

Form@zione Continu@

by



**La protezione da
contatti indiretti**

Gli interruttori differenziali

Gianpaolo Monti | Responsabile Progetti e soluzioni integrate

Webinar 7 maggio 2025

SOMMARIO

- La protezione differenziale di corrente in BT: cosa è e a cosa serve
- Tipi di dispositivi differenziali: come funzionano e come sono costruiti
- Normative di riferimento
 - CEI EN 61008-1
 - CEI EN 61008-2-1
 - CEI EN 61009-1
 - CEI EN 61009-2-1
 - CEI EN 62423 Differenziali B e F
 - CEI EN IEC 60947-2 Allegato B e allegato M
- Scelta degli interruttori differenziali e casi d'uso

La protezione differenziale di corrente

Cosa è la protezione differenziale di corrente

- La protezione differenziale di corrente è un sistema di misura vettoriale delle correnti entranti ed uscenti da un nodo di una rete in grado di azionare un opportuno dispositivo al superamento di una soglia detta di squilibrio

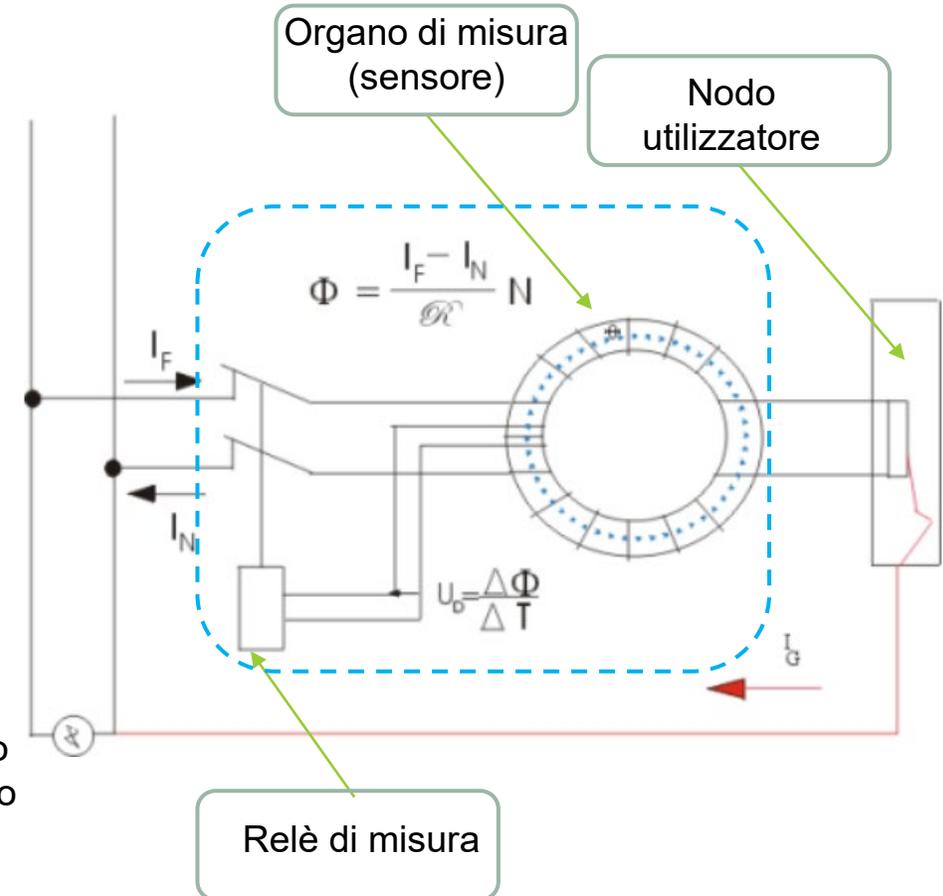
$$\vec{I}_F = \vec{I}_N + \vec{I}_G$$

Sistema monofase

$$\vec{I}_{L1} + \vec{I}_{L2} + \vec{I}_{L3} = \vec{I}_N + \vec{I}_G$$

Sistema trifase con neutro

I_F : corrente di fase
 I_N : corrente di neutro
 I_G : corrente di guasto
 Φ : flusso magnetico
 N : numero di spire
 R : riluttanza del toroide

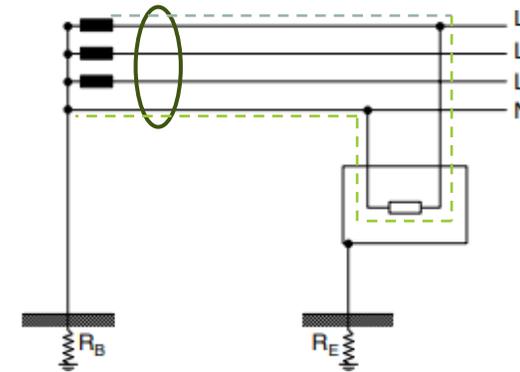


La protezione differenziale di corrente

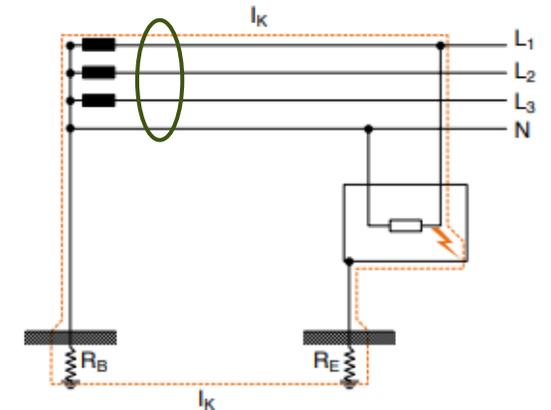
A cosa serve la protezione differenziale di corrente

La protezione differenziale in generale serve per:

- Segnalare un differenziale (variazione) di corrente
- Proteggere apparecchi da variazioni di corrente per cedimenti di isolamento (guasti a terra di alta impedenza)
- Proteggere gli esseri umani da contatti con parti accidentalmente in tensione (contatti indiretti)



$$I_{\Delta} = I_{L1} - I_N = 0$$



$$I_N = 0$$

Gli effetti della corrente sul corpo umano

A cosa serve la protezione differenziale di corrente : la protezione da contatti indiretti

La norma CEI 64-18 (IEC60479-1) definisce gli effetti della corrente elettrica nel corpo umano

- AC-1, fino a 0,5 mA possibile percezione ma nessun effetto
- AC-2 percezione e contrazione muscolare involontaria ma nessun effetto pericoloso
- AC-3 Abitualmente nessun danno organico. Probabilità di contrazioni muscolari e difficoltà respiratoria; disturbi reversibili nella formazione e conduzione di impulsi nel cuore, inclusi fibrillazione atriale e arresto cardiaco provvisorio senza fibrillazione ventricolare, che aumentano con l'intensità della corrente e il tempo.
- AC-4.1 probabilità al 5% di fibrillazione ventricolare
- AC-4.2 probabilità fino al 50% di fibrillazione ventricolare
- AC-4.3 probabilità superiore al 50% di fibrillazione ventricolare
- AC-4 Effetti pato-fisiologici come arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni possono presentarsi con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo

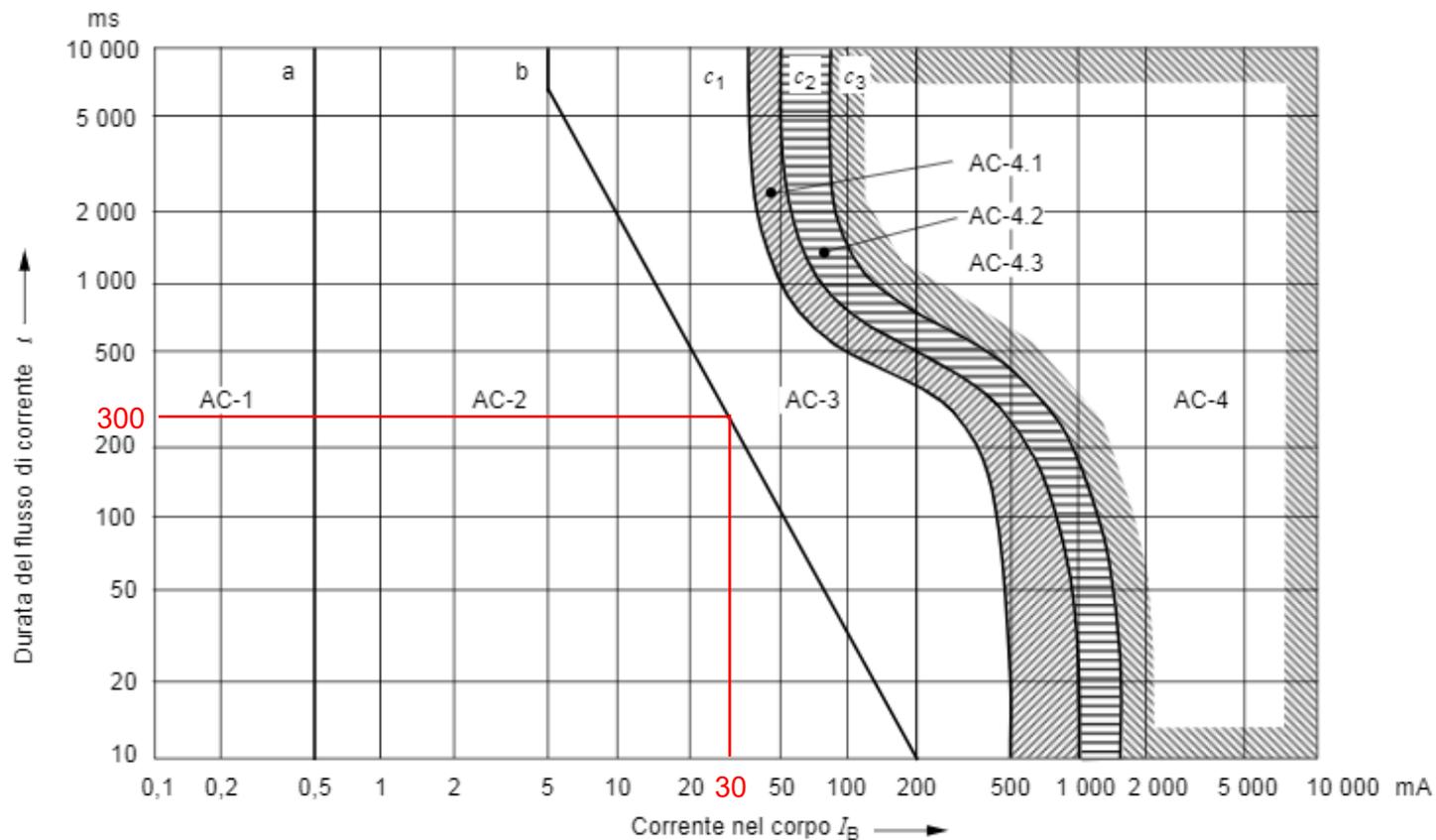


Diagramma corrente alternata f: 15-100Hz

Gli effetti della corrente sul corpo umano

A cosa serve la protezione differenziale di corrente : la protezione da contatti indiretti

La norma CEI 64-18 (IEC60479-1) definisce gli effetti della corrente elettrica nel corpo umano

- DC-1, fino a 2 mA possibile percezione ma nessun effetto
- AC-2 percezione e contrazione muscolare involontaria ma nessun effetto pericoloso
- AC-3 Abitualmente nessun danno organico. Probabilità di contrazioni muscolari e difficoltà respiratoria; disturbi reversibili nella formazione e conduzione di impulsi nel cuore, inclusi fibrillazione atriale e arresto cardiaco provvisorio senza fibrillazione ventricolare, che aumentano con l'intensità della corrente e il tempo.
- AC-4.1 probabilità al 5% di fibrillazione ventricolare
- AC-4.2 probabilità fino al 50% di fibrillazione ventricolare
- AC-4.3 probabilità superiore al 50% di fibrillazione ventricolare
- AC-4 Effetti pato-fisiologici come arresto cardiaco, arresto respiratorio, gravi ustioni possono presentarsi con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo

