

data di pubblicazione: 2026-04

data di scadenza: 24-06-2026

Guida per l'applicazione della Norma CEI EN 62305-2:2024. Valutazione della frequenza di danno F per gli impianti interni e del rischio R per le strutture.

Guide for the application of the Standard CEI EN 62305-2:2024.
Evaluation of the frequency of damage F for internal systems and of the
risk R for structures.



INCHIESTA PUBBLICA

Sommario

La Guida 81-29 ED3 fornisce un aiuto all'applicazione della norma CEI EN 62305-2 ED3. È l'aggiornamento della Guida CEI 81-29 ED2 in base alle novità introdotte dalla CEI EN 62305-2 ED 3. Essa evidenzia alcune peculiarità utili a livello italiano e diverse precisazioni su come calcolare la frequenza di danno degli impianti interni e il rischio per le strutture. La Guida propone infatti un processo di calcolo uniforme per il rischio e le frequenze di danno; antepone la valutazione della Frequenza di danno F a quella del rischio R . I dati in uscita dal calcolo della prima sono infatti i dati in ingresso per il calcolo della seconda.

In particolare, recepisce e chiarisce la Deviazione Nazionale, richiesta dall'Italia per la valutazione del Rischio, considerando separatamente i due rischi RL1 relativo alla perdita di vite umane e RL2 relativo alla perdita di beni e servizi.

La Guida estende il campo di applicazione della CEI EN 62305-2 ED 3 agli impianti interni con alimentazione in MT. Affronta la valutazione della probabilità P_{SPD} che l'apparecchiatura si danneggi malgrado la installazione di un Sistema di SPD mediante l'uso di grafici, così come nell'edizione precedente della Guida, ed il P_{SPD} ottenuto tiene già conto dei numerosi coefficienti di probabilità (CT, CLI, CLD, PLI, KS3, etc.) utilizzati dalla Norma CEI EN 62305-2, ED3, evitandone il calcolo separato.

Tutti gli interessati possono inviare i propri commenti ai documenti in Inchiesta Pubblica utilizzando il modello (template) liberamente scaricabile alla sezione “Attività Normativa - inchieste pubbliche” sul sito <https://www.ceinorme.it/adempimenti-al-regolamento-ue-1025-2012/inchieste-pubbliche/>.

I commenti saranno inviati al Comitato Tecnico CEI competente e verranno tenuti in considerazione anche per esprimere una posizione CEI nelle sedi opportune. Le osservazioni dovranno pervenire al CEI entro la data di scadenza dell'inchiesta pubblica indicata per ciascun Progetto. Tale documento, in formato Microsoft Word compilato come previsto in ogni sua parte va inviato tramite e-mail all'indirizzo dt@ceinorme.it.

I destinatari della presente bozza sono invitati a presentare, insieme ai loro commenti, notifica di eventuali diritti su brevetti pertinenti, di cui sono a conoscenza, e di fornire documentazione a supporto.



PREMESSA

La presente Guida aggiorna la Guida CEI 81-29:2020 in base alle novità introdotte dalla CEI EN IEC 62305-2:2025.

La presente Guida:

- mantiene lo stesso approccio per la valutazione, mediante l'uso di grafici, della probabilità che un'apparecchiatura sia danneggiata anche se protetta da un sistema di SPD. I grafici utilizzati per i fulmini sulla struttura e sulla linea sono stati tracciati sulla base dei risultati ottenuti con simulazioni fatte con il software EMTP su impianti interni considerati come esemplificativi (in seguito definiti 'impianti interni tipo'); la valutazione per i fulmini a terra è invece basata sulle simulazioni condotte con software LIOV-EMTP,
- tiene conto delle parti della Guida CEI 81-29:2020 già recepite dalla Norma CEI EN IEC 62305-2:2025.

14	INDICE	
15	1 Generalità.....	5
16	1.1 Campo di applicazione.....	5
17	1.2 Riferimenti normativi	5
18	1.3 La valutazione della frequenza di danno F e del rischio R	6
19	1.4 Termini e simboli	6
20	2 Aspetti generali della protezione	9
21	2.1 Tipi di danno	9
22	2.2 Limiti tollerabili della frequenza di danno F e del rischio R [CEI EN IEC 62305-1, paragrafi 6.2 e 6.3].....	9
23	2.3 Valutazione della frequenza di danno F e del rischio R [CEI EN IEC 62305-1, paragrafi 6.2 e 6.3]	10
24	2.4 Necessità della protezione contro il fulmine [CEI EN IEC 62305-1, articolo 6].....	10
25	2.5 Misure di protezione contro il fulmine [CEI EN IEC 62305-1, articolo 7].....	11
26	3 Valutazione della frequenza di danno f degli impianti interni [CEI EN IEC 62305-2, articolo 9].....	11
27	3.1 La frequenza di danno F di un'apparecchiatura [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 9.1]	11
28	3.2 Frequenze parziali di danno F_x di un'apparecchiatura con una sola porta [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 9.2].....	12
29	3.3 Condizioni particolari per la Tabella 3.2	13
30	3.4 Frequenze parziali di danno per un'apparecchiatura multiporta [CEI EN IEC 62305-4, C.2.6]	16
31	4 Valutazione del rischio R [CEI EN IEC 62305-2, articolo 6].....	17
32	4.1 Il rischio R	17
33	4.2 Zone di rischio [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 3.40].....	20
34	5 Il numero N di eventi pericolosi [CEI EN IEC 62305-2, Allegato A].....	21
35	5.1 Densità di fulmini al suolo N_{SG} [CEI EN IEC 62305-2, art. A.1].....	21
36	5.2 Suddivisione di una linea in Sezioni S_L [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 8.4]	21
37	5.3 Lunghezza L_L di una linea [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 3.1.25]	22
38	5.4 Determinazione del numero N_D (N_{DJ}) di eventi pericolosi dovuti ai fulmini su una struttura (o su una struttura adiacente) [CEI EN IEC 62305-2, articolo A.2]	22
39	5.5 Determinazione del numero N_L di eventi pericolosi dovuti ai fulmini su una linea connessa alla struttura [CEI EN IEC 62305-2, articolo A.4]	22
40	5.6 Determinazione della frequenza F_Z di danno all'apparecchiatura causato dalle sovratensioni indotte sulla linea dai fulmini a terra [CEI EN IEC 62305-2, art. A.5]	23
41	5.7 Determinazione della frequenza F_M di danno all'apparecchiatura, causato dalle sovratensioni indotte dai fulmini a terra su un impianto interno separato [CEI EN IEC 62305-2, A.3]	26
42	6 Probabilità p' che una sovratensione danneggi l'apparecchiatura protetta da un sistema di SPD [CEI EN IEC 62305-2, Allegato D].....	26
43	7 Determinazione delle perdite L_x [CEI EN IEC 62305-2, Allegato C]	27
44	7.1 Valori tipici di L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} e L_{O2} [CEI EN IEC 62305-2, C.2]	27
45	8 Strutture con rischio di esplosione [CEI EN IEC 62305-2, Tabella B.6].....	28
46	Allegato A Impianti di energia alimentati in BT - Grafici di dimensionamento degli SPD	30
47	Allegato B Alimentazione in MT – Grafici di dimensionamento	38
48	Allegato C Impianti di segnale - Grafici di dimensionamento.....	46
49	Allegato D Tabelle dati d'ingresso.....	50
50	Allegato E Procedura per la valutazione della frequenza di danno F e del rischio R	55
51	Allegato F (informativo) Approfondimenti e chiarimenti.....	64

GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMA CEI EN IEC 62305-2:2025

Valutazione della frequenza di danno F per gli impianti interni e del rischio R per le strutture

1 Generalità

1.1 Campo di applicazione

Lo scopo di questa Guida è quello di fornire all'utilizzatore della Norma CEI EN IEC 62305-2, in ambito nazionale, chiarimenti e ausili per l'applicazione della Norma stessa e la corretta valutazione della frequenza di danno per gli impianti interni e del rischio per la struttura.

Nello stesso tempo la Guida introduce alcune modifiche alla Norma CEI EN IEC 62305-2 laddove vi sia una "deviazione nazionale" richiesta dal Comitato Tecnico Italiano (CT 81) o vi sia la facoltà, data ai Comitati Nazionali dalla stessa Norma, di apportare modifiche e miglioramenti alla Norma stessa.

In particolare, rispetto alla Guida CEI 81-29:2020:

- a) è stata introdotta la valutazione della frequenza F di danno degli impianti interni di energia nelle strutture con alimentazione in MT;
- b) è stata meglio precisata:
 - la valutazione della frequenza F di danno alle apparecchiature e la necessità di ridurla al di sotto del limite tollerabile F_T , a tutela del buon funzionamento degli impianti interni (vedi paragrafo 2.2);
 - la valutazione della probabilità che l'apparecchiatura si danneggi malgrado l'installazione di un sistema di SPD. In questa Guida, questa probabilità è chiamata P' (vedi articolo 6);
 - la valutazione del rischio R per tener conto della "deviazione nazionale" richiesta dal Comitato Tecnico 81 del CEI ed evidenziata nella prefazione della Norma CEI EN IEC 62305-2.

Per valutare la probabilità P' , questa Guida applica il metodo dell'analisi dettagliata riportato nell'Allegato D della CEI EN IEC 62305. Tali valutazioni possono richiedere tecniche di simulazione software più complete [CEI EN IEC 62305-2, articolo C1].

Questa Guida applica principi e metodi previsti nella serie di Norme CEI EN IEC 62305. Pertanto, le sovratensioni considerate sono solo quelle di modo comune.

In questa Guida le specifiche parti e i paragrafi della serie di Norme CEI EN IEC 62305:2025 utilizzati sono indicate tra parentesi quadre.

1.2 Riferimenti normativi

CEI EN IEC 60079-10-1:2023 "Atmosfere esplosive Parte 10-1: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di gas"

CEI EN IEC 60079-10-2:2016 "Atmosfere esplosive - Parte 10-2: Classificazione dei luoghi - Atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili"

CEI EN IEC 62305: 2025 "Protezione contro i fulmini" (serie)

CEI EN IEC 62305-1:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 1: Principi generali"

CEI EN IEC 62305-2:2025 "Protezione contro i fulmini – Parte 2: Gestione del rischio"

CEI EN IEC 62305-3:2025 "Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per la vita della persone"

- 105 CEI EN IEC 62305-4:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici
106 nelle strutture"
- 107 CEI EN IEC 62793:2021 "Protezione contro i fulmini - Sistemi di allerta temporali"
- 108 CEI EN IEC 62858:2020 "Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi
109 generali"
- 110 CEI 64-8:2024 "Impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente
111 alternata e a 1500 V in corrente continua"
- 112 CEI 81-29:2020
- 113 CEI UNI EN/ISO 13943:2012 "Sicurezza in caso di incendio - Vocabolario"
- 114 **1.3 La valutazione della frequenza di danno F e del rischio R**
- 115 La valutazione della frequenza di danno F delle apparecchiature degli impianti interni alle
116 strutture e del rischio R per le strutture deve essere condotta da tecnici specializzati.
- 117 Per diventare un tecnico specializzato sono necessari una conoscenza approfondita delle
118 Norme pertinenti.
- 119 **1.4 Termini e simboli**
- 120 I parametri da applicare per la valutazione della frequenza di danno F e del rischio R sono
121 riportati nelle Tabelle da 1.3.1 a 1.3.5 con i relativi articoli della Guida CEI 81-29 indicati tra
122 parentesi tonde o della Norma CEI EN IEC 62305-2 indicati tra parentesi quadre.
- 123 NOTA Per brevità, in questa Guida gli impianti interni stand-alone o separati dalla linea esterna da una interfaccia
124 isolante sono indicati come "impianti interni separati".

125 **Tabella 1.3.1 - Simboli comuni usati nel testo**

Parametro	Simbolo	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Riferimento]
Densità di fulmini a terra per km ² e per anno (Art.5.1)	N_G	[Art. A.1]
Densità dei punti di contatto a terra dei fulmini per km ² e per anno (Art.5.1)	N_{SG}	[Art. A.1]
Fattore di installazione (Tab. 5.2)	C_I	[Tabella A.4]
Fattore ambientale (Tab. 5.3)	C_E	[Tabella A.2]
Area di riferimento dei fulmini a terra per una linea (Art. 5.6) ^(*)	A_{RL}	
Area di riferimento dei fulmini a terra per un impianto interno separato (Art.5.7) ^(*)	A_{RS}	
Coefficienti che tengono conto del tipo di linea (Tab. 5.4)	a, b	
Coefficiente di correzione al variare della resistività del suolo rispetto a quella di riferimento ($\rho = 500 \Omega m$), (Fig. 5.1a)	ρ_1	
Coefficiente di correzione al variare della lunghezza della sezione di linea L_L rispetto alla lunghezza di riferimento ($L_L = 500 m$), (linea BT Fig. 5.1a) (linea MT Fig. 5.1b)	L_1	
Tensione di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura (kV)	U_W	[Art. A.3]
Lunghezza della sezione di linea (m) (Art. 5.3)	L_L	[Art. A.4]
Probabilità che il sistema di allerta temporali (TWS) non rilevi un fulmine a terra nel raggio di azione assegnato	P_{TWS}	[Art. B.1] [Art. B.2]
Probabilità che l'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso	P_e	[Art. B.12]
Probabilità che una persona sia in un posto pericoloso	P_p	[Art. B.11]
Fattori di schermatura della struttura o delle sue zone interne (Tab. 5.5)	K_{S1}, K_{S2}	[Art. B.6]
Area dell'impianto indotto (m ²) (Art. 5.7)	A_i	[Art. B.6]
^(*) In questa Guida con "fulmine a terra" si intende il fulmine che colpisce in vicinanza della struttura o della linea connessa		

127

Tabella 1.3.2 - Simboli del numero di eventi pericolosi

Parametro	Simbolo	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Riferimento]
Numero annuo di fulmini che colpiscono la struttura (Art.5.4)	N_D	[Art. A.2]
Numero annuo di fulmini che colpiscono la struttura adiacente (Art.5.4)	N_{DJ}	[Art. A.2]
Numero annuo di fulmini che colpiscono la linea (BT, MT o TLC) connessa agli impianti interni della struttura (Art.5.5)	N_L	[Art. A.4]

128

Tabella 1.3.3 - Simboli per le probabilità di danno

PARAMETRO	SIMBOLO GENERALE	ALIMENTAZIONE IN BT	ALIMENTAZIONE IN MT	IMPIANTO STAN ALONE O SEPARATO DA INTERFACCIA ISOLANTE	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Riferimento]
Probabilità che un'apparecchiatura si danneggi se non protetta da un sistema di SPD ¹⁾	P				
Probabilità che un'apparecchiatura si danneggi malgrado la presenza di un sistema di SPD ¹⁾	P'				
Probabilità che un'apparecchiatura si danneggi malgrado la presenza di un sistema di SPD ²⁾	P_{SPD}				[Art. 4]
Probabilità che il valore della carica associata alla corrente che fluisce attraverso l'SPD nel punto di installazione superi quello tollerato dall'SPD ¹⁾	P_Q				[Art. 4]
Probabilità che il valore della tensione residua U_{res} sull'SPD, relativo alla corrente che lo attraversa, superi il livello di protezione richiesto per la protezione dell'apparecchiatura ¹⁾	P_{Up}				[Art. 4]
Probabilità che una sovratensione dovuta ai fulmini sulla struttura danneggi l'apparecchiatura (Tab. 3.3)	P_C	P_{CBT}	P_{CMT}	P_{CS}	[Allegato D]
Probabilità che una sovratensione dovuta ai fulmini sulla linea connessa alla struttura danneggi l'apparecchiatura (Tab. 3.3)	P_W	P_{WBT}	P_{WMT}	P_{WS}	[Allegato D]
¹⁾ Simbolo usato in questa Guida, art. 6 ²⁾ Simbolo usato nella Norma CEI EN IEC 62305-2 NOTA 1 – In questa Guida $P_{SPD} = P'$ NOTA 2 – In questa Guida, se il sistema di SPD BT non è installato, la generica probabilità P è indicata con P_X ; se il sistema di SPD di impianto BT installato, la generica probabilità P è indicata con P'_X .					

