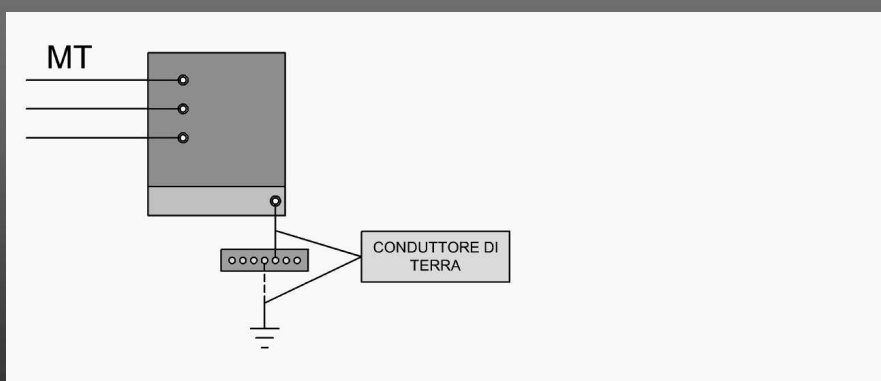


DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI TERRA

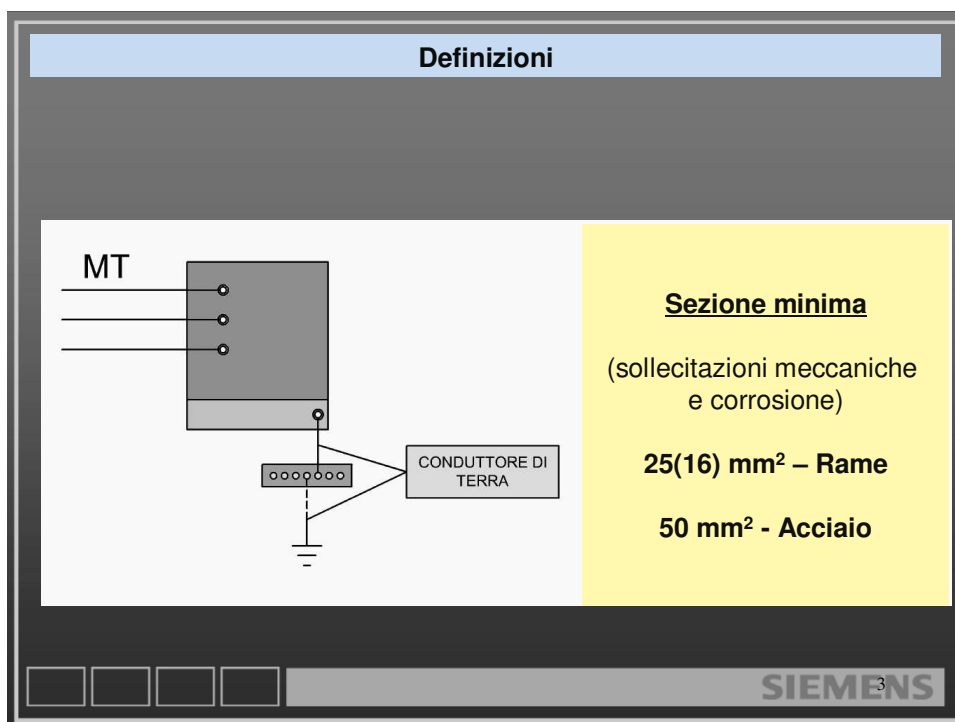
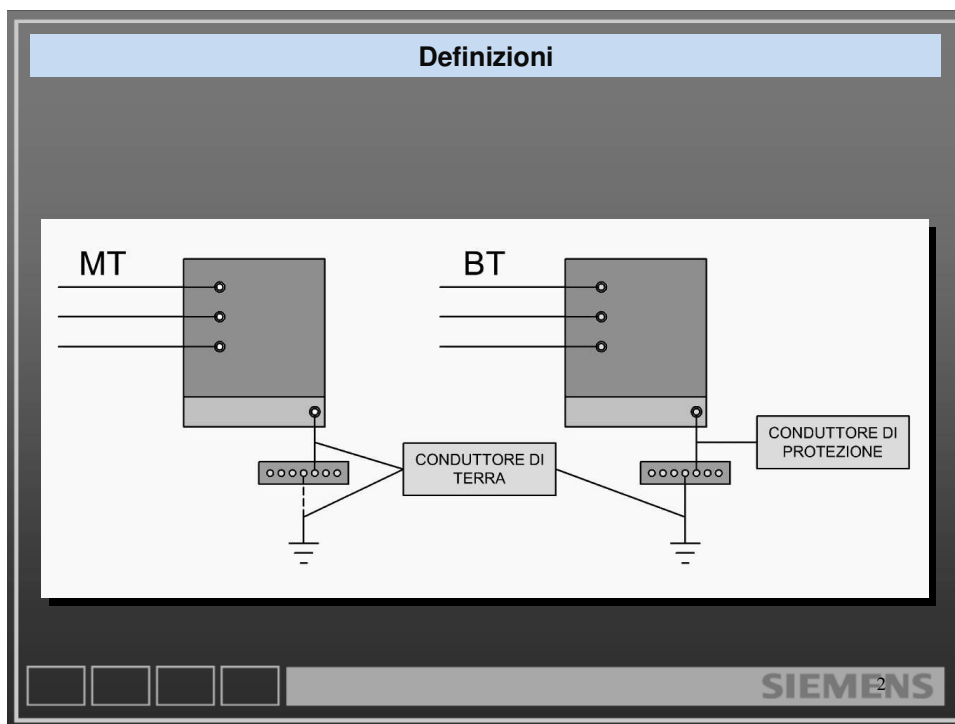


SIEMENS

Definizioni



SIEMENS



Sezioni minime dei conduttori di terra

ALLEGATO A normativo

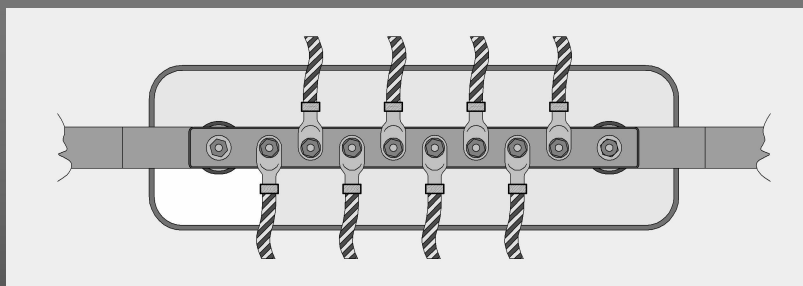
CEI 11-1 MATERIALE E DIMENSIONI MINIME DEI DISPERSORI PER GARANTIRNE LA RESISTENZA MECCANICA ED ALLA CORROSIONE

Materiale	Tipo di dispersore	Dimensione minima				
		Corpo			Rivestimento/guaina	
		Diametro [mm]	Sezione trasversale [mm ²]	Spessore [mm]	Valori singoli [μm]	Valori medi [μm]
Rame	nudo	Piattina		50	2	
		Tondo per dispersore orizzontale		25 ⁽³⁾		
		Corda	1,8 ^(*)	25		
		Tubo	20	2		
	stagnato	Corda	1,8 ^(*)	25	1	5
	zincato	Piattina		50	2	20
	con guaina di piombo ⁽¹⁾	Corda	1,8 ^(*)	25		1000
		Filo tondo		25		1000

(*) per cavetti singoli
 (1) non idoneo per posa diretta in calcestruzzo
 (2) piattina arrotondata o a guaina con angoli arrotondati
 (3) in condizioni eccezionali, dove l'esperienza mostra che il rischio di corrosione e di danno meccanico è estremamente basso, si può usare 16 mm².