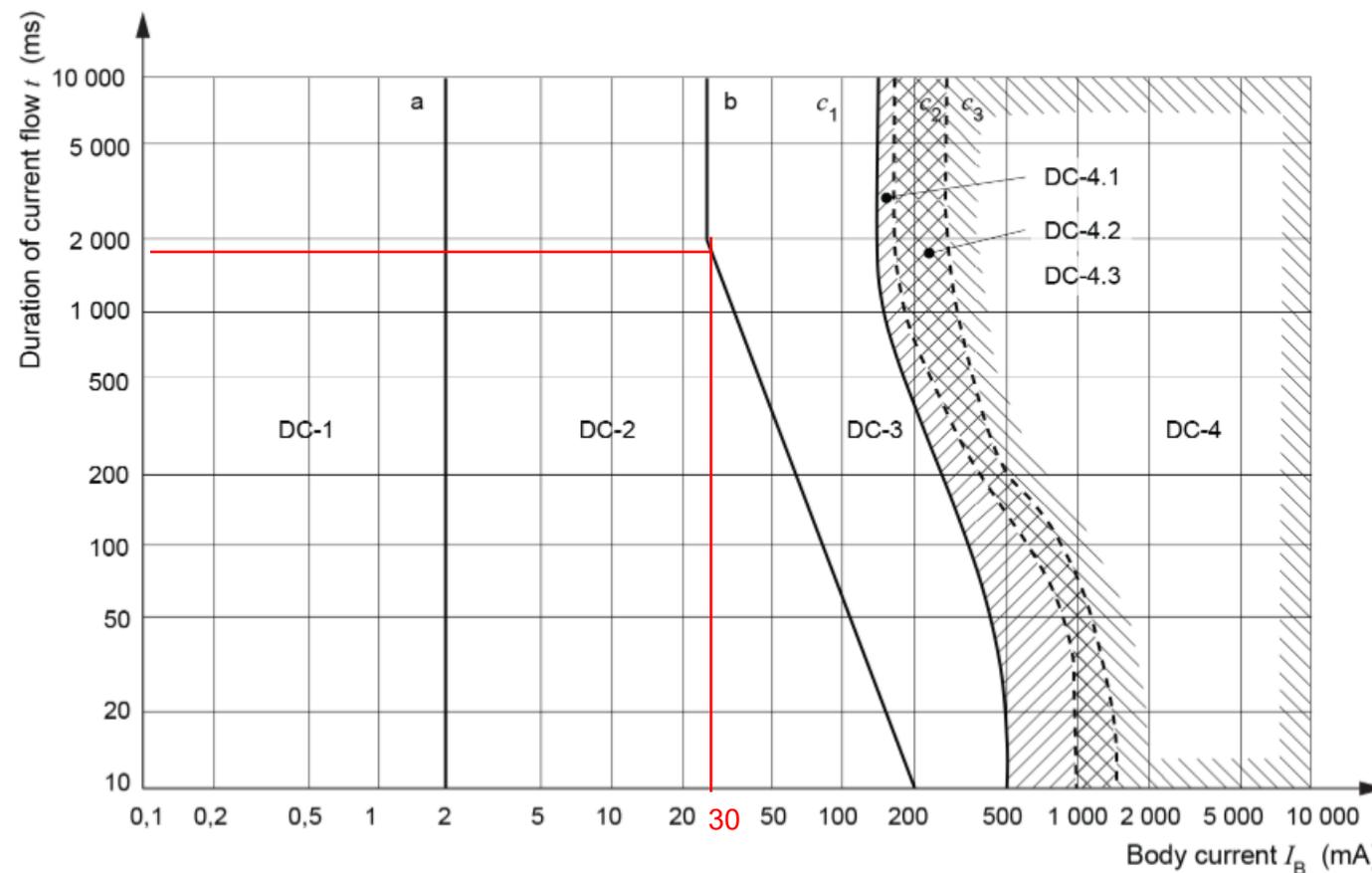


Diagramma corrente continua

Gli effetti della corrente sul corpo umano

Confronto zone di effetto tra corrente alternata e corrente continua

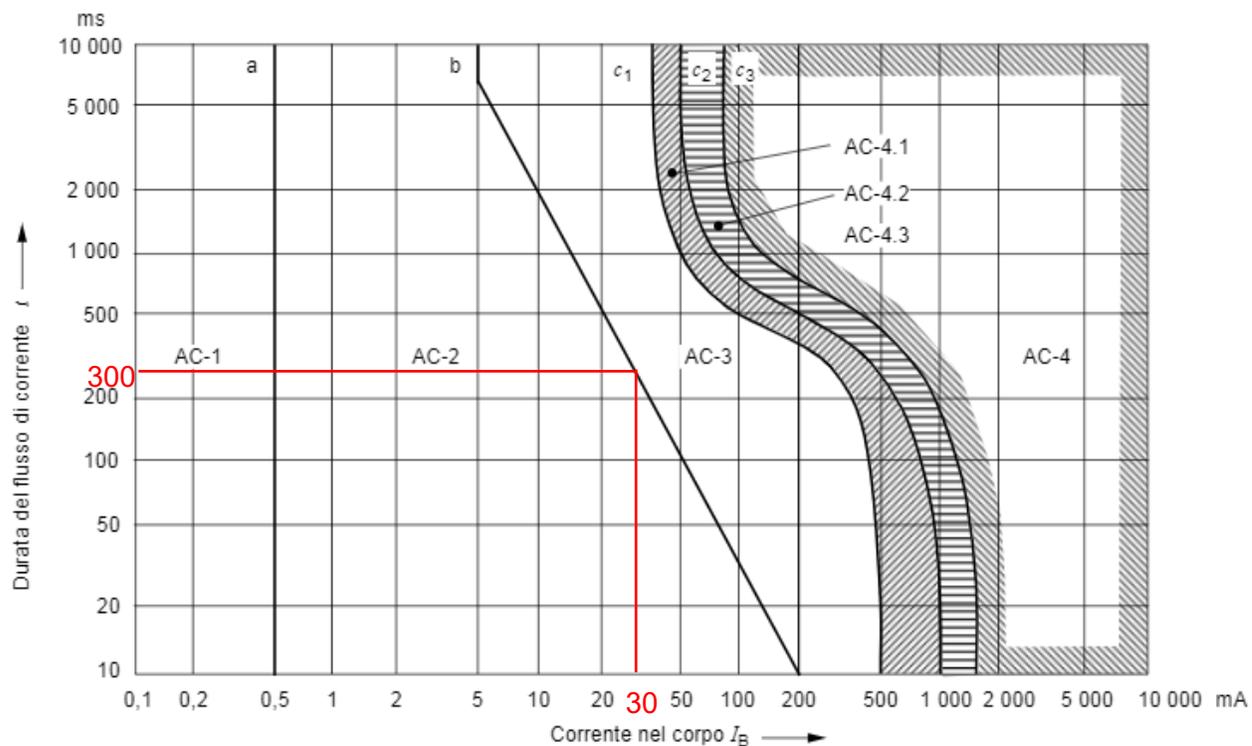


Diagramma corrente alternata f: 15-100Hz

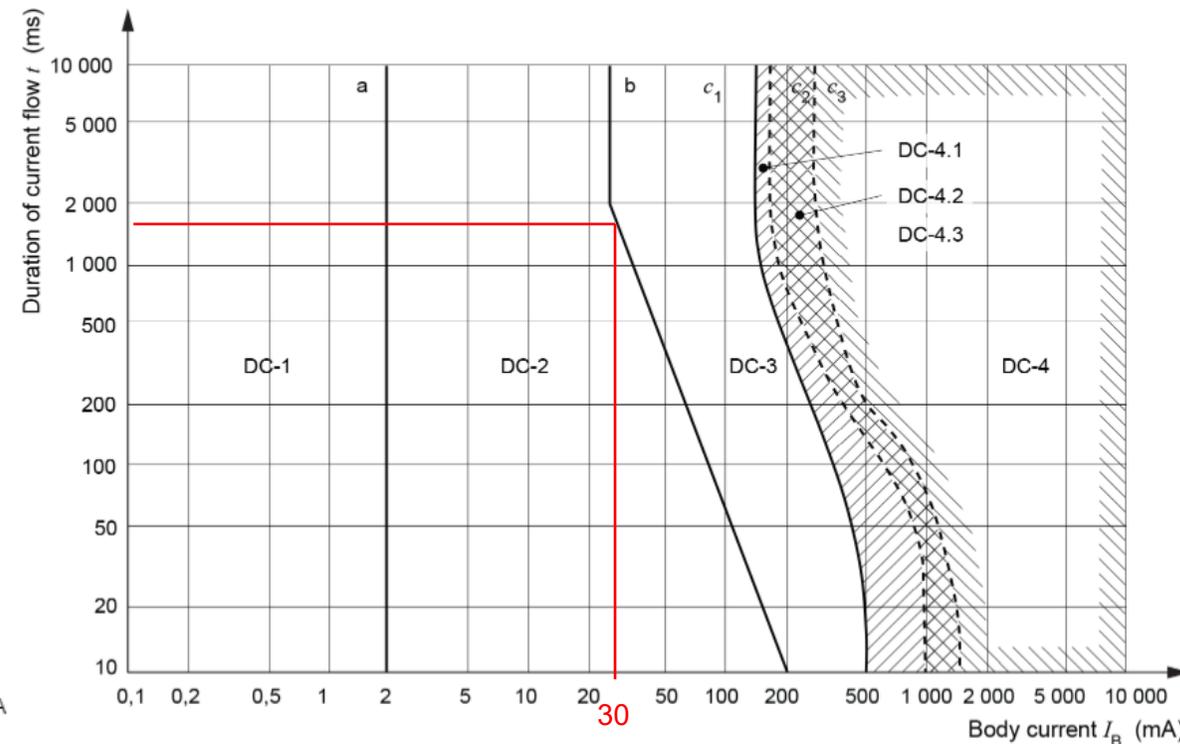


Diagramma corrente continua

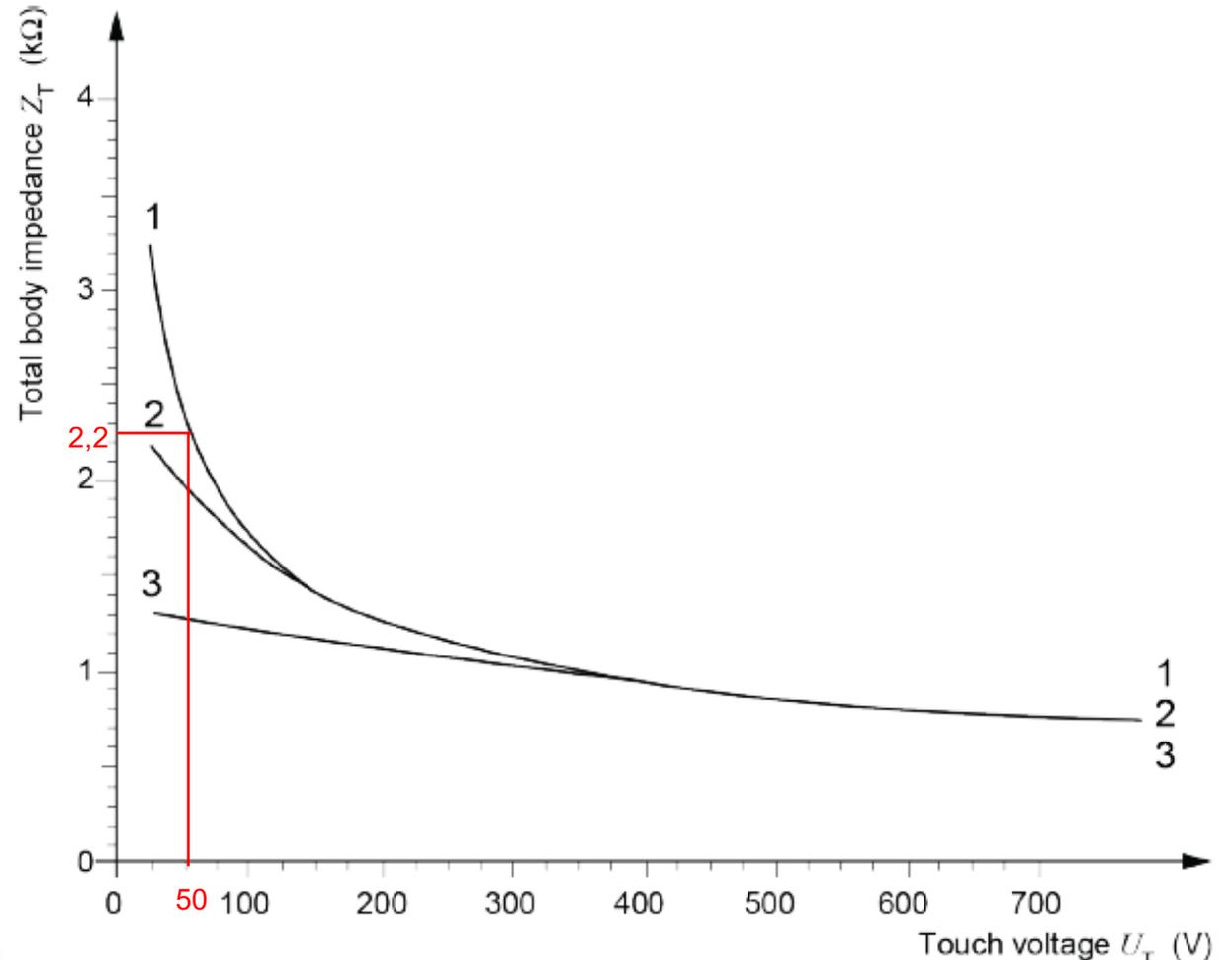
Gli effetti della corrente sul corpo umano

Impedenza del corpo umano

Impedenza totale Z_T del corpo umano al variare della tensione di contatto e delle condizioni ambientali in cui avviene il contatto:

1. Ambiente secco
2. Ambiente umido
3. Ambiente umido-salino

Si può assumere l'impedenza del corpo umano pari a 2,2 k Ω in condizioni di ambiente secco e per una tensione di contatto pari a 50 Vca



Tipi di dispositivi differenziali: norme di riferimento

Relè differenziali, interruttori differenziali, interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente



Relè differenziale con
toroide separato
CEI EN IEC 60947-2
Allegati B e M



Interruttore differenziale
con toroide integrato
CEI EN 61008-1
CEI EN 61008-2
CEI EN 62423



Interruttore differenziale
con toroide integrato e
sganciatore
termomeccanico
integrato
CEI EN 61009-1
CEI EN 61009-2
CEI EN 62423



blocco differenziale con
toroide integrato da
associare a interruttore
con sganciatore
termomeccanico
(modulare)
CEI EN 61009-1
CEI EN 61009-2
CEI EN IEC 60947-2
Allegato B



blocco differenziale con
toroide integrato da
associare a interruttore con
sganciatore
termomeccanico (scatolato)
CEI EN IEC 60947-2
Allegato B

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61008-1 CEI EN 61008-2-1

Campo di applicazione

La Norma CEI EN 61008-1 si applica agli interruttori differenziali con funzionamento:

- dipendente o indipendente dalla tensione di rete,
- per installazioni domestiche e similari, senza sganciatori di sovracorrente incorporati (di seguito denominati per brevità "interruttori differenziali"),
- per tensioni nominali non superiori a 440 V in corrente alternata
- per correnti nominali non superiori a 125 A, per impianti fissi destinati essenzialmente alla protezione contro i pericoli di scosse elettriche.

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI-EN 61008-1 CEI-EN 61008-2-1

Campo di applicazione

La presente Norma si applica a dispositivi che simultaneamente svolgono le funzioni di:

- rivelazione della corrente differenziale,
- confronto del valore di questa corrente con il valore differenziale di intervento e di apertura del circuito protetto quando la corrente differenziale supera questo valore

Essi sono destinati all'uso in un ambiente con grado di inquinamento 2 e categoria di sovratensione III

Le prescrizioni della presente Norma si applicano alle condizioni ambientali normali (vedi 7.1 norma). Possono essere necessarie prescrizioni aggiuntive per gli interruttori differenziali utilizzati in luoghi aventi condizioni ambientali severe

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI-EN 61008-1 CEI-EN 61008-2-1

Definizioni

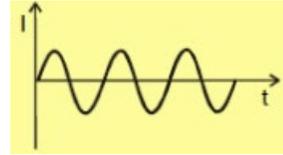
- **interruttore differenziale**
dispositivo meccanico progettato per stabilire, portare ed interrompere le correnti in condizioni di servizio ordinario e per aprire automaticamente il circuito quando la corrente differenziale raggiunge un valore predeterminato in condizioni specificate
- **interruttore differenziale senza sganciatori di sovracorrente incorporati (RCCB)**
interruttore differenziale non progettato per svolgere le funzioni di protezione contro i sovraccarichi e/o i cortocircuiti
- **interruttore differenziale con funzionamento indipendente dalla tensione di rete**
interruttore differenziale le cui funzioni di rivelazione, valutazione ed interruzione non dipendono dalla tensione di rete

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI-EN 61008-1 CEI-EN 61008-2-1

Definizioni e campo di applicazione

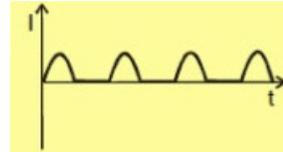
- **interruttore differenziale tipo AC**

Interruttore differenziale il cui sgancio è assicurato per correnti alternate sinusoidali differenziali applicate improvvisamente o lentamente crescenti



- **interruttore differenziale tipo A**

interruttore differenziale il cui sgancio è assicurato per correnti alternate sinusoidali differenziali e per correnti unidirezionali differenziali pulsanti (1) applicate improvvisamente o lentamente crescenti



(1) corrente pulsante unidirezionale

corrente a forma d'onda pulsante che assume, in ciascun periodo della frequenza nominale, il valore 0 o un valore non superiore a 0,006 A in corrente continua per un singolo intervallo di tempo, espresso in misura angolare, di almeno 150°

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61008-1 CEI EN 61008-2-1

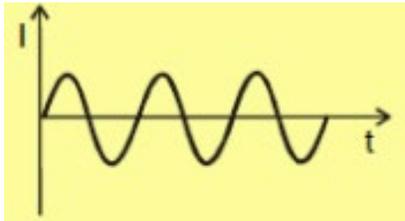
Caratteristiche degli interruttori differenziali

- **Corrente differenziale di intervento nominale $I_{\Delta n}$**
Valore di corrente differenziale d'intervento, assegnato dal costruttore all'interruttore differenziale, per il quale l'interruttore differenziale deve funzionare in condizioni specificate.
