

Criteri per la scelta degli interruttori differenziali

Impiego degli interruttori differenziali negli inverter

SUNNY BOY, SUNNY MINI CENTRAL e SUNNY TRIPOWER



Contenuto

Durante l'installazione di un inverter spesso possono insorgere dubbi relativamente all'impiego degli interruttori differenziali. Per gli impianti fotovoltaici si può fare riferimento soprattutto alle norme DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) e DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002). In questo ambito l'interruttore differenziale viene impiegato come protezione contro il contatto indiretto (protezione delle persone).

1 Terminologia

1.1 Misura di sicurezza secondo la norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005)

In base a questa norma è necessario adottare le seguenti misure di sicurezza:

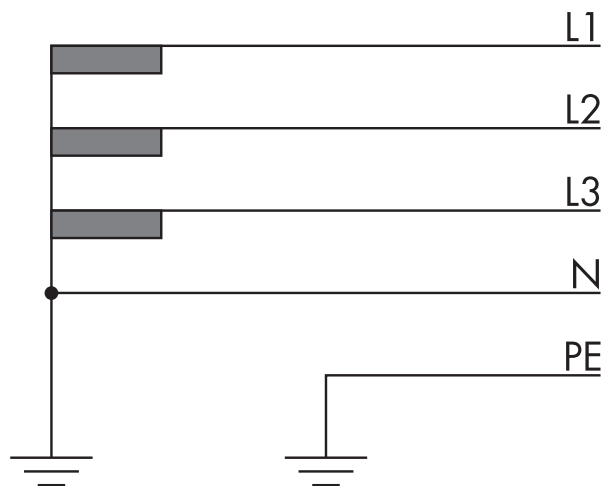
- Protezione di base, vale a dire protezione contro il contatto diretto.
- Protezione contro i guasti, vale a dire nel caso in cui insorga un guasto. Questa misura di sicurezza entra in gioco quando la protezione di base non è più efficace e serve a evitare lesioni alle persone.

Come misura di sicurezza per l'installazione sul lato corrente alternata di un impianto fotovoltaico è prevista generalmente una protezione mediante disinserzione automatica dell'alimentazione di corrente.

Come protezione di base, oltre all'isolamento dei componenti attivi, la protezione contro i guasti viene assicurata mediante il collegamento equipotenziale di protezione e un dispositivo di disinserzione. La disinserzione deve avvenire dopo l'incorrere del guasto entro l'arco di tempo previsto dalle norme (230 V_{AC}: 0,2 s nelle reti TT o 0,4 s nelle reti TN).