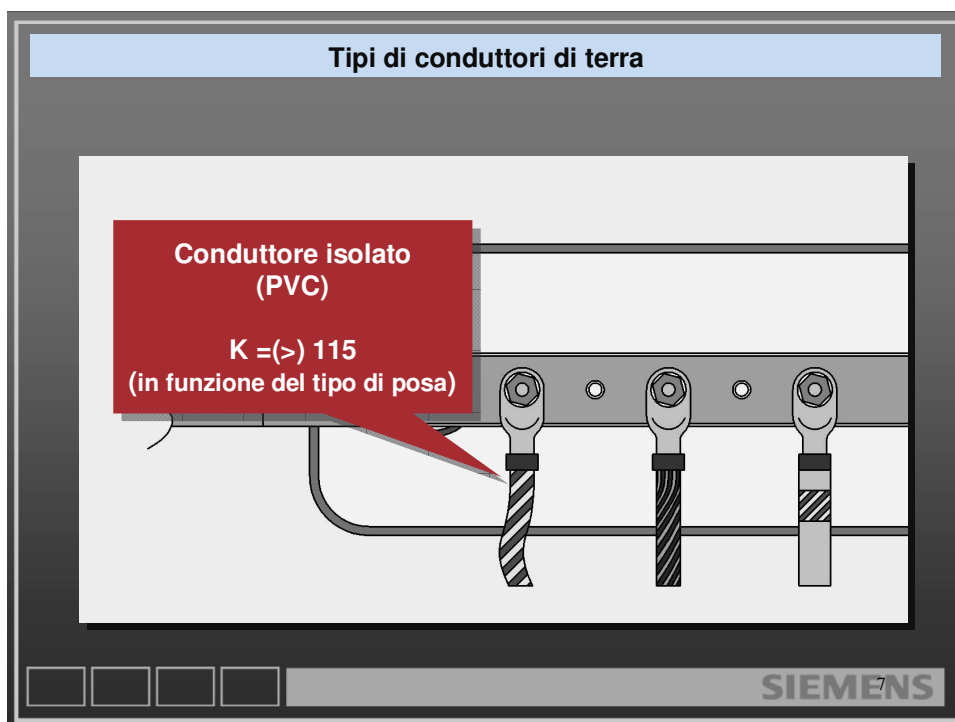
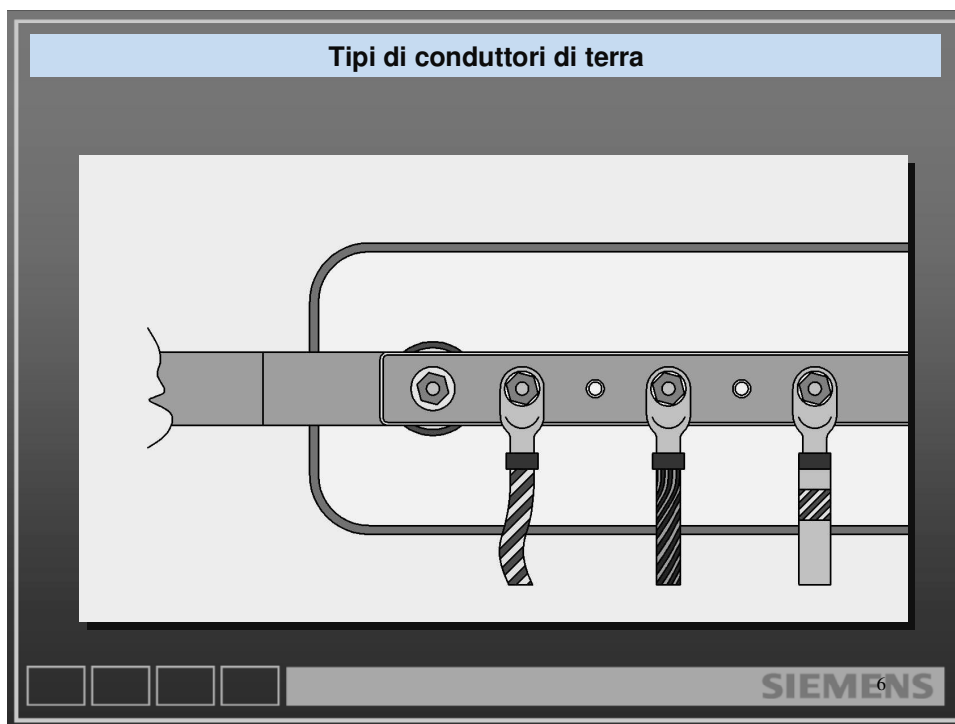
Nota: I valori indicati tra parentesi sono comunemente utilizzati in Italia.

