

Criterios para la elección de un diferencial

Utilización de diferenciales en

SUNNY BOY, SUNNY MINI CENTRAL y SUNNY TRIPOWER



Contenido

A la hora de instalar un inversor, surgen a menudo dudas sobre la utilización de un diferencial. Para resolverlas, en instalaciones fotovoltaicas se puede recurrir sobre todo a las normas DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) y DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002).

En este caso, se utilizará el diferencial como protección frente al contacto indirecto (protección personal).

1 Aclaración terminológica

1.1 Medida de protección según la norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005)

Según esta norma, la estrategia de protección frente a descargas eléctricas se compone de dos medidas preventivas:

- Protección básica: protección frente al contacto directo.
- Protección por fallo: protección en caso de producirse un fallo. Esta medida de protección entra en acción si la protección básica deja de funcionar, y evita daños físicos.

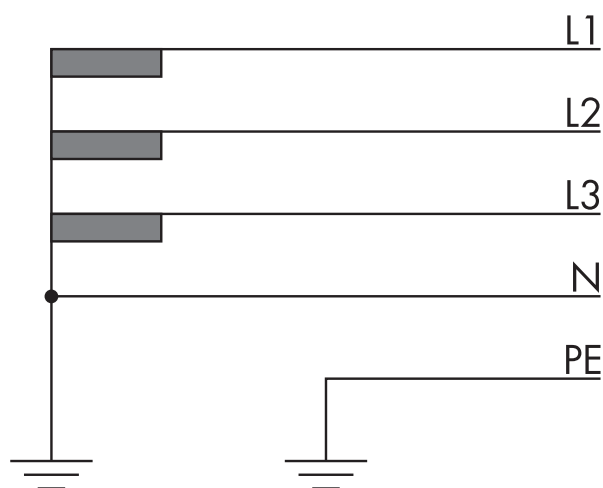
Como medida de protección para la instalación del lado de la CA de una instalación fotovoltaica está prevista principalmente la protección mediante la desconexión automática del suministro de corriente.

Además del aislamiento de las partes activas como protección básica, la protección por fallo se establece mediante la comparación del potencial de protección y mediante un dispositivo de desconexión.

Al surgir el fallo, este deberá llevar a cabo la desconexión dentro de los tiempos prescritos (en 230 V_{CA}: 0,2 s en redes TT y 0,4 s en redes TN).

