

Cómo encontrar y reparar fallas a tierra en sistemas solares fotovoltaicos

Las fallas a tierra pueden ser un problema frecuente y persistente para instalaciones solares o conjuntos fotovoltaicos (PV) de cualquier tamaño. Pueden afectar la salud del sistema y reducir la productividad. Todo técnico solar necesita saber qué son, cómo encontrarlos y cómo repararlos de manera eficiente.



¿Qué es una falla a tierra?

Una falla a tierra es una conexión involuntaria entre un conductor que transporta corriente y una pieza metálica conectada a tierra. En el lado de CC de un conjunto fotovoltaico, las fallas a tierra generalmente ocurren en el cable positivo o negativo. También pueden ocurrir en uno de los conductores sin conexión a tierra (L1, L2 o L3) en el lado de CA del sistema. La conexión accidental podría ser con el marco, bastidor, conducto, caja eléctrica o cualquier otra pieza metálica.

Una falla a tierra puede tomar dos formas básicas:

- Una falla a tierra grave es una conexión sostenida de baja resistencia entre el cable que transporta corriente y la pieza metálica. Esta conexión permanece intacta a lo largo del tiempo.
- Una falla intermitente es más difícil de localizar. Ocurre cuando el cable que transporta corriente ocasionalmente se conecta a la parte metálica. Una conexión puede ocurrir durante una tormenta cuando hay menos resistencia o cuando un rastreador se mueve a una posición específica. Con el tiempo, una falla a tierra intermitente puede convertirse en una falla a tierra grave.

En los paneles fotovoltaicos, varios problemas comunes pueden provocar una falla a tierra:

- Errores de instalación como cables pellizcados, cables dañados durante la instalación o cables asegurados demasiado cerca del borde de la estantería.
- Expansión y contracción térmica.
- Movimiento del viento que hace que el cableado roce contra los marcos del módulo, los conductos o las estanterías, provocando desgaste en el aislamiento.

¿Cómo se protegen los inversores solares contra una falla a tierra?

Los inversores solares deben tener un dispositivo de detección e interrupción de falla a tierra (GFDI) para detectar y detener fallas a tierra. Puede identificar la falla a tierra, generar un código de error y apagar el inversor.

La cantidad de corriente que fluye a través de la falla a tierra necesaria para activar el GFDI del inversor varía según el tipo de inversor.

- Los inversores aislados basados en transformadores utilizan un fusible como GFDI. Es posible que algunas fallas a tierra no tengan suficiente corriente para quemar el fusible y apagar el inversor.
- Los inversores no aislados sin transformadores utilizan GFDI más sensibles con un dispositivo de corriente residual (RCD). El RCD puede identificar fallas a tierra a un nivel de corriente mucho más bajo que un fusible.

Trabajar en una instalación fotovoltaica siempre requiere EPP

Cada vez que trabaje en un sistema energizado, es esencial que utilice el equipo de protección personal (EPP) adecuado. En los EE. UU., las normas de seguridad NFPA 70E® guían los requisitos de PPE según las reglas de seguridad de OSHA y los niveles de peligro involucrados.

Es posible que los sistemas fotovoltaicos residenciales más pequeños solo requieran guantes con aislamiento eléctrico. Sin embargo, los sistemas comerciales más grandes pueden requerir ropa resistente a las llamas, guantes con aislamiento eléctrico y una careta contra arco eléctrico. Algunas instalaciones pueden requerir un traje completo contra arco eléctrico para proteger contra peligros potenciales. Comprenda las reglas de su empresa y los peligros del equipo en el que trabajará para poder protegerse con el EPP adecuado.

Cómo probar circuitos de cadenas fotovoltaicas de CC energizados con fallas a tierra

Un procedimiento de prueba metódico le ayuda a localizar fallas a tierra de manera eficiente y, lo más importante, de forma segura.

- 1- Comprenda los valores esperados antes de comenzar

Antes de realizar pruebas para identificar la ubicación de una falla a tierra, necesita saber qué valores de medición esperar, específicamente el voltaje. El voltaje del circuito abierto (Voc) del módulo se puede encontrar en la etiqueta del módulo o en la hoja de datos. La tensión de la cadena fotovoltaica se calcula multiplicando el Voc del módulo por el número de módulos en serie.