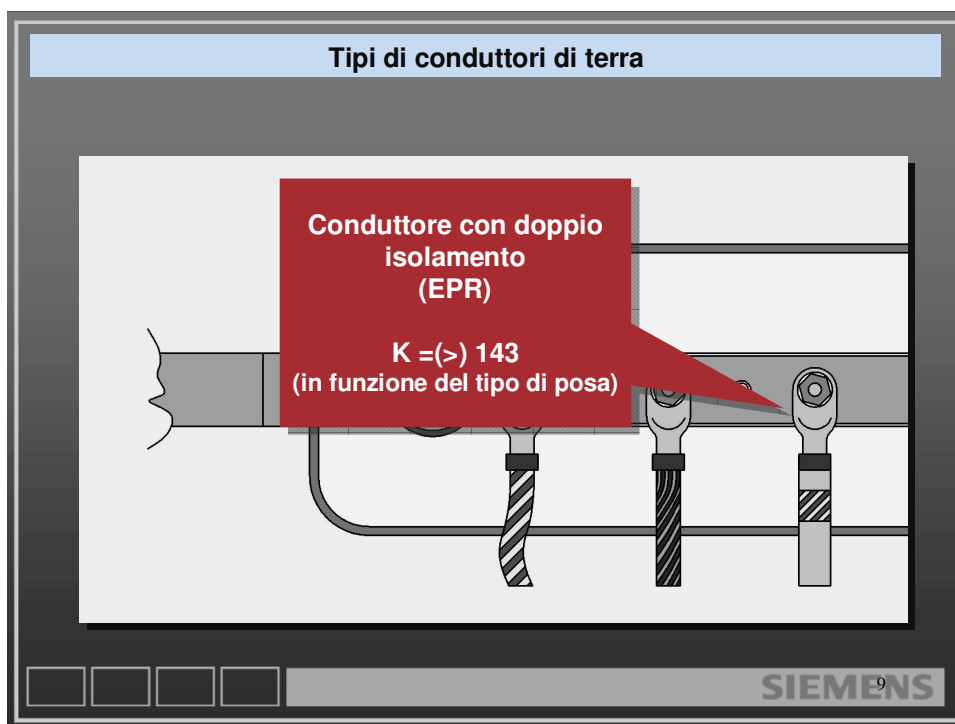
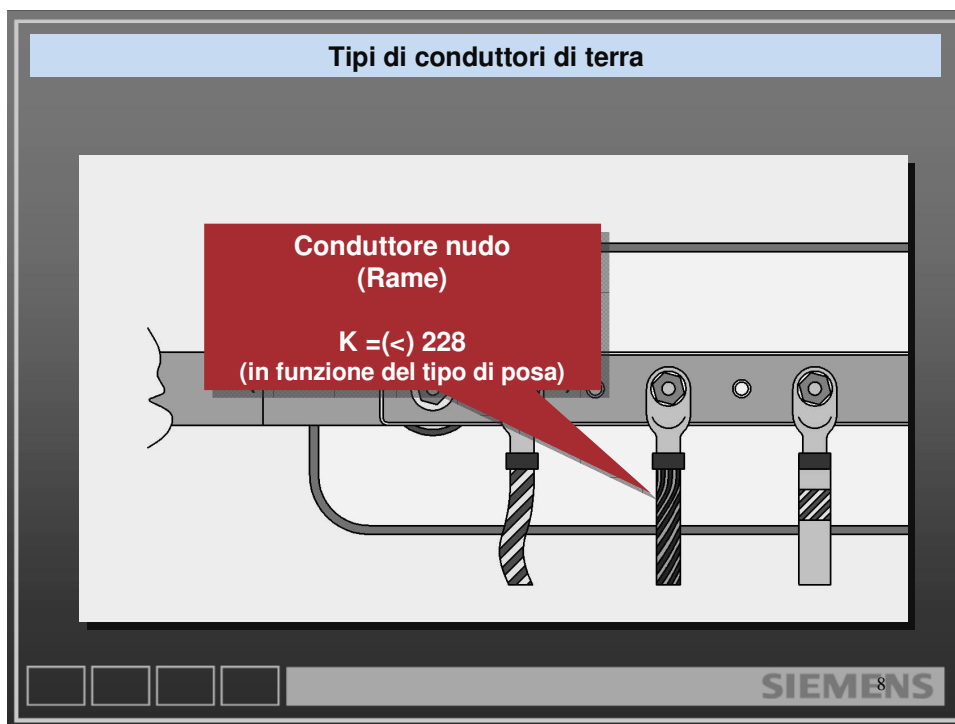
SIEMENS 4



COLLEGAMENTI A TERRA

SIEMENS 5





Tipi di conduttori di terra

Tab. 54B Valori di K per i conduttori di protezione costituiti da cavi unipolari, o per conduttori di protezione nudi in contatto con il rivestimento esterno dei cavi

Cavi unipolari esterni

Parte norma

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0 = 30 \theta_t = 160$	EPR - XLPE $\theta_0 = 30 \theta_t = 250$	G2 $\theta_0 = 30 \theta_t = 220$
Rame	143	176	166
Alluminio	95	116	110
Ferro	52	64	60

Cavi multipolari

Tab. 54C Valori di K per conduttori di protezione costituiti da un'anima di cavo multipolare

Parte norma

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0 = 70 \theta_t = 160$	EPR - XLPE $\theta_0 = 90 \theta_t = 250$	G2 $\theta_0 = 85 \theta_t = 220$
Rame	115	143	135
Alluminio	76	94	89

CEI 64-8/5 Art. 5.4.3.1.1

SIEMENS

Tipi di conduttori di terra

Tab. 54D Valori di K per conduttori di protezione costituiti dal rivestimento metallico o dall'armatura di un cavo

Rivestimento metallico

Parte norma

Materiale conduttore	Natura dell'isolante o dei rivestimenti		
	PVC $\theta_0 = 60 \theta_t = 160$	EPR - XLPE $\theta_0 = 80 \theta_t = 250$ (guaina $P_b: 160$)	G2 $\theta_0 = 75 \theta_t = 220$ (guaina $P_b: 160$)
Rame	122	149	140
Alluminio	79	96	90
Ferro	42	51	48
Piombo	22	19	19

Tab. 54E Valori di K per conduttori di protezione nudi quando non esistono pericoli di danneggiamento di materiali vicini per effetto della temperatura:
 $\theta_0 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$

Rame nudo

Parte norma

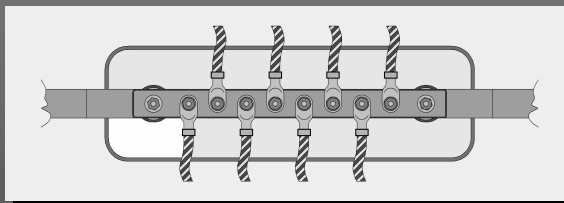
Materiale conduttore	Condizioni di posa		
	A	B	C
Rame	228	159	138
Alluminio	125	105	91
Ferro	82	58	50

(*) A: A vista, in locali accessibili solo a personale addestrato; $\theta_t = 500$ (alluminio 300); questi valori di temperatura sono validi solo se non compromettono la qualità delle connessioni.
B: In condizioni ordinarie; $\theta_t = 200$.
C: In locali con pericolo di incendio; $\theta_t = 150$.

CEI 64-8/5 Art. 5.4.3.1.1

SIEMENS

Conduttori di terra

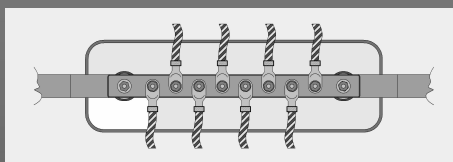


SEZIONI DEI CONDUTTORI DI TERRA



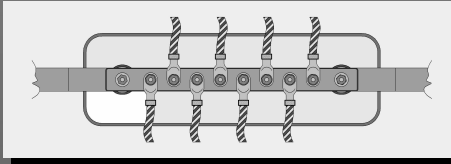
SIEMENS¹²

Conduttori di terra



SIEMENS¹³

Conduttori di terra

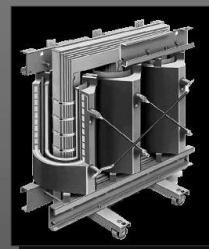
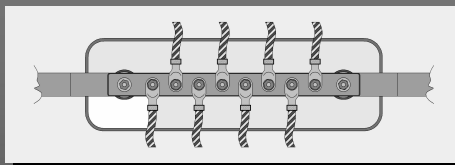


L'impianto di terra deve essere dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete MT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni ENEL.



