

**SOLUCIONES
DE SEGURIDAD
ELECTRICA EN
MINERIA**



Líder en seguridad eléctrica

Por cerca de 80 años la misión de Bender ha sido conferir seguridad a los sistemas eléctricos. Nuestro amplio portafolio está a la vanguardia en materia de seguridad eléctrica, por lo que nuestras soluciones de monitoreo son utilizadas prácticamente en todo tipo de industria: generación fotovoltaica, oil & gas, minería, vehículos eléctricos, celulosa y muchas más. Con más de 70 oficinas por todo el mundo entre filiales propias y distribuidores, Bender provee soluciones adaptadas en materia de seguridad eléctrica para satisfacer los requerimientos más exigentes de la industria eléctrica.

Bender en la minería: desde los orígenes hasta la Industria 4.0

El concepto de la protección de personas o equipos eléctricos de minas frente a fallas eléctricas mediante la conexión a tierra adecuada ha existido desde que la electricidad se introdujo en la minería. Ya en 1916, la Oficina de Minas de los Estados Unidos recomienda el uso de la puesta a tierra como un medio de prevenir una descarga eléctrica a los mineros que trabajan con equipos eléctricos o cerca de ellos. Para la industria minera, un sistema de puesta a tierra adecuada siempre ha sido un problema complicado, ya que es más compleja y difícil que en otras industrias. Las estadísticas realizadas por la MSHA (Mine Safety and Health Administration of USA) indican que los accidentes eléctricos son la tercera causa de muerte en la minería en Estados Unidos. Y de estos una quinta parte son atribuibles a la puesta a tierra de los equipos.

En los países de Latino América la situación podría ser peor en cuanto a accidentes, debido a diversos factores, siendo uno de ellos que el cumplimiento de la normativa se percibe como una imposición y no como una protección para los usuarios de las instalaciones.

En todo caso y desde Bender nuestro compromiso es firme desde hace más de 75 años: nuestra empresa nació con una aplicación de seguridad eléctrica en una minera subterránea, hoy día el documento que tiene ante usted es un resumen de nuestras soluciones en ese campo (Seguridad Eléctrica) para todo tipo de sistema eléctrico.

Quedamos a su disposición para ayudarle a mejorar sus proyectos, nuestra meta es contribuir a un mundo más seguro.

Su equipo Bender



Soluciones Bender en la minería

1 ISOMETER® - vigilantes de aislamiento

Detectan fallas a tierra en AC y DC en sistemas aislados de tierra

- Monitoreo online del estado del aislamiento del sistema eléctrico
- Alarma temprana de las fallas a tierra, lo que permite continuar con las operaciones y evitar accidentes de carácter mayor
- Industria 4.0: visualización remota

2 NGRM - resistencias puesta a tierra del neutro

Verifica la continuidad de la resistencia

- Monitoreo online del estado del lazo de tierras, incluida la resistencia
- Monitoreo online del nivel de falla a tierra
- Alarma temprana de las fallas a tierra, lo que permite continuar con las operaciones y evitar accidentes de carácter mayor
- Industria 4.0, visualización remota

3 RCM/MRCD - monitores de falla a tierra

Detectan fallas a tierra en AC y DC en sistemas puestos a tierra

- Monitoreo online de las fallas a tierra del sistema eléctrico, sean estas en AC o en DC
- Alarma temprana de las fallas a tierra, lo que permite continuar con las operaciones y evitar accidentes de carácter mayor
- Industria 4.0: visualización remota

4 RC48C / GM420 - monitores del hilo piloto/conductor de tierras

Vigilan la continuidad del conductor de tierras

- RC48C: monitoreo de la integridad del hilo piloto y el conductor PE (tierras) para cargas móviles
- Alarma temprana de las fallas a tierra, lo que permite continuar con las operaciones y evitar accidentes de carácter mayor
- GM420: monitoreo del conductor PE (tierras) para cargas fijas

5 EDS - localizadores de fallas

Localiza el punto de falla a tierra

- Permite ubicar las fallas de aislamiento por circuito o carga, estando el sistema eléctrico energizado.
- Industria 4.0: visualización remota



Bender ofrece soluciones para múltiples áreas de las instalaciones mineras, tales como la maquinaria electro móvil (p.ej. las roto palas), las bombas sumergibles, las cintas de transporte del mineral, las trituradoras, las concentradoras, las subestaciones móviles o fijas. Todas estas áreas tienen como característica común que deben operar 24/7, por lo que no se pueden

permitir interrupciones en las operaciones debido a fallas a tierra. La elección del sistema eléctrico en combinación con el dispositivo de monitoreo y/o protección adecuado es el elemento clave para garantizar tanto la continuidad del suministro eléctrico como la reducción a la mínima expresión de los accidentes eléctricos.

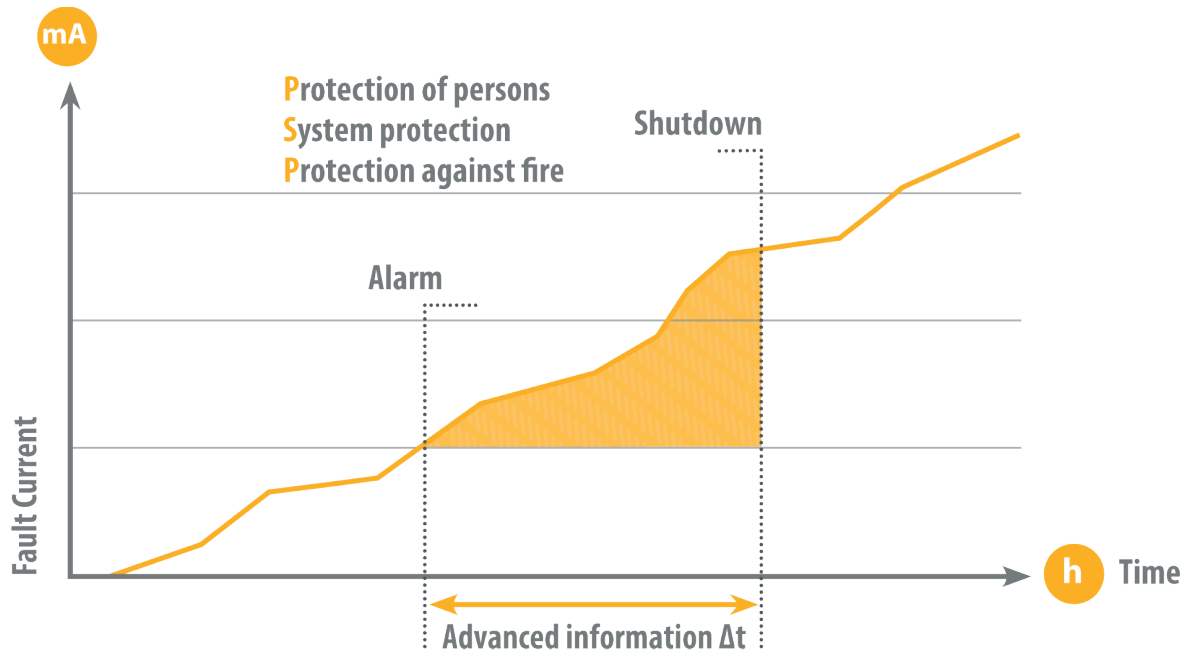
Protección de falla a tierra en sistemas eléctricos TN/TT (puestos a tierra): RCM y MRCD

