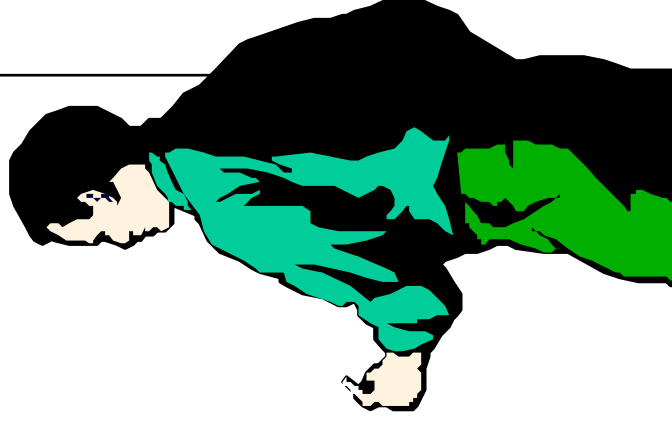


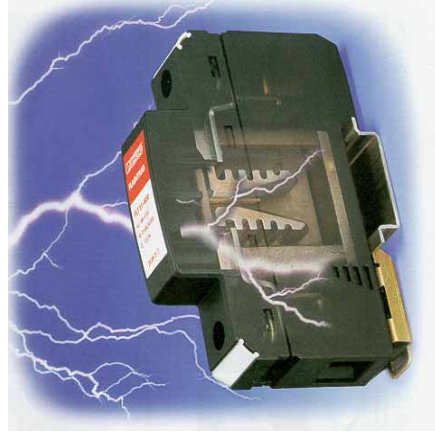


# PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

# Programma

1. Le sovratensioni aspetti generali
2. Riferimenti Giuridico-Normativo
3. Pausa
4. Dispositivi ed impianti sensibili
5. I limitatori “ SPD “
6. Esempi





# PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

## Le sovratensioni aspetti generali

# Le sovratensioni

---



- Le sovratensioni sui circuiti elettrici possono derivare da dispositivi di manovra, guasti verso terra e da fulminazione diretta o indiretta del circuito.
- Le sovratensioni di origine atmosferica si possono riferire a fulminazione diretta della struttura o indiretta, oppure a fulminazione diretta o indiretta della linea elettrica esterna entrante nel edificio.

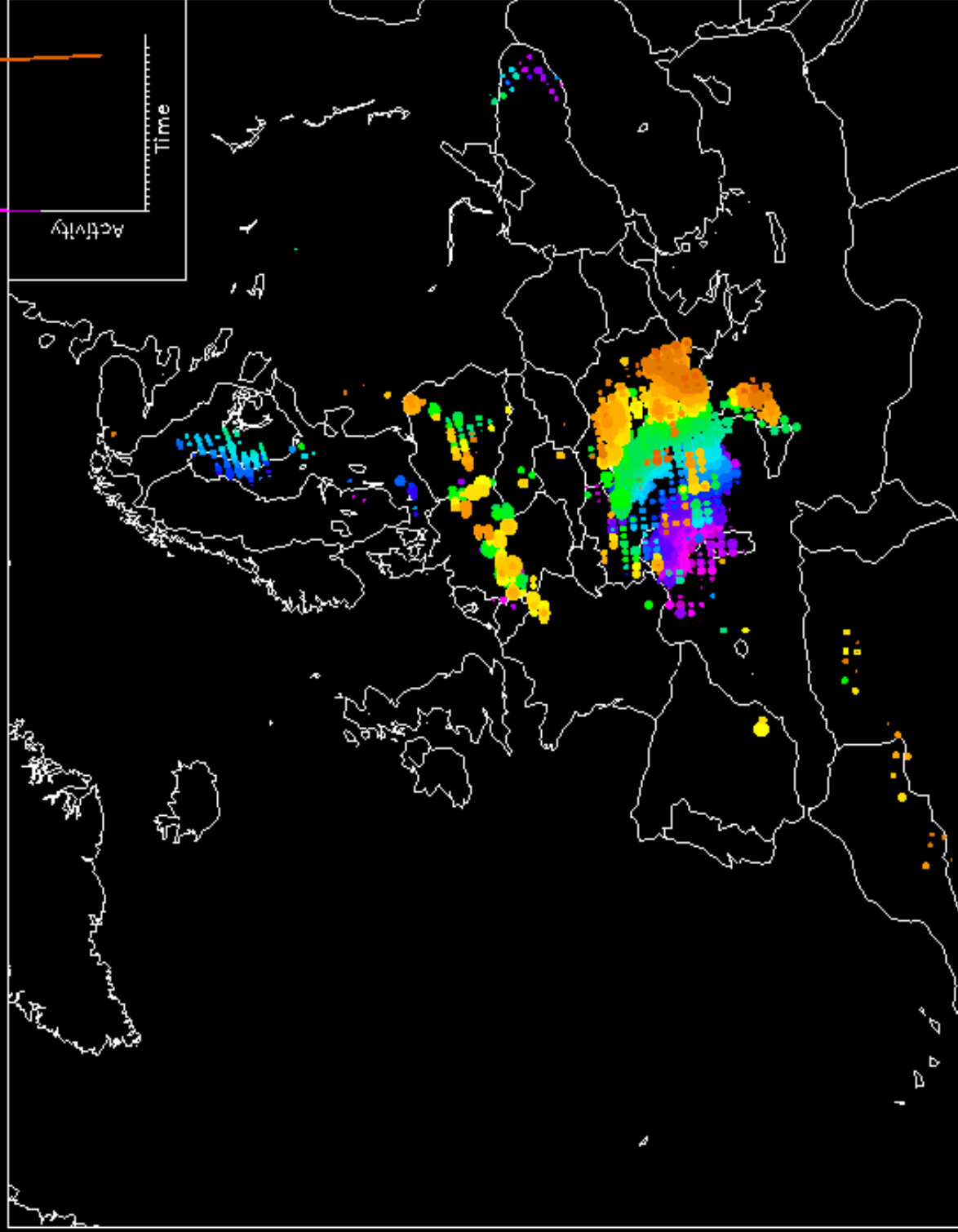
# Le sovratensioni

---



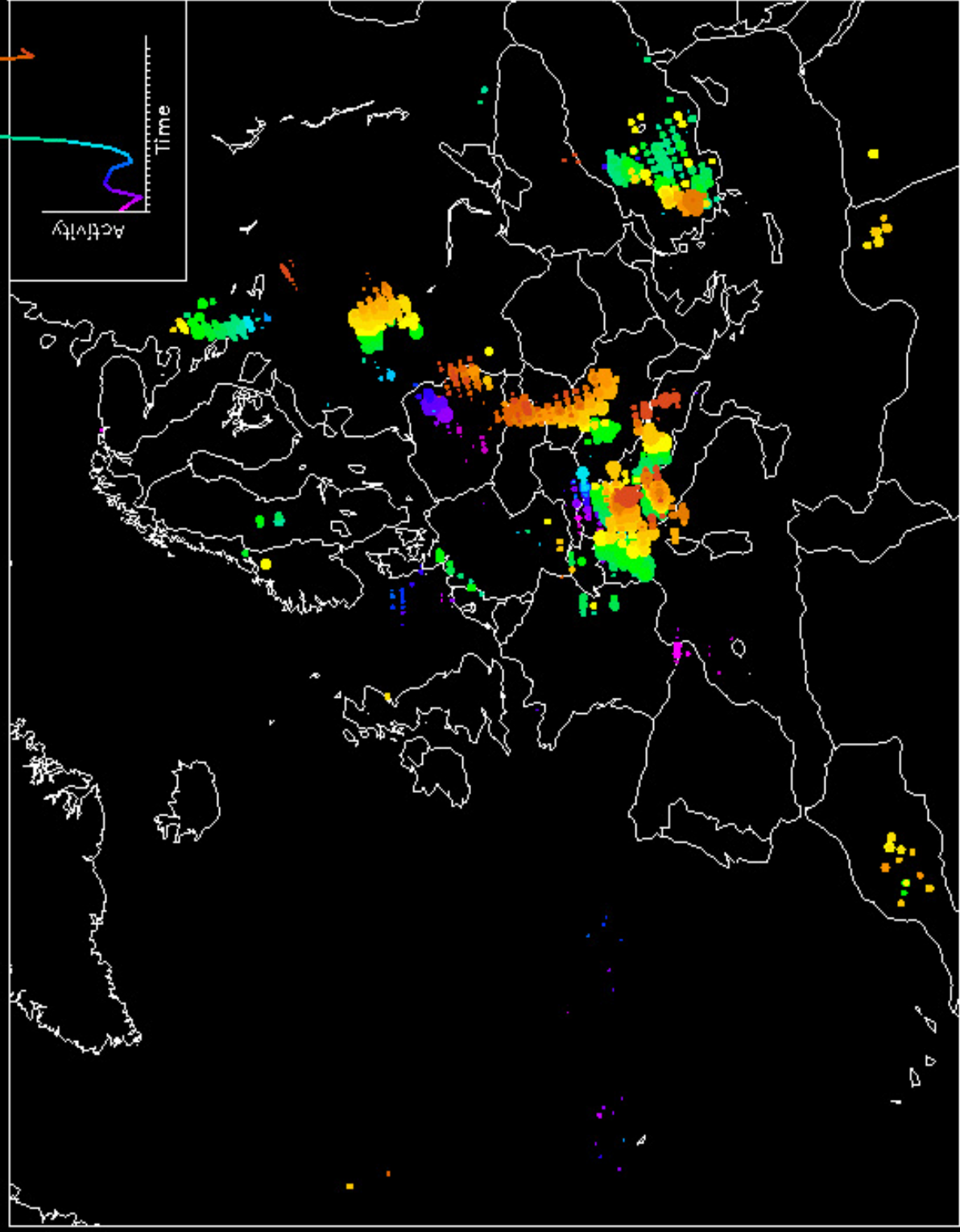
- Le statistiche mostrano un incremento dei danni dovuti alle sovratensioni dovuto alla sempre maggiore presenza negli impianti elettrici utilizzatori di apparecchiature elettroniche delicate e costose.
- Mentre nel campo delle protezioni contro le sovracorrenti ed i contatti diretti ed indiretti esiste un completo panorama normativo ed una cultura diffusa .... Lo stesso non si può dire per le protezioni contro le sovratensioni

# Sferics (Blitze) 28Aug2002 00 - 22 UTC

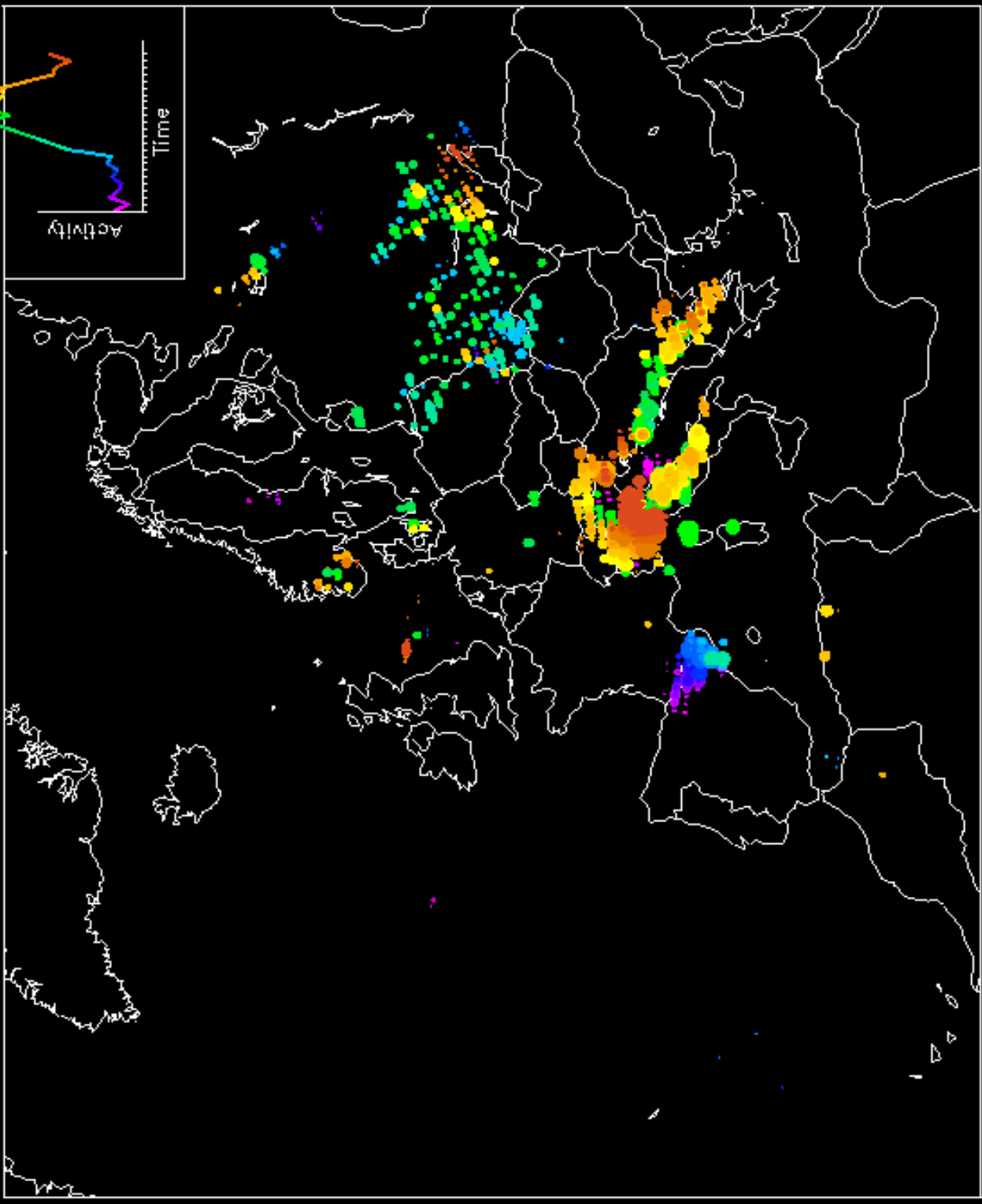


Strikes/30min  
(Hr - Hr-30)

# Sferics (Blitze) 20May2003 00 - 23 UTC



# Sferics (Blitze) 28Jun2003 00 - 23 UTC



- 23 \*
  - 22 \*
  - 21 \*
  - 20 \*
  - 19 \*
  - 18 \*
  - 17 \*
  - 16 \*
  - 15 \*
  - 14 \*
  - 13 \*
  - 12 \*
  - 11 \*
  - 10 \*
  - 9 \*
  - 8 \*
  - 7 \*
  - 6 \*
  - 5 \*
  - 4 \*
  - 3 \*
  - 2 \*
  - 1 \*
  - 0 \*
- UTC

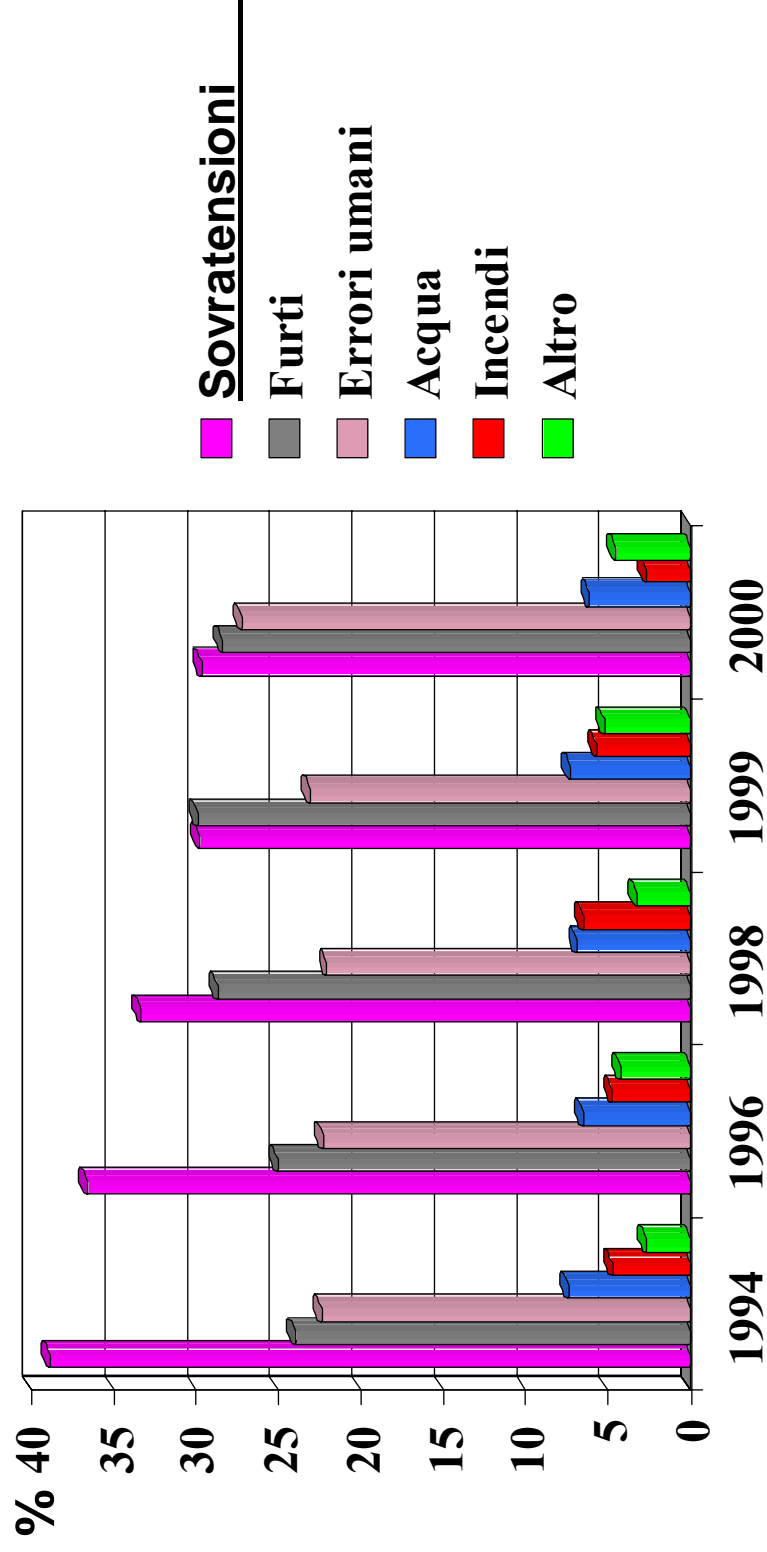
- > 80
  - 64 - 80
  - 49 - 63
  - 36 - 48
  - 25 - 35
  - 16 - 24
  - 9 - 15
  - 4 - 8
  - 2 - 3
  - 1
- Strikes/30min  
(Hr - Hr-30)





# Analisi dei danni

## Ripartizione delle spese per sinistri



Fonte: TELA Versicherung AG, Munich



# Le sovratensioni



Apparecchi delicati e costosi



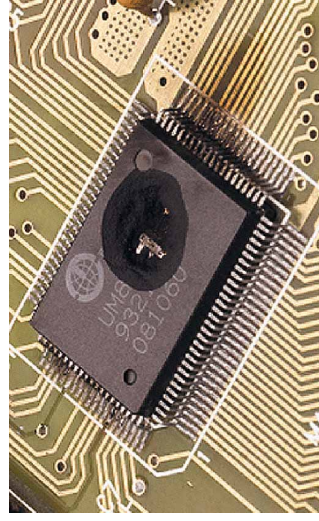
€ 1000



€ 2000



€ 1500



# Le sovratensioni



Effetti delle sovratensioni sugli apparecchi

**Ampiezza delle**

**sovratensioni** 

**TENSIONE DI  
TENUTA**

**DANNI**

**RIDUZIONE VITA  
UTILE**

**LIVELLO DI  
IMMUNITÀ**

**MALFUNZIONAMENTI**

**NESSUN EFFETTO**

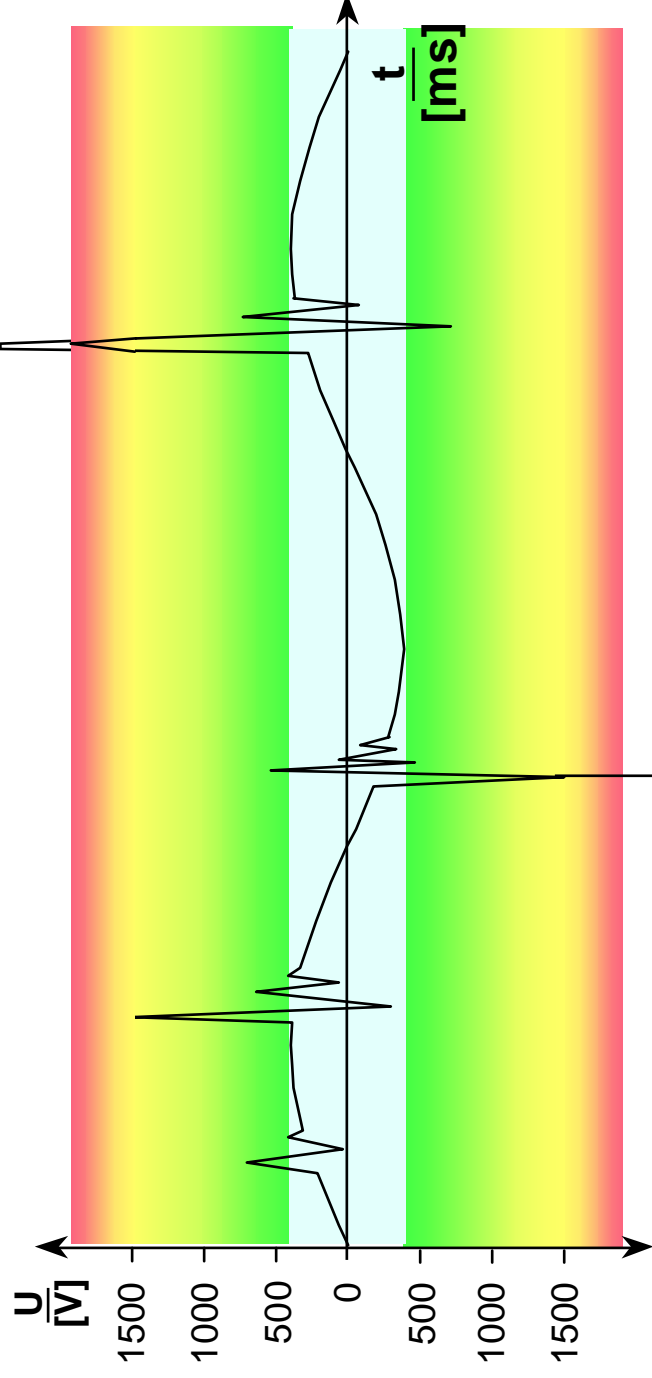


# Le sovratensioni

---



**La norma CEI 28-6 (Coordinamento dell'isolamento per apparecchi in BT) definisce come sovratensione tutte le tensioni che hanno un valore di picco eccedente il valore di picco corrispondente alla tensione massima in regime permanente nelle condizioni normali di funzionamento.**



# Le sovratensioni

---



**Tensione di tenuta degli isolamenti utilizzati in B.T.**

Apparecchiature	Tensione di Tenuta
Dispositivi elettrici industriali	4 ÷ 8 KV
Apparati per telecomunicazione	1 ÷ 3 KV
Componenti elettronici	5 ÷ 100 V
Cavi per alimentazione	≤ 15 KV
Cavi per segnali	≤ 10 KV
Cavi per telecomunicazioni	3 ÷ 5 KV

**Quando la sovratensione supera la tenuta degli isolamenti avviene il guasto e/o rottura del componente**



# Le sovratensioni

---



## La legge

**DPR 547/55** sulla prevenzione sugli infortuni del Lavoro:

- **art 286** - Gli impianti elettrici devono, in quanto necessario ai fini della sicurezza ed in quanto tecnicamente possibile, essere provvisti di idonei dispositivi di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche.

**Legge n° 46 del 5 Marzo 1990**

**DPR n° 447/91** regolamento di attuazione della Legge N° 46/90 pretendono il rispetto della **regola dell'arte**.

Il modo più semplice per ottemperare a quanto richiesto è quello di realizzare un impianto di protezione contro le sovratensioni quando l'applicazione della Norma CEEI 81-1 e/o l'analisi del rischio condotta secondo la norma CEEI 81-4 ne indichino la necessità, ed utilizzando SPD conformi alla norma EN61643-1 seguendo le indicazioni della guida CEEI 81-8 circa la scelta ed il dimensionamento e del costruttore per il coordinamento.



# Le sovratensioni

---



## Le norme

1. **CEI 81-1**. Terza edizione, 1995. Protezione delle strutture contro i fulmini
2. **CEI 81-4**. Prima edizione, 1996. Protezione delle strutture contro i fulmini - Valutazione del rischio dovuto al fulmine
3. **Guida CEI 81-8**: "Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensione sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione."
4. **IEC/EN 61643-1**: First edition, 1998, Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems -Part 1: Performance requirements and testing methods of SPDs
5. **CEI 28-6**. Prima edizione, 1997. Coordinamento dell'isolamento per gli apparecchi nei sistemi a bassa tensione
6. **IEC/HD 60364-4-443**: Second edition, 1995-04. Electrical installation of buildings. Part 4: Protection for safety ; Chapter 44: Protection against overvoltages; Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching
7. **Guida CEI 17-70**: Guida all'applicazione delle Norme dei quadri di Bassa Tensione. I edizione.

# Le sovratensioni

---



## Generalità

- La Norma CEI 81-4 non indica come scegliere, installare e dimensionare gli SPD
- L'utente della Guida CEI 81-8 deve aver eseguito l'analisi del rischio in base alla Norma CEI 81-4
- La Guida fornisce le indicazioni per scegliere, installare e dimensionare gli SPD



# Le sovratensioni

---



## SPD: una delle misure di protezione

- Una delle misure di protezione indicate dalla norma CEI 81-4 per ogni componente del rischio associata alla linea elettrica è l'utilizzo degli SPD
  - L'efficacia degli SPD è misurata dai fattori di riduzione “k” del rischio indicati dalla norma CEI 81-4
  - i fattori di riduzione k riducono la probabilità “p” che un fulmine possa causare danni
    - la probabilità P relativa alle varie componenti di rischio si valuta con questa relazione :  $P = k \times p$
- dove p è la probabilità relativa alla struttura non protetta

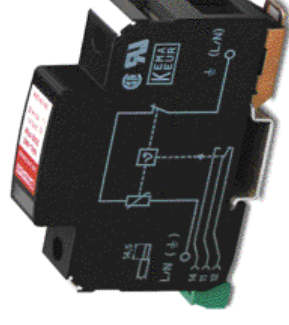
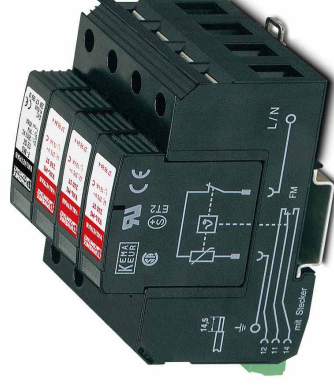
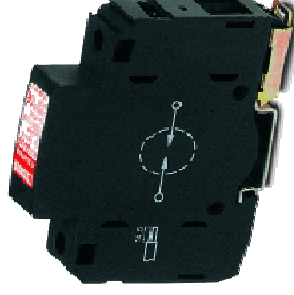
# TRABTECH

---



Che cosa sono gli SPD

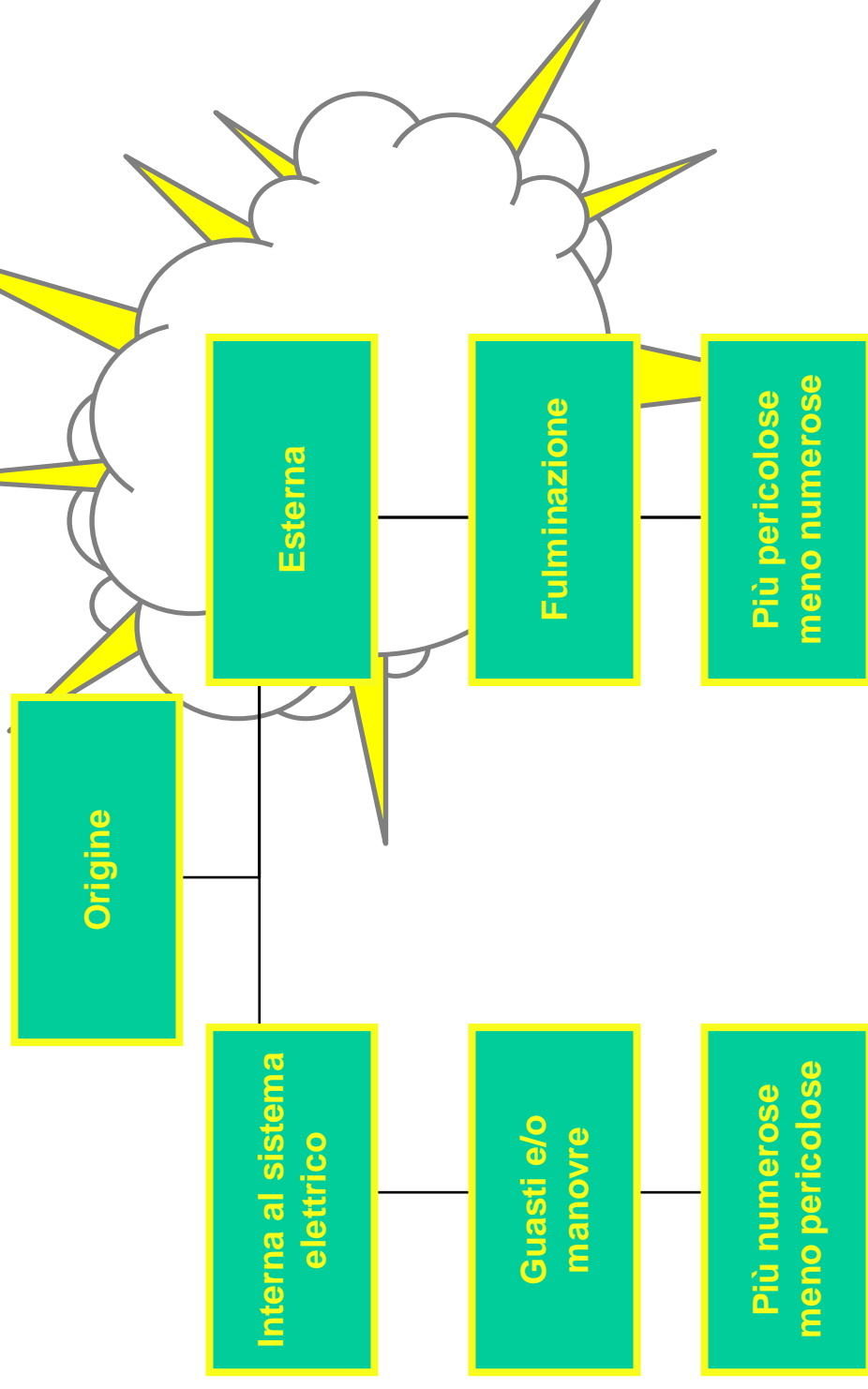
Dispositivo utilizzato  
per **limitare le  
sovratensioni**  
transitorie e deviare le  
correnti impulsive.  
Esso contiene almeno  
un componente non  
lineare.