SIEMENS 14

Dimensionamento dei conduttori di terra

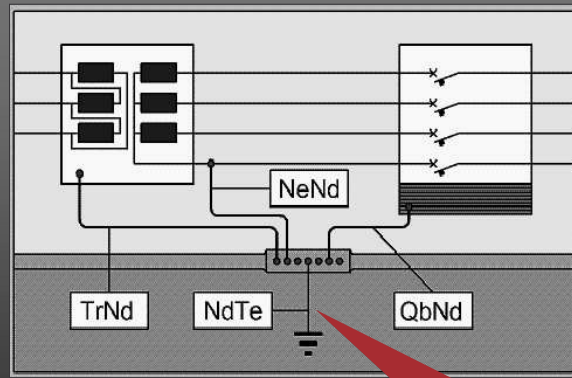


Collegamento a terra del nodo



SIEMENS 15

Dimensionamento dei conduttori di terra

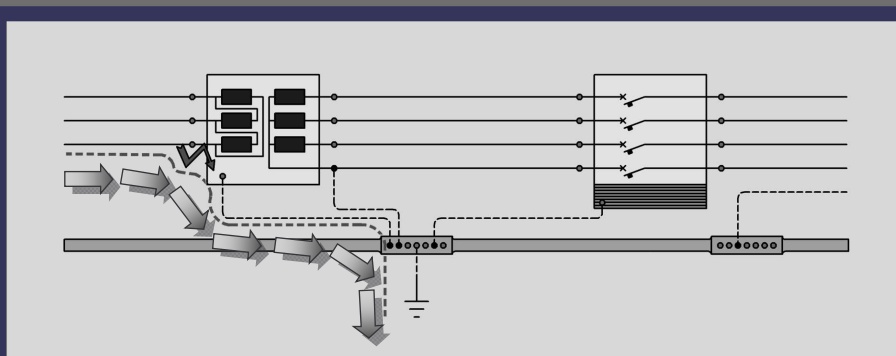


Cavo dal nodo a terra

SIEMENS 16

Dimensionamento dei conduttori di terra

Guasto a terra in media tensione

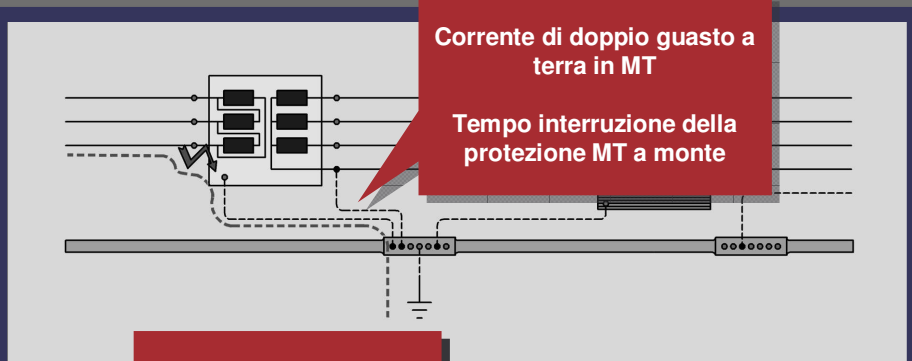


Doppio guasto a terra

SIEMENS 17

Dimensionamento dei conduttori di terra

Guasto a terra in media tensione



Corrente di doppio guasto a terra in MT

Tempo interruzione della protezione MT a monte

$$I^2t \leq K^2S^2$$

☐ ☐ ☐ ☐

SIEMENS¹⁸

Guasto a terra in media tensione

Guasto a terra in media tensione

... Vi indichiamo i valori della corrente e del tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra : 10 kA, 200 ms con riferimento alla norma CEI 11-1, tab 9-1 di pag. 79 ...

☐ ☐ ☐ ☐

SIEMENS¹⁹

Guasto a terra in media tensione

Tab. 9-1 Valori di corrente da utilizzare per la progettazione di impianti di terra

Modo di messa a terra del neutro del sistema di alta tensione		Con riferimento alle sollecitazioni termiche (1)		Con riferimento alla tensione totale di terra ed alle tensioni di contatto
		Dispersore	Conduttore di terra	
Sistemi con neutro isolato		— (6)	$I_{KEE}^{(9)}$	$I_E = I_{KEE}^{(9)}$
Impianti con messa a terra risonante	Stazioni elettriche con bobine di soppressione d'arco	— (6)	$I_{KEE}^{(9)}$	$I_E = \sqrt{I_{KEE}^{(9)2} + I_{RDS}^{(2)2}}$
	Stazioni elettriche senza bobine di soppressione d'arco			$I_E = I_{KEE}^{(9)}$
Impianti con messa a terra del neutro con bassa impedenza		$I_{KI}^{(4)}$	$I_{KI}^{(4)}$	$I_E^{(5)}$
Impianti con messa a terra disonante e messa a terra temporanea del neutro con bassa impedenza	In stazioni elettriche nelle quali il neutro è messo a terra temporaneamente	$I_{KI}^{(4)}$	$I_{KI}^{(4)}$	$I_E^{(5)}$
	con bobine di soppressione d'arco	— (6)	$I_{KEE}^{(9)}$	$I_E = \sqrt{I_{KEE}^{(9)2} + I_{RDS}^{(2)2}}$
	In tutte le altre stazioni elettriche senza bobine di soppressione d'arco			$I_E = I_{KEE}^{(9)}$

$I_{KEE}^{(9)}$ Corrente di doppio guasto verso terra calcolata in accordo con la Norma CEI 11-25 (HD 533) (per $I_{KEE}^{(9)}$ può essere usato, come valore massimo, l'85% della corrente iniziale simmetrica di cortocircuito trifase).

$$\approx \frac{\sqrt{3}}{2}$$

(5) Le correnti nominali delle bobine di estinzione d'arco devono essere prese in considerazione anche quando si progettano i loro conduttori di messa a terra.
(6) Se sono possibili molti percorsi di corrente, per la progettazione del sistema dei dispersori si può considerare la distribuzione risultante disponibile (vedere per esempio la Fig. 2-2).
Il guasto normativo A sono sufficienti.
In alta tensione, per esempio in impianti industriali, è probabile che un guasto verso terra si prolunga per un esempio particolare ore; si raccomanda di prendere in considerazione $I_{KEE}^{(9)}$.
 $I_{KEE}^{(9)}$ si deve prendere in considerazione il valore maggiore.
Il guasto verso terra è inferiore a 1 s; si può usare $I_{KEE}^{(9)}$ o I_{KEE} .
Guasto verso terra calcolata o misurata.
Guasto verso terra (vedere la Fig. 2-3b). Se il valore esatto non è disponibile, si può assumere che sia il 10% di $I_{KEE}^{(9)}$.
 $I_{KEE}^{(9)}$ Corrente di doppio guasto verso terra calcolata in accordo con la Norma CEI 11-25 (HD 533) (per $I_{KEE}^{(9)}$ può essere usato, come valore massimo, l'85% della corrente iniziale simmetrica di cortocircuito trifase).
 $I_{KI}^{(4)}$ Corrente iniziale simmetrica di cortocircuito per un cortocircuito linea-terra, calcolata in accordo con la Norma CEI 11-25 (HD 533).
 I_{KEE} Corrente verso terra (vedere Fig. 2-2).
 I_{RDS} Fattore di riduzione (vedere Allegato J).

SIEMENS 20

Guasto a terra in media tensione

Guasto a terra in media tensione

... Vi indichiamo i valori della corrente e del tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra : 10 kA, 200 ms con riferimento a norma CEI 11-1, tab 9-1 di pag 79 ...

... Tale valore, come indicato nella tabella stessa, influisce esclusivamente sul dimensionamento termico dei conduttori di terra (conduttori di collegamento fra massa o dispersori, oppure conduttori isolati dal terreno, di collegamento fra più dispersori) ...

SIEMENS 21

Guasto a terra in media tensione

Guasto a terra in media tensione

... Vi indichiamo i valori della corrente e del tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra : 10 kA, 200 ms con riferimento a norma CEI 11-1, tab 9-1 di pag 79 ...