El concepto de la protección de personas o equipos eléctricos en las operaciones mineras cuando aparecen las fallas a tierra es especialmente crítico debido a que estas son muy comunes: la propia naturaleza de las operaciones degrada mucho el aislamiento eléctrico de conductores o cargas, por ejemplo, motores, luminarias, cables, variadores de frecuencia son elementos clave para la producción, y están continuamente afectados por elementos como la humedad, el polvo, las tracciones mecánicas, la temperatura, los armónicos o las variaciones de voltaje. Esto compromete la propia continuidad de las operaciones, y lo que es mucho más importante, la seguridad.

Para garantizar la seguridad del personal o el equipamiento eléctrico se utilizan lo que conocemos como dispositivos capaces de detectar la corriente diferencial residual, comúnmente conocidos como relés diferenciales. Dichos dispositivos son reactivos, esto es, al alcanzar un umbral prefijado causan un disparo, y por tanto desconectan la instalación eléctrica, interrumpiendo por supuesto las operaciones.



Pero no siempre es necesario interrumpir el suministro eléctrico, en el caso de Bender la solución son los Monitores de Corriente Residual o RCM y los Dispositivos Modulares de Corriente Residual o MRCD. El primer dispositivo o RCM, de acuerdo a la IEC62020 y consta de un umbral de pre-alarma o aviso, y de una alarma principal o desconexión, y entre ambos (pre-alarma y alarma) siempre hay una ventana de tiempo amplia, pudiendo ser de días o semanas; dicha ventana de tiempo es utilizada para localizar la falla a tierra estando el sistema eléctrico energizado, siendo solo necesario interrumpir las operaciones en el momento que queremos remover dicha falla (ejemplo: cable o motor con mal aislamiento). El concepto sería como en el siguiente gráfico:



Tips para seleccionar un dispositivo de corriente residual:

1. ¿Queremos proteger personas o equipamiento?
2. ¿Debemos cumplir alguna normativa específica?
3. ¿Qué tipo de carga se quiere proteger? ¿Hay electrónica de potencia?
4. ¿Queremos monitorizar o queremos desconectar?
5. ¿Necesitamos visualizar remotamente los valores leídos?
6. ¿Cuál es la sección de los cables que alimentan las cargas?
7. ¿Necesitamos toroides de núcleo partido, flexibles o solidos?

Protección de falla a tierra en sistemas eléctricos TN/TT (puestos a tierra): RCM y MRCD

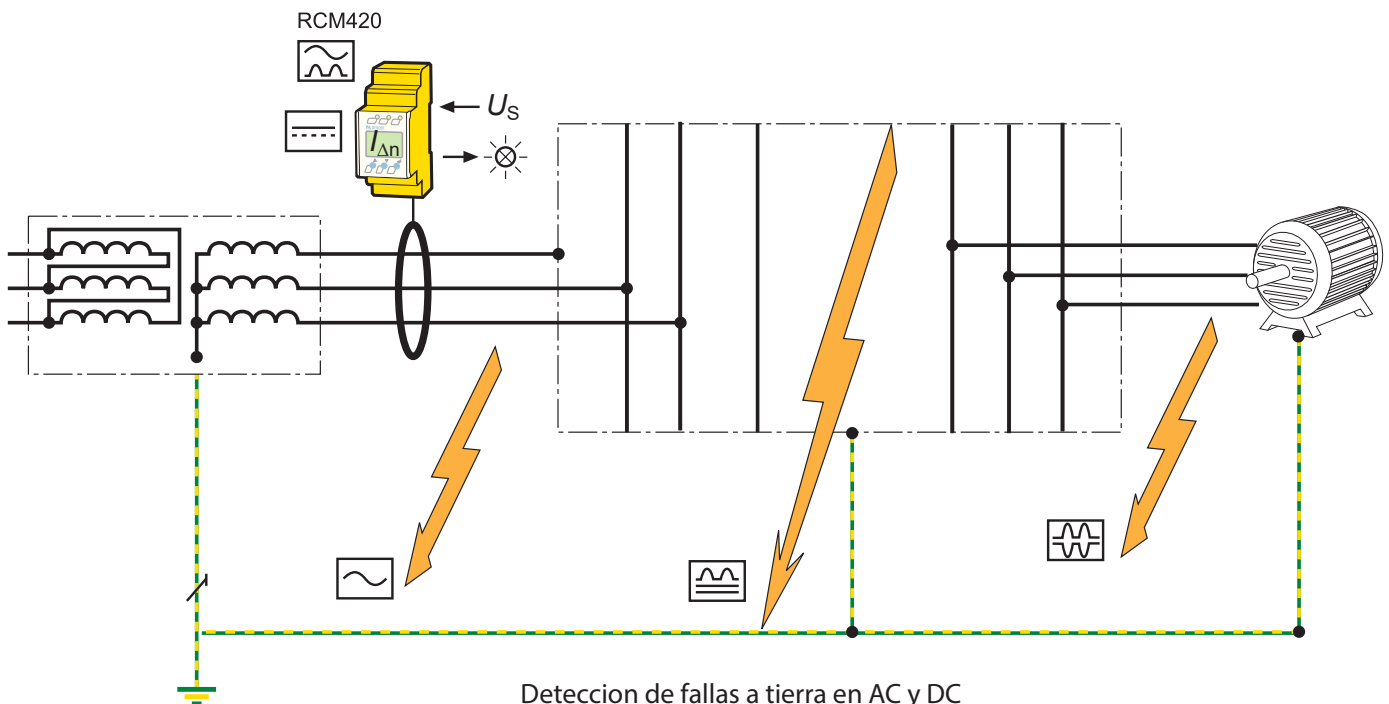
En cambio, los Dispositivos de Corriente Residual Modulares o MRCD tienen como principal función la interrupción del suministro eléctrico en caso de alcanzar el umbral prefijado de falla a tierra, siendo dichos valores típicamente 30mA para protección de personas o 300mA para protección de equipamiento (IEC60947-2, anexo M).



