

The Siemens logo is displayed in a white rectangular box in the top right corner of the image. The background of the entire image is a photograph of an industrial control room or factory floor. In the foreground, a large white electrical cabinet with its doors open reveals internal components like circuit breakers and busbars. Overlaid on this are various digital elements: a complex network of yellow and blue lines representing data or power flow, and several circular icons (EAC, IEC, CCC, UL) indicating certifications. In the background, there are more industrial machines, a workstation with multiple computer monitors, and a mobile cart with drawers.

SIEMENS

Protezione Differenziale e Convertitori di Frequenza

[SIEMENS.IT/RCD](https://www.siemens.it/RCD)



- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- Tipologie
- Criteri di scelta
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni



- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- Tipologie
- Criteri di scelta
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni

NORMATIVE DI PRODOTTO:

- **CEI EN 61008-2-1**: Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
- **CEI EN 61009-2-1**: Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari
- **CEI EN 62423**: Interruttori differenziali di Tipo F e B con e senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari.

NORMATIVE DI PRODOTTO:

- **CEI EN 60947-2**: Apparecchiature a bassa tensione

Interruttori automatici:

1. Allegato B: Interruttori con protezione differenziale incorporata
2. Allegato M: Dispositivi differenziali separati (non integrati in un apparecchio d'interruzione)

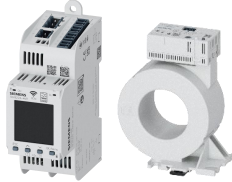
- **CEI EN 62020**: Apparecchiatura a bassa tensione.

Indicatori di corrente differenziale per installazioni domestiche e similari

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Panoramica

SIEMENS

RCD		RCCB	EN 61008-1
		RCBO	EN 61009-1
		MRCD	EN 60947-2 M
		CBR	EN 60947-2 B
		RCM	EN 62020

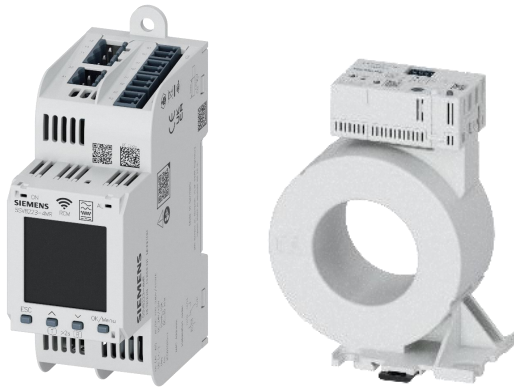
MRCD vs RCM

sembrano uguali ma sono molto diversi... Perché????

SIEMENS



Cosa può fare un RCM??



Gli RCM, in accordo alle indicazioni riportate nella normativa di prodotto non sono destinati ad essere impiegati come dispositivi di protezione.

La loro funzione all'interno dell'impianto è evidenziata nel paragrafo 538.4 della CEI 64-8 e consiste nel controllo permanente delle correnti di dispersione e di guasto a terra dell'impianto a valle o di parte di esso, allo scopo di informare/allertare l'utilizzatore circa il livello di queste correnti.

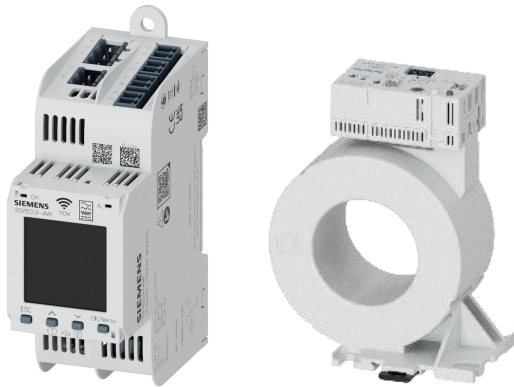
Gli RCM non possono essere impiegati per fornire la protezione contro i contatti diretti e indiretti,

ma devono soltanto fornire un segnale udibile e/o visivo, che deve continuare finché il guasto persiste.

Possono inoltre essere utilizzati per la prevenzione del rischio di incendio nei sistemi IT, se collegati ad un dispositivo idoneo al sezionamento e con taratura della corrente differenziale d'intervento non superiore a 300mA.

Cosa può fare un MRCD??

SIEMENS



Gli MRCD sono invece protezioni differenziali a tutti gli effetti e, se installati seguendo le indicazioni del costruttore sono tecnicamente equiparabili ai dispositivi differenziali denominati CBR (Circuit Breaker incorporating Residual current protection) integrati o da assemblare agli MCCB e rispondenti alla CEI EN 60947-2 Allegato B, sono in grado di svolgere le funzioni di:

Protezione contro i contatti indiretti

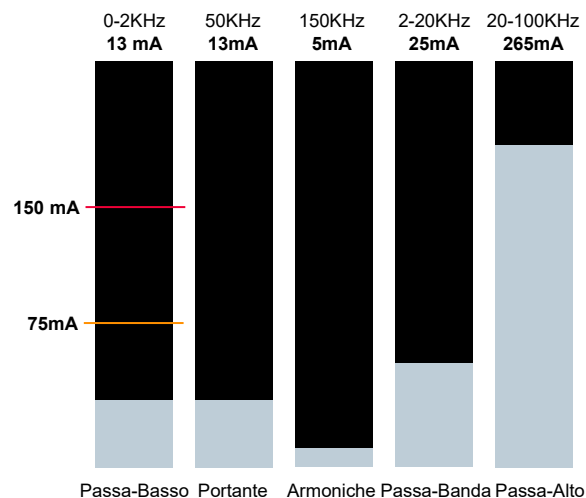
Protezione aggiuntiva contro i contatti diretti

Protezione contro il pericolo d'incendio

Al fine di essere impiegati per la protezione aggiuntiva contro i contatti diretti gli MRCD devono essere regolati con la funzione di intervento istantaneo, corrente differenziale nominale non superiore a 30mA e di operare esclusivamente in abbinamento con un apparecchio di interruzione specificato dal costruttore.

Come saranno/dovrebbero essere gli RCM??

SIEMENS



Passa-Basso Portante Armoniche Passa-Banda Passa-Alto

Filtro passa-basso

Settaggio di fabbrica: $\leq 2\text{kHz}$,
comprende:

- Frequenza di rete
- Armoniche della frequenza di rete
- Corrente pulsante unidirezionale

Possibile indicazione di:

- Perdita di isolamento, umidità
- Guasti con carichi non lineari

Filtro passa-banda

Settaggio di fabbrica: 2 ... 20kHz,
comprende:

- Frequenze di commutazione dei convertitori di frequenza

Possibile indicazione di:

- Guasti a valle dei convertitore
- Problemi coi i filtri
- Effetti di risonanza

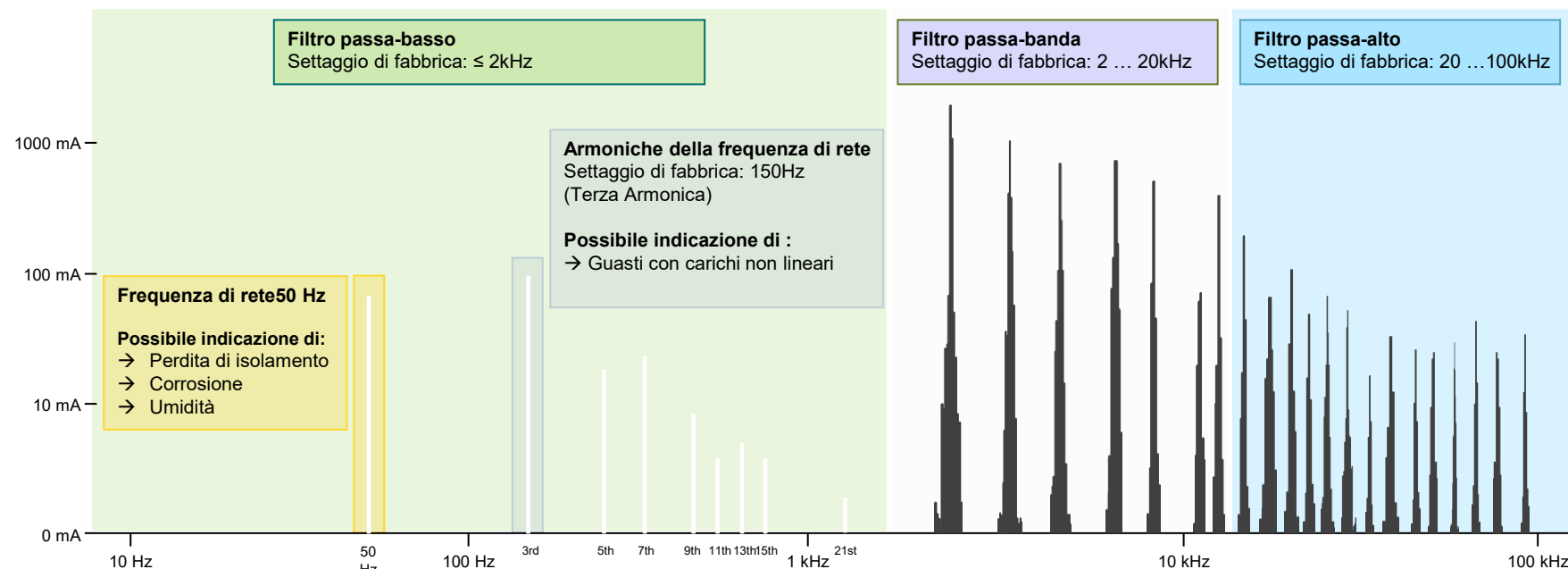
Filtro passa-alto

Settaggio di fabbrica: 20 ... 100kHz,
comprende:

- Frequenze di commutazione degli alimentatori (UPS)
- Armoniche dei convertitori di frequenza
- Reattori elettrici

Possibile indicazione di:

- Problematiche di compatibilità elettromagnetica (EMC)



Funzione RCM : Controllo delle correnti di dispersione alle varie frequenze:

→ Veloce identificazione della causa del guasto

NORMATIVE DI IMPIANTO:

- **CEI 64-8**: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- **CEI EN 60204-1**: Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine.

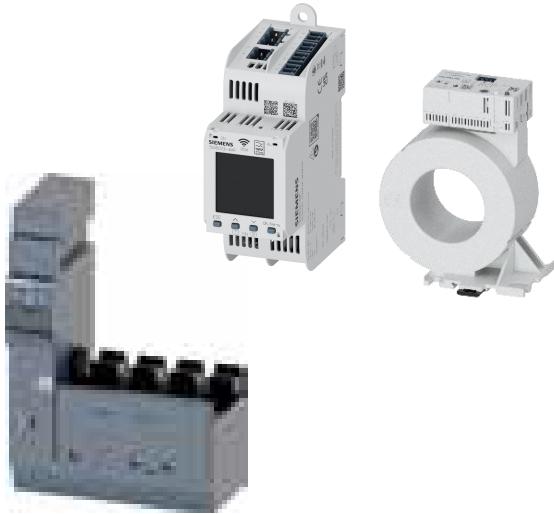
ELETTROMECCANICO...
Importante.. Perché????

SIEMENS



CBR&MRCD Vs RCCB&RCBO

SIEMENS



I CBR e gli MRCD conformi alla norma CEI EN 60947-2 (Allegato B e M) sono apparecchi pensati per impiego industriale; sono infatti a funzionamento dipendente dalla tensione di rete ed hanno la possibilità di regolare la sensibilità ed il ritardo del tempo di intervento.

Per questo motivo la norma CEI 64-8 riporta nel commento all'articolo 531.3.4.1 il fatto che gli interruttori differenziali installati in quadri accessibili a persone non addestrate devono essere conformi ad una delle seguenti norme:

- CEI EN 61008-1 e CEI EN 61008-2-1 per i differenziali puri, oppure
- CEI EN 61009-1 e CEI EN 61009-2-1 per i differenziali magnetotermici, oppure
- CEI EN 62423 per entrambi puri e magnetotermici

Altri apparecchi di protezione non sono idonei alla protezione contro i contatti in ambiente domestico e similare.



Differenziali Elettromeccanici Vs. Elettronici

Panorama Normativo

Normativa di Prodotto

RCBO prescrizioni generali

- Normativa internazionale: IEC 61009-1
- Normativa Italiana: **CEI EN 61009-1 (CEI 23-44)**

Indipendenti dalla tensione di rete (con funzione differenziale **ELETTROMECCANICA**)

- Normativa internazionale: IEC 61009-2-1
- Normativa Europea : **EN 61009-2-1**
- Normativa Italiana: **CEI EN 61009-2-1 (CEI 23-45)**

Dipendenti dalla tensione di rete (con funzione differenziale **ELETTRONICA**)

- Normativa internazionale: IEC 61009-2-2
- Normativa Europea : **NESSUNA**
- Normativa Italiana : **NESSUNA**

Normativa d'impianto ITALIANA

Requisiti della CEI 64-8 Parte 5 (Scelta ed installazione dei componenti elettrici):

Gli interruttori Magnetotermici Differenziali devono essere conformi a:

- **CEI EN 61009-1 (CEI 23-44)**
- **CEI EN 61009-2-1 (CEI 23-45)**
(oppure CEI EN 62423 (CEI 23-114))

I marchi di qualità IMQ o VDE possono essere emessi solo su prodotti conformi alla CEI EN 61009-2-1

CEI 64-8 (V3) Articolo 531.3.6 Interruttori differenziali per la protezione supplementare

L'uso degli interruttori differenziali (RCD) con una corrente differenziale di intervento nominale non superiore a 30 mA è riconosciuto come protezione supplementare conformemente a 412.5) della Parte 4-41. Questi interruttori differenziali (RCD) devono essere forniti per soddisfare le prescrizioni di 412.5.3) della Parte 4-41. Gli interruttori differenziali (RCD) per la protezione supplementare negli impianti in corrente alternata devono essere conformi alle seguenti norme:

- CEI EN 61008-1 e CEI EN 61008-2-1 per RCCB (int. Differenziali puri) ; o
- CEI EN 61009-1 e CEI EN 61009-2-1 per RCBO (int. magnetotermici differenziali); o
- CEI EN 62423 per RCCB e RCBO

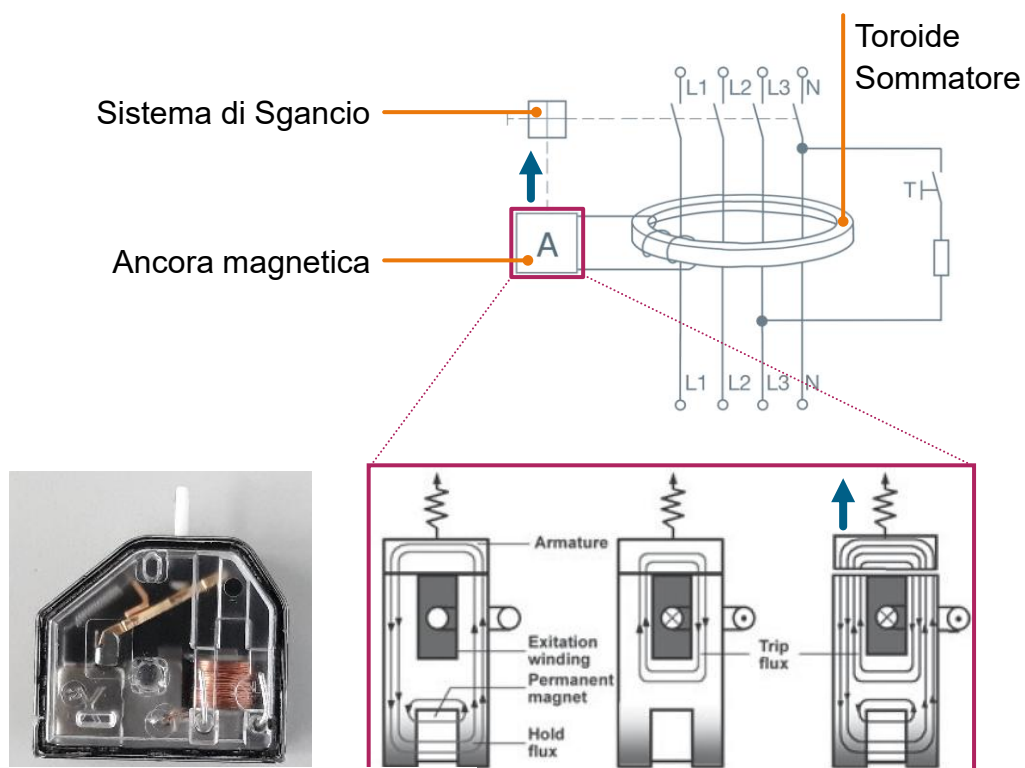
Interruttori Differenziali – Principio di Funzionamento

Elettromeccanici Vs. Elettronici

SIEMENS

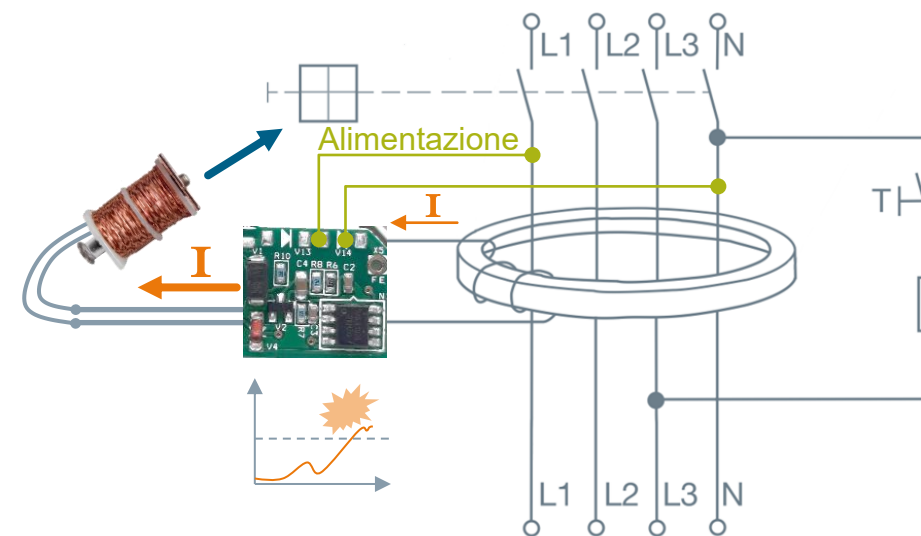
ELETTROMECCANICI (ELM)

Funzionamento **INDIPENDENTE** dalla Tensione di Rete



ELETTRONICI (ELE)

Funzionamento **DIPENDENTE** dalla Tensione di Rete
(non funziona sotto un dato livello di tensione)

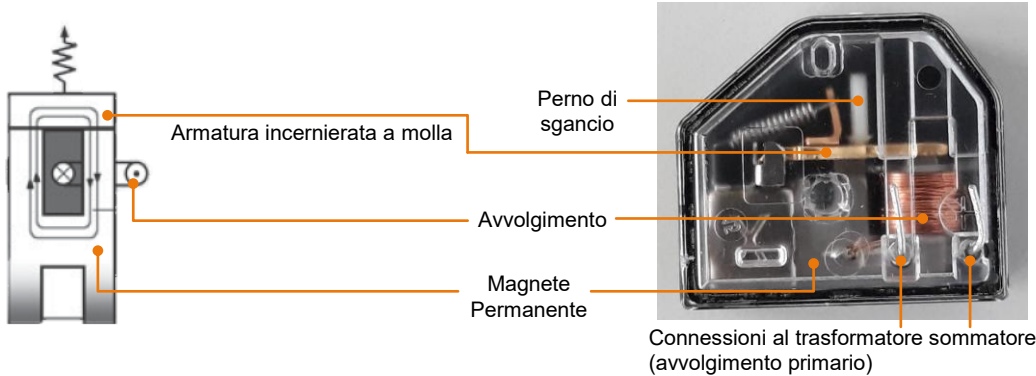


Interruttori Differenziali – Principio di Funzionamento Elettromeccanici Vs. Elettronici

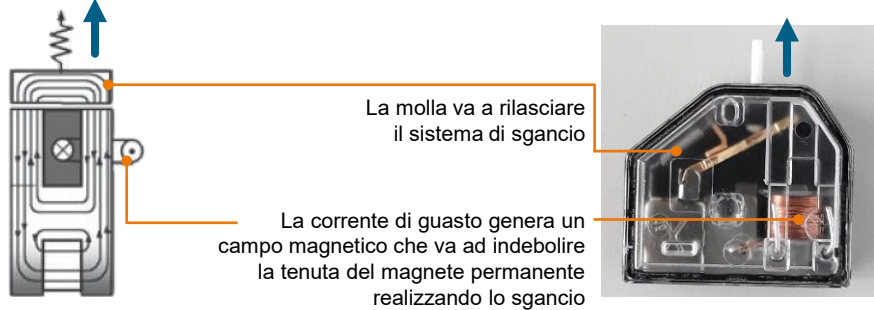


ELETTROMECCANICI (ELM)

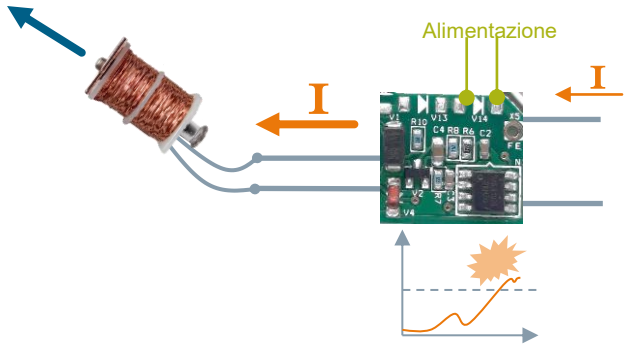
Ancora Magnetica: Senza corrente di guasto, la forza magnetica mantiene l'armatura incernierata alla base (magnete permanente). (Forza di tenuta > Forza della molla)



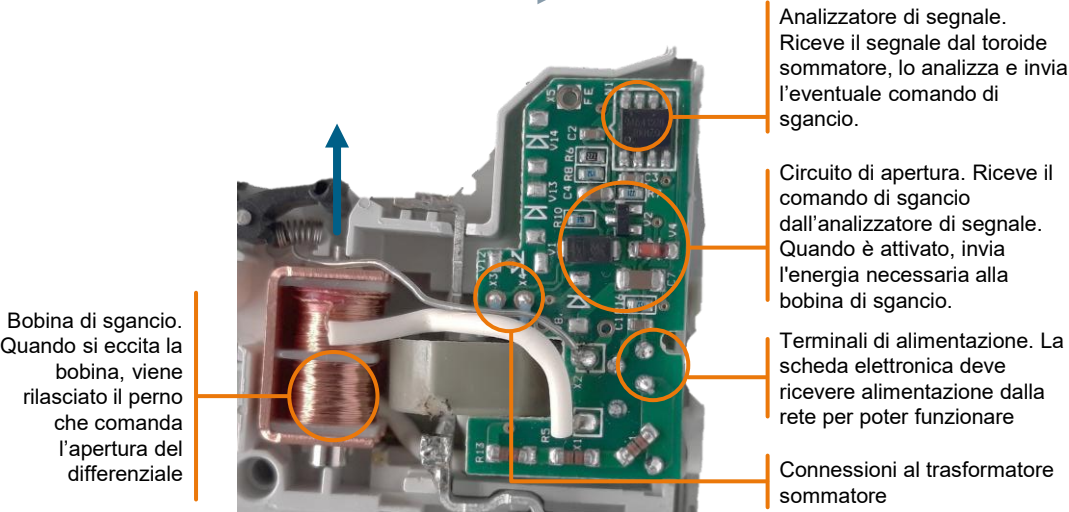
Dispositivo attivato: Quando una corrente di guasto scorre, viene a generarsi un campo magnetico repulsivo. Ciò indebolisce la forza di tenuta del magnete permanente e quindi porta al sollevamento dell'armatura incernierata tramite la molla di tensione (Forza di tenuta < Forza della molla). Sollevando l'armatura a cerniera del perno di sgancio viene spostato e i contatti di potenza vengono aperti interrompendo il circuito



ELETTRONICI (ELE)



ELETTRONICA ATTIVA!
Il sistema richiede una sorgente di alimentazione per funzionare. Il differenziale risulta dipendente dalla tensione di rete.