... Tale valore, come indicato nella tabella stessa, influisce esclusivamente sul dimensionamento termico dei conduttori di terra (conduttori di collegamento fra massa o dispersori, oppure conduttori, isolati dal terreno, di collegamento fra più dispersori) ...

... ma non ha invece attinenza con il dimensionamento complessivo dell'impianto nei confronti della tensione generale di terra e della tensione di contatto per i quali rimane valido il valore di corrente di guasto e del relativo tempo di eliminazione....



SIEMENS 22

Guasto a terra in media tensione

'Aa.1' - Verifiche apparecchiature per la Partenza 'Senza Sigla' relativa al Quadro 'Quadro MT'



Quadro: Quadro MT
Sigla:
Descrizione: Sistema TN-S - Tripolare - 20000 V - 50 Hz

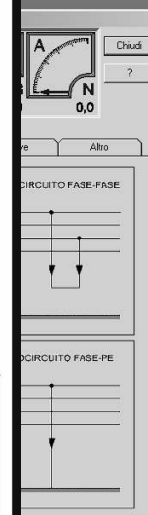
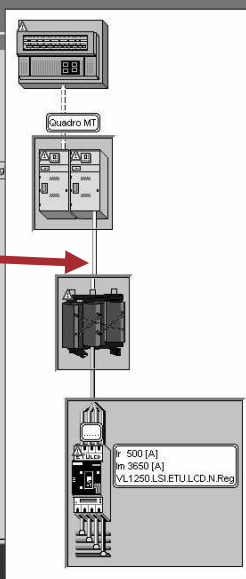
Sovraccarico Contatti Ind. **Correnti Ik** R_t / K²S² Cadute tensione Tag

Correnti [A]	Inizio linea		Intervento	Fondo linea	
	Ik Max	Ik Min		Ik Max	Ik Min
Trifase	12.500	11.802	115	12.500	11.802
Fase-Fase	10.825	10.221	115	10.825	10.221
Fase-Neutro					

**Doppio guasto a terra
(Fase-Fase)
sul cavo MT**

Riferimenti Normativi:

CEI 64-8 - 434.3 / CEI 11-25 / CEI 11-28



SIEMENS 23

Guasto a terra in media tensione

"Aa.1" - Verifiche apparecchiature per la Partenza "Senza Sigla" relativa al Quadro "Quadro MT"



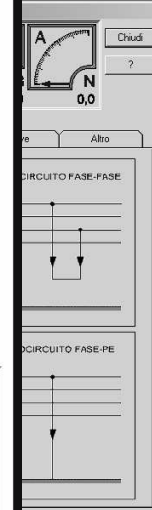
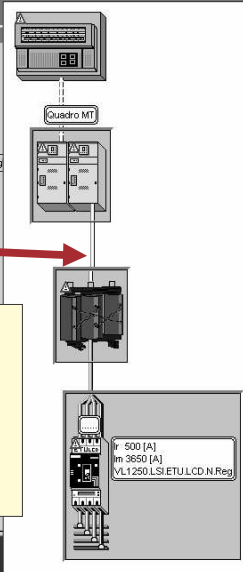
Quadro: Quadro MT
Sigla:
Descrizione: Sistema TN-S - Tripolare - 20000 V - 50 Hz

Sovraccarico Contatti Ind. **Correnti Ik** R_t / R_{2S} Cadute tensione Tag

Correnti [A]	Inizio linea		Intervento	Fondo linea	
	Ik Max	Ik Min		Ik Max	Ik Min
Trifase	12.500	11.802	115	12.500	11.802
Fase-Fase	10.825	10.221	115	10.825	10.221
Fase-Neutro					

Isolante EPR

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{K^2}} = \sqrt{\frac{10.825^2 \cdot 0,5}{143^2}} = 26,2 \text{ mm}^2$$



SIEMENS 24

Guasto a terra in media tensione

"Aa.1" - Verifiche apparecchiature per la Partenza "Senza Sigla" relativa al Quadro "Quadro MT"



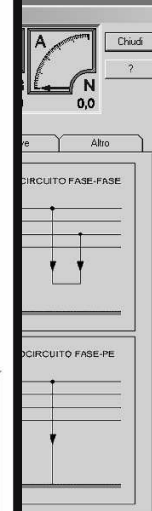
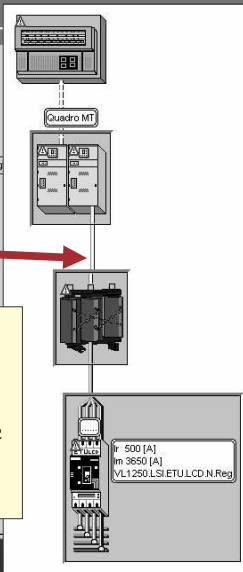
Quadro: Quadro MT
Sigla:
Descrizione: Sistema TN-S - Tripolare - 20000 V - 50 Hz

Sovraccarico Contatti Ind. **Correnti Ik** R_t / R_{2S} Cadute tensione Tag

Correnti [A]	Inizio linea		Intervento	Fondo linea	
	Ik Max	Ik Min		Ik Max	Ik Min
Trifase	12.500	11.802	115	12.500	11.802
Fase-Fase	10.825	10.221	115	10.825	10.221
Fase-Neutro					

Isolante PVC

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{K^2}} = \sqrt{\frac{10.825^2 \cdot 0,12}{115^2}} = 32,6 \text{ mm}^2$$



SIEMENS 25

Dimensionamento dei conduttori di terra

Guasto a terra in media tensione

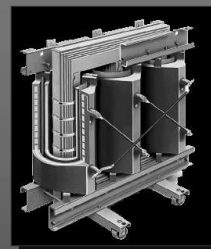
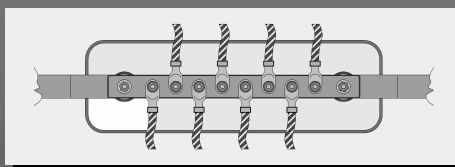


