuito que puede disminuir por debajo del valor de reacción. Con la función de sostenimiento por subtensión se mantiene efectivo

el arranque. Si se elimina una falta externa según el escalonamiento de protección, la recuperación de la tensión produce una reposición del sostenimiento de arranque. Si ocurre una caída de tensión debido a una falta en el circuito del transformador de tensión, no se produce ningún funcionamiento intempestivo. Un arranque está condicionado adicionalmente por una sobreintensidad.

Protección de arco

La función Protección de arco detecta los arcos eléctricos en las subestaciones mediante sensores ópticos. De esta manera se puede reconocer los arcos eléctricos existentes de manera fiable y rápida. El equipo de protección puede producir rápidamente un disparo respectivo y sin temporización.

La detección de arcos eléctricos se efectúa solo ópticamente o por opción, utilizando un criterio de intensidad adicional para evitar una reacción intempestiva.

La función Protección de arco dispone de una autosupervisión. Ésta supervisa los sensores ópticos de arco eléctrico y los cables de fibra óptica.

Protección contra picos de sobretensión para condensadores (ANSI 59C)

El dieléctrico de un condensador sufre daños debido a la intervención de la tensión de pico. Por lo tanto, las tensiones de pico muy altas pueden producir la destrucción del dieléctrico. Los estándares IEC y IEEE definen cuánto tiempo y qué sobretensiones deben resistir los condensadores.

La función determina por cálculo la tensión de pico selectiva por fase a partir de la onda fundamental y los armónicos sobrepuestos. Aquí se obtiene la tensión de pico por integración a partir de las intensidades de fase.

La función ofrece en relación al tiempo de retardo diferentes tipos de escalones:

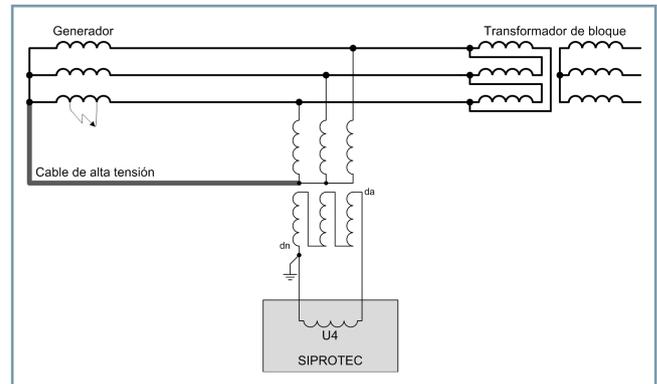
- Escalón con característica inversa según las normas IEC e IEEE
- Escalones con característica definible por el usuario
- Escalón con característica independiente

Como máximo, se puede conectar paralelamente 4 escalones con característica independiente.

Protección de cortocircuitos entre espiras (ANSI 59N (IT))

La protección de cortocircuito entre espiras sirve para detectar cortocircuitos entre las espiras dentro de un devanado (fase) del generador. En este caso pueden fluir intensidades circulares relativamente altas en las espiras cortocircuitadas y producir daños en el devanado y en el estator. La función de protección se distingue por su gran sensibilidad. Mediante 3 transformadores de tensión aislados bipolarmente se determina la tensión de desplazamiento en el devanado en triángulo abierto. Para ser insensible a cortocircuitos a tierra, el punto neutro aislado del transformador de tensión debe estar conectado mediante un cable de alta tensión con el punto neutro del generador. El punto neutro del transformador de tensión no debe estar puesto a tierra, ya que en tal caso el punto neutro del generador también lo estaría y esto produciría un cortocircuito a tierra monopolar cada vez que exista un cortocircuito a tierra. En caso

de un cortocircuito entre espiras se produce una caída de tensión en la fase afectada. Ésta provoca finalmente una tensión de desplazamiento que es registrada en el devanado en triángulo. La sensibilidad está limitada, más que todo, por las asimetrías del devanado y menos por el equipo de protección. La función de protección procesa la tensión en el devanado de triángulo abierto y determina la onda fundamental. El diseño de filtro elegido suprime la influencia de las oscilaciones de alta frecuencia y elimina las interferencias de 3er armónicos. De esta manera, la sensibilidad de medida requerida es alcanzada.



[dw_7um85-Ausf-bsp, 1, es_ES]

Figura 3.2/9 Ejemplo de aplicación

Protección de tensión continua/intensidad continua (ANSI 59N(DC), 50N(DC))

Los generadores de planta hidroeléctrica o las turbinas a gas se accionan mediante un convertidor de arranque. En caso de una falta a tierra en el circuito intermediario del convertidor de arranque se produce un desplazamiento de la tensión continua y también una intensidad continua. Ya que los transformadores de punto neutro o de puesta tierra disponen de una resistencia óhmica menor que el transformador de tensión, circula por éstos la mayor parte de la intensidad continua. Por lo tanto, existe un peligro de destrucción por sobrecarga térmica. La intensidad continua se detecta mediante un transformador de Shunt conectado directamente en el Shunt (convertidor de medida o transformador especial). Según la versión del convertidor de medida se conducen al equipo SIPROTEC 7UM85 intensidades o tensiones.

El algoritmo de medida elimina la componente de intensidad continua y efectúa la decisión de valor umbral. La función de protección es efectiva a partir de 0 Hz. Si se conduce una tensión desde el convertidor de medida al equipo de protección, la conexión debe estar protegida contra interferencias y debe ser corta. Una conducción de una señal de 4 mA hasta 20 mA ofrece ventajas ya que las intensidades alimentadas son menos sensibles frente a las interferencias y simultáneamente éstas posibilitan una detección de rotura de hilo.

La función puede ser utilizada también para aplicaciones especiales. Así, se puede evaluar para la magnitud conectada a la entrada el valor eficaz en un amplio rango de frecuencia.

Protección 90 % de faltas a tierra del estator (ANSI 59N, 67Ns)

En los generadores con funcionamiento aislado, una falta a tierra se manifiesta por la aparición de una tensión de desplazamiento. En una conexión de bloque, la tensión de desplazamiento es un criterio de protección selectivo. Si el generador y la barra están conectados directamente (conexión de barras), se debe evaluar para una detección selectiva de faltas a tierra adicionalmente la dirección de la intensidad a tierra circulante. La función de protección mide la tensión homopolar, ya sea en el punto neutro del generador mediante un transformador de tensión o en la desviación mediante el devanado en triángulo abierto de un transformador de tensión o un transformador de puesta a tierra. Opcionalmente, la tensión de desplazamiento (tensión homopolar) también puede ser calculada a partir de las tensiones fase-tierra. Dependiendo de la resistencia de carga elegida, se puede proteger el 85 % hasta el 95 % del devanado del estator de un generador.

Para la medida de la intensidad a tierra se utiliza una entrada de intensidad sensible. Ésta debe estar conectada a un transformador toroidal de cables. A partir de la tensión homopolar y la intensidad a tierra se determina la dirección de falta. La recta direccional puede ser adaptada a las condiciones de la instalación sin ningún problema. De esta manera se realiza una protección eficaz de un generador en conexión de barra. Durante el arranque se debe activar adicionalmente la medida de tensión de desplazamiento ya que, en caso dado, la fuente de intensidad a tierra (red conectada o dispositivo de carga en la barra) puede faltar. La protección de faltas a tierra del estator está realizada con diferentes tipos de escalón disponibles. Estos deben ser cargados al equipo dependiendo de la aplicación (conexión de bloque o de barras).