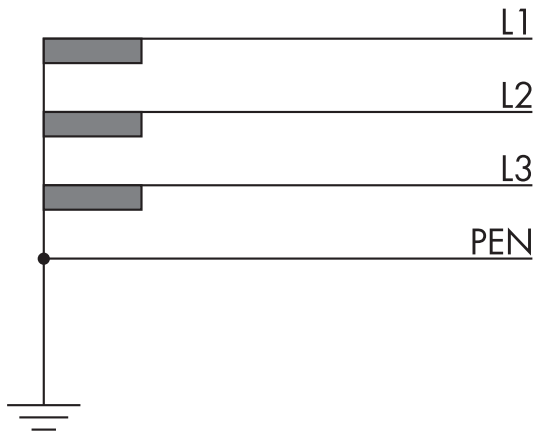
1.2 Tipos de red

Red TT

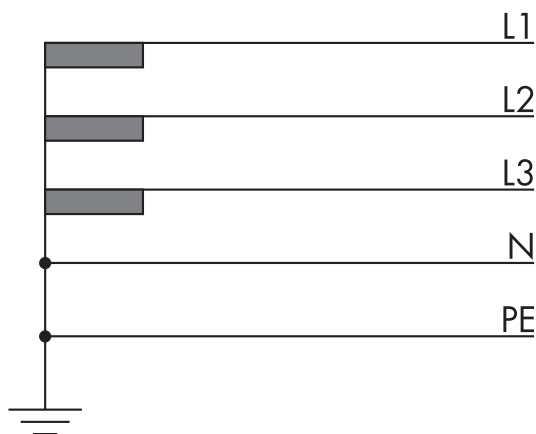


Redes TN

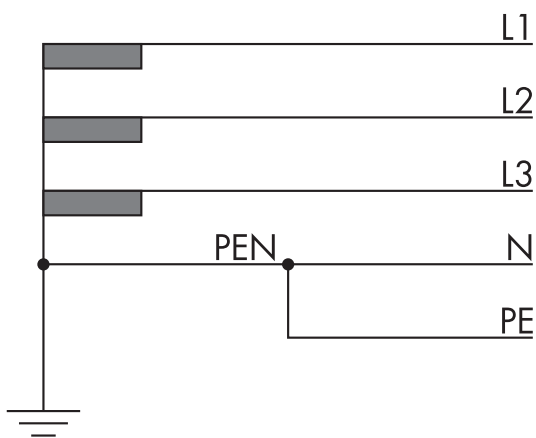
Red TN-C




Red TN-S



Red TN-C-S



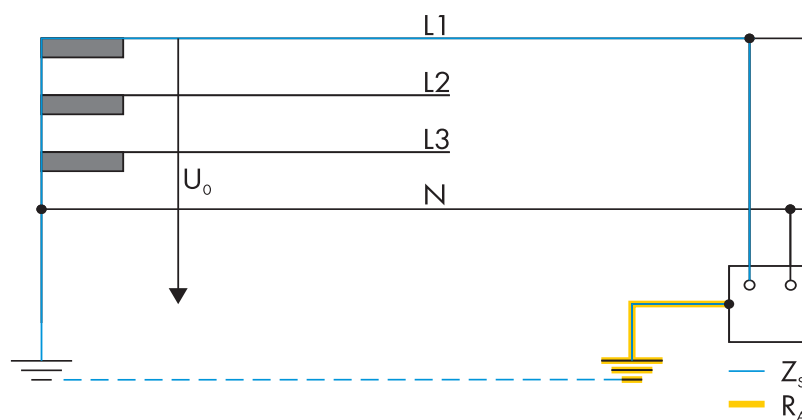
1.3 Abreviaturas, iconos y símbolos

- DS Disyuntor
-  Símbolo de activación del disyuntor
- RCD Diferencial ("Residual Current Device")
- RCMU Unidad de monitorización de corriente residual (sensible a cualquier corriente, "Residual Current Monitoring Unit")
- I_a Corriente que tiene como resultado la desconexión automática en el tiempo requerido (protección frente a cortocircuito).

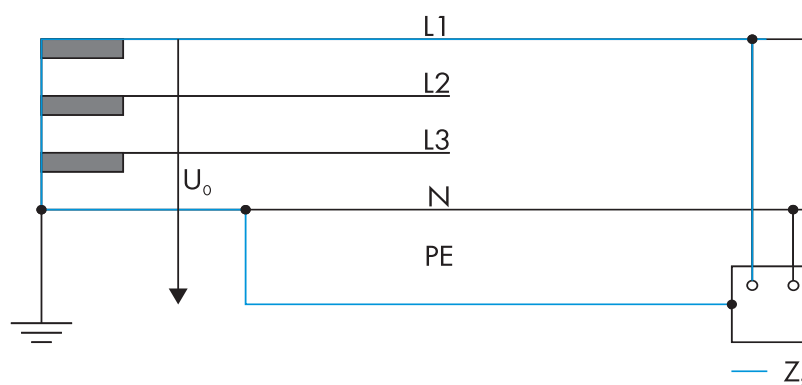
En la característica B del disyuntor, esta corresponde a 5 veces la corriente nominal (I_{nom}) del disyuntor. En la característica C, esta se corresponde a 10 veces; por ejemplo: DS C16 A $\Rightarrow I_a = 160$ A.