# Le sovratensioni



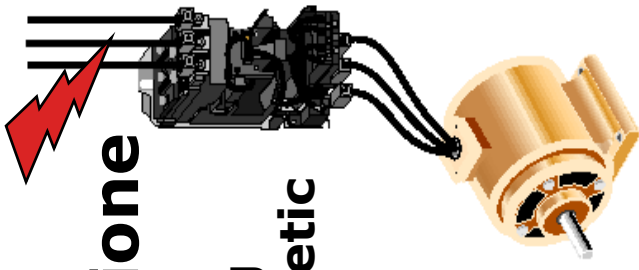
## Le origini delle sovratensioni





**Scarica  
atmosferica**  
LEMP  
Lightning  
Electromagnetic  
Pulse

**Manovra  
di  
commutazione**  
SEMP  
Switching  
Electromagnetic  
Pulse

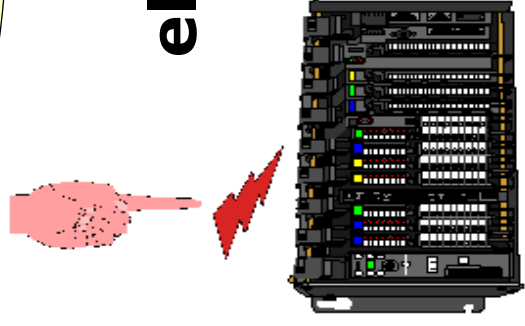


**Cause di  
sovratensioni**

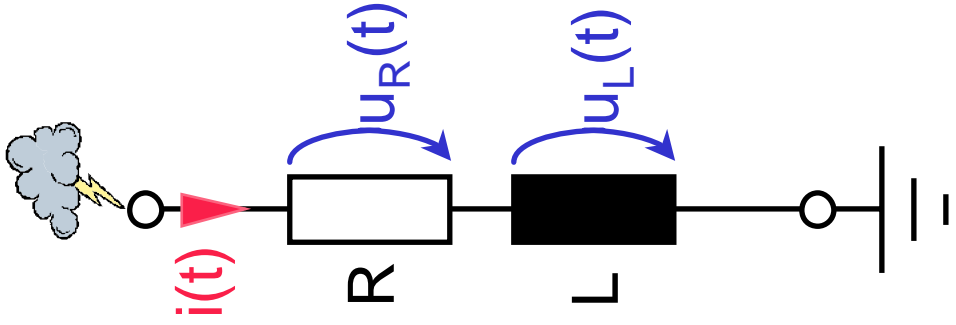
**Esplosione  
nucleare  
ad alta  
quota**  
HEMP  
High  
altitude  
Electromagnetic  
Pulse

**Esplosione  
nucleare**  
NEMP  
Nuclear  
Electromagnetic  
Pulse

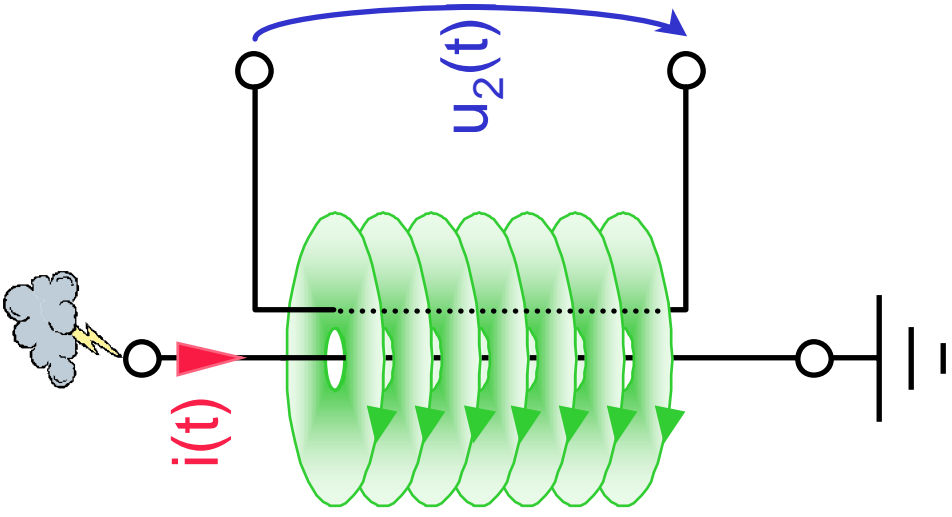
**Scarica  
elettrostatica**  
ESD  
Electrostatic  
Discharge



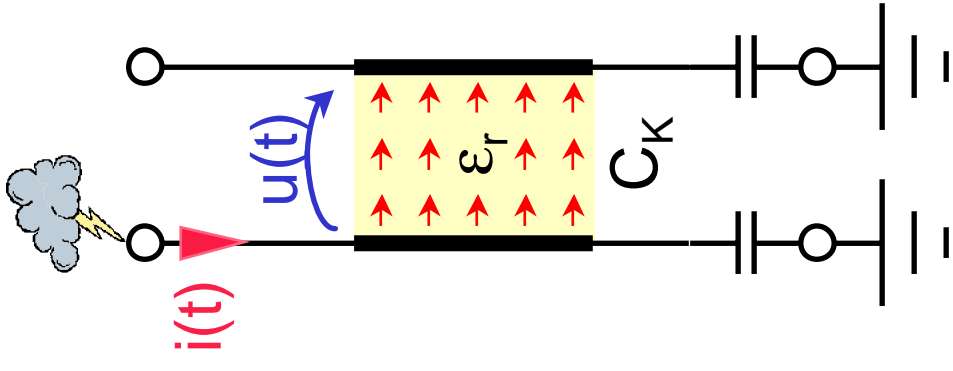
# TIPI DI ACCOPPIAMENTO



galvanico



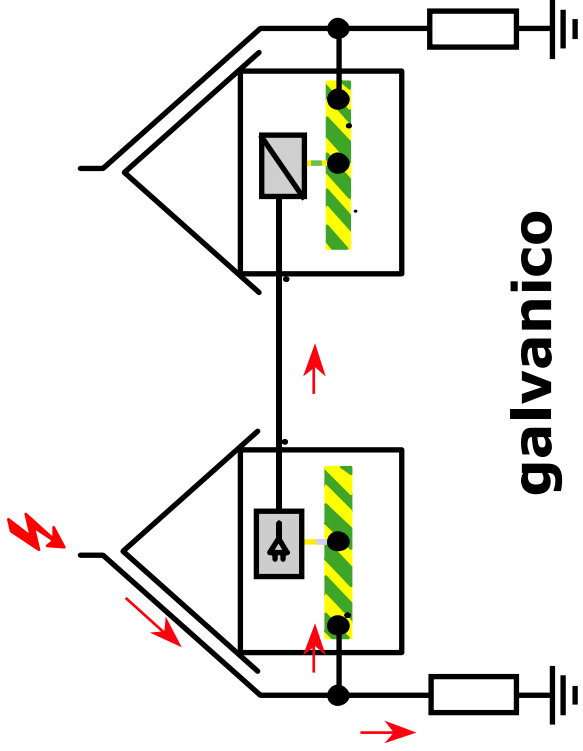
induttivo



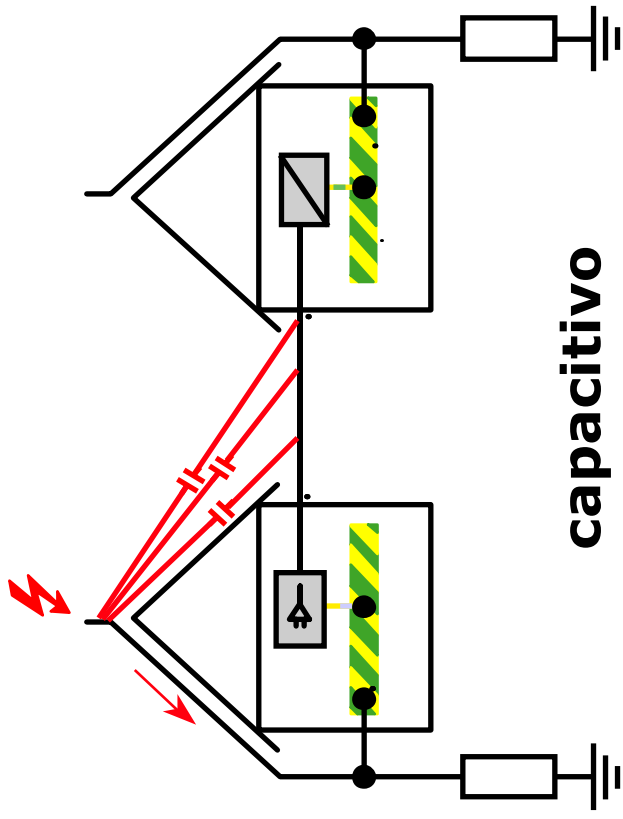
capacitivo



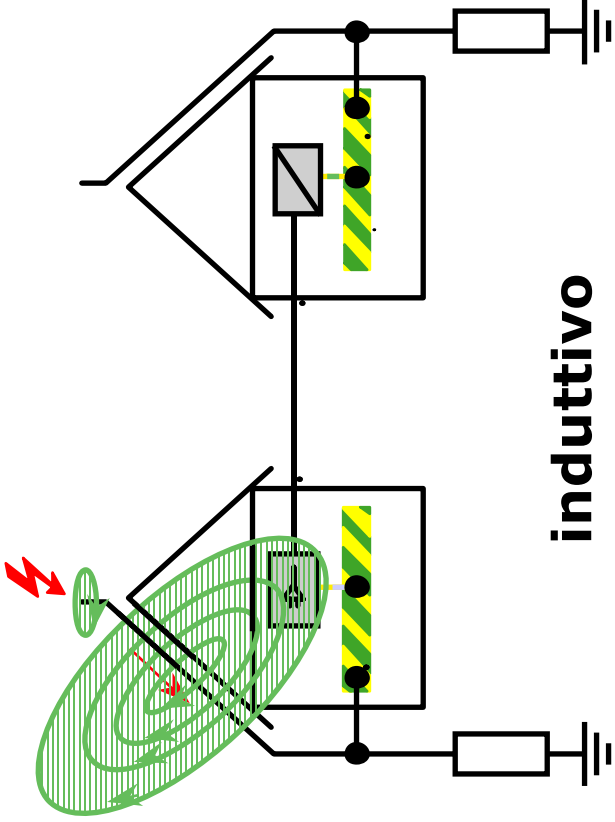
# TIPI DI ACCOPIAMENTO



**galvanico**



**capacitivo**



**induttivo**

# Parametri caratteristici della corrente di fulmine



Frequenza		50 %	10 %	5 %	$\approx 1 %$
Valore di cresta corr. atmosferica	<b>kA</b>	30	80	100	200
Max. pendenza corr. atmosferica	<b>kA/<math>\mu</math>s</b>	20	90	100	100
Carica di una scarica atmosf.	<b>As</b>	10	80	100	400
Impulso quadrato scarica atmosf.	<b>A<sup>2</sup>s</b>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	5·10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>



# Parametri corrente di fulmine secondo IEC 61312-1

Parametri della corrente di fulmine	Liv. I	Liv. II	Liv. III
Corrente di picco I (kA)	200	150	100
Tempo di salita T1 ( $\mu$ s)	10	10	10
Tempo all'emivalore T2 ( $\mu$ s)	350	350	350
Carica Qs (C)	100	75	50
Energia specifica W/R (MJ/ $\Omega$ )	10	5,6	2,5



# Le sovratensioni

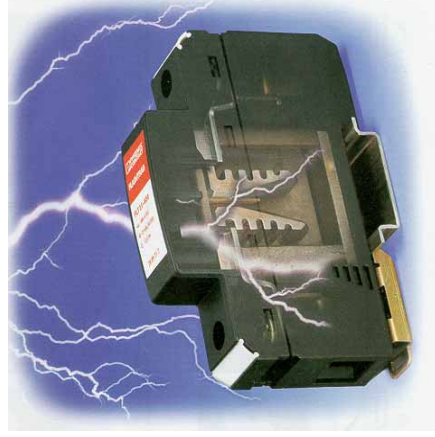
---



A che cosa servono gli SPD

Gli SPD sono usati per proteggere gli impianti e gli apparecchi da diverse sovratensioni, originate da **fulmini e manovre**.

Gli SPD devono essere dimensionati in funzione della loro esposizione ambientale e del livello di guasto accettato dalle apparecchiature protette e dagli stessi SPD.



# **PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI**

## **Riferimenti giuridico - normativi**

# QUADRO GIURIDICO-NORMATIVO

Impianti di produzione, trasporto, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica in edifici (anche destinati a attività produttive, al commercio al terziario e ad altri usi), impianti radiotelevisivi ed elettronici in genere, antenne e impianti di protezione da scariche atmosferiche

**Legge 5.03.1990, n. 46**

**"Norme per la sicurezza degli impianti"**

**Articolo 7**

**Esecuzione di impianti a regola d'arte  
Norme CEI o UNI => Regola d'arte**

**Norma CEI 64-8:1998  
Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V AC e a 1500 V DC**



# QUADRO GIURIDICO-NORMATIVO

## CEI 64-8/4 § 443

“Protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica o dovute a manovre”

Contenuto allo studio

Commenti => CEI CT 81

## CEI CT 81

- 81-1 Protezione delle strutture contro i fulmini
- 81-3 Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato per i comuni italiani
- 81-4 Valutazione del rischio dovuto al fulmine

**Secondo quanto previsto dalla norma CEI 81-4, in associazione al fulmine, quattro diverse tipologie di rischio sono da prendere in considerazione :**

<b>TIPO 1</b>	<b>Perdita di vite umane</b>
<b>TIPO 2</b>	<b>Perdita inaccettabile di servizio pubblico</b>
<b>TIPO 3</b>	<b>Perdita di patrimonio culturale insostituibile</b>
<b>TIPO 4</b>	<b>Perdita economiche</b>

**Per ognuna di queste tipologie di rischio sarà necessario calcolare il rischio corrispondente (nel seguito R) e confrontarlo con dei valori limite (nel seguito Ra) fissati dalla norma CEI 81-1:**

<b>CEI 81-1</b>	<b>Ra</b>
<b>TIPO 1</b>	<b>10<sup>-5</sup></b>
<b>TIPO 2</b>	<b>10<sup>-3</sup></b>
<b>TIPO 3</b>	<b>10<sup>-3</sup></b>

<b>R &lt; Ra</b>	<b>Struttura protetta</b>
<b>R &gt; Ra</b>	<b>Struttura non protetta</b>

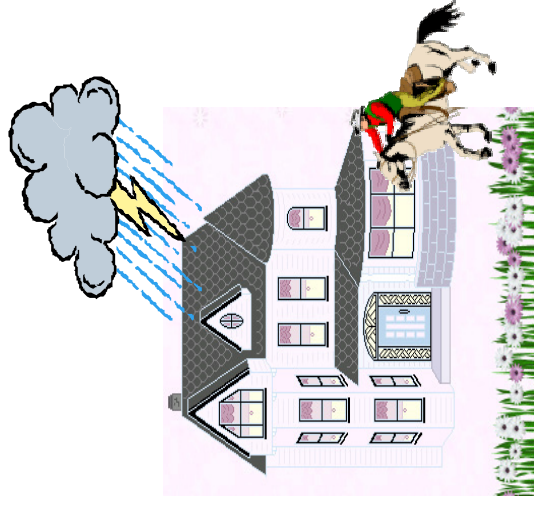
# Norma CEI 81-4

---



## Componente “H”

**Tensioni di contatto e di  
passo all'esterno per  
fulminazione diretta della  
struttura**



## Componente “A”

**Incendi interni alla struttura  
dovuti a fulminazione diretta  
della struttura**



# Norma CEI 81-4



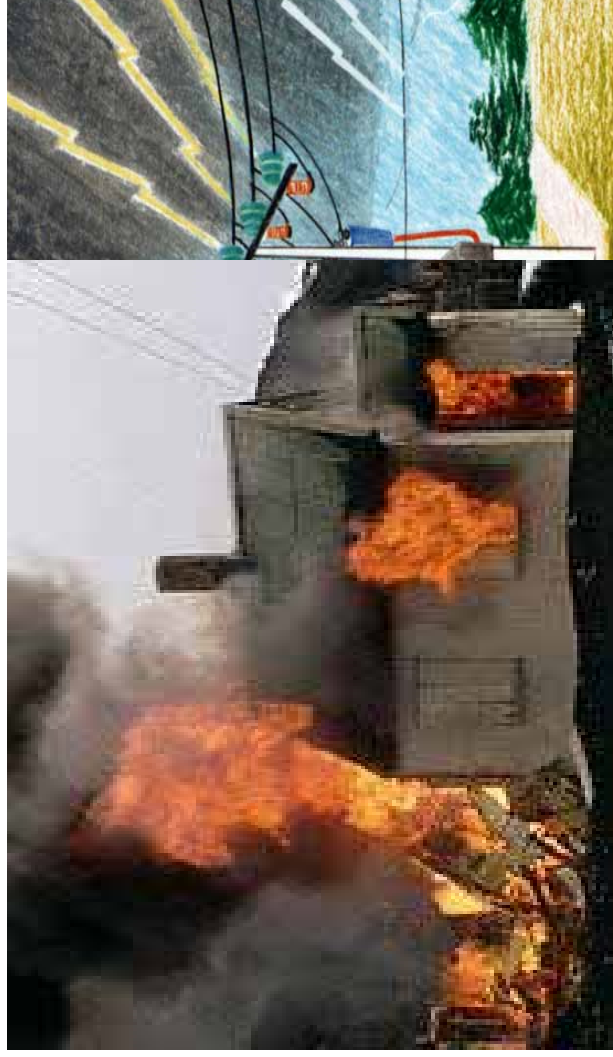
## Componente “D”

Sovratensioni sugli impianti elettrici per fulminazione diretta della struttura, si distingue:

- Accoppiamento resistivo
- Accoppiamento induttivo

## Componente “C”

Incendi alla struttura dovuti a fulminazione diretta della linea elettrica



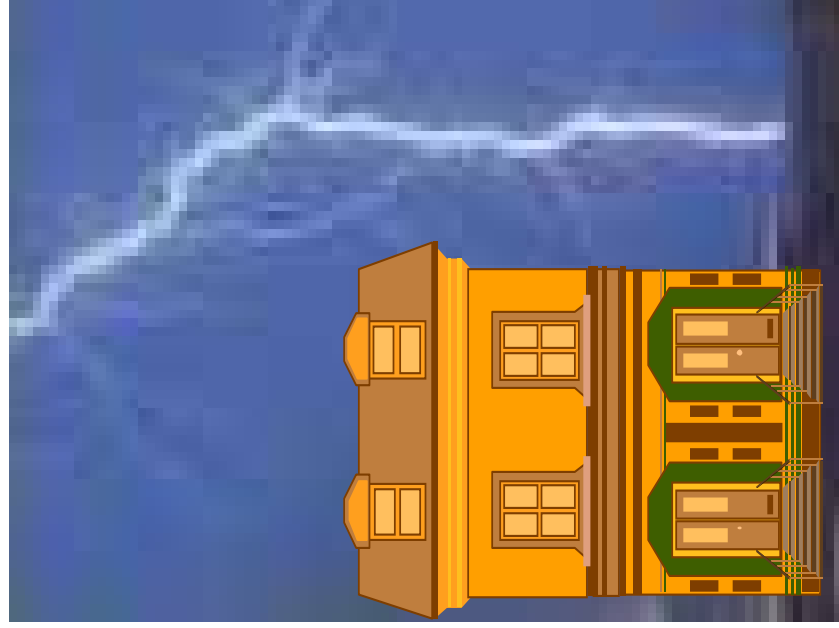
# Norma CEI 81-4

---



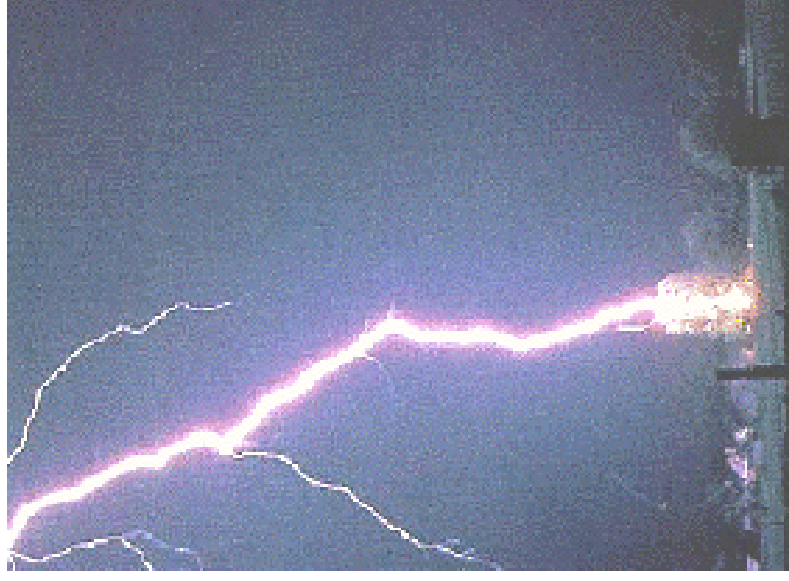
## Componente “M”

**Sovratensioni sugli impianti interni dovute a fulmini a terra in prossimità della struttura**



## Componente “G”

**Sovratensioni sugli impianti interni dovute a fulminazione indiretta della linea elettrica**





# Norma CEI 81-4

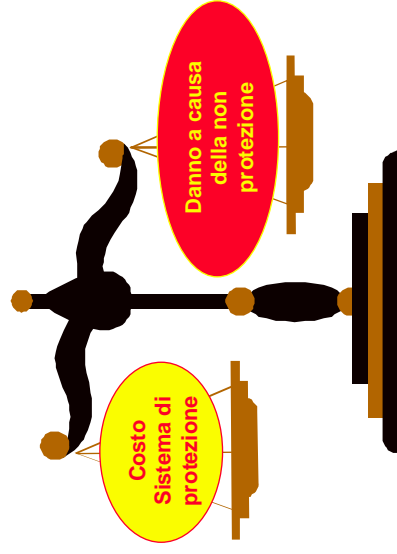


## Tipi di rischio e relativo danno tollerabile

Tabella 1 – Valori del rischio tollerabile in funzione del tipo di danno

Tipo di danno	R <sub>a</sub>	
1	10 <sup>-5</sup>	Perdita di vite umane (1)
2	10 <sup>-3</sup>	Perdita inaccettabile di servizi pubblici essenziali (2)
3	10 <sup>-3</sup>	Perdita di patrimonio culturale insostituibile (3)

- (1) Danno inteso come numero di morti all'anno, riferito al numero totale di persone esposte al rischio
- (2) Danno inteso come prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale degli utenti serviti all'anno
- (3) Danno inteso come valore annuo dei beni perduti, riferito al valore totale dei beni esposti al rischio



**A ciò si aggiunge il Tipo 4 che rappresenta la perdita di valore puramente economico, per il quale la valutazione del danno tollerabile è ovviamente un puro confronto costi - benefici**

<b>COMPONENTI DI RISCHIO (CEI 81-4)</b>						
<b>Comp. H</b>	<b>Tensioni di contatto e di passo all'esterno della struttura</b>					
<b>Comp. A</b>	<b>Incendi all'interno della struttura (fulminazione diretta)</b>					
<b>Comp. D</b>	<b>Sovratensioni su impianti interni e esterni (fulmin. diretta)</b>					
<b>Comp. M</b>	<b>Sovratensioni su impianti interni (fulmini a terra)</b>					
<b>Comp. G</b>	<b>Sovratensioni su impianti interna (fulminazione indiretta)</b>					
<b>Comp. C</b>	<b>Incendi interni alla struttura (fulminazione indiretta)</b>					
	<b>H</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>M<sup>(1)</sup></b>	<b>G</b>	<b>C<sup>(2)</sup></b>
<b>TIPO 1</b>	X	X	X <sup>(3)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X
<b>TIPO 2</b>	-	X	X	X	X	X
<b>TIPO 3</b>	-	X	-	-	-	X
<b>TIPO 4</b>	X <sup>(4)</sup>	X	X	X	X	X
<p>(1) Per strutture contenenti impianti interni sensibili  (2) Per linee d'energia  (3) Per ospedali e per strutture con rischio di esplosione  (4) Per strutture ad uso agricolo (perdita di animali)</p>						

# Guida CEI 81-8

---



## Perché una Guida CEI su utilizzo di SPD su impianti BT?

- La Norma CEI 81-4 indica
  - Quando serve un SPD (valutazione del rischio)
  - I valori dei fattori di riduzione relativi agli SPD
- La Norma CEI 81-4 NON indica
  - Come dimensionare un SPD?
  - Quanti SPD servono?
  - Dove e come devono essere installati gli SPD?
  - Quando e come gli SPD devono essere coordinati?
- La Norma IEC 61643-12 “Selection and application principle” non fornisce una risposta esaustiva a tali domande

# Guida CEI 81-8

---



- La Norma CEI 81-4 non indica come scegliere, installare e dimensionare gli SPD
- L'utente della Guida CEI 81-8 deve aver eseguito l'analisi del rischio in base alla Norma CEI 81-4
- La Guida fornisce le indicazioni per scegliere, installare e dimensionare gli SPD

# Guida CEI 81-8

---



## SPD: una delle misure di protezione

- Una delle misure di protezione indicate dalla norma CEI 81-4 per ogni componente del rischio associata alla linea elettrica è l'utilizzo degli SPD
  - L'efficacia degli SPD è misurata dai fattori di riduzione "k" del rischio indicati dalla norma CEI 81-4
  - i fattori di riduzione k riducono la probabilità "p" che un fulmine possa causare danni
    - la probabilità P relativa alle varie componenti di rischio si valuta con questa relazione :  $P = k \times p$
- dove p è la probabilità relativa alla struttura non protetta

# Guida CEI 81-8

---



## Ubicazione e classe di prova degli SPD

- SPD ubicati all'origine dell'impianto
  - classe I e II: si applica il fattore k5
- SPD installati vicino alle apparecchiature o nei quadri intermedi
  - classe II e III: si applica il fattore k3

# Guida CEI 81-8

---



## Ubicazione e classe di prova degli SPD

- SPD ubicati all'origine dell'impianto
  - classe I: riducono tramite il fattore  $k_5 = 0,01$  le componenti di rischio A, D (solo la parte relativa all'accoppiamento resistivo), C e G
  - classe II: riducono tramite  $k_5 = 0,01$  solo la componente G; ( $k_5 = 1$  per le componenti A, C e D)
  - è ammesso l'utilizzo di questo tipo di SPD solo quando la frequenza di fulminazione diretta della linea ( $N_c$ ) e della struttura ( $N_d$ ) è molto bassa:
    - $N_c + N_d < 0,1$

# Guida CEI 81-8

---



## Ubicazione e classe di prova degli SPD

- SPD in classe II o III installati vicino alle apparecchiature o nei quadri intermedi
  - per ridurre tramite il fattore  $k_3 = 0,01$  le componenti di rischio D (solo la parte relativa all'accoppiamento induttivo) e M
  - quando l'SPD a monte non è in grado di proteggere le apparecchiature e cioè:
    - $U_{\text{prot}} \geq 0,9 \times U_{\text{tenuta}}$
    - distanza dell'apparecchiatura da proteggere dall'SPD > distanza di protezione



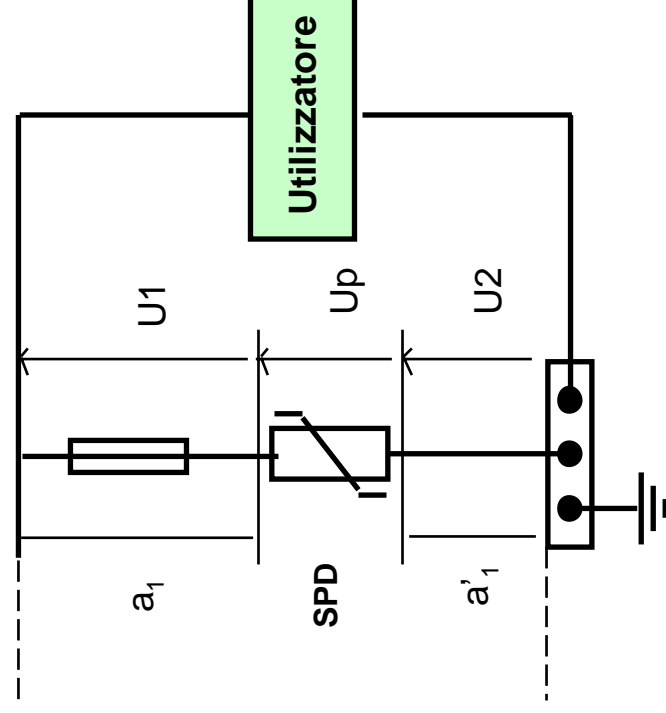
# Guida CEI 81-8



## Ubicazione e classe di prova degli SPD

- Livello di protezione effettivo ( $U_{\text{prot}}$ ) =  $U_p + U_1 + U_2$

$$U_{\text{prot}} = (U_p + U_1 + U_2) < 0,9 \times U_{\text{tenuta utilizzatore}}$$



# Guida CEI 81-8

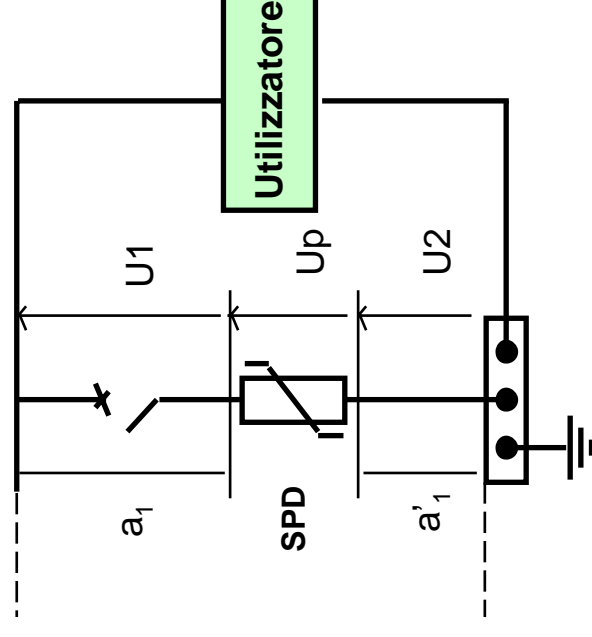


## Dimensionamento SPD di classe I e II

- Verifica coordinamento SPD/utilizzatore

– se  $U_{\text{prot}} > 0,9 \times U_{\text{tenuta utilizzatore}}$

- ridurre l'induttanza dei collegamenti  $a_1$  e  $a'_1$  o installare un SPD con  $U_p$  minore
- installare un altro SPD a valle



# Guida CEI 81-8

---



## Dimensionamento SPD

- Quali sono i parametri fondamentali?
  - livello di protezione effettivo ( $U_{\text{prot}}$ )
  - tensione massima continuativa ( $U_c$ )
  - corrente ad impulso ( $I_{\text{imp}}$ ) per SPD di classe di prova I
  - capacità d'estinzione della corrente susseguente di rete ( $I_s$ ) per SPD ad innesco
  - corrente nominale di scarica ( $I_n$ ) per SPD di classe di prova II
  - tensione a vuoto del generatore di prova ( $U_{oc}$ ) per SPD di classe di prova III. (il generatore, in corto circuito, genera una corrente con forma d'onda 8/20  $\mu\text{s}$ .)