- 2- Desenergiza y bloquea/etiqueta (LOTO) donde estás trabajando

Aislar el equipo a probar. Abra (apague) la desconexión con clasificación de interrupción de carga en la sección donde está trabajando; esta puede ser un área específica o cada desconexión del conjunto.

Una vez que la desconexión esté apagada, aplique dispositivos de bloqueo/etiquetado a cada componente para evitar que el sistema se vuelva a energizar accidentalmente. Etiquete cada dispositivo LOTO con el nombre del trabajador, número de teléfono, fecha y el trabajo que se realiza.

3- Inspeccione visualmente el conjunto fotovoltaico

Antes de realizar cualquier prueba, es una buena práctica inspeccionar visualmente el conjunto. Puede encontrar muchas fallas a tierra buscando signos obvios de daño, como marcas de quemaduras en módulos o conectores derretidos.

4- Pruebe primero la corriente en cada cadena y luego abra los portafusibles.

Es fundamental que pruebe la corriente en los conductores positivo y negativo antes de abrir los portafusibles. Las fallas a tierra dobles o los errores de instalación pueden provocar circuitos cerrados donde puede haber corriente de cortocircuito (Isc). Abrir un portafusibles o una interconexión de módulos mientras fluye corriente es peligroso. Puede crear un arco de CC que puede dañarle a usted y al equipo.

Utilice una pinza amperimétrica, como la pinza amperimétrica solar Fluke 393 FC, para verificar la corriente cero en cada cadena de circuito fotovoltaico antes de abrir los portafusibles. Verifique que no haya corriente y luego abra los portafusibles de seguridad táctil para aislar cada cadena de circuito fotovoltaico.

Advertencia: Nunca mida la corriente en una instalación fotovoltaica con las puntas de sonda de un multímetro. Esto provocará que fluya una corriente de cortocircuito a través del multímetro, lo que podría dañarlo. También crea un peligro para la seguridad cuando retira las puntas de las sondas de los terminales que está probando.

5- Pruebe el voltaje de la cadena fotovoltaica

Utilice un medidor CAT III con un voltaje nominal superior al voltaje del sistema fotovoltaico (como el Fluke 393). Conecte el cable negativo de su medidor a la barra colectora negativa usando una pinza de cocodrilo. Conecte el cable positivo de su medidor a la barra colectora positiva usando otra pinza de cocodrilo.

Una cadena a la vez, cierre los portafusibles de la cadena y registre el voltaje. Abra cada portafusibles después de realizar la prueba antes de pasar a la siguiente cadena. Haga esto para cada cadena en el cuadro combinador. Los resultados deben estar cerca del voltaje de circuito abierto para la cadena del circuito fotovoltaico. Si identifica algún valor atípico, debe determinar la fuente de la discrepancia de voltaje.

Con todos los portafusibles positivos abiertos, retire el conductor negativo de la primera cadena de la barra colectora negativa y conéctelo al cable negativo del medidor. (Si el combinador tiene fusibles en el lado negativo, puede abrir los portafusibles en lugar de quitar el cable. Cierre un portafusibles a la vez para probar esa cadena).

Conecte el cable positivo del medidor a la barra colectora de tierra y registre la medición. Una cadena sin falla a tierra debe tener cero voltios entre el negativo y tierra.

Los medidores a menudo pueden leer un voltaje que cae a cero con el tiempo. Esto es "voltaje fantasma", no voltaje real. Cualquier cadena que tenga voltaje real se estabilizará en esa lectura casi de inmediato, y el voltaje a tierra indica una falla a tierra.

Pruebe cada cuerda restante, protegiendo los extremos libres de los cables con una tuerca para cables o cinta aislante después de probar cada cuerda.

Aísle todos los conductores negativos con una tuerca para cables, cinta aislante o abriendo los portafusibles negativos. Conecte el cable positivo del medidor a la barra colectora positiva usando una pinza de cocodrilo. Conecte el cable negativo del medidor a la barra colectora de tierra y registre la medición. Cierre un portafusibles a la vez y registre la medición.

Una cadena sin falla a tierra debe tener cero voltios entre el positivo y tierra. Continúe esta prueba con cada cadena, una a la vez, para identificar cualquier falla a tierra.