129

130

Tabella 1.3.4 - Simboli della frequenza di danno

PARAMETRO	IMPIANTI INTERNI CONNESSI AD UNA LINEA ESTERNA		IMPIANTO STAND-ALONE O SEPARATO DA INTERFACCIA ISOLANTE	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Riferimento]
	ALIMENTAZIONE IN BT	ALIMENTAZIONE IN MT		
Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (Tab. 3.2)	F_C	F_C		[Tab. 4]
Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee connesse alla struttura (Tab. 3.2)	F_W	F_W		[Tab. 4]
Frequenza di danno dell'apparecchiatura dovuta alle sovratensioni, indotte dai fulmini a terra, sulle linee esterne all'edificio e sugli impianti interni ad esse connessi (Tab. 3.2)	F_{ZBT}	F_{ZMT}		[Tab. 4]
Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni, indotte sugli impianti interni separati, dai fulmini sulla struttura (Tab. 3.2)			F_{CS}	
Frequenza di danno dell'apparecchiatura dovuta alle sovratensioni, indotte sugli impianti interni separati, dai fulmini a terra (Tab. 3.2)			F_M	[Tab. 4]
NOTA In questa Guida, se il sistema di SPD di impianto BT non è installato, la generica frequenza di danno F è indicata con F_X ; se il sistema di SPD BT installato, la generica frequenza di danno F è indicata con F'_X .				

131

132

Tabella 1.3.5 - Simboli del rischio di fulminazione

Parametro	Simbolo	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Riferimento]
Probabilità correlata al livello di protezione del LPS	P_{LPS}	[Tabella B.3]
Probabilità che un fulmine sulla struttura causi una scarica pericolosa	P_S	[Tabella B.4]
Probabilità che una persona sia in un posto pericoloso	P_P	[Articolo B.11]
Fattore di riduzione delle perdite in funzione delle misure di protezione contro l'incendio (Tab. D.1.6)	r_p	[Tabella B.5]
Fattore di riduzione delle perdite in funzione del rischio d'incendio o di esplosione (Tab. D.1.7)	r_t	[Tabella B.6]
Coefficiente di riduzione della tensione di passo e contatto per tipo di superficie (Tab. D.1.3)	r_t	[Tabella B.2]

133

2 Aspetti generali della protezione

2.1 Tipi di danno

Un fulmine che interessa una struttura può causare:

— danno di apparecchiature degli impianti interni per sovratensioni (o, più brevemente, danno di impianti interni). **Il numero di volte in un anno in cui un fulmine causa danno alle apparecchiature degli impianti interni è denominato frequenza di danno F .**

— perdita di persone e beni per incendio, esplosione, azioni meccaniche e tensioni di contatto e di passo. **La probabile perdita media annua è denominata rischio R ;**

NOTA - La Norma CEI EN IEC 62305-2 definisce:

3.8 impianto elettrico:

impianto che incorpora componenti di alimentazione a bassa tensione

3.9 impianto elettronico:

impianto che incorpora componenti elettronici sensibili come apparecchiature di telecomunicazione, sistemi informatici, di controllo e strumentazione e installazioni elettroniche di potenza

3.10 impianto interno:

impianti elettrici ed elettronici all'interno di una struttura.

La valutazione della frequenza di danno F e del rischio R sono gli strumenti che consentono di stabilire se la protezione della struttura e dei suoi impianti interni contro il fulmine sia necessaria o meno, e individuare se e quali protezioni sono necessarie.

2.2 Limiti tollerabili della frequenza di danno F e del rischio R [CEI EN IEC 62305-1, paragrafi 6.2 e 6.3]

a) Frequenza di danno tollerabile F_T

Il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni della struttura da proteggere è denominato frequenza tollerabile di danno F_T .

Fissare i valori della frequenza tollerabile di danno F_T è responsabilità del proprietario o del gestore della struttura, anche tenendo conto delle caratteristiche del servizio svolto, della vita attesa per gli impianti interni, dell'organizzazione per la manutenzione e riparazione e dei costi associati.

Questa Guida suggerisce per la frequenza di danno tollerabile F_T il valore di 0,1 (cioè un danno ogni 10 anni); l'utilizzatore della Guida può definire un diverso valore per F_T che, in ogni caso, deve essere inferiore a 1 (cioè un danno all'anno), a tutela del buon funzionamento degli impianti interni.

b) Rischio tollerabile R_T (vedi paragrafo 7.3 della CEI EN IEC 62305-2)

Si distinguono due tipi di rischio:

- Rischio R_{L1} relativo alla perdita di vite umane;
- Rischio R_{L2} relativo alla perdita di beni e servizi.

Il massimo valore del rischio, espresso in valori relativi, che può essere tollerato per la struttura o per ogni zona in cui è stata divisa la struttura, è:

- $R_{T1} = 10^{-5}$ per il rischio R_{L1}
- $R_{T2} = 10^{-3}$ per il rischio R_{L2}

2.3 Valutazione della frequenza di danno F e del rischio R [CEI EN IEC 62305-1, paragrafi 6.2 e 6.3]

a) Frequenza di danno F

La valutazione della frequenza di danno F può essere effettuata per ogni singolo impianto interno elettrico e di segnale.

La frequenza di danno F di un impianto interno coincide con quella della sua apparecchiatura con il più alto valore di F .

In un impianto interno di energia, la frequenza di danno assume valori diversi a seconda che l'impianto sia

- connesso tramite un trasformatore MT/BT con impianto di terra della cabina connesso all'impianto di terra unico della struttura (*alimentazione in MT*);
- connesso direttamente alla linea esterna (*alimentazione in BT*);
- stand-alone o separato dalla linea esterna da una interfaccia isolante (nel seguito indicato come "*impianto interno separato*").

NOTA 1 L'alimentazione di un impianto interno della struttura non può essere considerata in MT se l'impianto di terra della cabina MT/BT non è connesso a quello della struttura.

NOTA 2 Tra le apparecchiature degli impianti interni sono compresi anche i trasformatori di isolamento.

La frequenza di danno F deve essere valutata:

- per l'apparecchiatura più critica F , al fine di verificare che per tutti gli impianti interni della struttura sia $F \leq 1$;

NOTA 3 Un'apparecchiatura è tanto più critica quanto più:

- l'impianto interno cui è connessa è lungo, con maggiore distanza tra conduttori attivi e PE, non schermato, più vicino alle calate del LPS se esistente;
- bassa è la sua tensione di tenuta U_w .
- per le apparecchiature scelte dal proprietario o del gestore della struttura, al fine di verificare che per esse $F \leq F_T$.

b) Rischio R

Per effettuare la valutazione del rischio R , l'intera struttura può essere divisa in zone. In questo caso il rischio R dovrebbe essere valutato zona per zona; il rischio R dell'intera struttura non è la somma dei rischi delle zone in cui essa è stata divisa.

2.4 Necessità della protezione contro il fulmine [CEI EN IEC 62305-1, articolo 6]

La necessità della protezione contro il fulmine si accerta effettuando:

- per la struttura, il confronto tra il rischio R e quello tollerabile R_T . In accordo con la deviazione nazionale italiana riportata nella Norma CEI EN IEC 62305-2, per il rischio R la valutazione si effettua considerando separatamente i due rischi:
 - R_{L1} relativo alla perdita di vite umane,
 - R_{L2} relativo alla perdita di beni e servizi.

La protezione è necessaria quando almeno uno dei due rischi è maggiore del rischio tollerabile R_T ($R_{L1} > R_{T1}$ o $R_{L2} > R_{T2}$). In questo caso dovrebbero essere adottate idonee misure di protezione per rendere $R_{L1} \leq R_{T1}$ e/o $R_{L2} \leq R_{T2}$.

- per gli impianti interni, il confronto tra la frequenza di danno F di ogni impianto interno della struttura (e quindi della sua apparecchiatura con il più alto valore di F) e quella tollerabile F_T . La protezione è necessaria se la frequenza di danno F è superiore al livello tollerabile F_T ($F > F_T$). In questo caso dovrebbero essere adottate idonee misure di protezione per rendere $F \leq F_T$.

219 La protezione contro il fulmine della struttura e dei suoi impianti interni è conseguita per tutti
220 i tipi di danno quando sono verificate tutte le condizioni seguenti:

- 221 a) per gli impianti interni alla struttura $F \leq F_T$;
- 222 b) per l'intera struttura o per ogni zona in cui è stata suddivisa la struttura
- 223 — $R_{L1} \leq R_{T1}$, e
- 224 — $R_{L2} \leq R_{T2}$.

225 **2.5 Misure di protezione contro il fulmine [CEI EN IEC 62305-1, articolo 7]**

226 Nella valutazione della frequenza di danno F e del rischio R , le principali misure di protezione
227 a disposizione del tecnico valutatore per ridurre F e/o R sono gli LPS, i sistemi di SPD, le
228 interfacce isolanti, la schermatura degli impianti interni o di zone della struttura e gli avvisatori
229 di temporali (TWS).

230 Altre misure di protezione esistenti nella struttura, non univocamente riconducibili alla
231 protezione contro il fulmine, quali quelle volte a limitare le conseguenze dell'incendio o ad
232 evitare che accada un'esplosione, possono essere utilizzate dal tecnico che valuta la
233 frequenza di danno F e il rischio R se conformi alle relative Norme e previa informativa da
234 dare al committente.

235 Per la scelta e il dimensionamento dei sistemi di SPD, ai fini del rispetto della regola dell'arte,
236 il tecnico che valuta la frequenza di danno F e il rischio R si riferirà sia alla Norma CEI 64-8,
237 sia alla serie CEI EN IEC 62305.

238 NOTA – La Norma CEI 64-8/4, all'art.443.5 riporta "Per la protezione di una struttura e dei suoi sistemi elettrici
239 contro i fulmini e le sovratensioni di origine atmosferica si applica la serie di Norme CEI EN IEC 62305", e nel
240 commento allo stesso articolo precisa "Si ricorda che la serie di norme CEI EN IEC 62305 presenta il metodo più
241 generale (basato sull'approccio probabilistico) per la valutazione del rischio e la scelta degli SPD".

242 **3 Valutazione della frequenza di danno f degli impianti interni [CEI EN IEC** 243 **62305-2, articolo 9]**

244 **3.1 La frequenza di danno F di un'apparecchiatura [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 9.1]**

245 La frequenza di danno F di ogni impianto interno della struttura è quella della sua
246 apparecchiatura con il più alto valore di F . La frequenza di danno F di un'apparecchiatura
247 dipende dal tipo di impianto interno cui essa appartiene e si valuta considerando le seguenti
248 frequenze parziali:

249 *a) Impianti interni collegati ad una linea esterna all'edificio*

- 250 — F_C : frequenza di danno dovuta alle sovratensioni, per fulmini sulla struttura;
- 251 — F_W : frequenza di danno dovuta alle sovratensioni, per fulmini sulle linee connesse alla
252 struttura;
- 253 — F_Z : frequenza di danno, dovuta alle sovratensioni indotte dai fulmini a terra, sulle linee
254 esterne all'edificio e sugli impianti interni ad esse collegati.

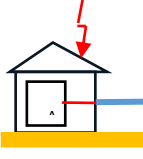
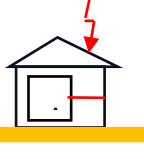
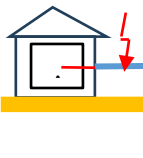
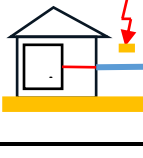
255 NOTA 1 - Se la linea esterna è schermata con schermo connesso alla stessa barra equipotenziale delle
256 apparecchiature, le sovratensioni indotte dai fulmini a terra sulle linee esterne all'edificio sono trascurabili
257 mentre restano quelle indotte sugli impianti interni collegati alla linea esterna. In questo caso la frequenza
258 di danno F_Z è denominata F_M .

259 *b) Impianti interni separati*

- 260 — F_{CS} : frequenza di danno dovuta alle sovratensioni, indotte sugli impianti interni, dai
261 fulmini sulla struttura;
- 262 — F_M : frequenza di danno, dovuta alle sovratensioni, indotte sugli impianti interni, dai
263 fulmini a terra.

264

Tabella 3.1 – Frequenza parziale di danno per punto di impatto del fulmine

Punto d'impatto	Impianto interno connesso a linea esterna			Impianto interno separato		
		Effetti	Frequenza parziale		Effetti	Frequenza parziale
Sulla struttura		- Accoppiamento resistivo verso la linea esterna; - Accoppiamento induttivo sull'impianto interno	F_C		Accoppiamento induttivo soltanto sull'impianto interno nella struttura ¹⁾	F_{CS}
Sulla linea connessa alla struttura		- Accoppiamento resistivo sulla linea esterna; - Accoppiamento induttivo sull'impianto interno ¹⁾	F_W			Nota 3)
A terra		Accoppiamento induttivo sia sulla linea esterna sia sull'impianto interno nella struttura ¹⁾	F_Z ²⁾		Accoppiamento induttivo soltanto sull'impianto interno nella struttura	F_M
1) Il testo in corsivo evidenzia le variazioni rispetto alla Norma CEI EN IEC 62305-2. 2) Se la linea esterna è schermata, F_Z è sostituita da F_M. 3) La frequenza di danno dovuta alle sovratensioni, indotte dai fulmini sulla linea nel circuito interno separato dalla linea esterna con una interfaccia isolante, non viene considerata perché essa è già compresa in F_M.						