Interruttori Differenziali – Principio di Funzionamento

Vantaggi dei differenziali elettromeccanici

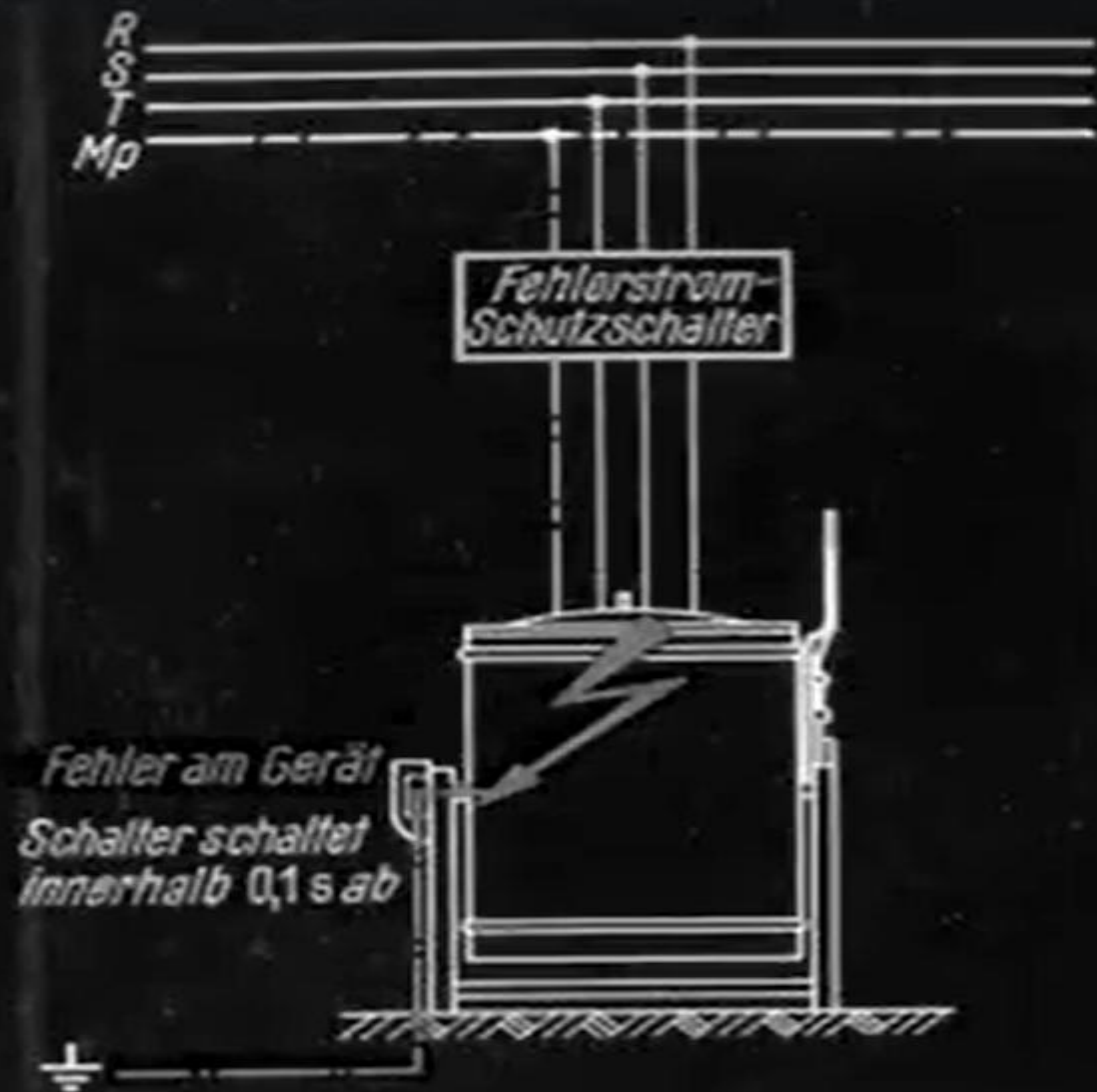


	RCBOs ELETTROMECCANICI (MTD) (RCBOs secondo IEC / EN / CEI EN 61009-2-1)	RCBOs ELETTRONICI (non conformi alla CEI 64-8) (RCBOs secondo IEC 61009-2-2)
Sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> • Perfettamente funzionante anche con conduttore neutro interrotto. • Funziona anche durante i cali di tensione. • Sgancia quando si verifica una corrente di guasto pericolosa, indipendentemente dallo stato della rete di alimentazione. 	<ul style="list-style-type: none"> • La funzionalità dell'elettronica attiva dipende dalla tensione di rete. • La protezione differenziale non viene garantita in caso di interruzione del conduttore di neutro. • Nessuna protezione nel caso in cui la tensione di rete scende al di sotto di un certo valore.
Affidabilità	<ul style="list-style-type: none"> • Il rilevamento e lo sgancio della corrente di guasto si basa sul principio del magnete di mantenimento, costituito da un'interazione di componenti meccanici. Elevata affidabilità e robustezza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il principio di rilevamento della corrente di guasto e il sistema di sgancio sono basati su elettronica, microcontrollori, amplificatori di segnale, ecc. • Per sua natura questo sistema è più suscettibile alle interferenze rispetto ai componenti meccanici / magnetici.
Immunità alle interferenze EMC e alle sovratensioni	<ul style="list-style-type: none"> • Elevata immunità a scatti indesiderati o danneggiamenti a causa di sovratensioni (ad esempio temporali, operazioni di commutazione nella rete ad alta tensione, scariche di induttori ...) • Le sovratensioni che potrebbero causare sganci indesiderati o la distruzione dell'elettronica sono in molti casi innocui per l'elettromeccanica. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'elettronica è più sensibile alle sovratensioni e ad altre interferenze EMC. • L'elettronica danneggiata può comportare la perdita della funzione di protezione. • La mancanza di protezione dell'elettronica danneggiata da sovratensioni non viene segnalata e l'impianto viene di fatto esercitato senza la protezione differenziale.
Misura della resistenza d'isolamento fino a 1000 V DC	<ul style="list-style-type: none"> • Gli RCD elettromeccanici non possono essere danneggiati dalle alte tensioni del segnale impiegato per le misurazioni della resistenza di isolamento. • Il circuito di sgancio non ha alcun collegamento diretto con il percorso della corrente del carico (isolamento galvanico dalla rete di alimentazione), quindi questo non viene interessato dal segnale di misura ad alta tensione. • Gli RCD elettromeccanici non provocano errori di misurazione durante la misurazione della resistenza di isolamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'elettronica degli RCD dipendenti dalla tensione è collegata direttamente alla rete di alimentazione, per cui le alte tensioni del segnale impiegato per la misurazione della resistenza di isolamento possono causare danni e quindi la perdita della funzione di protezione. • La scheda elettronica viene segnalata come un errore di isolamento durante la misurazione dell'isolamento. • A seconda della direzione di alimentazione, il misuratore della resistenza d'isolamento "vede" l'elettronica anche se l'RCBO è spento. Per una corretta (e sicura) misurazione dell'isolamento, le connessioni di tutti gli RCD elettronici devono essere rimosse prima di iniziare la misurazione.
Potenza dissipata	<ul style="list-style-type: none"> • Nessuna elettronica e quindi nessuna potenza dissipata aggiuntiva durante il normale funzionamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'elettronica consuma elettricità per funzionare - questo vale anche per l'elettronica dei dispositivi di protezione. Si stima che negli Stati Uniti, l'uso di GFCI elettronici (Ground Fault Circuit Interrupters, i differenziali secondo lo standard americano UL), genera consumi di diversi gigawatt di energia elettrica all'anno.



- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- Tipologie
- Criteri di scelta
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni

...1960




SIEMENS

Fehlerstrom-Schutzschalter
Schutz vor Elektro-Unfall für Mensch und Tier

G1
604 740

b

...1966



L'interruttore differenziale è un apparecchio in grado di fornire tre tipologie di protezione:

Protezione contro i contatti indiretti

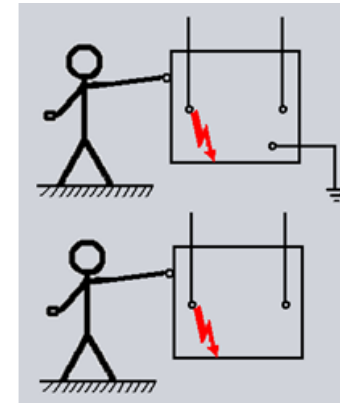
Protezione aggiuntiva contro i contatti diretti

Protezione contro il pericolo d'incendio

Il contatto può avvenire in due modi diversi:

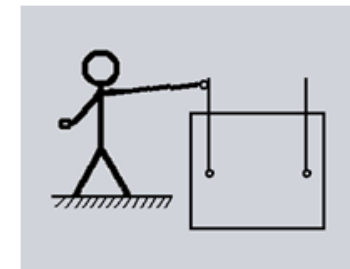
CONTATTO INDIRETTO:

Si configura quando tra la persona e la parte attiva è interposta una massa (collegata a terra oppure no).



CONTATTO DIRETTO:

Si viene in contatto con parti normalmente in tensione (condutture scoperte, morsetti...)



Il primo passo per ottenere un'adeguata protezione contro i contatti indiretti è dotare le apparecchiature di un efficiente sistema di messa a terra.

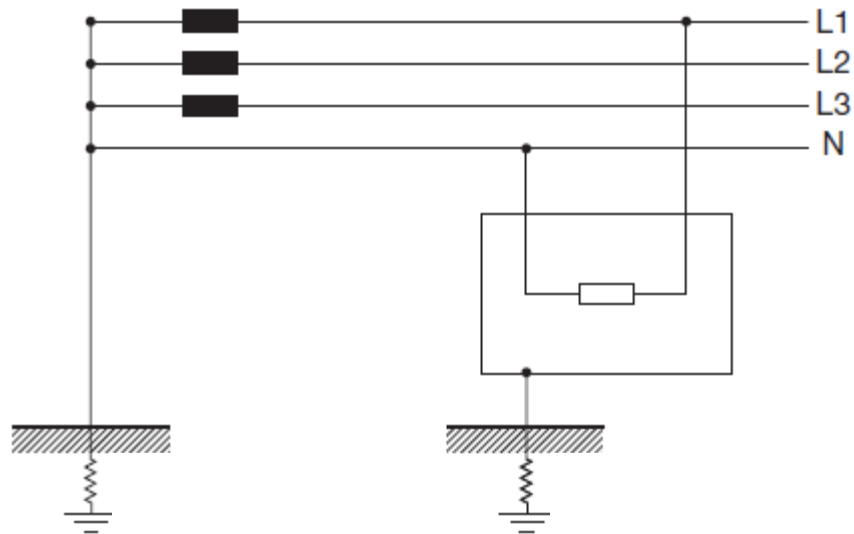


Nelle reti BT si deve considerare il metodo di collegamento a terra del sistema detto anche **sistema di neutro**.

SISTEMA TT:

T: Il secondario del trasformatore MT/BT (neutro) è collegato a terra.

T: Le masse degli utilizzatori sono collegate a terra.



SISTEMA TT:

Impiego:

Edifici residenziali e similari.

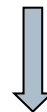
Considerazioni:

Soluzione di semplice installazione, non necessita manutenzione frequente.

Correnti di guasto a terra di entità molto basse

Protezione:

Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento



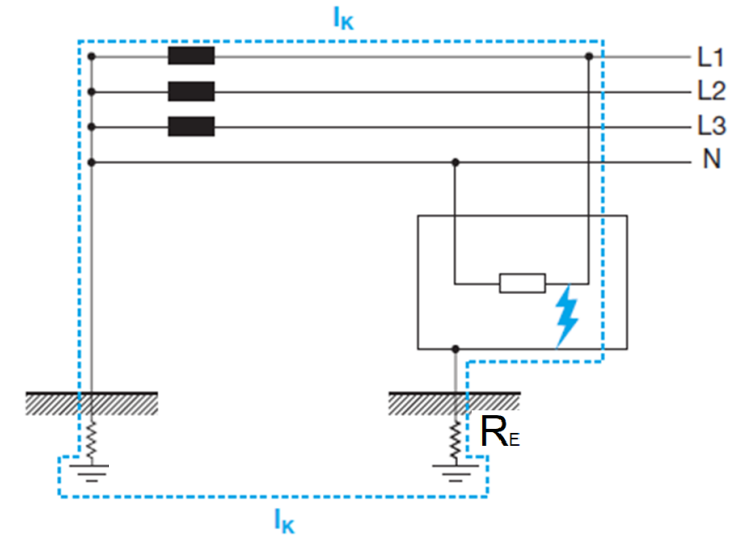
INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

In un sistema TT, per garantire la protezione delle persona contro i contatti indiretti, deve essere soddisfatta la seguente relazione

$$R_E \times I_K \leq U_L$$

dove:

- R_E = resistenza del dispersore di terra e dei conduttori di protezione delle masse[Ω]
- I_K = corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione [A]



Utilizzando un dispositivo differenziale ad alta sensibilità, il collegamento delle masse con la terra può avere un valore di resistenza elevato senza compromettere il funzionamento del dispositivo:

$R_E \times I_{\Delta n} \leq U_L$

531.3.5.3.2 Scelta della corrente differenziale di intervento nominale degli interruttori differenziali (RCD)

Il valore della corrente differenziale di intervento nominale $I_{\Delta n}$ di un interruttore differenziale (RCD) non deve superare quella corrispondente al valore massimo della resistenza di terra R_E delle masse, tenendo conto delle possibili variazioni stagionali, compreso il congelamento ed essiccamento del suolo, della parte dell'impianto protetta da questo dispositivo come illustrato nella Tab.1.

R_E è la somma della resistenza in Ω del dispersore di terra e del conduttore di protezione per le masse.

Tabella 1 – Correlazione tra il valore massimo della resistenza di terra R_E e la corrente differenziale di intervento nominale dell'interruttore differenziale (RCD)

Valore massimo di R_E (Ω)	$I_{\Delta n}$ massima dell'interruttore differenziale (RCD)
2,5	20 A
5	10 A
10	5 A
17	3 A
50	1 A
100	500 mA
167	300 mA
500	100 mA
1666	30 mA

Valori massimi della resistenza di terra		
$I_{\Delta n}$ [mA]	$U_L = 50$ [V]	$U_L = 25$ [V]
10	5000	2500
30	1666	833
300	166	85
500	100	50

Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

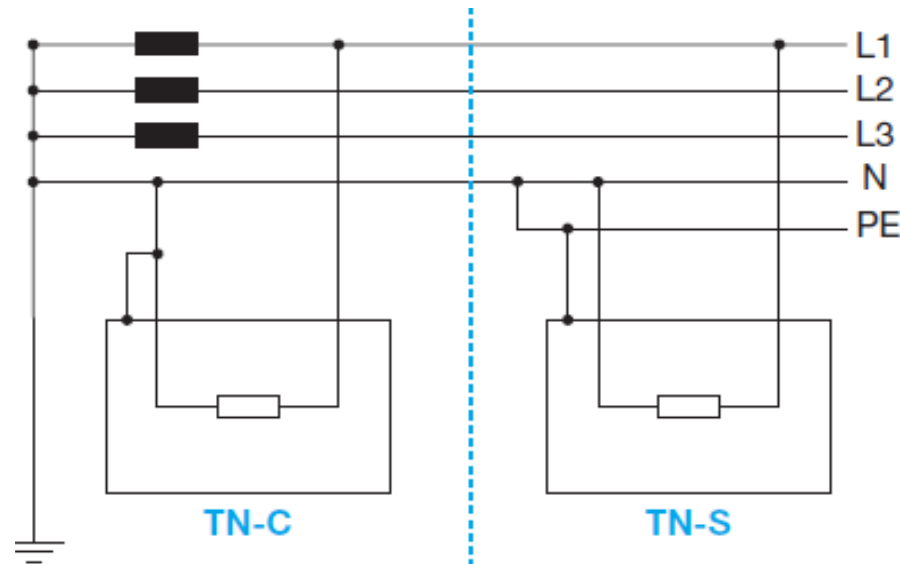
SISTEMA TN-C-S:

T: Il neutro è collegato a terra.

N: Le masse degli utilizzatori sono collegate al conduttore di protezione.

C: Conduttore di neutro e di protezione comuni.
(PEN)

S: Conduttore di neutro e di protezione separati.
(PE + N)



Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

SISTEMA TN-S:

Impiego:

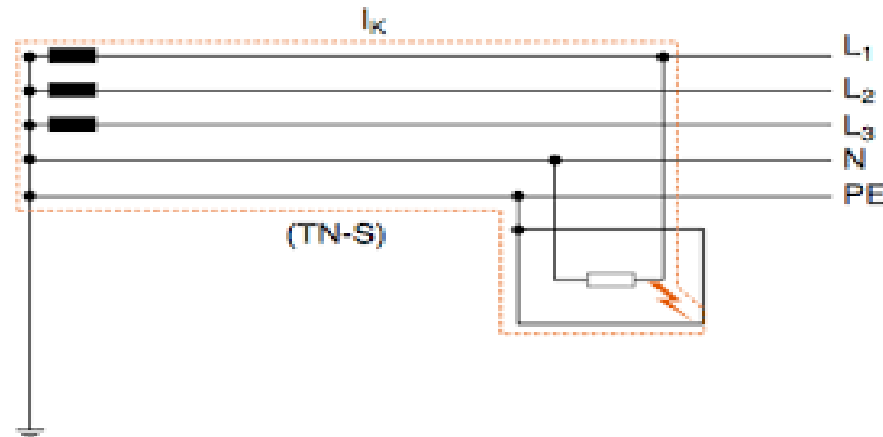
Sistema elettrico con propria cabina (industriale)

Protezione:

Sgancio obbligatorio al primo guasto d'isolamento



PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI
oppure INTERRUTTORE DIFFERENZIALE (TN-S)



Deve essere verificata la condizione:

$$Z_S \times I_K \leq U_0$$

dove:

- Z_S = Impedenza del circuito (anello) di guasto, che comprende la sorgente (generalmente il trasformatore), il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente.
- I_K = corrente che provoca l'intervento dell'interruttore automatico entro un tempo definito, che dipende dal tipo di circuito (di distribuzione o terminale) e dalla tensione nominale del sistema verso terra.
- U_0 = tensione nominale del sistema verso terra (tensione fra fase e terra) [V]

Perché la protezione dai contatti indiretti sia garantita occorre che la corrente per guasto a massa I_k sia superiore alla soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico dell'interruttore:

$$I_k \geq I_m$$

In questo modo la corrente di guasto viene ad assumere le caratteristiche di una corrente di corto circuito fra conduttore di fase e conduttore di protezione.

Se la condizione non è verificata si può agire in diverse direzioni:

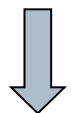
1. diminuendo la soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico;
2. aumentando la sezione dei cavi: prima quella S_{PE} del conduttore di protezione (se inferiore a S_F), quindi quella S_F dei conduttori di fase;
3. se i provvedimenti precedenti non permettono di assicurare la protezione dai contatti indiretti, bisogna ricorrere ad un interruttore differenziale (generalmente a bassa sensibilità).

Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

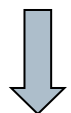
SIEMENS

Problema:

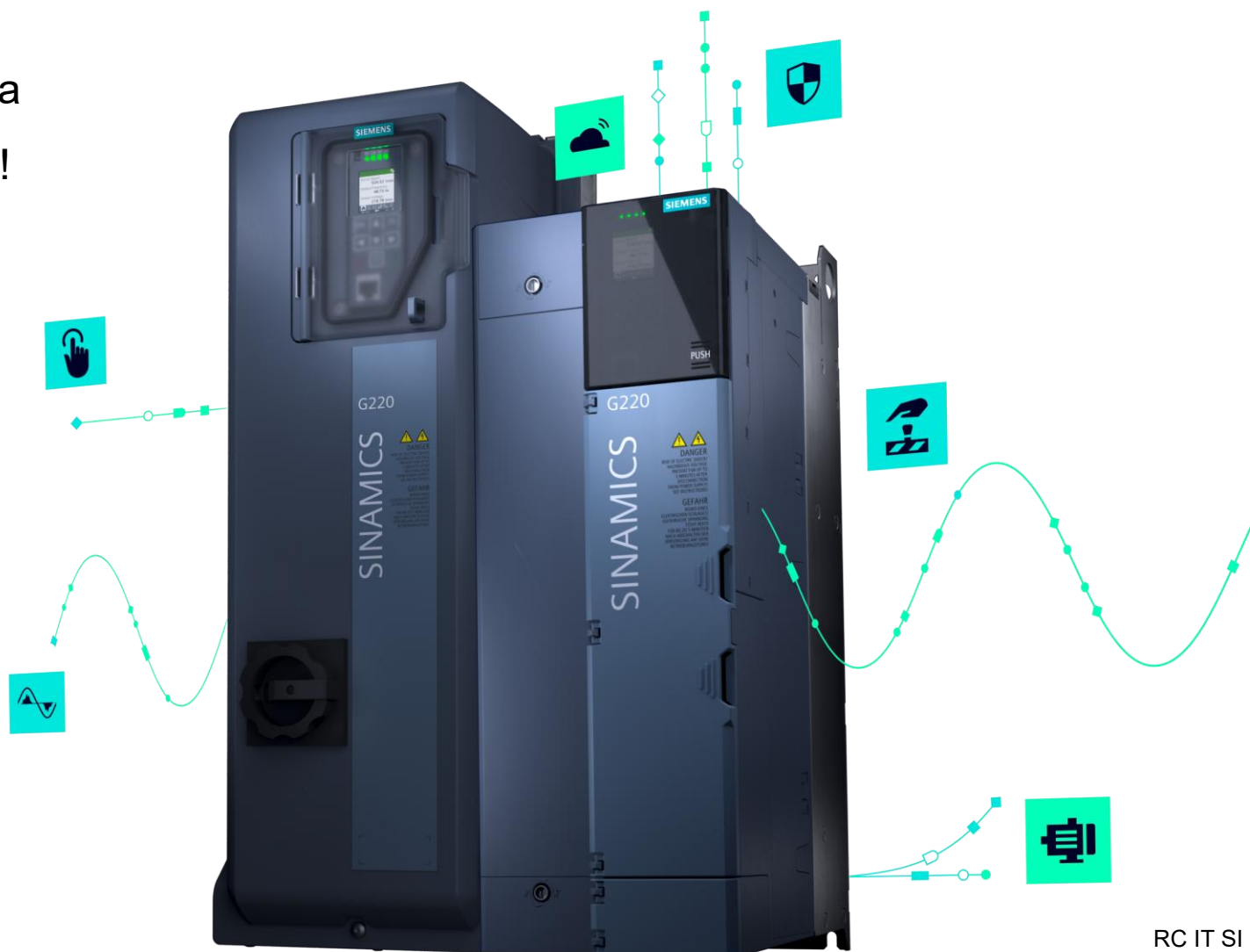
Non è possibile modellizzare l'impedenza degli inverter - Impossibile calcolare Z_s !!