No obstante, y con objeto de ofrecer el valor añadido de la información por avanzado en la evolución de la falla a tierra, los MRCD de Bender también tienen un umbral de pre-alarma (aviso) y otro de alarma (desconexión).

Como beneficios clave en común de MRCD y RCM de Bender tendríamos:

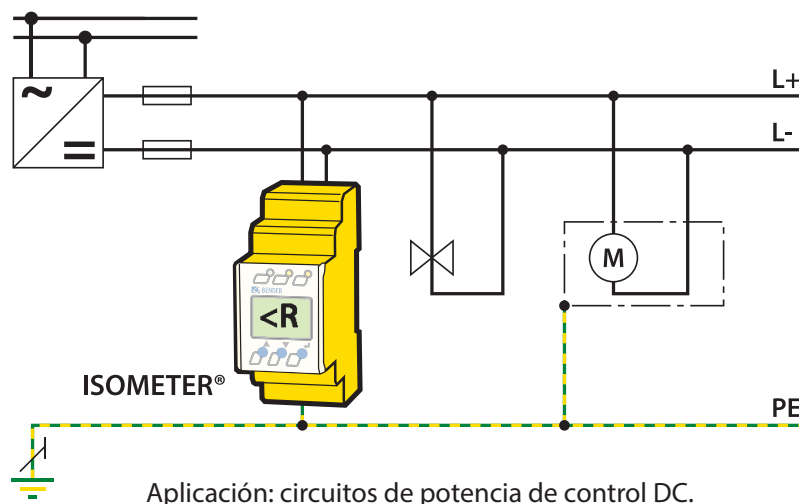
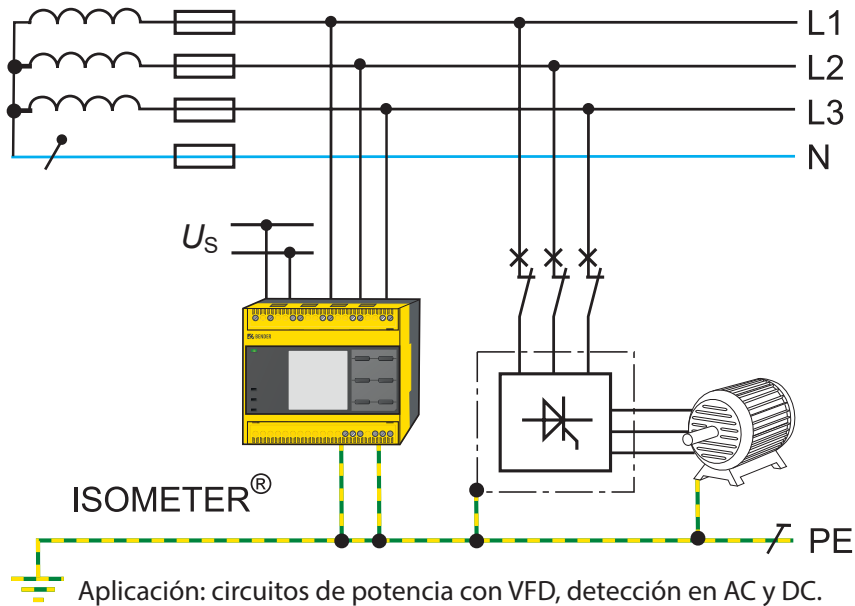
- a. Mantenimiento predictivo:** las protecciones tradicionales son reactivas, es decir solo tienen un punto de alarma o desconexión. A través de las soluciones Bender podemos migrar hacia un modelo de mantenimiento predictivo en lugar de uno reactivo, pudiendo establecer curvas y tendencias del aislamiento en las instalaciones.
- b. Industria 4.0:** los protocolos de comunicación de las soluciones Bender permiten la integración y visualización de las corrientes de falla a tierra de forma remota.
- c. Riesgo de incendio:** los incendios causados por fallos en el sistema eléctrico (cortocircuitos) se pueden prácticamente eliminar si mediante RCM o MRCD conocemos en tiempo real el estado del aislamiento/nivel de falla a tierra existente en una instalación.
- d. Detección de fallas en AC y en DC:** las normas IEC describen que un dispositivo de detección de corriente residual puede ser entre otros de tipo A, B o B+. Esto es con relación al rango de frecuencias en las que pueden detectar las fallas a tierra. Por ejemplo, si una carga eléctrica genera corrientes que no pasan por cero, como podría ser un variador de frecuencia, entonces necesitamos un RCM o MRCD de tipo B. Si en cambio la carga es de tipo resistiva o inductiva, uno de tipo A sería suficiente.
- e. Verificación periódica:** la normativa IEC60364-6 describe que toda instalación eléctrica debe realizar un control del aislamiento de las cargas y de la propia infraestructura, como mínimo de forma anual. Realizar dichas verificaciones son procesos laboriosos con altos costos asociados por la interrupción de las operaciones, por lo que dicha norma establece que si existen RCM según la IEC62020 no es necesario ejecutar la verificación anual.



Protección de falla a tierra en sistemas eléctricos IT (aislados de tierra): ISOMETER® y EDS

Los vigilantes de aislamiento o ISOMETER® tienen como función principal detectar fallas a tierra de forma temprana en sistemas aislados de tierra (IT, ungrounded). Detectan dichas fallas en sistemas eléctricos AC y/o DC, llegando hasta voltajes de 15.5kV L-L. Una ventaja intrínseca de los sistemas aislados de tierra es que ante una primera pérdida de aislamiento (falla a tierra) no es necesario interrumpir el suministro eléctrico, pudiendo continuar con las operaciones incluso en condiciones de falla. Pero dicha ventaja solo sería efectiva si se dispone en la instalación de un ISOMETER®, el cual mide el aislamiento en línea, es decir monitorea en tiempo real los sistemas eléctricos energizados. Sin un ISOMETER® presente desconoceremos cual es el estado del aislamiento de la instalación, por lo que perderíamos toda ventaja.