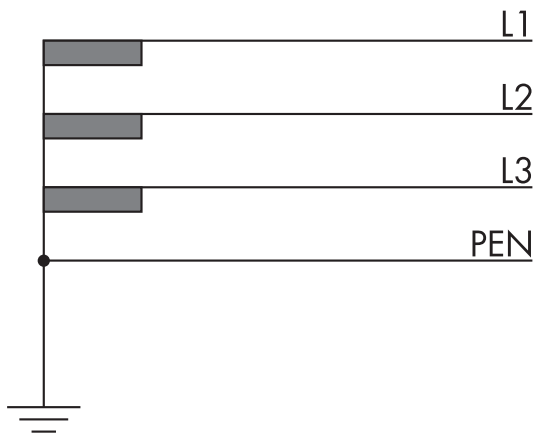
1.2 Tipi di rete

Rete TT

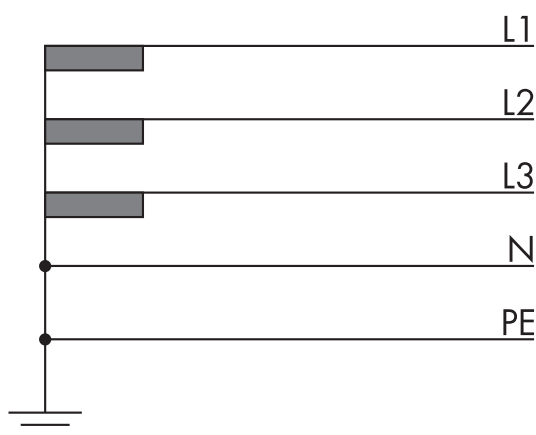


Rete TN

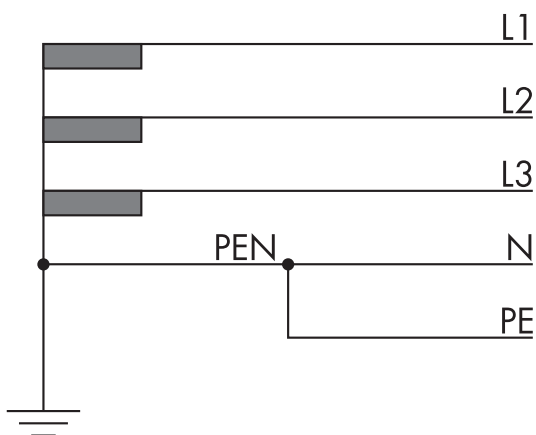
Rete TN-C




Rete TN-S



Rete TN-C-S

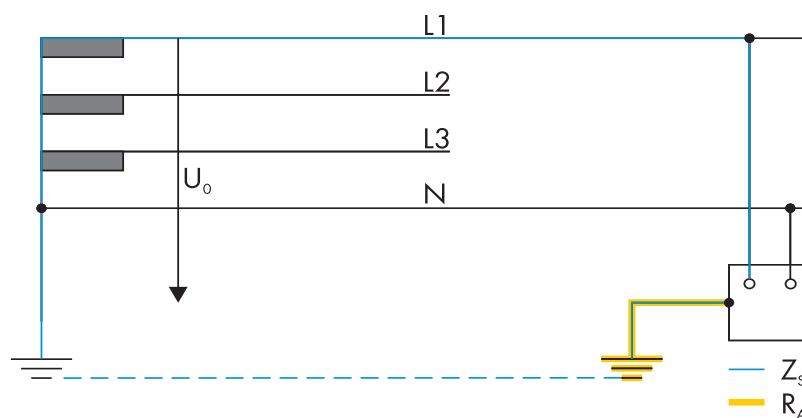


1.3 Abbreviazioni, simboli e caratteri per le formule

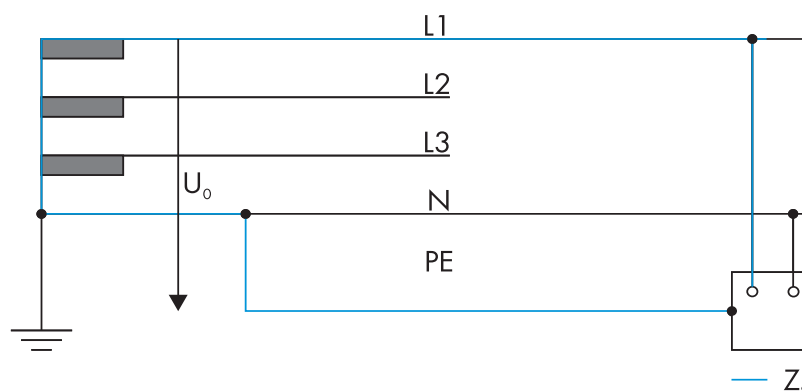
- LS Interruttore automatico ("Leitungsschutzschalter")
-  Simbolo per interruttore automatico
- RCD Interruttore differenziale ("Residual Current Device")
- RCMU Unità di monitoraggio delle correnti di guasto (sensibile a tutti i tipi di corrente) ("Residual Current Monitoring Unit")
- I_a Corrente di intervento che determina la disinserzione automatica entro l'arco di tempo prescritto (protezione da cortocircuito).

Negli interruttori automatici con caratteristica B ciò corrisponde a 5 volte la corrente nominale (I_{nom}) dell'interruttore automatico. Negli interruttori automatici con caratteristica C ciò corrisponde a 10 volte, ad esempio: LS C16A $\Rightarrow I_a = 160$ A.