INTERRUTTORE
DIFFERENZIALE



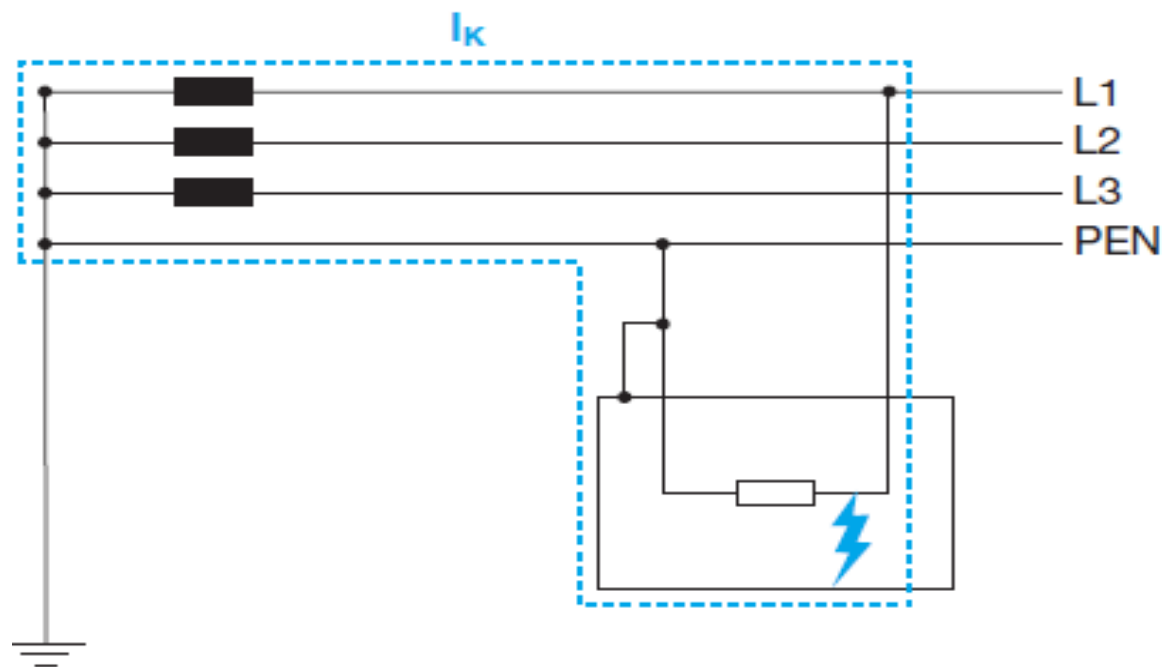
ATTENZIONE
NELLA SCELTA



Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

SIEMENS

SISTEMA TN-C

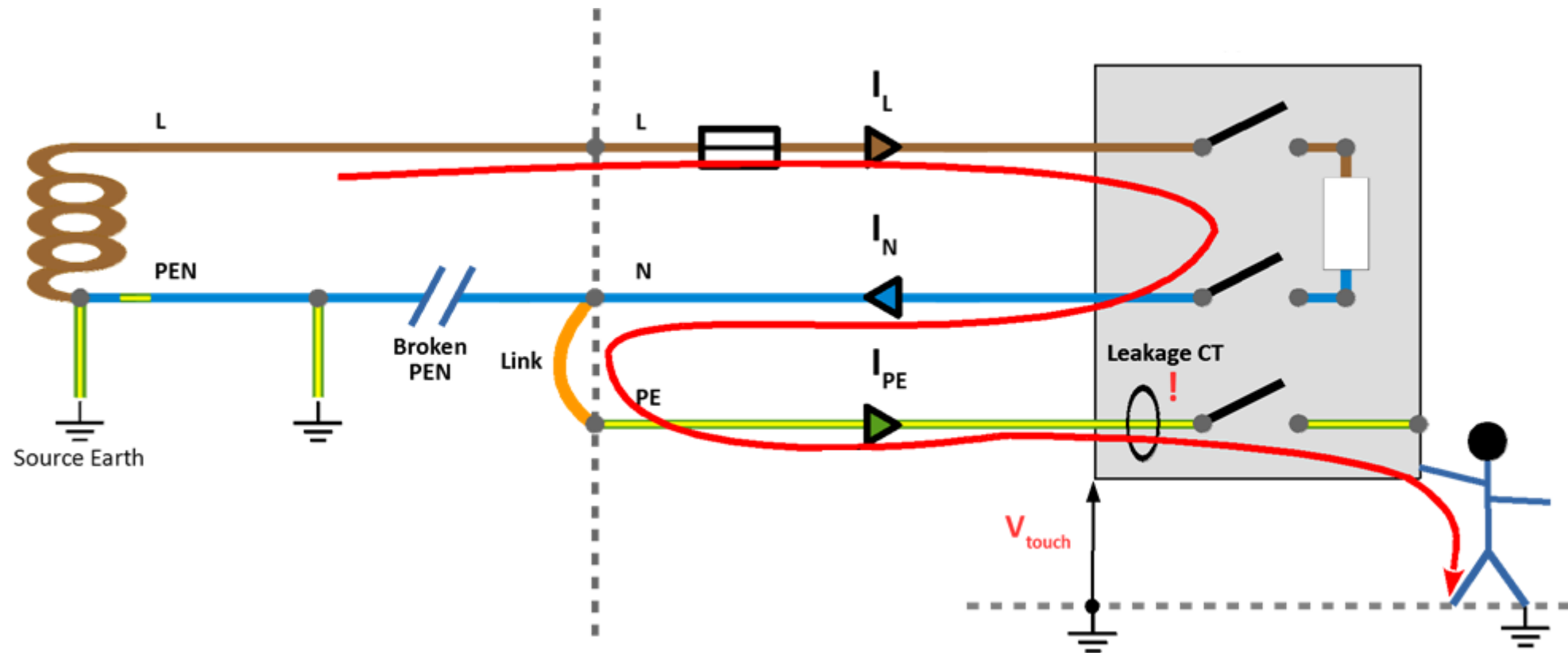


- No DIFFERENZIALI
- il PEN non è sezionabile!

Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

SISTEMA TN-C-S

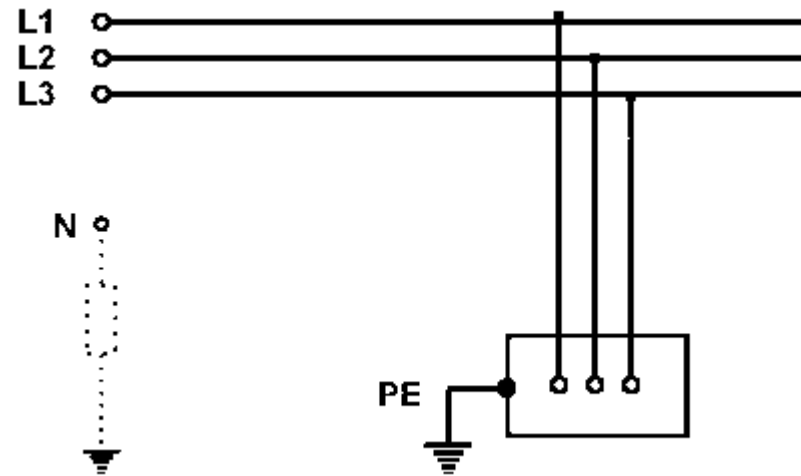
- Attenzione alle potenziali tensioni pericolose in caso di guasto sul PEN a monte...



SISTEMA IT:

I: Il neutro è isolato da terra o collegato con impedenza elevata.

T: Le masse degli utilizzatori sono collegate a terra.



Protezione differenziale: CONTATTI INDIRETTI

Impiego:

Sistema elettrico con propria cabina (continuità di servizio)

Considerazioni:

Necessita personale qualificato per manutenzione

Protezione:

Segnalazione obbligatoria al primo guasto d'isolamento
(sgancio non obbligatorio – ricerca e eliminazione del guasto)



CONTROLLORE D'ISOLAMENTO

Sgancio obbligatorio al secondo guasto.

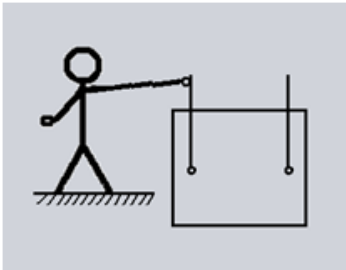


PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

Alternativa al differenziale è spesso considerato il doppio isolamento...

La CEI EN 60335-1 definisce 4 classi d'isolamento:



CLASSE 0: Ha solo l'isolamento principale e nessun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.

CLASSE I: Ha solo l'isolamento principale, è possibile il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.

CLASSE II: Isolamento doppio o rinforzato, non è possibile il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.

CLASSE III: Isolamento ridotto (per sistemi a bassissima tensione)

La protezione dai contatti diretti può essere:

PROTEZIONE TOTALE

Parti attive segregate con involucri e barriere.

Isolamento totale delle parti attive senza possibilità di rimozione

PROTEZIONE PARZIALE

Parti attive segregate con ostacoli e distanziamento

Se avviene un contatto diretto, nonostante le protezioni passive, la corrente che attraversa il corpo umano non è sufficiente per provocare l'intervento dei dispositivi di protezione a massima corrente.

Occorre quindi impiegare un:

INTERRUTTORE DIFFERENZIALE

$$I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$$

Secondo la norma CEI 64-8, la protezione aggiuntiva per mezzo di interruttori differenziali ad alta sensibilità

$$I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$$

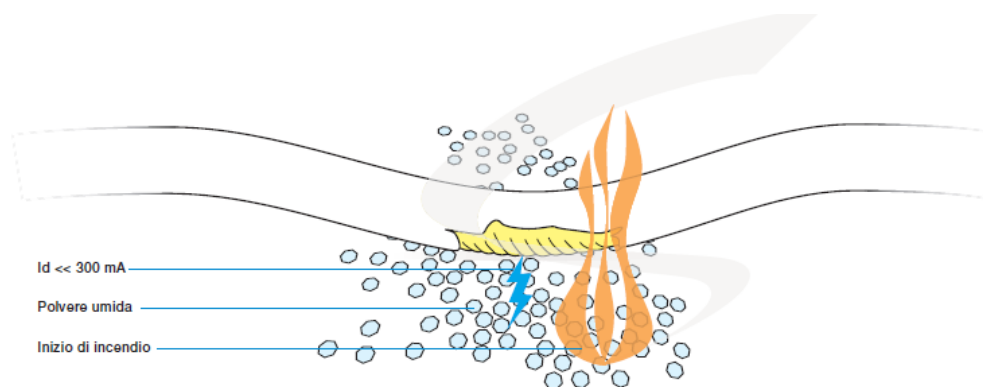
deve essere prevista nei locali ad uso abitativo per circuiti che alimentano prese con corrente nominale:

$$I_n \leq 20 \text{ A}$$

e per i circuiti che alimentano dispositivi mobili con per l'uso all'aperto (es. cantieri) una corrente nominale:

$$I_n \leq 32 \text{ A}$$

....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...



$I_{dn} \geq 300 \text{ mA}$

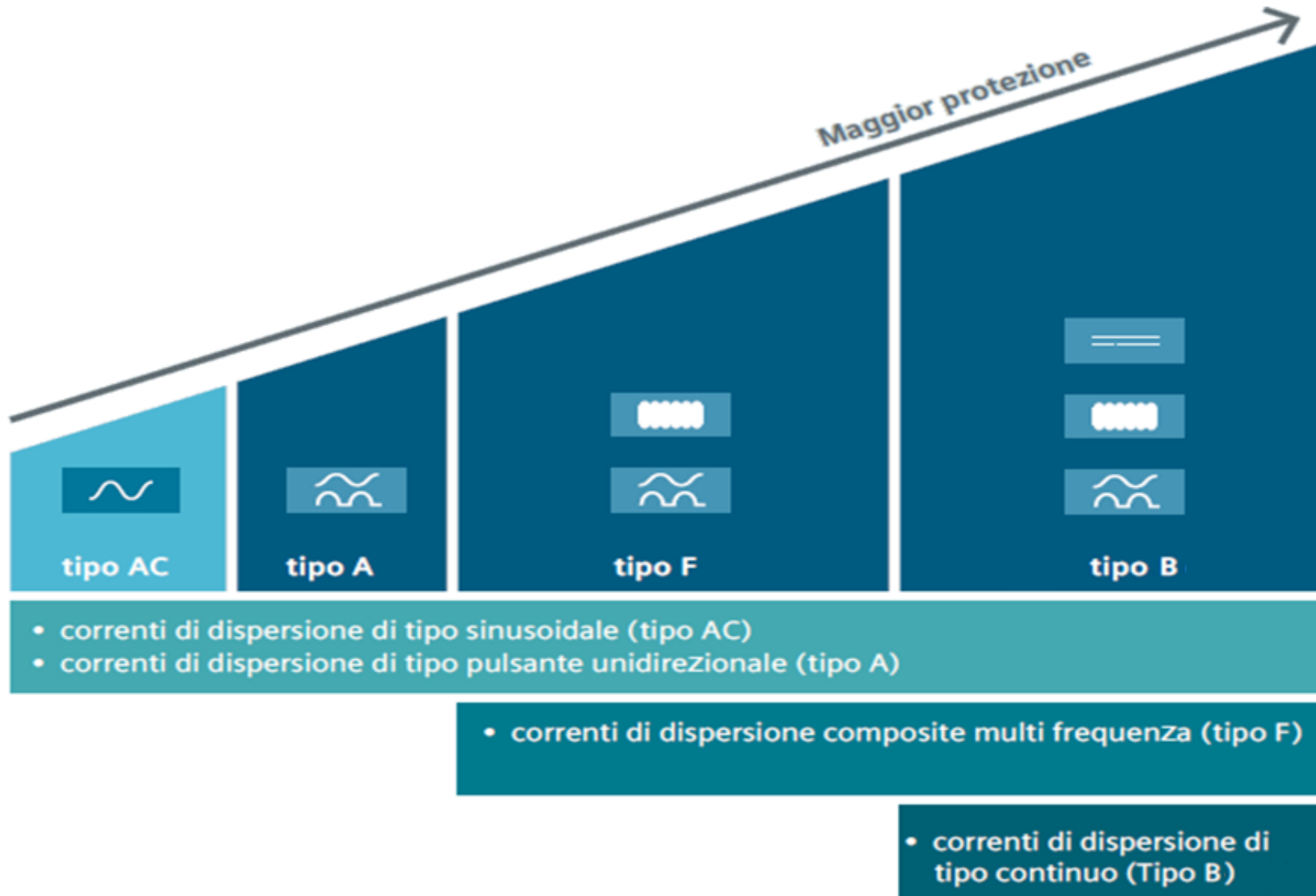


- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- **Tipologie**
- Criteri di scelta
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

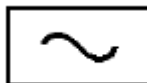
Tipologie disponibili

SIEMENS



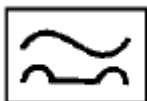
Definizioni secondo CEI EN 61008-1, 61009-1 e 60947-2

Interruttore differenziale tipo AC

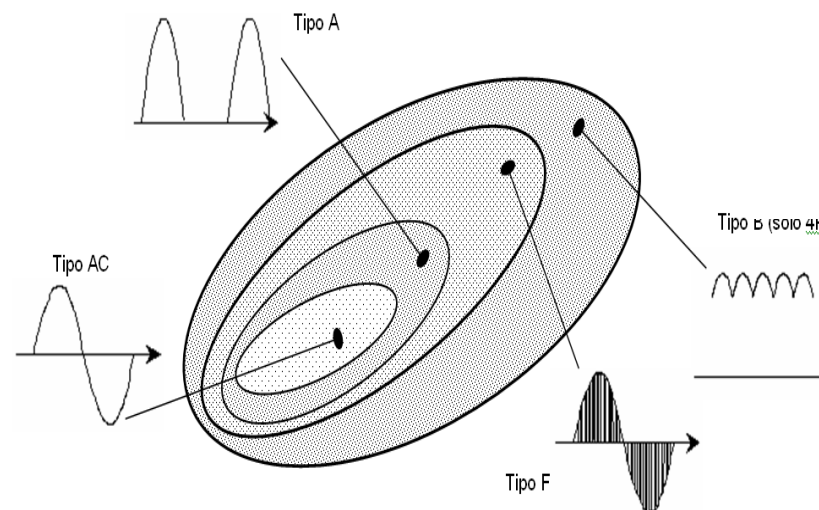


interruttore differenziale il cui sgancio è assicurato per correnti alternate sinusoidali differenziali, applicate improvvisamente o lentamente crescenti

Interruttore differenziale tipo A



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



Definizioni secondo CEI EN 62423

Interruttore differenziale di tipo F



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

Interruttore differenziale di tipo B



interruttore differenziale per il quale l'intervento è assicurato come per il tipo F secondo la presente Norma ed inoltre:

- per correnti differenziali alternate sinusoidali fino a 1 000 Hz,
- correnti differenziali alternate sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni,
- per correnti pulsanti unidirezionali sovrapposte ad una corrente continua senza ondulazioni,
- per correnti pulsanti unidirezionali raddrizzate provenienti da due o più fasi,
- per correnti differenziali continue senza ondulazioni sia applicate improvvisamente sia aumentate lentamente indipendentemente dalla polarità

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Tipo F

SIEMENS

CARATTERISTICHE:

- Le stesse caratteristiche del tipo A
- +
 - Riconoscimento delle correnti di dispersione da . 10HZ a 1kHz
 - Sensibilità alle dispersioni in c.c. fino a 10mA
 - Tenuta all'impulso 8/20μs da 3000A
 - Ritardo intenzionale intervento (10ms)

NORMATIVA DI RIFERIMENTO: CEI EN 62423, Ed2.0

APPLICAZIONI: CONVERTITORI DI FREQUENZA MONOFASE

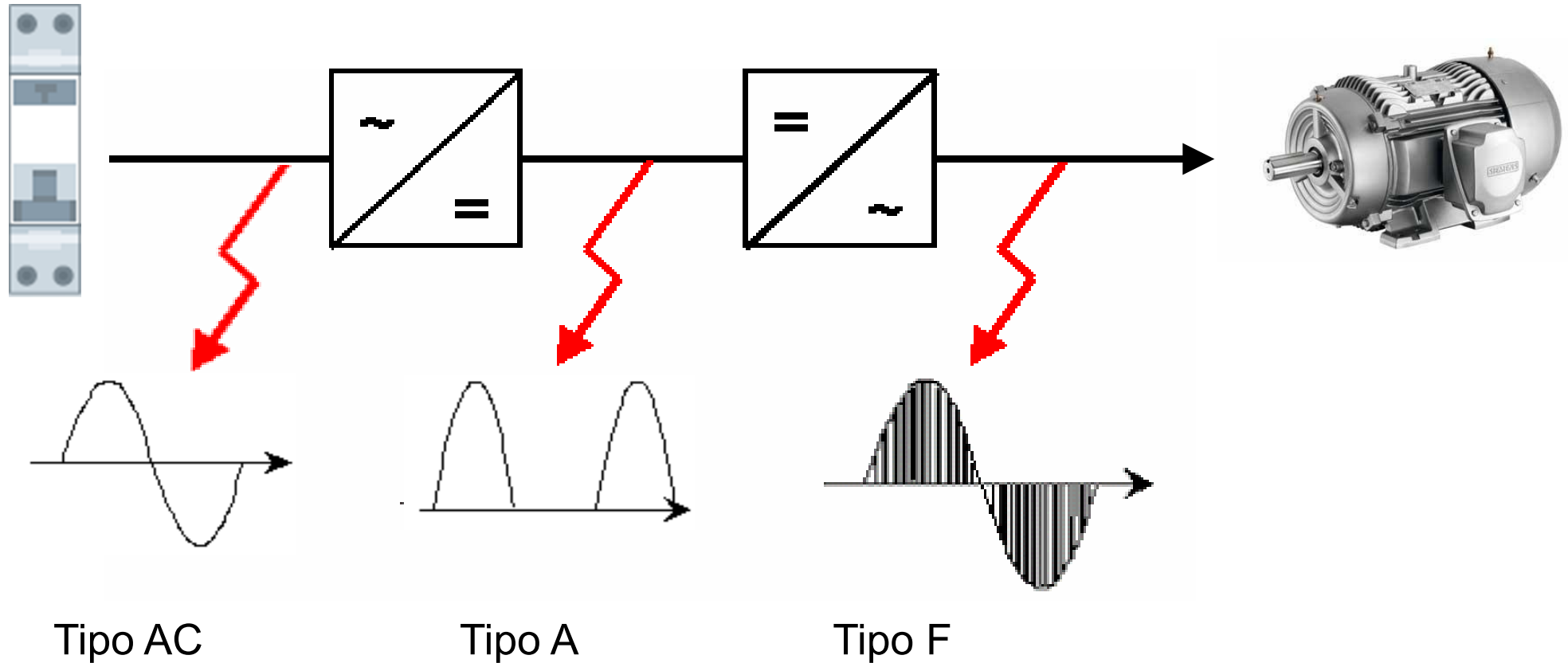


PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Convertitore di frequenza monofase