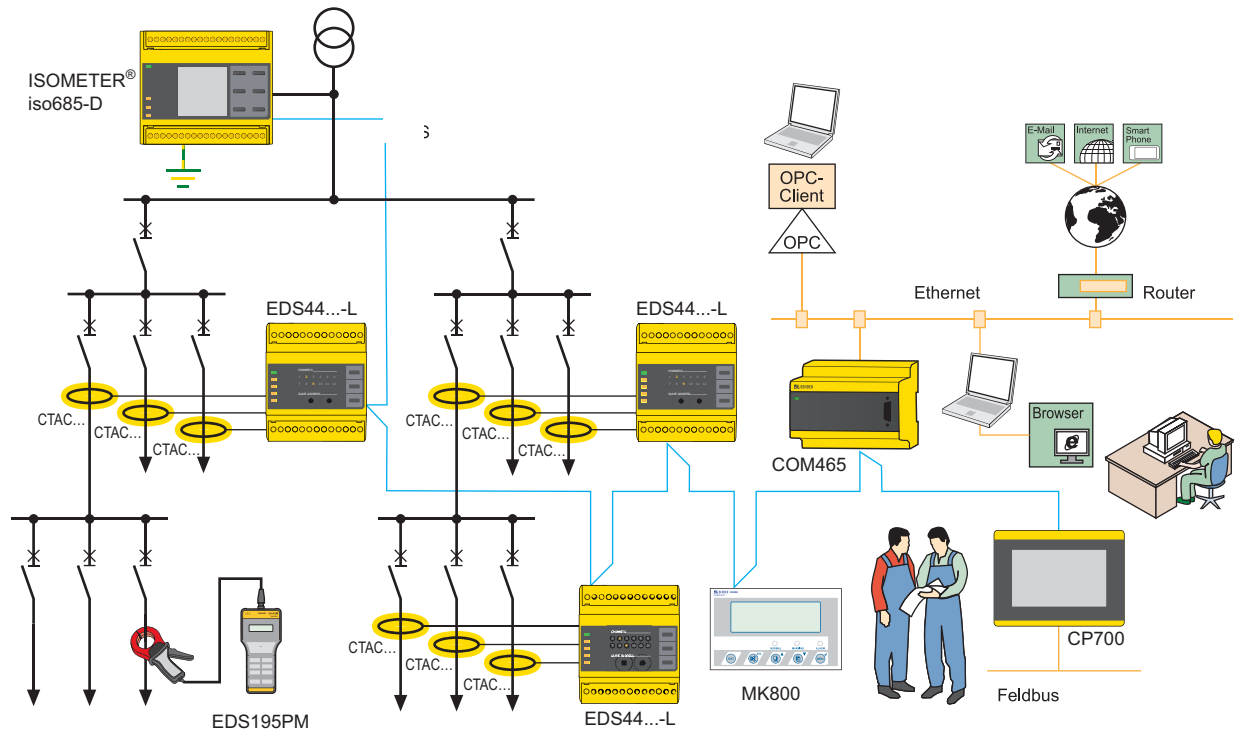
Finalmente, los ISOMETER® constan de una pre-alarma y una alarma, cuando se activa la primera tenemos una ventana de tiempo (que puede ser de días o semanas y en algunos casos incluso de meses) para corregir dicha falla a tierra. Todo esto ocurre estando el sistema energizado, es decir, en ningún momento hemos interrumpido las operaciones.



Protección de falla a tierra en sistemas eléctricos IT (aislados de tierra): ISOMETER® y EDS

Los localizadores de falla a tierra (o de pérdidas de aislamiento), también conocidos como EDS, localizan dichas fallas en los circuitos donde se producen: finalmente lo que tiene verdadero valor es conocer que carga en una instalación es responsable de la falla. Y esto lo sabemos antes de que la falla sea importante, por tanto, estamos hablando de dispositivos predictivos.

Importante mencionar que un localizador de fallas EDS siempre trabaja en conjunto con un ISOMETER®, no tiene sentido buscar una falla si no se conoce el estado del aislamiento de la instalación. Entonces en instalaciones con múltiples circuitos tendríamos algo así:



Estando el ISOMETER® instalado como equipo de cabecera, y los EDS midiendo los circuitos secundarios con objeto de localizar las pérdidas de aislamiento o fallas a tierra cuando estas se produzcan.

Tips clave sobre ISOMETER® y EDS

1. Localiza defectos de aislamiento (fallas a tierra) en AC y/o DC antes de que sean críticas, y esto se hace sin interrumpir el suministro eléctrico.
2. Protege a personas y equipamiento contra las fallas a tierra/pérdida de aislamiento, generando una alarma primero, e interrumpiendo el suministro eléctrico con posterioridad si se ignora dicha primera alarma.
3. Mitiga enormemente el riesgo de incendio y el arc-flash.
4. Permite establecer un modelo de mantenimiento predictivo vs. el reactivo tradicional.
5. Industria 4.0: tienen comunicaciones, con lo que podemos tener toda la información de múltiples puntos de medida en nuestro Smartphone.
6. Las normativas IEC y NEMA describen ambas soluciones.

Monitor del conductor PE en cargas móviles + detector de falla a tierra: RC48C

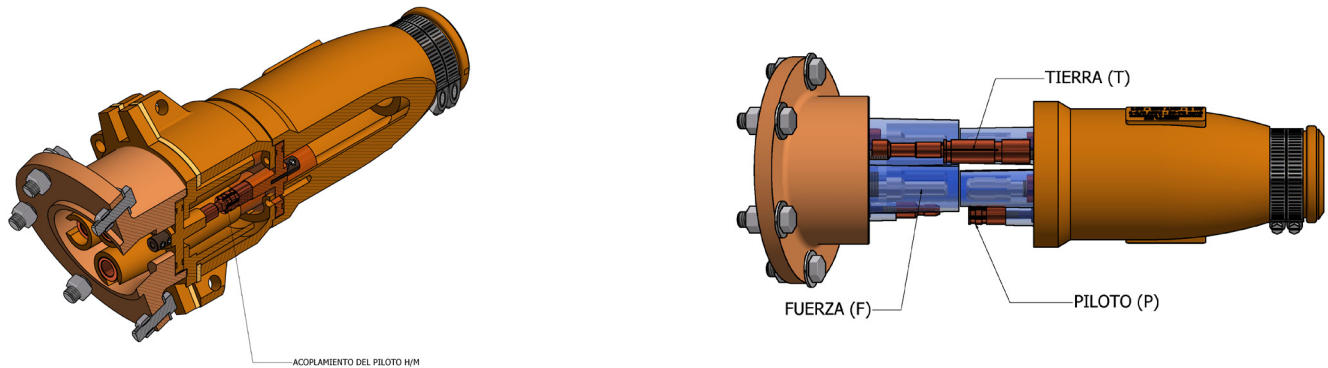
El monitor RC48C realiza dos funciones principales:

- Monitorear la continuidad del conductor de tierras (PE).
- Detectar la presencia de fallas a tierra.