- I_{nom} Corrente nominale dell'interruttore automatico
- $I_{\Delta f}$ Corrente differenziale nominale dell'RCD
- R_A Somma delle resistenze del dispersore e del conduttore di protezione del corpo da proteggere
- U_0 Tensione nominale del conduttore di fase contro terra
- Z_s Impedenza dell'anello di guasto comprendente sorgente, conduttore di fase fino al punto di guasto e conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente.
- R_A e Z_s nella rete TT



- Z_s nella rete TN



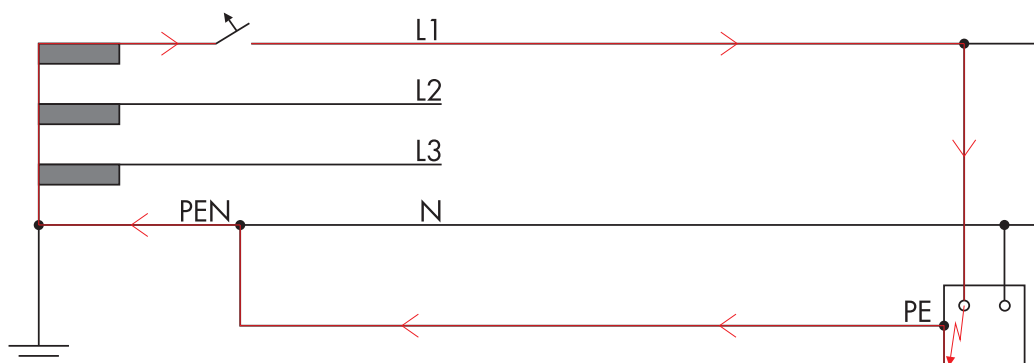
2 Opzioni di disinserzione

La disinserzione automatica può avvenire, in conformità alla norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005), mediante il collegamento equipotenziale di protezione unito a un interruttore automatico o a un interruttore differenziale.

2.1 Disinserzione automatica mediante interruttore automatico

Un interruttore automatico garantisce la disinserzione automatica quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- Rete TN:
 - Se $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$, l'LS garantisce la protezione mediante disinserzione automatica.
- Rete TT:
 - Come protezione contro i guasti è previsto principalmente un interruttore differenziale.
 - Se $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$, anche in questo caso l'LS garantisce la protezione mediante disinserzione automatica.



Esempio: disinserzione mediante interruttore automatico in caso di guasto nelle reti TN-C-S

2.2 Disinserzione automatica mediante interruttore differenziale

Un interruttore differenziale garantisce la disinserzione automatica quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

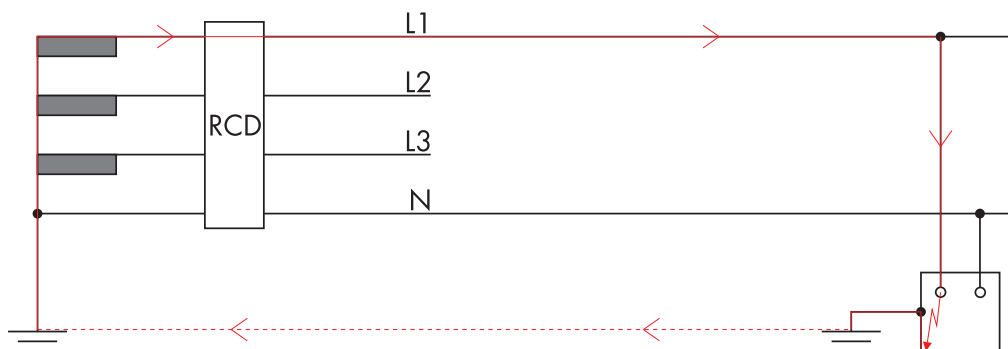
- Rete TN:

Nelle reti TN le correnti di guasto sono sensibilmente superiori alla corrente differenziale nominale $I_{\Delta f}$ dell'interruttore differenziale, di modo che i tempi di disinserzione, con il suddetto dispositivo, vengono sempre mantenuti.