= **TIPO F**

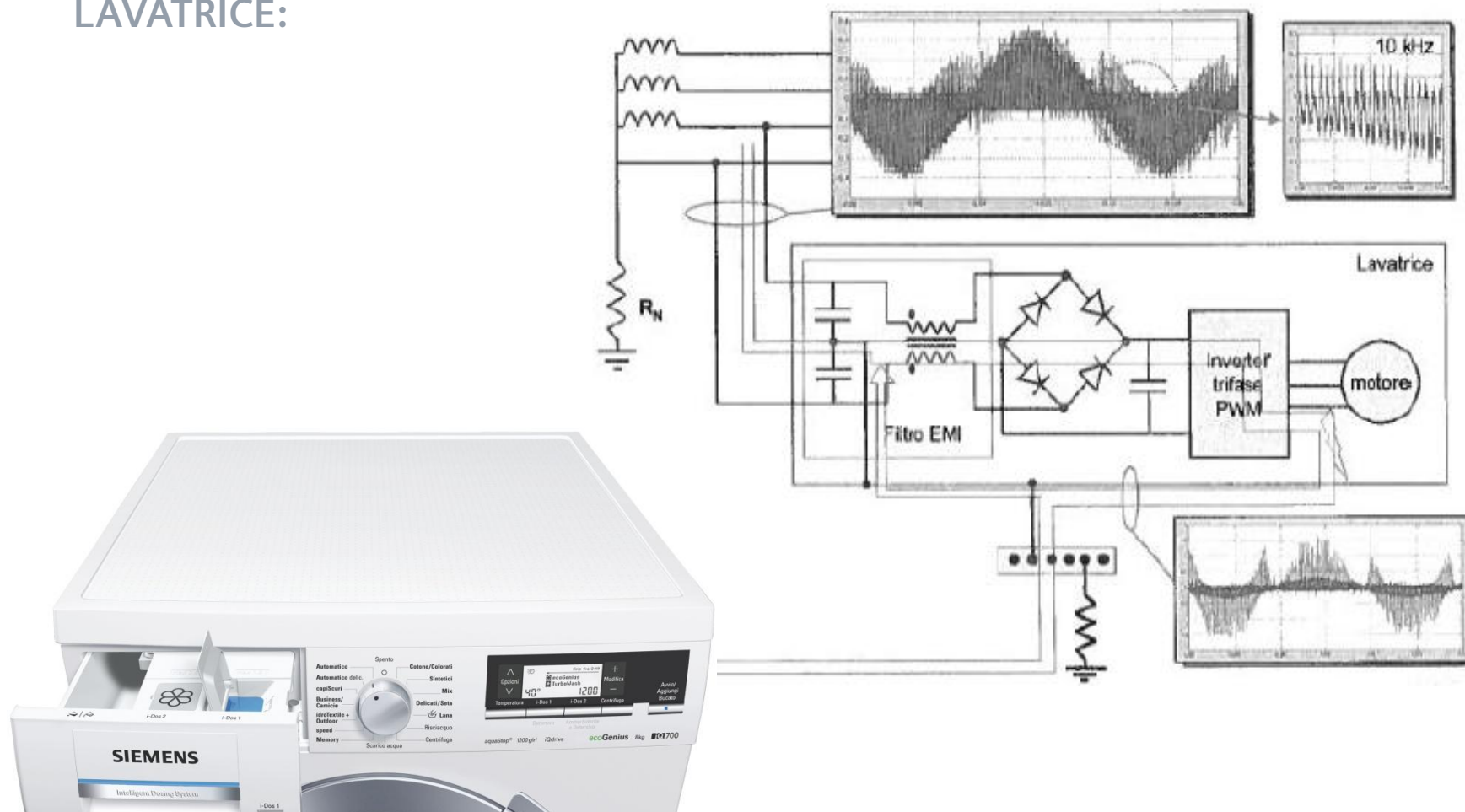
SIEMENS



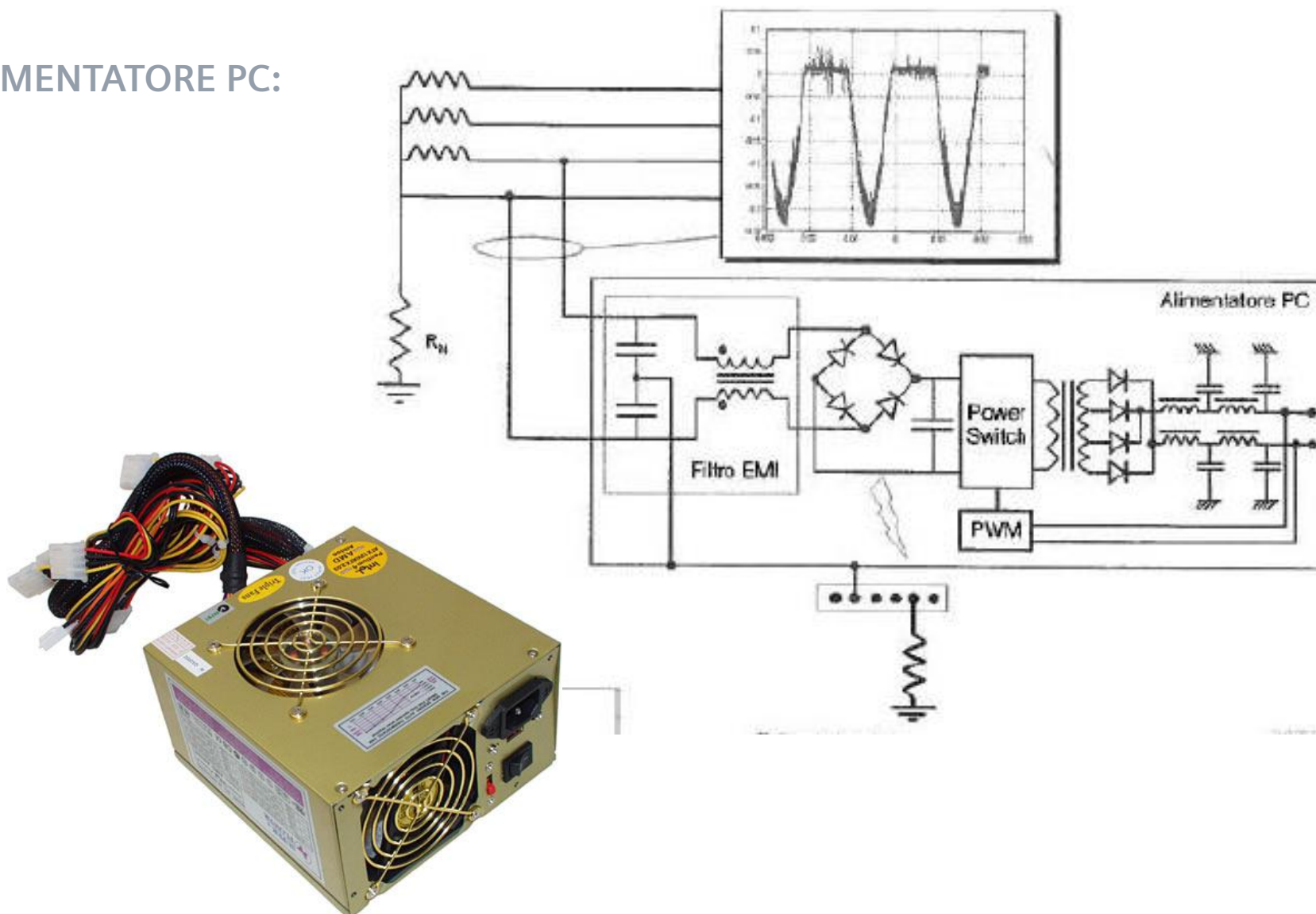
Protezione differenziale

SIEMENS

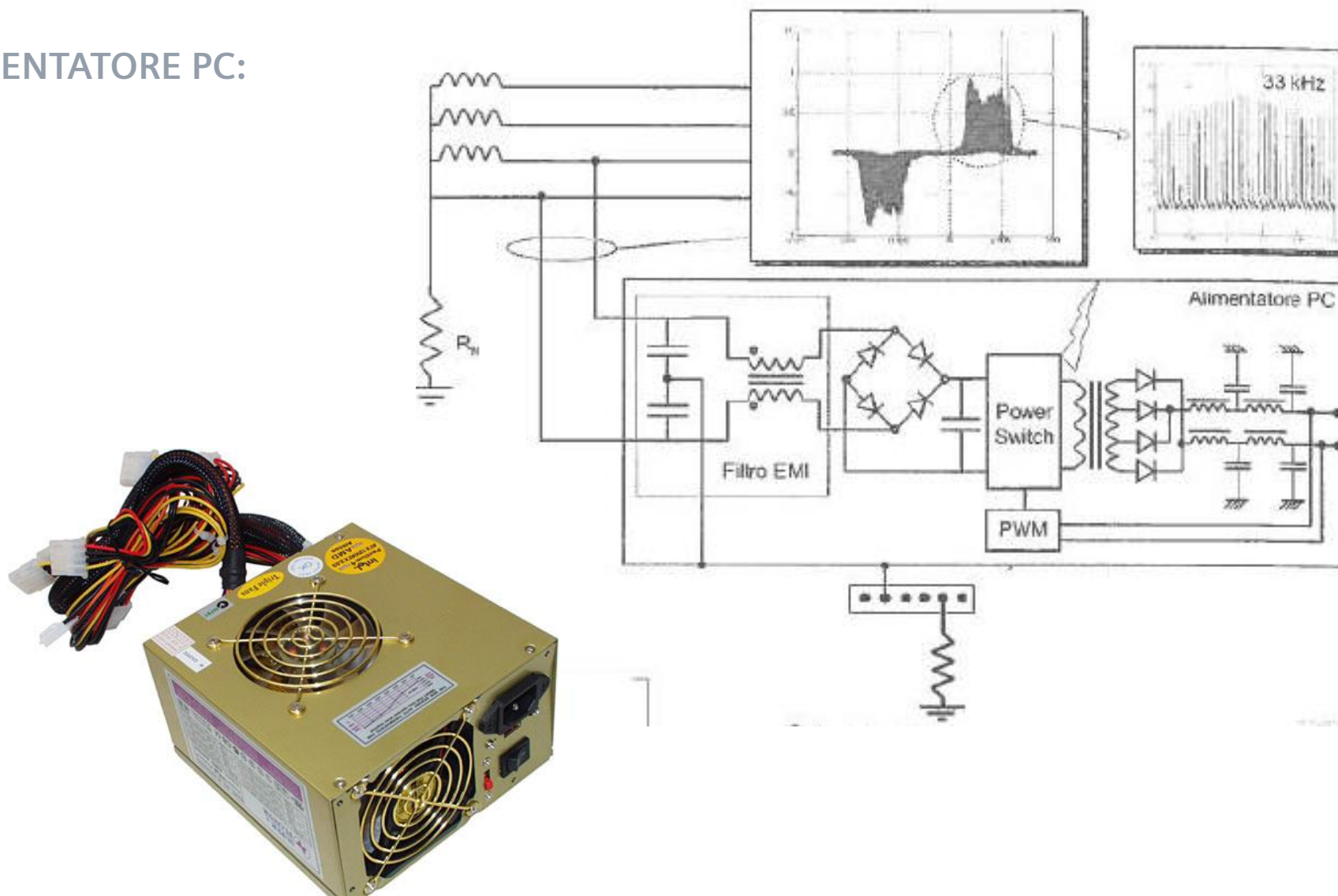
LAVATRICE:



ALIMENTATORE PC:



ALIMENTATORE PC:

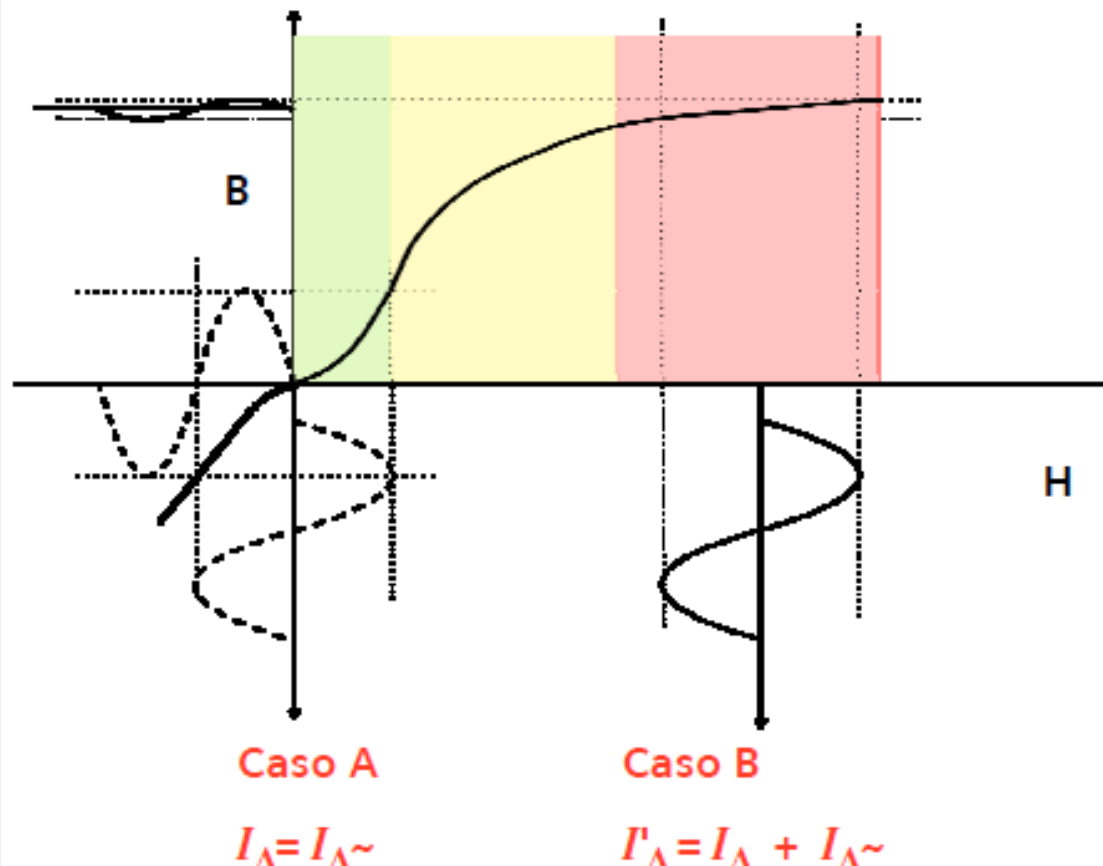


Caso A:

Viene introdotta una corrente di dispersione in c.a., senza componenti di tipo continuo. Essa è in grado di generare un segnale sufficiente a far intervenire il dispositivo differenziale.

Caso B:

Introducendo una corrente di dispersione di tipo continuo, il punto di lavoro sull'asse H (intensità di campo) si sposta. A questo punto, anche in presenza di una corrente di dispersione in c.a. pari a quella del Caso A, la variazione prodotta sulla asse B (induzione) è significativamente ridotta e non sufficiente a far intervenire l'interruttore.



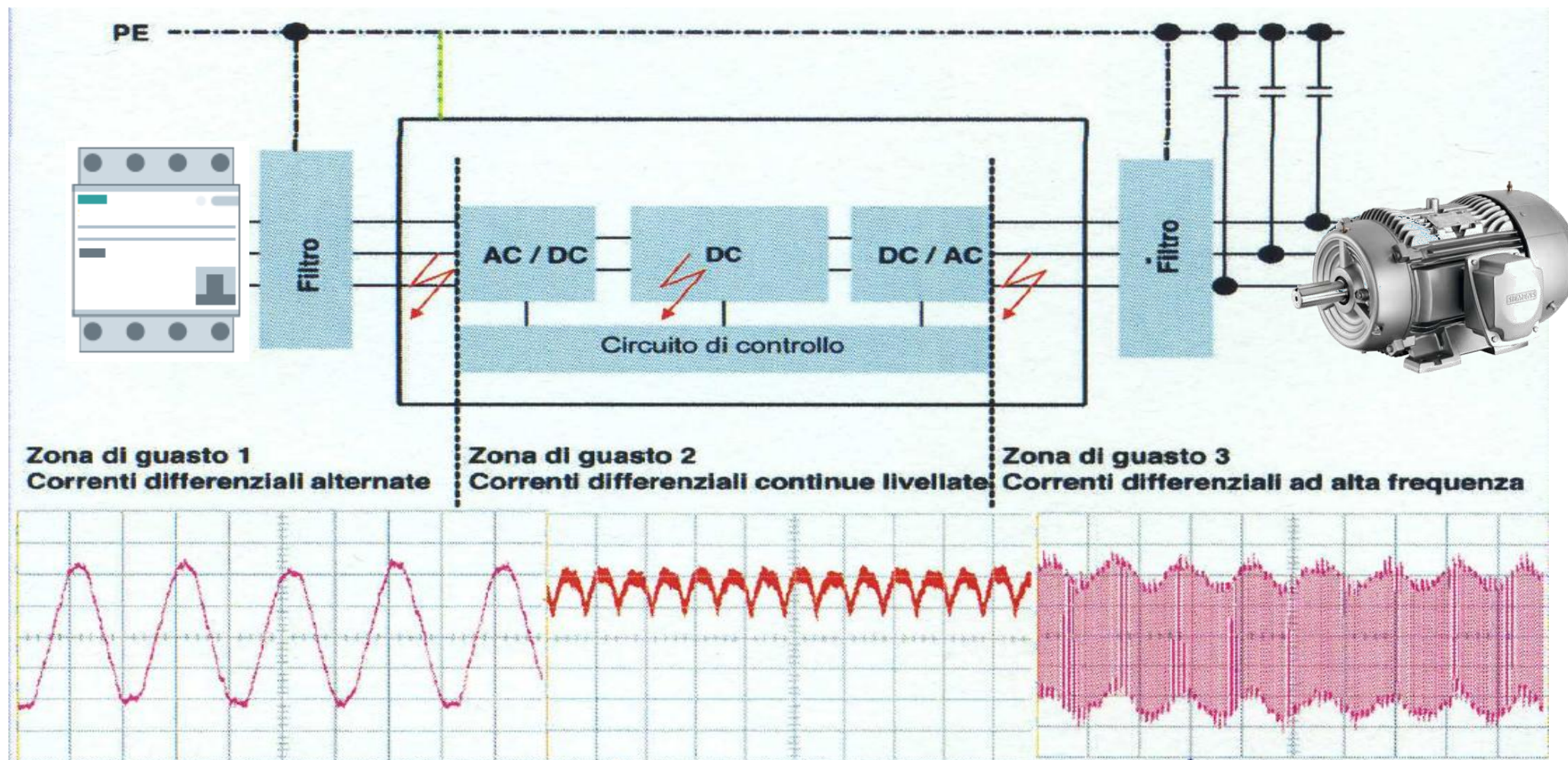
Conclusioni: Il differenziale di Tipo B resta necessario!

CRITERI DI SCELTA: Tipo B Vs TIPO F

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Convertitore di frequenza trifase = **TIPO B**

SIEMENS



Protezione differenziale ----- TIPO B

SIEMENS

CAMPI DI APPLICAZIONE

Convertitori di frequenza;

Apparecchiature Medicali;

Inverter per sistemi Fotovoltaici (lato c.a.)

Linee di alimentazioni ascensori

Mezzi di produzione nei cantieri

Stazioni di caricamento e carrelli elevatori

Gru

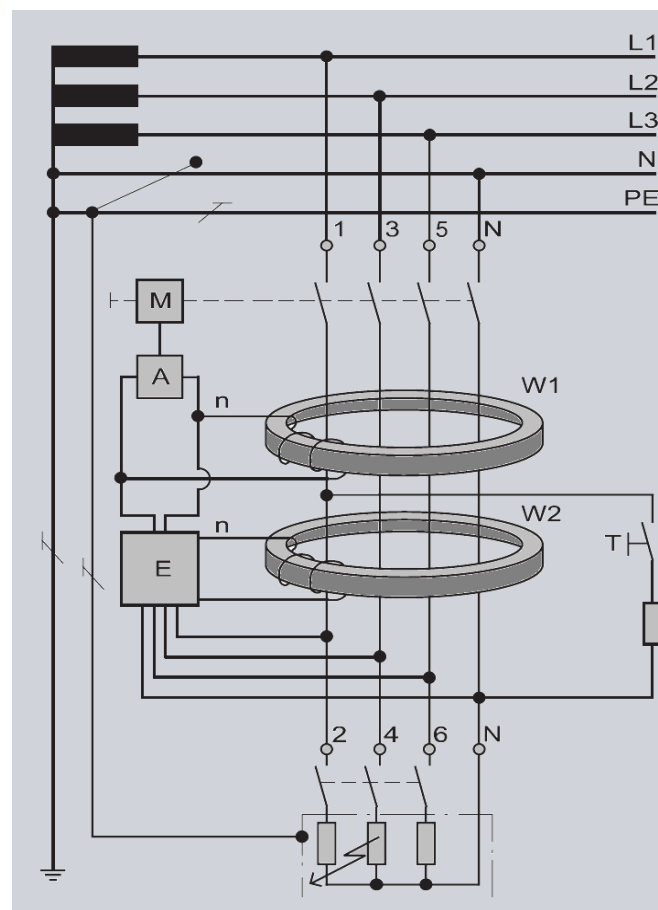
Macchina per lavorazione CNC

Officine meccaniche, saldatrici....