Identifique la ubicación de la falla a tierra usando el procedimiento de ubicación a continuación. Repare cualquier falla a tierra y reinicie el inversor.

Si el inversor continúa mostrando una falla a tierra, repita los pasos cyd hasta que la falla haya desaparecido. También puede probar los conductores desde la caja combinadora al inversor (o recombinadores) usando el procedimiento para probar circuitos desenergizados a continuación.

Cómo probar circuitos desenergizados en busca de fallas a tierra

A menudo hay fallas a tierra en los conductores que van desde el combinador de CC al inversor. También ocurren en el lado de CA del sistema desde el inversor hasta el punto de interconexión. Por lo general, estos circuitos se pueden desactivar abriendo desconexiones en ambos extremos del circuito. Los conductores desenergizados tienen un procedimiento de prueba diferente al de los circuitos de cadenas fotovoltaicas energizados.

1- Aislar, desenergizar y bloquear/etiquetar (LOTO)

Antes de comenzar, abra (apague) cada desconexión nominal de interrupción de carga en la sección del sistema en la que estará trabajando. Aislar cada conductor de la electrónica y otros conductores; es posible que tengas que quitar el conductor de un terminal.

Una vez que la desconexión esté apagada, aplique dispositivos de bloqueo/etiquetado a cada componente para evitar que el sistema se vuelva a energizar accidentalmente. Etiquete cada dispositivo LOTO con el nombre del trabajador, número de teléfono, fecha y el trabajo que se realiza. (Obtenga más información sobre bloqueo/etiquetado aquí).

Antes de desconectar los conductores, si es necesario, pruebe la corriente para evitar daños al equipo y riesgos de arco.

2- Utilice pruebas vivo-muerto-vivo para garantizar que el circuito esté desenergizado

Una prueba vivo-muerto-vivo es esencial para verificar que el circuito esté apagado. Primero, pruebe su medidor en una fuente de voltaje conocida, como un circuito energizado o la unidad de prueba Fluke

PRV240. Luego pruebe el circuito y mida su voltaje, que debería ser cero. Finalmente, vuelva a probar el medidor en la fuente de voltaje conocida para verificar que el medidor todavía esté funcionando.

3- Realice una prueba de resistencia de aislamiento para identificar el circuito con una falla a tierra.

Nunca realice una prueba de resistencia de aislamiento en un conductor conectado a un dispositivo electrónico. El voltaje utilizado durante la prueba puede dañar los circuitos electrónicos.

No se puede probar la resistencia de aislamiento en circuitos conectados a tierra, como el conductor neutro en el lado de CA de un inversor. Antes de probar un conductor neutro puesto a tierra, verifique que no haya corriente en el circuito. Luego retire ambos extremos del conductor de sus terminales para aislarlo de tierra.

Conecte el cable de prueba rojo a un extremo del conductor. Aísle el otro extremo del conductor. Es posible que necesite utilizar una tuerca para cables o cinta adhesiva para evitar que se forme un arco y cree un peligro para la seguridad.

Conecte el cable de prueba negro a tierra. Ejecute la prueba de resistencia de aislamiento y registre los resultados.

Repita la prueba en otros conductores del circuito. Identifique cualquier valor atípico con baja resistencia que pueda indicar una falla a tierra.

Cómo localizar una falla a tierra en un circuito de cadena fotovoltaica en números