265 La frequenza di danno F dell'apparecchiatura è la somma delle frequenze parziali di danno
266 indicate in Tabella 3.1 – Frequenza parziale di danno per punto di impatto del fulmine:

267 $F = F_C + F_W + F_Z$ per gli impianti interni collegati ad una linea esterna all'edificio,
268 non schermata;

269 $F = F_C + F_W + F_M$ per gli impianti interni collegati ad una linea esterna all'edificio
270 schermata con schermo connesso alla stessa barra
271 equipotenziale delle apparecchiature;

272 $F = F_{CS} + F_M$ per gli impianti interni separati.

273 3.2 Frequenze parziali di danno F_x di un'apparecchiatura con una sola porta [CEI EN 274 IEC 62305-2, paragrafo 9.2]

275 La frequenza parziale di danno di un'apparecchiatura indica il numero di volte all'anno in cui
276 l'apparecchiatura stessa viene danneggiata dalle sovratensioni causate da un fulmine con un
277 dato punto di impatto.

278 La frequenza parziale di danno può essere valutata per un'apparecchiatura protetta o non
279 protetta da un sistema di SPD.

280 In generale, per ogni punto di impatto la frequenza parziale F_x si calcola con la seguente
281 relazione:

$$282 F_x = N_x \times P_x$$

283 dove:

284 N_x è il numero di eventi pericolosi all'anno;

285 P_x è la probabilità che l'evento pericoloso causi il danno.

La valutazione delle frequenze parziali F_x si effettua come indicato nella Tabella 3.2. Le informazioni sui parametri, coinvolti nella valutazione delle frequenze parziali di danno della Tabella 3.2, sono sintetizzate nelle Tabelle 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6.

NOTA 1 – Per i fulmini a terra, i modelli di calcolo utilizzati consentono il calcolo diretto della frequenza di danno F_z (o F_M).

NOTA 2 – Le frequenze parziali di danno, considerate nella Tabella 3.2, sono relative al caso con dispersore della struttura equipotenziale o impianto BT collegato al dispersore in un solo punto. Esempi di dispersore equipotenziale sono:

- dispersore di fondazione fittamente magliato (magliatura nell'ordine di $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$);
- dispersore ad anello collegato ad ogni incrocio ai ferri d'armatura del cemento armato.

Tabella 3.2 – Frequenza parziale di danno di un'apparecchiatura elettrica BT o di segnale per tipo di impianto

Punto di impatto del fulmine	Frequenza parziale di danno	Impianto interno connesso a linea esterna				Impianto interno separato	
		Alimentazione elettrica in MT		Alimentazione elettrica in BT e linee di segnale		Impianto No SPD	Impianto con SPD
		Impianto BT No SPD	Impianto BT con SPD	Impianto No SPD	Impianto con SPD		
Struttura	F_c	$N_D \times P_{CMT} \times P_e$	$N_D \times P'_{CMT} \times P_e$	$N_D \times P_{CBT} \times P_e$	$N_D \times P'_{CBT} \times P_e$	--	--
	F_{cs}	--	--	--	--	$N_D \times P_{CS} \times P_e$	$N_D \times P'_{CS} \times P_e$
Linea ¹⁾	F_w	$(N_L + N_{DJ}) \times P_{WMT} \times P_{TWS} \times P_e$	$(N_L + N_{DJ}) \times P'_{WMT} \times P_{TWS} \times P_e$	$(N_L + N_{DJ}) \times P_{WBT} \times P_{TWS} \times P_e$	$(N_L + N_{DJ}) \times P'_{WBT} \times P_{TWS} \times P_e$	--	--
Terra	$F_z^{2)}$	$F_{ZMT} \times P_{TWS} \times P_e$	$F'_{ZMT} \times P_{TWS} \times P_e$	$F_{ZBT} \times P_{TWS} \times P_e$	$F'_{ZBT} \times P_{TWS} \times P_e$	--	--
	F_M	--	--	--	--	$F_M \times P_{TWS} \times P_e$	$F'_M \times P_{TWS} \times P_e$

1) Le linee MT interrate sono in genere in cavo schermato. Le linee BT, anche se interrate, non sono in genere in cavo schermato.

3.3 Condizioni particolari per la Tabella 3.2

Nell'uso della Tabella 3.2 si può tenere conto delle seguenti condizioni particolari:

(1) Negli impianti con alimentazione in MT:

- a) nel calcolo di P_{WMT} , F_{ZMT} e F_M i tratti in cavo multipolare ($w = 0,005 \text{ m}$) dell'impianto BT possono essere trascurati. Se l'intero circuito interno BT è in cavo multipolare, si può assumere $P_{WMT} = F_{ZMT} = F_M = 0$;
- b) negli impianti interni in canale (distanza tra conduttore attivo e PE $\leq 0,1 \text{ m}$), un SPD di classe di prova II con $U_p' \leq 1000 \text{ V}$ e $I_n \geq 5 \text{ kA}$ posto a distanza $L_{SPD-A} \leq 25 \text{ m}$, rende trascurabile P'_{WMT} , F'_{ZMT} e F'_M .

(2) Negli impianti con alimentazione in BT o TLC:

- a) si può assumere $P_{CBT} = 1$.
- b) Per le linee BT in cavo schermato, $F_{ZBT} = F_M$.
- c) In genere, negli impianti interni BT realizzati in cavo multipolare (distanza tra conduttore attivo e PE $\leq 0,005 \text{ m}$):
 - F_M è trascurabile
 - un SPD di classe di prova II con $U_p' \leq U_w/1,5$ e $I_n \geq 5 \text{ kA}$ posto all'arrivo linea, rende trascurabile F'_{ZBT} .

- d) In genere, negli impianti interni BT realizzati in canale non metallico ($w = 0,1 \text{ m}$), un SPD di classe di prova II con $U_p' \leq 1000 \text{ V}$ e $I_n \geq 5 \text{ kA}$ posto a distanza $L_{\text{SPD-A}} \leq 10 \text{ m}$, rende trascurabile F'_M .

(3) Negli impianti interni di energia separati:

- a) Si può assumere F_M trascurabile se il rapporto tra l'area dell'impianto indotto (in m^2) e la tensione indotta (in kV) non supera 2,5 cioè $A_i/U_W \leq 2,5$.
- b) Un SPD di classe di prova II con $U_p' \leq 1000 \text{ V}$ e $I_n \geq 5 \text{ kA}$ posto a distanza $L_{\text{SPD-A}} \leq 10 \text{ m}$ rende trascurabile P'_{CS} e F'_M .
- c) Se l'impianto SPD-Apparecchiatura è realizzato in cavo multipolare, P'_{CS} e F'_M sono trascurabili; si può pertanto assumere $F = 0$.

NOTA 1 Il simbolo U_p' indica la tensione residua U_{res} ai capi dell'SPD a $I_{\text{SPD}} = 1 \text{ kA}$

NOTA 2 L' area dell'impianto indotto può semplicemente essere calcolata come il prodotto della distanza conduttore attivo - PE moltiplicata per la lunghezza del circuito considerato o per la distanza tra l'apparecchiatura e il più vicino SPD, se presente.

NOTA 3 La protezione con un sistema di SPD è efficace nella riduzione di P_C solo in strutture protette con LPS o in strutture con schermo metallico continuo o con i ferri d'armatura del calcestruzzo costituenti un LPS naturale in cui siano rispettati i requisiti della CEI EN IEC 62305-3 relativi all'equipotenzializzazione e alla messa a terra.

Queste condizioni si ritengono soddisfatte anche negli edifici in cemento armato gettato in opera, con i ferri d'armatura legati a regola d'arte edile, purché siano rispettati i requisiti della CEI EN IEC 62305-3 relativi all'equipotenzializzazione al livello del suolo.

NOTA 4 Nelle strutture non protette con LPS normale o naturale, si può assumere $P_C = P'_C = 1$. In questi casi la riduzione della probabilità P_C può essere non giustificata a fronte dei costi necessari per l'installazione di un idoneo LPS. In questi casi, la riduzione della probabilità P_C può essere omessa sulla base di un'accurata analisi economica costi/benefici, fatti salvi i casi di strutture in cui guasti degli impianti interni possono provocare immediato pericolo per la vita umana (strutture con rischio di esplosione, ospedali).

Tabella 3.3 – Frequenza parziale di danno delle apparecchiature BT alimentate da linea BT- Grafici da utilizzare per la valutazione dei parametri

Impianto ¹⁾	Senza SPD		Con SPD			Note
				P_Q	P_{Up}	
1	P_{CBT}	--	P'_{CBT}	A.1	A.3	In assenza di LPS è $P'_{\text{CBT}}=1$
	P_{WBT}	Tab. A.1	P'_{WBT}	A.2	A.5	Cavo multipolare
					A.7	Cavo in canale non metallica
1 & 2	F_{ZBT}	Art. 5.6	F'_{ZBT}	--	Art. 3.3 nota 2c.	Cavo multipolare
				--	A.9	Cavo in canale non metallica
	F_M	--	F'_M	--	--	Cavo multipolare
		Art. 5.7			Art. 3.3 nota 2d.	Cavo in canale non metallica
2	P_{CBT}	--	P'_{CBT}	A.1	A.4	In assenza di LPS è $P'_{\text{CBT}}=1$
	P_{WBT}	Tab. A.1	P'_{WBT}	A.2	A.8	Cavo in canale non metallica

¹⁾ Per il tipo di impianto vedi l'Allegato A.

343
344

Tabella 3.4 – Frequenza parziale di danno delle apparecchiature BT alimentate da linea MT con trasformatore MT/BT- Grafici da utilizzare per la valutazione dei parametri

Linea MT	No SPD		Con SPD		Note
Aerea	P_{CMT}	B.1	P'_{CMT}	B.2 ÷ B.5	In assenza di LPS è $P'_{CMT}=1$
	P_{WMT}	--	P'_{WMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		B.11		par. 3.3 nota 1b.	Circuito BT in canale non metallico
	F_{ZMT}	--	F'_{ZMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		B.13		par. 3.3 nota 1b.	Circuito BT in canale non metallico
	F_{MMT}	--	F'_{MMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		par. 5.7		par. 3.3 nota 1b.	Circuito BT in canale non metallico
Cavo Schermato	P_{CMT}	B.6	P'_{CMT}	B.7 ÷ B.10	In assenza di LPS è $P'_{CMT}=1$
	P_{WMT}	--	P'_{WMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		B.12		par. 3.3 nota 1b	Circuito BT in canale non metallico
	F_{ZMT}	--	F'_{ZMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		B.13		par. 3.3 nota 1b	Circuito BT in canale non metallico
	F_{MMT}	--	F'_{MMT}	--	Circuito BT in cavo multipolare
		par. 5.7		par. 3.3 nota 1b	Circuito BT in canale non metallico

345
346

Tabella 3.5 – Frequenza parziale di danno delle apparecchiature BT in un impianto interno separato- Grafici da utilizzare per la valutazione dei parametri

No SPD		Con SPD		Note
PCS	A.10	P'_{CS}	A.11	- In assenza di LPS è $P'_{CS}=1$
F_M	par. 5.7	F_M	-	- par. 3.3, nota 3

347
348

Tabella 3.6 – Frequenza parziale di danno delle apparecchiature di segnale - Grafici da utilizzare per la valutazione dei parametri

Impianto	No SPD		Con SPD			Note
				P _Q	P _{Up}	
1	P _{CtIc}	-	P' _{CtIc}	C.1	C.3	In assenza di LPS è P' _{CtIc} =1
	P _{WtIc}	Tab. A.1	P' _{WtIc}	C.2	C.5	Non schermato
	F _{ZtIc}	par. 5.6	F' _{ZtIc}	C.7		
2	P _{CtIc}	-	P' _{CtIc}	C.1	C.4	In assenza di LPS è P' _{CtIc} =1
	P _{WtIc}	Tab. A.1	P' _{WtIc}	C.2	C.6	Non schermato

349

350
351

Tabella 3.7 – Articoli della Guida CEI 81-29 o della Norma CEI EN IEC 62305-2 per i parametri da applicare per la valutazione della frequenza di danno e del rischio

Parametro	Guida CEI 81-29 Articolo	Norma CEI EN IEC 62305-2 [Articolo]
L_L	5.3	
N_D		A.2.4
N_{DJ}		A.2.5
N_L	5.5	
F_Z	5.6	
F_M	5.7	
P_{LPS}		B.3
P_S		B.4
P_{am}		TAB. B.1
P_P		B.11
P_e		B.12
P_{TWS}		B1 - B.2
r_t		TAB. B.2
r_f		TAB. B.6
r_p		TAB. B.5
L_X	Tab. 7.1	

352
353

3.4 Frequenze parziali di danno per un'apparecchiatura multiporta [CEI EN IEC 62305-4, C.2.6]

354
355
356

Le frequenze parziali di danno di un'apparecchiatura con più porte, ad esempio porta A connessa ad una linea L_A di energia e porta B connessa ad una linea L_B di segnale, possono essere valutate come indicato nella Tabella 3.2 assumendo che:

357
358

— la tensione di tenuta verso massa U_{WA} della porta A sia maggiore di quella U_{WB} della porta B ($U_{WA} > U_{WB}$);

359
360

— la tensione di tenuta U_{WAB} fra la porta A e la porta B sia pari alla maggiore fra quelle delle due porte, $U_{WAB} = \max(U_{WA}; U_{WB}) = U_{WA}$;

361

— il dispersore sia equipotenziale.

362
363

In particolare, indicando con F_{CA} e F_{CB} le frequenze parziali di danno rispettivamente sulla porta A e sulla porta B, la frequenza di danno dell'apparecchiatura è:

364
365
366

- $F_C = \max(F_{CA}; F_{CB})$ per i fulmini sulla struttura;
- $F_W = F_{WA} + F_{WB}$ per i fulmini sulla linea;
- $F_Z = F_{ZA} + F_{ZB}$ per i fulmini a terra.

4 Valutazione del rischio R [CEI EN IEC 62305-2, articolo 6]

4.1 Il rischio R

La probabile perdita media annua dovuta al fulmine, denominata rischio R , è valutata ed espressa in valori relativi.

Si distinguono due tipi di rischio:

- Rischio R_{L1} per la perdita di vite umane;
- Rischio R_{L2} per la perdita di beni e servizi.