Tipos de escalón:

- Medida de la tensión de desplazamiento (evaluación de la tensión homopolar) U0>
- Escalón direccional 3I0 con medida ϕ (U0, 3I0) (recta direccional libremente ajustable)
- Escalón 3I0 no direccional

Protección contra faltas a tierra del estator con 3er armónico (ANSI 27TH/59TH, 59THD)

Dependiendo del tipo constructivo, un generador puede generar una tensión de 3er armónico que produce un sistema homopolar. Esta tensión puede ser comprobada mediante un devanado en triángulo abierto en la desviación del generador o mediante un transformador de tensión o transformador en el punto neutro del generador. La altura de la amplitud de tensión depende de la máquina y del funcionamiento.

En caso de una falta a tierra en la cercanía del punto neutro, se produce un desplazamiento de la tensión de 3er armónico (disminución en el punto neutro o elevación en la desviación). En combinación con la protección 90% de faltas a tierra del estator (U0>), se puede proteger el 100 % del devanado del estator.

La función de protección ha sido diseñada de manera que se puedan elegir diferentes métodos de medida y sean posibles diferentes aplicaciones:

- Protección de subtensión de 3er armónico en el punto neutro del generador
- Protección de sobretensión de 3er armónico en la desviación del generador
- Protección diferencial de tensión de 3er armónico (con magnitudes de medida del punto neutro y la desviación)

Una aplicación típica es la protección de subtensión de 3er armónico en el punto neutro del generador. La función de protección sólo es utilizable para conexión de bloque.

Para evitar reacciones intempestivas, se otorga una autorización cuando una potencia activa mínima es sobrepasada y la tensión del generador se encuentra en el rango de tensión admisible.

El ajuste de protección definitivo sólo puede ser realizado efectuando una prueba primaria del generador. Si la magnitud de 3er armónico es mínima, la función de protección no puede ser utilizada.

Protección 100 % de faltas a tierra del estator con acoplamiento de 20 Hz (ANSI 64S)

El acoplamiento de una fuente de tensión de 20 Hz se ha hecho evidente como un procedimiento seguro y fiable para la detección de faltas en el punto neutro o en la cercanía del punto neutro de generadores en conexión de bloque. Contrario al criterio de 3er armónico este procedimiento es independiente de las propiedades del generador y el modo de funcionamiento. Además, es posible efectuar una medida durante el paro de la instalación. La función de protección está diseñada de manera que pueda detectar las faltas a tierra tanto en el generador completo (protección al 100 %) como también en los componentes de planta conectados eléctricamente.

La función de protección determina la tensión acoplada de 20 Hz y la intensidad circulante de 20 Hz. Mediante un modelo matemático se eliminan las magnitudes interferentes como, por ejemplo, las capacidades del estator y se determina la resistencia óhmica. De esta manera, se garantiza, por un lado, una alta sensibilidad y por otro, se posibilita la utilización de generadores con grandes capacidades a tierra, por ejemplo, en las plantas hidroeléctricas.

El error angular como también las resistencias de transición del transformador de puesta a tierra o del transformador de punto neutro se determinan durante la puesta en marcha y se corrigen con un algoritmo. La función de protección dispone de un escalón de alarma y de disparo. Además, se realiza una supervisión del circuito de medida y la detección de un fallo del generador de 20 Hz. Además, la función de protección dispone de una función autónoma de medida de frecuencia y puede controlar en las instalaciones que son arrancadas por un convertidor de frecuencia (por ejemplo, turbinas a gas) esta función evitando un funcionamiento intempestivo.

Independientemente del cálculo de la resistencia a tierra, la función de protección como función de reserva evalúa adicionalmente la amplitud del valor eficaz de la intensidad.

Si en las instalaciones con interruptor de generador existe además una resistencia de carga paralela (transformador de puesta a tierra con resistencia de carga al lado de baja tensión del transformador de bloque), esta se corrige automáticamente. El control se realiza por una entrada binaria la cual recibe una señal del contacto auxiliar del interruptor.

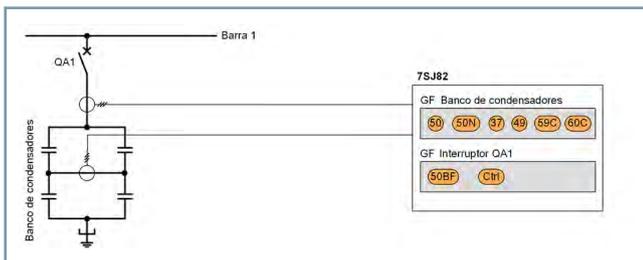
Protección contra asimetría de intensidades para bancos de condensadores (ANSI 60C)

Los bancos de condensadores están realizados en las denominadas conexiones en H (ver [Figura 3.2/10](#)). En esta configuración, el fallo de un sólo elemento C genera una asimetría en el banco y, por consecuencia, fluye una intensidad de asimetría por la conexión transversal.

La función mide selectivamente por fase la intensidad de asimetría en la conexión transversal. El escalón de sobreintensidad reacciona al sobrepasarse un valor umbral y genera un disparo después de una temporización. El escalón de contaje genera una alarma o un disparo si se ha detectado un número determinado de elementos C defectuosos.

Para poder detectar ya las menores intensidades de asimetría – como resultado de un elemento C defectuoso – se deben compensar también las asimetrías de funcionamiento que igualmente producen intensidades asimétricas. La función permite una compensación tanto estática como dinámica. Esta última debe ser aplicada si las influencias ambientales dinámicas como las variaciones de temperatura ya producen asimetrías relevantes de funcionamiento.

Además, la asimetría medida puede ser normalizada opcionalmente con la intensidad del banco de condensadores para garantizar también con diferentes potencias una sensibilidad de arranque constante.



[dw_CapBank_SLE vereinfacht, 2, es_ES]

Figura 3.2/10 Protección de un banco de condensadores en conexión H

Detección de fallo de tensión de medida (ANSI 60FL)

Esta función controla los circuitos secundarios del transformador de tensión en cuanto a:

- Transformadores de medida no conectados
- Una reacción del interruptor magnetotérmico del transformador de tensión (con cortocircuito en el circuito secundario)
- Una rotura de conductor en uno o en varios bucles de medida

Estos casos mencionados establecen en los circuitos secundarios de los transformadores de tensión una tensión 0. Esto puede producir un malfuncionamiento en las funciones de protección.

Las siguientes funciones de protección se bloquean automáticamente en caso de un fallo de la tensión de medida:

- Protección de distancia
- Protección direccional de secuencia negativa
- Protección de faltas a tierra de alta impedancia en redes puestas a tierra

Protección contra faltas a tierra del rotor (ANSI 64F)

La función de protección reconoce las faltas a tierra en el rotor (incluso el circuito del rotor). Mediante un escalón de alarma se señalizan las faltas de alta impedancia existentes. El personal de servicio puede reaccionar correspondientemente (por ejemplo, control de los anillos colectores). En caso de una falta a tierra de baja impedancia se efectúa un disparo y se produce un paro de la máquina. De esta manera se evita el caso crítico de una 2da falta a tierra, que significa un cortocircuito entre espiras del devanado del rotor. Debido al cortocircuito entre espiras pueden ocasionarse desequilibrios magnéticos que por las fuerzas mecánicas extremas producirían la destrucción de la máquina.

Dependiendo de la aplicación, se puede elegir entre 3 diferentes realizaciones.