Dicho monitor RC48C también es conocido como “relé del hilo piloto”, y su principal objetivo es garantizar la seguridad del personal involucrado en las operaciones mineras; esto se hace evitando los choques eléctricos por contactos directos o indirectos debido a las fallas de aislamiento en el cable de arrastre o en la maquinaria móvil teniendo como objetivo secundario la seguridad del equipamiento. Es utilizado en maquinaria minera electro móvil (ej. jumbos o buguis), y existen unas normas específicas que lo exigen:

- Canada: CSA M421-16 (2016) Use of electricity in mines
- USA: NEC 250.188(D) (2017) Grounding of Systems Supplying Portable or Mobile Equipment
- Perú: Real Decreto Supremo 024-2016

Una aplicación muy común en la industria minera es la protección al “enchufe” o “socket” que sirve como bloqueo de seguridad al conectar el cable de tierras (PE) al motor en del mismo transporte “Boomer” a la subestación eléctrica móvil. Como el pin de dicho conductor PE es de mayor longitud que los conductores de fase, en el caso de desconexión bajo carga, dicho pin (PE) es el primero en desconectarse, por lo que se dispara la protección y se desenergiza el sistema; finalmente cuando el “socket” termina por salir ya no hay carga eléctrica y aseguramos que no se genere un arco eléctrico, por tanto, damos seguridad y mayor durabilidad al “Socket” y lo más importante, protegemos a los operarios.



Monitor del conductor PE en cargas móviles & detector de falla a tierra: RC48C

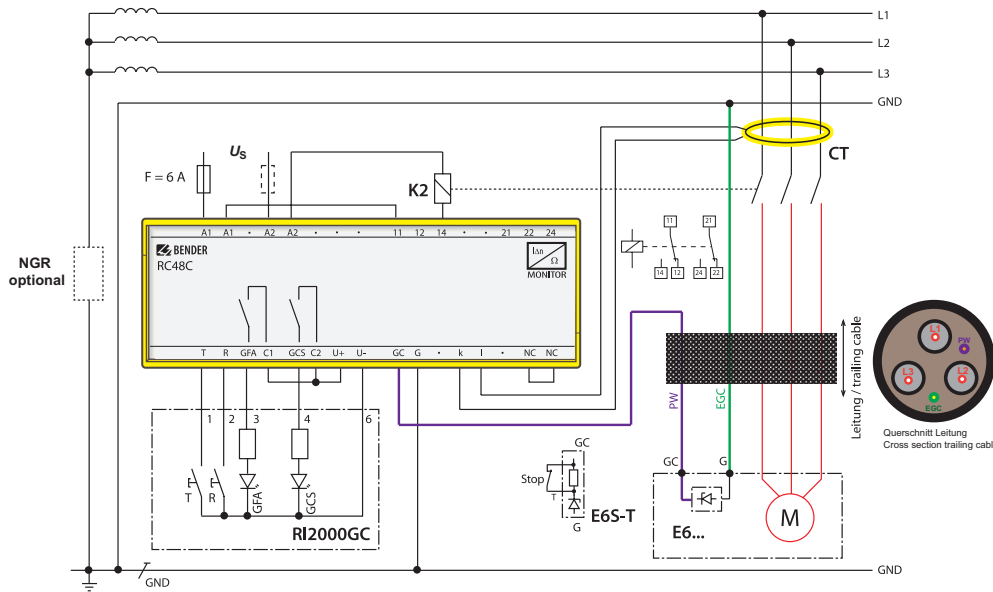
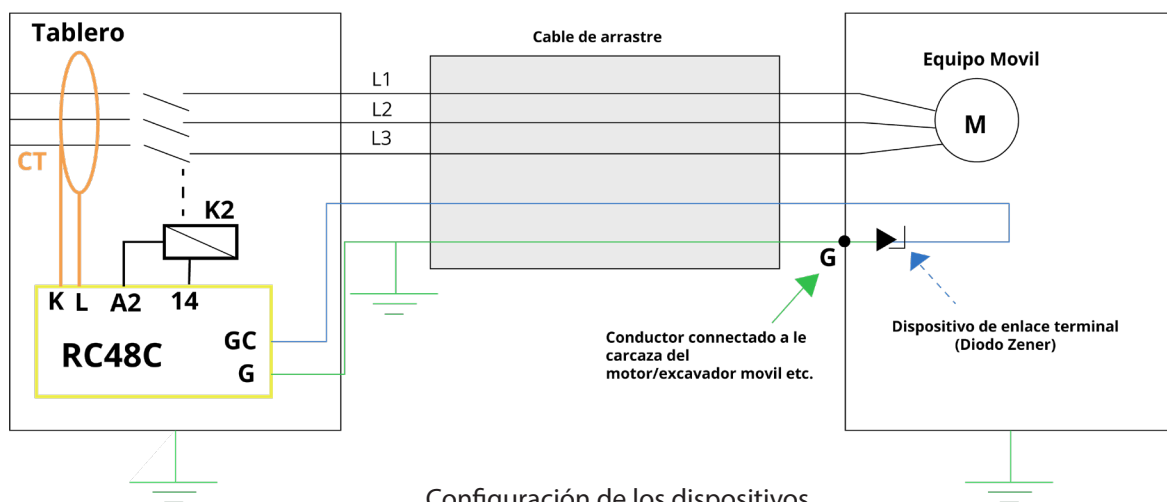


Diagrama conexiones

Tips clave sobre el RC48C

1. Cumple con la normativa peruana, canadiense y estadounidense respecto a seguridad eléctrica en maquinaria minera móvil.
2. Protege a personas y equipamiento contra las fallas a tierra/pérdida de aislamiento, generando una alarma primero, e interrumpiendo el suministro eléctrico con posterioridad.
3. Monitorea el conductor más importante de toda instalación eléctrica, el de tierras (PE), interrumpiendo el suministro eléctrico en caso de rotura o degradación de este o degradación de este. En cuanto desaparece la causa de la alarma, el vuelve a desactivarse automáticamente.
4. Se puede utilizar en todo tipo de sistema eléctrico: aislado de tierra (IT), sólidamente aterrizado (TN, TT), con resistencia a tierra de neutro (NGR).
5. El RC48C se instala en los tableros de las subestaciones móviles, junto al toroide; el diodo esta junto a la carga, justo en el retorno del hilo piloto.