- **Corrente differenziale di non intervento nominale $I_{\Delta no}$**
Valore di corrente differenziale di non intervento (vedi 3.2.5), assegnato dal costruttore all'interruttore differenziale, per il quale l'interruttore non funziona in condizioni specificate

Il valore normale di corrente di non intervento differenziale è $0,5 I_{\Delta n}$

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61008-1 CEI EN 61008-2-1

Prova di funzionamento (intervento)



Valori limite della durata di interruzione e di non intervento per correnti differenziali alternate (valori efficaci) per interruttori differenziali di tipo AC e A

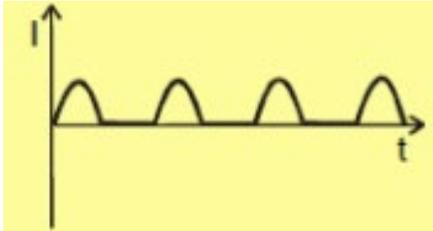
Valori limite della(e) durata(e) di interruzione e di non intervento per interruttori differenziali di tipo AC ed A in caso di correnti differenziali alternate (valori efficaci) uguali a

Tipo	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ o $0,25 A^a$	$5 A -$ $200 A^b$	500 A	
Generale	Qualsiasi	< 0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Durate massime di interruzione
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		> 0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S	≥ 25	> 0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Durate minime di non intervento
		> 0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

^a Valore da decidere da parte del costruttore per questa prova.
^b Le prove si effettuano solo durante la verifica del funzionamento corretto come citato 9.9.2.4.

Gli interruttori differenziali senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61008-1 CEI EN 61008-2-1

Prova di funzionamento (intervento)



Valori massimi della(e) durata(e) di interruzione per interruttori differenziali di tipo A in caso di correnti differenziali a semionda pulsate (valori efficaci) uguali a

Tipo	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5 A	350 A
Generale		< 0,03		0,3		0,15			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		> 0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S	≥ 25	> 0,03	0,5		0,2		0,15			0,15

Valori limite della durata di interruzione e di non intervento per correnti differenziali a semionda (valori efficaci) per interruttori differenziali di tipo A

Interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61009-1 CEI EN 61009-2-1

Gli interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61009-1 CEI EN 61009-2-1

Campo di applicazione

- La presente Norma si applica agli interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati con funzionamento indipendente dalla tensione di rete, per installazioni domestiche e similari, con sganciatori di sovracorrente incorporati (di seguito denominati per brevità interruttori differenziali), per tensioni nominali non superiori a 440 V in corrente alternata e per correnti nominali non superiori a 125 A e potere di cortocircuito nominale non superiore a 25 000 A, per installazioni fisse.
- Questi dispositivi sono destinati a proteggere le persone contro i contatti indiretti purché le masse dell'installazione siano collegate ad un adeguato impianto di terra ed a proteggere gli impianti elettrici degli edifici e applicazioni similari contro la sovracorrente. Essi possono essere utilizzati per fornire una protezione contro i pericoli d'incendio dovuti ad una corrente di guasto verso terra che persista senza provocare il funzionamento del dispositivo di protezione da sovracorrente.

Gli interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61009-1 CEI EN 61009-2-1



Campo di applicazione

La presente Norma si applica anche agli interruttori differenziali ottenuti per assemblaggio di un dispositivo differenziale con un interruttore automatico. L'assemblaggio meccanico deve essere eseguito nella fabbrica del costruttore, o sul posto, nel qual caso si devono applicare le prescrizioni dell'Allegato G

Gli interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61009-1 CEI EN 61009-2-1

Campo di applicazione: allegato G

Istruzioni per l'assemblaggio ed il funzionamento

Il costruttore deve fornire adeguate istruzioni unitamente al dispositivo differenziale adattabile.

Queste istruzioni devono contenere almeno quanto segue:

- i riferimenti al tipo ed ai numeri di catalogo riguardanti i valori nominali di corrente e tensione, il numero dei poli ecc. degli interruttori automatici con i quali il dispositivo differenziale adattabile è destinato ad essere assemblato;
- metodo di assemblaggio;
- necessità di controllare il funzionamento normale dopo l'assemblaggio per verificare il funzionamento meccanico;
- verifica dell'intervento utilizzando il tasto di prova.

Gli interruttori differenziali con sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 61009-1 CEI EN 61009-2-1

Campo di applicazione: allegato G

Istruzioni per l'assemblaggio/disassemblaggio ed il funzionamento:

- Il progetto deve essere tale che deve essere possibile assemblare l'interruttore differenziale sul posto.
- Il progetto può essere tale che il dispositivo possa essere disassemblato sul posto secondo le istruzioni del costruttore.
- Per i dispositivi dichiarati non adatti al disassemblaggio, l'assemblaggio deve lasciare un danneggiamento visibile permanente.

Interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Differenziali di tipo F

Gli interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati (RCCB) di tipo F e gli interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati (RCBO) di tipo F sono destinati alle installazioni quando i convertitori di frequenza sono alimentati tra fase e neutro o tra fase e conduttore centrale messo a terra e sono in grado di fornire la protezione in caso di correnti differenziali alternate sinusoidali a frequenza nominale, correnti differenziali pulsanti unidirezionali e correnti differenziali composite.

Definizione

L'interruttore differenziale per il quale l'intervento è assicurato come per il tipo A secondo la IEC 61008-1 o IEC 61009-1, per quanto applicabile, ed inoltre:

- per correnti differenziali composite, sia applicate improvvisamente sia aumentate lentamente destinate ai circuiti alimentati tra fase e neutro o tra fase e conduttore centrale messo a terra,
- correnti differenziali pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni di 0,01 A (10 mA)

Le correnti differenziali sopra specificate possono essere applicate improvvisamente o aumentate lentamente.

Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Differenziali di tipo B

Gli interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati (RCCB) di tipo B e gli interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati (RCBO) di tipo B sono in grado di fornire la protezione in caso di correnti differenziali alternate sinusoidali fino a 1 000 Hz, correnti pulsanti unidirezionali e correnti differenziali continue senza ondulazioni

Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Differenziali di tipo B

Interruttore differenziale per il quale l'intervento è assicurato come per il tipo F ed inoltre

- per correnti differenziali alternate sinusoidali fino a 1 000 Hz (vedi 8.2.1.1),
- per correnti differenziali alternate sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni di 0,4 volte la corrente differenziale nominale ($I_{\Delta n}$) (vedi 8.2.1.2),
- per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni di 0,4 volte la corrente differenziale nominale ($I_{\Delta n}$) o 10 mA, scegliendo il valore più elevato (vedi 8.2.1.3),
- per correnti differenziali continue senza ondulazioni sia applicate improvvisamente sia aumentate lentamente indipendentemente dalla polarità
- per correnti differenziali continue che possono provenire da circuiti raddrizzatori, cioè:
 1. connessione a ponte a due impulsi fase-fase per apparecchi bipolari, tripolari e quadripolari
 2. connessione a stella a tre impulsi o connessione a ponte a sei impulsi per apparecchi tripolari e quadripolari (vedi 8.2.1.5),
 3. correnti differenziali continue senza ondulazioni (vedi 8.2.1.6).

Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Differenziali di tipo B

Interruttori differenziali di tipo B

Valori normali di durata d'interruzione e di non intervento **per correnti differenziali continue** provenienti da circuiti raddrizzatori e per corrente differenziale continua senza ondulazioni

Tipo	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	Valori normali di durata d'interruzione e di non intervento ad una corrente differenziale di intervento (I_{Δ}) uguale a (valori in secondi)				
			$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$	5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A ^a	
Generale	Qualsiasi valore	Qualsiasi valore	0,3	0,15	0,04	0,04	Durate massime di interruzione
S	≥ 25	$> 0,030$	0,5	0,2	0,15	0,15	Durate massime di interruzione
			0,13	0,06	0,05	0,04	Durate minime di non intervento

Per gli RCBO di tipo B con sganciatori di sovracorrente incorporati, qualsiasi valore superiore al limite inferiore del campo di intervento istantaneo contro le sovracorrenti non è provato.

^a Le prove si effettuano solo durante la verifica del corretto funzionamento come indicato in 9.2.1.5 b) secondo la Fig. 6a, e 9.2.1.6 b) secondo la Fig. 6b.

La corrente di intervento non deve essere superiore a:

- $1,4 I_{\Delta n}$ per gli interruttori differenziali con $I_{\Delta n} > 0,01$ A,
- $2 I_{\Delta n}$ per gli interruttori differenziali con $I_{\Delta n} < 0,01$ A

Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Differenziali di tipo B

Interruttori differenziali di tipo B

Corrente di non intervento differenziale e corrente di intervento differenziale secondo le frequenze che differiscono dalla frequenza nominale 50 Hz

Frequenza Hz	Corrente di non intervento differenziale $I_{\Delta n}$	Corrente di intervento differenziale $I_{\Delta n}$
150	0,5 $I_{\Delta n}$	2,4 $I_{\Delta n}$ ^a
400	0,5 $I_{\Delta n}$	6 $I_{\Delta n}$ ^a
1 000	$I_{\Delta n}$	14 $I_{\Delta n}$ ^{a b}

NOTA 1 Le definizioni di “corrente di non intervento differenziale” e di “correnti di intervento” sono quelle delle IEC 61008-1 e IEC 61009-1.

NOTA 2 La forma d’onda per le frequenze date è sinusoidale.

NOTA 3 L’impedenza di terra massima ammissibile ad una frequenza f_x dipende dal limite superiore delle correnti di intervento dell’interruttore differenziale a quella frequenza.

NOTA 4 La relazione tra la frequenza delle tensioni di contatto accettabili e la potenza dissipata nel corpo umano è allo studio. Finché non saranno fissati i valori finali, si raccomanda la tensione di contatto massima permessa di 50 V per 50 Hz.

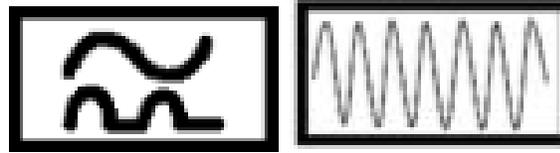
^a I valori corrispondono alla soglia di fibrillazione ventricolare secondo la IEC/TS 60479-1 in combinazione con il fattore di frequenza per la fibrillazione ventricolare secondo la IEC/TS 60479-2.

^b La serie IEC 60479 non fornisce fattori per le frequenze oltre 1 kHz.

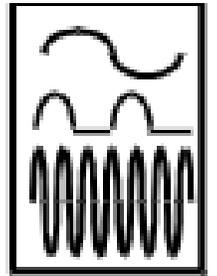
Gli interruttori differenziali di tipo F e B con e senza sganciatore di sovracorrente: norme CEI EN 62423

Marcature sui Differenziali di tipo B e F

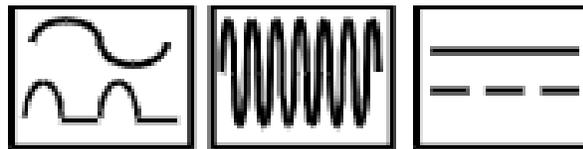
Interruttori differenziali di tipo F



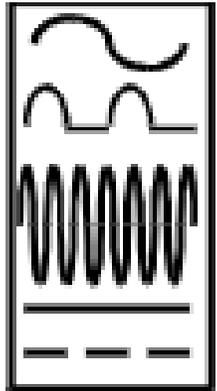
oppure



Interruttori differenziali di tipo B



oppure



Interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato B

Gli interruttori differenziali regolabili: norme CEI-EN IEC 60947-2 allegato B

Scopo

Questo Allegato si applica agli interruttori provvisti di protezione differenziale. Esso contiene le prescrizioni per le unità che congiuntamente assicurano la rivelazione delle correnti differenziali, ne comparano il valore con quello prefissato e causano l'apertura del circuito protetto quando si supera tale valore.

Questo Allegato si applica:

- agli interruttori conformi alla presente Norma che incorporano la funzione differenziale integrata nell'interruttore (nel testo chiamati CBR);
- ai CBR costituiti da una combinazione di un dispositivo differenziale (nel seguito chiamati unità differenziali) e un interruttore conforme alla presente Norma; la loro combinazione, sia meccanica che elettrica, può essere eseguita o in fabbrica o in fase di installazione dall'utilizzatore in conformità con le istruzioni fornite dal costruttore

Questo Allegato è essenzialmente basato sulle corrispondenti prescrizioni delle IEC 60755, IEC 61008-1 e IEC 61009-1

Gli interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato B

Caratteristica di intervento

Tempi intervento tipo non ritardato

Corrente differenziale	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}^a$	$10 I_{\Delta n}^b$
Massima durata di interruzione in s	0,3	0,15	0,04	0,04
a	Per i CBR con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA può essere utilizzato 0,25 A in alternativa a $5 I_{\Delta n}$.			
b	0,5 A se viene utilizzato 0,25 A in accordo con la nota a.			

Gli interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato B

Caratteristica di intervento: tempo limite di non intervento per differenziali ritardati

Tempi intervento tipo ritardato

Corrente differenziale	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
Massima durata di interruzione in s	0,5	0,2	0,15	0,15

Per il tipo ritardato, il tempo limite di non intervento è definito a $2 I_{\Delta n}$ e deve essere dichiarato dal costruttore.

Il tempo minimo di non intervento a $2 I_{\Delta n}$ è 0,06 s.

I valori preferenziali del tempo limite di non intervento a $2 I_{\Delta n}$ sono: 0,06 s – 0,1 s – 0,2 s – 0,3 s – 0,4 s – 0,5 s – 1 s.

Per i CBR che hanno un tempo limite di non intervento superiore a 0,06 s il costruttore deve dichiarare la massima durata di interruzione a $I_{\Delta n}$, $2I_{\Delta n}$, $5I_{\Delta n}$, e $10 I_{\Delta n}$.

Interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato M

Gli interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato M

Scopo e campo di applicazione

Questo Allegato si applica ai dispositivi differenziali che non incorporano un apparecchio di interruzione, denominati di seguito “dispositivi differenziali separati (MRCD)”, e destinati principalmente ad essere utilizzati in combinazione con interruttori, in conformità alla presente Norma.

MRCD:

apparecchio o combinazione di apparecchi costituiti da un dispositivo di rilevamento della corrente e un dispositivo di elaborazione progettato per rilevare e valutare la corrente differenziale e controllare l'apertura dei contatti di un apparecchio d'interruzione

Gli interruttori differenziali regolabili: norme CEI EN IEC 60947-2 allegato M

Scopo e campo di applicazione

Si applica B.4.2.4, sostituendo “tempo di non intervento” con “tempo di non funzionamento” e con le seguenti aggiunte:

- I valori massimi del tempo di funzionamento dell'MRCD devono essere dichiarati dal costruttore per valori di corrente differenziale uguali a $I_{\Delta n}$, $2 I_{\Delta n}$, $5 I_{\Delta n}$ (o 0,25 A per $I_{\Delta n} \leq 30$ mA), $10 I_{\Delta n}$ (o 0,5 A per $I_{\Delta n} \leq 30$ mA).
- I massimi tempi di non funzionamento sono gli stessi dei blocchi differenziali dell'allegato B
- Gli MRCD con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA devono essere di tipo non ritardato. Essi devono essere utilizzati solo con un apparecchio d'interruzione specificato.

Tempi intervento relè tipo NON ritardato 

Corrente differenziale	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}^a$	$10 I_{\Delta n}^b$
Massima durata di interruzione in s	0,3	0,15	0,04	0,04
a	Per i CBR con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA può essere utilizzato 0,25 A in alternativa a $5 I_{\Delta n}$.			
b	0,5 A se viene utilizzato 0,25 A in accordo con la nota a.			

Tempi intervento relè tipo ritardato 

Corrente differenziale	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$
Massima durata di interruzione in s	0,5	0,2	0,15	0,15

SCELTA DEGLI INTERRUTTORI DIFFERENZIALI E CASI D'USO

Considerazioni generali

- I fattori relativi all'installazione e all'uso dell'installazione elettrica possono influenzare la disponibilità della protezione
- Le condizioni ambientali possono avere un'influenza considerevole sull'invecchiamento e sulla disponibilità della protezione assicurata da gli interruttori differenziali
- La qualità dell'alimentazione può influenzare l'invecchiamento degli interruttori differenziali. Le tolleranze sui livelli di tensione, i buchi di tensione, le frequenze, la distorsione d'onda sinusoidale, ecc. dovrebbero essere prese in considerazione.