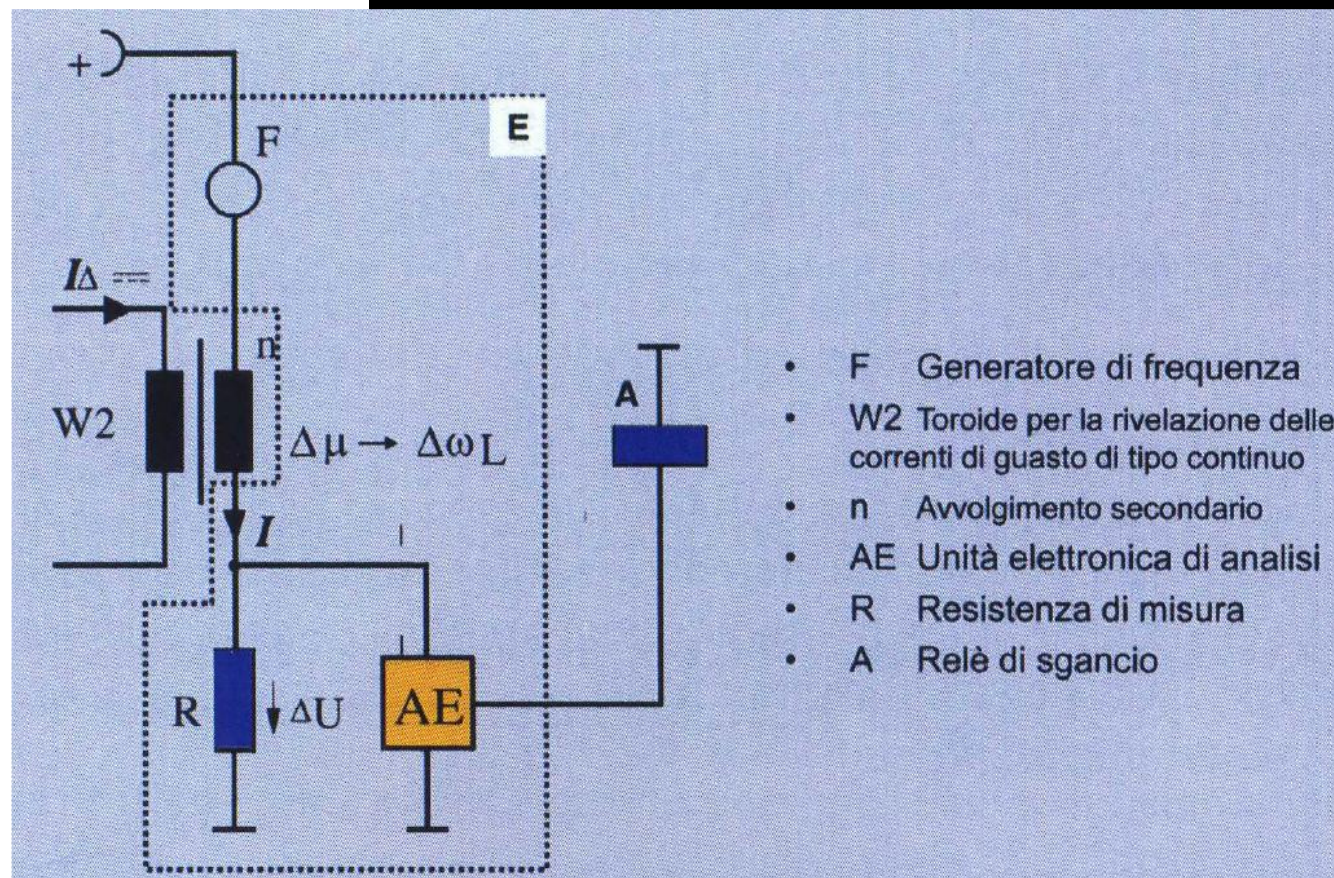
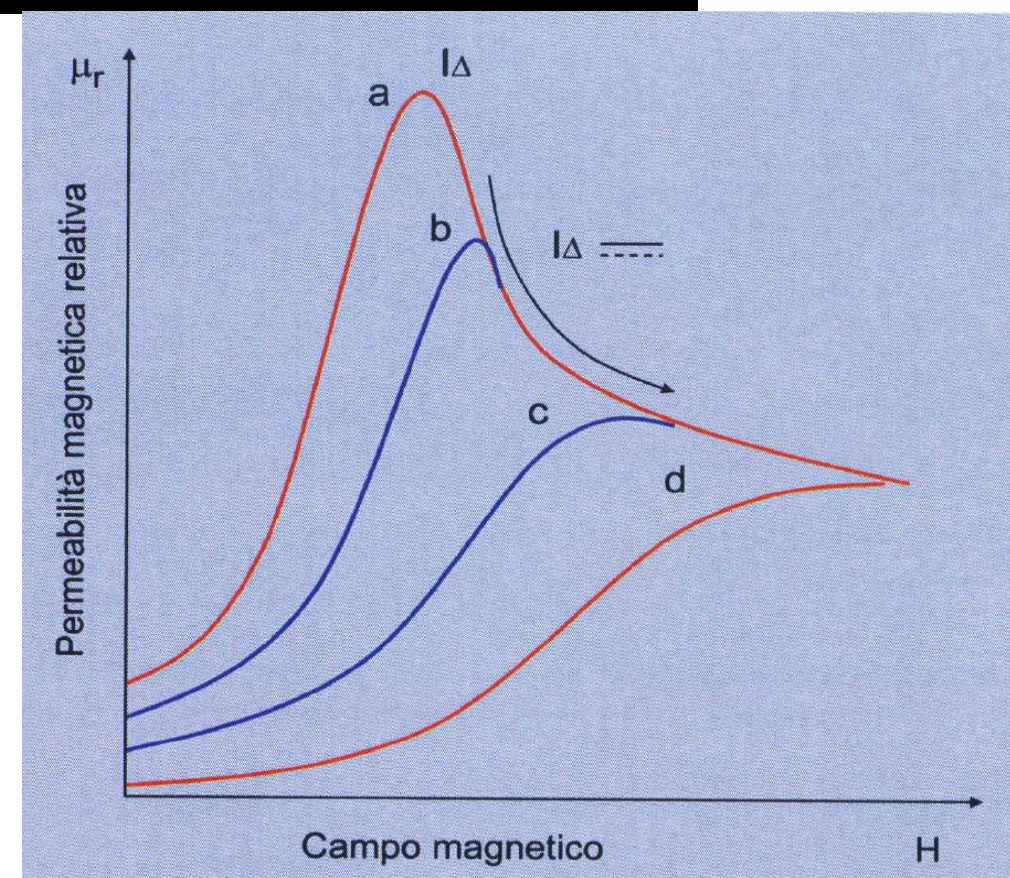
STAZIONI DI RICARICA EV



Principio di Funzionamento



Unità elettronica: il principio dell'induttanza controllata



PROTEZIONE DIFFERENZIALE

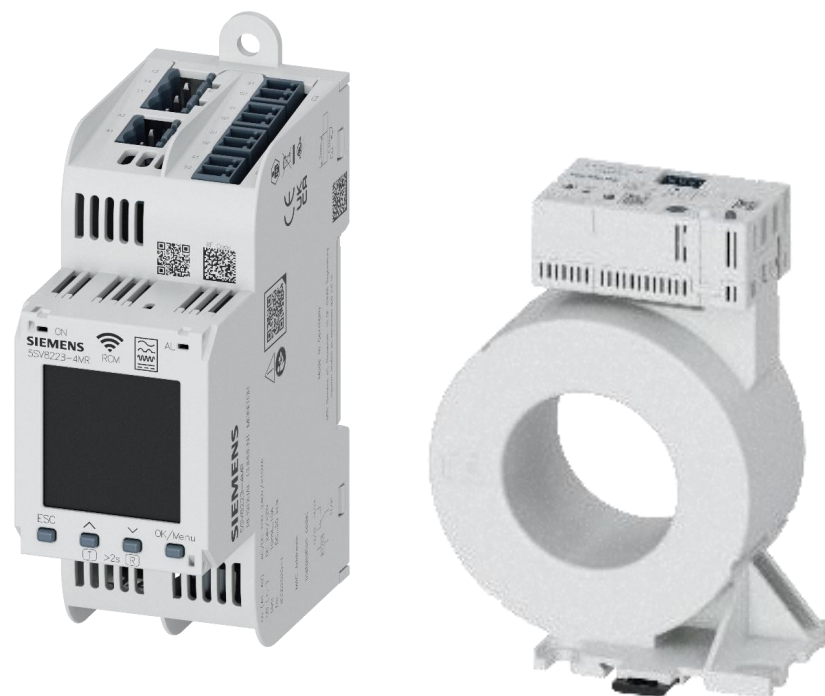
Portfolio Prodotti

SIEMENS

RCCB (fino a 80A)



MRCD (fino a 630A)



PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Portfolio Prodotti

SIEMENS

CBR (fino a 160A)



TIPO B+

SIEMENS

Differenziali tipo B+ sono stati sviluppati per garantire una miglior protezione antincendio. Intervento garantito in presenza di qualsiasi tipo di corrente di dispersione entro i 420mA fino a 20kHz.

Esecuzione immunizzata per evitare scatti intempestivi e sistema anticondensa integrato per l'impiego in ambienti aggressivi. Bassa manutenzione.



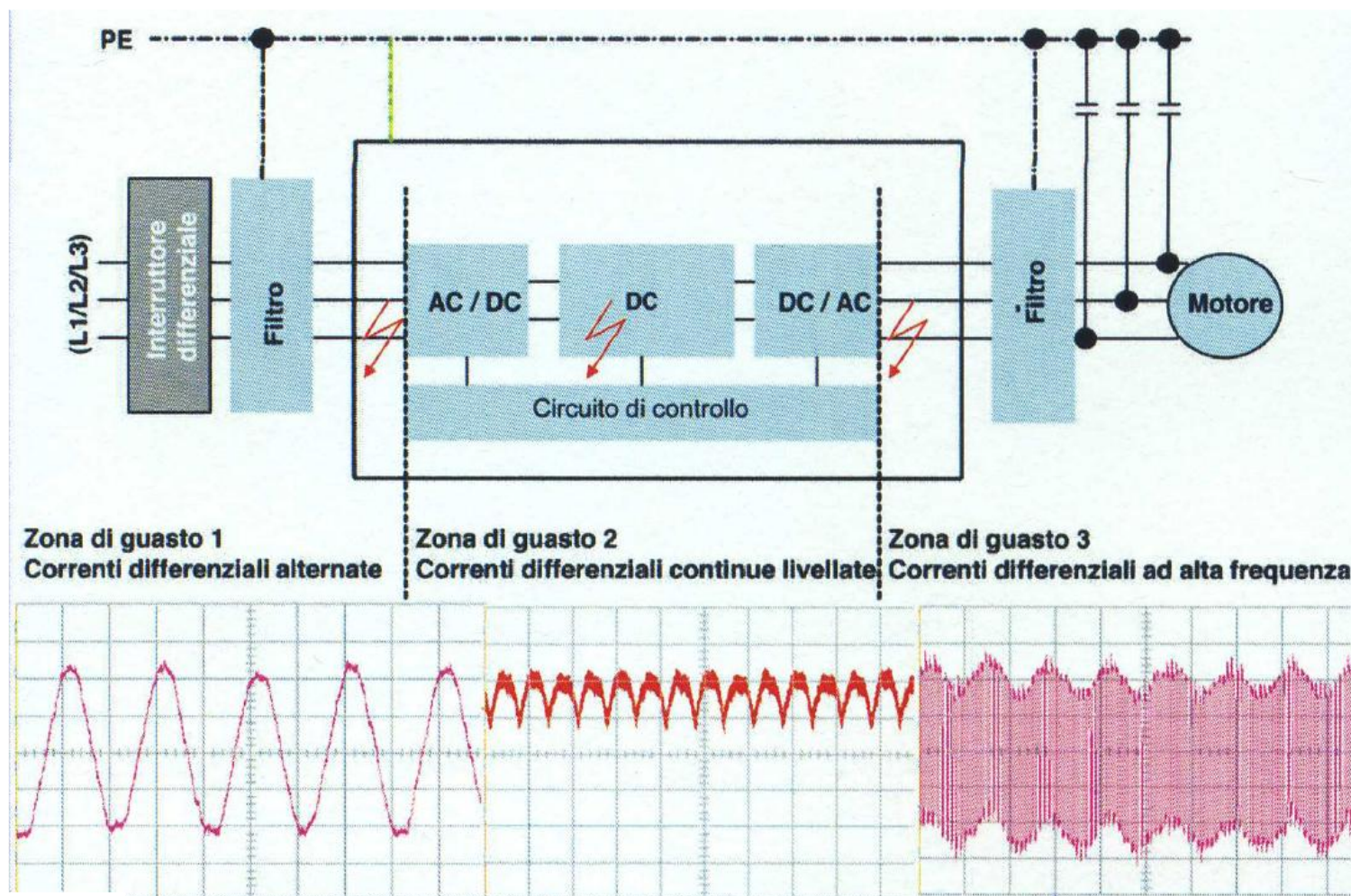
Una soluzione per tutti i tipi di corrente di dispersione -
Protezione consigliata in ambienti a maggior rischio in caso d'incendio



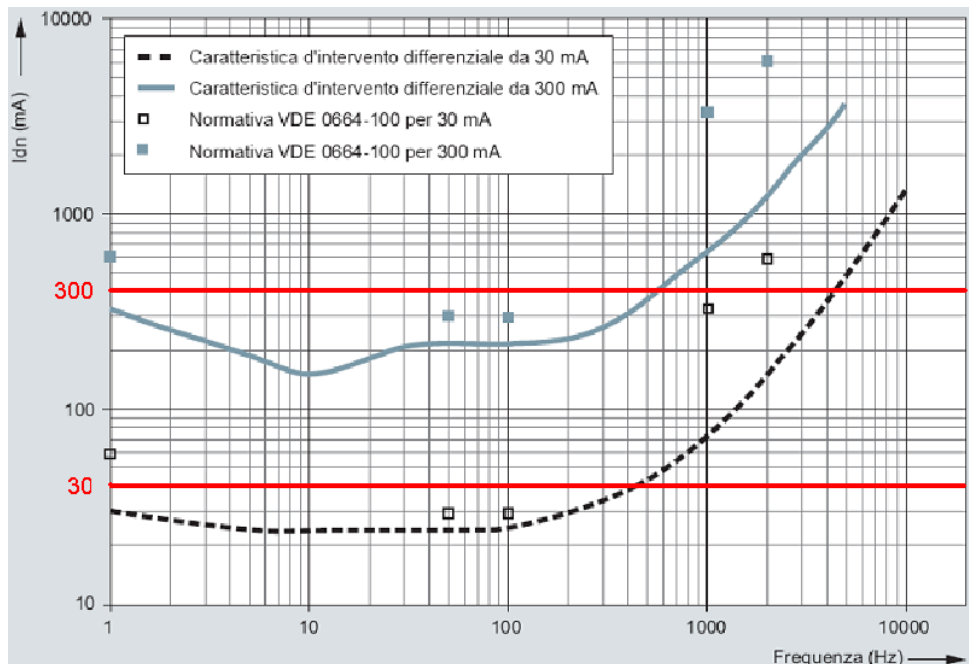
- Ideale per la protezione antincendio anche in presenza di forme d'onda fino a 20 kHz.
- Consigliato per un'efficace protezione dei convertitori di frequenza in luoghi a maggior rischio in caso d'incendio.

Protezione differenziale

SIEMENS



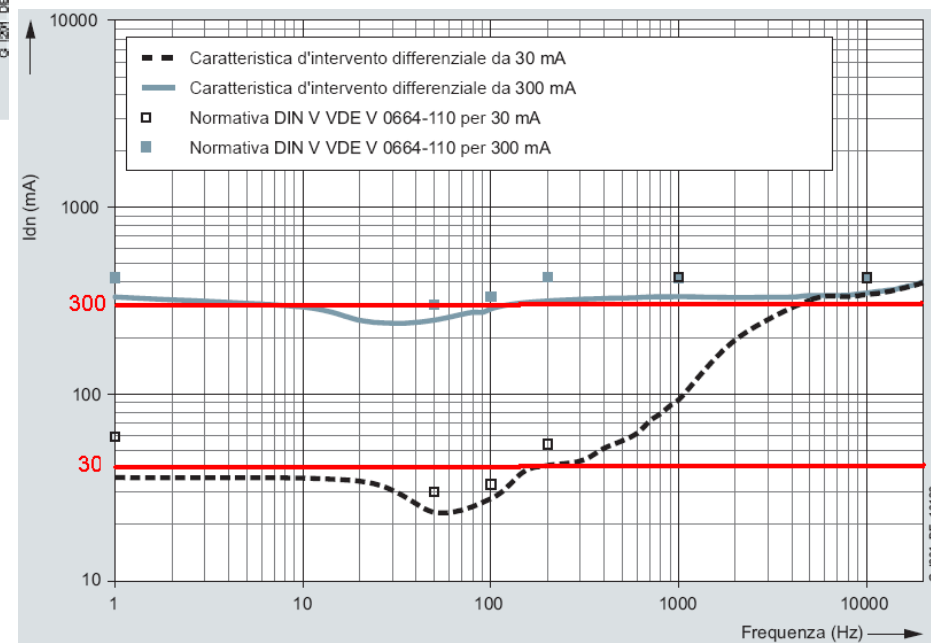
Protezione differenziale



I nuovi differenziali di tipo B+ sono invece studiati per garantire anche la prevenzione di eventuali incendi provocati da guasti elettrici

La caratteristica d'intervento è conforme alla VDE 0664-110, che impone l'intervento del dispositivo di protezione entro la soglia limite di 420mA per forme d'onda fino a 20kHz.

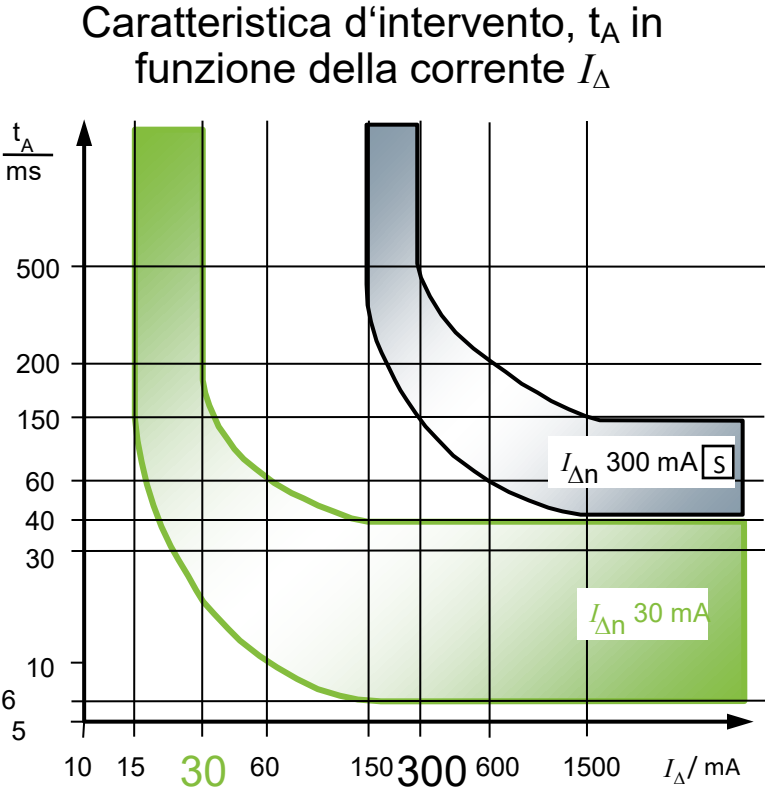
Gli interruttori di tipo B standard hanno una curva d'intervento $I_{\Delta n}/f$ realizzata al fine di garantire la protezione dai contatti indiretti secondo la VDE 0664-100, un dispositivo da 300mA interverrebbe a fronte di una corrente di dispersione di circa 3 A a 4kHz.



Protezione differenziale



Tipologia di Corrente	Tipo		AC 	A 	F  	B   	B+    kHz	Tipo
	Soglia intervento							
Alternata sinusoidale			☐	☐	☐	☐	☐	0.5 ... 1.0 $I_{\Delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale (semionde pos. o neg.)				☐	☐	☐	☐	0.35 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
Semionda parzializzata				☐	☐	☐	☐	Angolo di ritardo 90°: 0.25 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
				☐	☐	☐	☐	Angolo di ritardo 135°: 0.11 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale con componente continua				☐	☐	☐	☐	max. 1.4 $I_{\Delta n}$
				+ 6 mA	+ 10 mA	+ 0.4 mA	+ 0.4 $I_{\Delta n}$	+ DC
Corrente a frequenza variabile					☐	☐	☐	0.5 to 1.4 $I_{\Delta n}$
Corrente Continua						☐	☐	0.5 ... 2.0 $I_{\Delta n}$



Caratteristica d'intervento

Curva d'intervento RCD istantanei

Curva d'intervento RCD selettivi S

	min.	max.
$I_{\Delta n}$	$t_a \leq 300 \text{ ms}$	
	$130 \text{ ms} \leq t_a \leq 500 \text{ ms}$	
$2 \times I_{\Delta n}$	$t_a \leq 150 \text{ ms}$	
	$60 \text{ ms} \leq t_a \leq 200 \text{ ms}$	
$5 \times I_{\Delta n}$	$t_a \leq 40 \text{ ms}$	
	$50 \text{ ms} \leq t_a \leq 150 \text{ ms}$	

Interruttore differenziale tipo AC

Tabella 2 – Valori limite di durata d'interruzione e di non intervento per correnti differenziali alternate (valori efficaci) per interruttori differenziali di tipo AC e A

Valori limite di durata di interruzione e di non intervento (s) per interruttori differenziali di tipo AC e A in presenza 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 $0,25 A^a$	$5 A - 200 A,$ $500 A^b$	$I_{\Delta t}^c$	
Generale	Qualsiasi	<0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Durate massime d'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	

ATTENZIONE: questi tempi di intervento sono riferiti alle prove di laboratorio

Interruttore differenziale tipo A

Tabella 3 –Valori massimi di durata d'interruzione per correnti differenziali a semionda (valori efficaci) per interruttore differenziale di tipo A

			Valori massimi di durata di interruzione e di non intervento (s) per interruttori differenziali di tipo A in presenza di correnti differenziali a semionda pulsanti (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 ^a
Generale	Qualsiasi	<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

Interruttore differenziale tipo F

Tabella 3 – Valori delle componenti delle correnti di prova a frequenze diverse e valori di corrente iniziali (I_{Δ}) per verificare il funzionamento in caso di corrente differenziale costantemente crescente

Valori delle componenti delle correnti di prova a frequenze diverse per la calibrazione (valore efficace)			Valori della corrente composita iniziale (valore efficace)
I a frequenza nominale	I 1 kHz	I F motore (10 Hz)	I_{Δ}
0,138 $I_{\Delta n}$	0,138 $I_{\Delta n}$	0,035 $I_{\Delta n}$	0,2 $I_{\Delta n}$
NOTA 1 $I_{\Delta n}$ corrisponde alla corrente differenziale di funzionamento nominale dell'apparecchio alla frequenza nominale.			
NOTA 2 Ai fini delle prove, i valori di 10 Hz e 1 kHz sono stati usati rispettivamente per la frequenza di uscita e di clock che rappresentano la condizione più severa.			