Configuración de los dispositivos

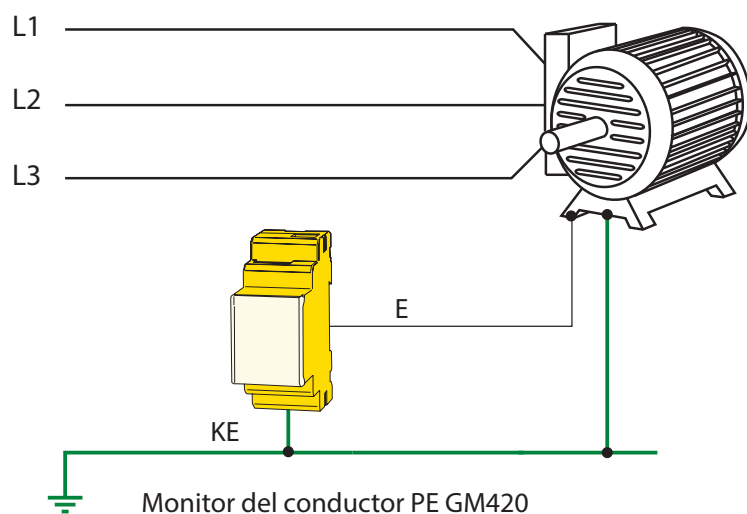
Monitor del conductor PE en cargas fijas: GM420

El **GM420** es un relé que monitorea la integridad del conductor de tierras (PE) o lazo de tierras para equipamiento instalado con carácter fijo en sistemas eléctricos AC. El conductor de tierra es nuestra garantía de vida, por lo que este dispositivo tiene como función principal, monitorizar la resistencia, continuidad y conexionado del conductor que actúa como tierra de protección.

El GM420 mide la resistencia del circuito de tierra entre el conductor de aterramiento del equipo (conductor PE) y la estructura metálica de las cargas eléctricas (por ejemplo, la carcasa de un motor) mediante el tendido de un cable de tierras de retorno hacia el mismo GM420; esto con objeto de asegurar una puesta a tierra apropiadamente conectado y de alta calidad. Como está diseñado para equipamientos fijos usualmente lo podemos encontrar en el interior de las plantas industriales.

El GM420 es un supervisor que además de vigilar la integridad del conductor PE con los motores o cargas eléctricas, también puede verificar la resistencia eléctrica de la conexión de tierras entre diferentes puntos, a fin y efecto de asegurar la conexión equipotencial en las plantas industriales.

La pantalla digital del equipo muestra la resistencia del lazo a tierra en tiempo real. El GM420 también monitorea cualquier voltaje transitorio que pueda ocurrir entre los dos puntos de monitoreo.

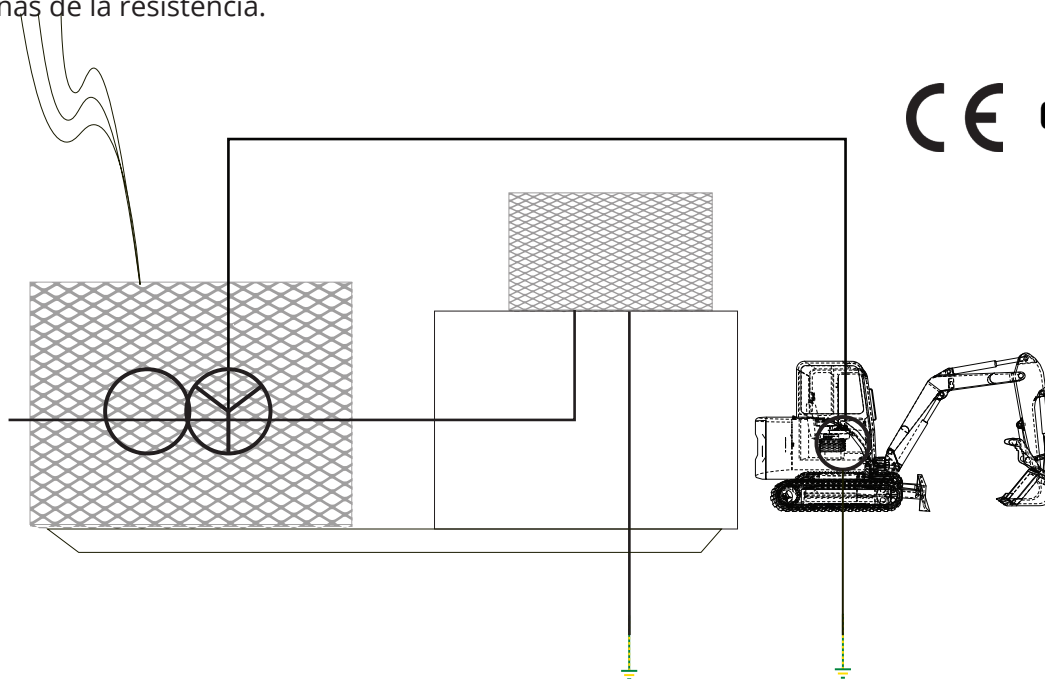


Monitor para alta resistencia de neutro a tierra (NGR): NGRM series

DESAFIOS

Los sistemas con resistencia de neutro a tierra tienen un elemento sumamente crítico en la instalación y corresponde a la propia resistencia de neutro contra tierra (NGR). Su objetivo fundamental es la de limitar la corriente de falla a tierra en caso de que ésta ocurra, por lo cual resulta obligatorio contar con un dispositivo de monitoreo permanente de su condición.

Debido a la enorme disipación de calor en caso de circulación de corrientes de falla a tierra, la resistencia se instala habitualmente en el exterior en una posición elevada. En consecuencia, es difícil realizar un control visual del estado de las bobinas de la resistencia.



¿POR QUÉ MONITOREAR LA RESISTENCIA?