# Guida CEI 81-8

---



## Dimensionamento SPD di classe II

- Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )
  - SPD all'origine dell'impianto:  $I_n \geq 10 \text{ kA}$  (onda 8/20  $\mu\text{s}$ )
    - $K5 = 0,01$  per la componente G
  - SPD vicino alle apparecchiature o nei quadri intermedi:  
 $I_n \geq 5 \text{ kA}$  (onda 8/20  $\mu\text{s}$ )
    - $k3 = 0,01$  per le componenti D ed M

# Guida CEI 81-8

---



## Dimensionamento degli SPD di classe III

- valore di picco della tensione a vuoto del generatore di prova combinato applicato all'SPD
  - $U_{oc} \geq 10 \text{ kV}$  (che corrisponde ad una corrente di scarica nell'SPD di classe di prova III pari a 5 kA)

Nota: La prova con il generatore combinato prevede il collegamento di fase e neutro verso terra: i 5 kA sono complessivi)



# Guida CEI 81-8

---



## Dimensionamento SPD Classe di Prova I: origine impianto BT

- Tensione massima continuativa ( $U_c$ )
- Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )
- Capacità d'estinzione della corrente susseguente di rete fornita dall'impianto BT ( $I_s$ ) per SPD ad innesco
- Livello di Protezione effettivo ( $U_{prot}$ )

# Guida CEI 81-8



Tensione massima continuativa ( $U_c$ )

**La Norma IEC 61643-1 prevede prove contro le TOV**

## SPD NON provati contro le TOV

- SPD tra fase e terra  
TN  $U_c \geq 1.45 \times U_o$   
TT e IT  $U_c \geq 1.732 \times U_o$
- SPD tra fase e neutro  
TN e TT  $U_c \geq 1.45 \times U_o$

## SPD provati contro le TOV

- SPD tra fase e terra  
TN, TT  $U_c \geq 1.1 \times U_o$   
IT  $U_c \geq 1.732 \times U_o$
- SPD tra fase e neutro  
TN e TT  $U_c \geq 1.1 \times U_o$

- SPD provati secondo le TOV (l'SPD deve resistere o danneggiarsi senza provocare situazioni pericolose quando è sollecitato dalle TOV):

# Guida CEI 81-8



Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ ): fulminazione diretta struttura

Norma CEI 81-1

$$I_F = \frac{Z \times I}{n_1 \times Z + Z_1}$$

Cavo non schermato

$$I_{cond} = \frac{I_F}{m}$$

Cavo schermato

$$A < A_s \quad A_s = \frac{I_F \times \rho_s \times \ell_s}{U_{tenuta}} \times 10^6$$

$I$  corrente di picco

$n_1$  numero di servizi entranti

$Z$  resistenza di terra conforme alle norme CEI 81-1 o 64-8

$Z_1$  resistenza di terra equivalente dei servizi entranti

$m$  numero di conduttori del servizio

$$I_{cond} = I_F \times \frac{R_s}{m \times R_s + R_c}$$

$A_s$  area della sezione dello schermo

$\rho_s$  resistività materiale dello schermo

$\ell_s$  lunghezza del cavo

$U_{tenuta}$  tensione tenuta ad impulso Apparato



# Guida CEI 81-8

---

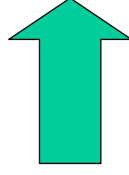


Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )

**Fulminazione diretta della linea elettrica**

Componente di rischio C

$$K_5 = 0.01$$



$$I_{imp} \geq 10 \text{ kA (10/350)}$$

# Guida CEI 81-8



**Livello di protezione effettivo ( $U_{\text{prot}}$ ): SPD**

**Classe di Prova I**

$$U_{\text{prot1}} = U_{p1} + (L_1 + L'_1) \times I$$

**SPD con intervento a limitazione**

**SPD con intervento ad innesco:  
Valore maggiore tra**

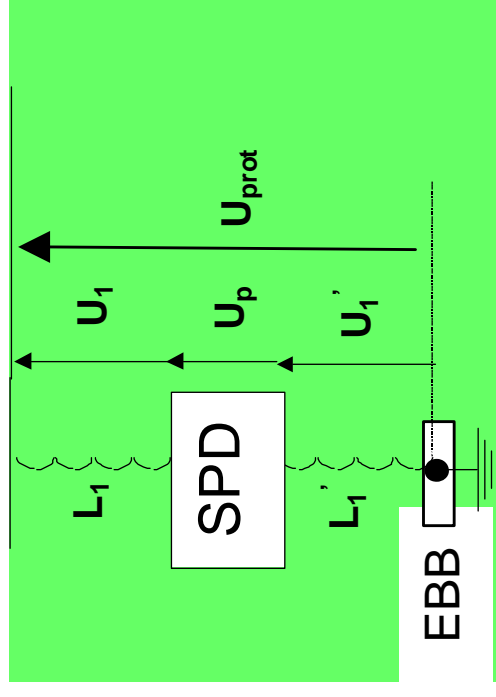
$$U_{\text{prot}} = U_p$$

$$U_{\text{prot1}} = (L_1 + L'_1) \times I$$

**$U_{\text{prot}}$ : è richiesto per componente di rischio D**

$$U_{\text{prot}} < 0.9 \times U_{\text{tenuta}}$$

$U_{\text{prot}}$  non è richiesto per le componenti di rischio A e C



# Guida CEI 81-8

---



## Dimensionamento SPD Classe di Prova II: origine impianto BT

- Tensione massima continuativa ( $U_c$ )
- Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )
- Livello di Protezione effettivo ( $U_{prot}$ )

# Guida CEI 81-8

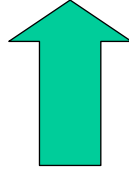
---



Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )

**Fulminazione indiretta della linea elettrica**  
Componente di rischio G

$$K_5 = 0.01$$



$$I_n \geq 10 \text{ kA (8/20}\mu\text{s)}$$

- $N_c + N_d \leq 0.1$

# Guida CEI 81-8



## Livello di protezione effettivo ( $U_{\text{prot}}$ ): SPD Classe di Prova II

SPD con intervento a limitazione

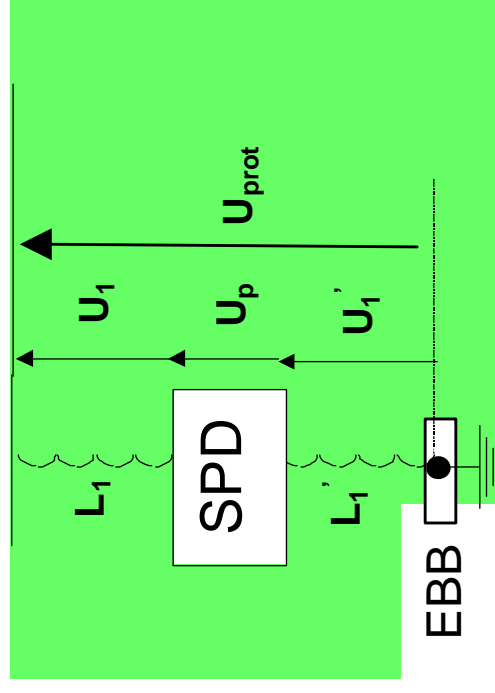
$$U_{\text{prot1}} = U_{\text{p1}} + (L_1 + L'_1) \times I$$

SPD con intervento ad innesco:  
Valore maggiore tra

$$U_{\text{prot}} = U_{\text{p}}$$

$$U_{\text{prot1}} = (L_1 + L'_1) \times I$$

$$U_{\text{prot}} < 0.9 \times U_{\text{tenuta}}$$

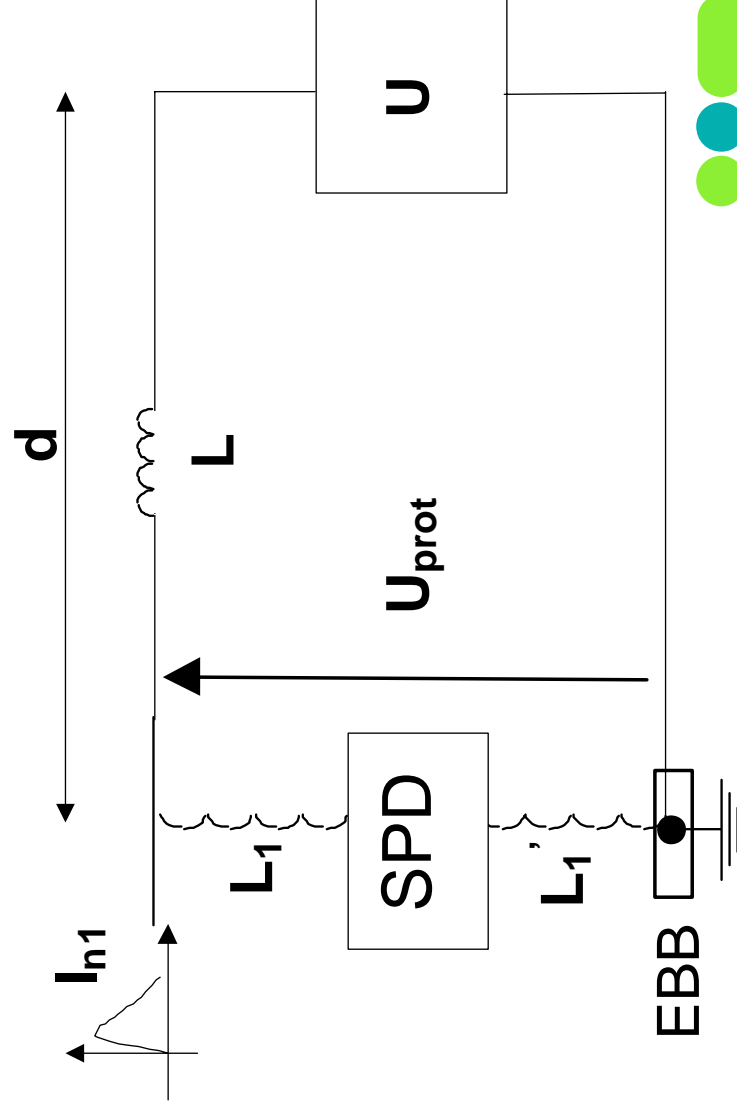


# Guida CEI 81-8



## Lunghezza di protezione degli SPD

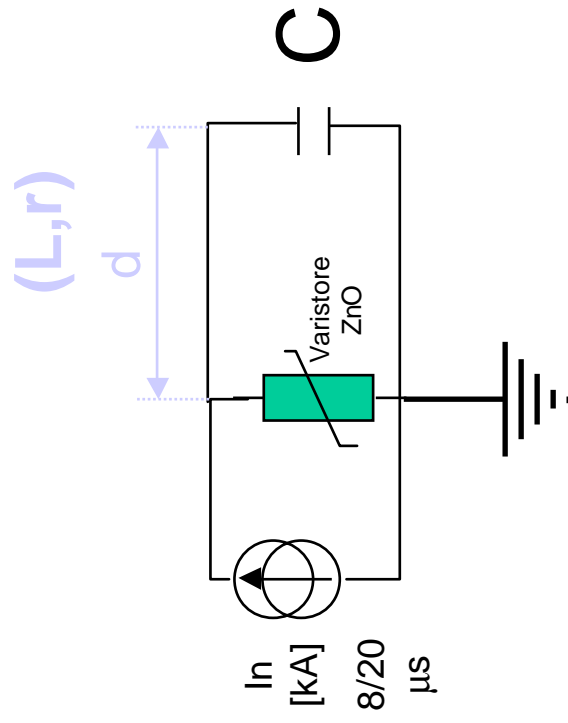
- Distanza di protezione
  - è la distanza “d” entro cui un SPD riesce a proteggere un’apparecchiatura



# Guida CEI 81-8



## Oscillazioni e lunghezza protetta



**Il fenomeno oscillatorio che dipende da  $r$ , nonché da  $L$  e  $C$  può aumentare la tensione ai capi dell'apparecchiatura da proteggere, fino a farla raddoppiare**

**(se  $U_{prot} \leq 0,5 U_{tenuta}$  non c'è limite alla distanza  $d$ )**

# Guida CEI 81-8

---



## Distanza di protezione

La guida CEI suggerisce quanto segue:

Premesso che

$$U_{\text{prot}} < 0,9 U_{\text{tenuta}}$$

- Per poter utilizzare il fattore di riduzione la distanza d non deve superare:
  - 10m (se il PE scorre nella stessa condotta dei conduttori attivi o se è un cavo schermato)
  - 15m (se il PE è collocato in un'altra condotta)





# Guida CEI 81-8



**Lunghezza di protezione**

**Ma se  $U_{\text{prot}}$  è più piccola, allora la lunghezza aumenta:**

$$U_{\text{prot}} \leq 0,9 U_{\text{tenuta}} \quad L_{\text{max}} = 10\text{m (15m)}$$

$$U_{\text{prot}} \leq 0,8 U_{\text{tenuta}} \quad L_{\text{max}} = 20\text{m (30m)}$$

$$U_{\text{prot}} \leq 0,7 U_{\text{tenuta}} \quad L_{\text{max}} = 30\text{m (45m)}$$



# Guida CEI 81-8

---



## Il coordinamento

- Approcci per coordinamento
- SPD Abbinati: Costruttori
- Simulazioni/Prove
- Tabelle di coordinamento

# Guida CEI 81-8



## Necessità di SPD nei quadri intermedi e/o vicino apparati

- Si vuole ridurre le componenti di rischio M e D (parte induttiva)
- SPD a monte **non** è sufficiente a proteggere l'apparecchiatura
  - Componenti di rischio G e D (parte resistiva)
  - Distanza tra SPD e apparecchiatura > distanza di Protezione
  - $U_{\text{prot}} > 0.9 \times U_{\text{tenuta}}$
- Componente di rischio A
  - Distanza “impianto BT” da LPS < s (distanza sicurezza)

# Guida CEI 81-8



## Distanza di sicurezza dall'LPS

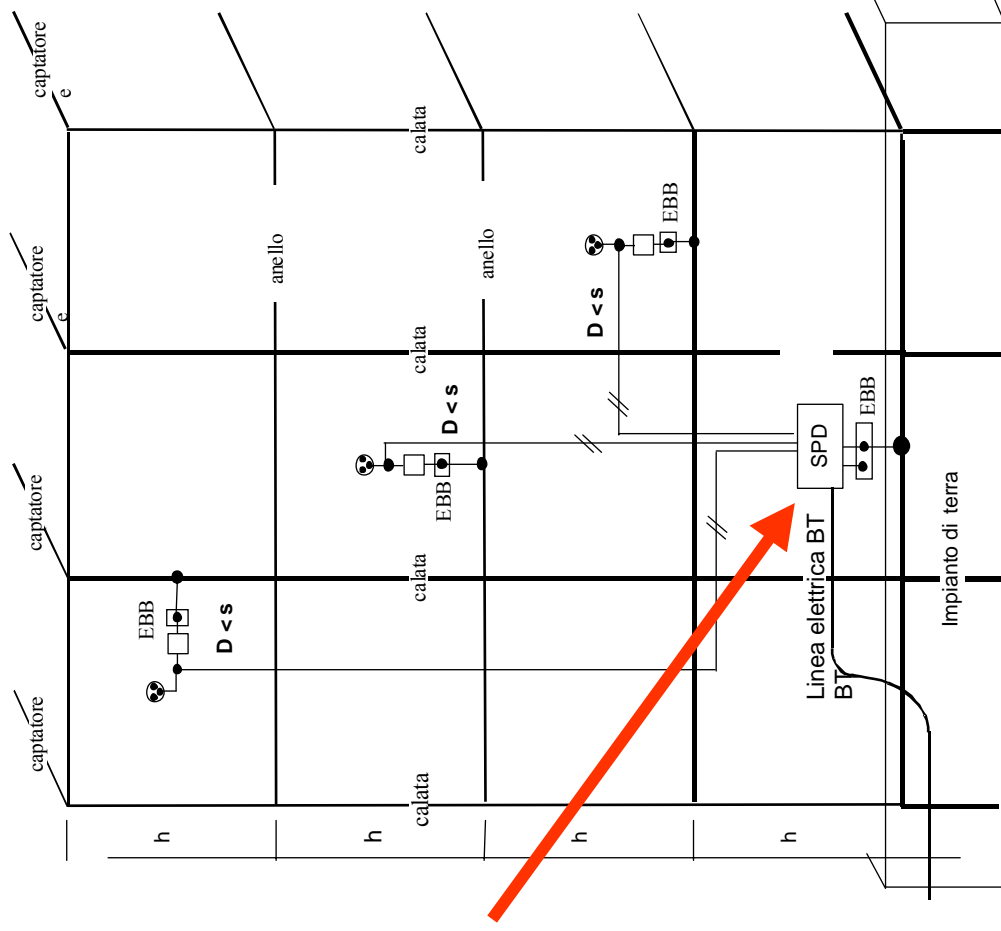
SPD di Classe I

$I_{imp}$  = corrente nella calata  
(CEI 81-1, Appendice E)

SPD tra conduttori e EBB  
collegata a LPS nel punto  
più vicino

Coordinamento con SPD  
a monte non necessario

$k_5$  inglobato in  $k_1$  di LPS



# Guida CEI 81-8



## Riduzione delle componenti di rischio M e D parte induttiva

- SPD installati vicino alle Apparecchiature:
  - SPD installati nei quadri intermedi o all'ingresso dell'apparato
- Distanza SPD-apparecchiatura  $\leq d_m$ 
  - Valori  $d_m$  allo studio: la Guida propone  $d_m = 10 \text{ m}$

SPD di  
Classe di  
Prova I o II o III

$$k_3 = 0.01$$

↑ Classe di Prova I o II

$$I_n \geq 5 \text{ kA}$$

↑ Classe di Prova III

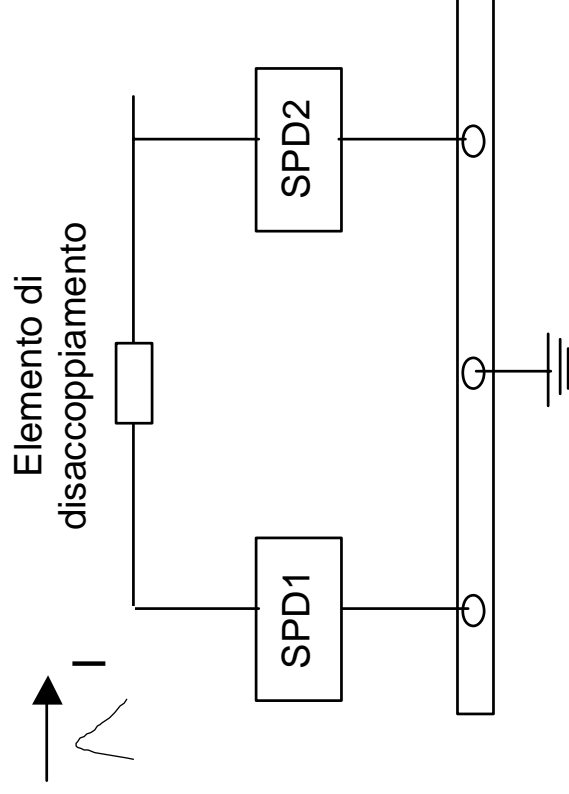
$$U_{oc} \geq 10 \text{ kV}$$



# Guida CEI 81-8



## Principio del coordinamento tra SPD



2 SPD sono sempre coordinati se hanno uguale:

- Classe di Prova
- Livello di protezione
- Corrente  $I_n$  o  $I_{imp}$

Approcci per coordinamento

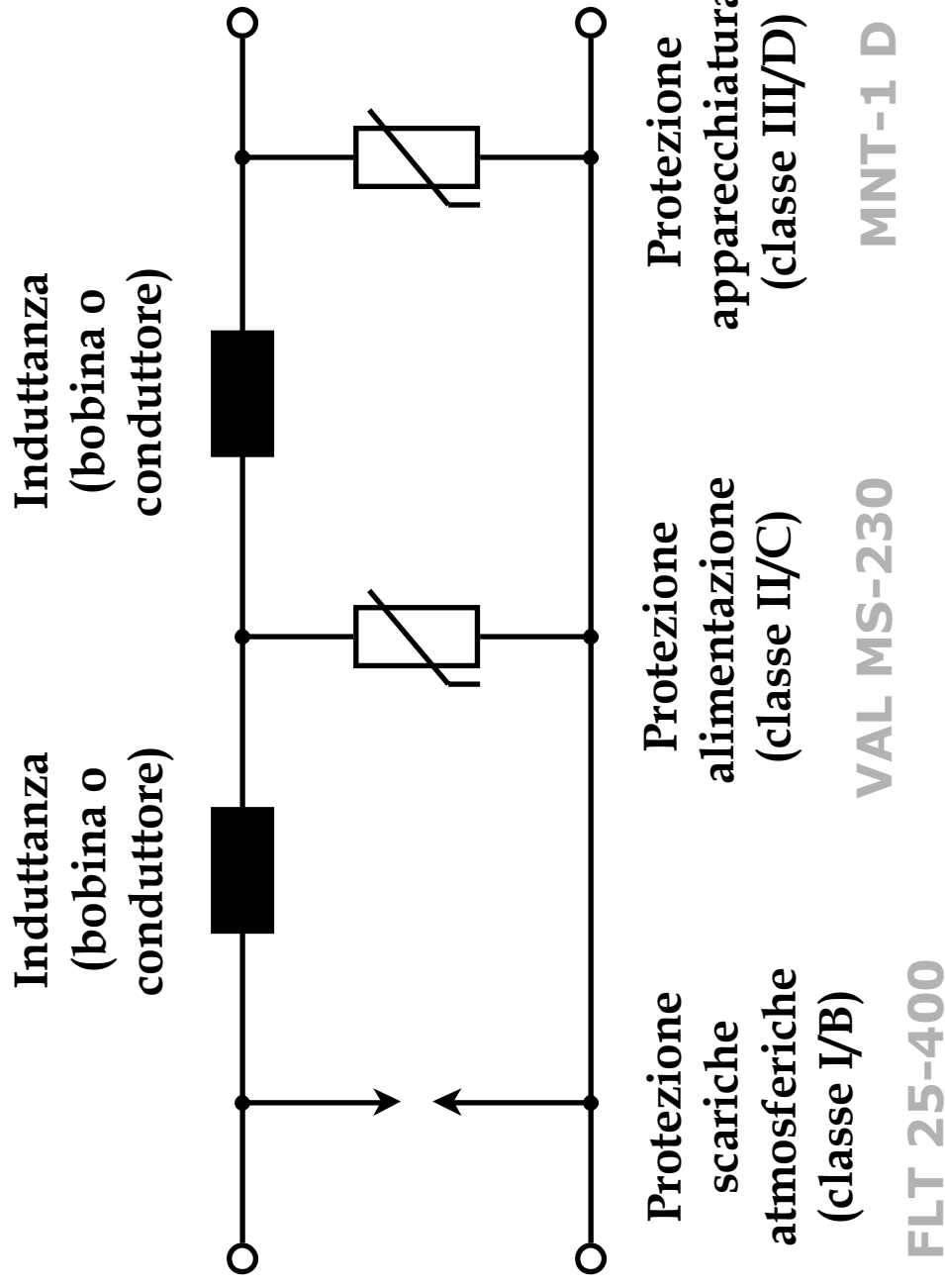
- SPD Abbinati: Costruttori
- Simulazioni/Prove
- Tabelle di coordinamento

Obiettivo COORDINAMENTO

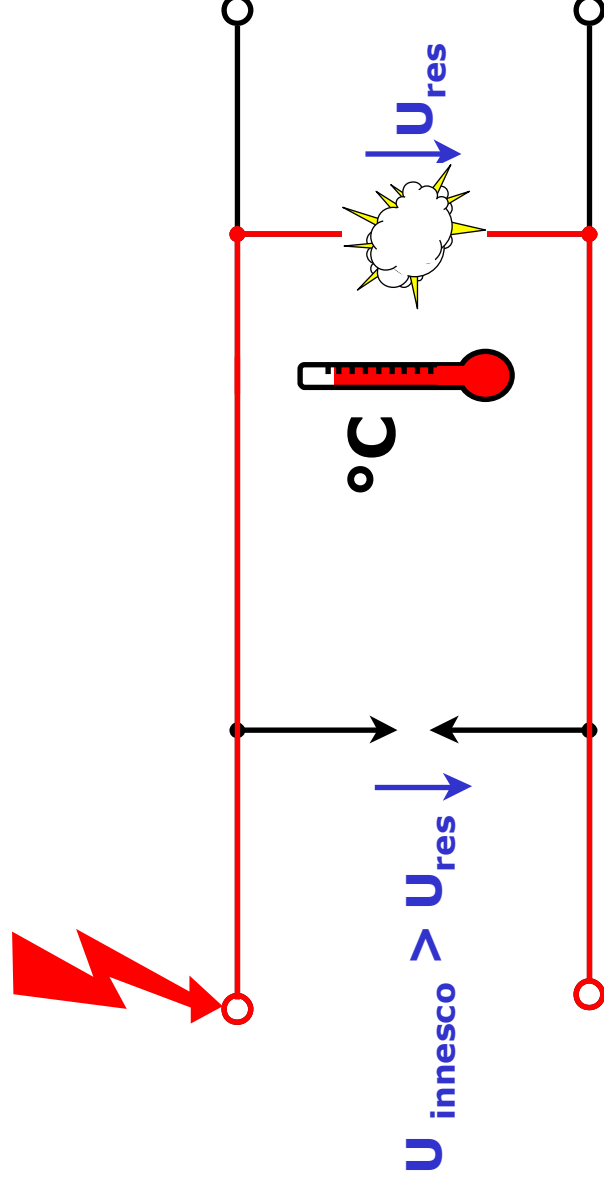
- Corrente in SPD2  $< I_{n2}$  o  $I_{imp2}$
- Energia in SPD2  $< E_{\text{soportabile}}$



# Protezione a cascata e coordinamento



# Assenza di elementi di disaccoppiamento



Protezione  
scariche  
atmosferiche  
(classe I/B)

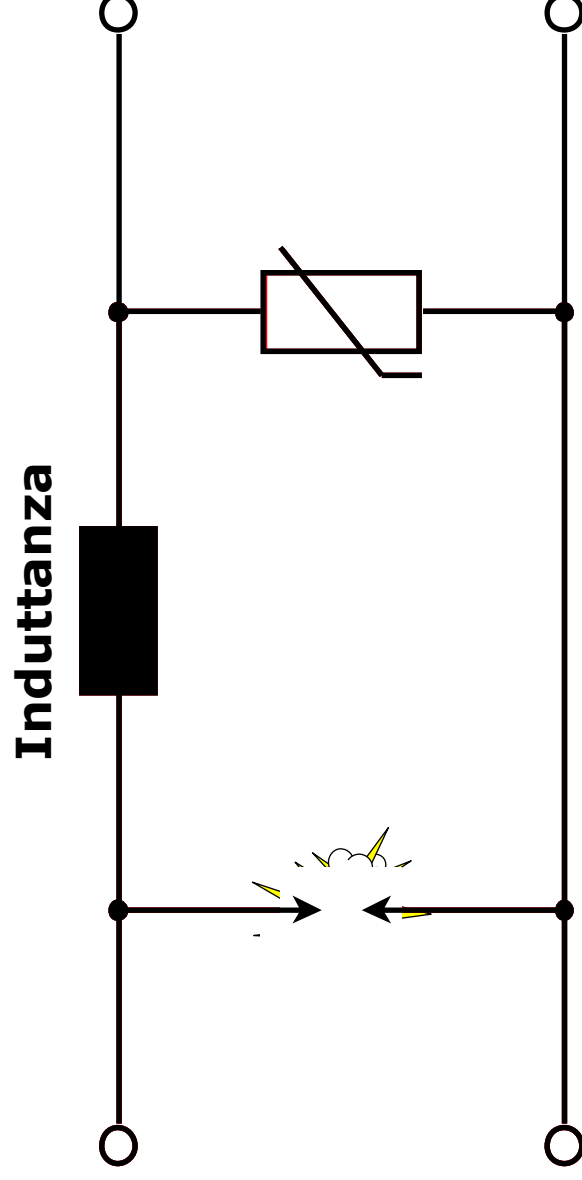
FLT 25-400

Protezione  
alimentazione  
(classe II/C)

VAL MS-230



# Induttanza come elemento di disaccoppiamento



Protezione  
alimentazione  
(classe II/C)  
VAL MS-230

Protezione  
scariche  
atmosferiche  
(classe I/B)  
FLT 25-400



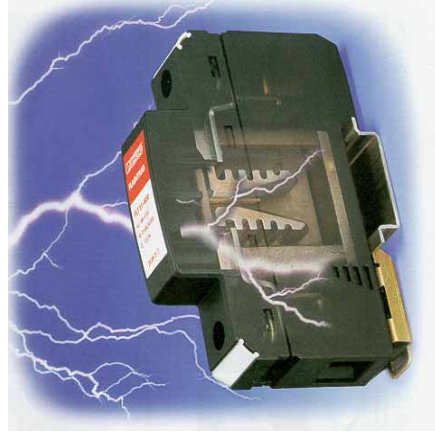
# Guida CEI 81-8



## Un esempio di coordinamento

Primo SPD			Secondo SPD			
Up1 livello di protezione kV	I <sub>max1</sub> corrente massima kA	In1 corrente nominale kA	Up2 livello di protezione kV	I <sub>max2</sub> corrente massima kA	In2 corrente nominale kA	Distanza minima d m
2,5	40	20	1,5	10	5	20
2,0	40	20	1,5	10	5	10
1,8	20	10	1,5	10	5	5
2,5	10	5	1,5	4	2	10

- Più aumenta la distanza  $d$  tra i due SPD più diminuisce la corrente  $I_2$ . Più aumenta l'impedenza del collegamento tra i due SPD più il secondo SPD è indipendente dal primo
- Più  $U_{p2}$  è piccola rispetto ad  $U_{p1}$  più aumenta la corrente  $I_2$ . Più diminuisce il rapporto  $U_{p2}/U_{p1}$  più aumenta la distanza necessaria per coordinare i due SPD
- Più  $I_{max2}$  è piccola rispetto a  $I_{max1}$  più aumenta la distanza  $d$  necessaria al coordinamento.