Tabella 4 – Gamme di corrente di funzionamento per corrente differenziale composita

Corrente di funzionamento (valore efficace)	
Limite inferiore	Limite superiore
0,5 $I_{\Delta n}$	1,4 $I_{\Delta n}$

Interruttore differenziale tipo B

Tabella 1 – 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

Interruttore differenziale tipo B

Tabella 2 – 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	$I_{\Delta n}$	$14 I_{\Delta n}^{a b}$



- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- Tipologie
- **Criteri di scelta**
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni

Criteri di scelta

La scelta del tipo di differenziale va fatta in funzione della tipologia di apparecchiature da proteggere

1. prescrizioni normative:

Le norme, (anche la norma impianti CEI 64-8), consigliano ed in alcuni casi prescrivono interruttori differenziali specifici in alcune condizioni prestabilite

2. secondo la forma d'onda della corrente di guasto a terra generate dagli apparecchi utilizzatori:

CEI 64/8 (CAP 53 allegato A) le tipologie di differenziali da utilizzare a seconda di alcune correnti di guasto possibili per i circuiti contenenti semiconduttori

3. particolari prescrizioni dei costruttori di apparecchiature (indicazioni nel manuale d'uso)

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Prescrizioni normative

SIEMENS

- Per gli STS e gli UPS monofase, se è possibile una corrente di guasto verso terra con componenti in corrente continua, le loro istruzioni di installazione devono precisare che gli interruttori differenziale siano di tipo A - (CEI EN 62040-1, art. 4.7.12 e CEI EN 62310-1, art. 4.1.10).



Differenziale tipo A

- Sistemi di conversione elettronica di potenza e loro componenti -se non indicato diversamente nel manuale di istruzioni- (CEI EN 62477-1, art. 4.4.8)



Differenziale tipo A

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Prescrizioni normative

- per gli STS e gli UPS trifase, se è possibile una corrente di guasto verso terra con componenti in corrente continua, le loro istruzioni di installazione devono precisare che gli interruttori differenziale siano di tipo B (CEI EN 62040-1, art. 4.7.12 e CEI EN 62310-1, art. 4.1.10)
- Sistemi di conversione elettronica di potenza e loro componenti se indicato nel manuale di istruzioni (CEI EN 62477-1, art. 4.4.8)

SIEMENS



Differenziale tipo B



Differenziale tipo B

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Prescrizioni normative

SIEMENS

- Per gli impianti fotovoltaici, nel caso di impianti senza almeno una semplice separazione tra il lato in c.a. ed il lato c.c., qualora il convertitore non sia esente per costruzione dall'iniettare correnti continue di guasto a terra nell'impianto elettrico, occorre installare sul lato c.a. un interruttore differenziale di tipo B (CEI 64-8, art. 712.413.1.1.1.1)
- Per stazioni di ricarica dei veicoli elettrici, qualora non sia presente un dispositivo di rilevamento in grado di interrompere l'alimentazione in presenza di più di 6 mA in corrente continua (CEI 64-8, sez. 722)



Differenziale tipo B



Differenziale tipo B

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

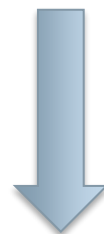
Prescrizioni normative

SIEMENS

➤ RESIDENZIALE

NUOVO CAPITOLO 37 --- Articolo 37.4.1

Si raccomanda l'impiego di interruttori differenziali di tipo F, per la protezione dei circuiti che alimentano lavatrici e/o condizionatori fissi.



Differenziale Tipo F

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

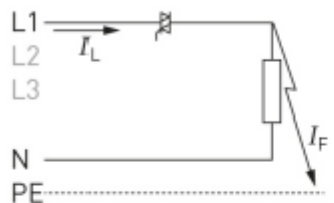
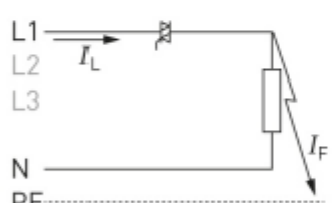
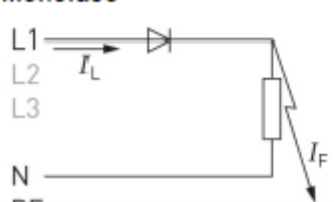
In funzione delle correnti di guasto

La CEI 64-8 nel capitolo 53 allegato A presenta la seguente tabella in cui sono illustrate le possibili correnti di guasto nei circuiti comprendenti semiconduttori e le caratteristiche di intervento del differenziale da utilizzare.

a solo scopo esemplificativo, sono riportate per le varie tipologie di correnti di guasto degli esempi di apparecchiature/circuiti

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

In funzione delle correnti di guasto

	Schema di circuito con posizione del guasto	Forma della corrente di carico I_L	Forma della corrente di guasto a terra I_F	Protezione fornita dagli RCD di tipo
1	Controllo di fase 			AC, A, F, B
2	Controllo a treno di impulsi 			AC, A, F, B
3	Monofase 			A, F, B

Apparecchiature/tipologia di impianti

➡ Dimmer

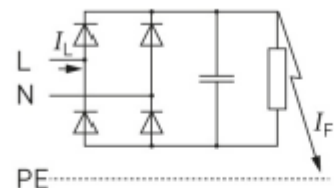
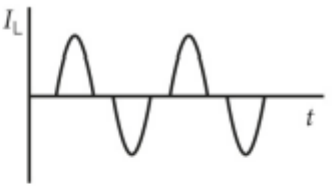
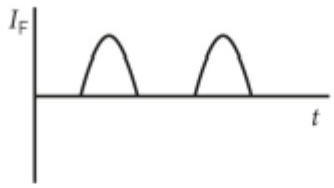
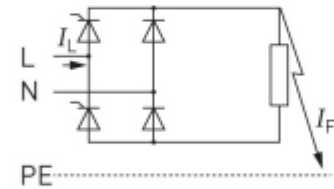
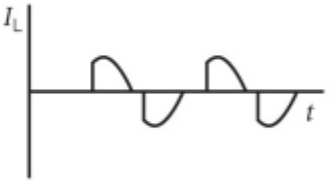
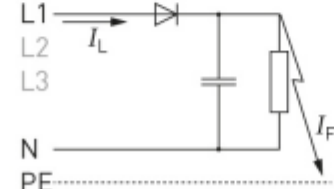
➡ Forni, cavi scaldanti , industria chimica

➡ impianti per regolazione mezza potenza

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

In funzione delle correnti di guasto

Apparecchiature/tipologia di impianti

4	Ponte a due impulsi 			A, F, B
5	Ponte a due impulsi, semi comandato 			A, F, B
6	Monofase con livellamento 			B



Alimentatori switching monofase in genere, azionamenti monofase in genere (pc, elettrodomestici in genere, ecc)



Applicazioni industriali

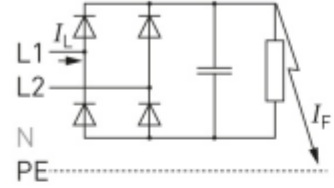
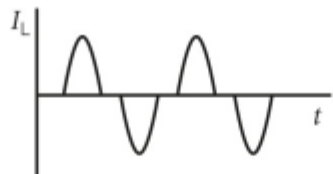
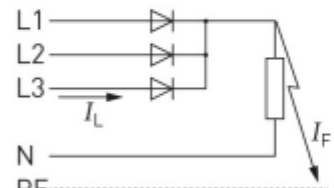
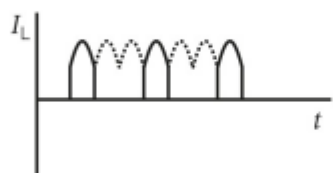
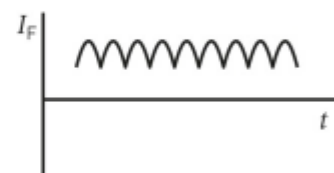
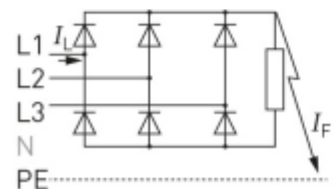
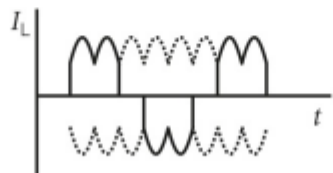
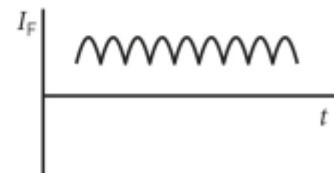


Convertitori ac/dc, azionamenti dc, industria chimica....

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

In funzione delle correnti di guasto

Apparecchiature/tipologia di impianti

7	Ponte a due impulsi tra fasi 			B
8	Stella trifase 			B
9	Ponte a sei impulsi 			B



Alimentatori switching monofase in genere, azionamenti monofase in genere alimentati tra 2 fasi



Raddrizzatori trifase in genere, azionamenti motori trifase

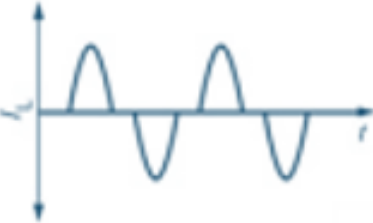
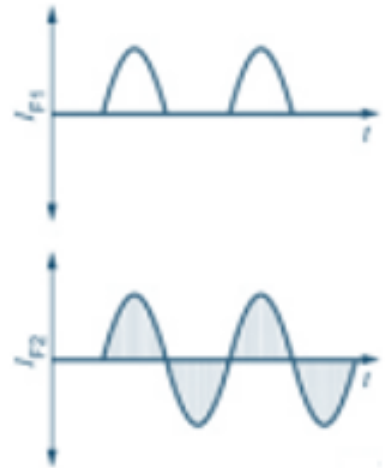


Raddrizzatori trifase in genere, azionamenti motori trifase

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

In funzione delle correnti di guasto

Apparecchiature/tipologia di impianti

Schema di circuito con posizione del guasto	Forma della corrente di carico I_L	Forma della corrente di guasto a terra I_f	Protezione fornita dagli RCD di tipo
<p>Inverter con ponte a due impulsi</p> 			F,B



Convertitori monofase

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Manuale d'uso del carico

Nel manuale d'uso delle apparecchiature usualmente vengono fornite le indicazioni circa la tipologia di interruttore differenziale da installare a protezione della linea.

E' essenziale che queste indicazioni vengano seguite, in particolar modo nel caso risultassero più restrittive rispetto a quanto indicato negli standard tecnici d'impianto.

Installare dispositivi diversi rispetto a quanto indicato nel manuale d'uso, di fatto rende l'impianto non realizzato a regola d'arte.



- Normative di prodotto
- Le funzioni che il differenziale può ricoprire nell'impianto
- Tipologie
- Criteri di scelta
- Protezione dei convertitori di frequenza e novità CEI EN 60204-1
- Scatti indesiderati e possibili soluzioni

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”

SIEMENS

N O R M A I T A L I A N A C E I

Norma Italiana

CEI EN 60204-1

La seguente Norma è identica a: EN 60204-1:2018-09.

Data Pubblicazione

2018-12

Titolo

Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine Parte 1: Regole generali



L'art. 6 "*Protezione contro la scossa elettrica*" ed in particolare l'art. 6.1 "*Generalità*" della Norma EN 60204-1 cita testualmente

"L'equipaggiamento elettrico deve assicurare la protezione delle persone contro la scossa elettrica derivante da:

- ☐ protezione principale (vedere 6.2 e 6.4) e;
 - Protezione contatti DIRETTI-
- ☐ in caso di guasto (vedere 6.3 e 6.4)."
 - Protezione contatti INDIRETTI-

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”



6.3 Protezione in caso di guasto

6.3.1 Generalità

La protezione in caso di guasto (3.31) è destinata a impedire condizioni pericolose in caso di guasto dell'isolamento tra le parti attive e le masse.

Per ogni circuito o parte dell'equipaggiamento elettrico, deve essere applicata almeno una delle misure in conformità a quanto indicato da 6.3.2 a 6.3.3:

- ☐ misure per impedire la comparsa di una tensione di contatto (6.3.2); oppure
- ☐ interruzione automatica dell'alimentazione prima che la durata del contatto con una parte in tensione diventi una condizione pericolosa (6.3.3).

6.3.2 Misure per impedire la comparsa di una tensione di contatto

6.3.2.1 Generalità

Le misure per impedire la comparsa di una tensione di contatto comprendono:

- ☐ uso di equipaggiamenti di Classe II o isolamento equivalente;
- ☐ separazione elettrica.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”



Quando applicato il metodo d'interruzione automatica dell'alimentazione occorre, dunque, applicare l'art. 6.3.3 il quale prescrive che:

"Tale misura consiste nell'interruzione di uno o più conduttori di linea mediante l'intervento automatico di un dispositivo di protezione in caso di guasto. Tale interruzione deve intervenire in un tempo sufficientemente breve da limitare la durata della tensione di contatto a un periodo entro il quale la stessa non è pericolosa. I tempi d'interruzione sono indicati nell'Allegato A.

Questa misura necessita di un coordinamento tra:

- il tipo di alimentazione e il sistema di messa a terra;*
- i valori d'impedenza dei vari elementi del sistema di protezione equipotenziale;*
- le caratteristiche dei dispositivi di protezione che rivelano guasti all'isolamento.*

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”



L'interruzione automatica dell'alimentazione di un qualsiasi circuito colpito da un guasto all'isolamento e destinato a evitare una situazione pericolosa derivante da una tensione di contatto.

Tale misura di protezione comprende:

- *sia il collegamento equipotenziale di protezione delle masse (vedere 8.2.3);*
- *sia:*

Dispositivi di protezione (da sovracorrenti, differenziali, e controllori dell'isolamento) in funzione del sistema di distribuzione del neutro dell'impianto in cui andremo ad installare la macchina:

- Sistema TN
- Sistema TT
- Sistema IT

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”



Tale misura di protezione comprende:

- il collegamento equipotenziale di protezione delle masse (vedere 8.2.3),
- e una delle seguenti misure:
 - a) Nei sistemi TN possono essere utilizzati i seguenti dispositivi di protezione:
 - dispositivi di protezione contro le sovracorrenti;
 - interruttori differenziali (RCD) e dispositivi di protezione contro le sovracorrenti associati.

NOTA La manutenzione preventiva può essere migliorata utilizzando un dispositivo di monitoraggio della corrente differenziale, RCM, in conformità a IEC 62020.

b) nei sistemi TT, o:

- interruttori differenziali (RCD) e dispositivi di protezione contro le sovracorrenti associati per avviare l'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di un guasto d'isolamento di una parte attiva verso le masse (parte conduttrice accessibile) o verso terra; oppure
- dispositivi di protezione contro le sovracorrenti possono essere usati per la protezione in caso di guasto a condizione che un valore adeguatamente basso dell'impedenza dell'anello di guasto Z_s (vedere A.2.2.3) sia garantito in modo permanente ed affidabile;

NOTA 3 La manutenzione preventiva può essere migliorata utilizzando un dispositivo di monitoraggio della corrente differenziale, RCM, in conformità a IEC 62020.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Come si realizza un protezione “a norma”

SIEMENS

- c) Nei sistemi IT devono essere soddisfatte le relative prescrizioni di IEC 60364-4-41. Durante un guasto all'isolamento, deve essere mantenuto un segnale acustico e visivo. Dopo l'annuncio, il segnale acustico può essere silenziato manualmente. Questo può richiedere un accordo tra il fornitore e l'utilizzatore in merito alla presenza di dispositivi di monitoraggio dell'isolamento e/o sistemi di localizzazione dei guasti d'isolamento.

NOTA 4 Nelle macchine di grandi dimensioni, la presenza di un sistema di localizzazione dei guasti d'isolamento (IFLS) ai sensi di IEC 61557-9 può facilitarne la manutenzione.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Il grosso problema...

SIEMENS

Problema:

Non è possibile modellizzare l'impedenza degli inverter - Impossibile calcolare Z_s !!

CHE SI FA??



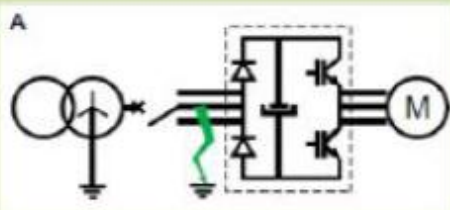
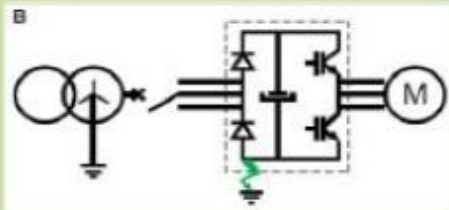
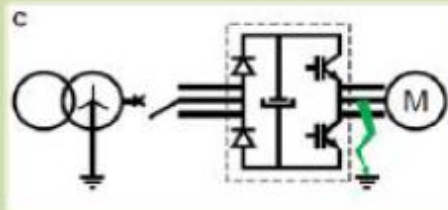
PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Novità introdotte dalla EN 60204-1:2018

SIEMENS

Per guasti all'interno o a valle del convertitore, i comitati di prodotto hanno confermato l'impossibilità di definire e misurare l'impedenza dell'anello di guasto perché i circuiti elettronici di potenza sono costituiti da dispositivi a semiconduttore per loro natura non lineari che cambiano in continuazione il loro stato di conduzione e di interdizione.

Per queste ed altre ragioni, verrebbero a cadere le ipotesi sull' impedenza dell'anello di guasto in presenza di convertitori di potenza e, analogamente, l'inapplicabilità della condizione $Z_s \times I_s \leq U_0$ per i sistemi TN.

Guasto a monte del convertitore di frequenza	Guasto interno al convertitore di frequenza (sul bus DC)	Guasto a valle del convertitore di frequenza
		
Interruttore automatico (verifica intervento tramite Z_s)	Z_s non definibile.	

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Anello di guasto senza convertitori di frequenza

SIEMENS

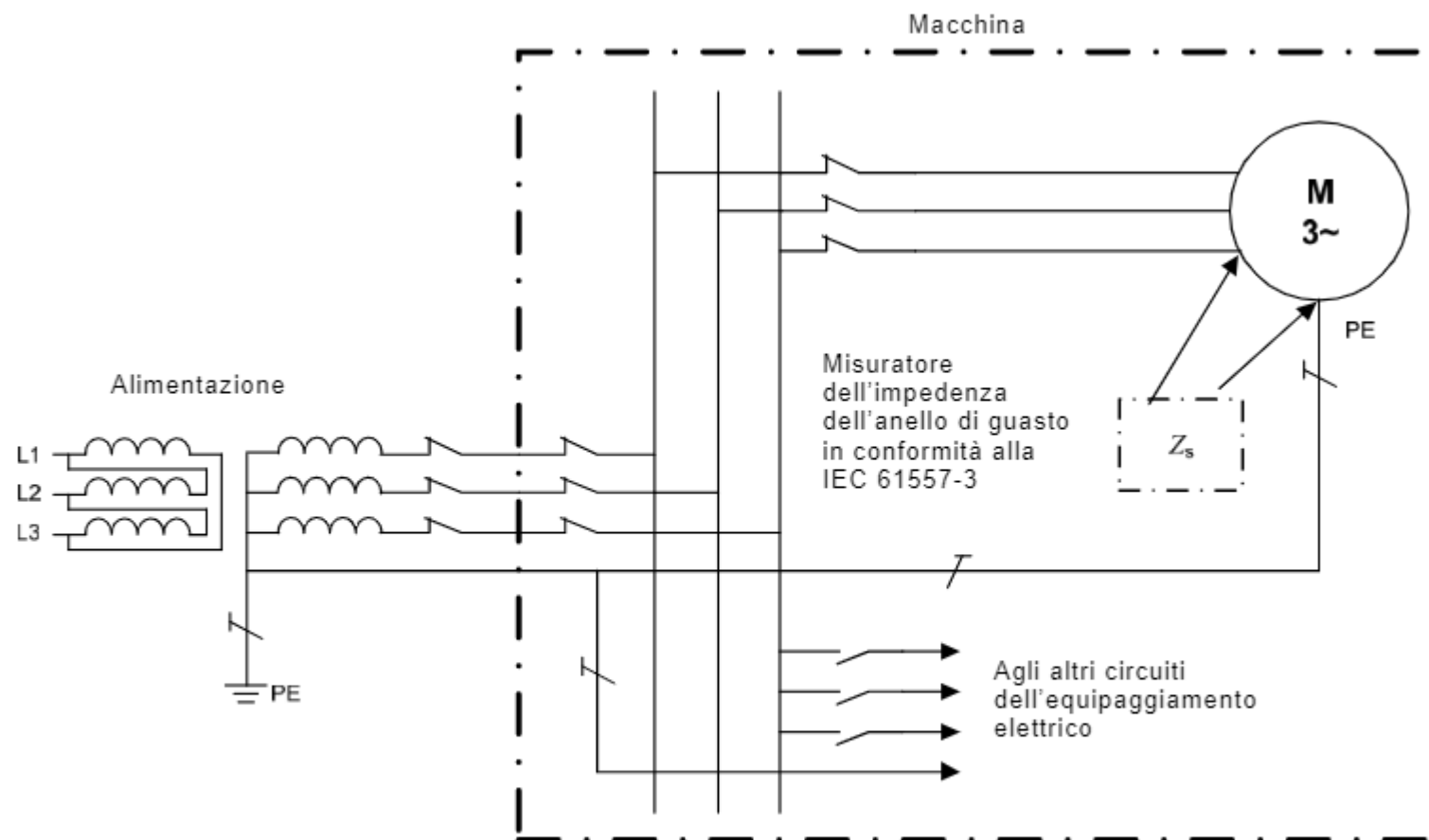


Figura A.1 – Configurazione tipica per la misura dell'impedenza dell'anello di guasto (Z_s) nei sistemi TN

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Anello di guasto con convertitori di frequenza

SIEMENS

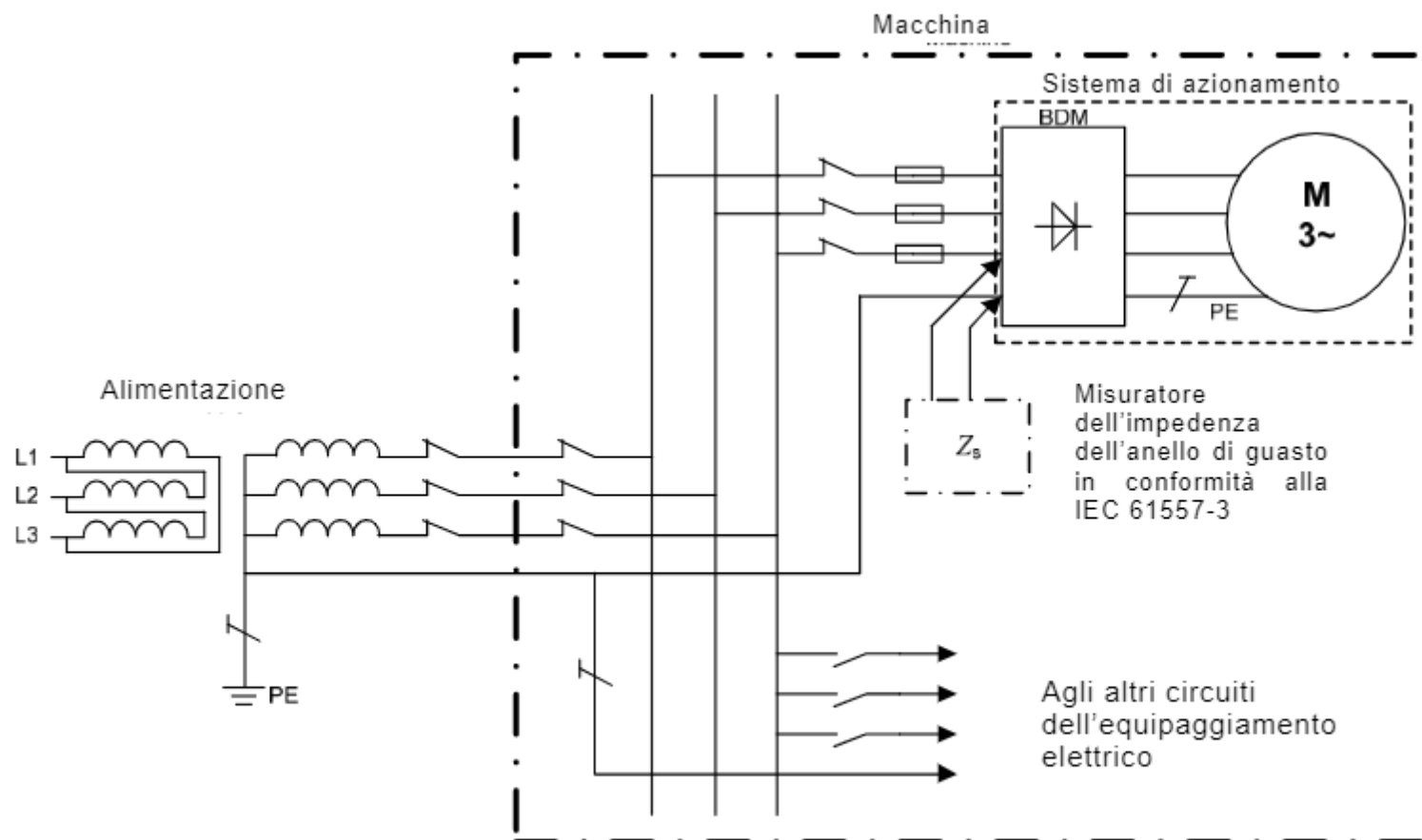


Figura A.2 – Configurazione tipica per la misura dell'impedenza dell'anello di guasto (Z_s) per i circuiti con sistema di azionamento elettrico nei sistemi TN

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Novità

SIEMENS

In sintesi:

La nuova CEI EN 60204-1 richiede il calcolo dell'impedenza equivalente dell'anello di guasto solo a monte del convertitore di frequenza. Rendendo di fatto possibile utilizzare questo metodo per realizzare la protezione in caso di guasto.