Cuando una NGR falla, el modo en que se manifiesta es por lo general un circuito abierto, interrumpiendo el camino de tierra de retorno a la fuente, por lo cual las protecciones de detección de corrientes de falla, basadas en medición de corriente residual, no funcionarán con una resistencia abierta, y las ventajas de limitación de corriente de cortocircuito otorgadas por la resistencia de puesta a tierra se pierden sin saberlo.

Una operación inadvertida de un sistema sin conexión a tierra y una protección ante corrientes de fallas inoperante se puede evitar mediante el uso de un relé de monitor continuo de NGR.



NGRM500
(hasta 2.000 m.s.n.m)



NGRM700
(hasta 5.000 m.s.n.m)

MONITOR DE RESISTENCIAS DE PUESTA A TIERRA (NGR) EN SISTEMAS CON ALTA RESISTENCIA (HRG): NGRM500, NGRM700

Los dispositivos NGRM500/NGRM700 poseen una Interfaz de usuario multilingüe, Servidor web con 1000 registros de datos de eventos, registro de eventos con fecha y hora e Interfaz de usuario LCD para visualización local o remota mediante protocolo de comunicaciones abiertas Modbus RTU/TCP.

Características más relevantes:

- Compatibilidad con sistemas hasta 25 kV
- Monitoreo de voltaje de fase V(L-L) y voltaje neutro V(L-PE)
- Monitoreo continuo de NGR y monitoreo de corriente de falla en AC y DC
- Análisis armónico de la corriente y tensión de NGR
- Método de medición activa y pasiva, incluye monitorización Offline
- Operar hasta 5000 m.s.n.m sin afectación en exactitud de la medida (*)
- Temperaturas de operación de -40C a +70C

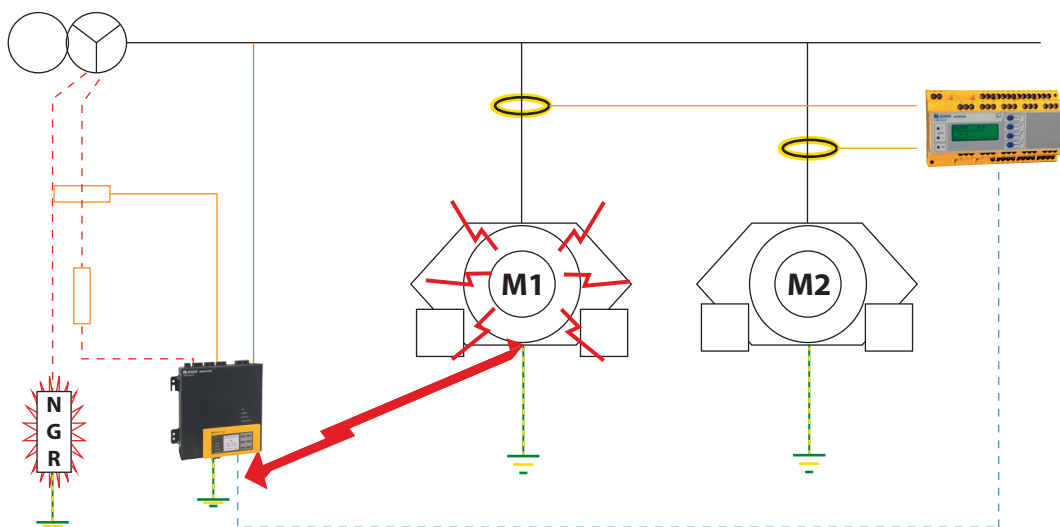
(*) Solo la Versión NGRM700

Acorde con las siguientes normativas:

- AS/NZS 2081:2011: Electrical protection devices for mines and quarries
- CAN/CSA M421-00: Use of Electricity in Mines
- CSA: Canadian Electrical Code / CSA C22.1-18
- IEEE 142:2007 Grounding of Industrial and Commercial Power Systems
- IEC 60364-1: Low-Voltage Electrical Installations

¿COMO LOCALIZAR FALLAS A TIERRA EN SISTEMAS HRG?

Cuando el monitoreo de la NGR a través del NGRM700 / NGRM500 es combinado con los relés LINETRAXX® RCMS460/490 para la vigilancia de las corrientes residuales de falla a tierra asociados a los circuitos de entrada y salida de la subestación, se obtiene la solución perfecta para determinar no solo de forma oportuna cuando se ha iniciado una condición de falla a tierra en algunas de las cargas del sistema; sino también, y más importante aún, conocer a que alimentador está asociado para alarmar / desconectar la carga si es necesario a fin de reducir la afectación al resto del sistema o en su defecto planificar los trabajos de reparación para su intervención futura sin tener que sacar de servicio la totalidad de la subestación.



MONITOR DE RESISTENCIAS DE PUESTA A TIERRA (NGR) EN SISTEMAS CON BAJA RESISTENCIA (LRG): RC48N

Los Sistemas de Baja Resistencia del Neutro a tierra (LRG - Low Resistance Grounding) también se encuentran con gran presencia en la industria minera siendo mayormente empleados en redes eléctricas de media tensión y alta tensión de entre 4.16KV y 72KV. Su función es limitar la corriente de falla a tierra monofásica o arco eléctrico a tierra a valores aproximados de 200-400Amp. Su origen práctico se deriva de la fuerte necesidad de coordinación de protecciones entre alimentadores primarios de las subestaciones de gran potencia y múltiples circuitos secundarios de salida pudiéndose emplear relés de protección de falla a tierra que no necesariamente deben ser extremadamente sensibles (de entre decenas y cientos de miliamperios para protección a personas) sino más bien capaces de detectar decenas y cientos de amperios. Para ello, los transformadores de corriente de medida de la magnitud de falla pueden ser de relación estándar XX/5A y no de secuencia cero de alta inductancia para detectar pequeñas variaciones de flujo.



Para estos sistemas de hasta 5KV, BENDER cuenta con el Relé RC48N - Ground Fault and Neutral Grounding Resistor Monitor el cual cuando es combinado con los dispositivos acopladores CD1000 o CD5000 monitorea la integridad de la resistencia y el conductor del neutro. El dispositivo alarma cuando:

- La resistencia de neutro a tierra excede su valor de respuesta establecido o condición abierta.
- El valor de la corriente de falla alcanza su límite.