- I_{nom} Corriente nominal del DS
- $I_{\Delta f}$ Corriente diferencial asignada del diferencial
- R_A Suma de las resistencias de la toma a tierra y del conductor de protección del cuerpo que proteger
- U_0 Tensión alterna nominal del conductor de fase a tierra
- Z_S Impedancia del bucle de fallo, compuesta de fuente de corriente, conductor de fase hasta el lugar del fallo y conductor de protección entre el lugar del fallo y la fuente de corriente

- R_A y Z_S en red TT



- Z_S en red TN



2 Posibilidades de la desconexión

Según la norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005), la desconexión automática puede producirse mediante la comparación del potencial de protección en combinación con un disyuntor o con un diferencial.

2.1 Desconexión automática mediante un disyuntor

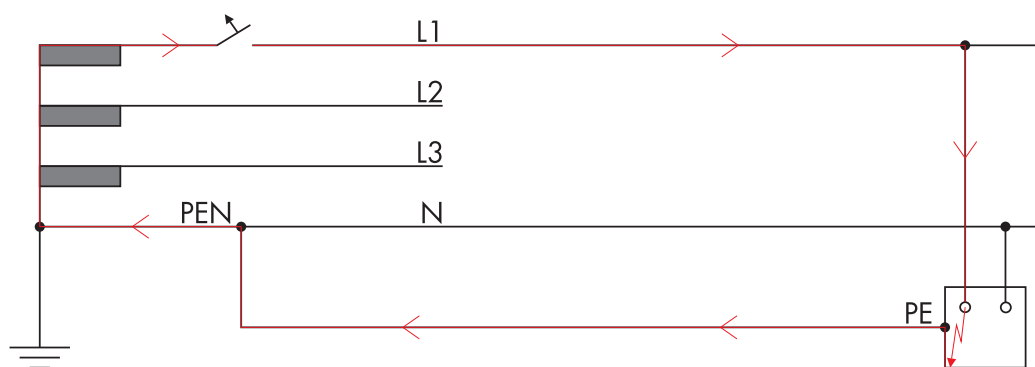
Un disyuntor garantiza la desconexión automática si se cumplen estas condiciones:

- Red TN:

Si $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$, el disyuntor puede garantizar la protección mediante la desconexión automática.

- Red TT:

- Como protección por fallo, es primordial contar con un diferencial.
- No obstante, si $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$, también en este caso el disyuntor puede garantizar la protección mediante la desconexión automática.



Ejemplo: desconexión mediante el disyuntor en caso de fallo en una red TN-C-S

2.2 Desconexión automática mediante un diferencial

Un diferencial garantiza la desconexión automática si se cumplen estas condiciones:

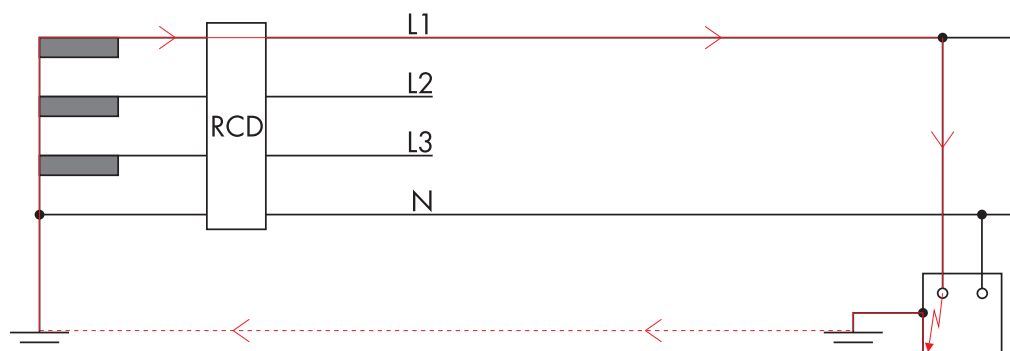
- Red TN:

En una red TN, las corrientes residuales son significativamente superiores a la corriente diferencial asignada $I_{\Delta f}$ del diferencial. De este modo siempre se mantienen los tiempos de desconexión con el diferencial.

En las redes TN-C no está permitida la utilización de un diferencial.