A valle del convertitore il progettista dell'equipaggiamento elettrico della macchina è tenuto ad acquisire, valutare e applicare le informazioni del costruttore del convertitore di frequenza al fine di realizzare la protezione nel restante tratto fino al motore.

Il costruttore del convertitore dovrà fornire le informazioni utili a realizzare un'installazione a regola d'arte.
(indicazioni circa il dispositivo di protezione da impiegare, la tipologia/lunghezza/sezione dei cavi etc...)

Nuova IEC 61800-5-2:2007 + AMD1:2016

Secondo la variante, il convertitore di potenza dovrà essere in grado di ridurre la tensione di uscita in caso di guasto al di sotto di 50Vca (o 120Vcc) entro 40ms. – SIA PER GUASTI INTERNI CHE PER GUASTI LATO MOTORE - Nel caso in cui ciò non fosse possibile il costruttore deve indicare il dispositivo in grado di riuscire a realizzare l'apertura in modi e tempi corretti.

Questa variante stabilisce di fatto un cambio di approccio sostanziale rispetto alla precedente versione della normativa → oggi il convertitore può essere impiegato per realizzare la protezione contro i contatti indiretti.

Observe the following product note about protection against indirect contact:

To protect against indirectly touching part of the motor circuit of an inverter and to automatically shut down in the case of a fault according to DIN EN 60364-4-41 (VDE 0100-410). (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/103474630>)

Power Module PM240-2

Hardware Installation Manual, 01/2018, A5E33294624B AG

47

Esempio di certificazione disponibile nel Support per i drive SINAMICS

Norma CEI 64-8

PARTE 5 – SCELTA ED INSTALLAZIONE DEI COMPONENTI ELETTRICI (a partire dalla edizione VIII)

532 Dispositivi per la protezione contro il rischio di incendio

532.1 Generalità

Nei luoghi in cui, secondo la Norma CEI 64-8, Sezione 751, esiste un rischio particolare di incendio, sono richieste misure di protezione preventive contro il rischio di incendio. Ciò si può applicare anche ad altri luoghi dell'impianto elettrico, a seconda dell'analisi del rischio.

Per la scelta dei dispositivi di protezione e di comando, si deve tener conto del possibile impatto sulla funzione prevista, per es. correnti di guasto di frequenze più elevate, correnti continue di guasto o aumento delle correnti di dispersione.

NOTA In caso di impedimenti tecnici, in alternativa alle misure riportate da 532.2 a 532.6, si possono usare i seguenti sistemi:

- *dispositivi destinati a fornire una protezione automatica*
- *dispositivi destinati a fornire una segnalazione di allarme.*

I dispositivi conformi alla Norma CEI EN 60947-2 marcati con il valore di tensione seguito dal simbolo  non devono essere usati nei sistemi IT per tale tensione.

Nella V3 (della VII edizione) c'era un nota simile, la nuova identifica lo scopo e non la tipologia dell'alternativa impiegabile.

NOTA Oltre alle misure riportate da 532.2 a 532.6, si possono usare altri metodi:

- *dispositivi destinati a fornire protezione in caso di surriscaldamento;*
- *dispositivi azionati otticamente che forniscono una segnalazione ad un altro; destinato ad interrompere il circuito;*
- *dispositivi di rilevamento fumo che forniscano una segnalazione ad un altro dispositivo destinato ad interrompere il circuito.*

Si parla di sostituire eventualmente differenziali da 300mA / AFDD con sistemi ad esempio di rivelazione incendio.

Si passa da "oltre alle..." a "in alternativa alle..."

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

SIEMENS



SCATTI INTENPESTIVI

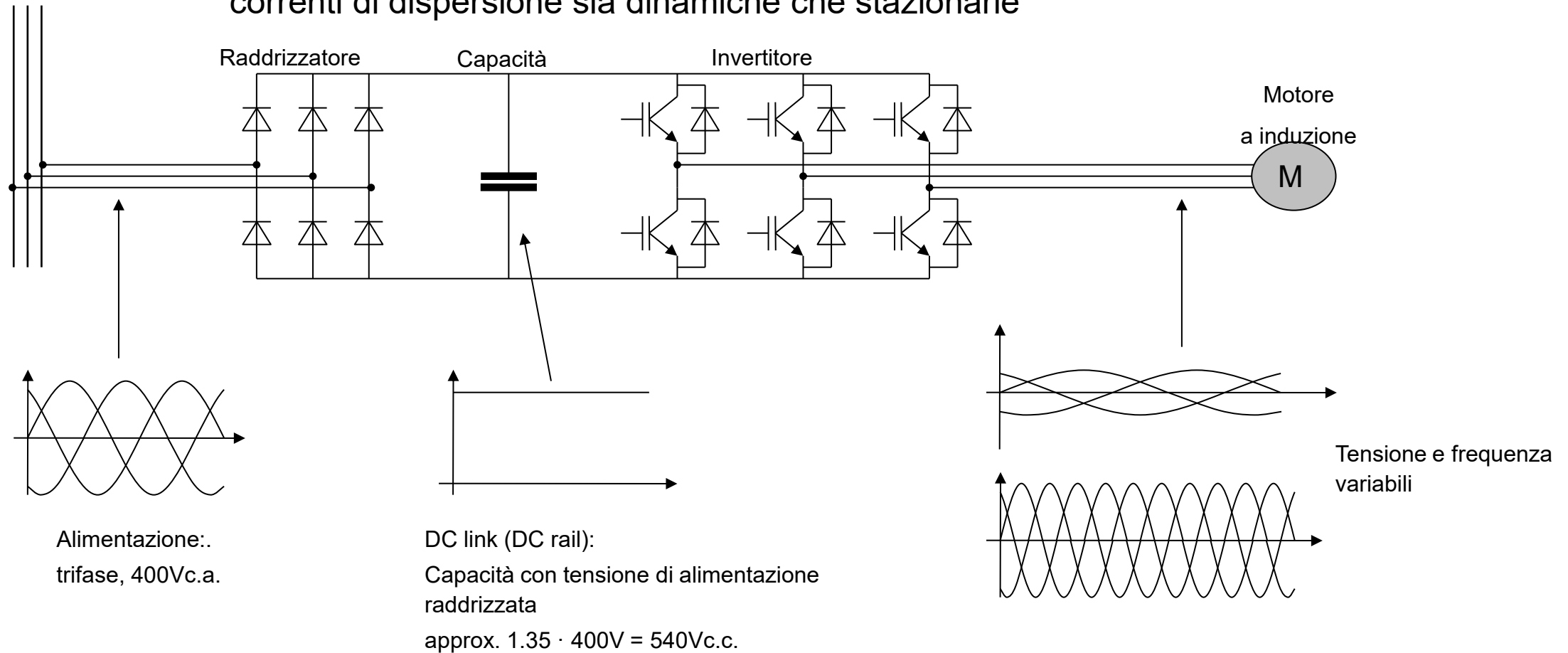
PERCHE'???

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Correnti verso terra generate dal Convertitore

SIEMENS

I **CONVERTITORI DI FREQUENZA** sono un esempio di dispositivo che genera correnti di dispersione sia dinamiche che stazionarie



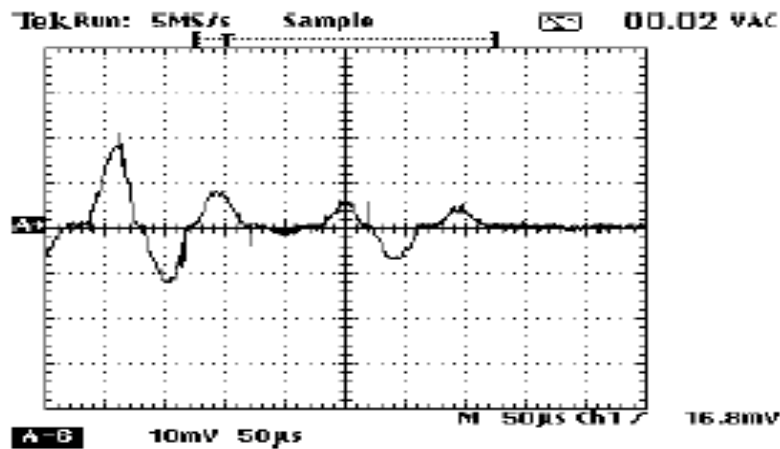
PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Correnti verso terra generate dal Convertitore

SIEMENS

Correnti Stazionarie:

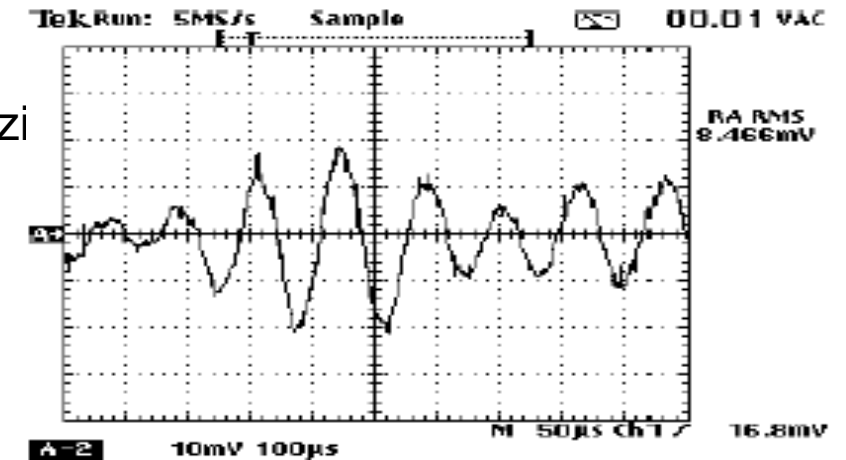
Sono tutte quelle correnti che fluiscono verso terra in condizione di esercizi normale in assenza di un guasto verso Massa (capacitive cavi lunghi..)



Correnti Dinamiche:

Sono tutte quelle correnti di breve durata transitorie verso terra che si chiudono attraverso il conduttore di protezione PE

(manovra, comando con filtri capacitivi, sovratensioni atmosferiche..)



Quando si dimensiona un interruttore differenziale è necessario sapere quali sono le grandezze caratteristiche che interessano l'impianto e i componenti che costituiscono l'intero sistema.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

ESEMPIO: Indicazioni del manuale SINAMICS G120C



Informazioni generali tendenzialmente comuni per tutta la gamma dei drive

Per evitare che un dispositivo di protezione a corrente residua scatti inutilmente (disinserzione non voluta) per effetto di correnti di dispersione d'esercizio, devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

- Alimentazione di rete con centro stella messo a terra.
- Esattamente un dispositivo di protezione a corrente residua per ciascun convertitore.
- Dispositivo di protezione a corrente residua universale (RCD, RCM, ELCB o RCCB) tipo B - ad es. dispositivo di protezione a corrente residua SIQUENCE di Siemens.
- Corrente di sgancio per dispositivi filtrati = 300 mA
- Corrente di sgancio per dispositivi non filtrati = 30 mA

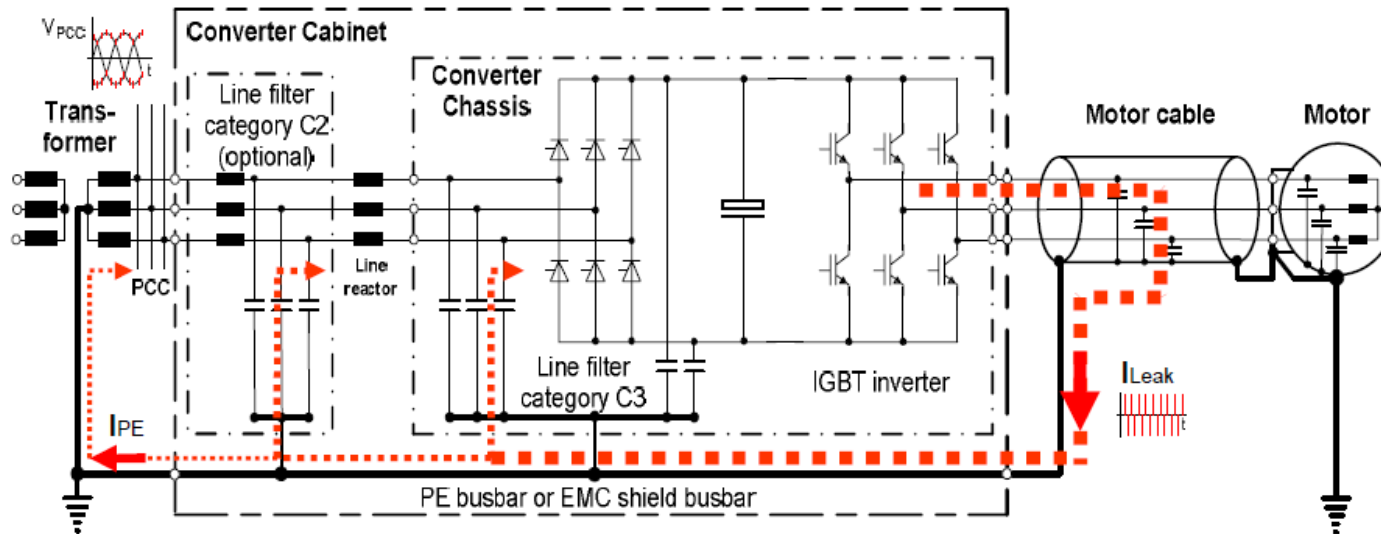
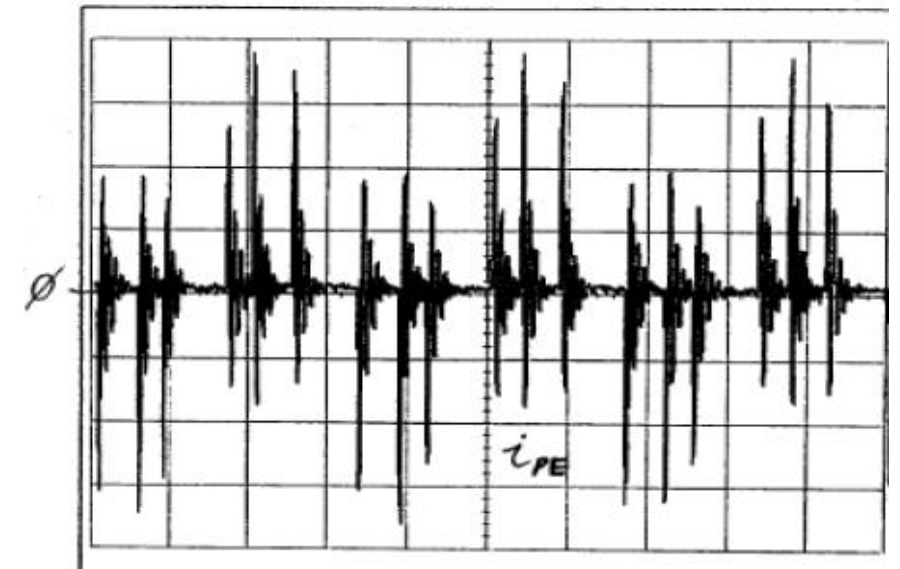
PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Perché è molto difficile fornire dei coordinamenti generali

SIEMENS

Durante il normale funzionamento si verificano correnti di dispersione

- Causate dalla capacità dei cavi motore verso terra
- Causate dall'avvolgimento del motore verso terra
- Capacità del drive



PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Perché è molto difficile fornire dei coordinamenti generali

SIEMENS

- Potenza nominale dell' inverter
- Tensione di linea e di conseguenza del DC link
- Frequenza impulsi del drive PWM
- Inverter con opzioni a valle come bobine o filtri
- Lunghezza cavi, sezione, impedenza e capacità del cavo
- Induttanza del sistema di terra e tutte le connessioni di terra e schermi, condizione della terra
- Tipo e taglia del motore
- Sovraccarico

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Perché è molto difficile fornire dei coordinamenti generali

SIEMENS

Dipendendo da molteplici fattori è difficile avere un dato delle correnti di dispersione....

In accordo con il manuale per drive **senza filtro** la dispersione è **inferiore a 30mA**. Ad esperienza per drive fino a 15/18,5kW la corrente di dispersione può essere anche inferiore ai 10mA. Quindi si possono considerare questi valore per avere una idea*.

In accordo con il manuale per drive **con filtro** la dispersione è **inferiore ai 300mA**. Ad esperienza per drive fino a 15/18,5kW la corrente di dispersione può essere anche attorno ai 40mA*.

Ci si può fare una idea delle dispersioni in base all'esperienza a seconda della tipologia di macchina

Si può usare anche un differenziale per più di un drive

*La lunghezza cavi, come altri fattori hanno una valenza nella **corrente di dispersione**, in generale si può considerare un **1% della corrente nominale**.

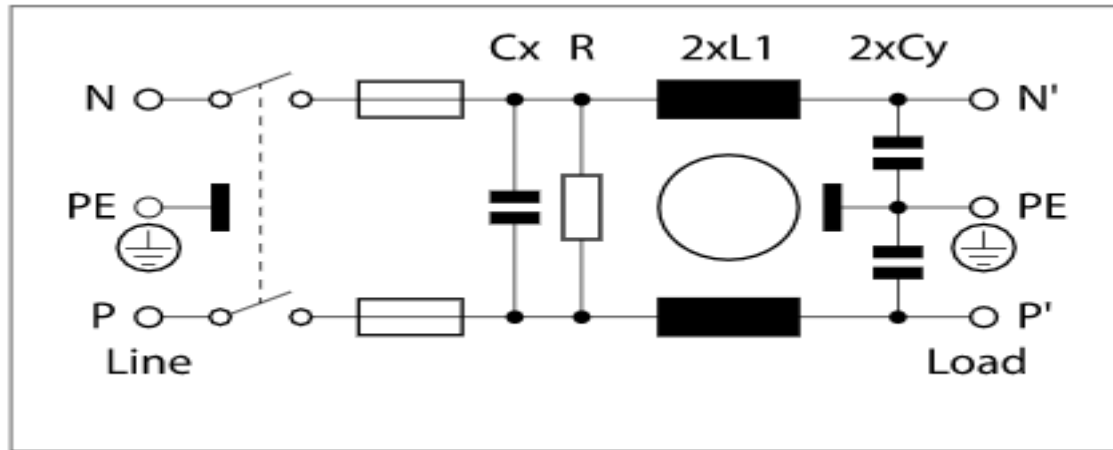
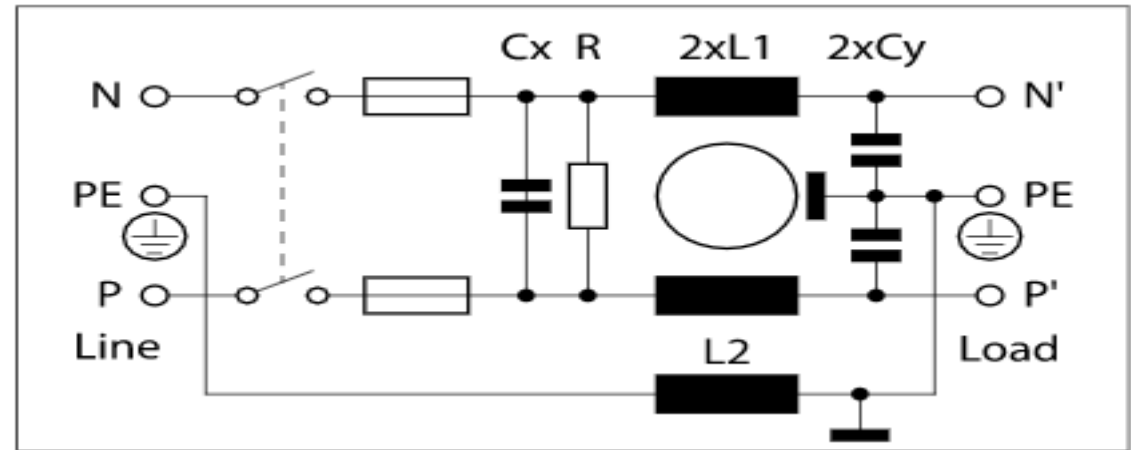
PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo allo start della macchina

SIEMENS

Uno dei problemi principali è rappresentato dai **sistemi di filtraggio per EMC** questo comporta correnti di dispersione funzionali verso terra...