# **PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI**

## **Dispositivi ed impianti sensibili alle sovratensioni**

# Dispositivi ed impianti

---



- **Impianti interni:**

elettrici di energia, di segnale e di telecomunicazione interni alla struttura da proteggere

- **Impianti interni sensibili:**

Impianti interni suscettibili alle sovratensione

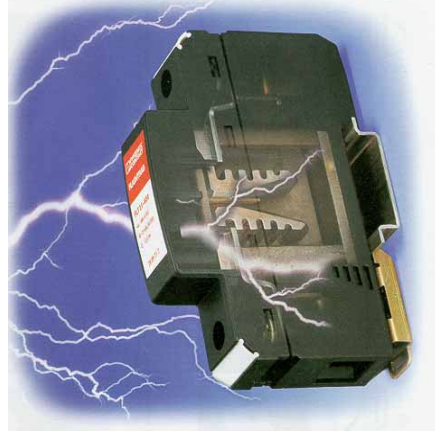
- **Impianti interni essenziali:**

Impianti interni il cui mancato funzionamento provoca il tipo di danno considerato

- **Impianti esterni:**

elettrici di energia, di segnale e di telecomunicazione entranti nella struttura da proteggere





# PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

## I limitatori SPD

# Definizioni

---



## **Corrente continuativa di funzionamento ( $I_c$ )**

La corrente che circola in ogni modo di protezione (o polo) dell'SPD alimentato alla tensione massima continuativa,  $U_c$ , per ogni modo.

## **Tensione massima continuativa ( $U_c$ )**

Massimo valore della tensione efficace o continua che può essere applicato permanentemente all'SPD. Questa è la tensione nominale dell'SPD.

# Definizioni

---



## **Livello di protezione ( $U_p$ )**

Valore di tensione che caratterizza il comportamento dell'SPD nel limitare la tensione tra i suoi terminali e che è scelto da una serie di valori preferenziali.

## **Livello di protezione effettivo ( $U_{prot}$ )**

Valore di picco della tensione misurata tra i conduttori dell'impianto BT e la barra di equipotenzializzazione (EBB), in presenza dell'SPD, durante il passaggio della corrente nominale di scarica o della corrente ad impulso nell'SPD (dipende, oltre che dal livello di protezione, dalle cadute induttive nei collegamenti e negli eventuali dispositivi di protezione da sovracorrente).

# Definizioni

---



## **Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )**

Valore di picco della corrente che circola nell'SPD con forma d'onda 8/20 $\mu$ s. Questa è usata per classificare l'SPD nella **Classe di prova II**.

## **Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )**

Valore di picco della corrente che circola nell'SPD (con forma d'onda 10/350 $\mu$ s) e che ha carica Q. Questa è usata per classificare l'SPD nella **Classe di prova I**.



# Definizioni

---



## **Tensione a vuoto ( $U_{0c}$ )**

Valore di picco della tensione a vuoto con forma d'onda 1,2/50 $\mu$ s erogata dal generatore di prova combinato, contemporaneamente ad una corrente di corto circuito con forma d'onda 8/20 $\mu$ s e applicata ai morsetti dell'SPD per la verifica in **Classe di prova III**.

# Definizioni

---



## **Corrente susseguente ( Is )**

Corrente a frequenza industriale fornita dall'impianto elettrico utilizzatore di bassa tensione e che circola nell'SPD dopo il passaggio della corrente di scarica.

La corrente susseguente è significativamente diversa dalla corrente continuativa

# Definizioni

---



## **Corrente massima di scarica per gli SPD di Classe di Prova II ( $I_{max}$ )**

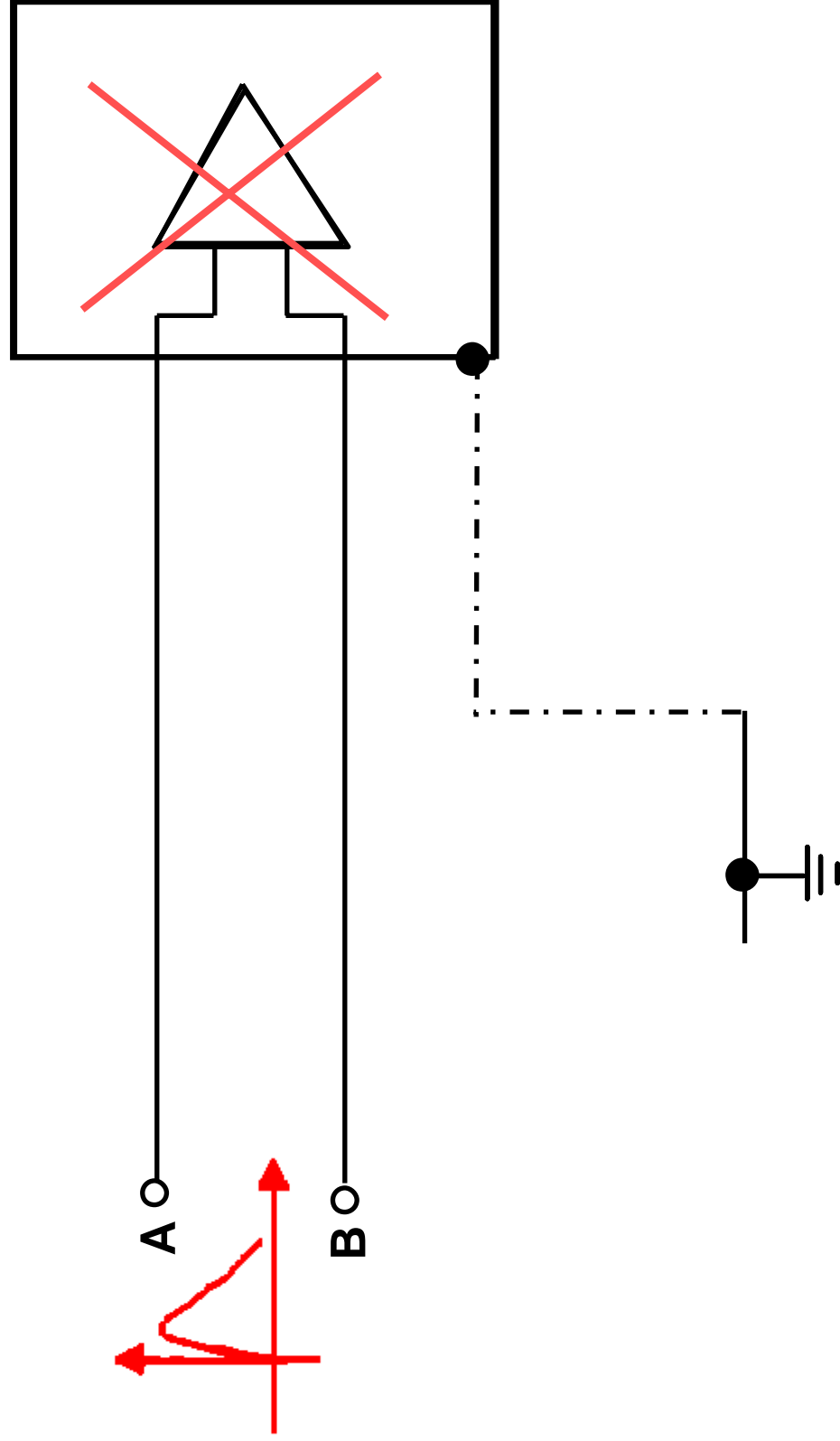
Valore di picco della massima corrente che può circolare una sola volta nell'SPD senza danneggiarlo e che ha una forma d'onda 8/20 $\mu$ s.

**Questo valore non viene utilizzato per la classificazione dell'SPD, ma è indicativo della sua affidabilità (vita utile).**



# SPD

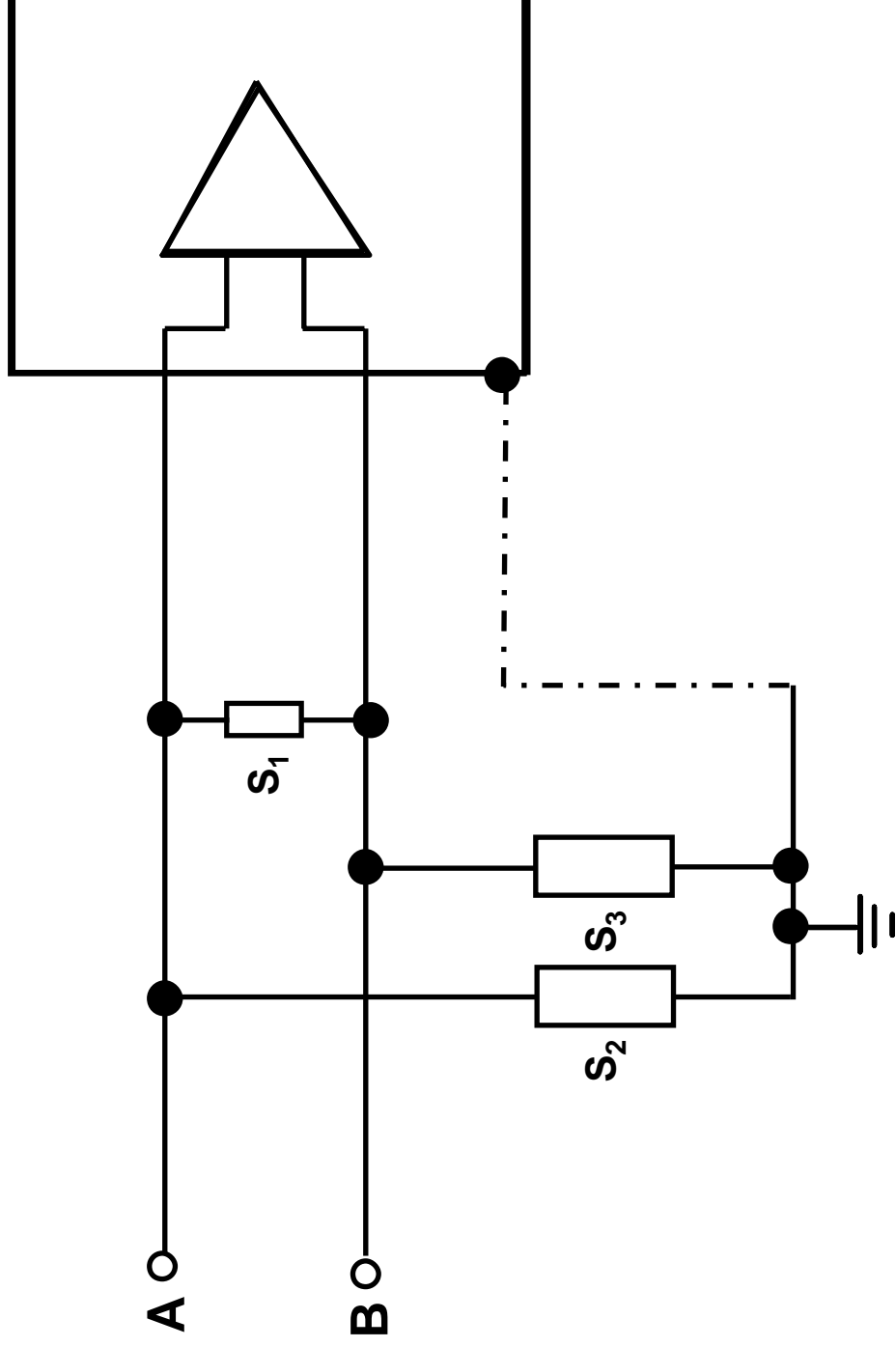
## Principio di funzionamento dei limitatori di sovratensioni





# SPD

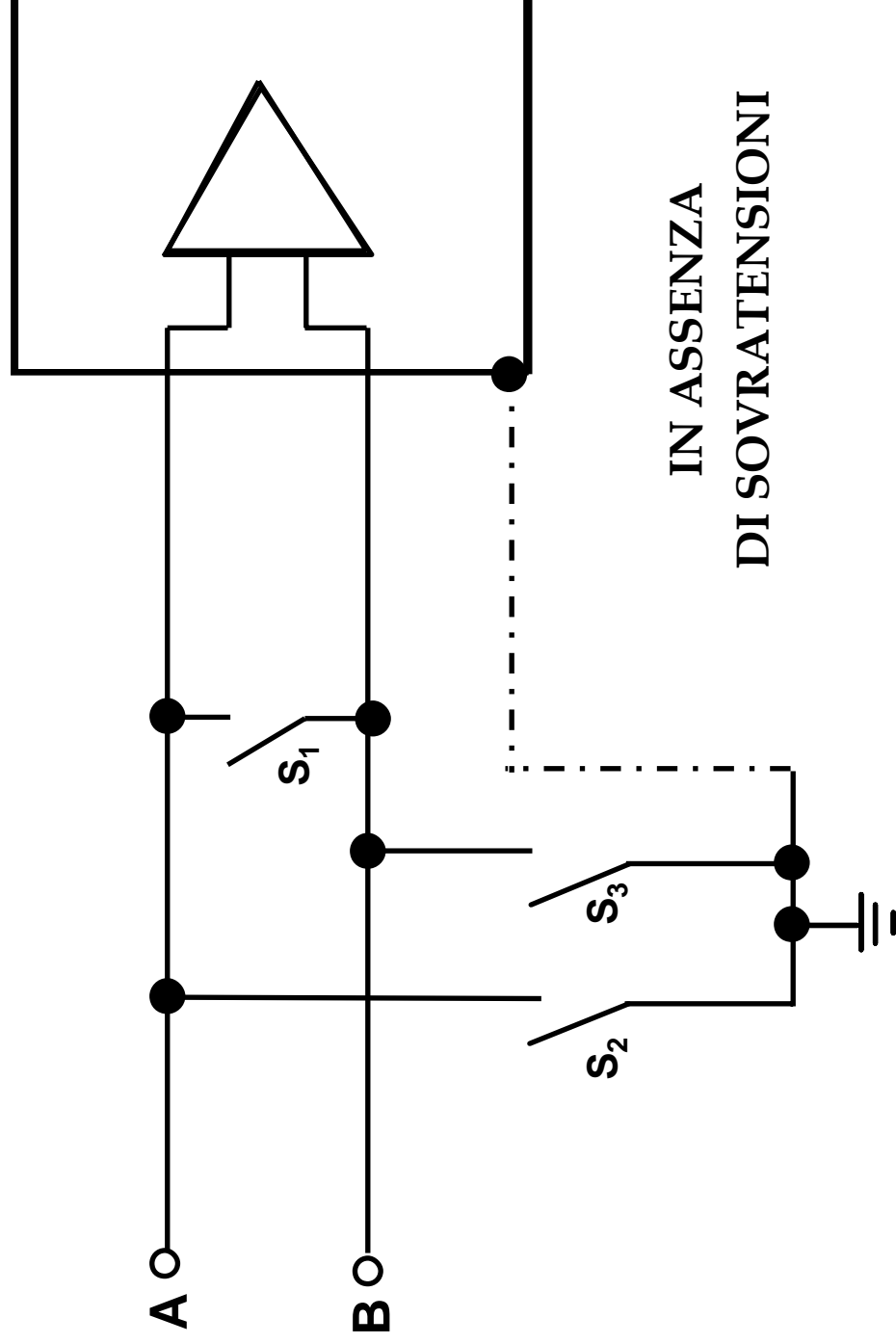
## Principio di funzionamento dei limitatori di sovratensioni





# SPD

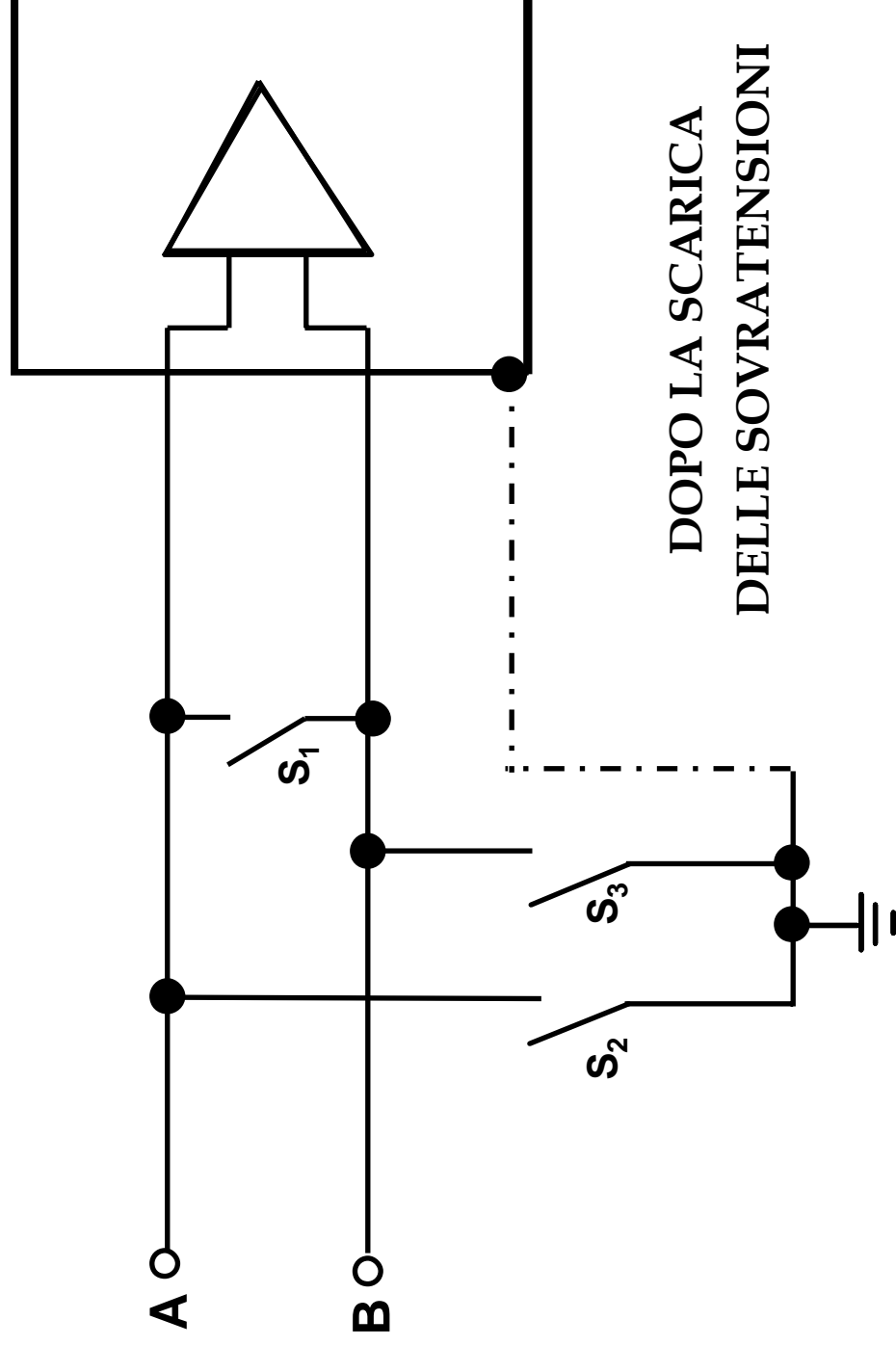
## Principio di funzionamento dei limitatori di sovratensioni





# SPD

## Principio di funzionamento dei limitatori di sovratensioni



# Dispositivi

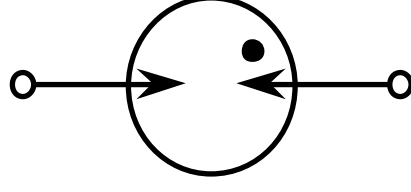
---



**Spinterometro**  
(Arc Chopping)

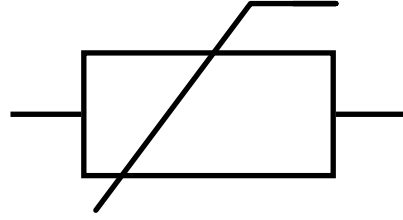


**Scaricatore**  
a gas

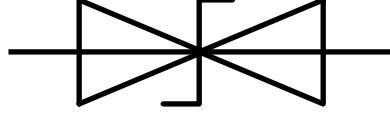


## Componenti principali

**Varistore**



**Diodo**  
soppressore



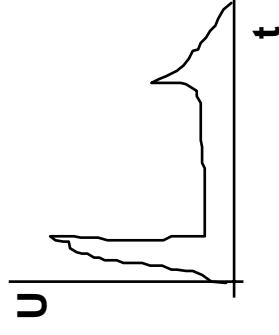
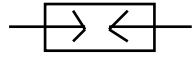
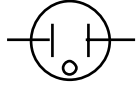




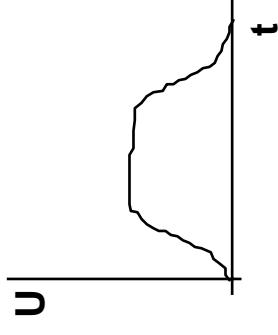
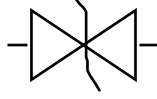
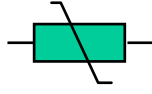
# SPD

## SPD: Varie tipologie costruttive

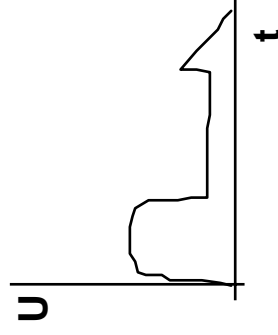
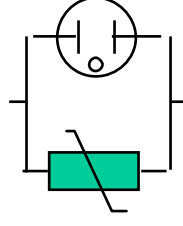
### A scarica



### A limitazione



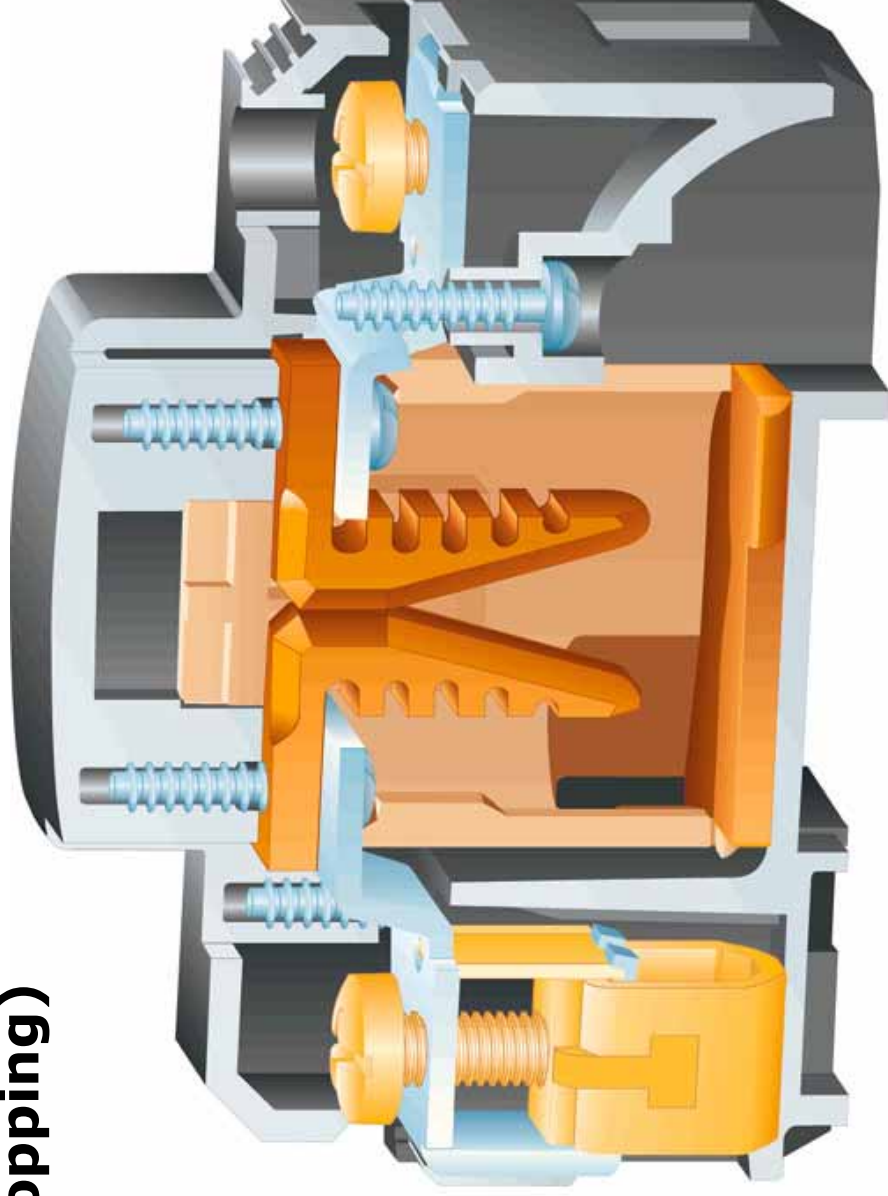
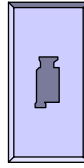
### Combinati





SPD

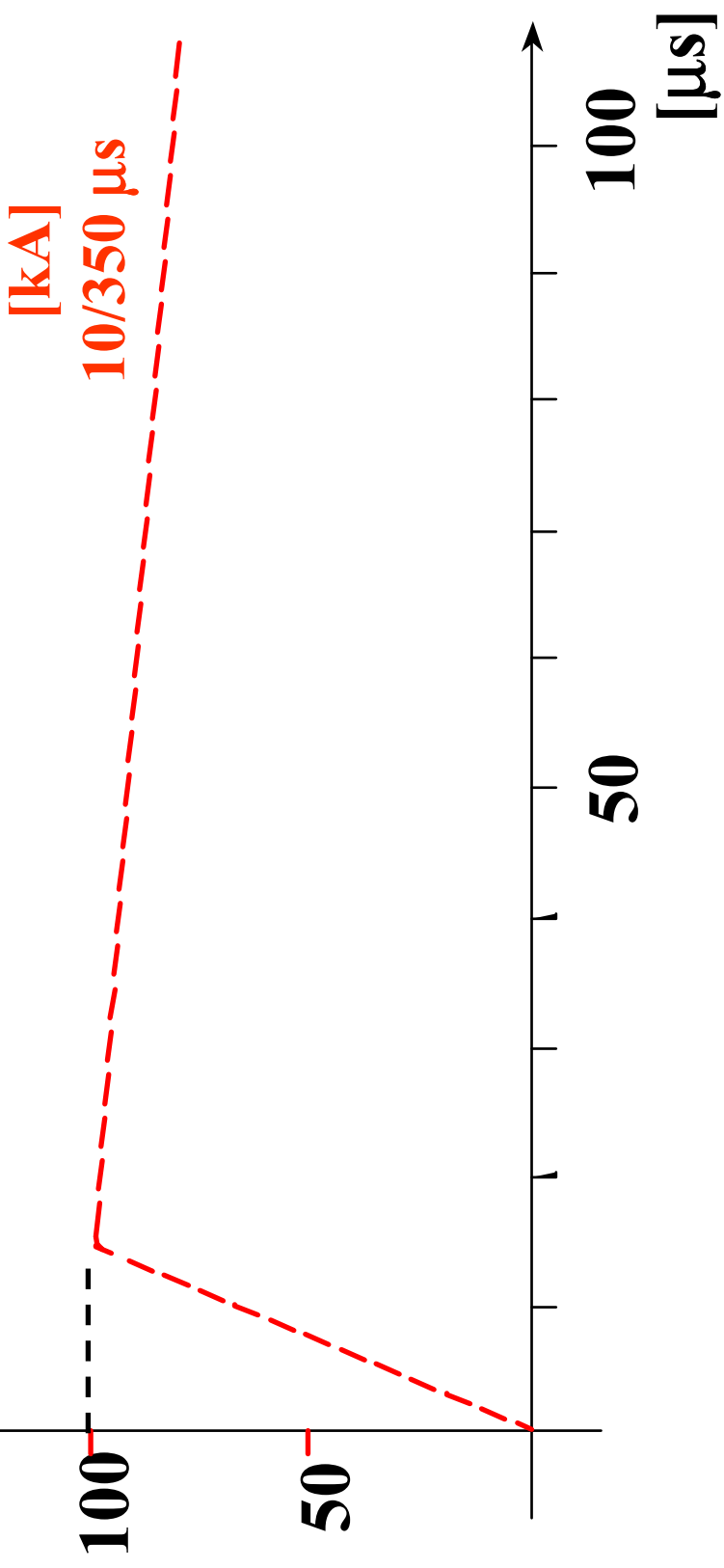
**Spinterometro  
(Arc Chopping)**



# SPD



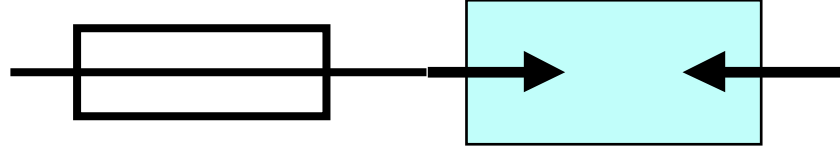
## La forma d'onda



# SPD



## SPD ad innesco e corrente susseguente



Negli SPD ad innesco, una volta innescato l'arco, occorre garantire la capacità di interrompere la **corrente susseguente** (50Hz): essa dipende dalle caratteristiche costruttive dell'SPD e deve essere dichiarata dal costruttore.