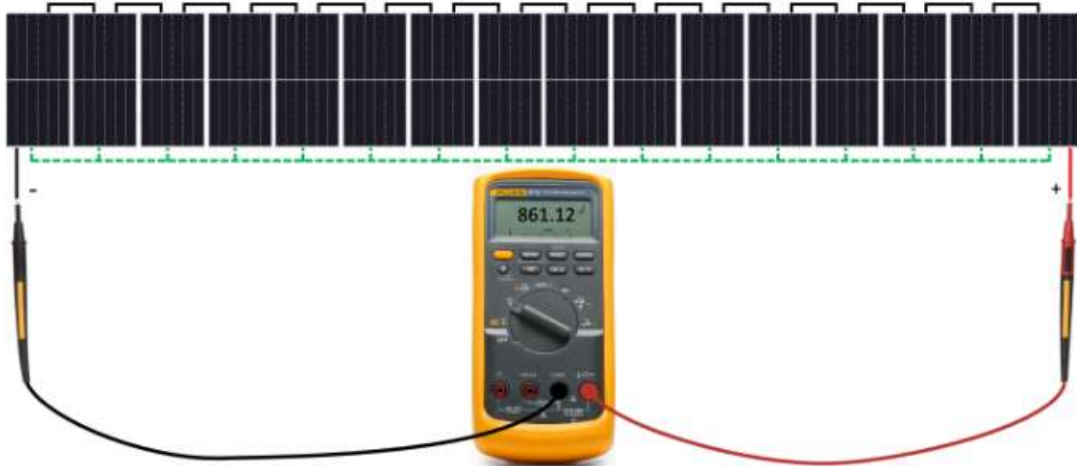
Un circuito de cadena fotovoltaica sin falla a tierra tendrá un voltaje de circuito abierto (Voc) entre los conductores positivo y negativo. Tendrá cero voltios de positivo a tierra y de negativo a tierra.

Cuando hay una falla a tierra, la medición mostrará Voc entre los conductores positivo y negativo. También revelará un valor distinto de cero en el positivo a tierra, el negativo a tierra o ambos.

Veamos un ejemplo con tensión a tierra tanto en el lado positivo como en el negativo:

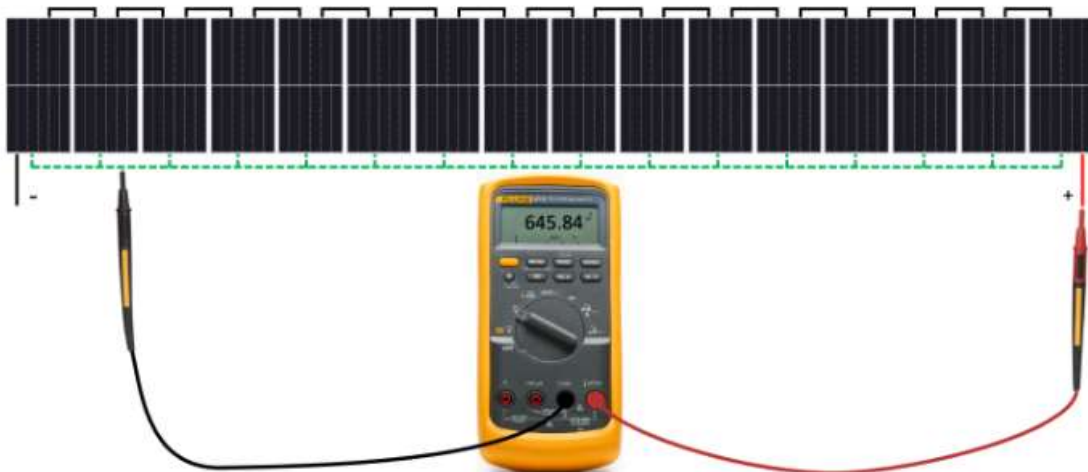
Primero, mida entre positivo y negativo. En esta cadena de 16 módulos, cada uno con un Voc de 53,82 VCC, medimos 861,12 VCC, el voltaje de circuito abierto del circuito de la cadena fotovoltaica ($16 \times 53,82 = 861,12$).

16 Modules
Voc = 53.82



A continuación, medimos entre el conductor positivo y tierra y obtenemos una lectura de 645,84 VCC.

16 Modules
Voc = 53.82



Ahora medimos entre el conductor negativo y tierra y obtenemos una lectura de 215,28 VCC.