I condensatori C_y portano correnti verso terra... per cui.. Il differenziale interviene.. È il suo lavoro.....



COME OVVIARE A QUESTO PROBLEMA????

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo allo start della macchina

SIEMENS

Possibili soluzioni:

- verificare la taratura del dispositivo e che la tipologia sia corretta (i tipo F e B istantanei hanno un sistema di ritardo intenzionale realizzato per ovviare a questo problema, oppure consigliare soluzioni con differenziali SELETTIVI o REGOLABILI)
- se possibile non far partire tutti i convertitori simultaneamente o evitare di accorpare troppi convertitori con filtro integrato a valle di un unico differenziale.
- ritardare il differenziale in tempo in modo tale da evitare sganci intempestivi per correnti verso terra transitorie.
- Sostituire il filtro con uno a basse emissioni.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo allo spegimento della macchina

SIEMENS

Qui raramente è colpa dell'inverter.....

VERIFICARE IL DISPOSITIVO DI SEZIONAMENTO

Alcuni sezionatori possono aprire i poli di potenza in modo non perfettamente sincrono o aprirsi con velocità legata a quella dell'operatore



COME OVVIARE A QUESTO PROBLEMA????

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo allo spegimento della macchina

SIEMENS

Possibili soluzioni:

- impiegare interruttori automatici con meccanismo a scatto libero (es magnetotermici)..
- provare a spegnere l'elettronica prima di effettuare il sezionamento.

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo aleatorio

SIEMENS

Qui il problema potrebbero essere le correnti stazionarie...

VERIFICARE LA TARATURA DEL DISPOSITIVO!!!!

Se il sistema butta a terra un determinata corrente di dispersione, necessaria al suo funzionamento che è maggiore di $\frac{1}{2} I_{dn}$ il differenziale è autorizzato ad intervenire.... Attenzione al dimensionamento!!!



COME OVVIARE A QUESTO PROBLEMA????

PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Intervento intempestivo aleatorio

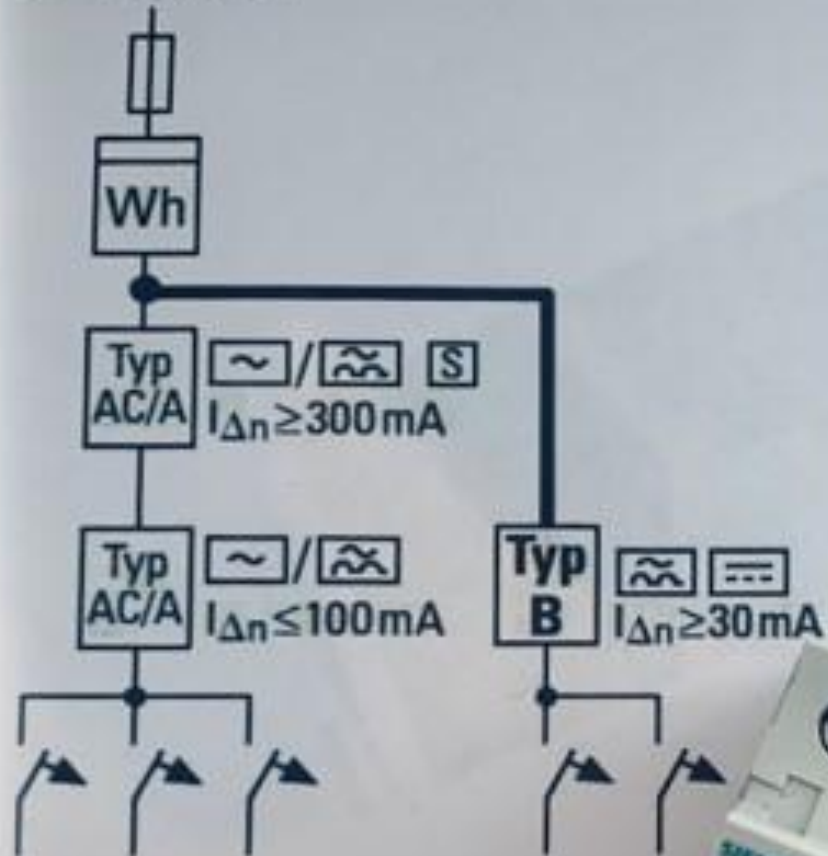


Possibili soluzioni:

- prima di tutto potrebbe essere molto utile misurare l'entità della corrente verso terra
- verificare la taratura del differenziale e alzarla il più possibile, compatibilmente con eventuali richieste particolari legate alla natura dell'applicazione.
- valutare l'impiego di filtri armonici addizionali (sia a monte che a valle)
- impiegare cavi lato motore dedicati
- valutare il cambio dei filtri EMC con versioni a basse emissioni
- dividere la protezione differenziale su più circuiti

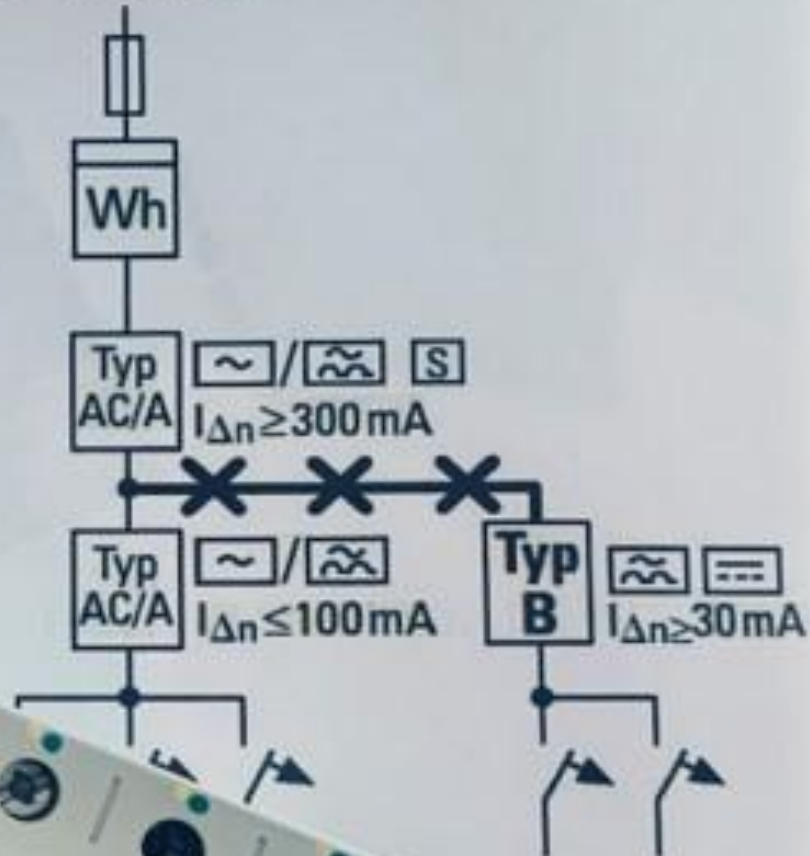
5

3 ~ 230/400V



5a

3 ~ 230/400V



SIEMENS

Coordinamento
Differenziali Tipo B



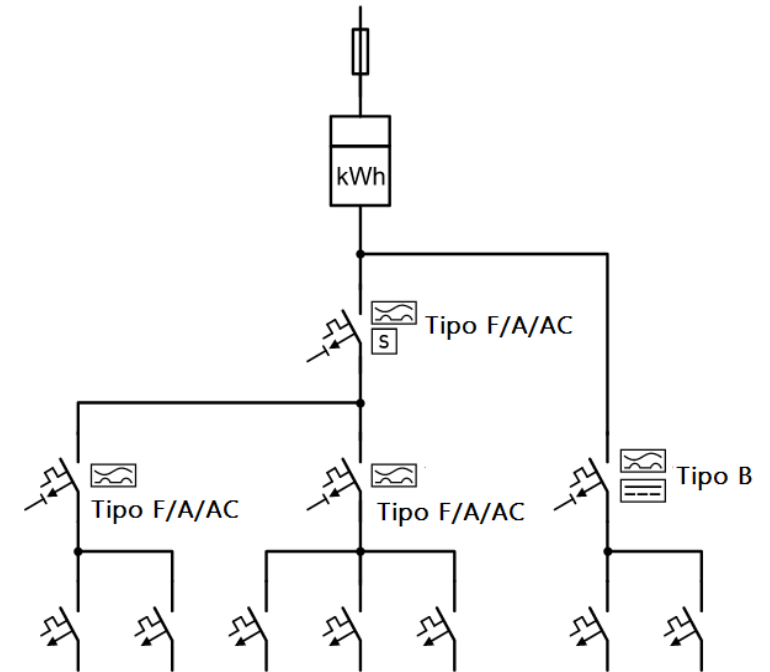
PROTEZIONE DIFFERENZIALE

Coordinamento Differenziali Tipo B

SIEMENS

A monte dei rami d'impianto, dove a causa della presenza di correnti di guasto o di correnti di dispersione ad alto contenuto in DC ($> 10 / 6 \text{ mA}$) si sia installato un Differenziale di tipo B, non può essere installato un Differenziale AC, A o F.

Lo stesso infatti verrebbe “saturato” dalla presenza di correnti di dispersione di tipo continuo che lo renderebbero di fatto non in grado di intervenire, neanche in presenza delle forme d'onda per cui è testato.



Nessun riferimento nella CEI 64-8

Riferimenti normativi (attualmente in vigore)

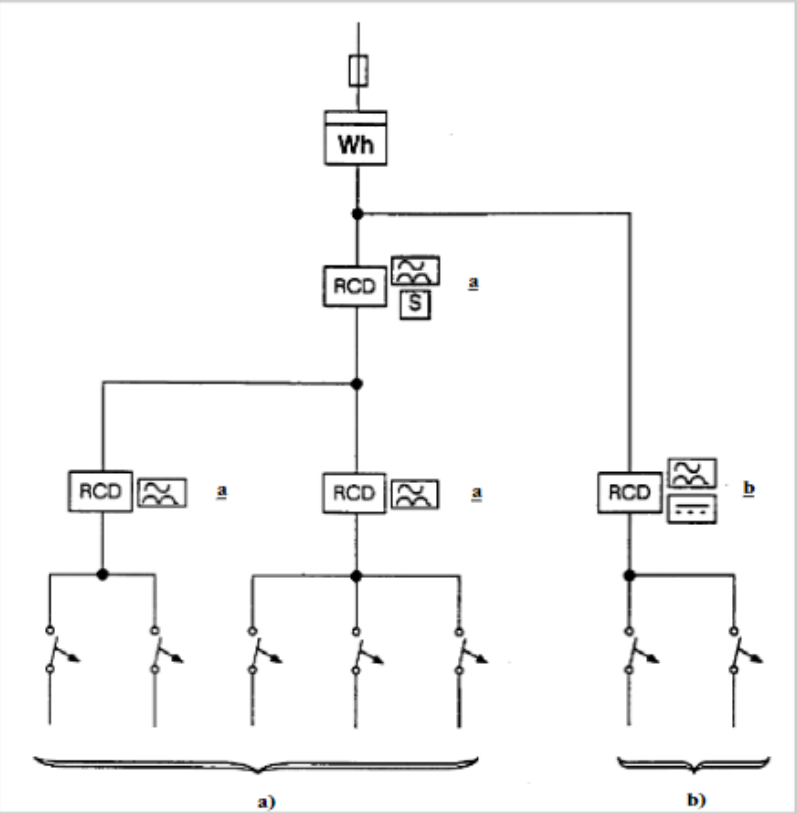
Fig. A.3 Planning example for application of RCD Type B

CAPTION

LEGENDA

a Type A

b Type B



CEI EN 50178 «Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza»

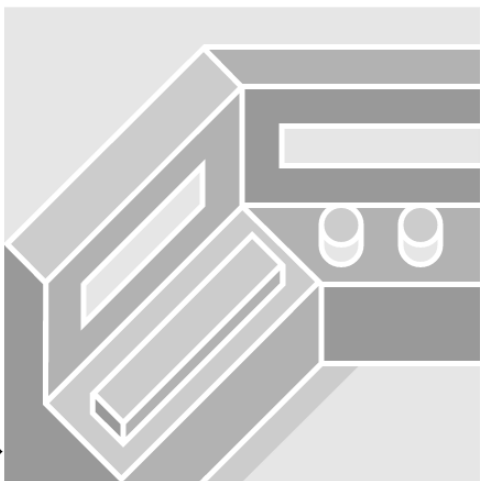
Figura A.3

NORMA ITALIANA CEI	
Norma Italiana	
CEI EN 50178	
Data Pubblicazione	Edizione
1999-03	Prima
Classificazione	Funzionale
22-15	5080
Titolo	
Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza	

Titolo
Electronic equipment for use in power installations



TECNICHE DI CONTROLLO E DI MISURA DEI PROCESSI



CEI - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE • AEE ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA ITALIANA

- a)** Circuits with EE where in case of earth fault residual a.c. current or/and residual pulsating d.c. current may occur;
- b)** Circuits with EE where in case of earth fault residual a.c. current or/and residual pulsating d.c. current or/and residual smooth d.c. current may occur.
- a)** Circuiti di EE che in caso di un guasto verso terra, presentano correnti differenziali c.a. e/o c.c. ad impulso;
- b)** Circuiti di EE che in caso di un guasto verso terra, presentano correnti differenziali c.a. e/o c.c. ad impulso e/o c.c. non intermittenti.

Riferimenti normativi (attualmente in vigore)



CEI EN 50178 «Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza»

5.3.2.3 Protezione della EE per mezzo di un dispositivo differenziale di protezione

5.3.2.3 Protection of EE by residual-current-operated protective device

Before connecting EE to a branch of the supply mains where the line-side protection in case of indirect contact is achieved by means of an RCD, their appropriate function/combination shall be verified (see 5.2.11.2). If necessary, the line-side protection against indirect contact shall be established by other means, for example, by means of an overcurrent protective device.

Note/Nota Convertors in six-pulse bridge connection, directly connected to the supply mains are often used in EE. Care shall be taken with the application of RCDs in such circuits since the operation of RCDs Type A and AC (see 5.2.9 of EN 61008) can be blocked by smooth residual d.c. current. RCDs Type B are suitable in that case (IEC 755, Am. 2).

When designing and constructing an electrical installation care shall be taken that EE which can cause smooth earth fault currents are attached to the supply system by a separate branch together with RCD of Type B. The branching of RCDs of Type B **behind** RCDs of Type A or AC is not acceptable (see design example in figure A.3 of A.5.2.11.2).

Protezione della EE per mezzo di un dispositivo differenziale di protezione

Prima di collegare la EE ad una derivazione della rete di alimentazione, quando, lato linea, la protezione dai contatti indiretti è realizzata per mezzo di un RCD, bisogna verificare la loro appropriata funzionalità/combinazione (si veda 5.2.11.2). Se necessario la protezione lato linea dal contatto indiretto deve essere determinata da altri mezzi, per esempio da un dispositivo di protezione da sovracorrenti.

Nella EE vengono spesso utilizzati convertitori in connessione a ponte trifase, collegati direttamente alla rete di alimentazione. Bisogna prestare attenzione ad applicare l'RCD a tali circuiti, in quanto il funzionamento dell'RCD di Tipo A e AC (si veda 5.2.9 della EN 61008) può essere bloccato da correnti di dispersione c.c. In tal caso risultano idonei gli RCD di Tipo B (IEC 755, Mod. 2).

Nel progettare e realizzare un impianto elettrico bisogna tener conto che le EE che possono produrre correnti di guasto verso terra unidirezionali, siano collegate al sistema di alimentazione con una derivazione separata insieme all'RCD di Tipo B. **Non è accettabile una derivazione dell'RCD di Tipo B posta a valle di un RCD di Tipo A o AC (si veda l'esempio di progetto in Fig. A.3 di A.5.2.11.2).**

Riferimenti normativi (attualmente in vigore)

SIEMENS

CEI EN 62477-1

«Requisiti di sicurezza per convertitori elettronici di potenza»

4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD)

For the design and construction of electrical *installations*, care should be taken with RCD of Type B. All the RCD upstream from an RCD of Type B up to the supply transformer shall be of Type B.

NORMA ITALIANA CEI

Norma Italiana

CEI EN 62477-1

La seguente Norma è identica a: EN 62477-1:2012-10.

Data Pubblicazione

2013-09

Titolo

Requisiti di sicurezza per convertitori elettronici di potenza

Parte 1: Generalità

Titolo

Safety requirements for power electronic converter systems and equipment

Part 1: General

Sommario

Questa Norma si applica ai sistemi di conversione elettronica di potenza (PECS) ed ai loro componenti inclusi i mezzi di controllo, protezione e misura finalizzati alla conversione di potenza elettrica con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e a 1 500 V in corrente continua.

Questa Parte della serie EN/IEC 62447, in accordo alla Guida IEC 104, ha lo status di pubblicazione di sicurezza per gruppi omogenei di prodotti.

Questa Norma viene pubblicata dal CEI nella sola lingua inglese in quanto particolarmente mirata a settori specialistici.

La presente Norma recepisce il testo originale inglese della Pubblicazione IEC.



© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Milano 2013. Riproduzione vietata.
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa con un mezzo qualsiasi senza il consenso scritto del CEI. Concessione per l'utente singolo. Le Norme CEI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di varianti. È importante pertanto che gli utenti delle Norme si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o variante.

Per cosa sono testati e come funzionano i differenziali in presenza di corrente continua?



Tipologia di Corrente	Tipo		AC 	A 	F 	B 	B+ 	Tipo
	Forma d'onda							Soglia intervento
Alternata sinusoidale			☐	☐	☐	☐	☐	0.5 ... 1.0 $I_{\Delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale (semionde pos. o neg.)				☐	☐	☐	☐	0.35 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
Semionda parzializzata				☐	☐	☐	☐	Angolo di ritardo 90°: 0.25 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
				☐	☐	☐	☐	Angolo di ritardo 135°: 0.11 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale con componente continua				☐ + 6 mA	☐ + 10 mA	☐ + 0.4 mA	☐ + 0.4 $I_{\Delta n}$	max. 1.4 $I_{\Delta n}$ + DC
Corrente a frequenza variabile					☐	☐	☐	0.5 to 1.4 $I_{\Delta n}$
Corrente Continua						☐	☐	0.5 ... 2.0 $I_{\Delta n}$

Il TIPO B ha una curva che garantisce l'intervento con c.c. verso terra entro 2 volte al sua $I_{\Delta n}$ → un 30mA interviene sicuramente solo entro 60mA

TIPO A → max 6mA

TIPO F → max 10mA

Cosa si sta muovendo a livello normativo

SIEMENS

IEC 60364-5-53:2019+AMD1:2020



IEC 60364-5-53

Edition 4.0 2020-12

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**NORME
INTERNATIONALE**

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

531.2.3.3.2 Selection of the types of RCDs connected in series

Wherever an RCD type A, F or B is installed downstream of another RCD, the upstream RCD

- shall comply at least with the requirements of the type of the downstream RCD, or
- shall be coordinated with the downstream RCD, in accordance with the manufacturer's instructions.

NOTE See Annex G for the different types of RCDs and their behaviour with fault currents.

Cosa si sta muovendo a livello normativo

SIEMENS

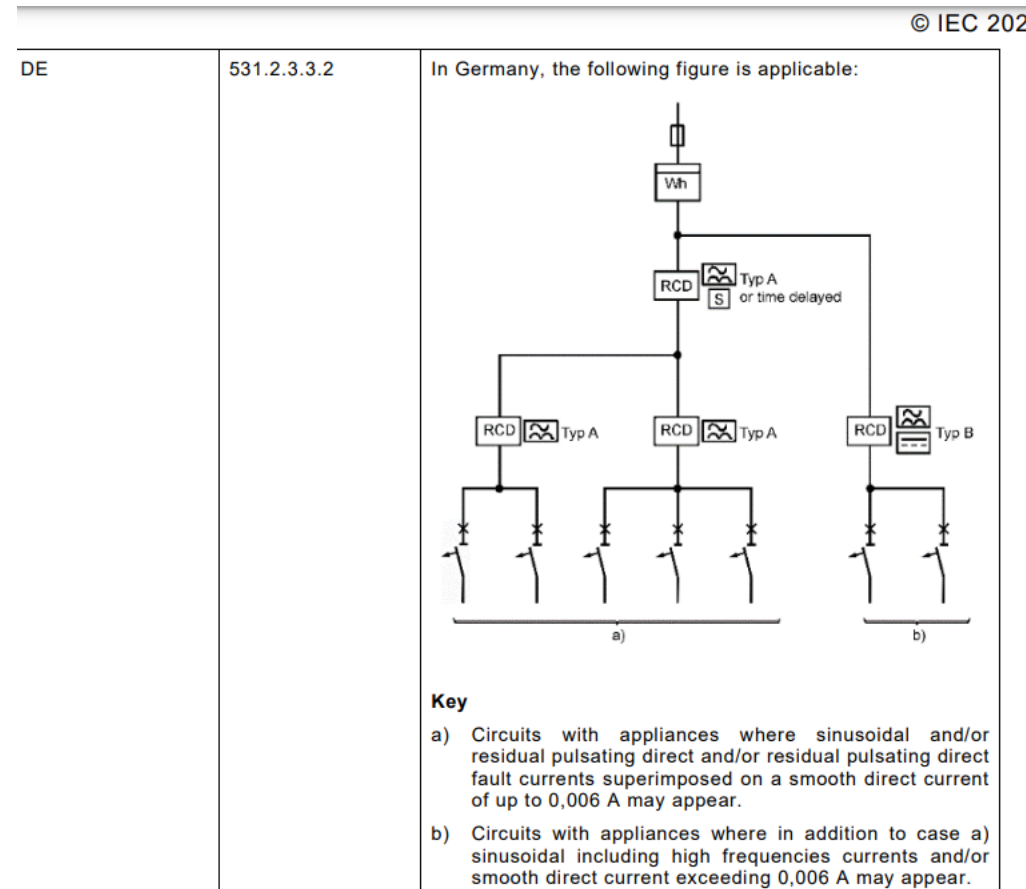
IEC 60364-5-53:2019+AMD1:2020

Questo testo è solo a livello IEC.

Non è ancora stato discusso e votato in CENELEC, per cui tocca di capire se e quando diventerà un documento HD. Da lì poi forse lo vedremo nella CEI 64-8 (sicuramente parliamo di ANNI...)

Si parla comunque di COORDINAMENTO dato dal costruttore (in assenza del quale vale la regola B/B)

Nota. Il documento IEC contiene già una SNC (per la GERMANIA) dove è esclusa la possibilità di montare AC/A/F a monte di B (la figura è ripresa dalla EN 50178 vista prima)



SIEMENS

GRAZIE..