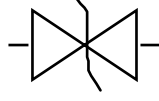
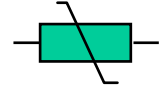
Nel caso in cui la corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione sia maggiore della capacità dell'SPD di interrompere la corrente susseguente, occorre aggiungere la protezione di back-up (da sovracorrente) suggerita dal costruttore



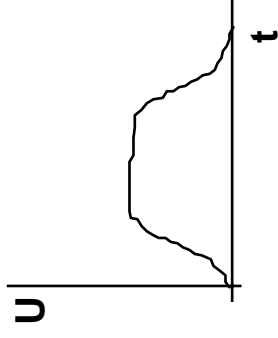
# SPD

---

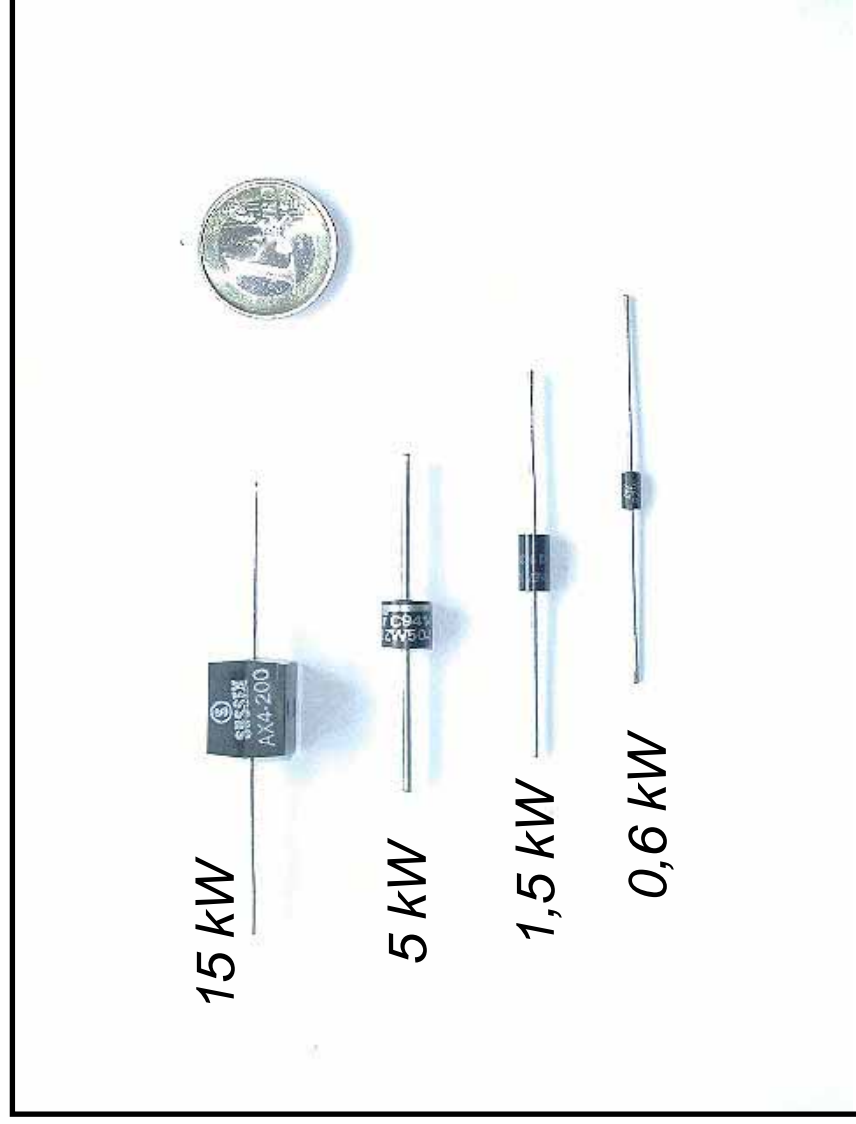
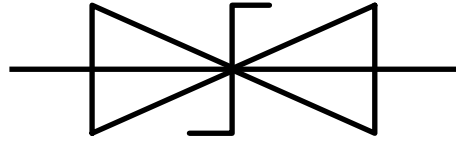
SPD: Varie tipologie costruttive



**A limitazione**

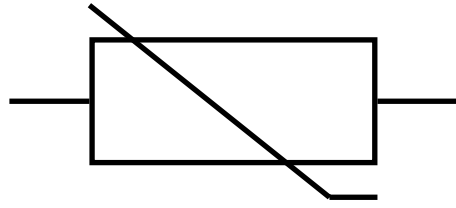


# SPD

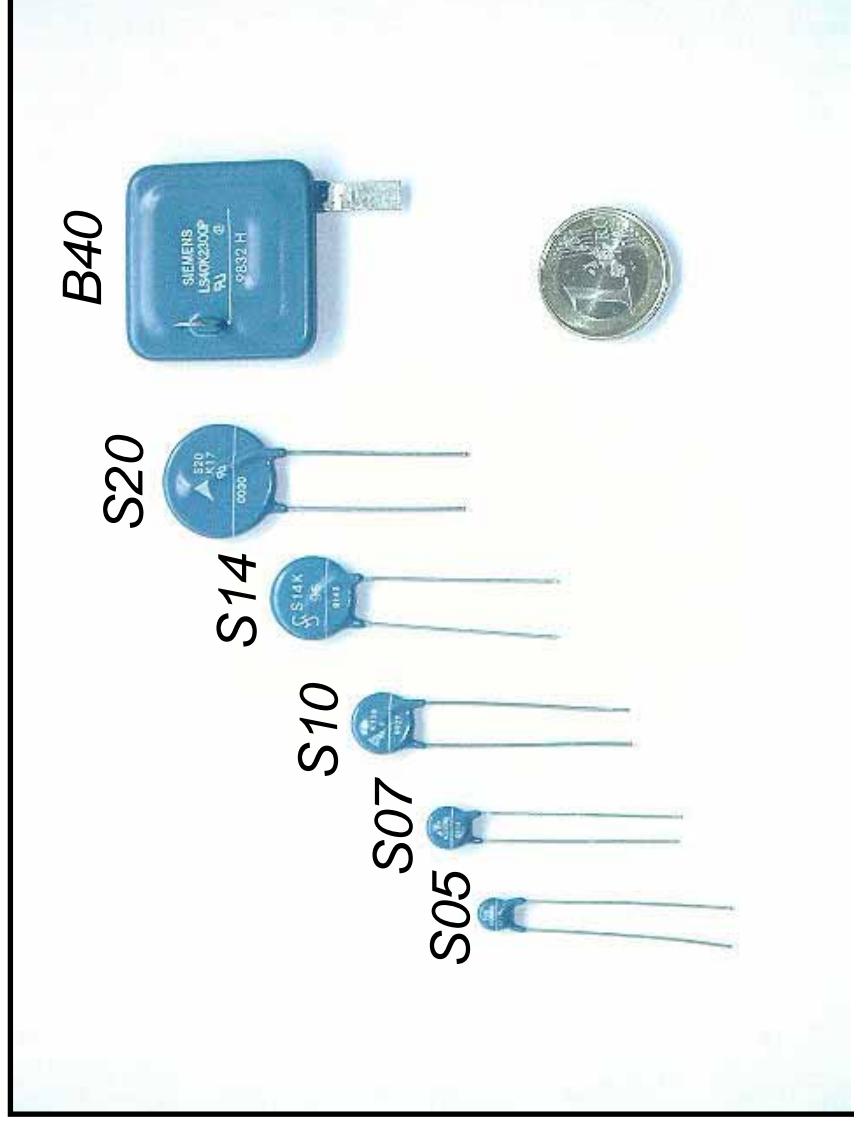


Potere di scarica 0,2kA(8/20) $\mu$ s

# SPD

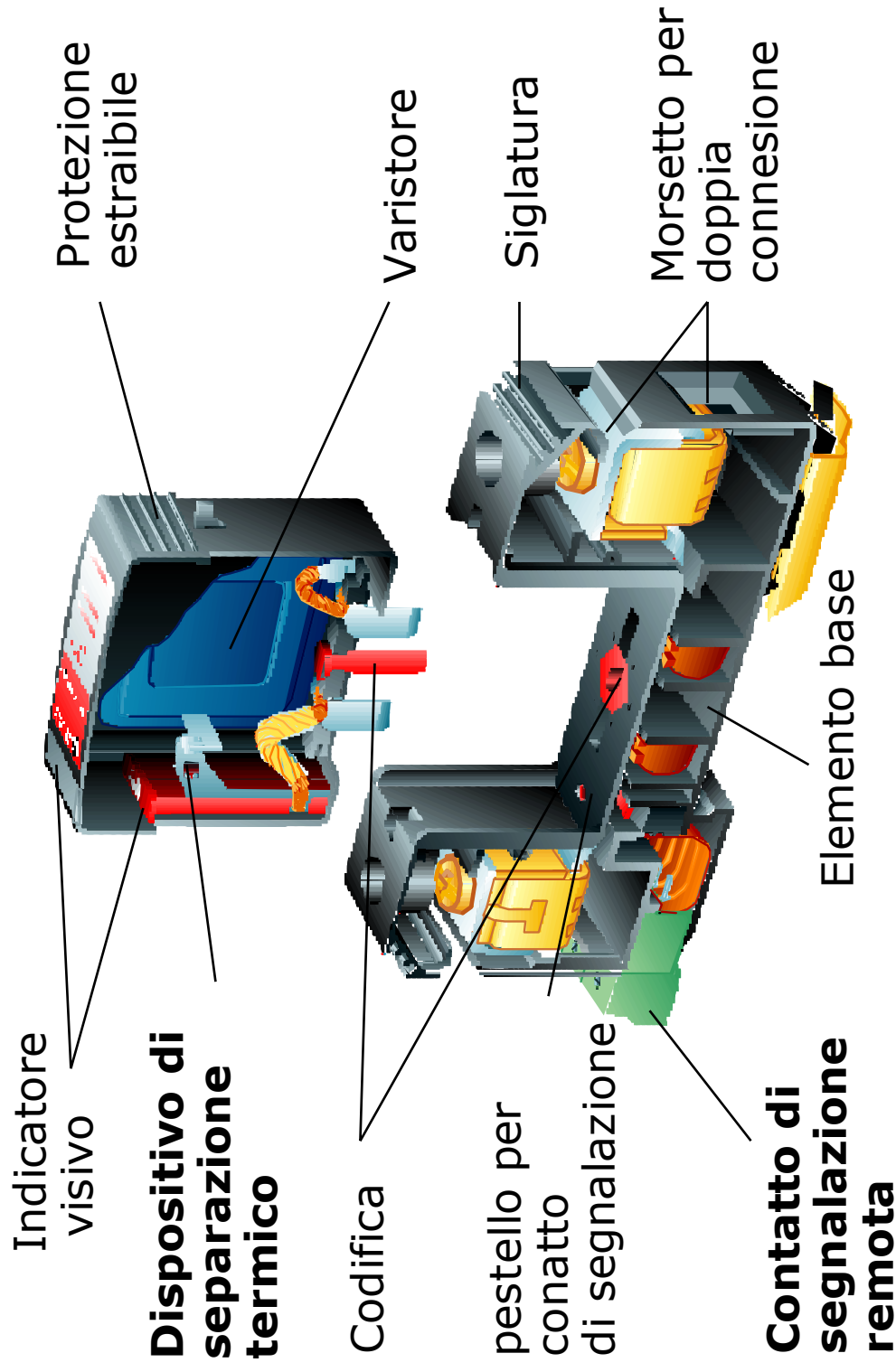


Varistor



Potere di scarica 20kA(8/20) $\mu$ s o 3kA(10/350) $\mu$ s

# VALVETRAB MS

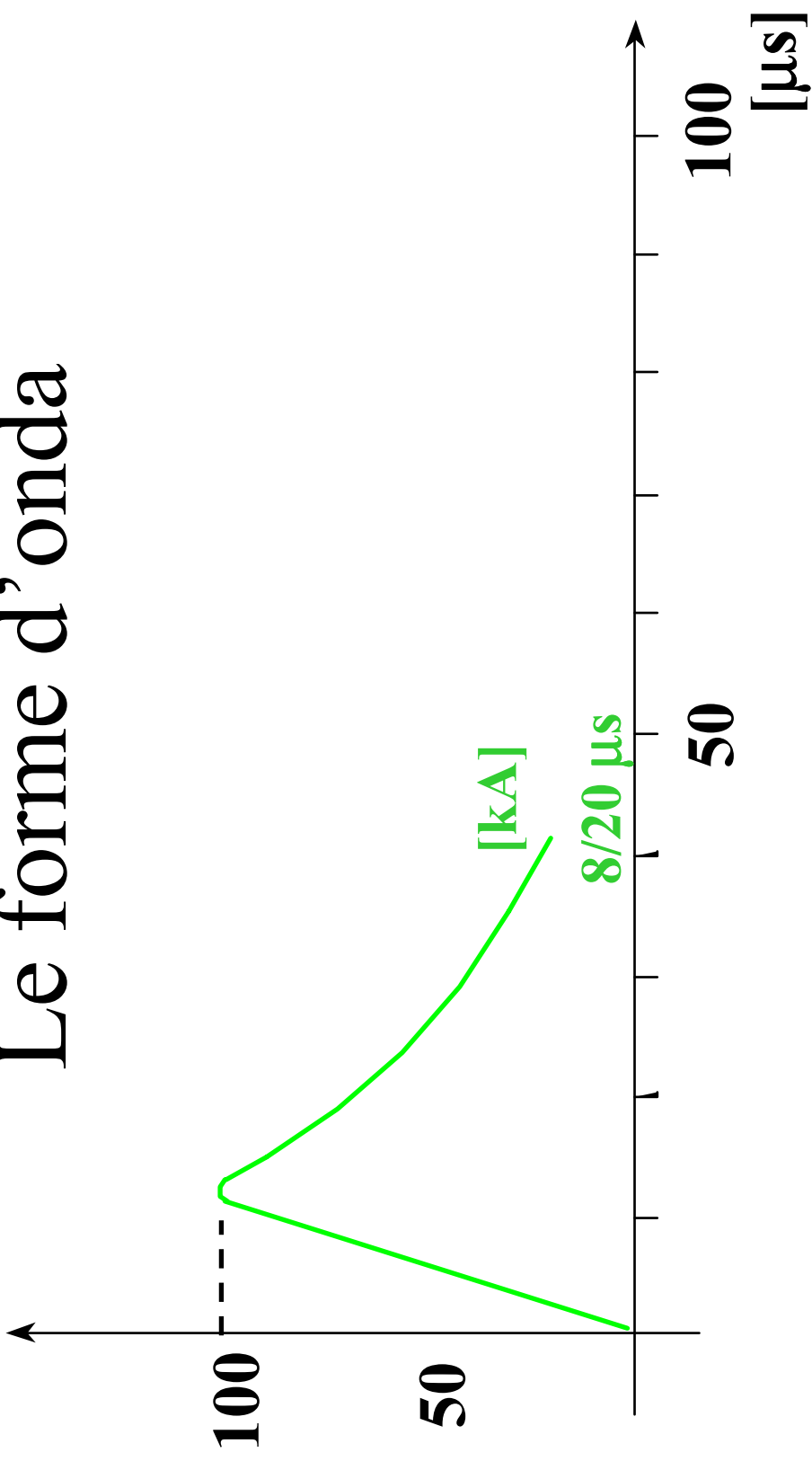




# SPD



## Le forme d'onda





# SPD

## Caratteristiche

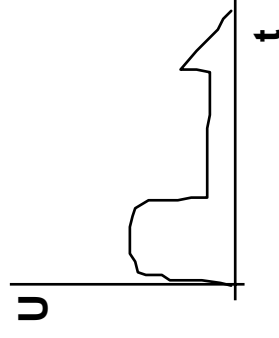
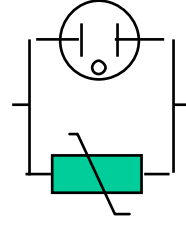
caratteristiche U/I	componente	simbolo	corrente di fuga	energia dissipata	tensione residua	corrente residua	tempo di risp.
	ideale		0	elevata	bassa	nulla	basso
	diodo zener		bassa	bassa	bassa	nulla	basso
	spinterom.		0	elevata	elevata	continua	elevato
	varistore		bassa	elevata	bassa	nulla	basso



# SPD

---

SPD: Varie tipologie costruttive

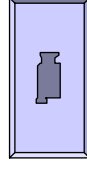
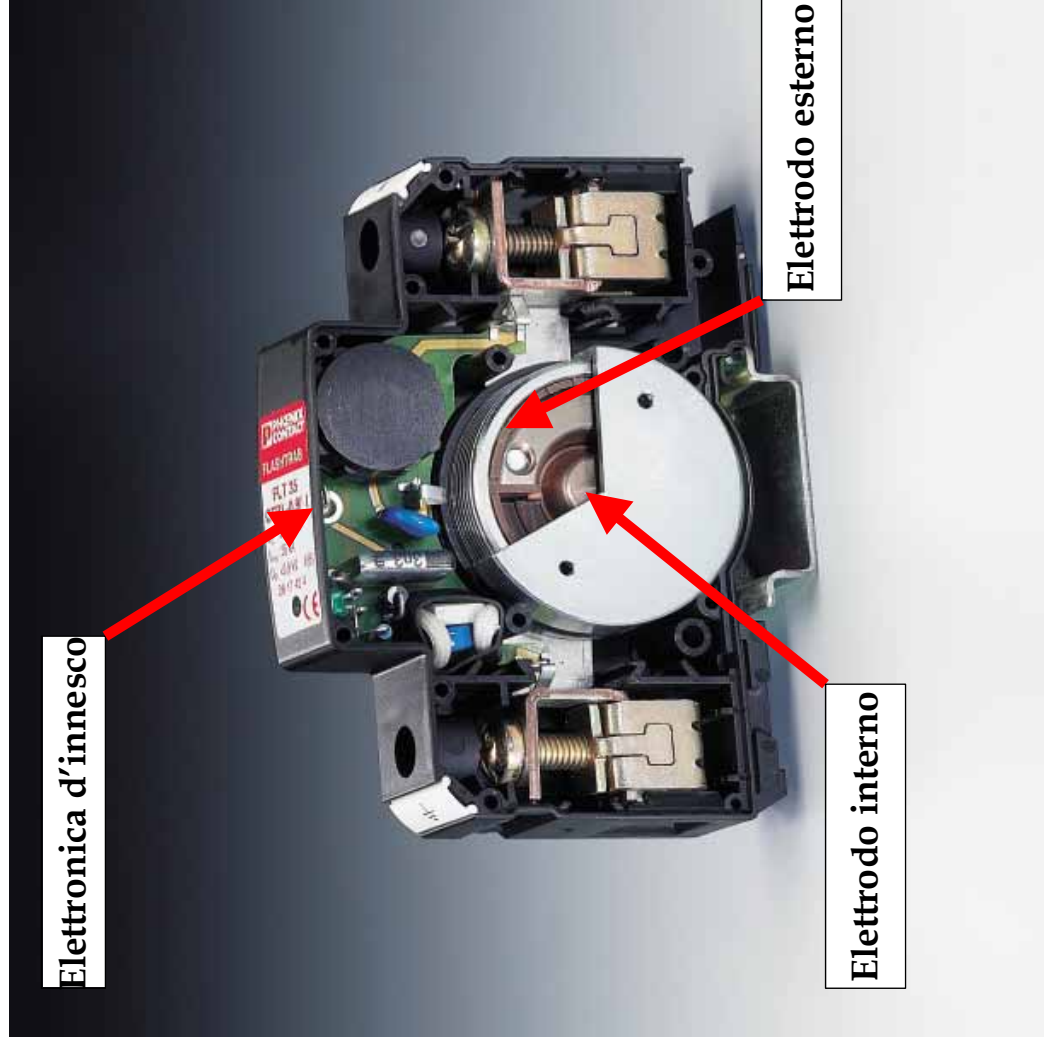


**Combinati**



# SPD

## FLASHTRAB FLT 35 CTRL...



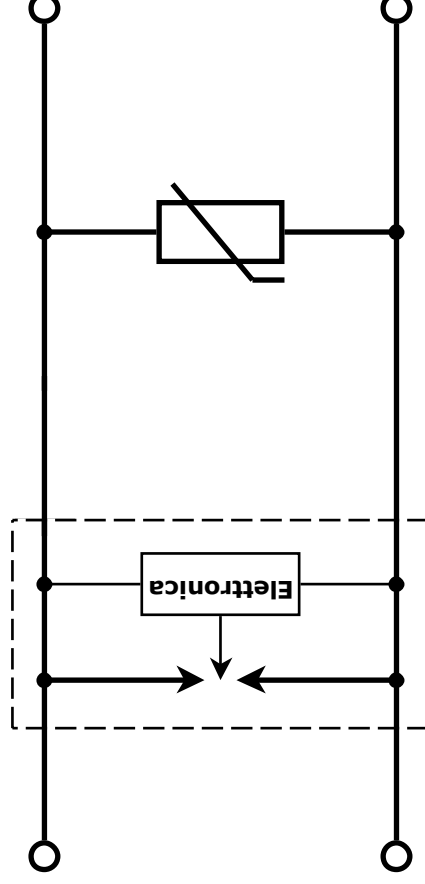


# SPD

## **Active Energy Control** Disaccoppiamento senza induttanza

### SOLUZIONE

Innesco  
comandato  
elettronicamente



Protezione  
scariche  
atmosferiche  
(classe I/B)

Protezione  
alimentazione  
(classe II/C)

VAL MS-230

FLT-PLUS CTRL-0.9

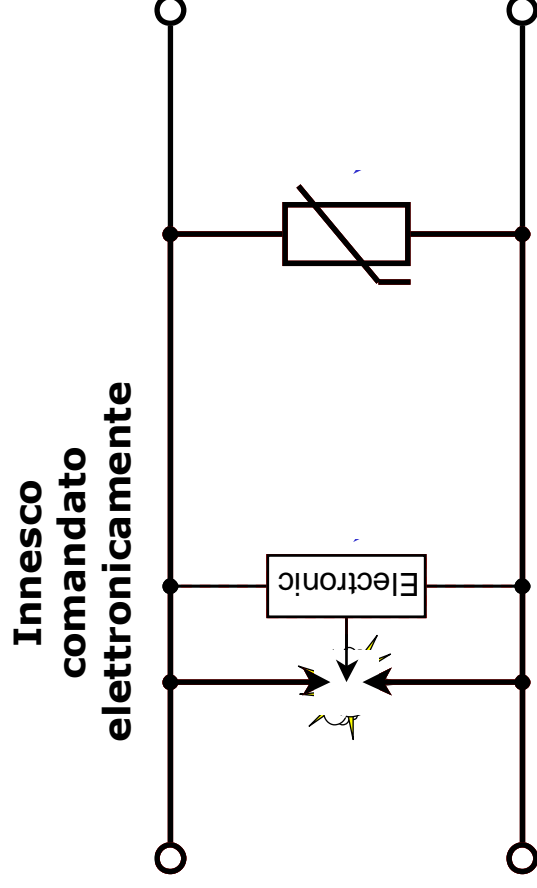




# SPD

## **Active Energy Control** Disaccoppiamento senza induttanza

### SOLUZIONE



**Protezione  
scariche  
atmosferiche  
(classe I/B)**

FLT-PLUS CTRL-0.9

**Protezione  
alimentazione  
(classe II/C)**

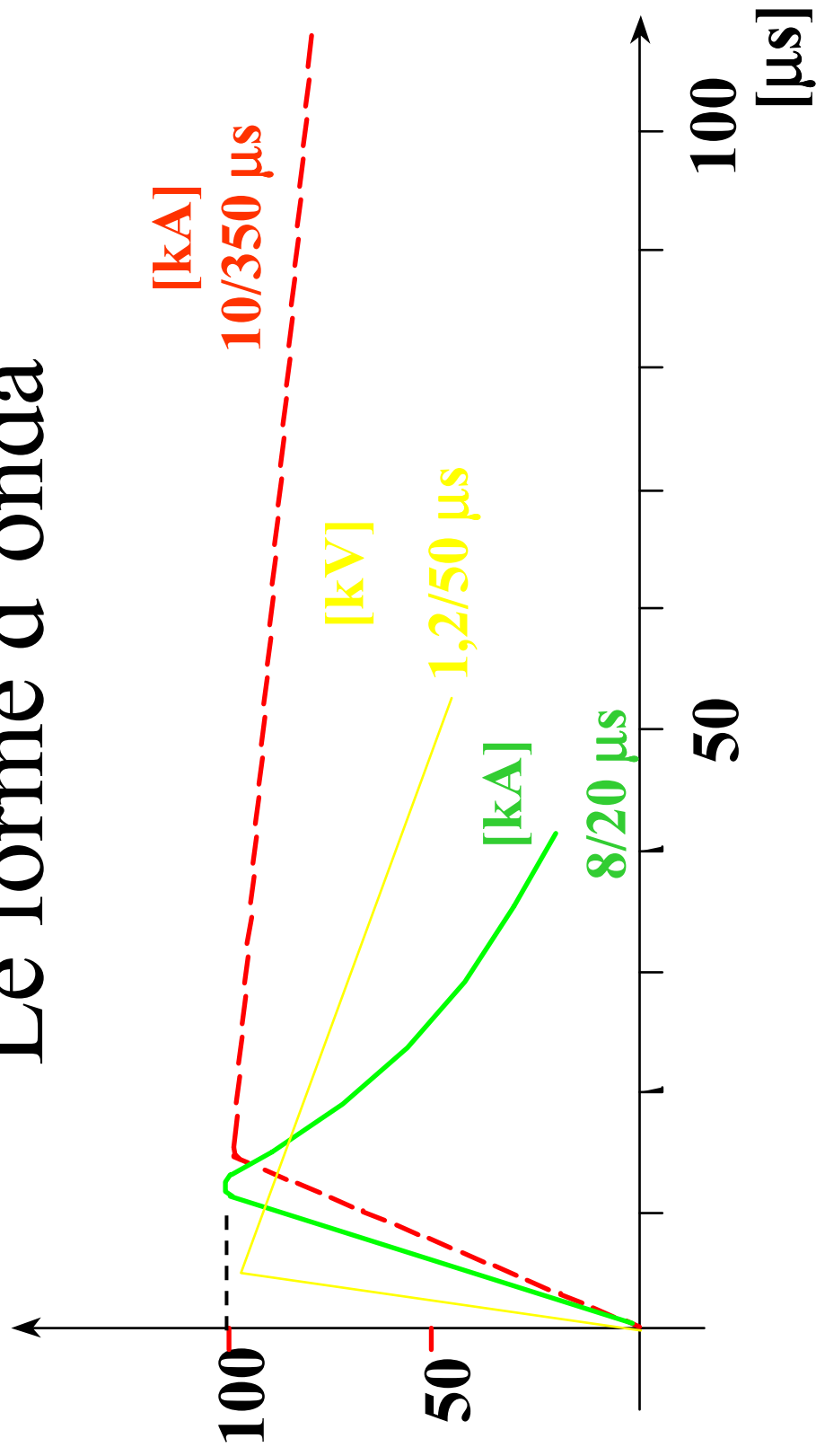
VAL MS-230





# SPD

## Le forme d'onda





# SPD

## Le classi di prova (EN 61643-1)

<i>Classe di prova</i>	<i>Funzione svolta</i>	<i>Parametro di scelta</i>
<b>I</b>	Scarica la corrente di fulmine	$I_{imp}$ [kA] (10/350 $\mu$ s)
<b>II</b>	Elimina le sovratensioni generate dal fulmine deviando la corrente	$I_n$ [kA] (8/20 $\mu$ s)
<b>III</b>	Protegge gli apparecchi dalle sovratensioni generate per accoppiamento induttivo	$U_{Oc}$ [kV] (1,2/50 $\mu$ s)

N.B.: In commercio si trovano SPD classificati secondo la norma VDE 0675: la classe "B" VDE sono assimilabili alla classe I (IEC), la "C" alla "II" e la "D" alla "III".