In genere, il rischio R si valuta considerando i seguenti rischi parziali, denominati “*componenti di rischio*”

- R_{AT} , R_{AD} , R_B , R_C e R_{CS} per i fulmini sulla struttura
- R_U , R_V e R_W per i fulmini sulla linea
- R_Z e R_M per i fulmini a terra

dove:

- componente R_{AT} : danni a persone dovuti a tensioni di contatto e di passo all'interno e all'esterno dell'edificio per fulminazione diretta dello stesso;

NOTA 1 - All'esterno sono considerate pericolose le zone entro 3 m dalle calate.

- componente R_{AD} : danni dovuti a fulminazione diretta di persone nelle aree dell'edificio esposte alla fulminazione diretta;

NOTA 2 – Le aree dell'edificio esposte alla fulminazione diretta dovrebbero essere considerate come zona dell'edificio a sé stante.

- componente R_B : danni a persone (R_{B1}) o materiali (R_{B2}) dovuti ad incendio ed esplosione innescati da scariche pericolose per fulminazione diretta dell'edificio;

- componente R_C : danni a persone (R_{C1}) o danni di apparecchiature elettriche ed elettroniche (R_{C2}) dovuti a sovratensioni per fulminazione diretta dell'edificio.

- componente R_U : danni a persone dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura per fulminazione diretta della linea entrante nell'edificio;

- componente R_V : danni a persone (R_{V1}) o danni materiali (R_{V2}) dovuti ad incendio ed esplosione innescati da scariche pericolose per fulminazione diretta della linea entrante nell'edificio;

- componente R_W : danni a persone (R_{W1}) o danni alle apparecchiature elettriche ed elettroniche (R_{W2}) dovuti a sovratensioni per fulminazione diretta della linea entrante nell'edificio;

- componente R_Z : danni a persone (R_{Z1}) o danni alle apparecchiature elettriche ed elettroniche (R_{Z2}) dovuti a sovratensioni, indotte dai fulmini a terra, sulle linee connesse alla struttura e sugli impianti interni.

Negli impianti interni separati, le componenti R_C e R_Z diventano:

- componente R_{CS} : danni alle apparecchiature elettriche ed elettroniche dovute a sovratensioni sugli impianti interni separati, per fulminazione diretta dell'edificio;
- componente R_M : danni alle apparecchiature elettriche ed elettroniche dovute a sovratensioni sugli impianti interni separati, indotte dai fulmini a terra.

NOTA – Per maggiori informazioni si vedano F.9 e F.13.

I rischi R_{L1} e R_{L2} sono la somma delle rispettive componenti di rischio, relative alle varie sorgenti di danno, come indicato nella Tabella 4.3. In generale, ogni componente di rischio si calcola con la seguente relazione:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x = F_x \times L_x$$

dove:

N_x è il numero di eventi pericolosi all'anno

P_x è la probabilità che l'evento pericolo causi il danno

F_x è la frequenza parziale di danno

L_x è l'entità della perdita dovuta al danno

Le frequenze parziali di danno sono quelle indicate nella Tabella 3.2. Nel caso della presenza di più apparecchiature in una stessa zona, le frequenze parziali da considerare per la valutazione del rischio in quella zona sono quelle con i valori più alti.

Le componenti di rischio valide per tipo di struttura e per sorgente di danno sono riportate in Tabella 4.1, mentre le formule di calcolo delle componenti di rischio relative al tipo di struttura e al tipo di perdita sono riportate nella Tabella 4.2.

Tabella 4.1 – Componenti di rischio valide per tipo di struttura e per punto di impatto del fulmine

Punto di impatto del fulmine	Impianti interni				Struttura con rischio di esplosione		Struttura (zona) con rischio di incendio		Struttura (zona) senza rischio di incendio o esplosione	
Struttura	Connessi alla linea esterna	R_{AT}	R_{AD}		$R_{B1}^{d)}$	$R_{B2}^{c)}$	$R_{B1}^{d)}$	$R_{B2}^{c)}$	$R_{C1}^{d), e), a)}$	$R_{C2}^{e)}$
Linea		R_U			$R_{V1}^{d)}$	$R_{V2}^{c)}$	$R_{V1}^{d)}$	$R_{V2}^{c)}$	$R_{W1}^{d), e), a)}$	$R_{W2}^{e)}$
Terra					$R_{Z1}^{d), b)}$	$R_{Z2}^{c), b)}$	$R_{Z1}^{d), e), a)}$	$R_{Z2}^{e)}$	$R_{Z1}^{d), e), a)}$	$R_{Z2}^{e)}$
Struttura	Separati dalla linea esterna	R_{AT}	R_{AD}		$R_{CS1}^{d), b)}$	$R_{CS2}^{c), b)}$	$R_{CS1}^{d), e), a)}$	$R_{CS2}^{e)}$	$R_{CS1}^{d), e), a)}$	$R_{CS2}^{e)}$
Terra					$R_{M1}^{d), b)}$	$R_{M2}^{c), b)}$	$R_{M1}^{d), e), a)}$	$R_{M2}^{e)}$	$R_{M1}^{d), e), a)}$	$R_{M2}^{e)}$

a) Per ospedali e altre strutture o zone in cui il danno degli impianti interni può provocare perdita di vite umane
b) Il calcolo di R_Z , R_{CS} e di R_M è fatto con le perdite L_F e non con le perdite L_O
c) Danno materiale
d) Perdita di vite umane
e) Perdita di apparecchiature

Al danneggiamento dell'apparecchiatura consegue non solo la perdita intrinseca dell'apparecchiatura stessa, ma anche del servizio da essa svolto.

Il servizio svolto può essere relativo a processi interni alla struttura o a processi esterni ad essa (reti TLC, reti TV, reti di distribuzione energia elettrica, reti di distribuzione gas, reti idriche, ecc.).

In questa Guida le perdite di servizio non sono trattate attraverso la valutazione del rischio R , ma limitando opportunamente la frequenza di danno F degli impianti interni.

431
432

Tabella 4.2 – Formule di calcolo delle componenti di rischio relative al tipo di struttura e al tipo di perdita

Tipo di perdita	Componenti Comuni f)	Struttura con rischio di esplosione e) f)	Struttura con rischio di incendio e) f)	Struttura senza rischio di incendio o esplosione
Vite umane	$R_{AT} = N_D \times P_{LPS} \times P_{am} \times r_t \times P_{TWS} \times P_P \times L_T$ $R_{AD} = N_D \times P_{LPS} \times P_{am} \times P_{TWS} \times P_P \times L_D$ $R_U = F_W/P_e \times (P_e \times P_P) \times P_{am} \times P_{TWS} \times r_t \times L_T$	$R_{B1} = N_D \times P_{LPS} \times P_S \times r_f \times r_p \times P_P \times P_{TWS} \times L_{F1}$ $R_{V1} = F_V/P_e \times r_f \times r_p \times P_P \times L_{F1}$ $R_{Z1} = F_Z/P_e \times (P_e \times P_P) \times L_{F1}$	$R_{B1} = N_D \times P_{LPS} \times P_S \times r_f \times r_p \times P_P \times P_{TWS} \times L_{F1}$ $R_{V1} = F_V/P_e \times r_f \times r_p \times P_P \times L_{F1}$ $R_{Z1} = F_Z/P_e \times (P_e \times P_P) \times L_{O1}$	$R_{C1} = F_C/P_e \times (P_e \times P_P) \times P_{TWS} \times L_{O1}$ $R_{W1} = F_W/P_e \times (P_e \times P_P) \times L_{O1}$ $R_{Z1} = F_Z/P_e \times (P_e \times P_P) \times L_{O1}$
	a)	c)	c), d)	c), d)
Apparecchiature e beni materiali		$R_{B2} = N_D \times P_{LPS} \times P_S \times r_f \times r_p \times P_{TWS} \times L_{F2}$ $R_{V2} = F_V/P_e \times r_f \times r_p \times L_{F2}$ $R_{Z2} = F_Z \times L_{F2}$	$R_{B2} = N_D \times P_{LPS} \times P_S \times r_f \times r_p \times P_{TWS} \times L_{F2}$ $R_{V2} = F_V/P_e \times r_f \times r_p \times L_{F2}$ $R_{Z2} = F_Z \times L_{O2}$	$R_{C2} = F_C \times P_{TWS} \times L_{O2}$ $R_{W2} = F_W \times L_{O2}$ $R_{Z2} = F_Z \times L_{O2}$

a) Per R_{AD} è $P_{LPS} = 1$ nelle aree esposte non protette dall'LPS. L'LPS da considerare è quello posto a protezione delle persone nelle aree esposte.
b) F_V è uguale a F_W , per l'alimentazione in BT e le linee di segnale (Tabella 3.2).
c) ell'impianto interno separato, sostituire R_Z con R_M , F_Z con F_M e F_C con F_{CS} .
d) Per ospedali e altre strutture o zone in cui il danno degli impianti interni possa provocare perdita di vite umane.
e) Nel caso di strutture caratterizzate sia dal rischio di incendio che di esplosione, si assume che la struttura sia caratterizzata dal rischio di esplosione (vedi F.12.3).
f) Una volta assegnato il livello di protezione (LPL) e quindi il valore P_{LPS} , l'SPD1 in ingresso avrà correnti I_{imp} maggiori di quelle valide solo per il caso $P_{Up} = 0$, riportati nelle Tabelle B.7, B.8 o B.13 della CEI EN IEC 62305-2 per LPL scelto (vedi F.12.4).

433 La composizione delle componenti di rischio per tipo di perdita è riportata nella Tabella 4.3.

434 **Tabella 4.3 – Composizione delle componenti di rischio per tipo di perdita**

Struttura (zona) con rischio	Esplosione	Incendio	No incendio o esplosione
Impianti interni collegati direttamente ad una linea esterna non schermata	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{B1} + R_{V1} + R_{Z1}$ $R_{L2} = R_{B2} + R_{V2} + R_{Z2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{B1} + R_{V1} + R_{Z1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{B2} + R_{V2} + R_{Z2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{C1} + R_{W1} + R_{Z1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{C2} + R_{W2} + R_{Z2}$
Impianti interni collegati direttamente ad una linea esterna schermata	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{B1} + R_{V1} + R_{M1}$ $R_{L2} = R_{B2} + R_{V2} + R_{M2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{B1} + R_{V1} + R_{M1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{C2} + R_{W2} + R_{M2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_U + R_{C1} + R_{W1} + R_{M1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{C2} + R_{W2} + R_{M2}$
Impianti interni separati	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{CS1} + R_{M1}$ $R_{L2} = R_{CS2} + R_{M2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{CS1}^{a)} + R_{M1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{CS2} + R_{M2}$	$R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{CS1}^{a)} + R_{M1}^{a)}$ $R_{L2} = R_{CS2} + R_{M2}$

a) Per ospedali e altre strutture o zone in cui il danno degli impianti interni può provocare perdita di vite umane.

435 Le informazioni sui parametri coinvolti nella valutazione delle componenti di rischio nella
436 presente Guida e/o nella CEI EN IEC 62305-2, sono sintetizzate nella Tabella 3.7.

437 Le componenti di frequenza di danno F_C , F_W e F_Z , coinvolte nel calcolo delle componenti di
438 rischio dovrebbero essere valutate per l'impianto interno più critico nella struttura o nella zona.

439 Le perdite L_X si valutano con l'uso dei valori riportati nella Tabella 7.1.

440 NOTA 1 Nelle zone con batterie di accumulo agli ioni di litio, si dovrebbe applicare $r_p = 1$. Piccoli volumi di tali
441 batterie utilizzate nelle apparecchiature portatili o da ufficio (ad esempio computer, piccoli UPS, ecc.) possono
442 essere ignorati.

443 NOTA 2 Se i tempi T_P e T_e sono fissati nell'arco dell'anno, il prodotto dei coefficienti $P_P \times P_e$ è pari a:

444 - $P_P \times P_e = \text{Min}(P_P; P_e)$, se i tempi T_P e T_e sono contemporanei

445 - $P_P \times P_e = 0$, se i tempi T_P e T_e non sono contemporanei.

446 NOTA 3 – Si può assumere $P_{TWS} < 1$ solo se il dispositivo è conforme alla CEI EN IEC 62793 e il relativo P_{TWS} è
447 fornito dal costruttore del dispositivo. Inoltre, durante l'allarme dato dal TWS, possono essere attuati i seguenti
448 provvedimenti in relazione alla componente di danno da ridurre (vedi Tabella 4.4):

449 a) È attuato il fermo delle attività pericolose

450 b) Le persone sono evacuate dalla struttura o dalle zone pericolose

451 c) Le linee esterne connesse alla struttura sono state disconnesse

452 **Tabella 4.4 – Provvedimenti attuabili per $P_{TWS} < 1$ in relazione alle componenti di rischio**

Componente di rischio	R_{AT}	R_{AD}	R_U	R_{B1}	R_{V1}	R_{C1}	R_{W1}	R_{Z1}	R_{B2}	R_{V2}	R_{C2}	R_{W2}	R_{Z2}
Provvedimenti in caso di allarme	b	b	b, c	a, b	a, b, c	a, b	a, b, c	a, b, c	a	a, c	a	a, c	a, c

453 **4.2 Zone di rischio [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 3.40]**

454 Una zona di rischio Z_S è una parte di una struttura (o un'intera struttura) in cui viene usato un
455 unico gruppo di parametri per la valutazione del rischio. Le zone di rischio sono definite dalle
456 misure di protezione esistenti, come indicato nella CEI EN IEC 62305-2, Tabella 2.

457 Per la valutazione dei rischi R_{L1} e R_{L2} , la struttura può essere considerata una sola zona di
458 rischio Z_S o può essere divisa in più zone di rischio.

459 NOTA Definire la struttura come una singola zona di rischio può comportare una spesa maggiore del necessario
460 se una misura di protezione deve estendersi all'intera struttura, anche se non è essenziale per tutta la struttura.
461 La suddivisione di una struttura in più zone di rischio Z_S consente al progettista di tenere conto delle caratteristiche
462 di ogni parte della struttura nella valutazione delle componenti di rischio e di selezionare le misure di protezione
463 più adatte per ogni zona di rischio, riducendo il costo complessivo della protezione contro i fulmini.

464 La divisione della struttura in più zone di rischio Z_S dovrebbe essere fatta tenendo conto che:

465 a) *Per le componenti di rischio R_B e R_V :*

466 – Le strutture con rischio di esplosione sono divisibili in più zone di rischio solo se
467 suddivise in più compartimenti a prova di esplosione dimensionati secondo le NTC e
468 l'Eurocodice UNI EN 1991-1-7.