Uso del tasto “prova”

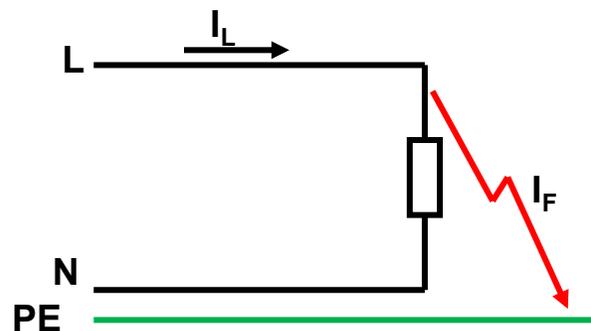
- Il tasto di prova simula una corrente di guasto e permette di verificare il funzionamento del dispositivo
- I circuiti a valle dell'interruttore differenziale possono avere dispersioni permanenti, dispersione nei carichi, energia accumulata o una corrente anormale dal neutro a terra. Ciò può influenzare il risultato di prova ed aumentare il tempo di intervento misurato.
- Per una misura affidabile della prestazione dell'interruttore differenziale, si raccomanda vivamente di scollegare tutti i carichi collegati al circuito a valle dell'interruttore differenziale. In certi casi in cui la lunghezza del cavo a valle di un interruttore è importante, si dovrebbe tener conto della corrente di dispersione permanente dovuta alla capacità dei cavi.

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

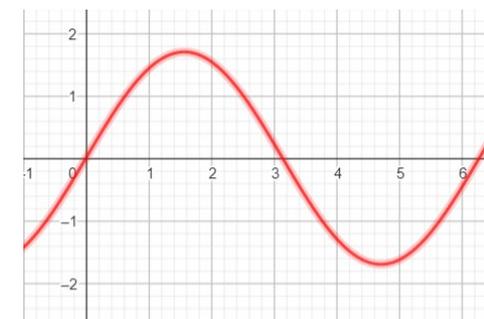
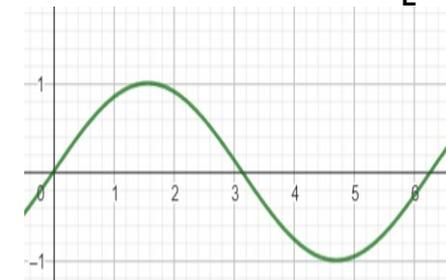
Interruttori differenziali di tipo AC

sgancio assicurato per:

- correnti alternate sinusoidali differenziali applicate improvvisamente o lentamente crescenti



Corrente di linea I_L



Corrente di guasto a terra I_F

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

Interruttori differenziali di tipo A

sgancio assicurato per:

- Correnti come per il tipo AC
 - per correnti pulsanti unidirezionali
 - per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni massima di 0,006 A (6 mA)
- con o senza controllo dell'angolo di fase, indipendenti dalla polarità, applicate improvvisamente o lentamente crescenti.

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

Interruttori differenziali di tipo F

sgancio assicurato per:

- Correnti come per il tipo A
- per correnti alternate sinusoidali differenziali fino a 1000 Hz,
- con o senza controllo dell'angolo di fase, indipendenti dalla polarità, applicate improvvisamente o lentamente crescenti.

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

Interruttori differenziali di tipo B

sgancio assicurato per:

- correnti come per tipo A
 - per correnti alternate sinusoidali differenziali fino a 1000 Hz,
 - per correnti differenziali continue senza ondulazioni di 0,4 volte la corrente differenziale nominale ($I_{\Delta n}$) o 10 mA scegliendo il valore più elevato sovrapposto ad una corrente alternata,
 - per correnti differenziali pulsanti unidirezionali raddrizzate risultanti da due o più fasi,
 - per correnti differenziali continue senza ondulazioni provenienti da circuiti multifase.
-
- Le correnti differenziali sopra specificate possono essere applicate improvvisamente o lentamente crescenti.

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

$I_{DCterra}=0$ differenziale tipo A



$I_{DCterra} \neq 0$ differenziale tipo B/A



$I_{DCterra} \neq 0$ differenziale tipo B



$I_{DCterra}=0$ differenziale tipo A



$I_{DCterra}=0$ differenziale tipo A



	Connessione	Corrente di rete normale	Corrente di guasto a terra
1	Monofase 		
2	Monofase con spianamento 		
3	Trifase a stella 		
4	Ponte a due impulsi 		
5	Ponte a due impulsi, semi-comandato 		

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

$I_{DCterra} \neq 0$ differenziale tipo B



$I_{DCterra} \neq 0$ differenziale tipo B



$I_{DCterra} = 0$ differenziale tipo AC



$I_{DCterra} = 0$ differenziale tipo AC

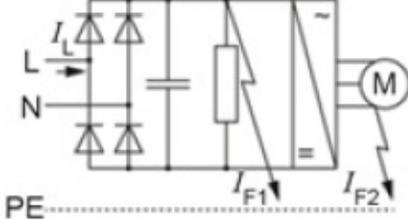
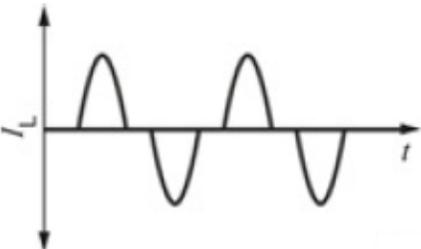
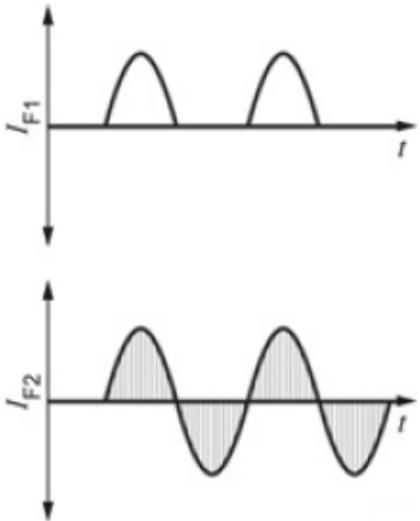


	Connessione	Corrente di rete normale	Corrente di guasto a terra
6	Ponte a due impulsi tra fasi 		
7	Ponte a sei impulsi 		
8	Variatore di fase 		
9	Generatore d'impulsi 		

Scelta degli interruttori differenziali in base alla corrente di guasto a terra

$I_{DCterra} = 0$ differenziale tipo F



	Schema di circuito con posizione del guasto	Forma della corrente di carico I_L	Forma della corrente di guasto a terra I_F
6	<p>Inverter con ponte a due impulsi</p> 		

Riduzione degli scatti intempestivi

Le cause generali di scatto intempestivo possono essere:

- L'impatto delle correnti di dispersione permanenti sull'installazione.
- L'impatto delle armoniche e delle correnti di dispersione ad alta frequenza.
- L'impatto delle correnti differenziali transitorie su un'installazione (per es. causate dall'improvvisa inserzione dei carichi).
- Le correnti impulsive causate da fulmini

Valori relativi alle apparecchiature elettriche collegate ad un sistema monofase o polifase mediante prese a spina con corrente nominale non superiore a 32 A:

Secondo IEC 61140

Corrente nominale dell'apparecchiatura	Corrente massima del conduttore di protezione
≤ 4 A	2 mA
>4 A ma ≤ 10 A	0,5 mA/A
>10 A	5 mA

Valori relativi alle apparecchiature elettriche collegate in modo fisso ad un sistema monofase o polifase con corrente nominale non superiore a 32 A:

Secondo IEC 61140

Corrente nominale dell'apparecchiatura	Corrente massima del conduttore di protezione
≤ 7 A	3,5 mA
>7 A ma ≤ 20 A	0,5 mA/A
>20 A	10 mA

Buone pratiche

- Il calcolo della corrente di dispersione totale proveniente da apparecchi diversi non segue la somma aritmetica e necessita di essere corretto con un fattore di 0,7/0,8.
- Poiché il campo di funzionamento degli interruttori differenziali generalmente è compreso tra $0,5 I_{\Delta n}$ e $1 I_{\Delta n}$, si raccomanda che la corrente di dispersione permanente in un circuito non superi $0,3 I_{\Delta n}$ dell'interruttore differenziale di protezione alla frequenza nominale. Nei casi di correnti di dispersione $>0,3 I_{\Delta n}$, si raccomanda di dividere il circuito protetto in sotto-circuiti e di installare un interruttore differenziale su ciascun sotto-circuito.

NOTA per sistemi IT: Dopo un primo guasto in un sistema IT con neutro distribuito, la corrente di dispersione permanente può essere aumentata con un fattore di 2,6

Resistenza agli impulsi di corrente

Le norme sugli interruttori differenziali comprendono due livelli di immunità agli impulsi di corrente:

- Interruttore differenziale di tipo generale ha un'immunità minima agli impulsi di corrente di 200 A con una forma d'onda 0,5 μ s/100 kHz.
- Interruttore differenziale di tipo S ha un'immunità minima agli impulsi di corrente di 3 000 A con una forma d'onda 8/20 μ s.

Pertanto, si raccomanda:

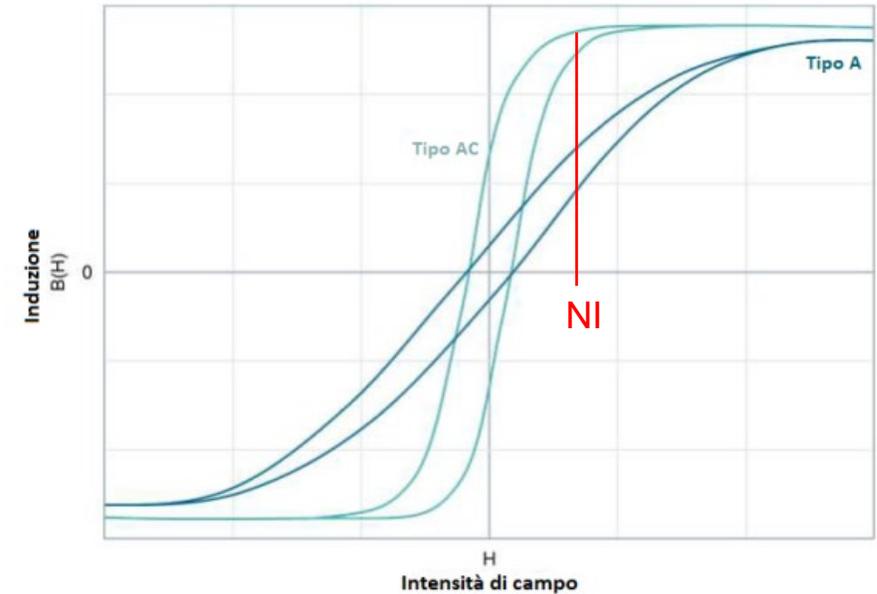
- In generale, di installare i limitatori di sovratensioni a monte degli interruttori differenziali (gli interruttori differenziali installati a monte dei limitatori di sovratensioni possono intervenire sugli impulsi di corrente previsti).
- Se i limitatori di sovratensioni sono installati a valle degli interruttori differenziali, gli impulsi di corrente previsti verso terra non dovrebbero superare il valore di immunità dell'interruttore differenziale

Impatto delle armoniche

- Una corrente distorta ma periodica contiene un certo numero di armoniche
- Lo sviluppo in serie di Fourier ci dimostra che:

$$y(t) = Y_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} Y_n \sqrt{2} \sin(n\omega t - \varphi_n)$$

- può esistere una componente continua
- Il segnale contiene una somma di sinusoidi di frequenza multipla della fondamentale



La sensibilità del toroide dipende dalla sua riluttanza alla frequenza di utilizzo. La riluttanza è funzione della frequenza ed è progettata per lavorare alla frequenza assegnata (50 Hz). A frequenze più elevate la riluttanza aumenta facendo diminuire, a parità di corrente di guasto, la tensione indotta sull'avvolgimento del toroide e quindi il segnale in corrente verso il relè di sgancio.