# SPD

## Sovratensioni ammissibili

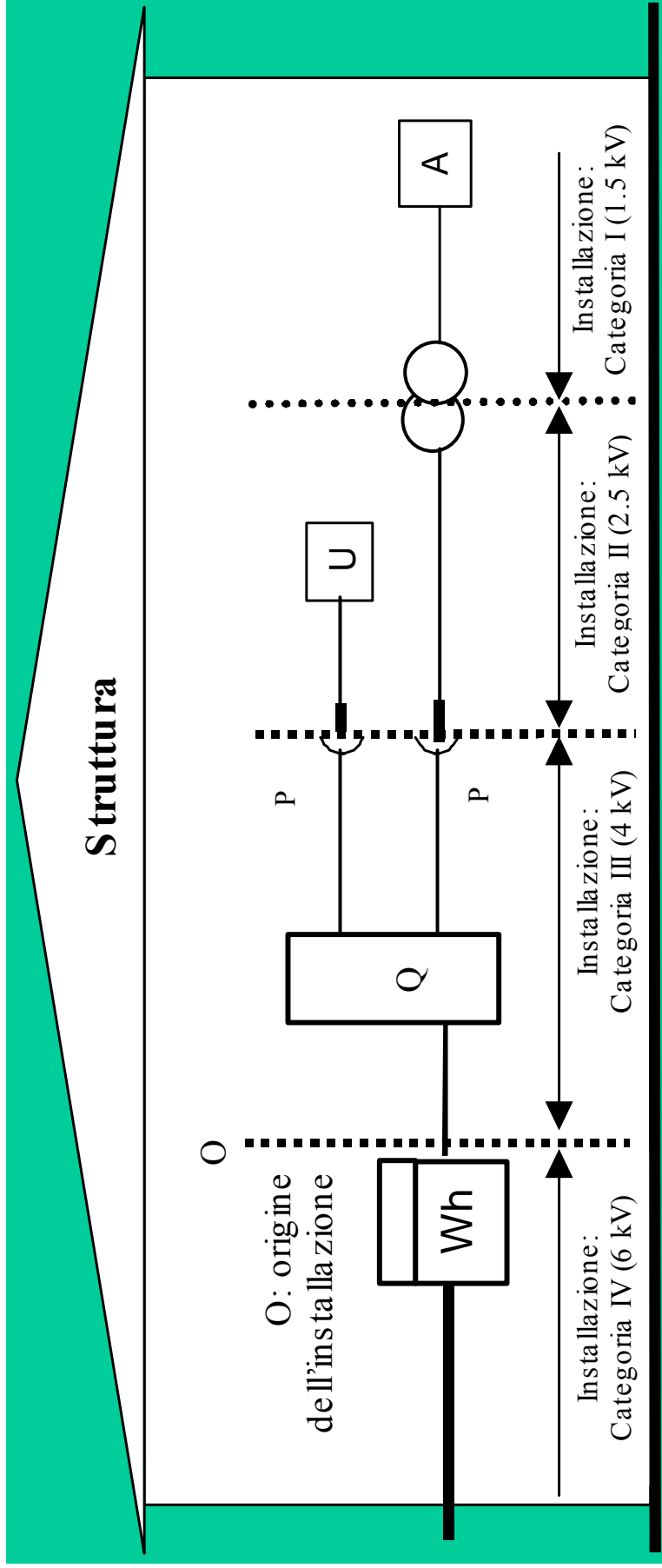
**Tabella 5 – Livelli di sovratensioni in funzione della tensione nominale dell'impianto BT e della categoria di tenuta ad impulso degli apparecchi elettrici ad esso collegati**

Tensione nominale [V]	Categoria di tenuta ad impulso IV [V]	Categoria di tenuta ad impulso III [V]	Categoria di tenuta ad impulso II [V]	Categoria di tenuta ad impulso I [V]
1000	12000	8000	6000	4000
600	8000	6000	4000	2500
300	6000	4000	2500	1500
<b>230/400</b>	<b>6000</b>	<b>4000</b>	<b>2500</b>	<b>1500</b>
150	4000	2500	1500	800
100	2500	1500	800	500
50	1500	800	500	330



# SPD

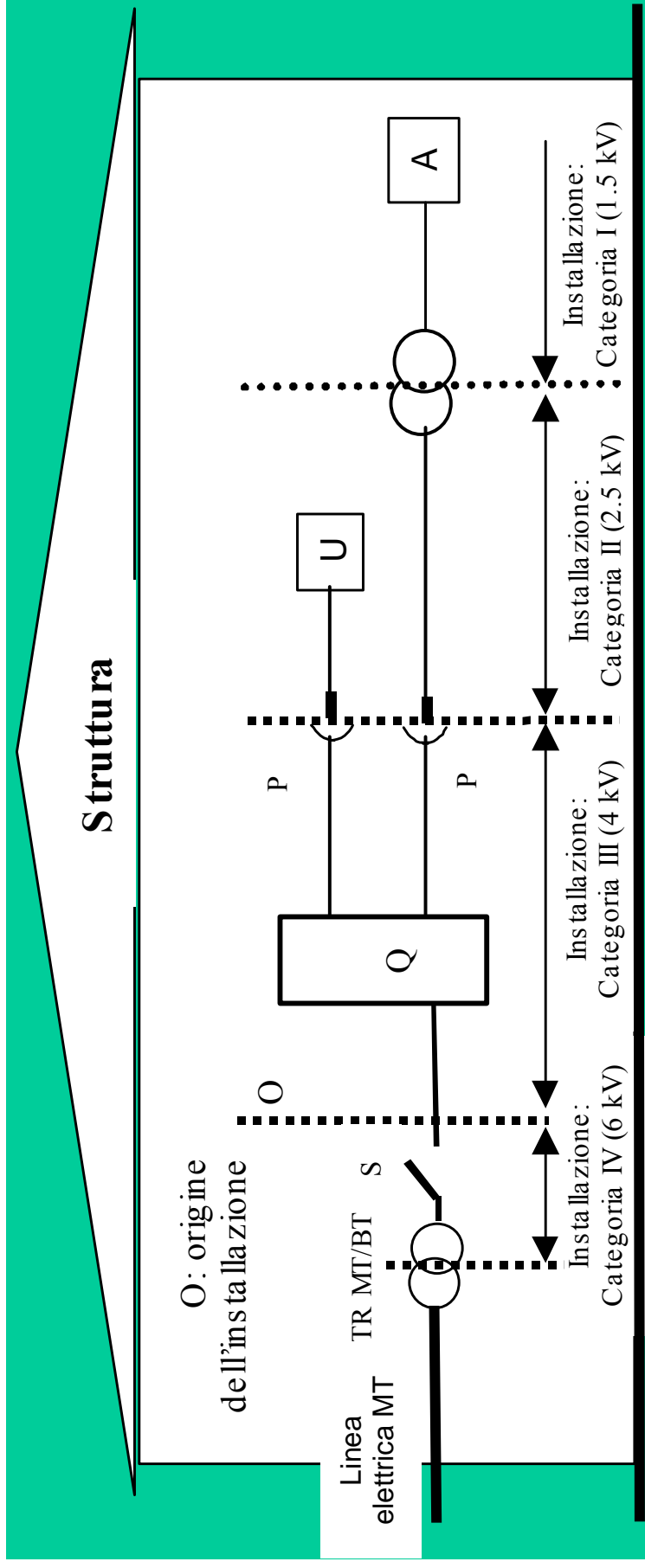
## La configurazione di riferimento (Alimentazione in bassa tensione)





# SPD

## La configurazione di riferimento (Alimentazione in media tensione)



# SPD

## Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )

Valore di picco della corrente che circola nell'SPD (con forma d'onda 10/350 $\mu$ s) e che ha carica Q. Questa è usata per classificare l'SPD nella **Classe di prova I**.

## Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )

Valore di picco della corrente che circola nell'SPD con forma d'onda 8/20 $\mu$ s. Questa è usata per classificare l'SPD nella **Classe di prova II**.

## Livello di protezione ( $U_p$ )

Valore di tensione che caratterizza il comportamento dell'SPD nel limitare la tensione tra i suoi terminali e che è scelto da una serie di valori preferenziali.

## Livello di protezione effettivo ( $U_{prot}$ )

Valore di picco della tensione misurata tra i conduttori dell'impianto BT e la barra di equipotenzializzazione (EBB), in presenza dell'SPD, durante il passaggio della corrente nominale di scarica o della corrente ad impulso nell'SPD (dipende, oltre che dal livello di protezione, dalle cadute induttive nei collegamenti e negli eventuali dispositivi di protezione da sovracorrente).

## Corrente massima di scarica per gli SPD di Classe di Prova II ( $I_{max}$ )

Valore di picco della massima corrente che può circolare una sola volta nell'SPD senza danneggiarlo e che ha una forma d'onda 8/20 $\mu$ s.

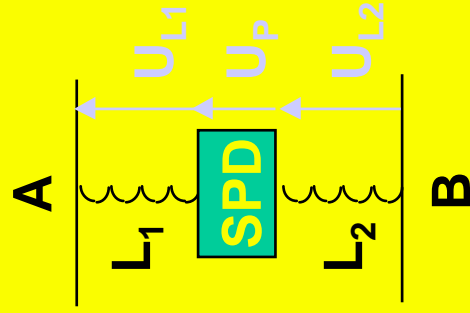
Questo valore non viene utilizzato per la classificazione dell'SPD, ma è indicativo della sua affidabilità (vita utile).





# SPD

## Lunghezza del collegamento

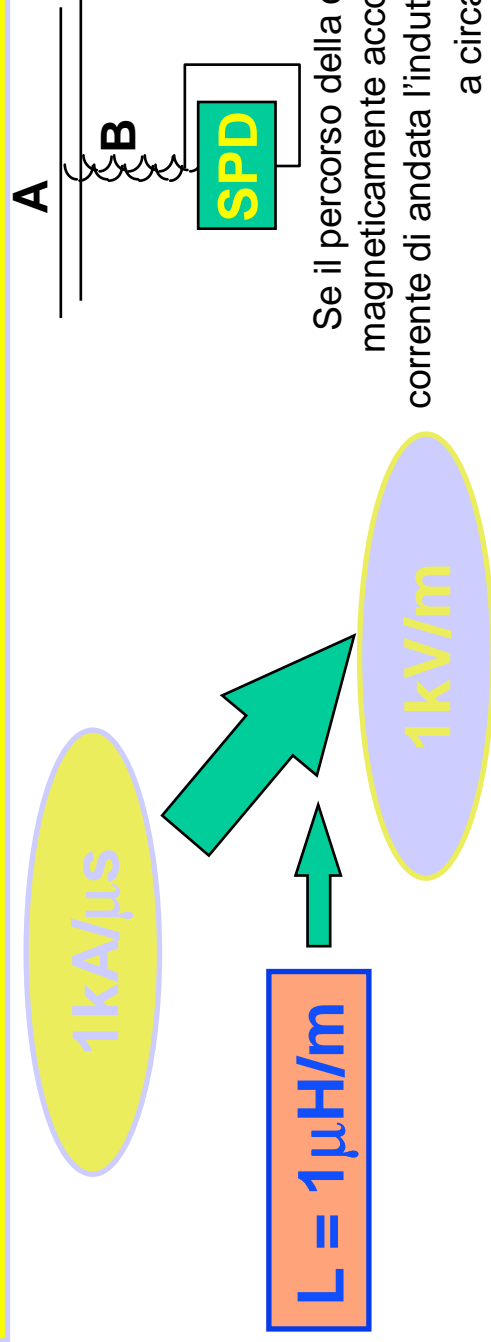


Per non vanificare le prestazioni degli SPD ( $U_{prot}$  bassa) i collegamenti devono essere corti!

Nello scegliere l'SPD occorre considerare che le tensioni dovute all'impedenza dei collegamenti si sommano a quella dell'SPD ( $U_p$ )

(Quella che conta è soprattutto l'induttanza totale)

**E' bene che  $L_1 + L_2$  sia il più corto possibile (consigliato  $<50\text{ cm}$ )**



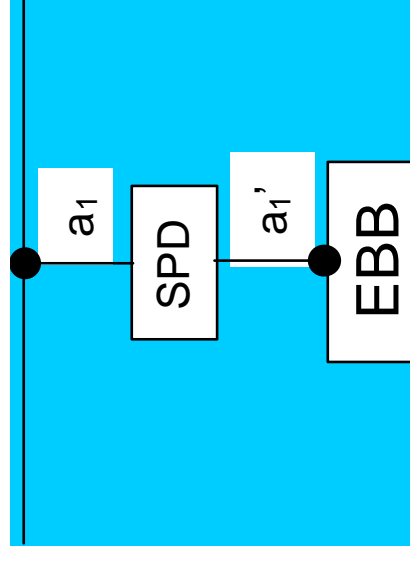
Se il percorso della corrente di ritorno è magneticamente accoppiato a quello della corrente di andata l'induttanza risultante è ridotta a circa **1/3**

# SPD

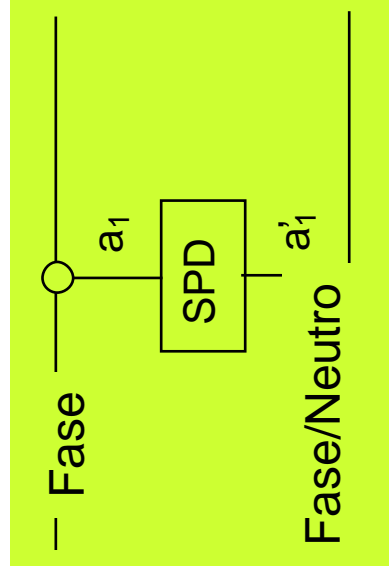


Come installare gli SPD: modi di protezione

- **Sovratensioni di modo comune o longitudinale**
  - SPD tra fase/neutro e EBB



- **Sovratensioni di modo differenziale o trasversale**
  - SPD tra fase e fase
  - SPD tra fase e neutro



# Dimensionamento SPD

---



## SPD Classe di Prova I:

- Tensione massima continuativa ( $U_c$ )
- Corrente ad impulso ( $I_{imp}$ )
- Capacità d'estinzione della corrente susseguente di rete fornita dall'impianto BT ( $I_s$ ) per SPD ad innesco
- Livello di Protezione effettivo ( $U_{prot}$ )

## SPD Classe di Prova II

- Tensione massima continuativa ( $U_c$ )
- Corrente nominale di scarica ( $I_n$ )
- Livello di Protezione effettivo ( $U_{prot}$ )

# SPD



## Sezione dei collegamenti

Secondo la guida CEI 81-8 i collegamenti degli SPD devono avere almeno le seguenti sezioni:

La sezione di tali conduttori di collegamento di rame non deve essere inferiore a:

- 6 mm<sup>2</sup> per gli SPD di Classe di Prova I (con  $I_{imp} \leq 48$  kA);

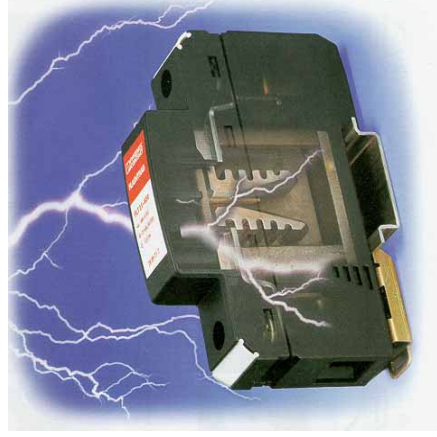
*NOTA – Per valori di picco di  $I_{imp}$  maggiori di 48 kA, la sezione,  $A$  (in mm<sup>2</sup>), dei conduttori di collegamento può essere determinata con l'equazione  $A = I_{imp}/8$  [13] (esprimendo  $I_{imp}$  in kA).*

- 4mm<sup>2</sup> per gli SPD di Classe di Prova II;
- 1.5 mm<sup>2</sup> per gli SPD di Classe di Prova III.

Ad esempio un SPD di classe di prova I con  $I_{imp} = 100$  kA (tipico degli SPD 3+1) dovrà essere collegato con una sezione di almeno 12.5 mm<sup>2</sup> il che significa, più verosimilmente, **16 mm<sup>2</sup>**.







# PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

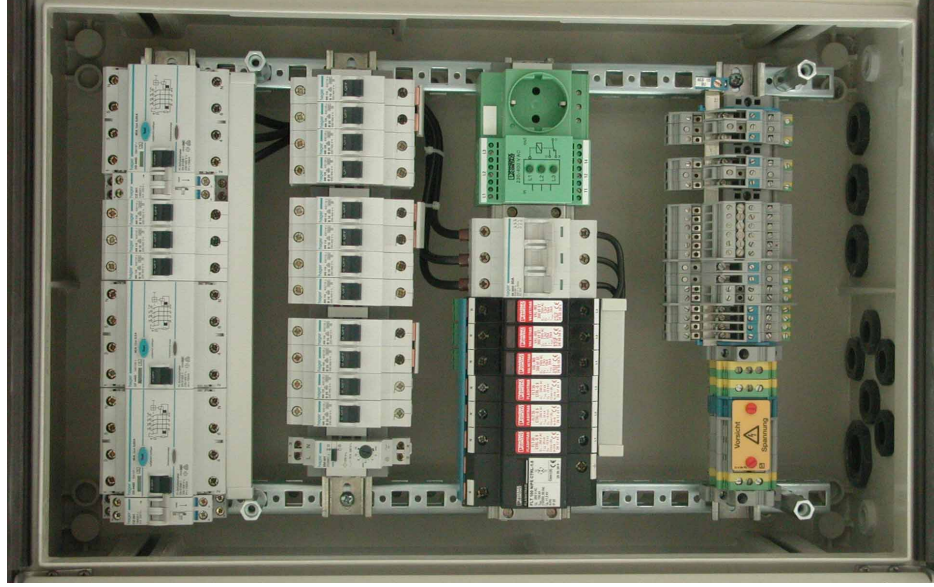
## Esempi

# Eempio

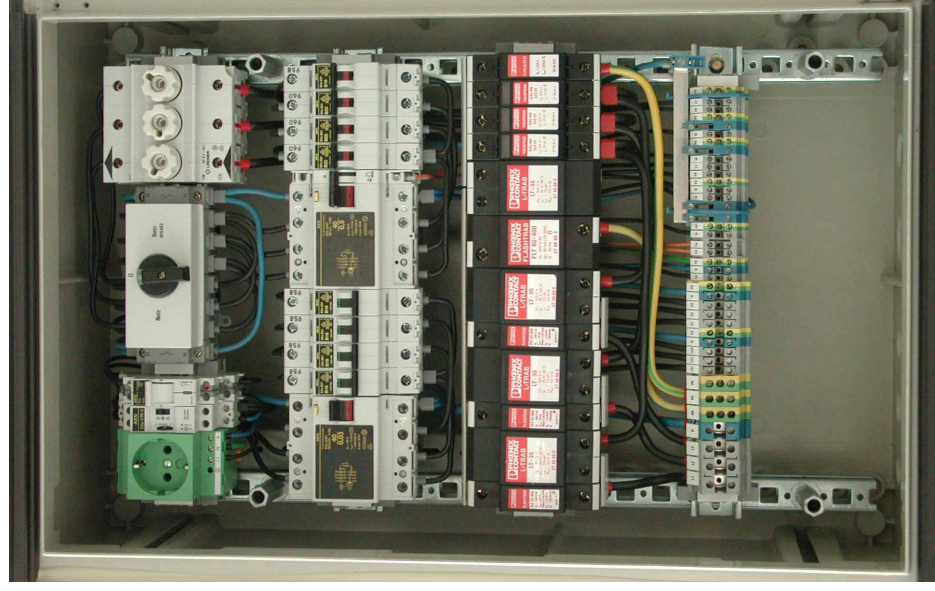
---



## Innovativa



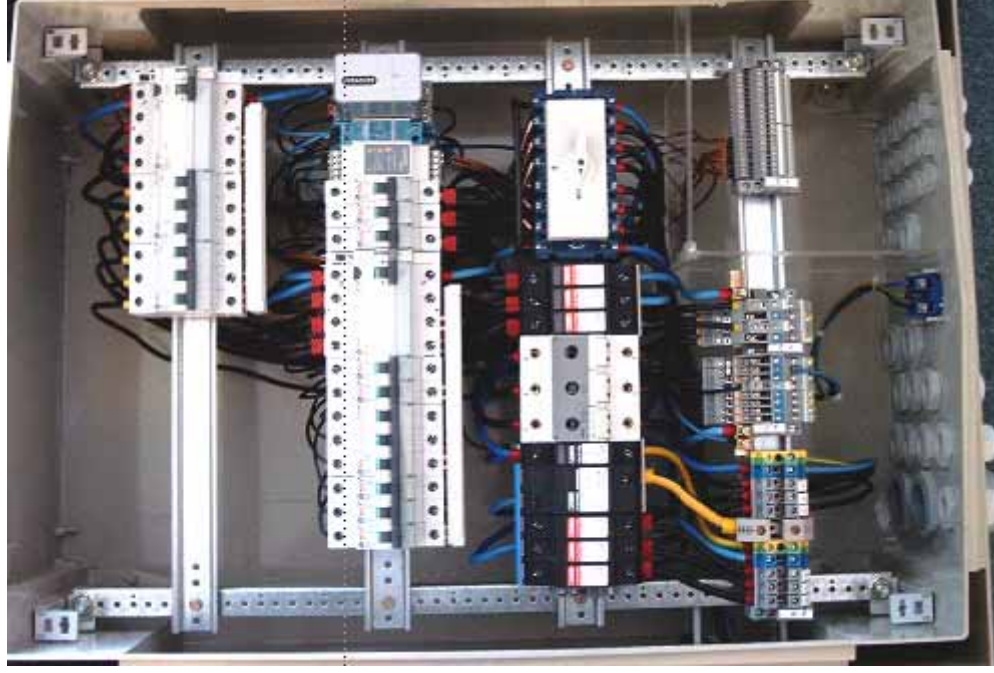
## Classica



Esempio



## Quadro elettrico con soluzione AEC



**Componenti:**

- 3 SPD atmosferici
- 1 SPD atmosferico N/PE
- 3 SPD sovratensioni
- 1 SPD sovratensioni N/PE

Esempio



# Quadro elettrico con soluzione AEC



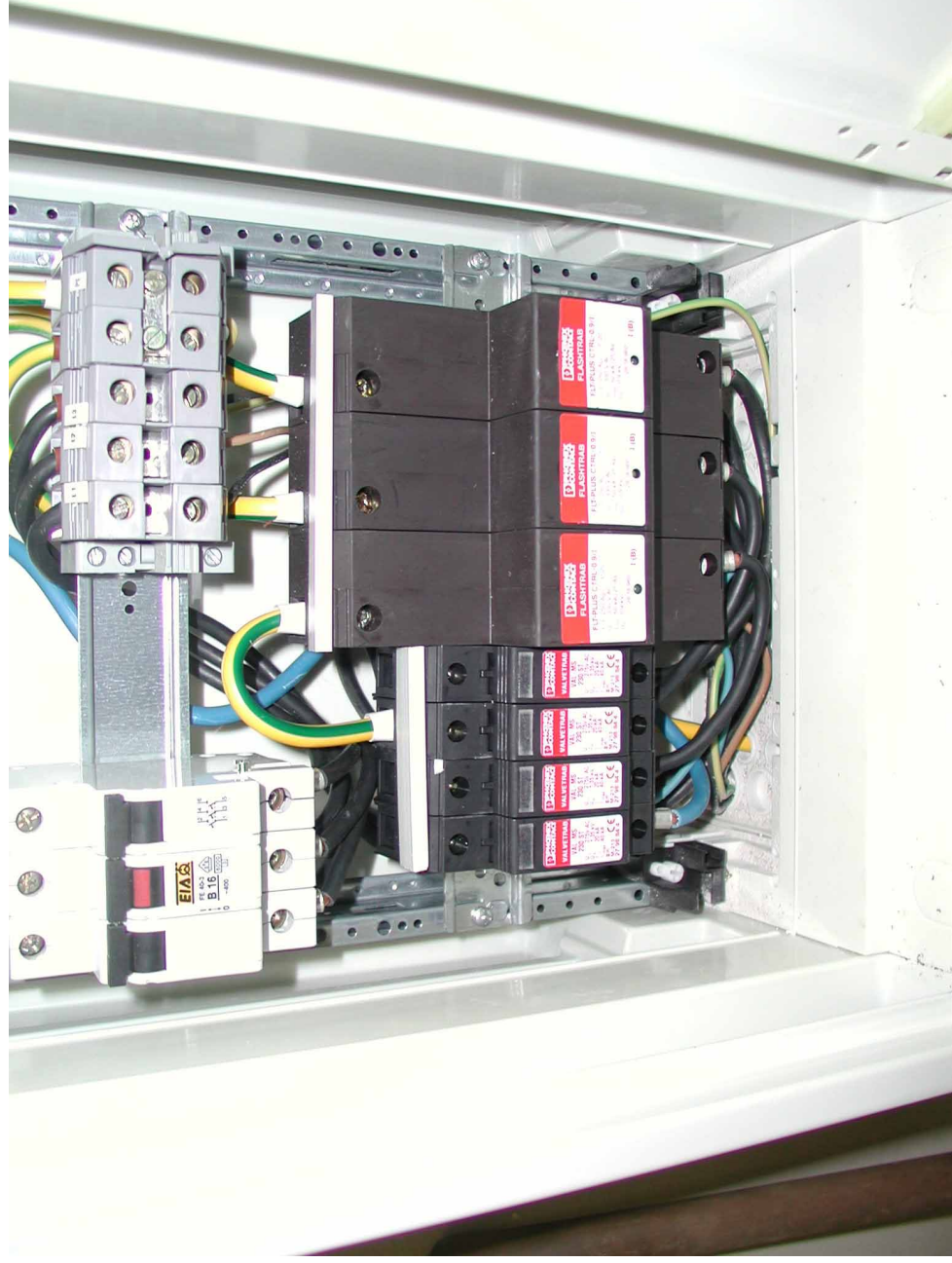
**Components:**

- 4 SPD atmosferici
- 3 SPD sovratensioni
- 1 SPD sovratensione N/PE



Esempio

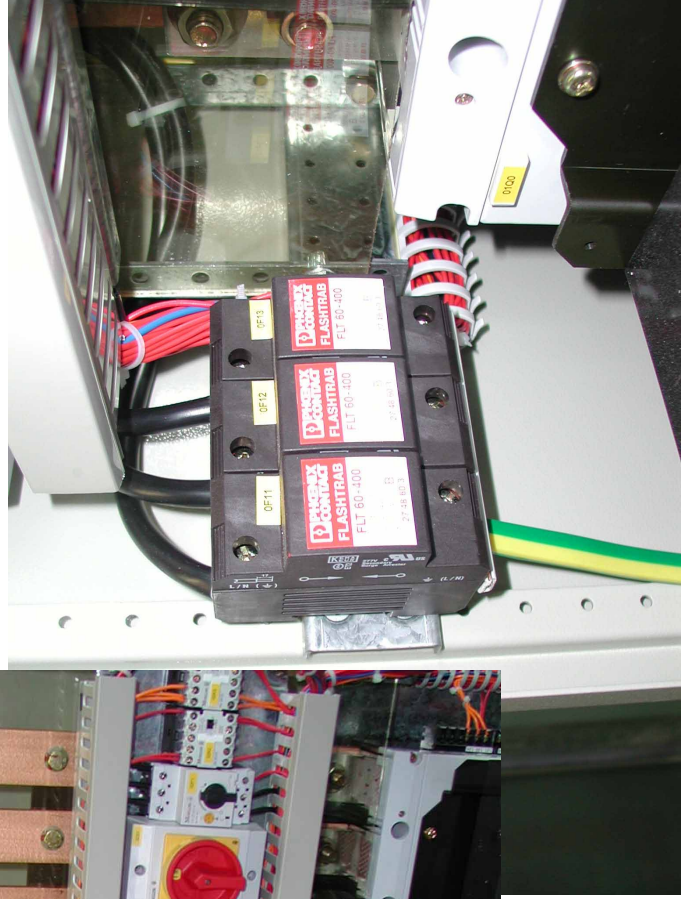
# Quadro elettrico



Esempio



# Quadro elettrico



# Esempio



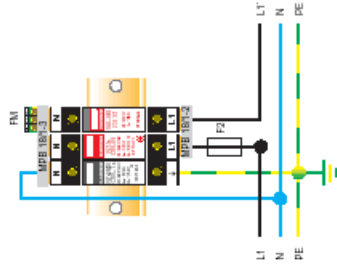
## Active Energy Control



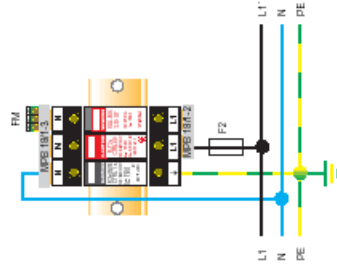
50 kA

POWERSET BC/1+1

V-förmiger Anschluss  
 $F_2 \leq 80 \text{ A gL}$



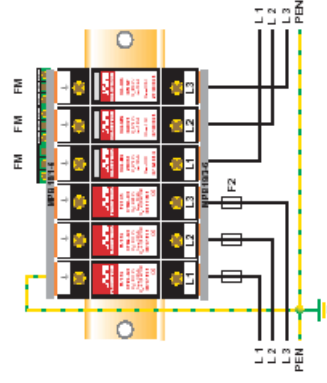
Anschluss im Stich  
 $F_2 \leq 125 \text{ A gL}$