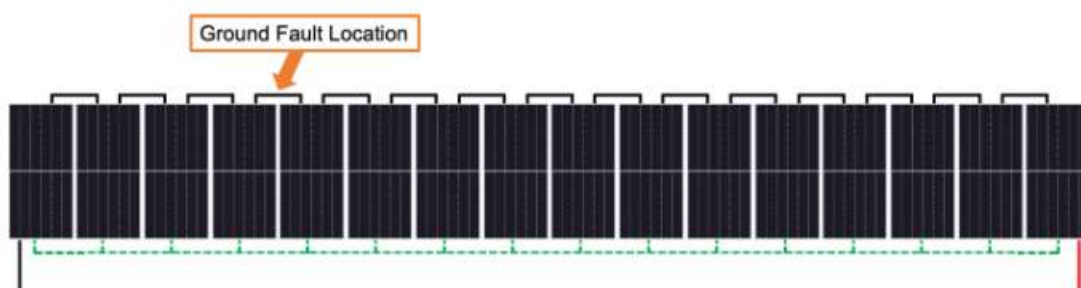


Esperábamos cero voltios a tierra. Sin embargo, las mediciones indicaron tensión a tierra tanto en el lado positivo como en el negativo del circuito de la cadena fotovoltaica. Podemos dividir ambas lecturas a tierra por el módulo individual Voc para identificar la ubicación de la falla a tierra.

$$645,84 \div 53,82 = 12$$

$$215,28 \div 53,82 = 4$$

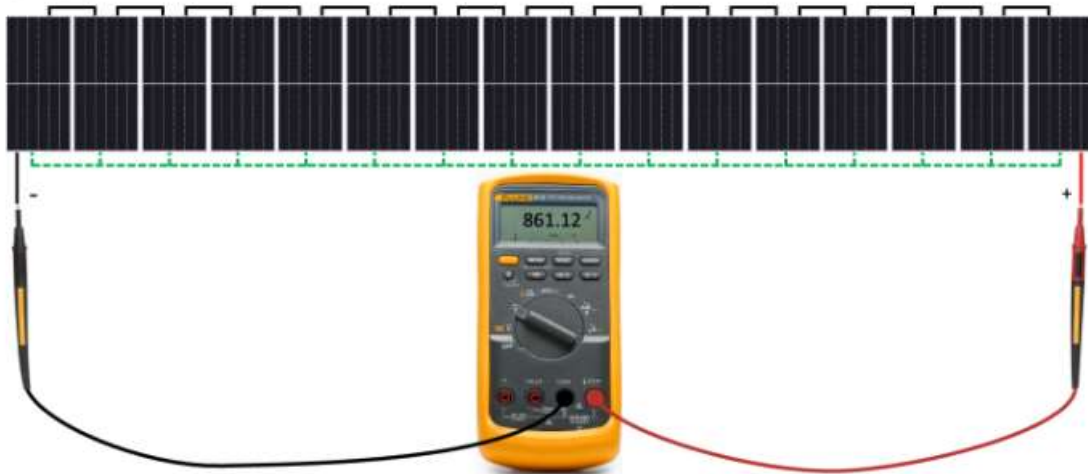
Estos resultados indican que hay 4 módulos de un lado de la falla a tierra y 12 del otro. Entonces, la falla se ubica entre los módulos 4 y 5. En raras ocasiones, las celdas del módulo pueden crear una falla a tierra cuando entran en contacto con el marco del módulo.



Aquí hay otro ejemplo típico de falla a tierra con voltaje a tierra en el lado negativo.

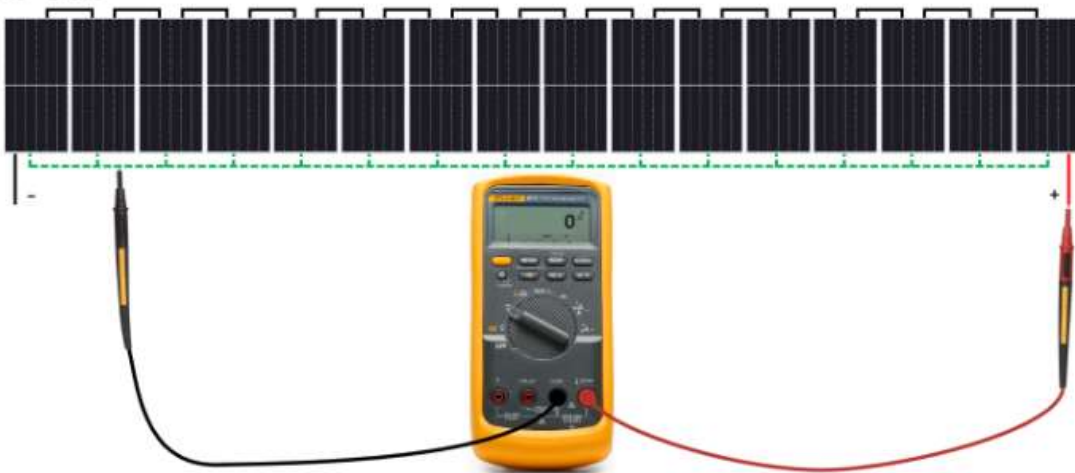
Primero, mida entre positivo y negativo. En esta cadena de 16 módulos, cada uno tiene un Voc de 53,82 VCC. Nuevamente medimos 861,12 VCC, el voltaje del circuito abierto del circuito de cadena fotovoltaica.