Nelle reti TN-C l'impiego di un interruttore differenziale non è consentito.

- Rete TT:

- Come protezione contro i guasti è previsto principalmente un interruttore differenziale.
- Se $R_A < \frac{50 V}{I_{\Delta f}}$, l'interruttore differenziale garantisce la protezione mediante disinserzione automatica.



Esempio: disinserzione mediante interruttore differenziale in caso di guasto nella rete TT

2.3 Scelta dell'opzione di disinserzione

Verificare se l'interruttore automatico previsto per la protezione della linea è adatto alla disinserzione automatica (v. cap. 2.1 "Disinserzione automatica mediante interruttore automatico" (pag. 5)).

- In caso affermativo l'anello di guasto è percorso da una corrente (in funzione dell'impedenza dell'anello di guasto) maggiore della corrente di disinserzione I_a (della protezione da cortocircuito). In questo modo l'LS può attivare la disinserzione entro l'arco di tempo previsto.
- Se l'impedenza dell'anello di guasto è troppo alta sarà necessario utilizzare anche un interruttore differenziale (tranne che nelle reti TN-C).

3 Ulteriori motivi per l'utilizzo di un interruttore differenziale

3.1 Installazioni in ambienti esterni

Secondo un'opinione diffusa l'utilizzo di un interruttore differenziale è sempre necessario in caso di installazione in ambienti esterni. Secondo la norma DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) ciò è tuttavia valido solamente per circuiti finali che alimentano apparecchi utilizzatori portatili con una corrente nominale massima di 32 A.

3.2 Requisiti del gestore di rete

Alcuni gestori di rete adattano le condizioni tecniche di collegamento (TAB) per le proprie reti discostandosi così da quelle standard. In queste specifiche condizioni tecniche di collegamento può essere richiesto l'utilizzo di un interruttore differenziale.

Qualora il gestore di rete richieda l'impiego di un interruttore differenziale, il tipo e le condizioni di utilizzo vengono definiti nelle condizioni tecniche di collegamento. Tuttavia, i gestori di rete spesso non indicano esplicitamente la necessità di un interruttore differenziale, bensì di una "installazione conforme alle norme".

3.3 Necessità in base ad altre norme

A seconda del luogo d'installazione o delle condizioni locali, un interruttore differenziale può risultare necessario sulla base di altre norme o disposizioni.

Se l'installazione viene eseguita ad esempio in un fienile o in case in legno, si applica anche la norma DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08). Nei suddetti casi, ai fini della protezione antincendio, è richiesto un interruttore differenziale con una corrente differenziale nominale di massimo 300 mA.

I diversi fattori che influiscono sulla scelta possono essere valutati solo in loco dal tecnico abilitato. Le installazioni standard e le particolarità legate agli impianti fotovoltaici sono descritti nel capitolo 4 "Scelta dell'interruttore differenziale per un impianto fotovoltaico" (pag. 8).

3.4 Protezione ausiliaria

SMA Solar Technology raccomanda di installare sempre un interruttore differenziale come protezione aggiuntiva per garantire il massimo livello possibile di sicurezza. L'interruttore differenziale può anche svolgere la funzione di sezionatore completo, necessario per altri motivi.

4 Scelta dell'interruttore differenziale per un impianto fotovoltaico

Oltre ai criteri sopracitati, la scelta dell'interruttore differenziale per gli impianti fotovoltaici è dettata anche da altri fattori.

4.1 Requisito conforme alla norma DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002)

Se previsto come protezione contro i guasti (v. cap. 2.2 "Disinserzione automatica mediante interruttore differenziale" (pag. 6)), la norma DIN VDE 0100-712 prescrive un interruttore differenziale di tipo B per gli inverter fotovoltaici senza trasformatore.