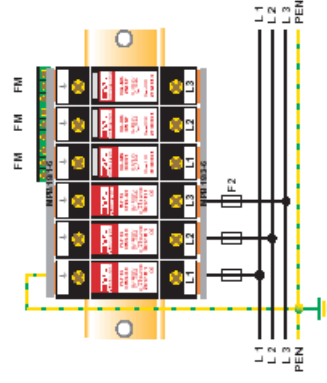
100 kA

POWERSET BC/3/FM

V-förmiger Anschluss  
 $F_2 \leq 80 \text{ A gL}$



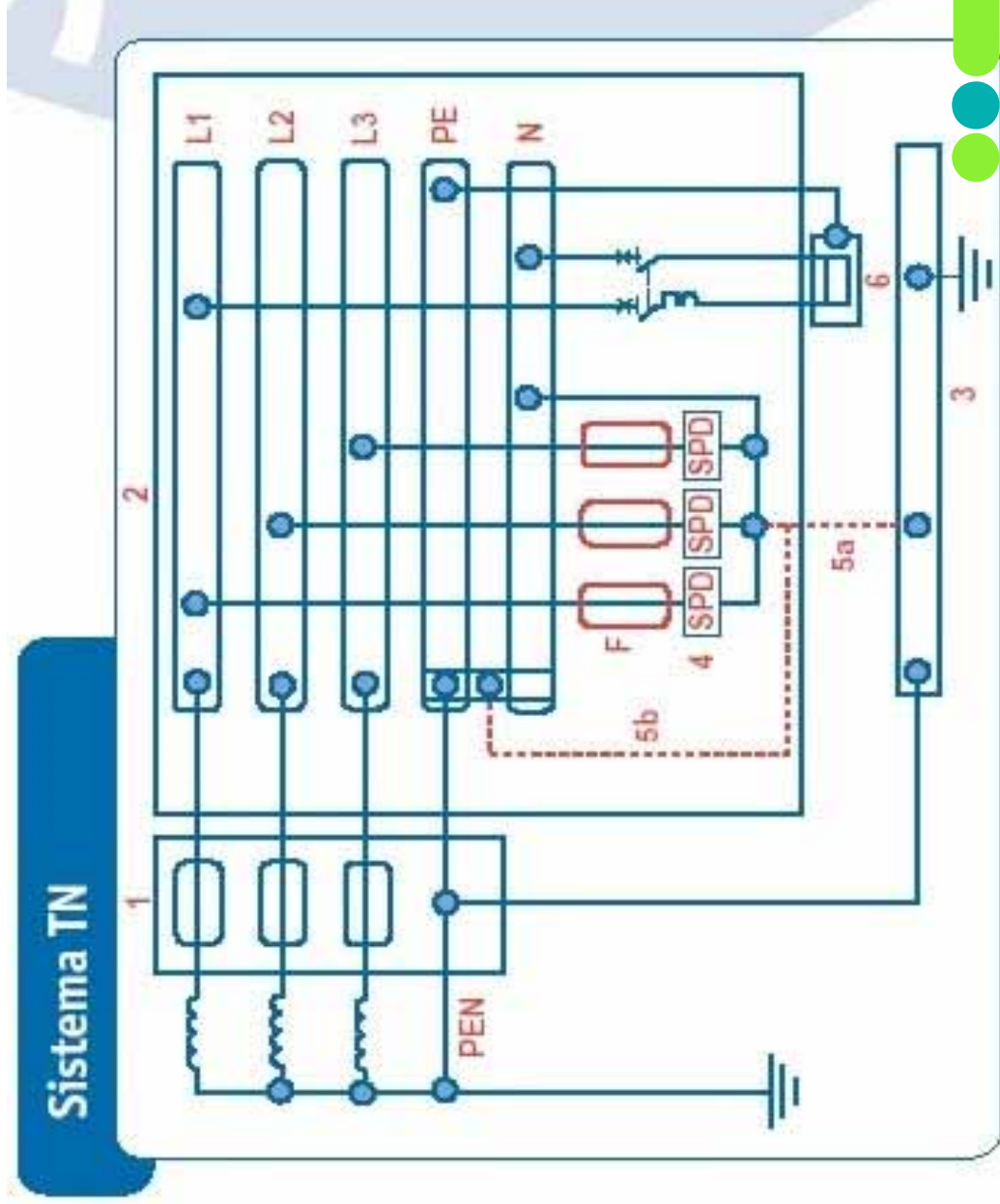
Anschluss im Stich  
 $F_2 \leq 125 \text{ A gL}$





# Esempio

## Schema di collegamento in un TN



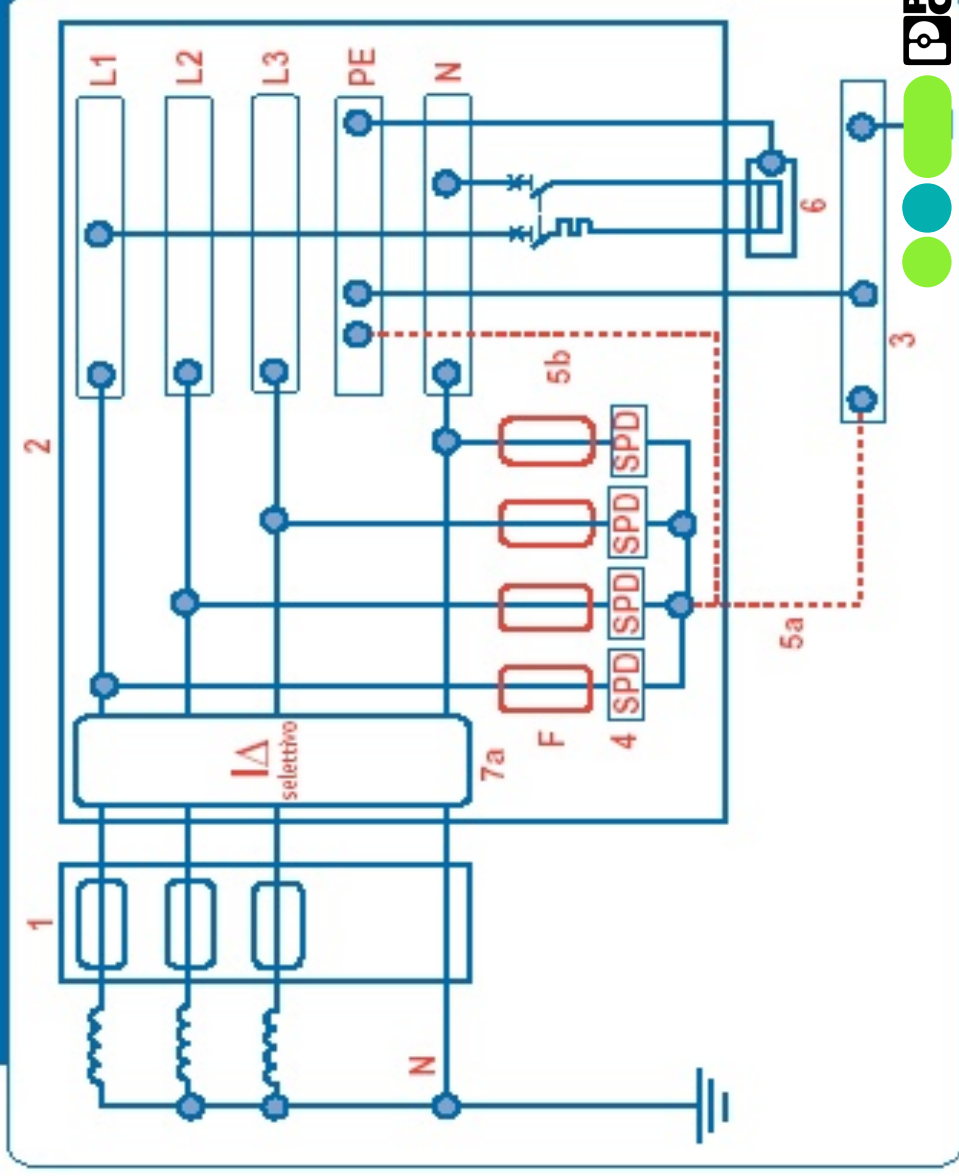




# Esempio

## Schema di collegamento in un TT

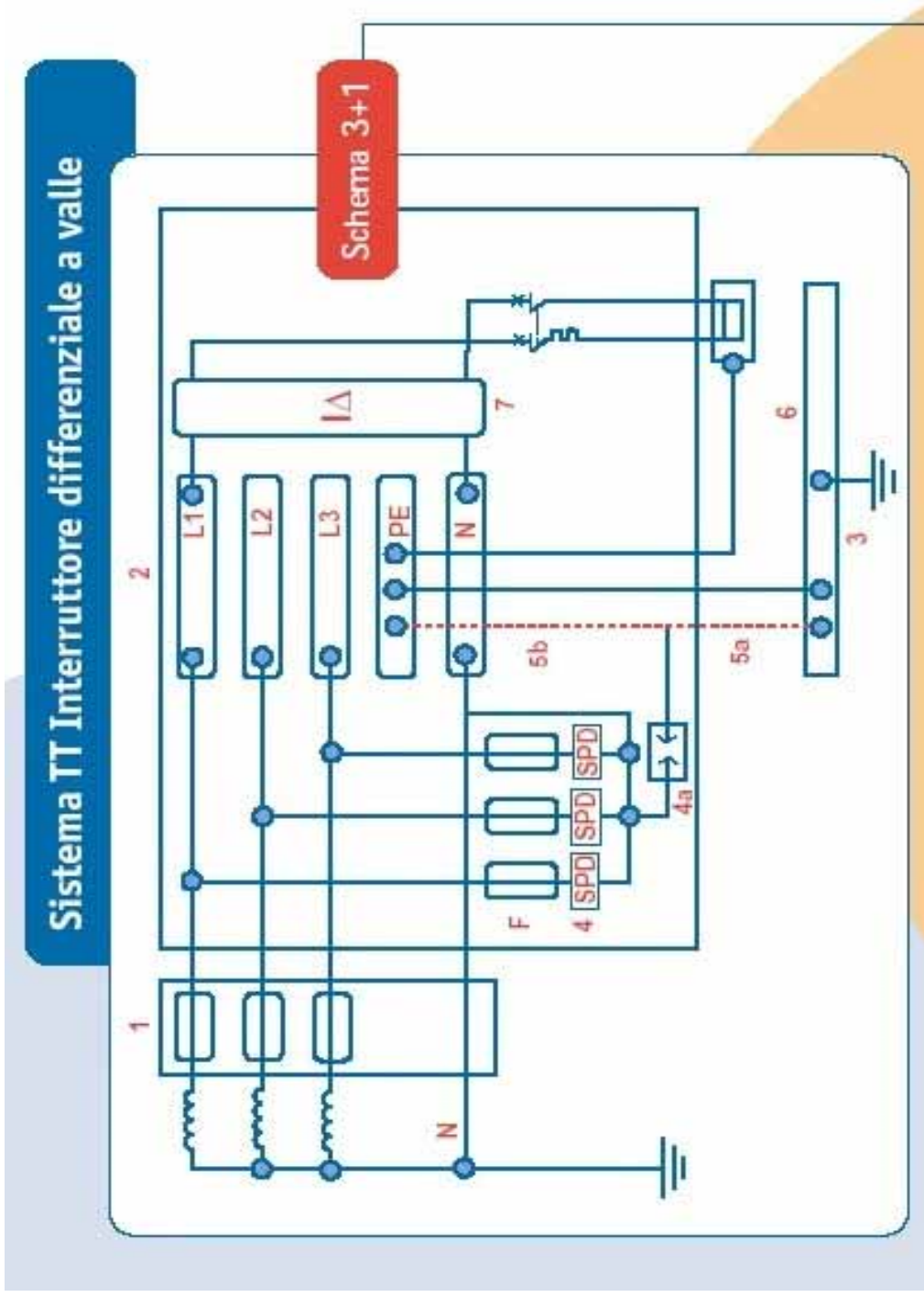
Sistema TT Interruttore differenziale a monte





# Esempio

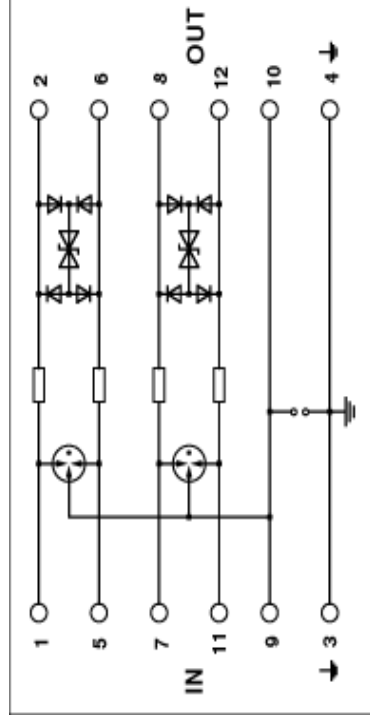
## Lo schema 3 + 1



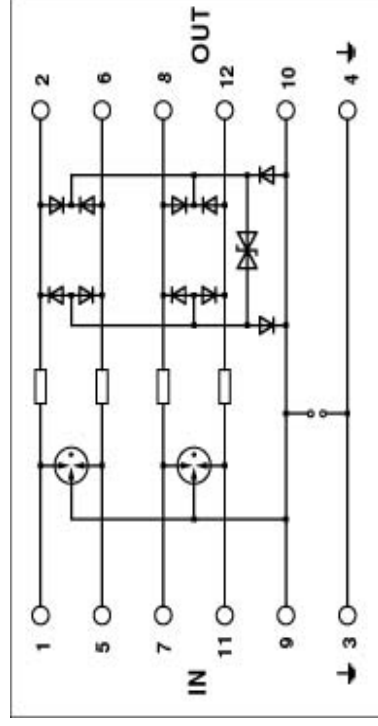
# Esempio



**PLUGTRAB PT 2x2-HF...**



**PLUGTRAB PT 5-HF...**



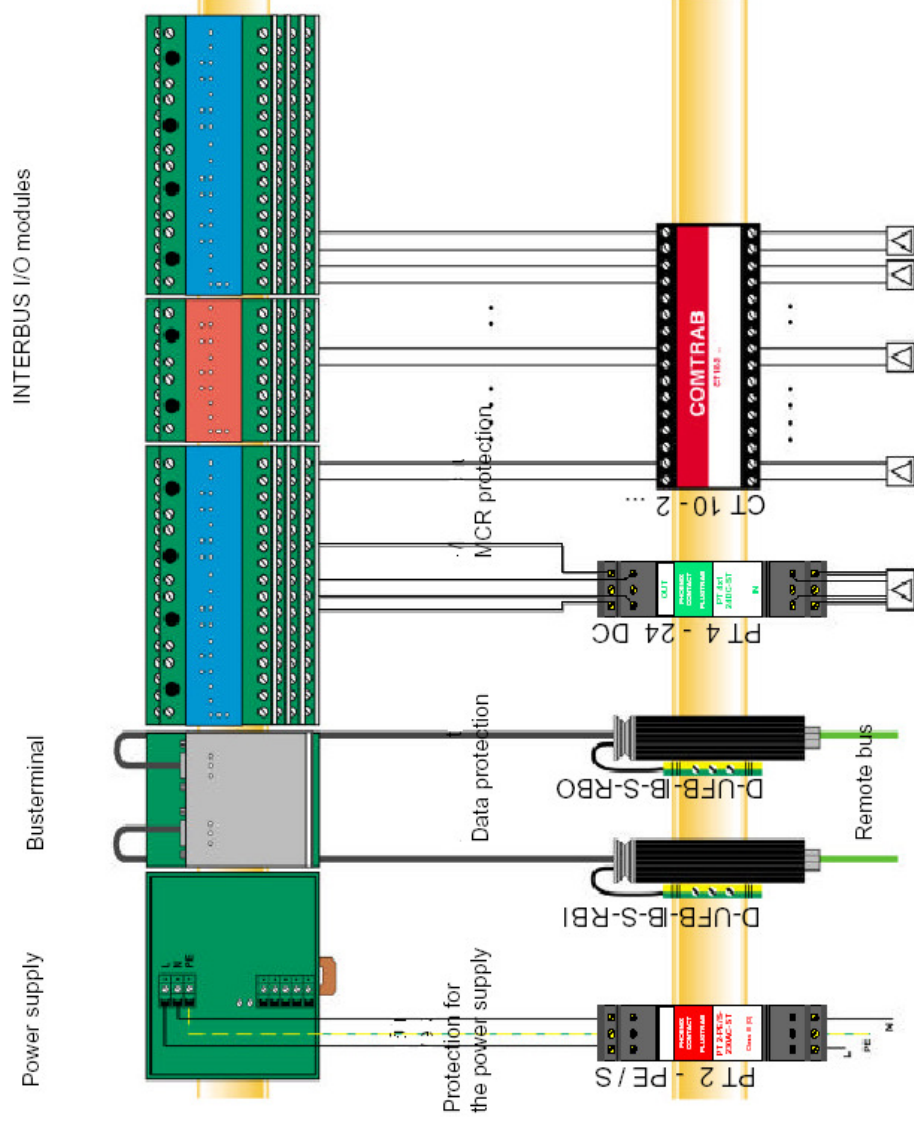
Dati - Telecomunicazioni



# Esempio



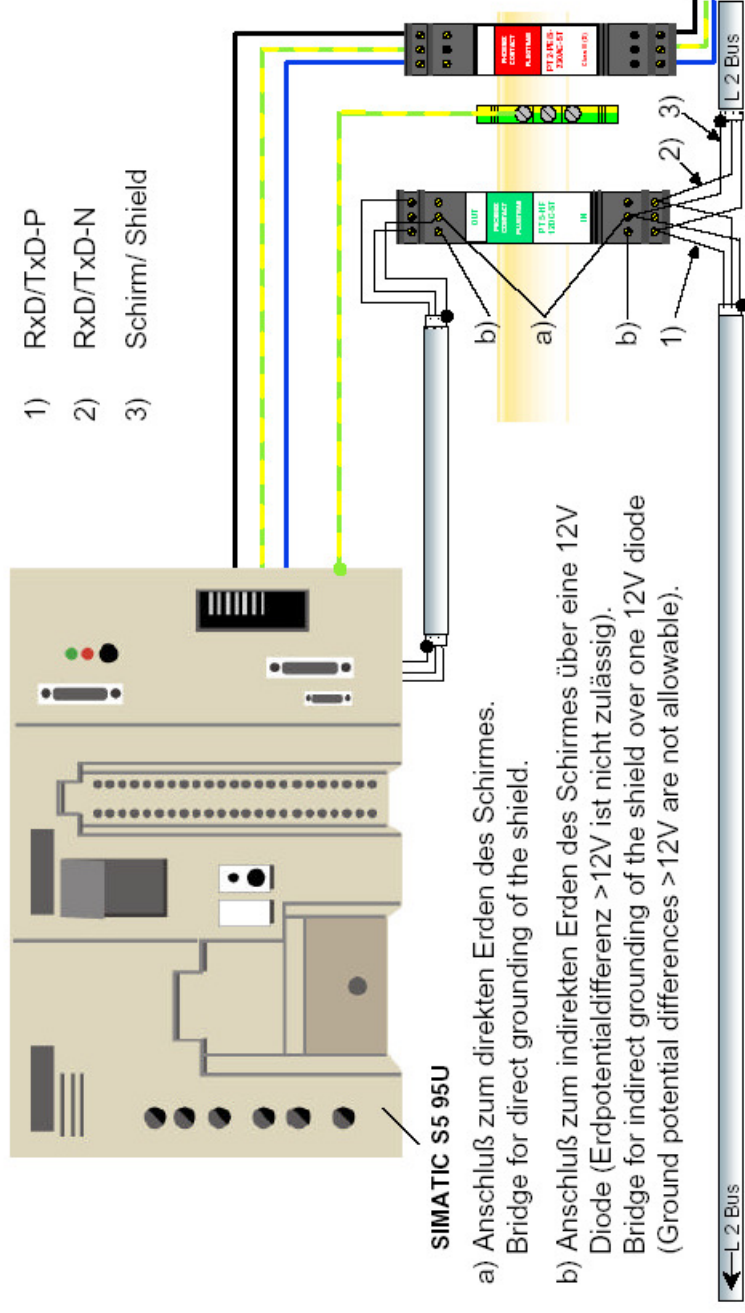
## Over voltage protection at INTERBUS



# Esempio



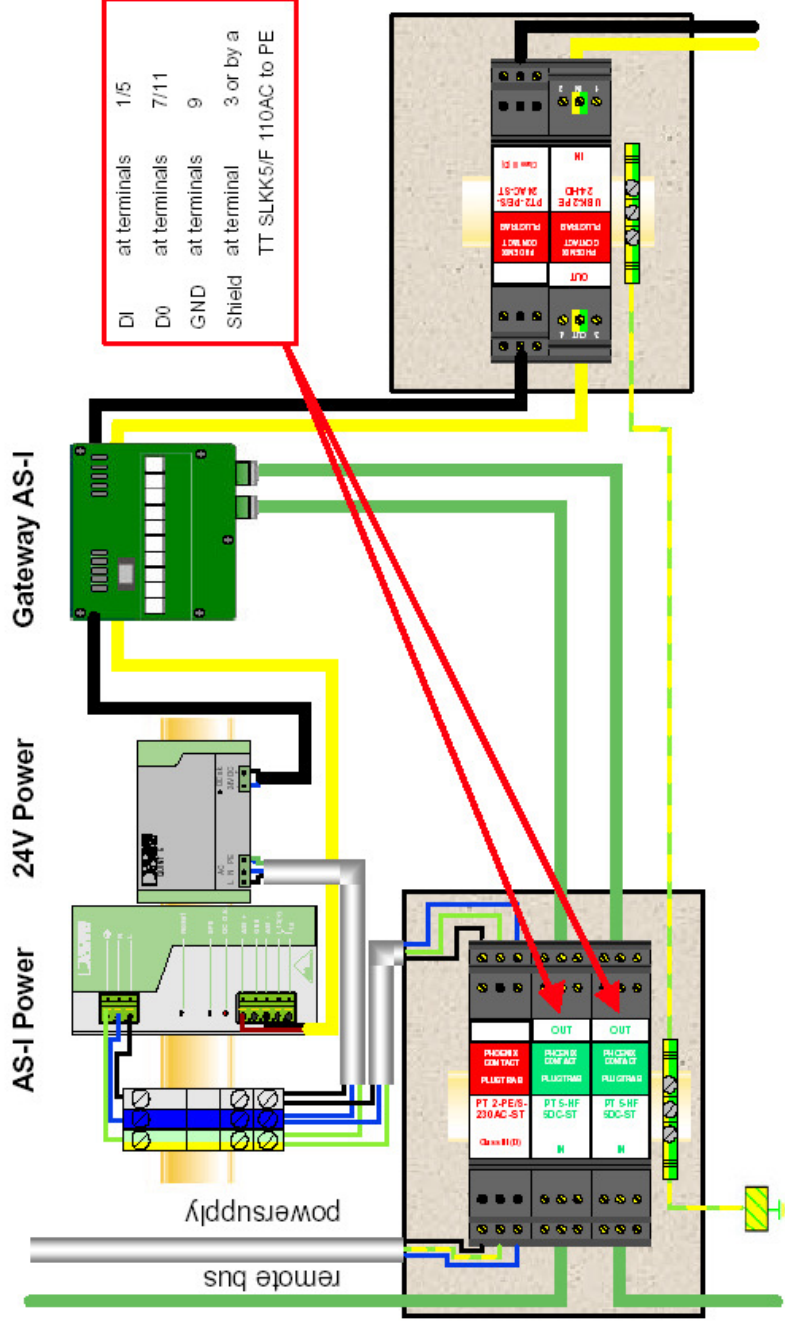
## Overvoltage protection at SINEC L2



# Esempio



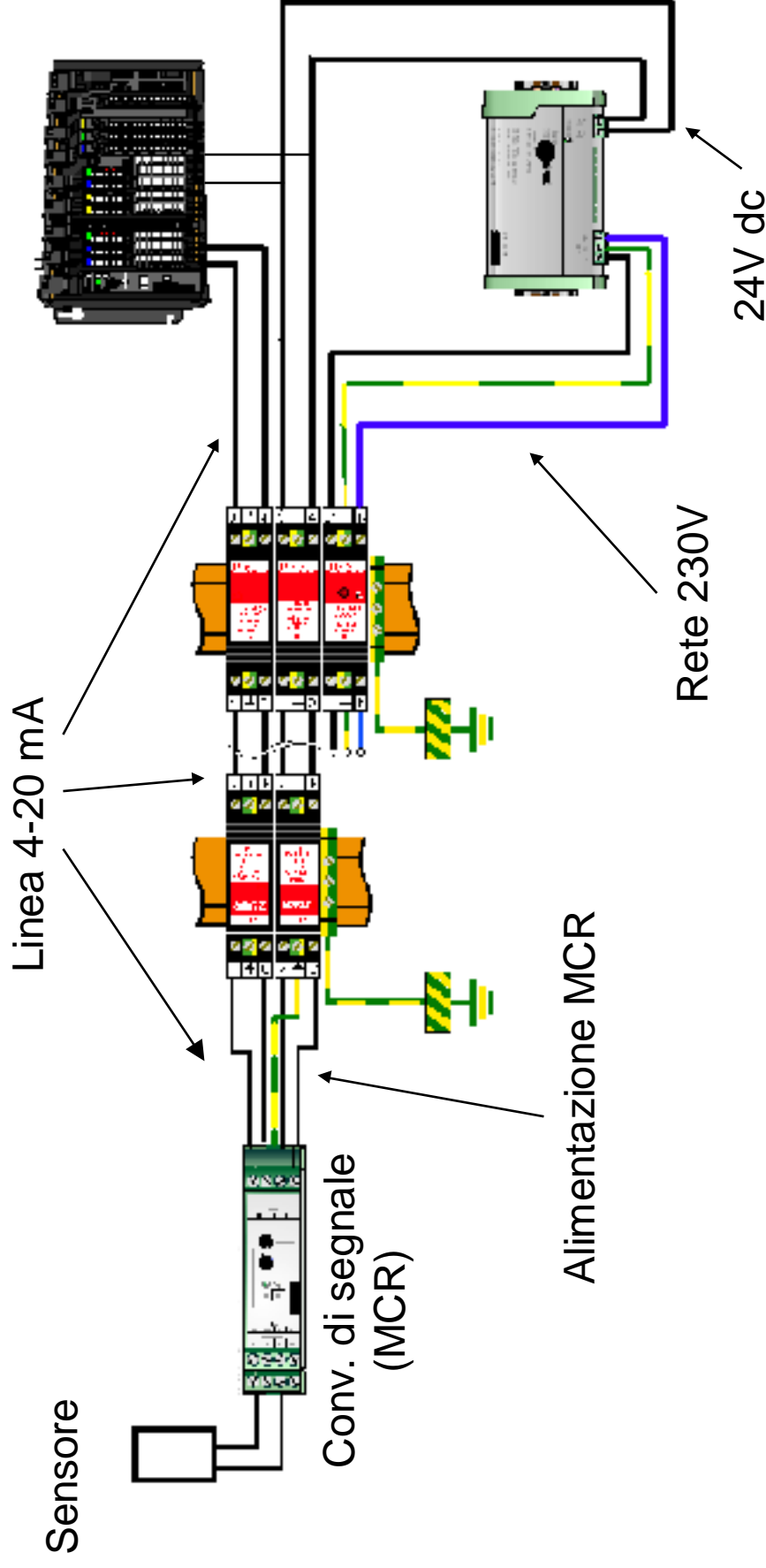
## Overvoltage protection at AS-Interface