16 Modules
Voc = 53.82



A continuación, medimos entre el conductor positivo y tierra y obtenemos una lectura de 0 VCC, que coincide con nuestras expectativas.

16 Modules
Voc = 53.82



Ahora medimos entre el conductor negativo y tierra y obtenemos una lectura de 861,12 VCC.



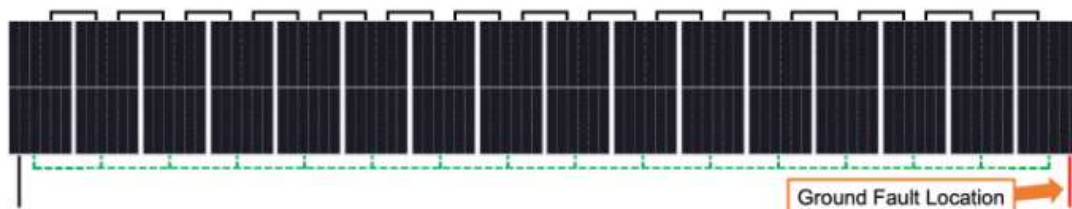
Esperábamos cero voltios a tierra, pero las mediciones indicaron voltaje a tierra en los lados negativos del circuito de la cadena fotovoltaica. Si dividimos ambas lecturas a tierra por el módulo individual Voc, podemos identificar la ubicación de la falla a tierra.

$$0 \div 53,82 = 0$$

$$861,12 \div 53,82 = 16$$

Estas mediciones indican que los 16 módulos están en un lado de la falla a tierra y cero módulos en el otro, lo que significa que la falla a tierra está en el conductor positivo.

Las fallas a tierra en un conductor conectado son relativamente comunes pero fáciles de pasar por alto. Una medición a tierra indicará cero voltios, como se esperaba. Pero al mismo tiempo, el otro lado medirá el Voc de toda la cuerda. Presta mucha atención a estas medidas para poder encontrar el fallo.



Cómo utilizar pruebas de resistencia de aislamiento para encontrar fallas a tierra intermitentes

Las pruebas de resistencia de aislamiento pueden ser una herramienta excelente para identificar fallas a tierra, incluidas muchas fallas intermitentes. Antes de probar la resistencia de aislamiento en cualquier circuito con módulos fotovoltaicos, comuníquese con el fabricante del módulo para verificar que se permitan las pruebas de resistencia de aislamiento a través del módulo, de modo que no anule la garantía del módulo.

Nunca realice pruebas de resistencia de aislamiento en un circuito conectado a un dispositivo electrónico como electrónica de potencia a nivel de módulo o un inversor. Aísle todos los circuitos de la electrónica de potencia antes de realizar la prueba de resistencia de aislamiento o podría dañar esos dispositivos electrónicos.

En sistemas fotovoltaicos más grandes, es posible que no sepa qué sección del conjunto tiene la falla a tierra. Una forma de limitar la búsqueda es utilizar un medidor de resistencia de aislamiento, como el multímetro de aislamiento Fluke 1587 FC o el probador fotovoltaico multifunción Fluke SMFT-1000. El medidor puede ayudarle a identificar una subsección del conjunto con una resistencia a tierra inferior a la normal.

Por ejemplo, en sistemas a gran escala donde se conectan varias cajas combinadoras a un inversor central grande, es posible que el sistema de adquisición de datos no identifique qué caja combinadora tiene la falla a tierra. Comience el proceso de prueba de resistencia de aislamiento aislando cada caja combinadora del resto del sistema. Una vez que estén aislados, puede realizar una prueba de resistencia de aislamiento en cada combinador. Comparar los resultados de cada prueba le permite identificar valores atípicos que justifican pruebas adicionales.