Doppio guasto a terra



SIEMENS 26

Dimensionamento dei conduttori di terra

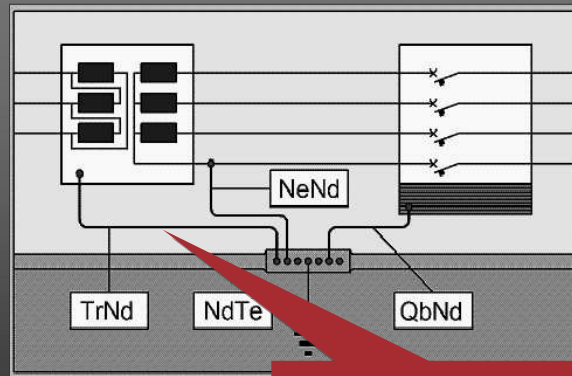


Collegamento a terra della massa del trasformatore



SIEMENS 27

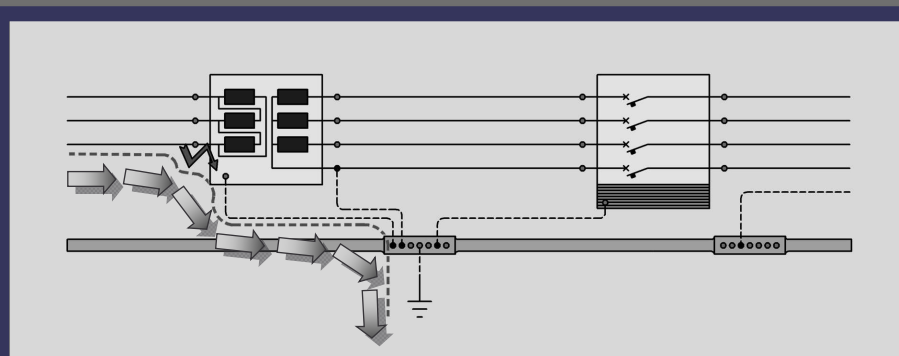
Dimensionamento dei conduttori di terra



Cavo dalla massa del trasformatore al nodo

SIEMENS 28

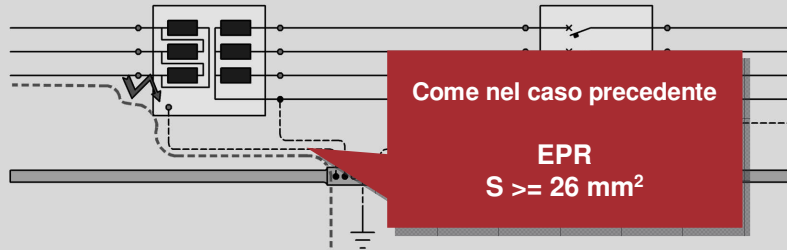
Guasto a terra in media tensione



Doppio guasto a terra

SIEMENS 29

Guasto a terra in media tensione

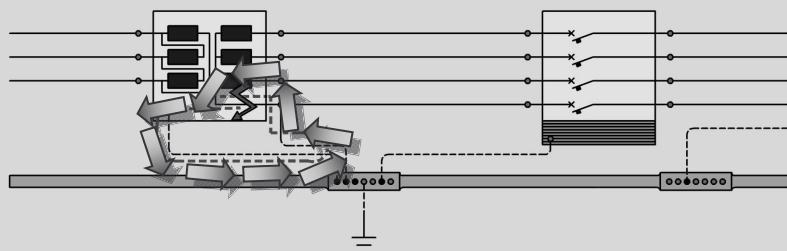


Doppio guasto a terra

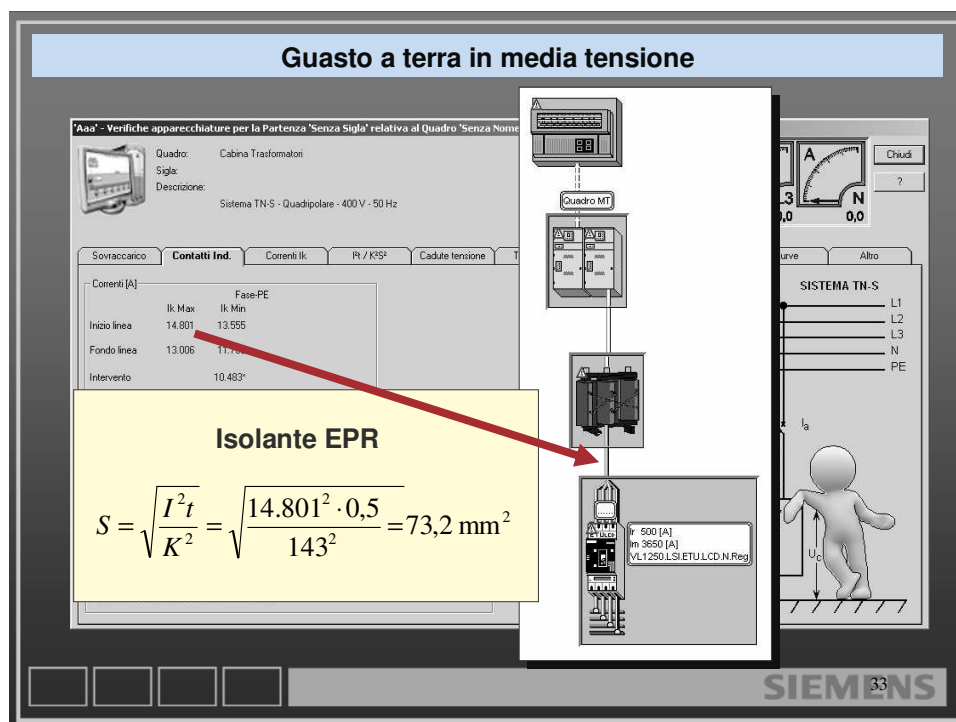


SIEMENS³⁰

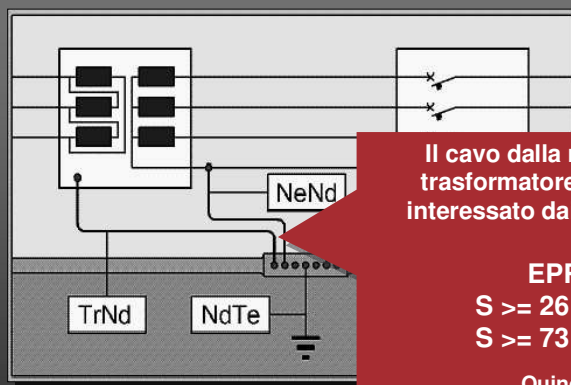
Guasto a terra in bassa tensione



SIEMENS³¹



Guasto a terra in media tensione



Il cavo dalla massa del trasformatore al nodo è interessato dai due guasti

EPR

$S \geq 26 \text{ mm}^2$

$S \geq 73 \text{ mm}^2$

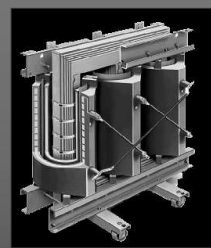
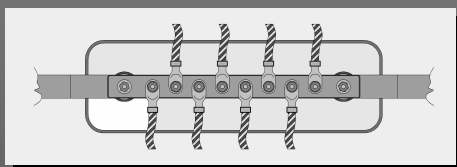
Quindi