469 – Le strutture con rischio di incendio sono divisibili in più zone di rischio solo se suddivise
470 in più compartimenti nel rispetto delle Norme di prevenzione incendi applicabili.

471 Fatta salva la ripartizione di cui in a):

472 b) *Per le componenti di rischio R_C , R_W , e R_Z o R_M ,*

473 – ulteriori zone di rischio possono essere definite dalla presenza di schermature dei
474 locali o di impianti interni e di sistemi di SPD.

475 In ogni caso i rischi R_{L1} e R_{L2} di zona sono la somma delle relative componenti di rischio R_X
476 nella zona. In particolare:

477 a) *Componenti R_{AT} , R_{AD} , R_{B1} e R_{B2}*

478 Per queste componenti, soltanto un valore deve essere fissato nella zona di rischio per
479 ogni parametro coinvolto. Quando nella zona, per una di queste componenti di rischio,

sono coinvolti più valori di uno stesso parametro, deve essere assunto quello che porta al valore più alto della componente.

b) Componenti R_U , R_{C1} , R_{V1} , R_{W1} , R_{Z1} , R_{M1} , R_{C2} , R_{V2} , R_{W2} , R_{Z2} e R_{M2} :

— **Se nella zona è presente un solo impianto interno**, soltanto un valore deve essere fissato nella zona di rischio per ogni parametro coinvolto. Quando nella zona, per una di queste componenti di rischio, sono coinvolti più valori di uno stesso parametro, deve essere assunto quello che porta al valore più alto della componente.

— **Se nella zona sono presenti più impianti interni connessi alla stessa linea**, deve essere considerato solo l'impianto interno più critico.

— **Se nella zona sono presenti più impianti interni, ognuno connesso ad una linea diversa** (ad esempio un impianto elettrico P connesso ad una linea di energia elettrica e uno di segnale T connesso ad una linea TLC), si applicano regole particolari; indicando con R_{XP} e R_{XT} le componenti di rischio R_U , R_C , R_V , R_W , R_Z e R_M relative rispettivamente all'impianto elettrico (P) e all'impianto di segnale (T), le componenti di rischio assumono nella zona il valore:

1) per i fulmini sulla struttura:

$$R_C = \max(R_{CP}; R_{CT})$$

2) per i fulmini sulla linea:

$$R_U = R_{UP} + R_{UT}$$

$$R_V = R_{VP} + R_{VT}$$

$$R_W = R_{WP} + R_{WT}$$

3) per i fulmini a terra:

$$R_Z = R_{ZP} + R_{ZT}$$

$$R_M = \max(R_{MP}; R_{MT})$$

Per tutte le componenti di rischio, i rischi R_{L1} e R_{L2} di zona dovrebbero essere confrontati con quello tollerabile R_T .

5 Il numero N di eventi pericolosi [CEI EN IEC 62305-2, Allegato A]

5.1 Densità di fulmini al suolo N_{SG} [CEI EN IEC 62305-2, art. A.1]

La densità di fulmini al suolo N_G è il numero medio di fulmini al suolo per km² per anno.

Uno stesso canale di fulmine può avere più punti N_{SG} in cui colpisce il suolo. I valori di N_{SG} sono ottenibili dalle reti di localizzazione di fulmini al suolo (LLS) che coprono il territorio nazionale. In Italia si può assumere $N_{SG} = 2 N_G$ se non fornito dalle reti LLS.

Per essere utilizzabili per il calcolo del numero annuo N_x di eventi pericolosi previsto dalla CEI EN IEC 62305-2, i dati forniti dalle reti LLS devono essere stati rilevati ed elaborati come prescritto dalla CEI EN IEC 62858. La conformità alla CEI EN IEC 62858 dei dati rilevati è attestata dal fornitore dei dati stessi.

5.2 Suddivisione di una linea in Sezioni S_L [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 8.4]

Una linea può essere considerata come una singola sezione o può essere suddivisa in singole sezioni S_L . Le sezioni S_L sono definite principalmente da:

— il tipo di linea (aerea o interrata),

— le caratteristiche della linea (schermata o non schermata, resistenza dello schermo),

— l'ambiente di posa (urbano, suburbano, rurale).

5.3 Lunghezza L_L di una linea [CEI EN IEC 62305-2, paragrafo 3.1.25]

Secondo la CEI EN IEC 62305-2, la lunghezza L_L da considerare per una linea, ai fini della determinazione delle sovratensioni pericolose, è quella dal punto di ingresso nella struttura fino al primo nodo di rete a monte della struttura definito come il punto di una linea oltre il quale la propagazione d'impulsi si assume trascurabile.

NOTA 1 Nell'alimentazione in BT, la barra di distribuzione del trasformatore MT/BT del DSO può essere considerata "nodo" perché, di norma, da essa si diramano più linee (vedi anche F.5)

NOTA 2 Per una linea di telecomunicazione il "nodo" è costituito, nella maggior parte dei casi, dalla centrale di telecomunicazioni. Sono altresì "nodi":

- la cassetta di protezione lungo linea all'interno della quale sono installati gli SPD quando la linea dalla cassetta fino all'edificio del cliente è in cavo schermato;
- il Multiplex o le apparecchiature per i servizi a larga banda installate in armadi lungo linea.

Quando il nodo non è individuabile con certezza, possono essere usate le seguenti lunghezze L_L tipiche:

a) linea di telecomunicazione:

- ambiente rurale: $L_L = 1000$ m di linea aerea non schermata (diametro dei conduttori in rame di 1 mm);

NOTA 3 In realtà la linea in area rurale, dalla centrale fino all'utente, ha una lunghezza media di 4 km ed è composta da sezioni di differenti caratteristiche. Ai fini del calcolo dell'area di raccolta A_L e A_I essa può essere ritenuta equivalente ad una linea aerea non schermata lunga 1000 m.

- ambiente urbano: $L_L = 1000$ m di cavo interrato (con un minimo di 20 conduttori in rame aventi 0,6 mm di diametro) schermato con resistenza dello schermo nell'ordine da 1 Ω /km a 5 Ω /km.

b) linea di energia, i valori di L_L riportati in Tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Caratteristiche tipiche delle linee elettriche per il calcolo dell'area di raccolta

Ambiente	Alimentazione					
	BT			MT		
	L_L (m)	Installazione	Schermo	L_L (m)	Installazione	Schermo (*)
Urbano	100	Interrata	no	400	Interrata	Si
Suburbano	300	Interrata	no	1200	Aerea	No
Rurale	1000	Aerea	no	2000	Aerea	No

(*) Resistenza dello schermo: 1 Ω /km < R_S ≤ 5 Ω /km

5.4 Determinazione del numero N_D (N_{DJ}) di eventi pericolosi dovuti ai fulmini su una struttura (o su una struttura adiacente) [CEI EN IEC 62305-2, articolo A.2]

Il numero N_D (o N_{DJ}) di eventi pericolosi dovuti ai fulmini su una struttura (o una struttura adiacente) si valuta come indicato nella CEI EN IEC 62305-2, articolo A.2.

5.5 Determinazione del numero N_L di eventi pericolosi dovuti ai fulmini su una linea connessa alla struttura [CEI EN IEC 62305-2, articolo A.4]

Il numero N_L di eventi pericolosi (sovratensioni) per la struttura a cui la linea è connessa, può essere valutato, per ogni sezione di cui è composta la linea, con la formula:

$$N_L = N_{SG} \times 40 \times L_L \times C_I \times C_E \times 10^{-6}$$

559 dove:

560 — L_L la lunghezza della sezione di linea, in metri (Tabella
561 5.1)

562 — C_i il fattore che tiene conto del tipo di posa della sezione di linea (Tabella
563 5.2)

564 — C_E il fattore che tiene conto del tipo di ambiente della sezione di linea (Tabella
565 5.3)

566 Se la linea è composta da più sezioni, il valore di N_L della linea è la somma degli N_L delle varie
567 sezioni di linea.

568 **Tabella 5.2 - Fattore di installazione C_i**

Tipo di Linea	C_i
Aerea	1
Cavo interrato	0,3
Cavo interrato con percorso interno ad un dispersore magliato (CEI EN IEC 62305-4, 5.2).	0,01

569 **Tabella 5.3- Fattore ambientale C_E**

Ambiente	C_E
Rurale	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano con edifici più alti di 20 m.	0,01

570 **5.6 Determinazione della frequenza F_Z di danno all'apparecchiatura causato dalle**
571 **sovratensioni indotte sulla linea dai fulmini a terra [CEI EN IEC 62305-2, art. A.5]**

572 Per i fulmini a terra, i modelli di calcolo utilizzati consentono il calcolo diretto della frequenza
573 di danno F_Z .

574 Per un'apparecchiatura non protetta, F_Z può essere valutato con:

575
$$F_Z = N_G \times C_i \times C_E \times A_{RL}$$

576 dove:

577 l'area di riferimento A_{RL} , relativa ad una sezione di linea lunga $L_L = 500$ m in un suolo con
578 resistività $\rho = 500 \Omega m$, può essere valutata con:

579
$$A_{RL} = L_1 \times \rho_1 \times a \times U_W^{-b}$$

580 dove:

581 — a e b sono coefficienti che tengono conto del tipo di linea (Tabella 5.4);

582 — ρ_1 è il coefficiente di correzione al variare della resistività del suolo rispetto a quella
583 di riferimento ($\rho = 500 \Omega m$) (vedi Figura 5.1a);

584 — L_1 è il coefficiente di correzione al variare della lunghezza della sezione di linea L_L
585 rispetto alla lunghezza di riferimento ($L_L = 500$ m) (vedi Figura 5.1a per linee BT
586 e Figura 5.1b per linee MT);

587 — U_W è la tensione di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura (kV).

588 NOTA 1 Per le linee interrate o schermate si può assumere $F_Z = 0$.

589 NOTA 2 Nella fornitura in BT, mettere a terra il neutro in più punti è pratica usuale del distributore.

590 Tabella 5.4 – Coefficienti a e b per tipo di linea (linea di riferimento $L_L = 500\text{m}$, $\rho = 500 \Omega\text{m}$)

Tipo di linea	Coefficiente	Valore
BT ^{(1) (2)}	a	42,6
	b	1,4
MT ⁽³⁾	a	90.000
	b	2,8
TLC	a	2
	b	1,8
(1) Linea aerea in cavo multipolare. Neutro a terra in cabina MT/BT, in un palo intermedio e all'ultimo palo. Per neutro messo a terra solo in cabina MT/BT, i valori di N_i sono circa 10 volte più alti. (2) Campo di validità: $0,1 \text{ km} \leq L \leq 1 \text{ km}$; $1 \text{ kV} \leq U_w \leq 6 \text{ kV}$. (3) Campo di validità: $0,5 \text{ km} \leq L \leq 4 \text{ km}$; $30 \text{ kV} \leq U_w \leq 200 \text{ kV}$.		