No todos los sistemas requerirán pruebas de resistencia de aislamiento para identificar el segmento del arreglo con una falla a tierra.

Por ejemplo, los sistemas a gran escala con inversores de cadena rara vez tienen cajas combinadoras. Sus cadenas de circuitos fotovoltaicos de CC se conectan individualmente directamente al inversor. Para estos sistemas, puede omitir las pruebas de resistencia de aislamiento. Utilice el procedimiento de prueba de voltaje descrito anteriormente, porque sabrá qué inversor tiene la falla a tierra.

Una falla a tierra intermitente aparece solo bajo condiciones específicas. Las pruebas de resistencia de aislamiento a menudo pueden identificar circuitos de cadenas fotovoltaicas con tales fallas. Un medidor como el SMFT-1000 o 1587 puede ayudarle a identificar la cuerda con baja resistencia a tierra.

- Retire el cable negativo de la barra colectora común. Si está utilizando un probador de resistencia de aislamiento como el 1587, conecte el cable rojo del medidor al cable negativo del circuito de la cadena fotovoltaica. Conecte el cable negro del medidor a tierra.
- Aísle el extremo positivo de la cuerda de otros circuitos. Ejecute la prueba de resistencia de aislamiento y registre los resultados. Utilice una tuerca para cables o cinta aislante en el extremo expuesto del cable negativo, o devuelva el cable a su terminal antes de pasar a la siguiente prueba.
- Continúe este procedimiento con cada circuito de cadena fotovoltaica e identifique cualquier valor atípico que pueda indicar una falla a tierra. Si está utilizando un probador multifunción como el SMFT-1000, siga el procedimiento indicado por el medidor.

Algunas fallas a tierra intermitentes aparecen solo cuando el sistema está mojado. En ese caso, deberá realizar las pruebas en condiciones de humedad. Espere a que llegue un día lluvioso, que haya condensación por la mañana o rocíe la matriz con agua antes de realizar las pruebas. Tome siempre las precauciones de seguridad adecuadas, ya que los paneles húmedos pueden suponer un mayor riesgo para la seguridad.

Las fallas a tierra intermitentes también pueden deberse a piezas móviles, como los paneles solares de seguimiento. Es posible que la falla solo aparezca en momentos específicos del día. En ese caso, reinicie

el inversor y utilice el sistema de monitoreo para identificar el momento en que se disparó el GFDI. Realice la resolución de problemas en este momento para identificar la ubicación de la falla.

Cómo reparar fallas a tierra en sistemas fotovoltaicos

Una vez que haya encontrado la falla a tierra, tiene varias opciones para repararla.

Si el conductor dañado está en un conducto o al aire libre, puede reemplazarlo por un conductor nuevo y en buen estado. Puede resultar difícil reemplazar un solo conductor en un conducto con otros conductores sin retirar todos los conductores del conducto.

Si encuentra daños menores en un circuito de cadena fotovoltaica al aire libre, puede cortar la sección de cable dañada. Reemplácelo con un conector rápido instalado en campo como un MC4.

- Verifique que no fluya corriente en el circuito utilizando una pinza amperimétrica, como la pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz Fluke 325, la pinza amperimétrica de CA/CC sin contacto 378 o la pinza amperimétrica solar 393.
- Cortar el conductor y eliminar posibles daños.
- Coloque un conector positivo en un lado y un conector negativo en el otro.
- Enchufe los conectores, asegurándose de que estén firmemente en su lugar.
- Repita las pruebas de voltaje y/o resistencia de aislamiento en el circuito para verificar la reparación.

En algunos casos, será fácil detectar una falla a tierra. La alta resistencia genera calor, lo que puede provocar un incendio y daños potencialmente importantes. Reemplace todos los equipos y conductores impactados.

Las fallas a tierra pueden ser un problema persistente para cualquier sistema fotovoltaico. Pasan factura a la salud y la productividad del sistema. Un enfoque claro y consistente para encontrar y diagnosticar dichas fallas puede ayudarlo a repararlas de manera confiable y eficiente siempre que ocurran.



3-3433818



Av. Beni, C/ Mururé, 2055.
Santa Cruz, Bolivia.