Medida de la intensidad a tierra del rotor $I_{>}, fn$

En este método se conduce en el circuito del rotor una tensión con frecuencia de red (50 Hz, 60 Hz) mediante un dispositivo de acoplamiento (7XR61 + 3PP1336). Mediante la función de protección se supervisa el umbral de intensidad por una entrada de intensidad sensible. Se pueden ajustar dos escalones de intensidad (advertencia, disparo). Además, se controla mediante un escalón de subintensidad si existe en el circuito del rotor una interrupción.

Medida de la resistencia del rotor $R_{<}, fn$

En este método se conduce en el circuito del rotor igualmente una tensión con frecuencia de red (50 Hz, 60 Hz) mediante un dispositivo de acoplamiento (7XR61 + 3PP1336). Aparte de medir la intensidad por la entrada de intensidad sensible se evalúa adicionalmente la tensión acoplada. Mediante un modelo matemático se calcula la resistencia a tierra del rotor. Con este procedimiento se elimina la influencia interferente de la capacidad a tierra del rotor y se eleva la sensibilidad. Con una tensión de excitación sin perturbación se pueden detectar resistencias de error de máximo 30 kΩ. La función está estructurada con dos escalones (escalón de advertencia y de disparo). Además, se controla mediante un escalón de subintensidad si existe en el circuito del rotor una interrupción.

Medida de la resistencia del rotor $R_{<}, 1 \text{ Hz hasta } 3 \text{ Hz}$

Con este método se acopla en el circuito del rotor una tensión rectangular de baja frecuencia (típico 1 Hz hasta 3 Hz) mediante un dispositivo de acoplamiento (7XT71) y un dispositivo de resistencia (7XR6004). Mediante este método de medida se elimina la influencia interferente de la capacidad a tierra del rotor y se obtiene una buena relación señal/ruído frente a los armónicos (por ejemplo, 6to armónico) del dispositivo de excitación. Una alta sensibilidad en la medida es posible. Se pueden detectar resistencias de error de hasta 80 kΩ. La supervisión del circuito a tierra del rotor con relación a una interrupción se

efectúa por evaluación de la intensidad durante el cambio de polaridad.

Debido a la alta sensibilidad se recomienda esta función para generadores de gran volumen.

La función requiere una configuración de Hardware del equipo SIPROTEC 7UM85 con un módulo IO210.

Bloqueo de re arranque (ANSI 66)

El bloqueo de re arranque impide el re arranque del motor si por esta causa se excedería el límite de temperatura admisible.

Por lo general, en funcionamiento normal y también bajo condiciones de cargas elevadas, la temperatura del rotor de un motor se mantiene considerablemente por debajo del límite de temperatura admisible. Las altas intensidades requeridas durante el arranque del motor elevan el riesgo de que en vez del estator se dañe el rotor por sobrecalentamiento. Esto proviene de la breve constante térmica del rotor. Para evitar que el interruptor sea disparado por los múltiples intentos de arranque, se debe bloquear un re arranque del motor si ya es evidente que el límite de temperatura del rotor será superado durante estos intentos de arranque (Figura 3.2/11).

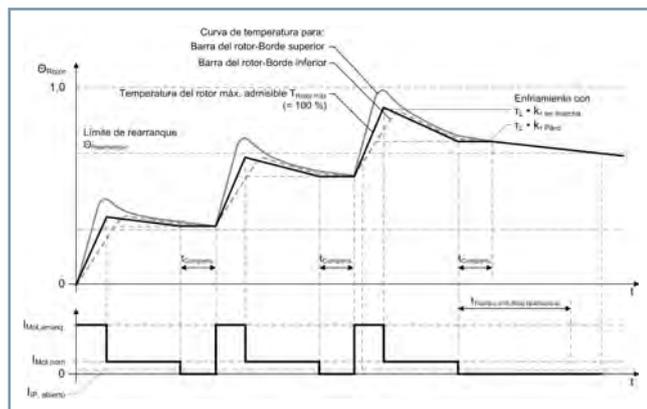


Figura 3.2/11 Curva de temperatura del rotor e intentos de arranque sucesivos del motor

Protección direccional de sobreintensidad, fases y tierra (ANSI 67, 67N)

Las funciones Protección direccional de sobreintensidad para fases y tierra detectan los cortocircuitos en los componentes eléctricos de planta. La protección de sobreintensidad dependiente de la dirección permite la aplicación de los equipos también en redes donde para alcanzar la selectividad se necesita aparte del criterio de sobreintensidad, también la dirección del flujo de energía hacia el lugar de la falta como criterio adicional. Esto ocurre, por ejemplo, en líneas paralelas alimentadas unilateralmente, en tramos de línea alimentadas bilateralmente o en líneas conectadas en anillo.

Están preconfigurados dos escalones de protección de sobreintensidad de tiempo definido (escalones S-int. T-def.) y un escalón de protección de sobreintensidad de tiempo inverso (escalón S-int. T-inv.). Dentro de la función, se puede configurar

otros escalones S-int. T-def. y también un escalón con característica definida por el usuario.

Para los escalones S-int. T-inv. están disponibles todas las características usuales según IEC y ANSI/IEEE.

La Figura 3.2/12 muestra la capacidad de configuración libre de la característica direccional de la función de tierra. Para la función de fases se puede girar la característica.

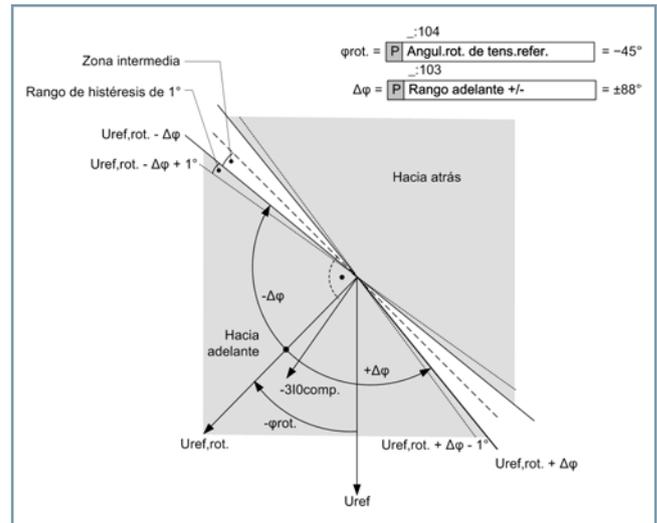


Figura 3.2/12 Característica direccional de la función a tierra

Los escalones están estructurados de manera idéntica, con excepción de la característica.

- Posibilidades de bloquear el escalón: por una pérdida de la tensión de medida, por una señal de entrada binaria o por otras funciones (reenganche automático, detección de cierre de carga en frío).
- Cada escalón puede ser estabilizado contra interferencias producidas por las intensidades inrush de cierre del transformador.
- El sentido direccional es ajustable por escalón.
- Opcionalmente se puede utilizar el escalón para la protección por comparación direccional. Aquí se puede realizar tanto un esquema de autorización como un esquema de bloqueo.
- Cada escalón puede ser utilizado como escalón de alarma (sin aviso de disparo).
- En el procedimiento de medida se puede elegir entre la medida de la onda fundamental o del valor eficaz.
- La función a tierra evalúa la intensidad homopolar calculada (3I0) o la intensidad a tierra medida.
- Para los escalones a tierra se disponen también de características logarítmicas inversas.

Protección direccional de faltas a tierra con selector de fase para faltas a tierra de alta impedancia (ANSI 67G, 50G, 51G)

En las redes puestas a tierra puede ocurrir la situación que la sensibilidad general en la protección de línea no es suficiente para detectar faltas tierra de alta impedancia. Por esta razón, el

equipo de protección de línea ofrece diferentes escalones de protección para este tipo de falta.