591

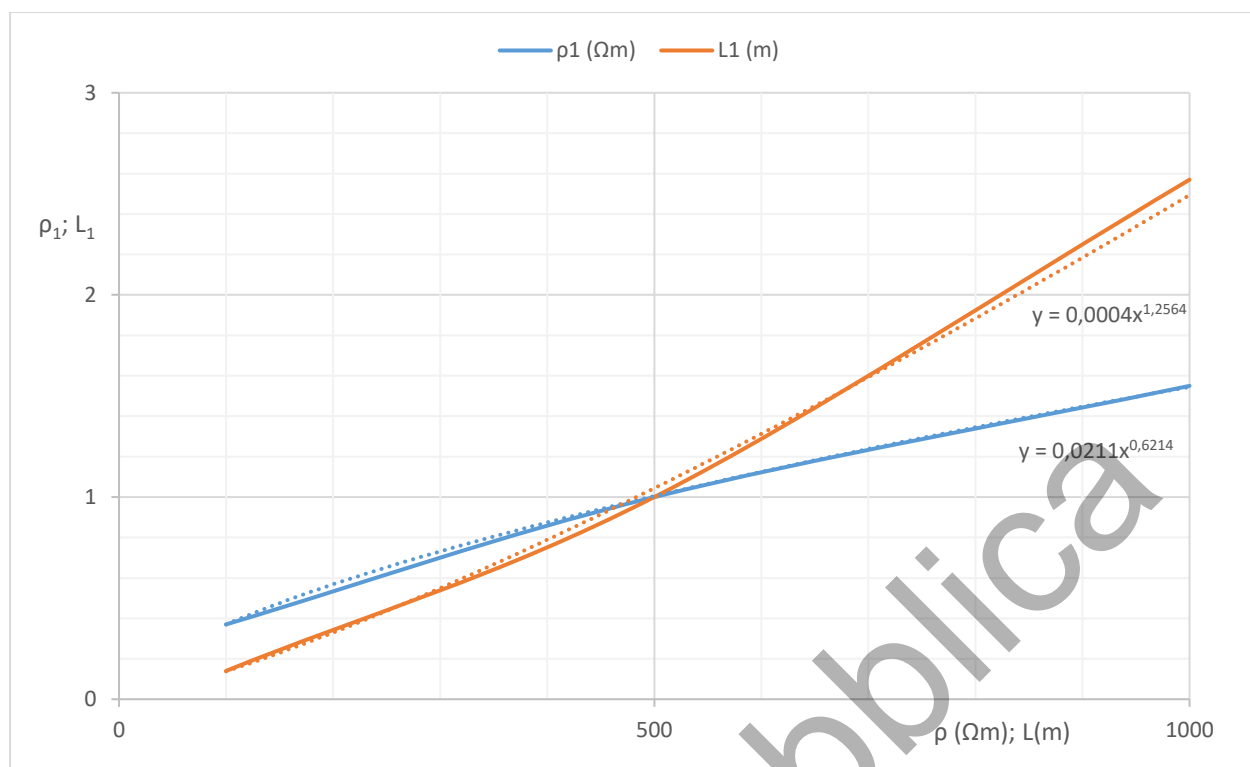


Figura 5.1a – per linee BT e TLC

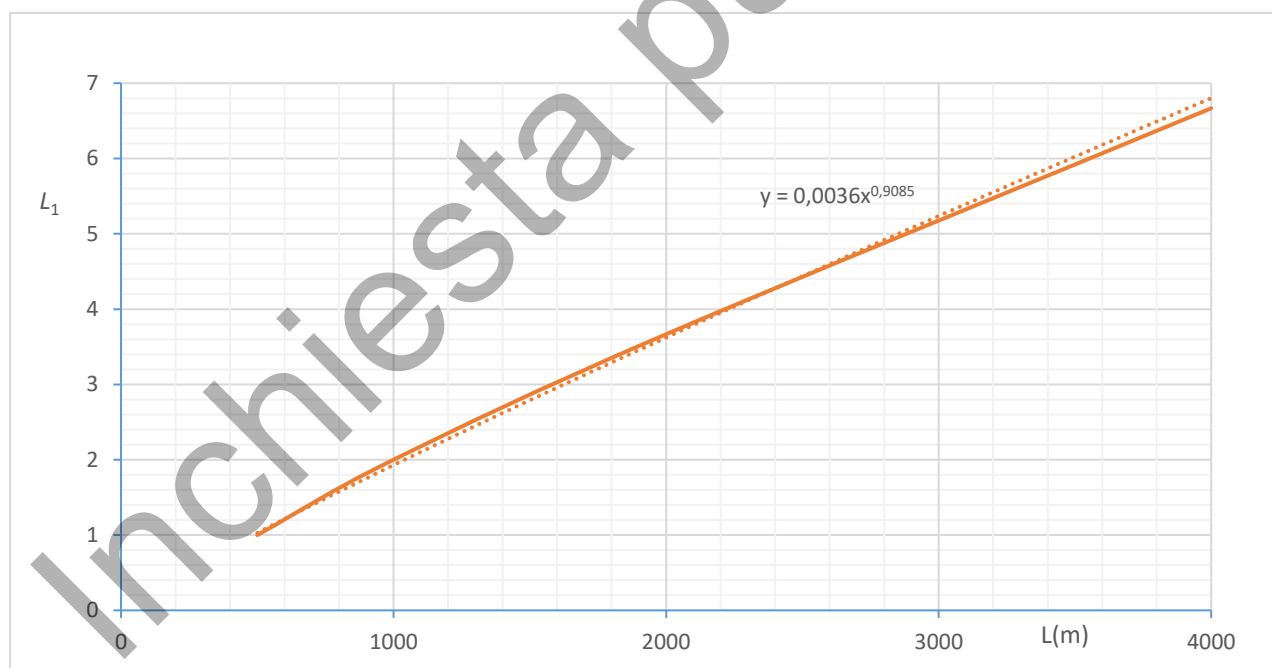


Figura 5.1b – per linea MT

Figura 5.1 – Coefficienti di correzione al variare, L_1 della lunghezza della sezione di linea e ρ_1 della resistività del suolo, rispetto ai valori di riferimento

5.7 Determinazione della frequenza F_M di danno all'apparecchiatura, causato dalle sovratensioni indotte dai fulmini a terra su un impianto interno separato [CEI EN IEC 62305-2, A.3]

Per i fulmini a terra, i modelli di calcolo utilizzati consentono il calcolo diretto della frequenza di danno F_M .

Per un'apparecchiatura non protetta in un impianto separato, F_M può essere valutata con:

$$F_M = N_G \times A_{RS} \times C_E \times 10^{-6}$$

L'area equivalente di raccolta A_{RS} può essere valutata con:

$$A_{RS} = 157 \times (K_{S1} \times K_{S2} \times A_i / U_w)^2$$

dove:

- K_{S1} e K_{S2} tengono conto rispettivamente dell'effetto schermante della struttura o delle sue zone interne (vedi Tabella 5.5 e CEI EN IEC 62305-2, paragrafo B.6);
- A_i è l'area dell'impianto indotto (m^2);
- U_w è la tensione di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura (kV)

Tabella 5.5 – Valori di K_{S1} , K_{S2} per schermi in rame

Tipo di schermo	K_{S1} ; K_{S2}
Nessuno	1
Reticolare	$0,12 I_w$
Continuo ($s \leq 0,1mm$)	10^{-4}

s = spessore dello schermo; I_w = lato di magliatura in metri ($I_w \leq 5$ m);
 NOTA 1 Per schermi in cascata K_{S2} è il prodotto dei singoli K_{S2} .

6 Probabilità p' che una sovratensione danneggi l'apparecchiatura protetta da un sistema di SPD [CEI EN IEC 62305-2, Allegato D]

Per ridurre la frequenza di danno F di un impianto interno, può essere necessario adottare misure di protezione contro le sovratensioni. La misura di protezione più comunemente usata è il sistema di SPD.

Il sistema di SPD ha il compito di:

- portare, senza danneggiarsi, la corrente di fulmine prevista nel suo punto di installazione;
- limitare la sovratensione all'ingresso dell'apparecchiatura ad un valore non superiore alla tensione nominale di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura (U_w).

Con P' si indica la generica probabilità (a prescindere dal punto di impatto del fulmine) che una sovratensione danneggi un'apparecchiatura protetta da un sistema di SPD. La probabilità P' dipende dalle probabilità:

- P_Q che il valore della carica associata alla corrente che fluisce attraverso l'SPD nel punto di installazione superi quello tollerato dall'SPD;
- P_{Up} che il valore della tensione residua sull'SPD, relativo alla corrente che lo attraversa, superi il livello di protezione richiesto per la protezione dell'apparecchiatura,

$$P' = 1 - (1 - P_Q) \times (1 - P_{Up})$$

Riferendo la probabilità P_Q ai primi colpi positivi e negativi del fulmine e la probabilità P_{Up} ai colpi successivi dei fulmini negativi, la relazione P' può essere ottenuta con la seguente relazione semplificata:

$$P' \approx P_Q + 0,9 \times P_{Up}$$

a condizione che sia $P_Q \times P_{Up} < 1$.

NOTA 1 I valori di probabilità P' indicati nella Tabella B.3 della CEI EN IEC 62305-2 fanno riferimento alla probabilità P della corrente dei primi colpi positivi e negativi anziché alla probabilità P_Q e non tengono conto della probabilità P_{Up} .

La valutazione della probabilità P' è una questione complessa che può richiedere l'uso di tecniche di simulazione e di programmi di calcolo.

NOTA 2 La probabilità P' che un'apparecchiatura si danneggi nonostante sia protetta da un sistema di SPD dipende da:

- a) tensione nominale di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura da proteggere U_w
- b) punto di impatto del fulmine (struttura, linea o terra)
- c) caratteristiche della linea esterna e dell'impianto interno a cui è collegata l'apparecchiatura
- d) tipo di SPD (a commutazione, a limitazione, a combinazione) costituenti il sistema di SPD
- e) caratteristica U/I degli SPD del sistema.

La probabilità P' non è quindi un parametro proprio del sistema di SPD. Infatti, lo stesso sistema di SPD [stessi parametri d) ed e)] può portare a valori diversi di P' al variare delle condizioni a), b) e c).

NOTA 3 La probabilità P' è definita dalla CEI EN IEC 62305-2 con l'acronimo P_{SPD} , articolo 4. La CEI EN IEC 62305-2 utilizza P_{SPD} come coefficiente per ridurre la probabilità P di guasto delle apparecchiature non protette da un sistema di SPD ($P' = P \cdot P_{SPD}$). Tuttavia, per definizione, P_{SPD} è già la probabilità P' che un'apparecchiatura si danneggi nonostante sia protetta da un sistema di SPD.

Informazioni e grafici per la valutazione di P' , elaborata con i criteri dell'analisi dettagliata di cui alla CEI EN IEC 62305-2, Allegato D, sono riportate:

- nell'Allegato A di questa Guida, per gli impianti interni di energia in strutture alimentate in BT;
- nell'Allegato B di questa Guida, per gli impianti interni di energia in strutture alimentate in MT;
- nell'Allegato C di questa Guida, per gli impianti interni di segnale connessi a linee di segnale.

7 Determinazione delle perdite L_x [CEI EN IEC 62305-2, Allegato C]

7.1 Valori tipici di L_D , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} e L_{O2} [CEI EN IEC 62305-2, C.2]

L_x rappresenta l'entità media della perdita dovuta a un evento pericoloso, espressa in valori relativi rispetto all'entità massima della perdita nella zona considerata.

La perdita L_x si riferisce all'entità relativa media di un tipo specifico di perdita per un evento pericoloso causato da un fulmine, considerando sia la sua estensione che i suoi effetti. Essa, perciò, dipende dal tipo di struttura o di zona della struttura e dalla loro destinazione d'uso e può essere determinata come indicato nella CEI EN IEC 62305-2, Allegato C.

Tuttavia, i dati statistici disponibili nei paesi industrializzati indicano che il rischio R , naturalmente presente nelle strutture, è in genere molto minore rispetto a quello valutabile con i valori di perdite suggeriti dalla CEI EN IEC 62305-2. Valori più aderenti alla realtà sono ottenibili con l'uso dei valori riportati nella Tabella 7.1 sotto riportata.

La valutazione delle perdite e la scelta dei relativi valori di L_x dovrebbe essere effettuata dal progettista della protezione contro i fulmini in collaborazione con il proprietario o gestore della struttura.

678

Tabella 7.1 – Valori medi tipici di L_T , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} , e L_{O2}

Categoria di rischio	Tipo di struttura o zone di rischio	R_{L1}			R_{L2}	
		L_T	L_{F1}	L_{O1}	L_{F2}	L_{O2}
1	Strutture o zone di rischio con perdite molto elevate o molto critiche ^{a)}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}
2	Strutture o zone di rischio con perdite elevate o critiche ^{b)}		10^{-2}	2×10^{-4}	10^{-2}	2×10^{-4}
3	Strutture o zone di rischio normali ^{c)}		5×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$	5×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$
4	Strutture o zone di rischio con perdite modeste o non molto critiche ^{d)}		2×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$	2×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$

a) Come strutture o zone con rischio di esplosione, strutture o zone con apparecchiature elettriche salvavita o altre strutture in cui il guasto dei sistemi interni comporta lesioni alle persone o un pericolo per l'ambiente (ad esempio, sale operatorie e unità di terapia intensiva negli ospedali), gli edifici vincolati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio".

b) Come strutture o zone relative alle persone con mobilità ridotta (ad esempio blocchi di stanze in ospedali, carceri), strutture o zone con attrezzature essenziali per lo svolgimento di processi (ad esempio sale di controllo in strutture industriali, centrali elettriche, centri di telecomunicazioni), strutture o zone a patrimonio culturale (ad esempio musei).

c) Come strutture aperte al pubblico (ad esempio chiese, hotel, scuole, uffici, edifici civici aperti al pubblico, luoghi di intrattenimento pubblico, supermercati).

d) Come edifici di proprietà privata (ad esempio condomini, case coloniche).

e) Applicabile solo in caso di rischio di esplosione o quando il guasto dei sistemi interni comporta lesioni alle persone o un pericolo per l'ambiente (ad esempio guasto di un'apparecchiatura a causa di una sovratensione che porta al rilascio di acqua inquinata nel fiume o quando un incendio di un'apparecchiatura causato da una sovratensione può propagarsi alla struttura). In generale, le strutture o le zone a rischio con tale rischio sono classificate come a perdite molto elevate o ad alte perdite.

679 **8 Strutture con rischio di esplosione [CEI EN IEC 62305-2, Tabella B.6]**

680 Ai fini di questa Guida, le strutture con zone pericolose per presenza di gas e vapori
681 infiammabili o di polveri combustibili possono essere considerate strutture senza rischio di
682 esplosione se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

- 683 a) il tempo di presenza della atmosfera esplosiva è inferiore a 0,1 ore/anno;
- 684 b) il volume dell'atmosfera esplosiva è trascurabile secondo la CEI EN 60079-10-1 e la CEI
685 EN IEC 60079-10-2;
- 686 c) la frequenza di formazione dell'atmosfera esplosiva è inferiore a 10^{-5} occasioni/anno;
- 687 d) la zona non può essere colpita direttamente dal fulmine e sono impediti scariche
688 pericolose nella zona stessa.

689 Per le zone pericolose entro contenitori metallici, la condizione c) è soddisfatta se il
690 contenitore agisce da organo di captazione naturale senza problemi di perforazioni o di punto
691 caldo e gli imanti interni al contenitore, se presenti, siano protetti contro le sovratensioni al
692 fine di evitare scariche pericolose.

693 La condizione d) si ritiene comunque soddisfatta se la zona pericolosa si trova all'interno di
694 strutture:

- 695 – protette con LPS;
- 696 – con struttura portante metallica;
- 697 – in c.a. con ferri d'armatura continui;

698

699 - in c.a. gettato in opera, con i ferri d'armatura legati a regola d'arte edile purché i requisiti
700 di equipotenzialità della CEI EN IEC 62305-3 siano soddisfatti e gli impianti interni alla
701 zona, se presenti, siano protetti contro le sovratensioni al fine di evitare scariche
702 pericolose.

703 NOTA - Gli impianti interni si considerano protetti contro le sovratensioni se la loro frequenza di danno F non è
704 superiore a 1 ($F \leq F_T = 1$).

705 Per quanto riguarda i luoghi con presenza di esplosivi solidi, per considerazioni sul rischio di
706 esplosione si può fare riferimento all'Allegato D del RD n. 635 del 6.5.1940 e s. m. i. (Norme
707 per la protezione contro le scariche atmosferiche degli edifici e costruzioni in cui si lavorano,
708 si manipolano o si conservano sostanze facilmente infiammabili e capaci di dar luogo ad
709 esplosioni, oppure sostanze esplosive. art. 83) e alle "Linee guida tecniche internazionali sulle
710 munizioni (IATG)" delle Nazioni Unite del marzo 2021 (standard di sicurezza per gli impianti
711 elettrici), cap. 8 e All. C.

Inchiesta pubblica

Allegato A

Impianti di energia alimentati in BT - Grafici di dimensionamento degli SPD

A.1 Grafici di dimensionamento

Per la valutazione della probabilità P_{Up} in funzione della tensione U_p ai capi dell'SPD (tensione residua U_{res} a $I_{SPD} = 1$ kA) sono stati scelti, come esempio non esaustivo, due impianti interni rappresentativi, detti "impianti tipo", alimentati da una linea di energia BT non schermata.