# Esempio

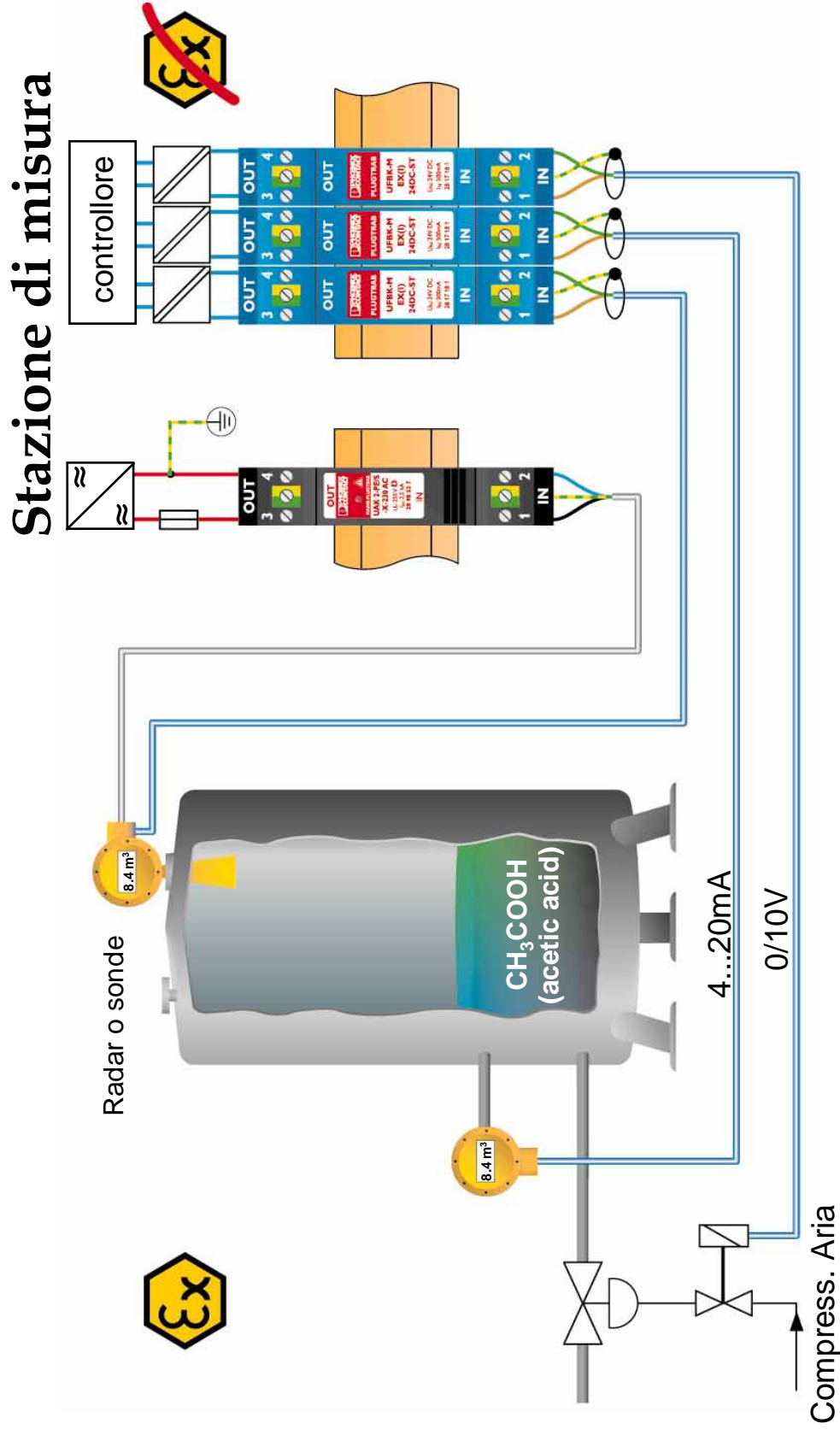


## Protezione di un segnale analogico in un circuito di misura



# Esempio

## Protezione di un serbatoio

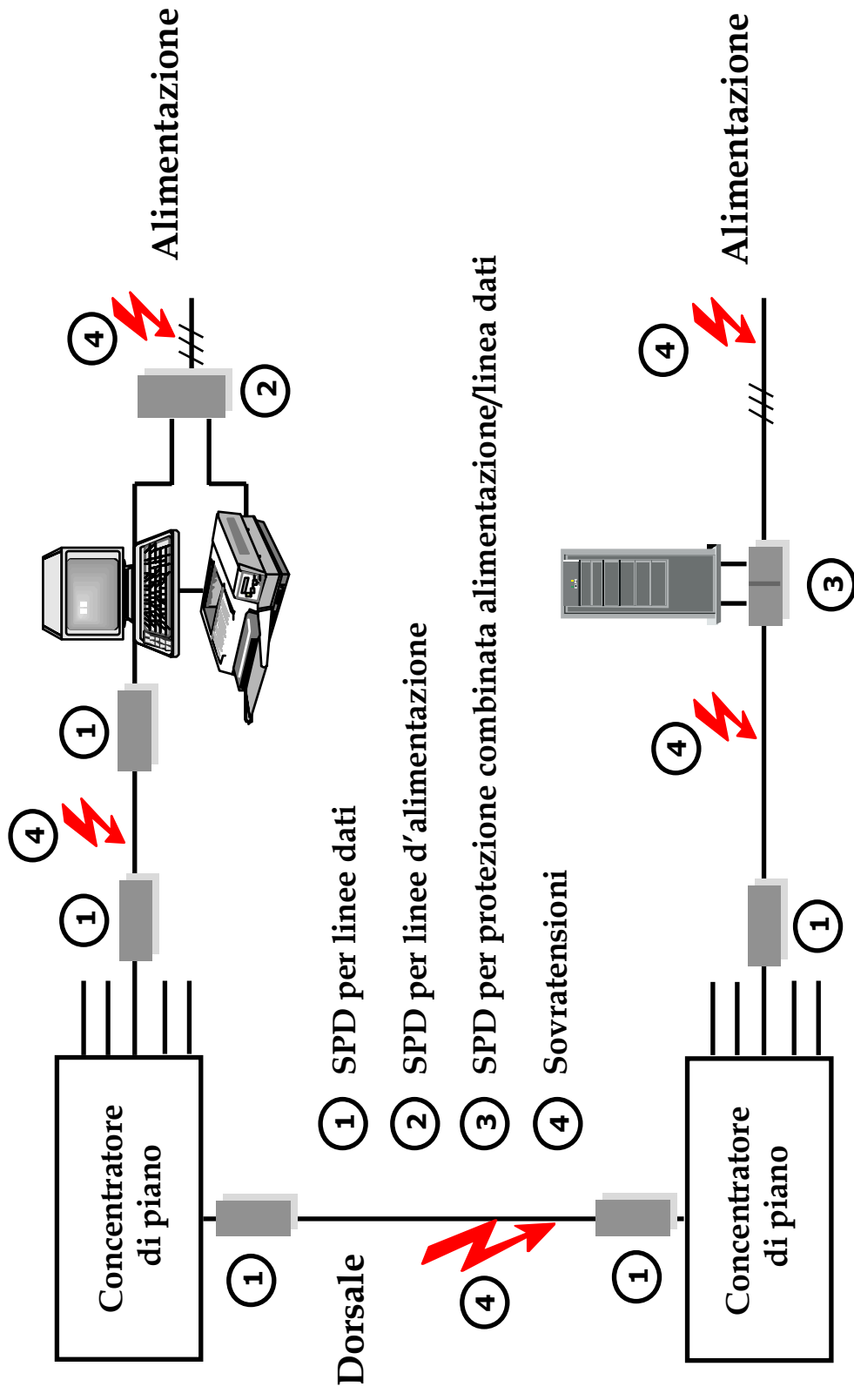






# Esempio

## Protezione nelle linee dati e nelle telecomunicazioni

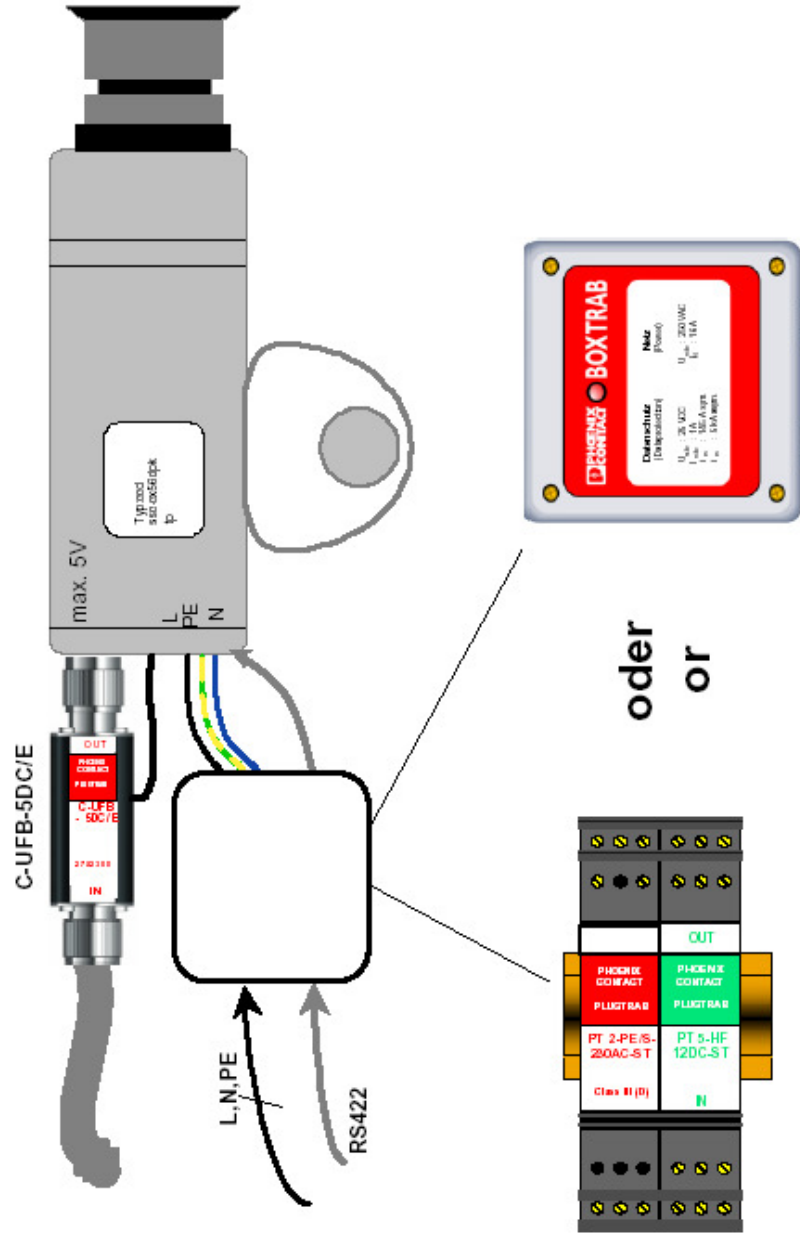




# Esempio

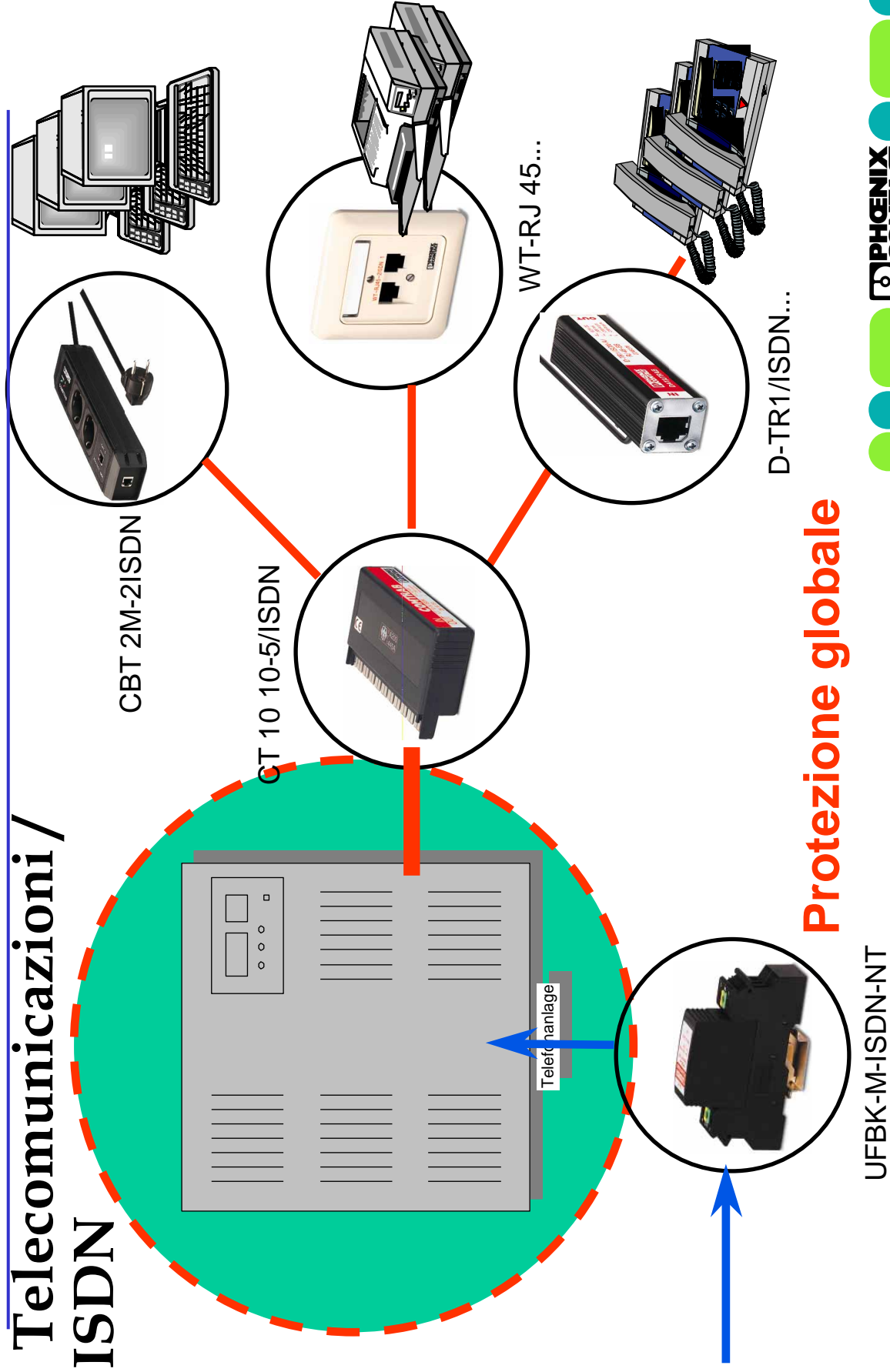
---

## Protezione per TVCC

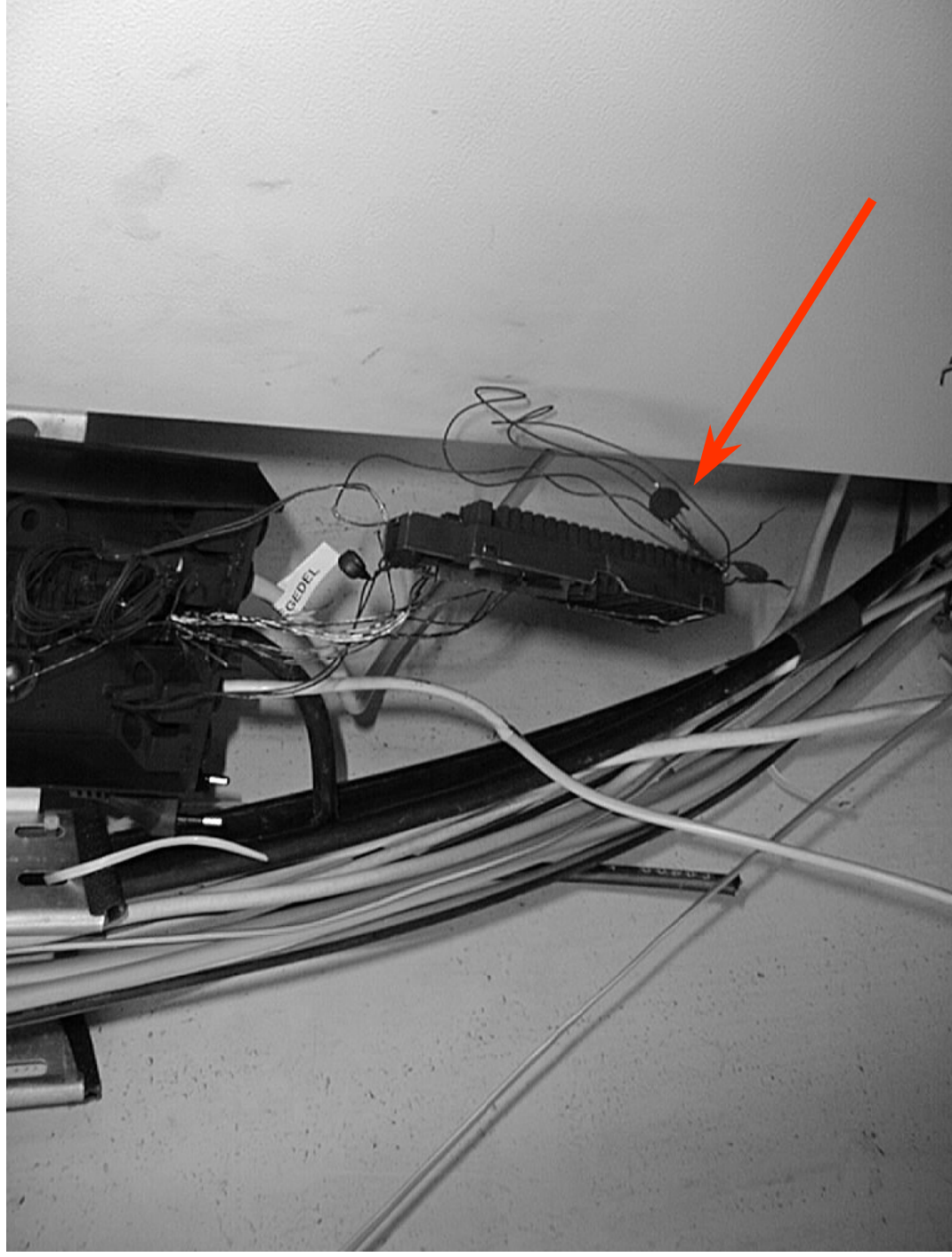


# Esempio

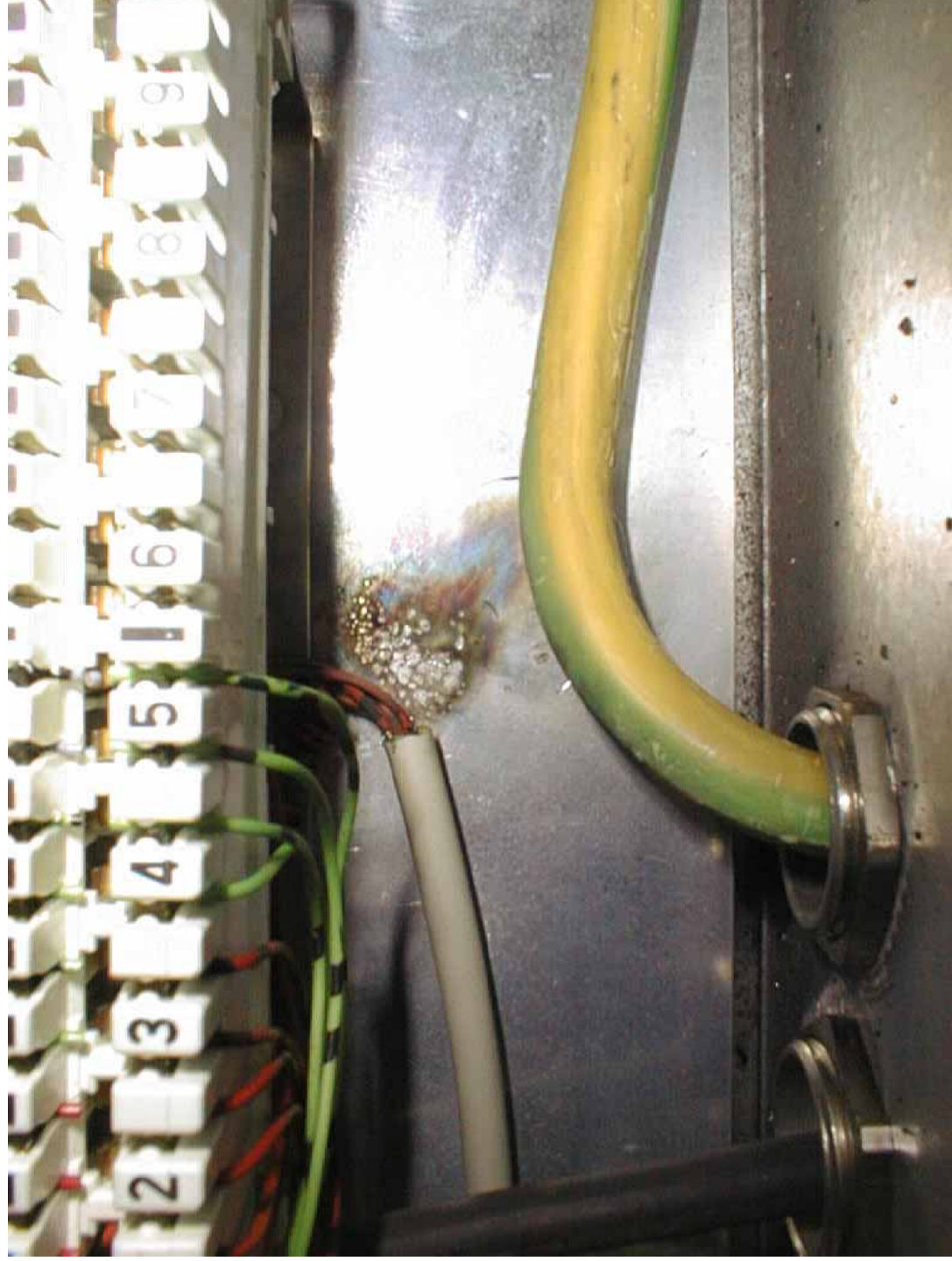
## Telecomunicazioni / ISDN



# Distruzione di un apparato Telecom

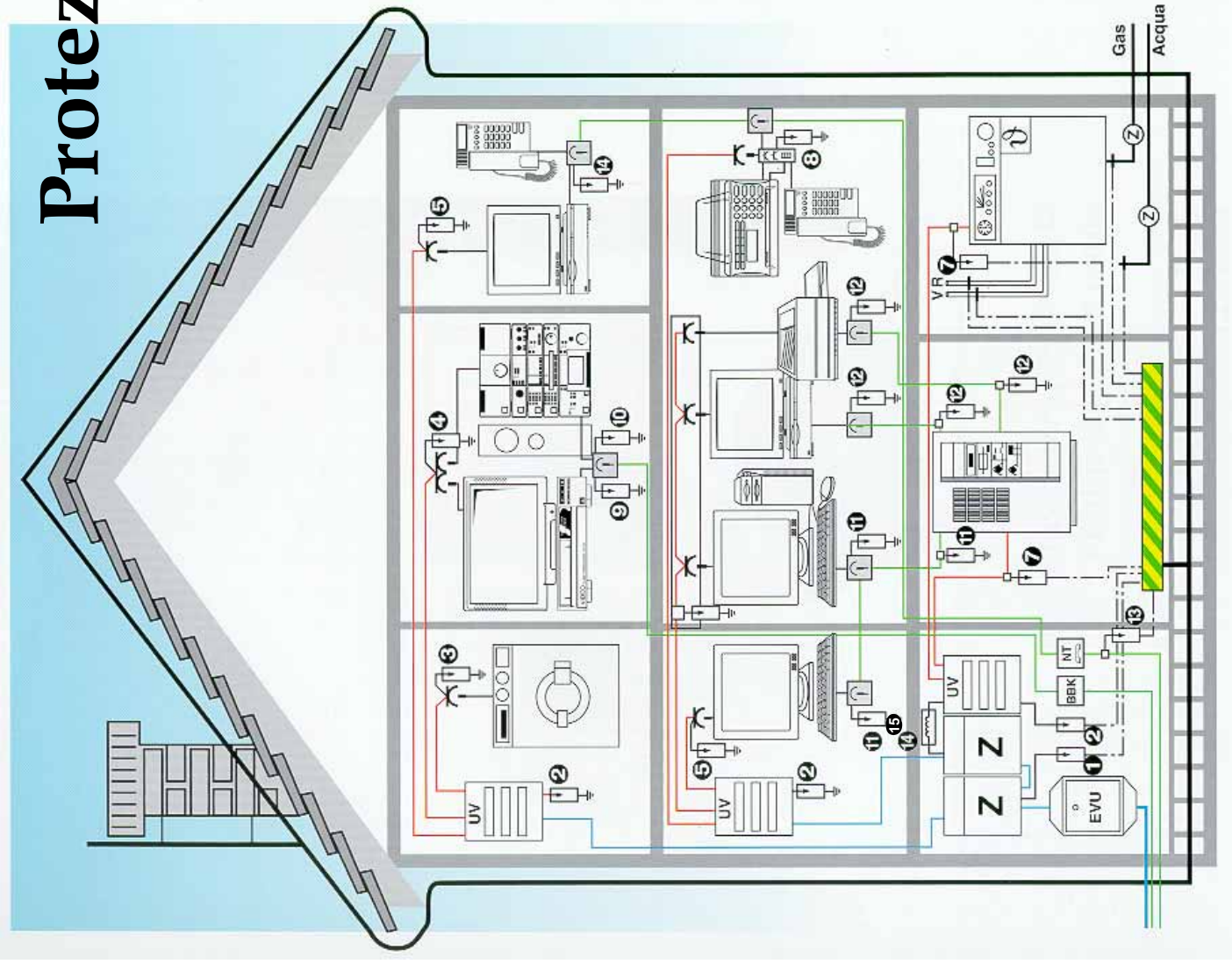


# Scarica

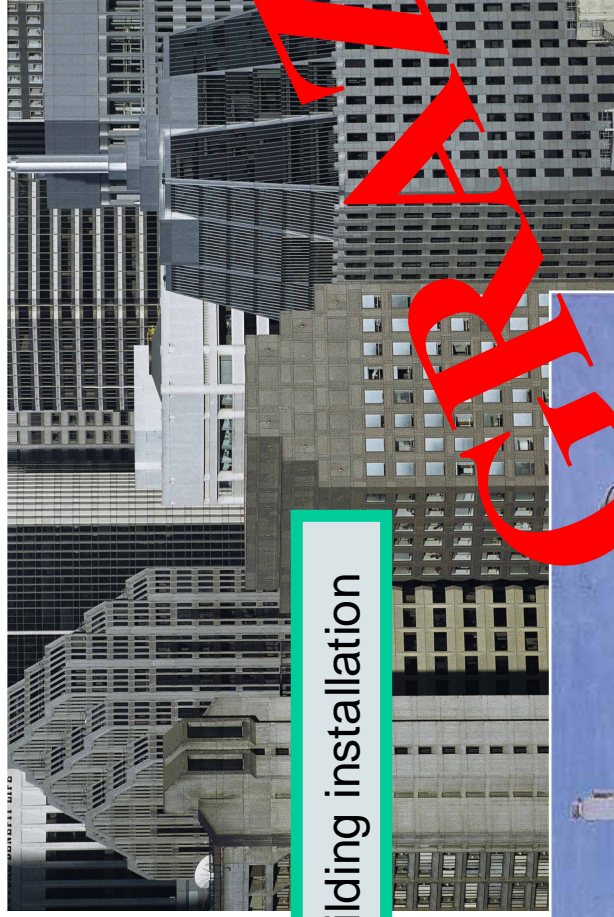


# Protezione di edificio

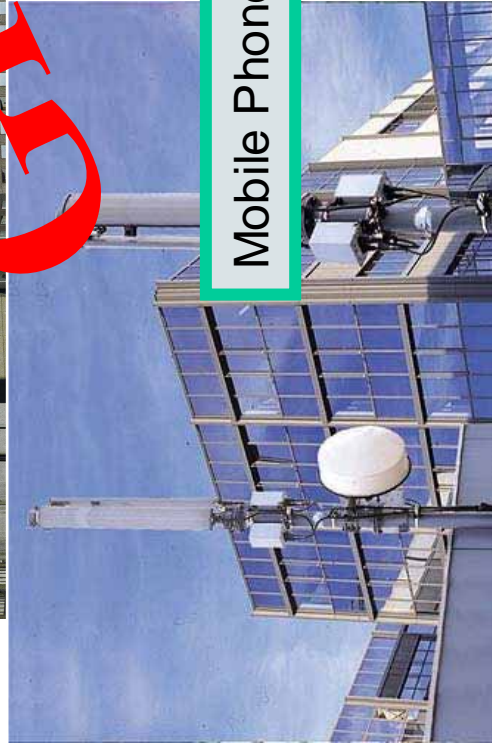
- 1 FLASHTRAB
- 2 VALVETRAB
- 3 SOCKETTRAB
- 4 COMBITRAB
- 5 MAINTRAB/SFP-TRAB
- 6 MAINS-PRINTRAB
- 7 MAINS-MODUTRAB
- 8 COMBITRAB
- 9 COAXTRAB C-TV
- 10 COAXTRAB C-RF
- 11 DATATRAB
- 12 DATATRAB
- 13 PLUGTRAB
- 14 DATATRAB
- 15 L-TRAB



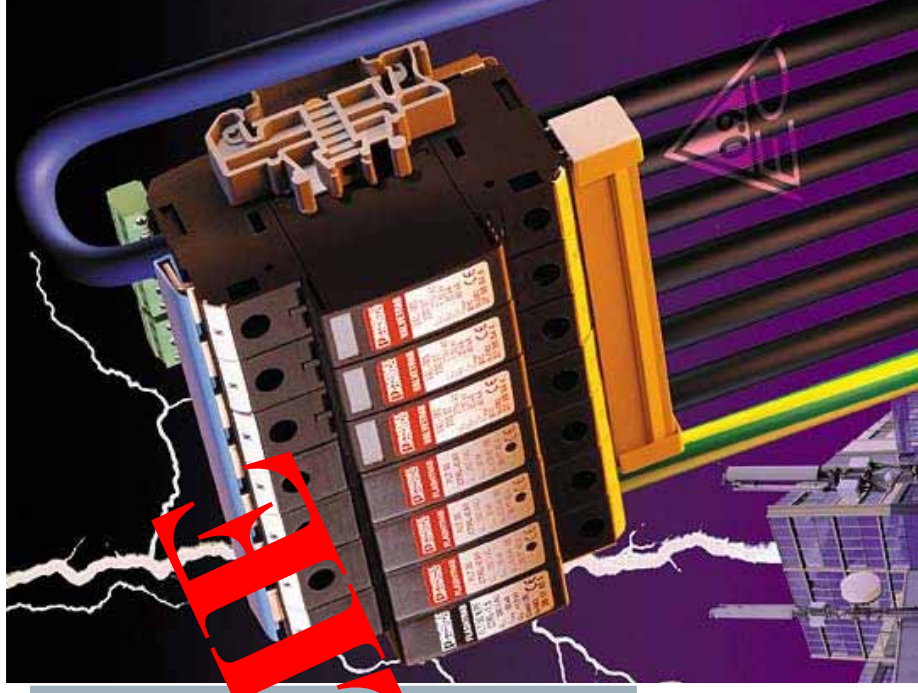
# TRABTECH



Building installation



Mobile Phone Systems





---

Per ulteriori informazioni La invitiamo a consultare il nostro sito Internet [www.phoenixcontact.it](http://www.phoenixcontact.it) oppure ad approfondire gli argomenti di Suo interesse attraverso il nostro personale di vendita di zona:

**Phoenix Contact Srl**  
**Ufficio Regionale di Vicenza**  
**Via Frassini, 35 – Centro Ponte Alto**  
**36100 Vicenza**  
**tel. e fax 0444/341810**  
**e-mail: [gfresch@phoenixcontact.com](mailto:gfresch@phoenixcontact.com)**