Curve di intervento differenziale

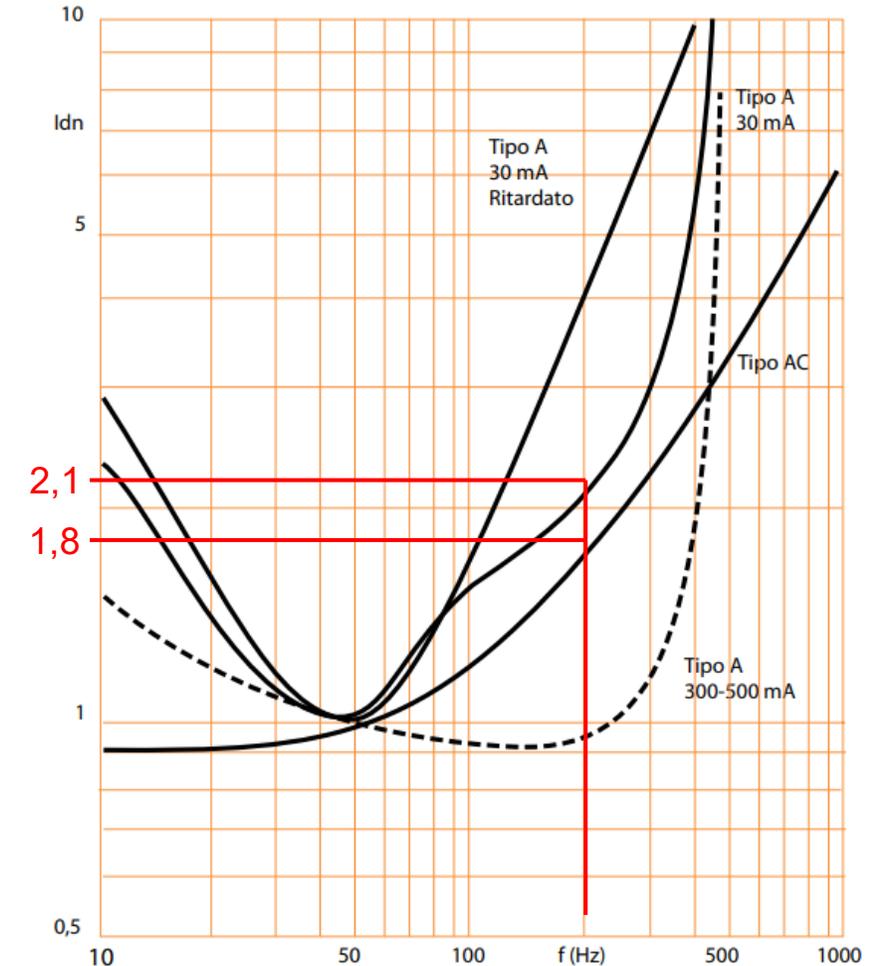
Curve $I\Delta n$ - frequenza

All'aumentare della frequenza diminuisce la pericolosità della corrente per il corpo umano:

ESEMPIO:

- A 200 Hz un tipo A garantisce protezione fino $2,1 I\Delta n$
- A 200 Hz un tipo AC garantisce protezione fino $1,8 I\Delta n$

Comportamento dei differenziali in funzione della frequenza



Selettività differenziale

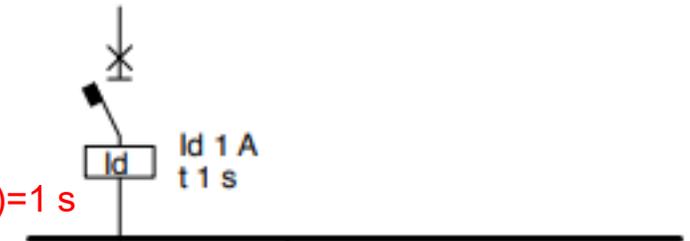
Scelta del tempo di ritardo

- La regola generale per assicurare una selettività appropriata si basa su due condizioni che devono essere entrambe soddisfatte:

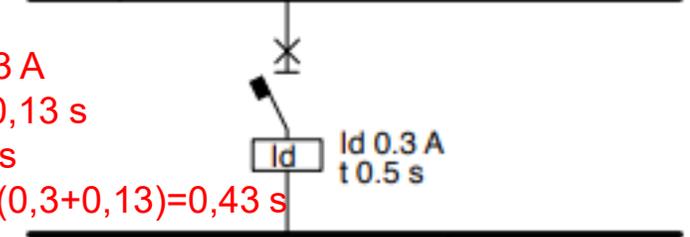
- $I_{\Delta n\text{-monte}} \geq 3I_{\Delta n\text{-valle}}$

- $T_{\text{min-non intervento-monte}} > T_{\text{max-intervento-valle}}$

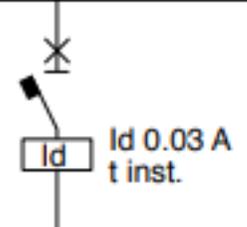
per $I_{\Delta n} > 0,03 \text{ A}$
 $T_{\text{non-intervento}} = 0,13 \text{ s}$
 $T_{\text{intervento}} = 0,5 \text{ s}$
 Tarare $T_{\text{ritardo}} > (0,5 + 0,5) = 1 \text{ s}$



per $I_{\Delta n} > 0,03 \text{ A}$
 $T_{\text{non-intervento}} = 0,13 \text{ s}$
 $T_{\text{intervento}} = 0,5 \text{ s}$
 Tarare $T_{\text{ritardo}} > (0,3 + 0,13) = 0,43 \text{ s}$



per $I_{\Delta n} = 0,03 \text{ A}$
 $T_{\text{intervento}} = 0,3 \text{ s}$



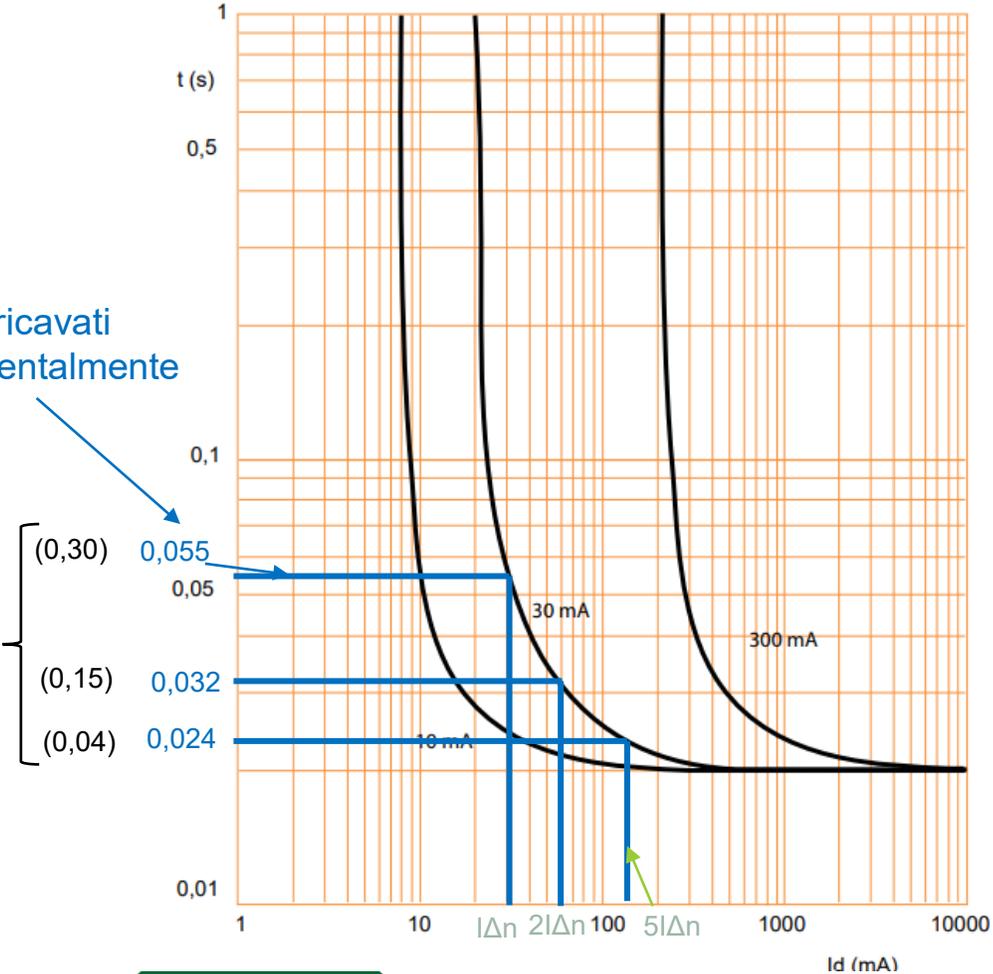
Curve di intervento differenziale

Curva differenziale - 1P+N - In=6÷40A - 230Vac - 2 moduli

Tempi intervento sperimentali, secondo norma CEI EN 61009-1

Tempi massimi
intervento secondo
norma CEI EN 61009-1

Tempi ricavati
sperimentalmente



Tempi di intervento differenziale: confronto CEI EN 61009-1 - CEI 64-8

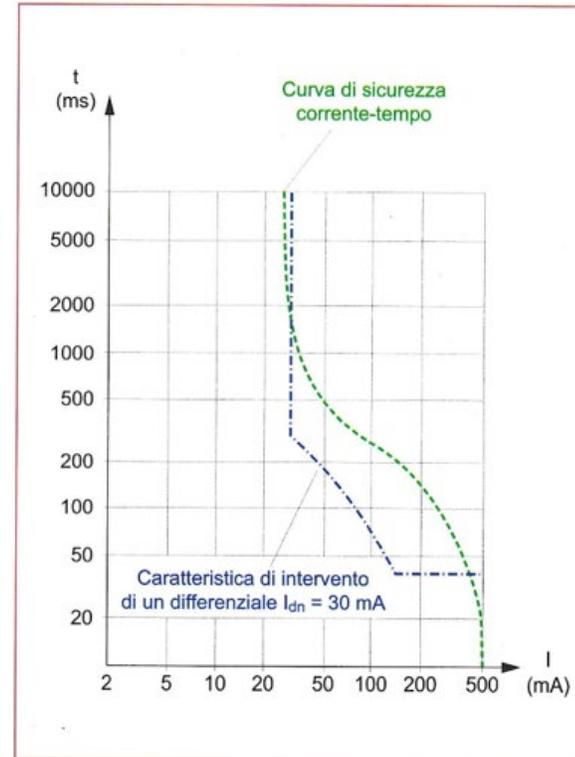
Tempi secondo norma
CEI-EN 61009-1

Corrente	I_{dn}	$2 I_{dn}$	$5 I_{dn}$	
Tempo di intervento	Differenziale non ritardato	0,3 s	0,15 s	0,04 s
	Differenziale tipo S	0,5 s	0,2 s	0,15 s