Funciones de enclavamiento ante activación de alarma y filtro de señal de medida son posibles sobre el dispositivo

Tips clave: comparación de aplicaciones con sistemas LRG vs HRG

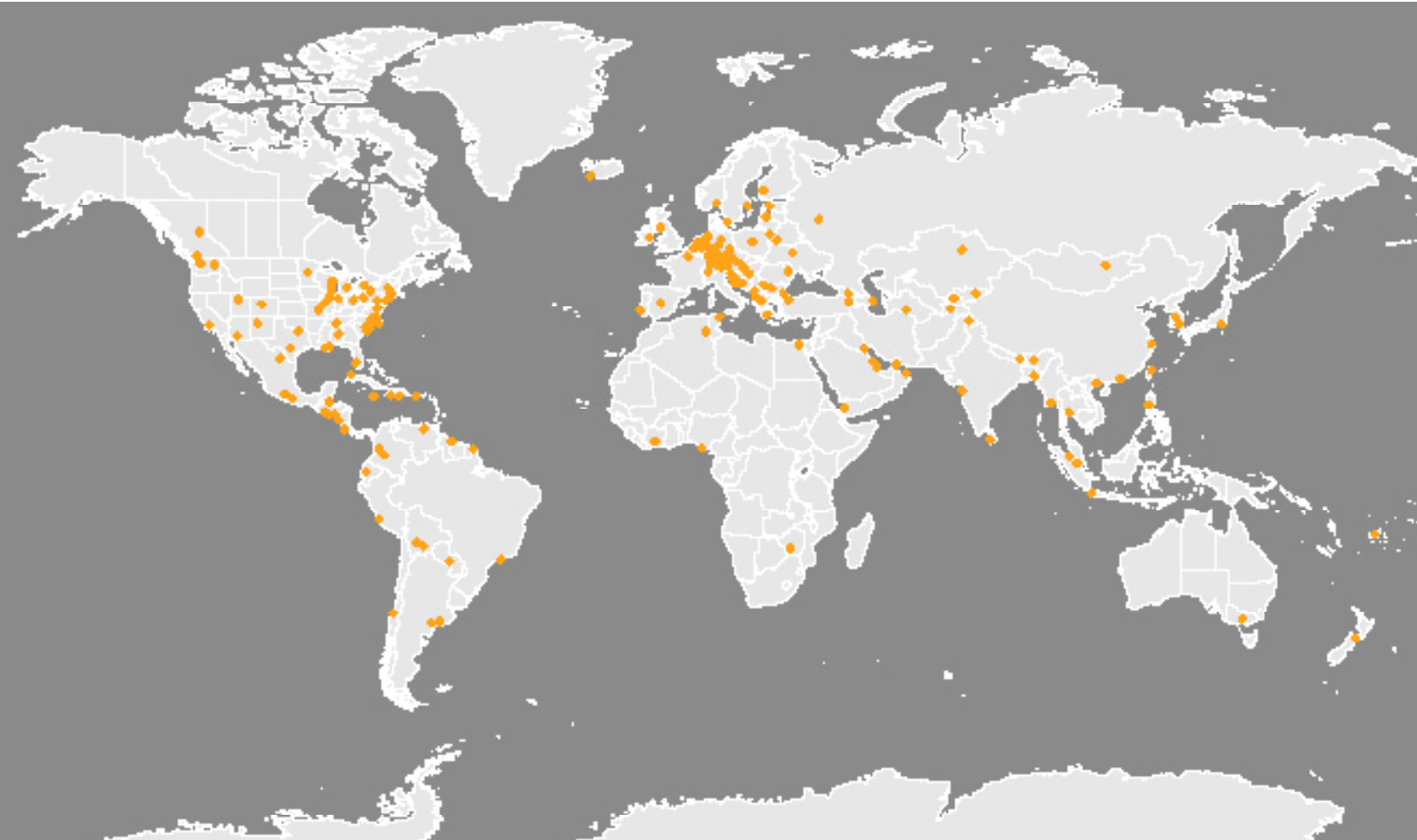
High Resistance Grounded

- Limita las corrientes de fase a tierra a 5-10A.
- Reduce la corriente de arco y esencialmente elimina los riesgos de arco eléctrico asociado con las condiciones de corriente de falla de fase a tierra.
- Elimina el daño mecánico y puede limitar el daño térmico a transformadores y bobinados de maquinaria rotativa en cortocircuito.
- Evita la operación de dispositivos de sobre corriente hasta que se pueda localizar la falla (cuando solo una fase falla a tierra).
- Requiere un sistema de detección de falla a tierra para notificar a los responsables de la instalación que se ha producido una condición de falla a tierra.
- Puede utilizarse en sistemas de baja tensión o sistemas de media tensión hasta 25kV. La norma IEEE 141-1993 establece que "la conexión a tierra de alta resistencia debe restringirse a sistemas de clase 5kV o inferiores con corrientes de carga de aproximadamente 5.5A o menos y solo se permitirá en sistemas de 15kV cuando se empleen relés adecuados".
- El aislamiento del conductor y los protectores contra sobretensiones deben estar clasificados según el voltaje de línea a línea. Las cargas de fase a neutro deben servirse a través de un transformador de aislamiento

Low Resistance Grounded

- Limita las corrientes de fase a tierra a 200-400A.
- Reduce la corriente de arco y, en cierta medida, limita los riesgos de arco eléctrico asociados con las condiciones de corriente de falla de fase a tierra.
- Puede limitar el daño mecánico y el daño térmico a bobinados de transformadores y maquinaria rotativa en cortocircuito.
- No impide la operación de dispositivos de sobre corriente.
- No requiere un sistema de detección de falla a tierra.
- Puede ser utilizado en sistemas de media o alta tensión.
- El aislamiento del conductor y los protectores contra sobretensiones deben estar clasificados según el voltaje de línea a línea. Las cargas de fase a neutro deben servirse a través de un transformador de aislamiento.

Bender is located in 70 countries around the world



USA • Exton, PA

800.356.4266 / 610.383.9200 • info@bender.org
www.benderinc.com

Canada • Mississauga, ON

800.243.2438 / 905.602.9990 • info@bender-ca.com
www.bender-ca.com

México • Ciudad de México

+ (55) 7916 2799 / + (55) 4955 1198 • info@bender.com.mx
www.bender.com.mx

South America, Central America, Caribbean

+1 (484) 288-7434 • info@bender-latinamerica.com
www.bender-latinamerica.com

Chile • Santiago de Chile

+56 2.2933.4211 • info@bender-cl.com
www.bender-cl.com

Spain • San Sebastián de los Reyes

+34.91.375.1202 • info@bender.es
www.bender.es