Varios escalones

Para faltas a tierra, la protección de sobreintensidad puede ser utilizada con seis escalones de tiempo definido (DT) y con un escalón de tiempo inverso (IDMTL).

Las siguientes características inversas están disponibles:

- Inversa según IEC 60255-3
- Inversa según ANSI/IEEE
- Logarítmica inversa
- U_0 inversa
- S_0 inversa

Determinación direccional

La determinación direccional se efectúa a partir de la intensidad homopolar I_0 y la tensión homopolar U_0 como también de las componentes de sistema de secuencia negativa U_2 y I_2 . La utilización de las componentes de secuencia negativa resulta ventajosa cuando la tensión homopolar es muy baja debido a las impedancias homopolares desfavorables.

Adicional o alternativamente a la determinación direccional con la tensión homopolar, se puede utilizar también la intensidad a tierra de un transformador puesto a tierra. Con esto se puede cumplir con el requerimiento de dos determinaciones direccionales independientes. Alternativamente, la dirección puede ser determinada también por la evaluación de la potencia homopolar. Cada escalón puede ser aplicado para la dirección hacia adelante, hacia atrás y para ambas direcciones (no direccional).

Alta sensibilidad y estabilidad

Los equipos SIPROTEC 5 pueden ser equipados con una entrada de transformador de intensidad a tierra sensible. De esta manera, la intensidad a tierra (intensidad de falta) puede ser determinada en un rango de medida de 5 mA hasta 100 A (intensidad nominal del equipo 1 A) o de 5 mA hasta 500 A (intensidad nominal del equipo 5 A). Esto garantiza una sensibilidad extrema para la protección de sobreintensidad en caso de faltas a tierra.

La función está equipada con algoritmos de filtro especiales para eliminar los armónicos más altos. Esto es importante especialmente en caso de intensidades de falta a tierra muy bajas que generalmente contienen una componente de armónicos de 3er y 5to orden.

Modificación dinámica

EL reajuste dinámico de umbrales de arranque y temporizaciones puede ser activado dependiendo del estado de la función RE. Para cada escalón se puede activar un disparo inmediato para un cierre sobre una falta.

Selector de fase

Mediante un selector de fase sofisticado, la protección de faltas a tierra puede efectuar un disparo tripolar o monopolar. Ésta puede ser bloqueada durante el tiempo de pausa de un ciclo de reenganche monopolar o durante el arranque de una función de protección principal.

Detección direccional sensible de faltas a tierra (ANSI 67Ns, ANSI 51Ns, 59N)

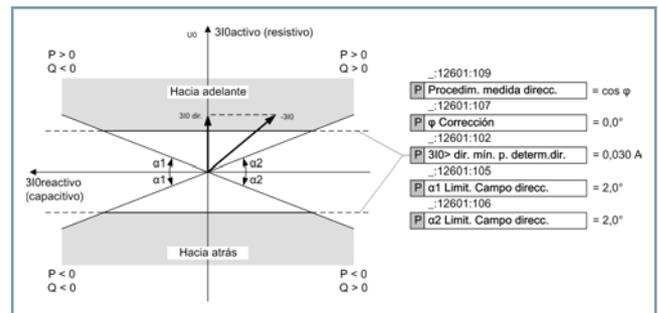
La función detección de faltas a tierra direccional sensible detecta las intensidades de falta a tierra en las redes aisladas y compensadas. Para esto, la función ofrece diferentes escalones funcionales que también pueden ser utilizados simultáneamente. De esta manera, el modo de funcionamiento puede ser adaptado óptimamente a las condiciones de la red, a los requerimientos del usuario y a las diferentes evaluaciones de falta.

Escalón de sobretensión con tensión homopolar/desplazamiento

La tensión de sistema homopolar (tensión de desplazamiento) es evaluada con relación a un sobrepaso de un valor umbral. Además, la fase afectada por la falta puede ser determinada conectando las tensiones fase-tierra.

Escalón direccional de faltas a tierra con determinación direccional según la medida $\cos \varphi$ o $\sin \varphi$

Esto es el procedimiento de medida "clasico" vatimétrico ($\cos \varphi$, en la red compensada) o varimétrico ($\sin \varphi$, en la red aislada) para la detección direccional de las faltas a tierra estáticas. Para la determinación direccional es relevante la componente de intensidad vertical a la característica direccional ajustada (= eje de simetría) ($3I_{0\text{dir}}$), ver [Figura 3.2/13](#). El escalón es adaptable a las condiciones de la red mediante un ajuste correspondiente (posición de la característica direccional). De esta manera es posible realizar medidas muy sensibles y exactas.



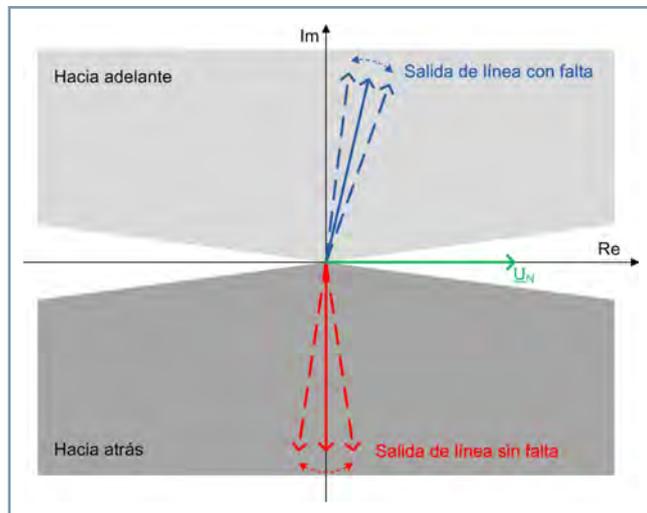
[dwcospfi-171012-01.tif, 3, es_ES]

Figura 3.2/13 Determinación direccional con medida $\cos \varphi$

Detección direccional de faltas a tierra mediante armónicos

La función se aplica para la localización de faltas a tierra estacionarias, especialmente junto con los circuitos de limitación en anillos abiertos de media tensión. Esta función está basada en una medida continua con determinación direccional. Ésta se realiza mediante los vectores de 3er, 5to ó 7mo armónico de la tensión de sistema homopolar U_0 y de la intensidad homopolar $3I_0$ ([Figura 3.2/14](#)).

La ventaja de este procedimiento es la diferenciación simple entre "afectado por la falta" y "libre de faltas" en los rangos direccionales y en el resultado direccional seguro independientemente de las tolerancias de medida.



[dw_dir-sens-gnd-fault-detect_harm, 1, es_ES]

Figura 3.2/14 Detección de faltas a tierra mediante armónicos

Escalón direccional de intensidad a tierra con determinación direccional según la medida φ (U, I)

Este procedimiento puede ser utilizado alternativamente al procedimiento $\cos \varphi$ - o $\sin \varphi$ si es deseado debido a los requerimientos del usuario. La dirección se determina mediante el ángulo de fase entre la intensidad a tierra compensada contra error angular y la tensión homopolar girada U_0 . Para considerar las diferentes condiciones de la red y aplicaciones, la tensión de referencia puede ser girada en un ángulo ajustable. Con esto se puede llevar el vector girado de la tensión de referencia cerca del vector de la intensidad a tierra $3I_{0,comp}$. El resultado de la determinación direccional adquiere así la máxima seguridad (ver también [Figura 3.2/12](#)).