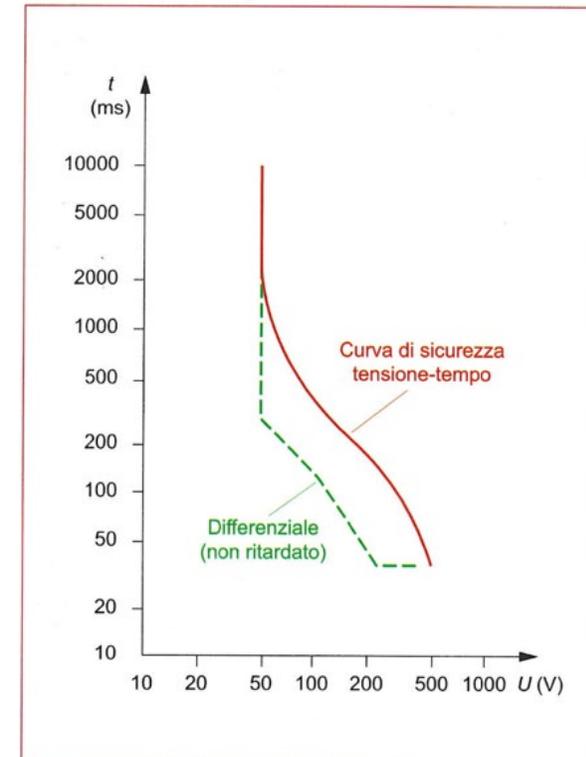
Tipo di circuito	I_n	Tempo intervento
Circuito terminale protetto da sovracorrenti	>32 A	5 s
Altri circuiti terminali in condizioni ordinarie	tutte	0,4 s

Per sistemi TN il guasto a terra supera abbondantemente $5 I_{\Delta n}$ per cui è previsto l'intervento in 0,04 s (CEI EN 61009-1)

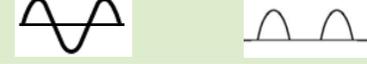
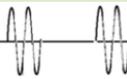
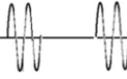
Per altri casi riferirsi alla curva di sicurezza tempo corrente

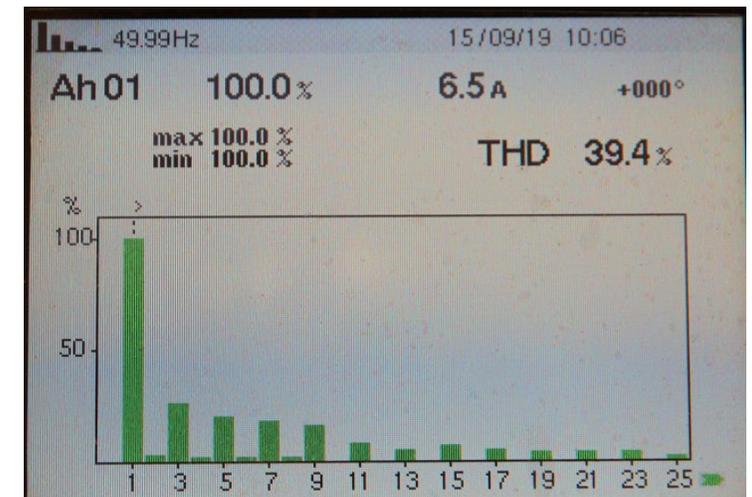
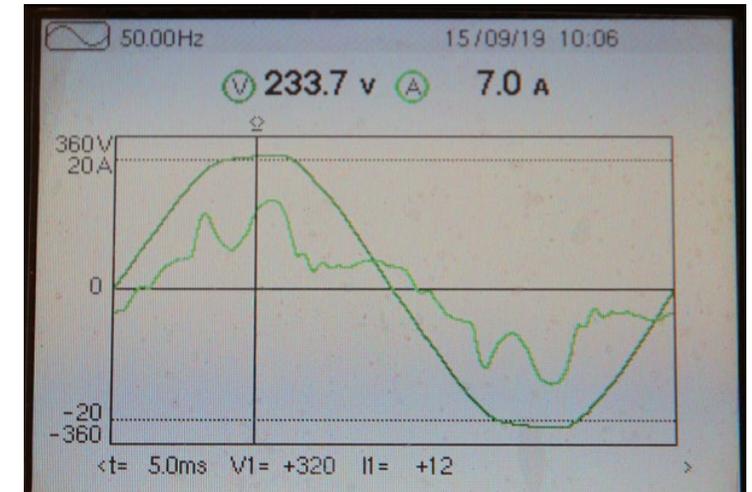


Per sistemi TT non sono definiti tempi massimi ma si deve rispettare la curva di sicurezza i cui tempi di permanenza in contatto sono soddisfatti abbondantemente dalla norma di prodotto (CEI EN 61009-1)



Casi d'uso: impianto domestico o similare

circuito	caratteristica	Corrente di guasto	Tipo differenziale
Luci	LED		A/F
Prese energia	Non nota a priori		A/F
Forno	resistiva		AC/A
Lavapiatti	resistiva		AC/A
Lavatrice	Inverter + resistiva		F
Piastra induzione	Non nota a priori		F
Condizionatore o pompa di calore	inverter		F



Casi d'uso: impianto industriale (sistema TN-S)

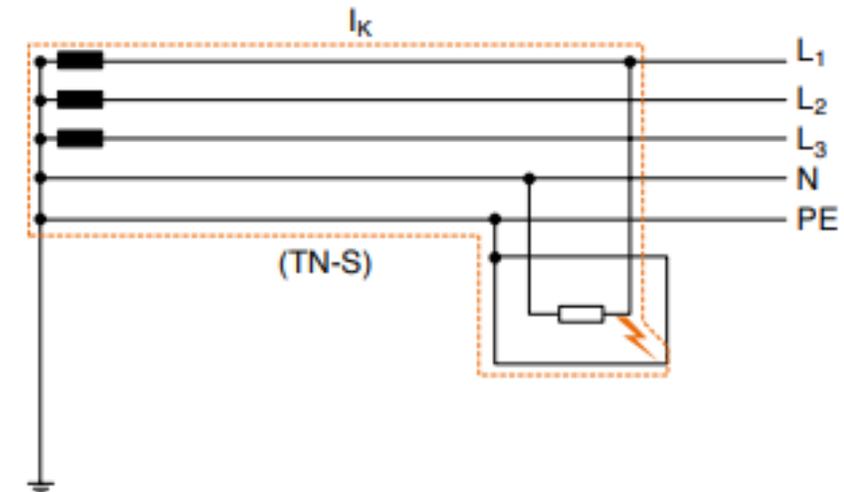
- Protezione da contatti indiretti → regola generale: conoscere la forma d'onda della possibile corrente di guasto a terra
- Protezione a fondo linea → determinazione della lunghezza limite

Tempo di contatto secondo tensione di contatto (curva di sicurezza in CA)

Corrente linea terminale	50 U_0 <math>< 120</math>	130 U_0 <math>< 230</math>	230 U_0 <math>< 400</math>	$U_0 > 400$
		0	0	
$I > 32\text{ A}$	5 s	5 s	5 s	5 s
<math>I < 32\text{ A}</math>	0,8 s	0,4 s	0,2 s	0,1 s

$$Z_s * I_a \leq U_0 \rightarrow I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{K,L-PE} \quad Z_s = L * \sqrt{R_{spec}^2 + X_{spec}^2}$$

- Se $I_{k,L-PE} < I_a$ (nel tempo stabilito) si sostituisce l'interruttore magnetotermico con quello differenziale. In genere $I_a \gg 5I_{\Delta n}$



Z_s : impedenza anello di guasto
 U_0 : tensione di contatto
 I_a : corrente di intervento del dispositivo di protezione nel tempo stabilito
 L : lunghezza della linea
 R_{spec} : resistenza di linea p.u. lunghezza
 X_{spec} : reattanza di linea p.u. lunghezza

Casi d'uso: Ricarica veicoli elettrici

Protezione da contatti indiretti → regola generale: conoscere la forma d'onda della possibile corrente di guasto a terra

- Macchina alimentata in CA:

1. Alimentazione colonna monofase



Differenziale tipo A e modulo per individuazione componenti continue > 6 mA

2. Alimentazione colonna trifase



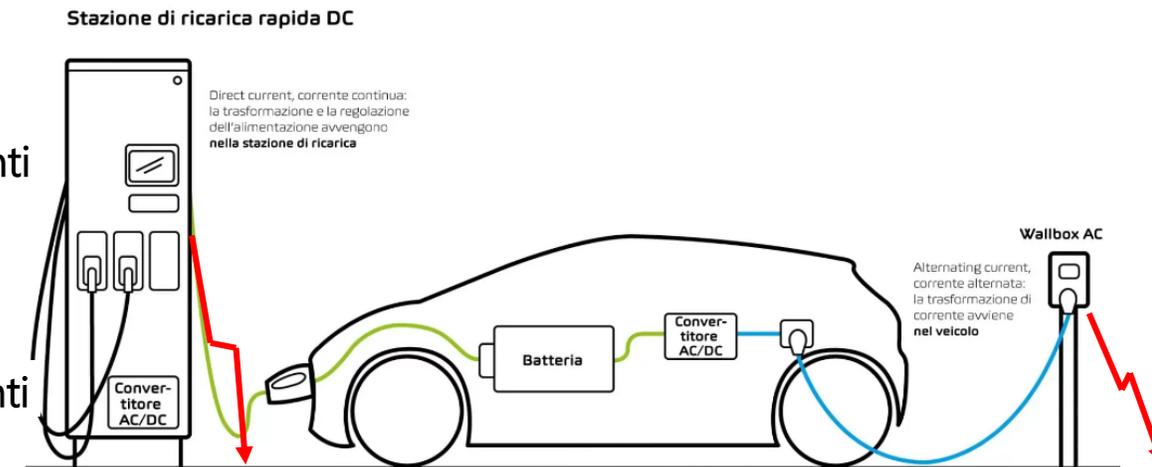
Differenziale tipo A e modulo per individuazione componenti continue > 6 mA

- Macchina alimentata in CC:

1. Alimentazione colonna in CA trifase



Differenziale tipo A e modulo per individuazione componenti continue > 6 mA



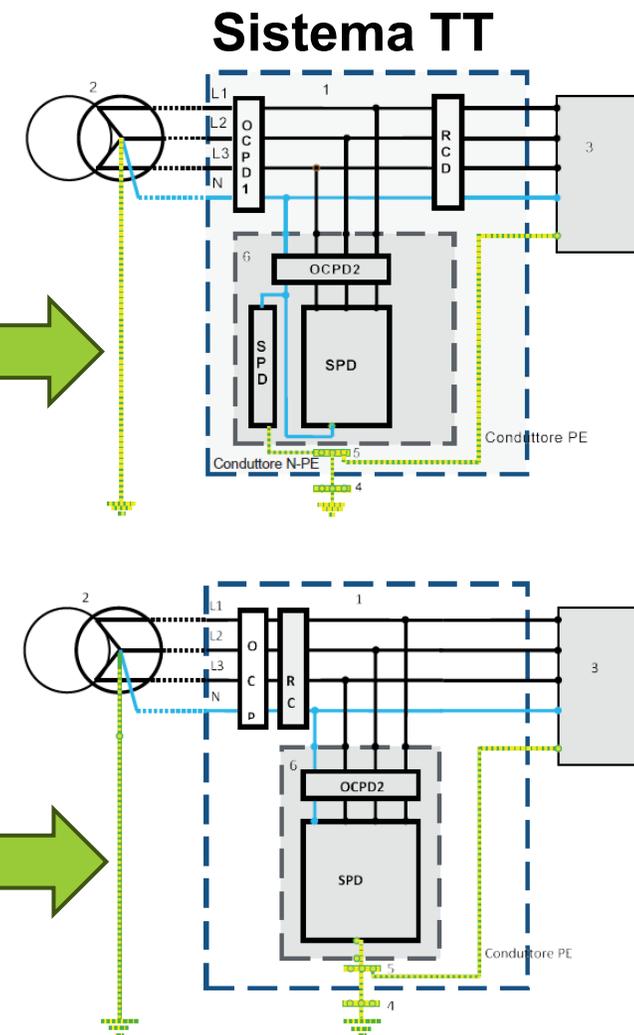
ATTENZIONE: il modulo di rilevazione componenti continue (RDC-DD) deve rispondere alla norma di prodotto: CEI IEC 62955