Questo requisito vale anche per inverter con trasformatore ad alta frequenza in quanto non è disponibile alcuna separazione galvanica tra il lato della corrente alternata e il lato della tensione continua.

Ciò non si applica agli inverter con trasformatore a bassa frequenza.

Un'eccezione è rappresentata dal caso in cui il produttore dell'inverter escluda l'insorgenza di correnti continue di guasto nell'impianto. In tal caso l'interruttore differenziale, se necessario, sarà di tipo A.

Tutti gli inverter di SMA Solar Technology AG dotati di trasformatore, inclusi i modelli SB 2000HF-30, SB 2500HF-30, SB 3000HF-30 e gli inverter SMA privi di trasformatore elencati di seguito non possono, per le loro caratteristiche costruttive, immettere correnti continue di guasto in rete. Soddisfano tale requisito secondo la norma DIN VDE 0100-712 (IEC60364-7-712:2002).

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

Le possibilità di guasto sono state verificate indipendentemente dall'unità integrata di monitoraggio per correnti di guasto (RCMU). Tenendo conto di tali guasti, in conformità alle norme d'installazione in vigore, un interruttore differenziale di tipo A installato a monte non può dar luogo ad alcun pericolo. È quindi possibile escludere i guasti per i quali sarebbe necessario l'impiego di un interruttore differenziale di tipo B a causa dell'inverter.

L'unità integrata di monitoraggio per correnti di guasto (RCMU) costituisce inoltre un'ulteriore misura di sicurezza. È necessario attivarla negli inverter dotati di monitoraggio del conduttore di protezione. Quanto sopra vale anche per varianti degli apparecchi citati con potenze differenti.

4.2 Correnti differenziali operative

Durante il funzionamento di un inverter senza trasformatore si creano correnti differenziali continue dovute alla resistenza di isolamento e alla capacità del generatore fotovoltaico. Per evitare la disinserzione indesiderata in corso di funzionamento, la corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale deve ammontare ad almeno 100 mA.

È necessario prevedere una corrente differenziale nominale di 100 mA per ogni inverter collegato. La corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale deve corrispondere almeno alla somma delle correnti differenziali nominali degli inverter collegati. Ciò significa che quando sono collegati ad es. 3 inverter privi di trasformatore la corrente differenziale dell'interruttore differenziale deve corrispondere ad almeno 300 mA.

Con i modelli di inverter SB 1300TL-21, SB 1600TL-10, SB 2100TL, SMC 6000TL, SMC 7000TL e SMC 8000TL possono essere impiegati esclusivamente i seguenti interruttori differenziali:

- Interruttore differenziale di tipo A dell'azienda ABB, del tipo F202 A-xx/0,x oppure F204A-xx/0,x
- Interruttore differenziale di tipo A dell'azienda Siemens, del tipo 5SM1... oppure 5SM3...

Ulteriori interruttori differenziali di altri produttori sono attualmente in fase di test.

Tenere presente che, a causa delle correnti differenziali continue che si creano durante il funzionamento, le correnti di intervento possono essere leggermente (0 - 30%) superiori alla corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale utilizzato. Diversamente dalle condizioni riportate nel capitolo 2.2 "Disinserzione automatica mediante interruttore differenziale" (pag. 6) per l'impiego di un interruttore differenziale, in questo caso vale quanto segue:

Se $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta f}}$, l'interruttore differenziale garantisce la protezione mediante disinserzione automatica.

Se non fosse possibile impiegare gli interruttori differenziali precedentemente suggeriti, si consiglia di utilizzare altri inverter.

Seguendo i criteri sopracitati, è possibile realizzare impianti fotovoltaici conformi alle norme e allo stesso tempo ottimizzare i costi. In particolare l'idoneità dei sopraindicati inverter SMA senza trasformatore all'utilizzo di interruttori differenziali di tipo A consente un'installazione economica.