- Redes TT:

- Como protección por fallo, es primordial contar con un diferencial.
- Si $R_A < \frac{50 V}{I_{\Delta f}}$, el diferencial puede garantizar la protección mediante la desconexión automática.



Ejemplo: desconexión mediante un diferencial en caso de fallo en una red TT

2.3 Elección de la posibilidad de desconexión

Debe comprobarse si el disyuntor destinado a la protección del cable es suficiente para la desconexión automática (consulte el capítulo 2.1 "Desconexión automática mediante un disyuntor" (Página 5)).

- Si este es el caso, a través del bucle de fallo fluye una corriente (en función del nivel de la impedancia de bucle) que es mayor a la corriente de disparo I_a (de la protección contra cortocircuito). El disyuntor puede así desconectarse en los tiempos requeridos.
- Si la impedancia de bucle es demasiado elevada, debe emplearse además un diferencial (a excepción de en una red TN-C).

3 Razones adicionales para el uso de un diferencial

3.1 Instalación en exteriores

A menudo se defiende la idea de que para instalaciones en exteriores siempre debe utilizarse un diferencial. Según la norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005), esto solo afecta a circuitos de corriente final para dispositivos sostenibles en el exterior con una corriente asignada de hasta 32 A.

3.2 Requisitos del operador de red

Algunos operadores de red adaptan las condiciones técnicas de conexión, de validez general, a su red y, por lo tanto, se desvían de los estándares. En este caso específico de condiciones técnicas de conexión, también puede requerirse el uso de un diferencial.

Si en relación al operador de red se hace necesario el uso de un diferencial, el tipo y las condiciones de utilización estarán contempladas en las condiciones técnicas de conexión. No obstante, los operadores de red no siempre solicitan de forma explícita el uso de un diferencial, sino únicamente "una instalación que se adapte a la norma".

3.3 Necesidad de conformidad con otras normas

En función del lugar de la instalación y de las condiciones locales, puede ser necesaria la utilización de un diferencial por determinación de otras normas o leyes.

Si la instalación se realiza en un granero o en casas de madera, también tendrá vigencia la norma DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08). En este caso se requiere un diferencial con una corriente diferencial asignada de un máximo de 300 mA, como protección frente a incendios.

Los diferentes factores de influencia deberá valorarlos in situ el instalador. Las instalaciones estándar y las particularidades de las instalaciones fotovoltaicas se recogen en el capítulo 4 "Elección del diferencial para una instalación fotovoltaica" (Página 8).

3.4 Protección adicional

SMA Solar Technology AG recomienda siempre instalar un diferencial como protección adicional, para alcanzar los mayores niveles de seguridad posibles. Este puede ofrecer también la función de un interruptor-seccionador de todas las fases asignadas, que a menudo es necesario por otras razones.

4 Elección del diferencial para una instalación fotovoltaica

Además de los criterios mencionados, existen otros factores a tener en cuenta en las instalaciones fotovoltaicas para elegir el diferencial.

4.1 Requisito según la norma DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002)

Si se contempla como protección por fallos (consulte el capítulo 2.2 "Desconexión automática mediante un diferencial" (Página 6)), según la norma DIN VDE 0100-712 se requiere, para inversores sin transformador, un diferencial de tipo B.

Este requisito es igualmente válido para inversores con transformador de alta frecuencia, porque no existe una separación galvánica entre el lado de la corriente alterna y el lado de la corriente continua.

Este requisito no es válido para inversores con transformador de baja frecuencia.

Existe una excepción a esta exigencia si el fabricante del inversor puede excluir que se produzcan corrientes continuas residuales en la instalación. Entonces, en caso necesario, el diferencial puede ser de tipo A.

Todos los inversores de SMA con transformador, incluidos los SB 2000HF-30, SB 2500HF-30, SB 3000HF-30 y el resto de inversores de SMA sin transformador recogidos, no pueden, por su diseño, inyectar corrientes continuas residuales. Cumplen este requisito de conformidad con la norma DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002).