Detección de faltas a tierra por identificación de modelos de impulsos

La función por detección de modelos de impulso se aplica cuando mediante conexión y desconexión de un condensador conectado paralelamente a la bobina Petersen, se genera una intensidad de falta a tierra pulsante para localizar la falta. Entonces, la función reconoce una salida de línea afectada por una falta a tierra estacionaria en sistemas sobrecompensados mediante un modelo de impulsos.

Escalón de transitorios de faltas a tierra

Este procedimiento de transitorios actúa solamente durante los primeros períodos 1 hasta 2 después de la aparición de falta. Éste determina la dirección evaluando la energía activa del proceso transitorio. El procedimiento es especialmente apropiado si se requiere una información direccional para las faltas que desaparecen muy rápidamente (después de 0,5 hasta en pocos períodos). Con esto se ofrece una aplicación paralela a los escalones con medida $\cos \varphi$ o con procedimiento de armónicos.

Este procedimiento también puede ser utilizado en redes malladas. Además, éste es apropiado perfectamente para una aplicación en anillos cerrados ya que las intensidades homopolares circulantes son eliminadas. Opcionalmente, la función

puede desconectar también una falta estacionaria mediante un lógica adicional.

Escalón no direccional de intensidad a tierra

En caso necesario, se puede configurar un escalón simple y no direccional de intensidad a tierra.

Estabilización en caso de faltas a tierra intermitentes (a partir de V8.0)

Estabilización en caso de faltas a tierra intermitentes

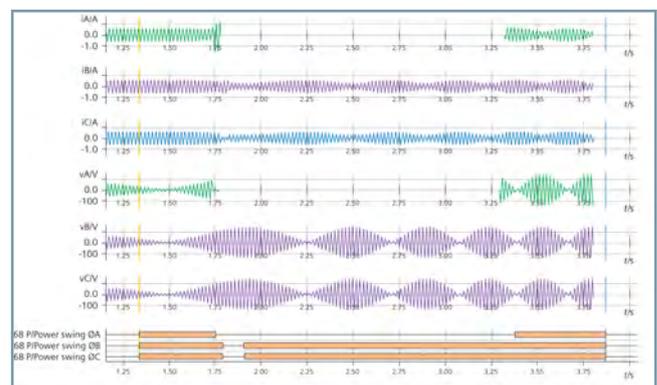
Las funciones para detectar las faltas a tierra estacionarias (por ejemplo, función $\cos \varphi$) pueden comportarse de manera desfavorable en caso de faltas a tierra intermitentes: Pueden ocurrir inundaciones de avisos y de perturbografías. Este efecto puede ser evitado eficientemente mediante un bloqueo automático de estas funciones en caso de faltas a tierra intermitentes.

Bloqueo por penduleo (ANSI 68)

Los procesos dinámicos de compensación en la red como, por ejemplo, cortocircuitos, desconexiones de carga, reenganches automáticos o maniobras de mando pueden provocar oscilaciones pendulares en la red. Para que no ocurran disparos intempestivos en los equipos de protección de distancia en caso de penduleos de red con altas intensidades y pequeñas tensiones, se ha previsto un bloqueo efectivo por penduleo. Los penduleos se detectan bajo condiciones de carga simétricas igualmente que durante los ciclos RE monopoles ([Figura 3.2/15](#)).

No es necesario ningún ajuste

La función no requiere ningún ajuste ya que ésta opera siempre de manera óptima por adaptación automática. En caso de un bloqueo por penduleo se supervisan permanentemente todas las características del penduleo. Una falta de red que ocurre en esta situación se reconoce fiablemente y provoca un reseteo selectivo por fase del bloqueo de la protección de distancia dado por el bloqueo por penduleo.



[sc_Pendelsperre, 1, es_ES]

Figura 3.2/15 Bloqueo por penduleo con disparo monopolar

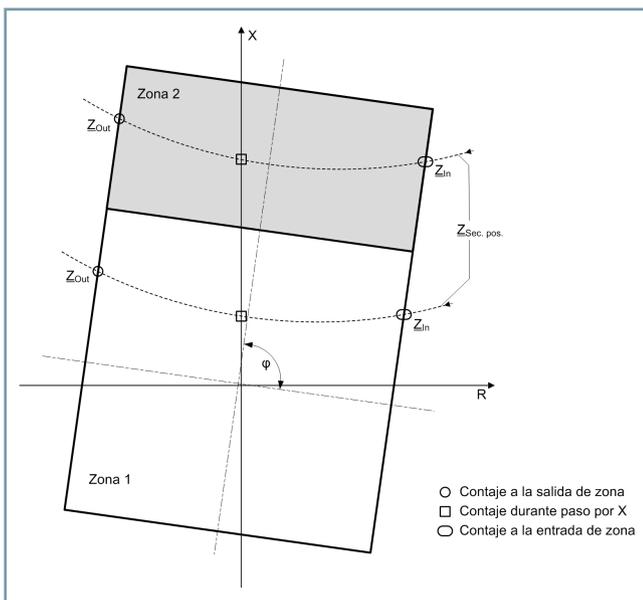
Supervisión del circuito de disparo (ANSI 74TC)

La bobina del interruptor incluyendo sus conductores se supervisan mediante dos entradas binarias. Si ocurre una interrupción del circuito de disparo, se genera un aviso de alarma.

Protección de pérdida de sincronismo (ANSI 78)

La estabilidad de los sistemas de transmisión de energía bajo cualquier condición es un requerimiento prioritario. Si esta estabilidad se encuentra en peligro debido a condiciones especiales, se requieren medidas correctoras correspondientes que pueden ser realizadas mediante una protección de pérdida de sincronismo. La protección de pérdida de sincronismo está disponible como una función de protección autónoma o puede ser implementada en sistemas complejos de supervisión y regulación de cargas (System Integrity Protection Systems, SIPS).

La función de pérdida de sincronismo evalúa constantemente el transcurso de la impedancia de secuencia positiva. La característica es definida por las zonas de impedancia en los planos R-X. En los puntos donde el transcurso de impedancia ingresa a la zona de impedancia perteneciente o la abandona, se incrementan los contadores. Un disparo o una señalización se efectúa cuando se alcanzan los valores límites de los contadores ajustados. La función de protección de pérdida de sincronismo ofrece hasta cuatro zonas de impedancia independientes entre sí que pueden ser adaptadas e inclinadas de acuerdo a la exigencias de estabilidad de la red y a las medidas correspondientes (ver [Figura 3.2/16](#)).



[dw_impedance_zone, 1, es_ES]

Figura 3.2/16 Zonas de impedancia para la protección de pérdida de sincronismo

Reenganche automático (ANSI 79)

Aproximadamente el 85 % de las descargas de arcos eléctricos en las líneas aéreas pueden ser extinguidas automáticamente por un disparo de la función de protección y, a continuación, la línea puede seguir puesta en servicio. Para esto se ha previsto un reenganche automático (RE). Cada función de protección puede ser configurada de manera que ésta pueda activar o bloquear la función RE.

Características principales y modos de funcionamiento

- Inicio con disparo, con o sin tiempo de activación
- Inicio con arranque, con o sin tiempo de activación
- RE tripolar para todos los tipos de falta; diferentes tipos de pausa según el tipo de falta
- RE múltiple
- Cooperación con equipos externos mediante entradas y salidas binarias o mediante comunicación serie con mensajes GOOSE en los sistemas IEC 61850
- Control de la función RE por una protección externa
- Cooperación con la función de verificación de sincronismo interna o externa
- Supervisión de los contactos auxiliares del interruptor
- Modificación dinámica de los ajustes para las funciones de sobreintensidad dependiendo del estado de la función RE.