Casi d'uso: differenziali e SPD

- L'SPD può guastarsi e quindi, per costruzione introdurre, una dispersione verso terra
- La necessità di protezione differenziale dipende dalla costruzione dell'SPD

SPD a varistori + spinterometro:
Montaggio possibile anche a monte del differenziale

SPD a varistori:
Montaggio solo a valle del differenziale

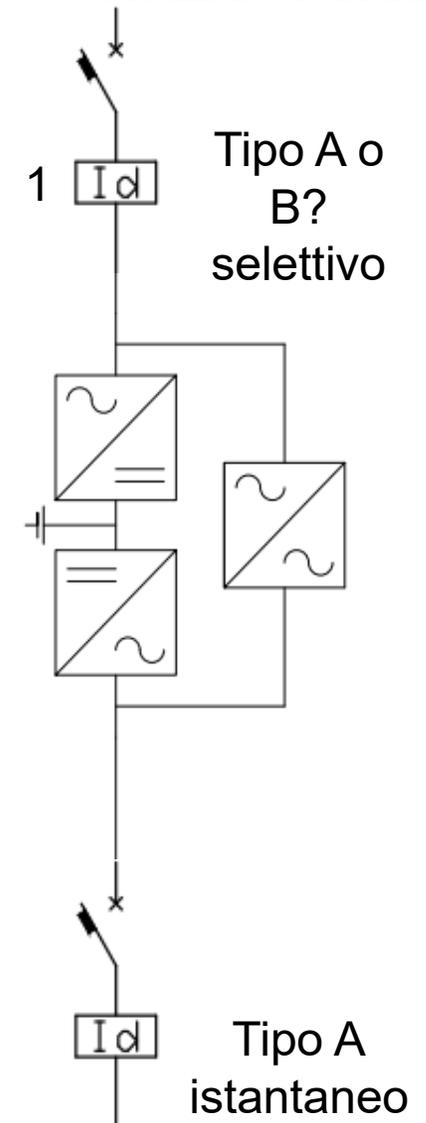


Casi d'uso: protezione UPS

- Protezione da contatti indiretti → regola generale:
 1. Conoscere la forma d'onda della possibile corrente di guasto a terra
 2. Conoscere la costruzione dell'UPS (trasformatore a monte? ...a valle?....)
- Situazione tipica: UPS a doppia conversione senza trasformatore con funzionamento «on line»
 1. Convertitore trifase → differenziale a monte di tipo B
 2. Convertitore monofase → differenziale a monte di tipo A
 3. A valle → differenziale generale istantaneo
- Situazione tipica: UPS a doppia conversione senza trasformatore con funzionamento «In isola»
 1. L'interruttore 1 non è alimentato
 2. Il sistema valle è IT temporaneo (fino all'esaurirsi delle batterie)

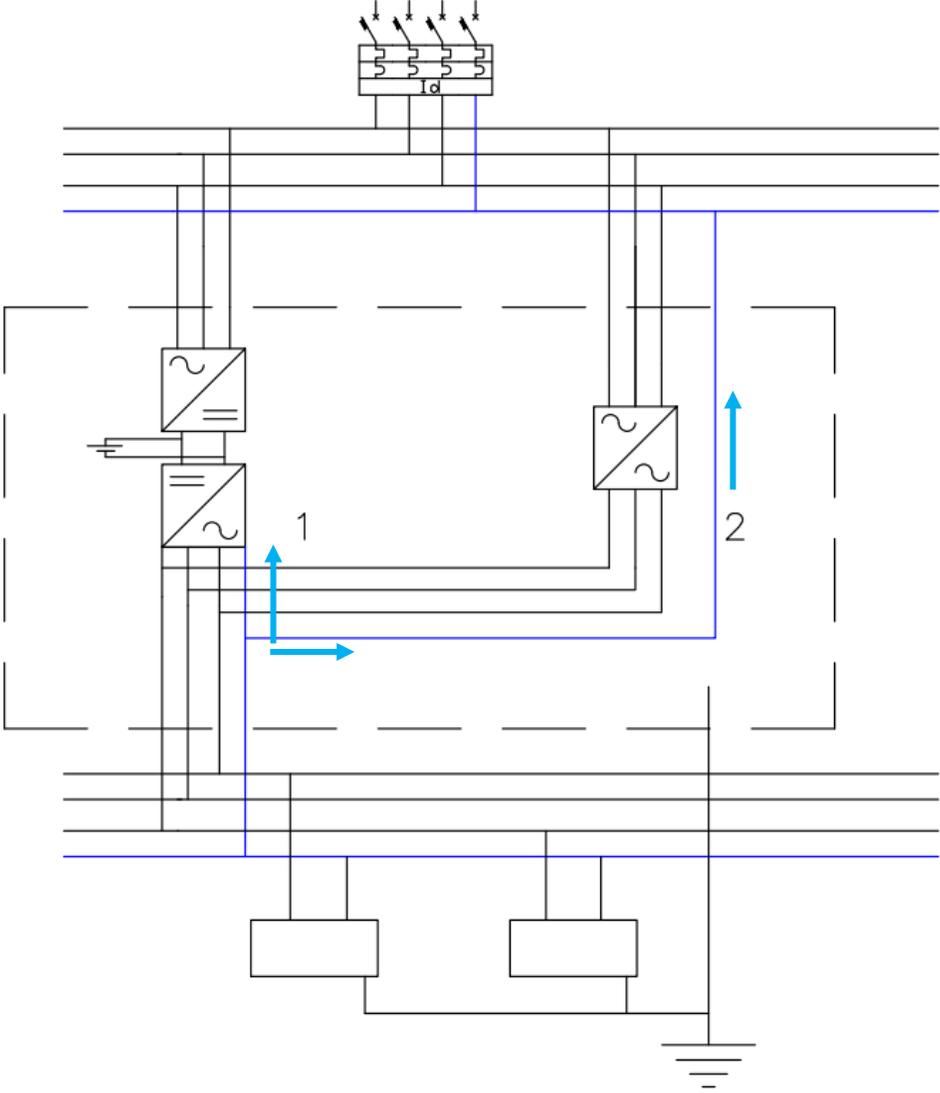
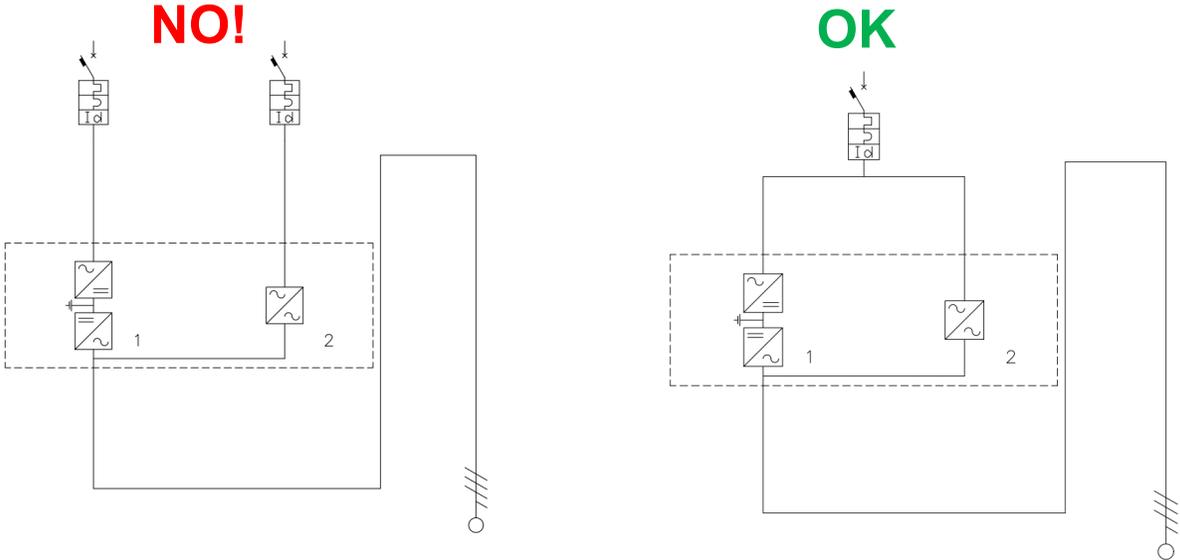
$$R_E = \frac{50}{I_d}$$

I_d : corrente di primo guasto a terra



Casi d'uso: protezione UPS

Percorso della corrente sul neutro



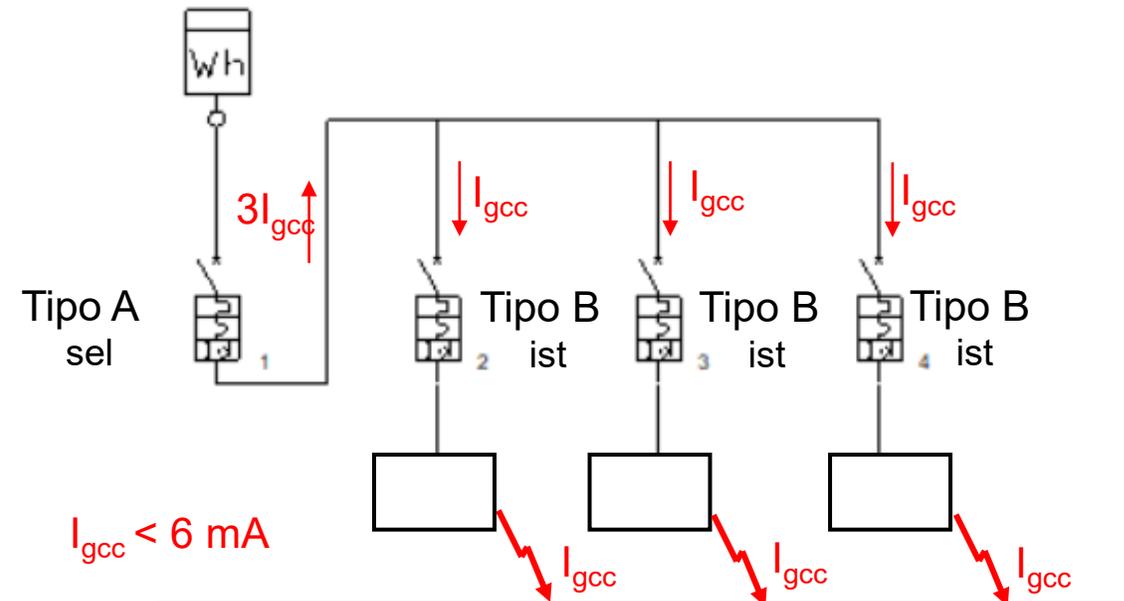
Casi d'uso: componenti continue nell'impianto, il concetto dell' «acceccamento»

- Le componenti continue saturano i sensori di corrente alternata (TA induttivi)
- I TA induttivi diventano meno sensibili anche alle componenti alternate → scatto fuori dai limiti di corrente di intervento

Si può mettere il tipo A come generale?

SOLUZIONE:

- A monte di un tipo B si mette un tipo B
- A monte di un tipo B si può mettere un tipo A secondo dichiarazione di prove fatte dal costruttore
- Si concepisce la distribuzione separando i carichi che possono generare componenti continue



Form@zione Continu@

by



GRAZIE

La protezione da contatti indiretti:
Gli interruttori differenziali

Gianpaolo Monti | Responsabile Progetti e soluzioni integrate

Webinar 7 maggio 2025

Segui Prosiel per rimanere aggiornato sulle prossime iniziative:



www.prosiel.it
www.lacasasicura.org