$S = 95 \text{ mm}^2$



SIEMENS 34

Conduttori di terra

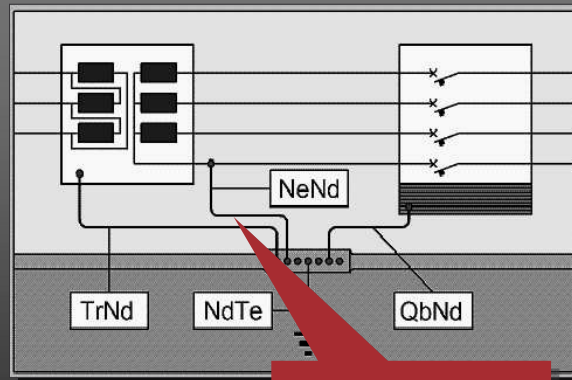


**Collegamento tra
neutro e nodo**



SIEMENS 35

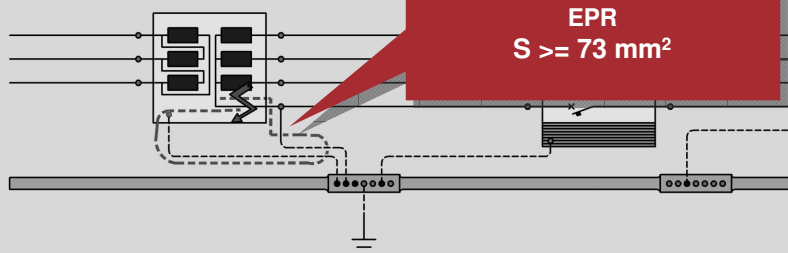
Dimensionamento dei conduttori di terra



Cavo tra neutro e
nodo

SIEMENS 36

Guasto a terra in bassa tensione

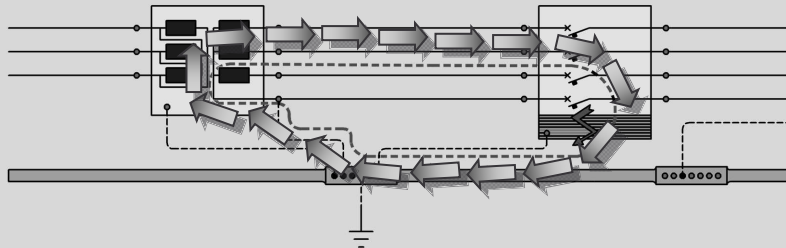


Come nel caso precedente

EPR
 $S \geq 73 \text{ mm}^2$

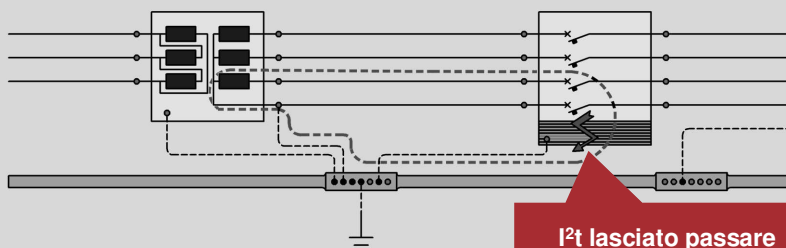
SIEMENS 37

Guasto a terra sul quadro BT



SIEMENS 38

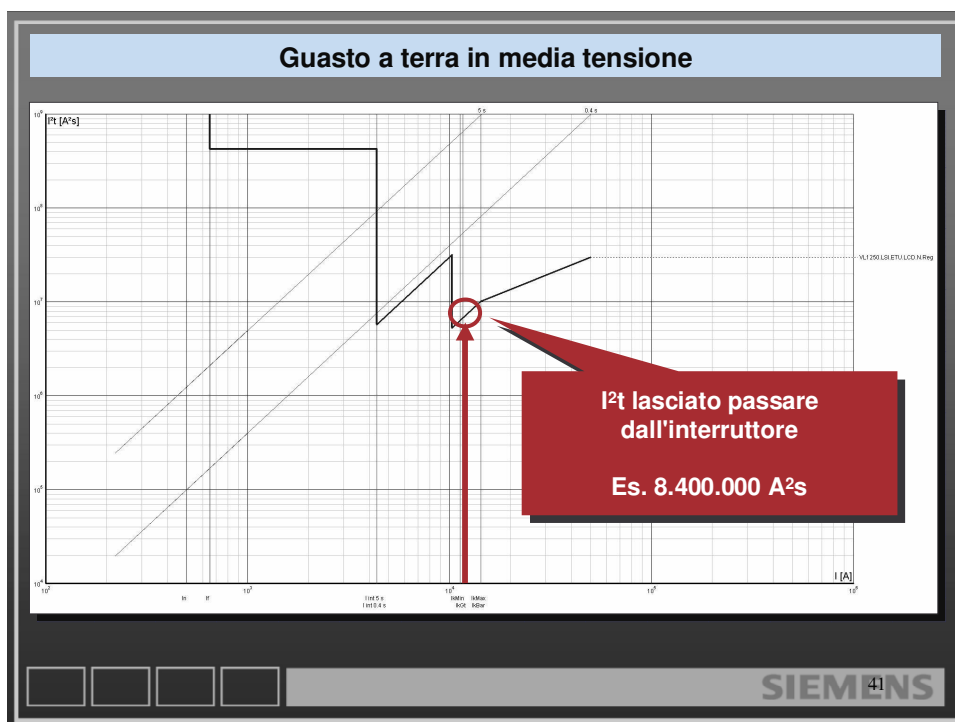
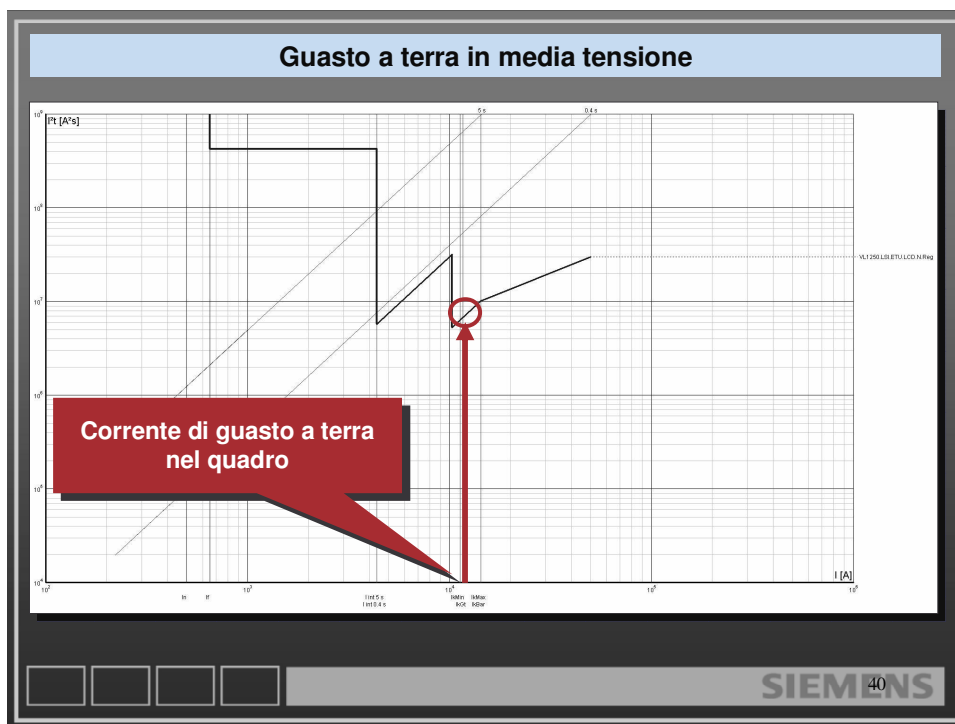
Guasto a terra sul quadro BT