Sunny Boy:

SB 240-10, Multigate-10, SB 1300TL-10, SB 1.5-1VL-40, SB 1600TL-10, SB 2100TL, SB 2.5-1VL-40, SB 2500TLST-21, SB 3000TL-20, SB 3000TL-21, SB 3000TLST-21, SB 3600TL-21, SB 3600SE-10, SB 4000TL-20, SB 4000TL-21, SB 5000TL-20, SB 5000TL-21, SB 5000SE-10, SB 6000TL-21

Sunny Mini Central:

SMC 6000TL, SMC 7000TL, SMC 8000TL, SMC 9000TL-10, SMC 9000TLRP-10, SMC 10000TL-10, SMC 10000TLRP-10, SMC 11000TL-10, SMC 11000TLRP-10

Sunny Tripower:

STP 5000TL-20, STP 6000TL-20, STP 7000TL-20, STP 8000TL-10, STP 8000TL-20, STP 9000TL-20, STP 10000TL-10, STP10000TL-20, STP 12000TL-10, STP 12000TL-20, STP 15000TL-10, STP 15000TLHE-10, STP 15000TLEE-10, STP 17000TL-10, STP 20000TLHE-10, STP 20000TL-30, STP 20000TLEE-10, STP 25000TL-30

Independientemente de la unidad de monitorización de la corriente residual (RCMU) integrada, las posibilidades de fallo han sido verificadas. Si se tiene en consideración este fallo según las normas de instalación, no puede producirse peligro alguno en combinación con un diferencial de tipo A intercalado. Así, pueden excluirse fallos que, según el inversor, requerirían de la utilización de un diferencial de tipo B.

La unidad de monitorización de la corriente residual (RCMU) integrada y sensible a todas las corrientes ofrece además un plus de seguridad. En inversores con monitorización del conductor de protección, esta debe activarse. Esta afirmación es igualmente válida para variantes de los equipos mencionados con potencias diferentes.

4.2 Corrientes diferenciales por razones de funcionamiento

En el funcionamiento de un inversor sin transformador existen corrientes diferenciales que dependen de la resistencia del aislamiento y de la capacidad del generador fotovoltaico. Para evitar una activación no deseada durante el funcionamiento, la corriente diferencial asignada del diferencial debe ser de al menos 100 mA.

Para cada inversor conectado se debe prever una corriente diferencial asignada de 100 mA. La corriente diferencial asignada del diferencial debe corresponder al menos con la suma de las corrientes diferenciales asignadas de los inversores conectados. Esto significa, por ejemplo, que si hay conectados tres inversores sin transformador, la corriente diferencial asignada del diferencial debe ser de al menos 300 mA.

Para los tipos de inversores SB 1300TL-10, 1600TL-10, SB 2100TL, SMC 6000TL, SMC 7000TL y SMC 8000TL deben emplearse únicamente estos interruptores de protección por corriente residual:

- Diferencial tipo A de la empresa ABB del tipo F202A-xx/0,x o F204A-xx/0,x
- Diferencial tipo A de la empresa Siemens del tipo 5SM1.... o 5SM3....

Otros diferenciales de otros fabricantes todavía se están probando.

Para ello se tiene en cuenta que las corrientes de disparo mediante las corrientes diferenciales continuas relacionadas con el funcionamiento (0 - 30 %) puedan ser levemente superiores a la corriente diferencial asignada del diferencial empleado. A diferencia de las condiciones recogidas en el capítulo 2.2 "Desconexión automática mediante un diferencial" (Página 6) para el uso de un diferencial, en este caso sucede que:

Si $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta f}}$, el diferencial puede garantizar la protección mediante la desconexión automática.

Si no es posible utilizar los diferenciales recogidos anteriormente, se recomienda cambiar a otros inversores.

Si se tienen en cuenta los criterios mencionados, pueden conformarse instalaciones fotovoltaicas que se ajustan a la norma a la vez que optimizan los costes. La idoneidad de los inversores de SMA sin transformador mencionados para diferenciales del tipo A permiten una instalación especialmente económica.