2 Funciones RE

Para las aplicaciones con dos interruptores por salida de línea, por ejemplo, esquema de un interruptor y medio, barra en anillo o 2 interruptores, se puede equipar los equipos con 2 funciones RE en funcionamiento separado.

RE monopolar

En las redes eléctricas con punto neutro de sistema puesto a tierra y con polos de interruptor conmutables individualmente, se efectúa en caso de faltas monopolares generalmente un reenganche automático monopolar.

La función RE monopolar está disponible para los equipos SIPROTEC 5 con capacidad de disparo monopolar.

Aparte de las características indicadas anteriormente se dispone de los modos de funcionamiento siguientes:

- RE monopolar para faltas monopolares, ningún RE para faltas multipolares
- RE monopolar para faltas monopolares y faltas bipolares sin „contacto a tierra“, ningún RE para faltas multipolares
- RE monopolar para faltas monopolares, RE tripolar para faltas multipolares
- RE monopolar para faltas monopolares y faltas bipolares sin „contacto a tierra“, RE tripolar para las demás faltas
- Comportamiento según la situación en caso de faltas evolutivas
- Acoplamiento tripolar (disparo forzado tripolar) en caso de discrepancia de polos.

Funciones adicionales dependiente de la tensión

La integración de la función RE en la protección de salida de línea posibilita la evaluación de las tensiones al lado de línea.

Con esto, se disponen de diferentes funciones adicionales dependientes de la tensión:

- **SUin**
Debido a la supervisión de la tensión inversa, se efectúa el cierre sólo con una línea sin tensión (prevención de un cierre asíncrono) si no se aplica la verificación de sincronismo
- **PTA**
La pausa sin tensión adaptativa efectúa solamente un cierre si el cierre en el lado opuesto ha sido efectuado con éxito (cuidado de los componentes de planta)
- **REbr**
El tiempo de pausa breve en el reenganche automático puede ser utilizado en aplicaciones sin procedimiento de transmisión de informaciones: Si se debe desconectar faltas dentro de la zona de sobrealcance pero fuera de la línea protegida para una interrupción breve (KU), la función Rebr (reenganche breve) decide mediante la tensión inversa medida del lado opuesto no desconectado sobre una reducción del tiempo de pausa.

Protección de frecuencia (ANSI 81)

Las variaciones de frecuencia se establecen en caso de un desequilibrio entre potencia activa generada y consumida. Las causan son, por ejemplo, deslastes de carga, separación de red, consumo elevado de potencia activa, fallos de generador o irregularidades operativas de la regulación de potencia y frecuencia. La protección de frecuencia reconoce las variaciones de frecuencia en la red o en motores eléctricos.

Esta protección supervisa la banda de frecuencia y genera un aviso de alarma. En caso de frecuencias de red críticas, los bloques de planta o las redes pueden ser desacoplados por completo. Para asegurar la estabilidad de la red, se puede activar un deslastre de cargas.

Se disponen de diferentes elementos de medida de frecuencia de alta precisión y arranque rápido. El disparo de las unidades de medida de frecuencia puede ser efectuado en el interruptor local o en el lado extremo por teledisparo.

Los siguientes elementos de medida están disponibles:

- **Protección de sobrefrecuencia (ANSI 81O)**
Estructura de dos escalones (estándar), ampliable hasta tres escalones. Todos los escalones están estructurados de manera idéntica.
- **Protección de subfrecuencia (ANSI 81U)**
Estructura de tres escalones (estándar), ampliable hasta cinco escalones. Todos los escalones están estructurados de manera idéntica.

Cada unidad de medida de frecuencia ofrece dos diferentes procedimientos de medida:

- **Procedimiento de diferencia de ángulo: Variación angular del vector de tensión durante un intervalo de tiempo**
- **Procedimiento de medida por filtros: Evaluación de valores momentáneos de tensión con filtros especiales**

La librería de DIGSI 5 proporciona para cada procedimiento de medida la función de protección correspondiente.

Protección de variación de frecuencia (ANSI 81R)

Con la protección de variación de frecuencia se pueden detectar rápidamente las variaciones de frecuencia. La función puede evitar estados inseguros del sistema que ocurren debido a una asimetría entre la potencia activa generada y consumida. Por esta razón, ésta se implementa en las medidas de desacoplamiento de red y deslastre de cargas.

La función ofrece 2 tipos de escalones:

- **df/dt ascendente**
- **df/dt descendente**

De cada tipo de escalón se puede implementar en la función 5 escalones, como máximo.

Mediante la definición de la longitud de la ventana de medida, se puede optimizar para la aplicación concreta la precisión de medida o el tiempo de arranque.

En caso de subtensión se bloquea la función automáticamente para excluir las medidas inexactas o incorrectas.

Procedimiento de transmisión de información con protección de distancia (ANSI 85/21)

Para realizar una rápida desconexión de faltas hasta el 100 % de la longitud de la línea, se disponen de procedimientos de transmisión de informaciones.

Para una transmisión convencional, las señales de transmisión y recepción pueden ser repartidas libremente entre las entradas y salidas binarias. Las señales también pueden ser transmitidas por el interface de datos de protección, una característica sistemática de la serie de productos SIPROTEC 5. También es posible una transmisión mediante mensajes GOOSE por los interfaces de sistema IEC 61850 si las estructuras de comunicación disponibles en las plantas cumplen con los requerimientos según la norma IEC 61850-90-1.

Los siguientes procedimientos de transmisión de información están disponibles para la protección de distancia:

- **Protección de distancia con subalcance (procedimiento de teleprotección)**
 - Reducción del tiempo de escalonamiento con zona de sobrealcance (teleprotección con aceleración de zona)
 - Reducción del tiempo de escalonamiento con arranque (teleprotección por arranque)
 - Teledisparo directo (teleprotección directa)
- **Protección de distancia con sobrealcance (esquema de sobrealcance)**
 - con sobrealcance (transferencia de disparo permisivo)
 - Comparación direccional con arranque direccional
- **Procedimiento de desbloqueo**
 - Cada esquema permisivo puede ser ampliado por una lógica de desbloqueo
- **Bloquear**
- **Bloqueo reversible**
- **Protección de trayecto**

Las señales de transmisión y recepción están disponibles como señales generales o selectivas por fase. Las señales selectivas

por fase tienen la ventaja de que éstas garantizan fiablemente una desconexión monopolar, especialmente cuando existen faltas monopolares en diferentes líneas. Los procedimientos de protección con teledisparo son apropiados también para líneas con más de 2 extremos, por ejemplo, líneas con tres conexiones. Se puede configurar como máximo 6 extremos.

El bloque transitorio (supervisión de inversión de intensidad) puede ser utilizado en todos los procedimientos de autorización y bloqueo para suprimir señales interferentes al desconectar líneas paralelas.

Pérdida de alimentación o fuente débil: Eco y disparo (ANSI 85/27)

Para evitar disparos retardados de las funciones de protección de distancia y de la protección direccional de faltas a tierra por una fuente débil o ausente en un extremo de la línea, se dispone de una función eco. Si en el extremo de la línea con fuente débil no se efectúa ningún arranque, la función eco refleja la señal recibida aquí para posibilitar efectuar en el lado opuesto (con fuente fuerte) un disparo inmediato. También es posible efectuar un disparo selectivo por fase en el extremo con fuente débil. En este caso, se efectúa un disparo monopolar o tripolar selectivo por fase si una señal transmitida es recibida y si la tensión medida disminuye en la misma fase. Esta función está disponible para todas las funciones de protección selectiva con subalcance y sobrealcance. Como opción, la lógica para el tratamiento de la fuente débil también puede ser configurada según una especificación francesa.