5 Esempi di calcolo

Di seguito vengono forniti 2 esempi per la scelta di un dispositivo idoneo che funga da protezione contro i guasti mediante disinserzione automatica. Si parte sempre dal presupposto che contemporaneamente sia stato realizzato il collegamento equipotenziale di protezione. I valori utilizzati sono valori esemplificativi che non possono essere considerati come riferimento per la corrispondente tipologia di rete o di applicazione.

5.1 Esempio di calcolo 1

**1 Sunny Boy SB 2100TL; protezione con un LS B16A; rete TN;
impedenza dell'anello di guasto $Z_s = 1,5 \text{ ohm}$; tetto di fienile:**

- L'LS B16A ha una corrente di intervento su cortocircuito I_a pari a 80 A (caratteristica B: fattore 5; I_{nom} dell'LS = 16 A $\Rightarrow 5 \times 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$).
- A 230 V l'anello di guasto è attraversato da 153 A ($\frac{230 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 153,3 \text{ A}$).
- I 153 A sono superiori ai necessari 80 A di corrente di intervento dell'LS. Così l'LS attiva la disinserzione entro l'arco di tempo prescritto.
- L'LS B16A fornisce protezione sufficiente dai contatti indiretti.
- Poiché si tratta di un fienile in questo caso occorre installare un ulteriore interruttore differenziale di tipo A con una corrente differenziale nominale massima di 300 mA. Si tratta di misura aggiuntiva necessaria per la protezione antincendio in conformità alla norma DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08).

5.2 Esempio di calcolo 2:

3 Sunny Mini Central SMC 6000TL; protezione con un LS C32A ciascuno; rete TT; impedenza dell'anello di guasto $Z_s = 0,2 \text{ ohm}$; $R_A = 1,1 \text{ ohm}$:

- L'LS C32A ha una corrente di intervento su corto circuito di 320 A (caratteristica C: fattore 10; I_{nom} dell'LS = 32 A $\Rightarrow 10 \times 32 \text{ A} = 320 \text{ A}$).
- A 230 V l'anello di guasto è attraversato da 177 A ($\frac{230 \text{ V}}{1,3 \Omega} = 177 \text{ A}$).
- I 177 A sono più bassi dei necessari 320 A di corrente di intervento dell'LS. In questo modo l'LS **non è certo** che la disinserzione venga attivata entro l'arco di tempo prescritto.
- L'LS C32A **non** fornisce sufficiente protezione dai contatti indiretti.

1. opzione: utilizzo di un altro LS (se possibile)

- Utilizzando un LS B32A si avrebbe una corrente di intervento su corto circuito di 160 A (caratteristica B: fattore 5; I_{nom} dell'LS = 32 A $\Rightarrow 5 \times 32 \text{ A} = 160 \text{ A}$).
- La corrente di intervento dell'LS con caratteristica B sarebbe inferiore ai 177 A che in caso di guasto attraverserebbero il circuito. Così l'interruttore automatico attiverrebbe la disinserzione entro l'arco di tempo prescritto.
- L'LS B32A fornisce protezione sufficiente dai contatti indiretti.

2. opzione: utilizzo di un interruttore differenziale

- Nel caso in cui non si possa utilizzare nessun altro interruttore automatico per la protezione contro i guasti, occorre impiegare un interruttore differenziale.
- Poiché vengono utilizzati 3 inverter senza trasformatore, la corrente differenziale nominale, come riportato nel capitolo 4.2 "Correnti differenziali operative" (pag. 9), deve essere pari ad almeno 300 mA. Viene scelto un interruttore differenziale con una corrente differenziale nominale $I_{\Delta f}$ pari a 500 mA.
- È inoltre necessario verificare se in base alla condizione 4 b (cfr. pagina 9) il livello di protezione è sufficiente:
 - $R_A = 1,1 \Omega < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta f}}$ quindi $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times 0,5 \text{ A}} = 76,9 \Omega$
- Un interruttore differenziale di tipo A con una corrente differenziale nominale $I_{\Delta f}$ pari a 500 mA garantisce dunque la protezione dai contatti indiretti.