5 Ejemplos de cálculo

A continuación se representa a través de dos ejemplos la selección de un dispositivo adecuado como protección contra fallos mediante la desconexión automática. En esto se parte del supuesto de que al mismo tiempo se realiza la protección equipotencial necesaria. Los valores empleados son ejemplos que no pueden emplearse como valores guía para cada tipo de red o aplicación.

5.1 Ejemplo de cálculo 1

1 Sunny Boy SB 2100TL, seguridad con un DS B16A, red TN, impedancia de bucle $Z_s = 1,5 \Omega$, tejado de un granero

- El disyuntor B16A tiene una corriente de disparo por cortocircuito I_{α} de 80 A
(característica B: factor 5; I_{nom} del DS = 16 A \Rightarrow 5 x 16 A = 80 A).
- En 230 V pueden fluir 153 A a través del bucle de fallo ($\frac{230 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 153,3 \text{ A}$).
- Los 153 A superan los 80 A necesarios para la corriente de disparo del disyuntor. El disyuntor se desconecta con seguridad en el periodo de tiempo previsto.
- El disyuntor B16A es suficiente como protección por fallo frente a un contacto indirecto.
- Como se trata de un bucle, en este caso debe instalarse además un diferencial de tipo A con una corriente diferencial asignada de 300 mA como máximo.
Esto se hace necesario para la prevención de incendios según la norma DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08).

5.2 Ejemplo de cálculo 2

3 Sunny Mini Central SMC 6000TL, seguridad con un DS C32A cada uno, red TT, impedancia de bucle $Z_s = 0,2 \Omega$; $R_A = 1,1 \Omega$

- El disyuntor C32A tiene una corriente de disparo por cortocircuito de 320 A (característica C: factor 10; interior del DS = 32 A $\Rightarrow 10 \times 32 \text{ A} = 320 \text{ A}$).
- En 230 V pueden fluir 177 A a través del bucle de fallo ($\frac{230 \text{ V}}{1,3 \Omega} = 177 \text{ A}$).
- Los 177 A son inferiores a los 320 A necesarios para la corriente de disparo del disyuntor. Así, el disyuntor **no se desconecta con seguridad** en el periodo de tiempo previsto.
- El disyuntor C32A **no** es suficiente como protección por fallo frente a un contacto indirecto.

1ª posibilidad: utilización de otro disyuntor (siempre que sea posible)

- Si se utiliza un disyuntor B32A, la corriente de disparo por cortocircuito se encuentra en 160 A (característica B: factor 5; I_{nom} del DS = 32 A $\Rightarrow 5 \times 32 \text{ A} = 160 \text{ A}$).
- La corriente de disparo del disyuntor con característica B se encontraría en los 177 A que fluirían en caso de fallo. De este modo, este disyuntor se desconectaría dentro del periodo de tiempo previsto.
- El disyuntor B32A es suficiente como protección por fallo frente a un contacto indirecto.

2ª posibilidad: utilización de un diferencial

- Si no puede utilizarse ningún otro disyuntor, debe emplearse para la protección por fallo un diferencial.
- Como se están utilizando tres inversores sin transformador, la corriente diferencial asignada, según el capítulo 4.2 "Corrientes diferenciales por razones de funcionamiento" (Página 9), debe alcanzar al menos 300 mA. Se selecciona un diferencial con una corriente diferencial asignada $I_{\Delta f}$ de 500 mA.
- Además debe comprobarse, según las condiciones de 4 b (comp. página 9), si el efecto protector es suficiente:
 - $R_A = 1,1 \Omega < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta f}}$, y, por tanto, $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times 0,5 \text{ A}} = 76,9 \Omega$
- Un diferencial del tipo A con una corriente diferencial asignada $I_{\Delta f}$ de 500 mA garantiza la protección por fallo frente al contacto indirecto.