I due impianti interni tipo, che coprono la maggior parte dei casi reali, sono non schermati e sono dei seguenti tipi:

Impianto 1: Impianto di piccola estensione o impianti interni terminali

— Protetto con un sistema S (impianti di segnale) o L (impianti di energia)

— Conduttori di collegamento SPD1: $l_c = 0,5$ m

Impianto 2: Impianto di grande estensione

— Protetto con un sistema SL (impianti di segnale) o LL (impianti di energia)

— Circuito SPD1-SPD2: lunghezza $L_{12} \leq 100$ m

— Conduttori di collegamento SPD2: $l_c = 0,5$ m

I valori di P_{Up} degli impianti interni tipo possono essere attribuiti a favore della sicurezza anche a impianti interni che hanno caratteristiche più favorevoli rispetto a quelli degli impianti interni tipo, cioè:

- Minore larghezza w del circuito;
- Minore coefficiente k_c di ripartizione della corrente tra le calate;
- Minore lunghezza L_{12} del circuito tra SPD1 e SPD2;
- Minore lunghezza L_a del circuito tra apparecchiatura e il più vicino SPD a monte;
- Minore lunghezza l_c dei conduttori di connessione dell'SPD;
- Maggiore distanza d tra il circuito e la calata più vicina;
- Valori più alti del prodotto $n \cdot n'$;
- Maggiore tensione nominale di tenuta ad impulso U_w ;

avendo indicato con:

- w la larghezza del circuito, cioè la distanza tra conduttori attivi e PE ($w = 0,001$ m per cavi schermati o in canale metallica continua chiusa; $w = 0,005$ m per cavi multipolari; $w = 0,1$ m per cavi in canale; $w = 0,5$ m per cavi su percorsi diversi);
- k_c il coefficiente di ripartizione della corrente tra le calate, in presenza di LPS [CEI EN IEC 62305-3, Allegato C];
- d la distanza tra il circuito e la calata più vicina;
- L_v la lunghezza del tratto verticale del circuito (parallelo alla calata);
- L_o la lunghezza del tratto orizzontale del circuito (ortogonale alla calata);
- L'_o la lunghezza di un tratto verticale di circuito, che presenta la stessa tensione indotta di un tratto L_o di circuito orizzontale, Fig. A.12;
- $L_{eq} = L_v + L'_o$ la lunghezza equivalente del circuito;
- $k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d$ il coefficiente relativo alla tensione indotta nel circuito dal fulmine sulla struttura;

755 - L_{12} la lunghezza del circuito tra SPD1 e SPD2;

756 - $L = L_V + L_O$ la lunghezza complessiva del circuito;

757 - $A_i = w \times L$ l'area della spira tra i conduttori del circuito;

758 - l_c la lunghezza dei conduttori di connessione dell'SPD;

759 - n il numero dei servizi entranti connessi al dispersore della struttura;

760 - n' il numero dei conduttori della linea considerata.

761 NOTA Per l'uso dei grafici di dimensionamento i parametri L_V , L_O , L'_O , L_{eq} , L , k_{1i} d e A dovrebbero essere riferiti al
762 circuito tra apparecchiatura e il più vicino SPD a monte. Se il circuito ha più sezioni di caratteristiche diverse, il
763 valore di k_{1i} è pari alla somma dei k_{1i} delle singole sezioni.

764 I grafici da utilizzare per la valutazione delle probabilità P_Q e P_{Up} negli impianti di energia BT,
765 connessi alla linea BT o separati, sono indicati nella Tabella 3.

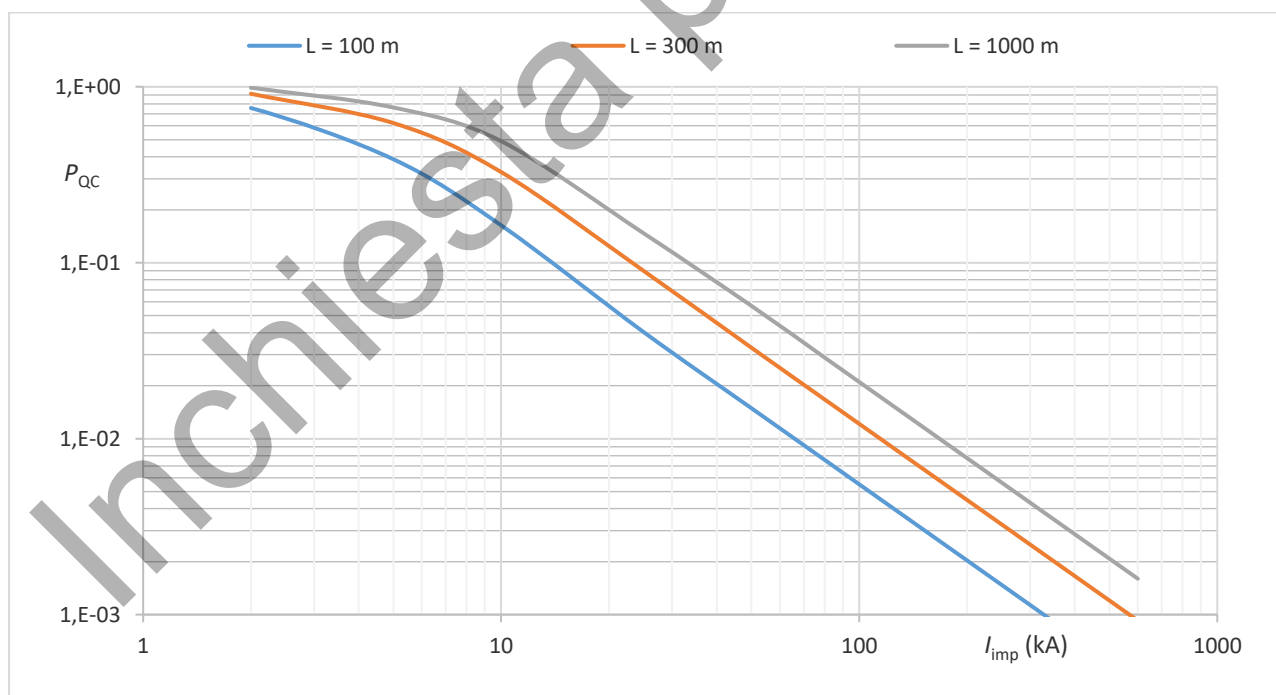
766 I grafici si riferiscono ad apparecchiature di Classe I. Per apparecchiature di Classe II, essi
767 possono essere usati, a favore della sicurezza, se le caratteristiche circuitali (lunghezze L
768 dell'impianto, larghezza dell'impianto w) sono assimilabili a quelle utilizzate per le
769 apparecchiature di Classe I.

770 I valori della probabilità P_Q sono riportati nelle Figure da A.1 a A.2.

771 Negli impianti interni separati, la carica Q associata alla corrente I_{SPD} è trascurabile: si può
772 assumere pertanto $P_Q = 0$ e quindi $P'_X = P_{Up}$.

773 I valori della probabilità P_{Up} in funzione della tensione U_p ai capi dell'SPD per due impianti
774 interni tipo sono riportati nelle Figure da A.3 a A.11.

775 Per l'impianto BT non protetto con un sistema di SPD, $P_{CBT} = 1$ mentre i valori di P_{WBT} sono
776 riportati nella Tab. A.1.

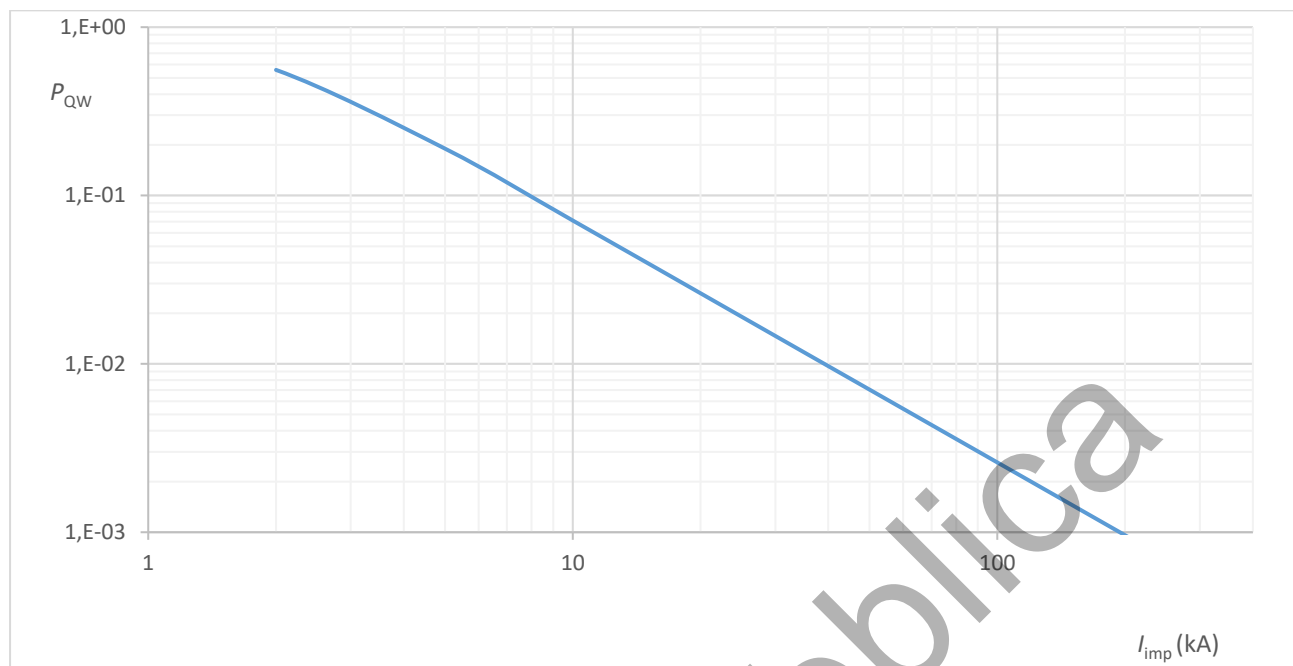


777
778 Per i fulmini sulla struttura, i valori di I_{imp} dell'SPD1 devono essere moltiplicati per $(n \times n')$
779 prima di essere usati nella figura.

780 **Figura A.1 – Impianti di energia - Fulmine sulla struttura - Probabilità P_{Qc} per diversi valori**
781 **della lunghezza L_L di linea in funzione di I_{imp} per SPD1**

782

783

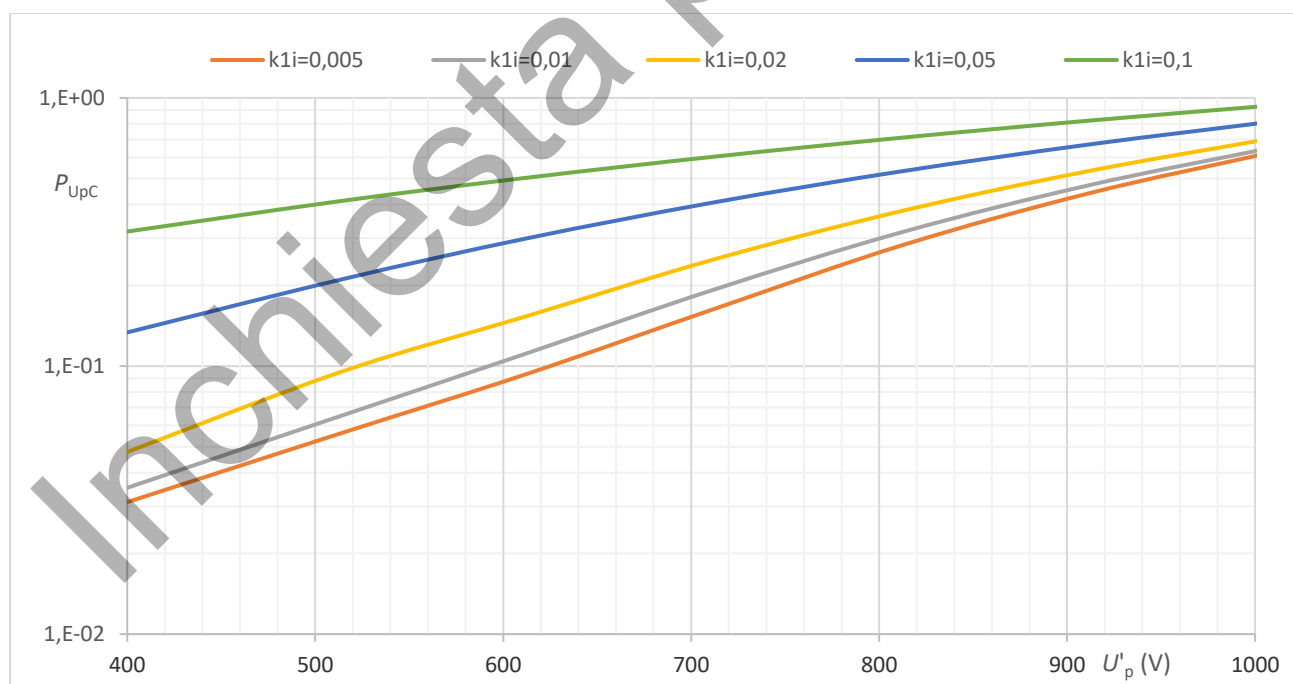


784

785 Per i fulmini sulla linea, i valori di I_{imp} dell'SPD1 devono essere moltiplicati per n' prima di
786 essere usati nella figura.