Esquema de teleprotección para la protección direccional de faltas a tierra (ANSI 85/67N)

Para realizar una rápida desconexión de faltas hasta el 100 % de la longitud de la línea, se puede combinar la protección direccional de faltas a tierra con un procedimiento de transmisión de informaciones.

Los siguientes procedimientos están disponibles:

- Comparación direccional
- Bloqueo
- Desbloquear

Las señales de transmisión y recepción están disponibles como señales generales o selectivas por fase en combinación con el selector de fases de la protección direccional de faltas a tierra. Para una transmisión de señales convencional, las señales de transmisión y recepción pueden ser repartidas libremente entre las entradas y salidas binarias. Las señales también pueden ser transmitidas por el interface serie de datos de protección, una característica sistemática de la serie de productos SIPROTEC 5. También es posible una transmisión mediante mensajes GOOSE por los interfaces de sistema IEC 61850 si las estructuras de comunicación disponibles en las plantas cumplen con los requerimientos según la norma IEC 61850-90-1.

La función **Bloque transitorio** puede ser activada para suprimir señales interferentes que se producen durante la desconexión de líneas paralelas. La comunicación del procedimiento de transmisión de información para la protección de distancia y para la protección de faltas a tierra puede ser efectuada por el mismo canal o por canales separados redundantes.

Protección diferencial de línea (ANSI 87L, 87T)

La protección diferencial de línea es una protección de cortocircuito selectiva para líneas aéreas, cables y barras con alimentación unilateral y multilateral, en redes radiales, en anillo o malladas. La aplicación es posible en todos los niveles de tensión. La protección diferencial de línea opera estrictamente de manera selectiva por fases y posibilita desconexiones rápidas de faltas mono y tripolares hasta para 6 extremos de línea. Según la variante de equipo se pueden efectuar disparos monopolares y tripolares (7SD87/7SL87) o solamente disparos tripolares (7SD82/7SD86/7SL82/7SL86). Los equipos de una topología de protección diferencial se comunican entre sí mediante el interface de datos de protección (comunicación de datos de protección). La utilización flexible de los medios de comunicación contribuye a ahorrar inversiones en la infraestructura de comunicación y posibilita la protección de líneas de cualquier longitud.

Los equipos de protección diferencial de línea SIPROTEC 5 pueden ser aplicados también en configuraciones con equipos de protección de línea SIPROTEC 4. Esto permite una renovación simple de cada equipo SIPROTEC 4 en una topología existente y también una ampliación de una topología SIPROTEC 4 existente con uno o varios equipos SIPROTEC 5.

Medida adaptativa

Un método de medida adaptativa asegura una sensibilidad muy alta para detectar faltas internas bajo cualquier condición. Para obtener una estabilidad máxima, se consideran todas las errores de medida y de comunicación (ver [Figura 3.2/17](#)).

Las funciones de ajuste y de supervisión fáciles de configurar aseguran tiempos breves de ingeniería y de puesta en marcha:

- Un escalón de medida de alta sensibilidad ($I_{dif}>$) reconoce las faltas de alta impedancia. Los algoritmos especiales garantizan una alta estabilidad también si existen componentes de intensidad continua altos en la intensidad de cortocircuito. El tiempo de disparo de este escalón es de aprox. 30 ms utilizando contactos de salida estándar
- Un escalón diferencial de alta intensidad ($I_{dif}>>$) permite un rápido despeje de faltas con tiempos de desconexión breves utilizando contactos de alta velocidad
- Considerando las diferentes relaciones de transformación del transformador de intensidad no se necesita ningún transformador de adaptación externo.
- Con los datos ajustables de error del transformador de intensidad, el equipo de protección diferencial calcula automáticamente la intensidad de estabilización necesaria y ajusta su sensibilidad admisible. De esta manera, el usuario no necesita parametrizar ninguna característica de protección. Solamente se debe parametrizar $I_{dif}>$ (escalón sensible) e $I_{dif}>>$ (escalón diferencial de alta intensidad) según la intensidad de carga de la línea o del cable
- Las características de comunicación mejoradas garantizan la estabilidad y precisión también durante las perturbaciones o las interrupciones en la conexión de todos los medios de transmisión, por ejemplo, cables de fibra de vidrio, líneas de control, cables telefónicos o redes de comunicación

- Supervisión y señalización de la intensidad diferencial y la intensidad de estabilización en funcionamiento normal
- Alta estabilidad durante cortocircuitos externos también en caso de diferentes saturaciones de los transformadores de intensidad
- En un cierre de líneas o cables de gran longitud se producen altos picos de intensidad de carga por corto tiempo. Para que el escalón de intensidad diferencial $I_{dif} >>$ no deba ser ajustado a valores de reacción más altos (y, por lo tanto, sea menos sensible), el umbral de arranque del escalón $I_{dif} >$ puede ser elevado por un lapso de tiempo ajustable. De esta manera se mantiene la sensibilidad bajo condiciones de carga normales.

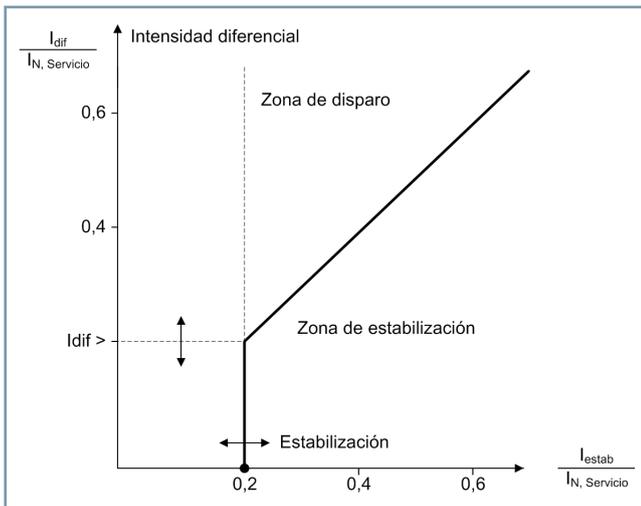


Figura 3.2/17 Característica de disparo

Compensación de intensidad de carga

Particularmente, en los cables largos y en las líneas largas de muy alta tensión, las capacidades repartidas pueden causar intensidades de carga capacitiva considerables que circulan continuamente. Éstas deben ser consideradas por el umbral de disparo del escalón de protección diferencial sensible ya que se produce una intensidad diferencial.

- La compensación de intensidad de carga sirve para mejorar la sensibilidad de manera que la protección pueda operar con máxima sensibilidad también durante intensidades de carga altas.
- La compensación de intensidad de carga requiere la conexión de transformadores de tensión locales
- El principio de la compensación repartida garantiza una máxima disponibilidad ya que, en caso de un fallo de las tensiones de medida de un equipo, los equipos restantes continúan garantizando su parte propia de compensación.

Transformador en la zona de protección

La protección diferencial de línea puede proteger, aparte de las líneas normales, también las líneas de un transformador en conexión de bloque. Con esto, los transformadores de intensidad delimitan selectivamente la zona de protección.