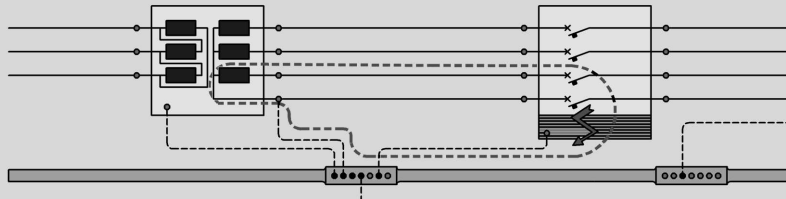
$$I^2t \leq K^2 S^2$$

I^2t lasciato passare
dall'interruttore
generale BT

SIEMENS 39



Guasto a terra nel quadro BT

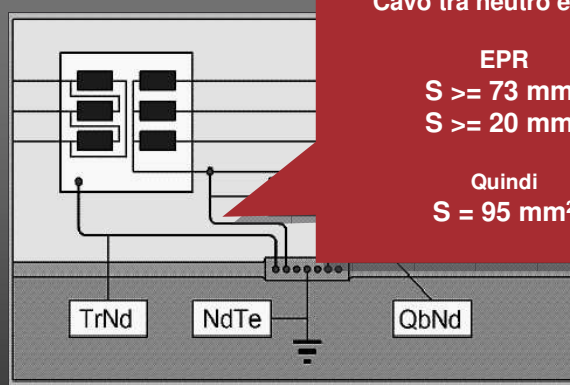


Isolante EPR

$$S = \sqrt{\frac{I^2 t}{K^2}} = \sqrt{\frac{8.400.000}{143^2}} \approx 20 \text{ mm}^2$$

SIEMENS 42

Dimensionamento dei conduttori di terra



Cavo tra neutro e nodo

EPR

$S \geq 73 \text{ mm}^2$

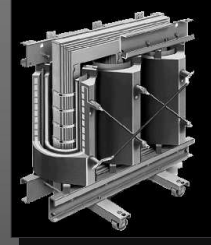
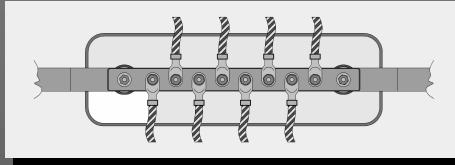
$S \geq 20 \text{ mm}^2$

Quindi

$S = 95 \text{ mm}^2$

SIEMENS 43

Conduttori di terra

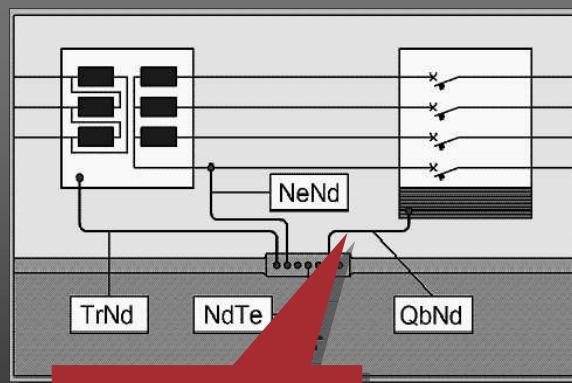


Collegamento tra quadro di bassa tensione e nodo



SIEMENS 44

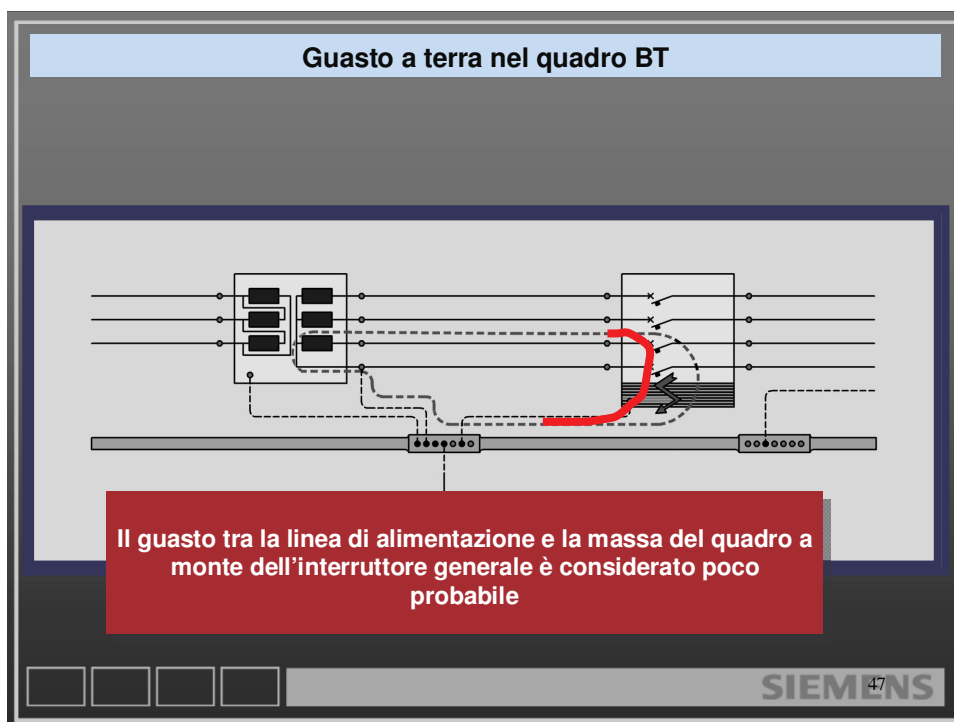
Dimensionamento dei conduttori di terra



Cavo tra massa del quadro BT e nodo



SIEMENS 45



Guasto a terra in media tensione

Diagram illustrating a ground fault in a medium voltage system. The system includes a transformer (TrNd), a neutral point (NdTe), and a ground fault (QbNd). The diagram shows the connection between the transformer, the neutral point, and the ground fault, with labels for the components and the fault location.

SIEMENS

Dati del sistema

- ☒ Sovrac. da valle
- ☒ Sovrac. Neutro
- ☒ Sovraccarico
- ☒ Controllo C.C. fondo linea
- ☐ No curva limitazione

Tempo guasto °C: 145

Contatti indiretti: 5 secondi

09-0_00000m1

diagramma V/I

Contemporanea	Valori locali
L1	0,000
L2	0,000
L3	0,000
Neutro	0,000

Rilasciamento trasformatore [KVAR]

☐ A basse perdite

Fisso: 11.34

Sezioni minime per collegamenti a terra relative a un trasformatore [mm²]

	Massa TRAF0	Nodo Equipot.	Neutro TRAF0	Quadro GBT
PVC	95	35	95	35
EPR	95	35	95	25
Nudo	50	25	50	25

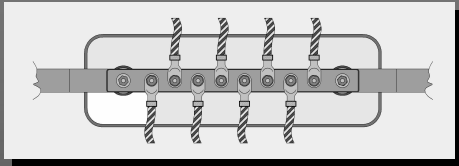
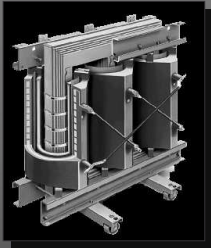
Ingombro modulare Prot. + Acc. [mm] 0 + 0 = 0

SIEMENS 48

Sezione della barra del collettore

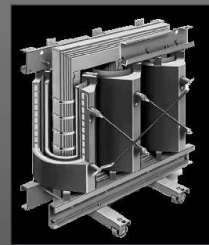
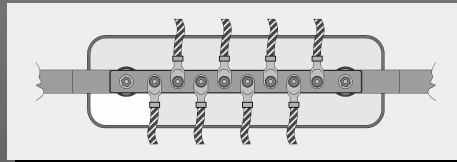
Non inferiore alla massima sezione collegata

Resistente alle sollecitazioni meccaniche

SIEMENS

49



Conduttori equipotenziali

Sezione
pari a quella
dei conduttori di terra



SIEMENS 50

Guasto a terra in media tensione



SIEMENS 51