- Por lo tanto, un equipo de protección separado para el transformador no es necesario, ya que la protección diferencial de línea se comporta como una protección de transformadores en caso dado con puntos de medida distantes el uno del otro.
- Con los pocos parámetros adicionales del transformador como la potencia nominal aparente, las tensiones primarias, los grupos vectoriales y eventuales puestas a tierra del punto neutro de los devanados correspondientes ya no es necesario utilizar transformadores de adaptación externos.
- La sensibilidad de la protección diferencial puede ser elevada otra vez por la detección de las intensidades a tierra de los devanados de punto neutro puestos a tierra.
- Si se utiliza la función detección de la intensidad inrush de cierre, la protección diferencial puede ser estabilizada contra disparos debido a las intensidades inrush de cierre del transformador. Esto puede ser efectuado selectivamente por fase o de manera trifásica mediante la función Crossblock.

Esquema de interruptor y medio

La protección diferencial puede ser implementada, de manera simple, en los esquemas de interruptor y medio. Con una ampliación de Hardware correspondiente (ver variantes estándar) se puede configurar por ejemplo dos entradas de intensidad trifásicas. Por lo tanto, es posible configurar topologías hasta un máximo de 12 puntos de medida con 6 equipos. La protección de un tramo de zona muerta (STUB-BUS) puede ser asumida por la protección diferencial de zona muerta separada.

Características de comunicación mejoradas

La protección diferencial de línea utiliza los interfaces de datos de protección en la configuración **Protección diferencial** (Tipo 1, ver Comunicación de datos de protección). Los diferentes módulos de comunicación y los convertidores externos posibilitan el acoplamiento y la utilización de todos los medios de comunicación disponibles.

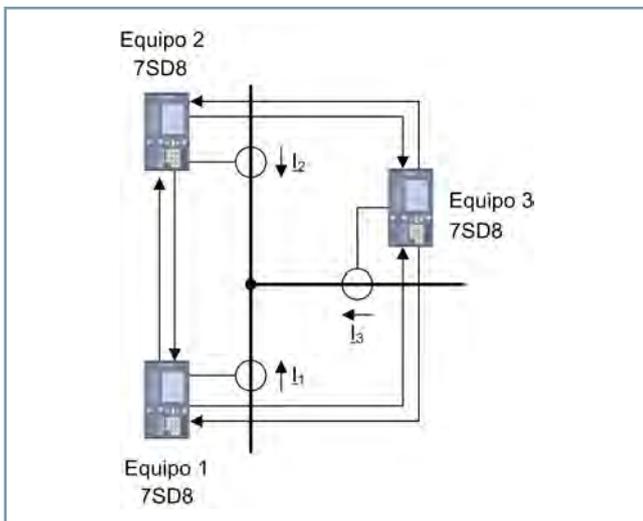
- La transmisión directa de datos por conductores de fibra de vidrio es insensible frente a las interferencias electromagnéticas y ofrece la más alta velocidad de transmisión para realizar tiempos de disparo más breves.
- Los convertidores de comunicación externos posibilitan la comunicación por cables de control existentes, líneas telefónicas y redes de comunicación.

Los datos necesarios para la medida diferencial se intercambian cíclicamente en forma de telegramas síncronos serie entre los equipos de protección en modo dúplex.

Las extensas funciones de supervisión garantizan un funcionamiento estable en cualquier entorno de comunicación.

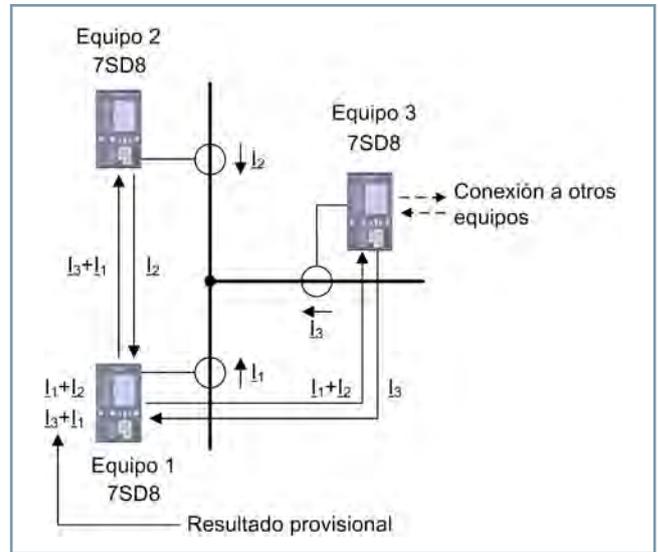
- Los telegramas se aseguran con sumas de chequeo CRC (Checksums), de manera que los errores de transmisión son reconocidos inmediatamente. La protección diferencial procesa solamente telegramas válidos.
- Supervisión de todas las vías de comunicación entre los equipos sin que sea necesario utilizar equipos adicionales
- Identificación evidente de cada equipo mediante direcciones de comunicación ajustables dentro de una topología de protección diferencial.

- Detección de telegramas que deben ser reflejados al equipo transmisor en la red de comunicación
- Determinación de las temporizaciones cambiantes en las redes de comunicación
- Compensación dinámica de los tiempos de ejecución en la medida diferencial y supervisión del tiempo de transmisión máximo admisible
- Aviso de conexiones perturbadas de comunicación. Se dispone de contadores para los telegramas erróneos como valores de medida de servicio
- En las redes de comunicación interconectadas pueden producirse asimetrías en los tiempos de transmisión en dirección de transmisión y recepción. La intensidad diferencial es considerada mediante el procedimiento de medida adaptativo de la protección diferencial
- Con los impulsos de 1 s de alta precisión de un receptor GPS los equipos pueden ser sincronizados en tiempo absoluto en cada extremo de la línea. De esta manera, se puede determinar los retardos en la vía de transmisión y recepción. Con lo cual la protección diferencial puede ser utilizada con una precisión muy alta también en redes con fuertes asimetrías en tiempo de ejecución.



[dw_ring, 2, es_ES]

Figura 3.2/18 Protección diferencial en topologías de anillo



[dw_Ketten, 2, es_ES]

Figura 3.2/19 Función de protección en topologías de cadena

Teleprotección selectiva por fase y disparos remotos/avisos remotos

- La intensidad diferencial se calcula simultáneamente desde cada extremo de línea. Esto produce tiempos de desconexión cortos y homogéneos. En caso de condiciones de alimentación débil, especialmente cuando la protección diferencial está combinada con una autorización por sobreintensidad, un disparo por teleprotección selectiva por fases garantiza la desconexión simultánea de todos los extremos de la línea. Para esto se transmiten señales de teleprotección con alta velocidad a los otros extremos de la línea. Estas señales de teleprotección también pueden ser acopladas mediante un equipo externo por entradas binarias. De esta manera se puede señalar, por ejemplo, la dirección direccional de una protección de distancia de reserva.
- Los interfaces de datos de protección pueden intercambiar señales de entrada y salida como también valores de medida (ver comunicación de datos de protección).

Topologías de comunicación/modo de funcionamiento

Los equipos de protección diferencial pueden ser establecidos en una topología en anillo o en cadena. Un modo de prueba ofrece ventajas durante la puesta en marcha y las operaciones de servicio.

- En una topología en anillo el sistema tolera el fallo de una vía de comunicación. En este caso, la topología en anillo se convierte en una topología en cadena en menos de 20 ms de manera que la función de protección diferencial continúa siendo efectiva sin interrupciones.
- Si debido a la infraestructura de comunicación, se ha previsto una topología en cadena, se pueden emplear en los dos extremos de la cadena relés económicos con sólo uno interface de datos de protección.