787 **Figura A.2 – Impianti di energia - Fulmine sulla linea - Probabilità P_{QW} in funzione di I_{imp}**
788 **per SPD1**

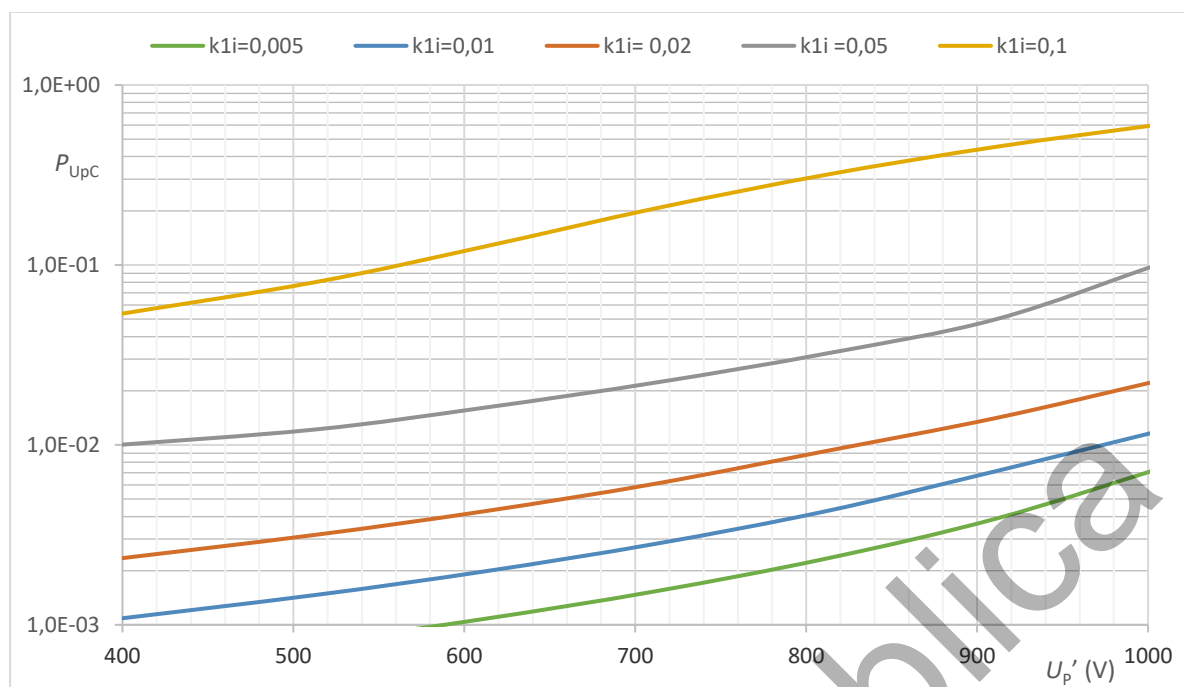
789



790

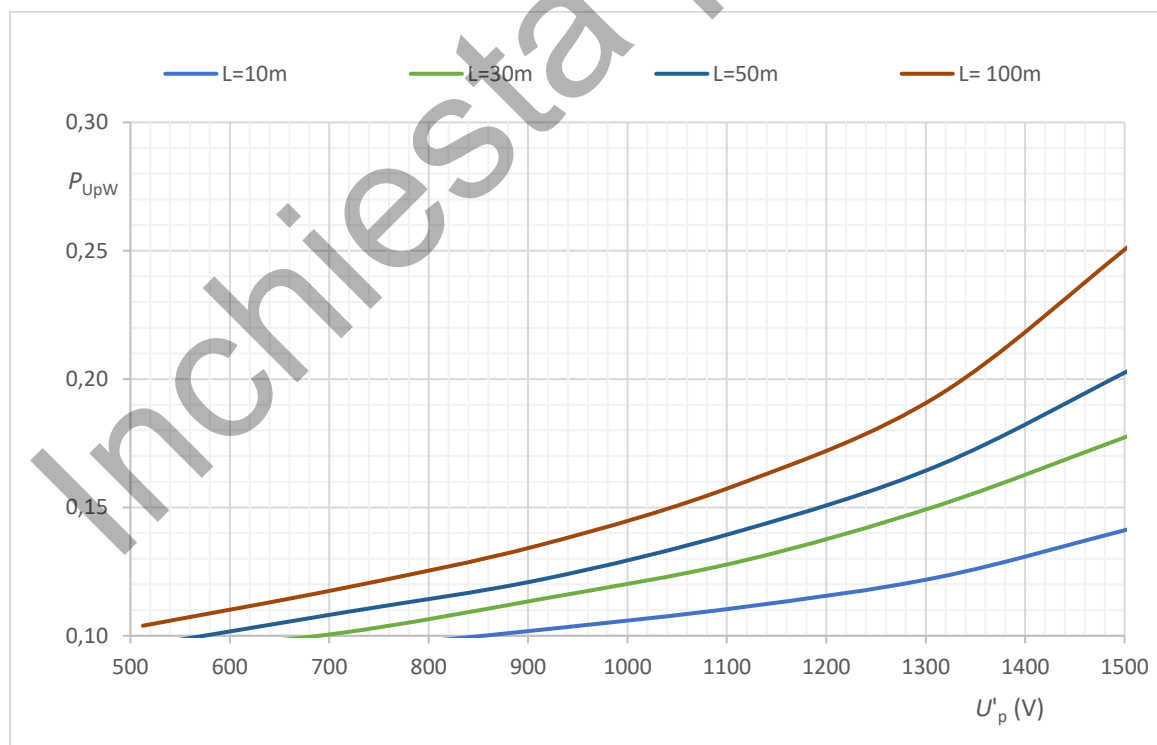
- 791 - $k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d$.
- 792 - Valori di P_{Upc} riferiti a linea lunga $L_L = 1000$ m. I valori di P_{Upc} devono essere moltiplicati
793 per 1,5 se $L_L = 300$ m, e per 2 se $L_L = 100$ m.
- 794 - Valori di P_{Upc} riferiti a $n \times n' = 8$. Per $n \times n' > 8$, i valori di P_{Upc} devono essere moltiplicati
795 per $8/(n \times n')$.

796 **Figura A.3 - Impianti di energia - Fulmine sulla struttura - Impianto 1 - Probabilità P_{Upc} in**
797 **funzione di U'_p**



- $k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d$.
- Valori di P_{UpC} riferiti a linea lunga $L_L = 1000$ m. I valori di P_{UpC} devono essere divisi per 2 se $L_L = 300$ m, e per 3,5 se $L_L = 100$ m.
- Valori di P_{UpC} riferiti a $n \times n' = 8$. Per $n \times n' > 8$, i valori di P_{UpC} devono essere moltiplicati per $8/(n \times n')$.

Figura A.4 – Impianti di energia - Fulmine sulla struttura - Impianto 2 - Probabilità P_{UpC} in funzione di U_p'

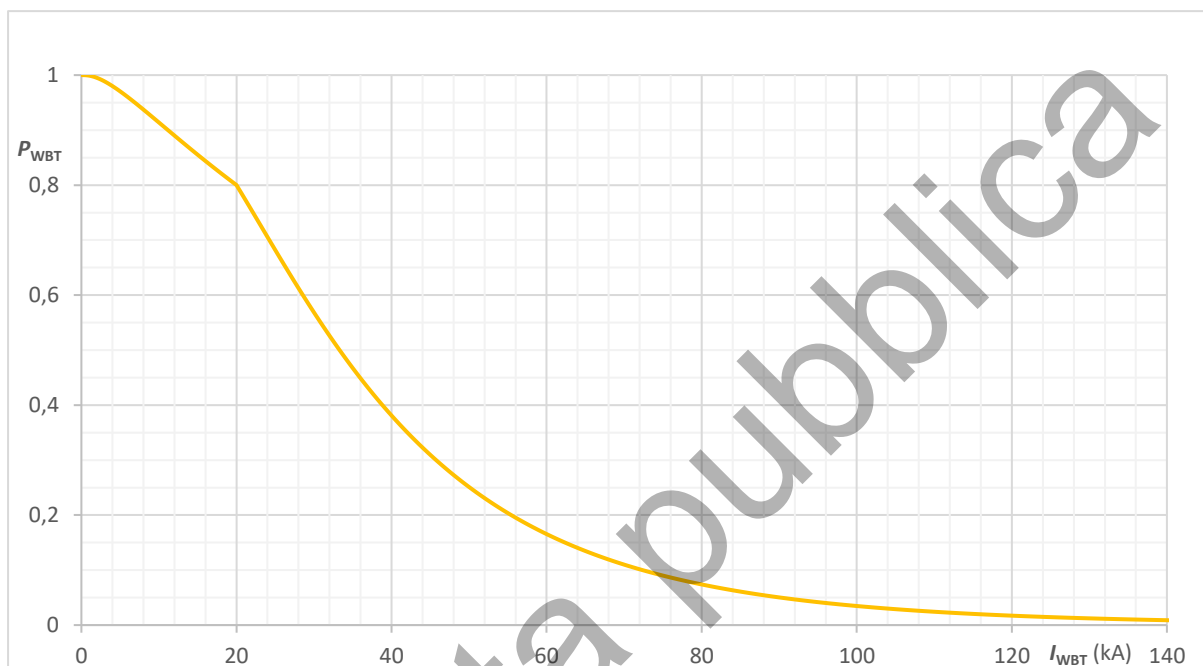


- Valori validi per $n' = 4$. Per $n' = 2$, i valori di P_{Up} devono essere raddoppiati.
- Valori riferiti a $L_L = 500$ m. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di P_{Up} per il fattore $500/L_L$.

Figura A.5 – Impianti di energia - Fulmine sulla linea – Impianto 1 in cavo multipolare. Probabilità P_{UpW} in funzione di U_p' per diverse lunghezze L di impianto

Tabella A.1 – Impianti di energia – Fulmine sulla linea - Valori di P_{WBT} per le apparecchiature BT

Caratteristiche della linea BT	P_{WBT}
Aerea o interrata, non schermata o schermata ma con schermo non connesso alla barra equipotenziale cui sono connesse le apparecchiature	1
Aerea o interrata, schermata con schermo connesso alla barra equipotenziale cui sono connesse le apparecchiature	Fig. A.6



NOTA - Nella Fig. A.6, la corrente I_{WBT} è ricavabile da:

$$I_{WBT} = U_W / (4 \times R_S \times \sqrt{\rho} \times 10^{-3})$$

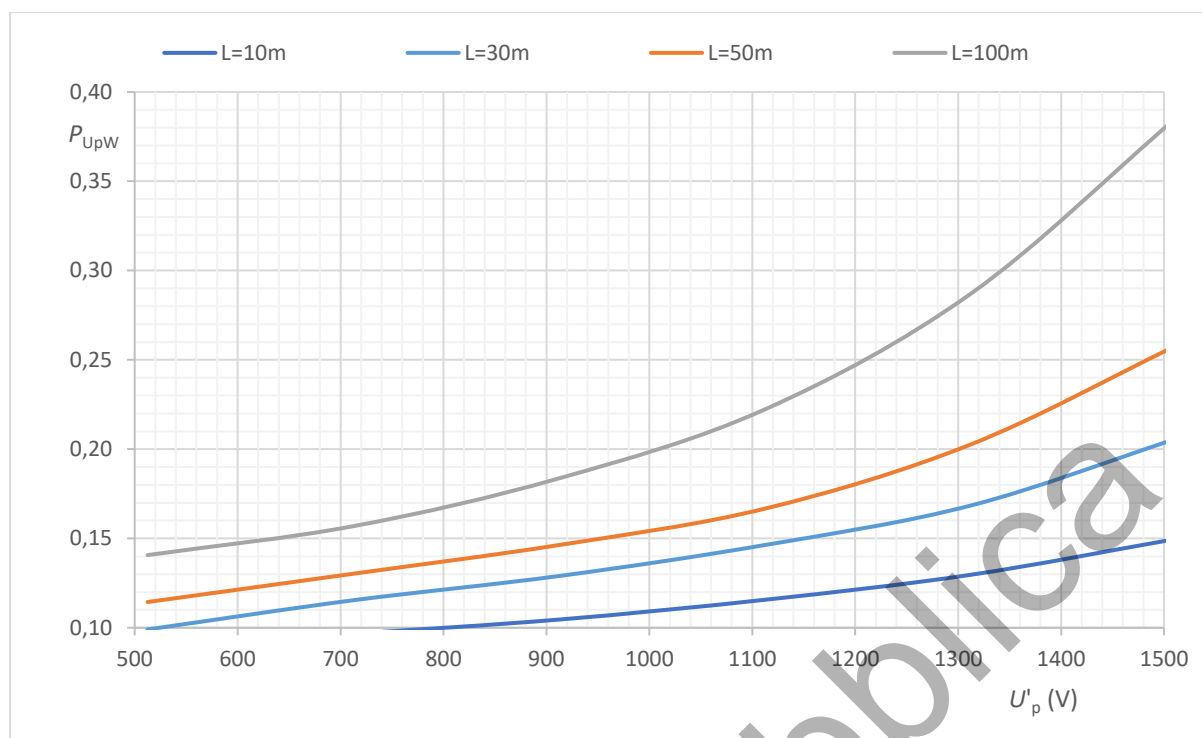
dove

U_W è la tensione di tenuta all'impulso delle apparecchiature dell'impianto interno connesso alla linea considerata (kV)

R_S è la resistenza per unità di lunghezza dello schermo della linea considerata (Ω/km)

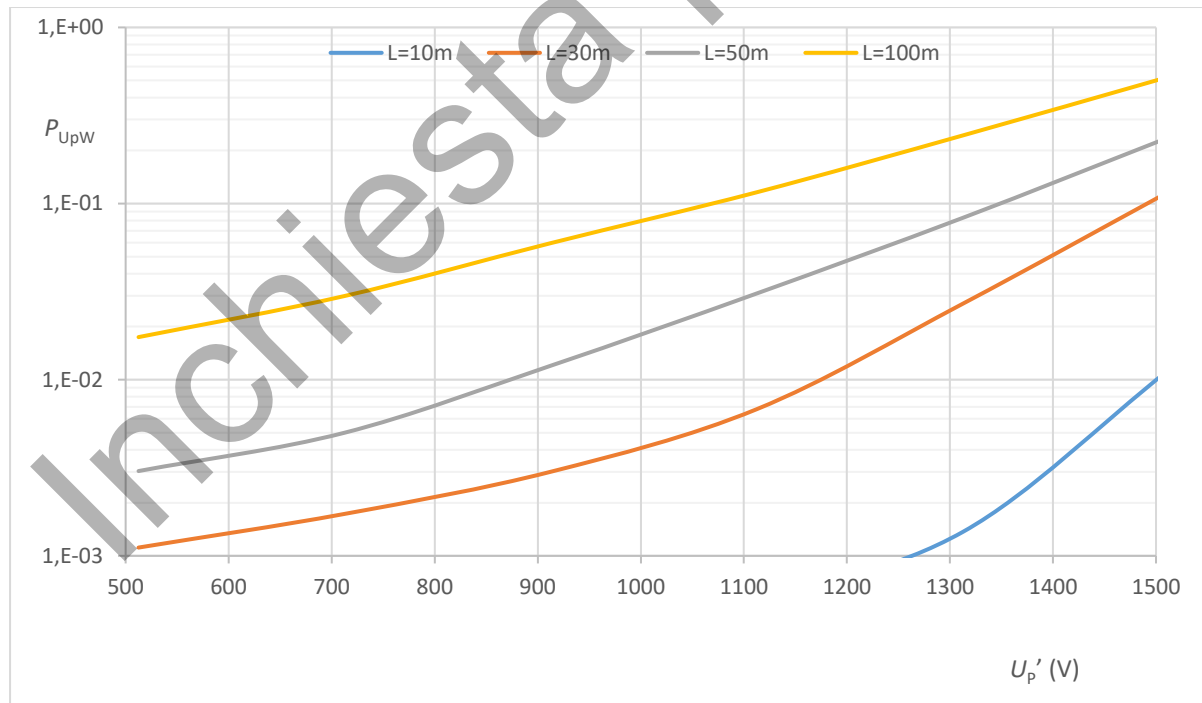
ρ è la resistività del suolo (Ωm). Se non noto, assumere $\rho = 400 \Omega\text{m}$

Figura A.6 – Linea BT in cavo schermato - Valori di P_{WBT} per le apparecchiature BT



- Valori validi per $n' = 4$. Per $n' = 2$, i valori di P_{Up} devono essere raddoppiati.
 - Valori riferiti a $L_L = 500$ m. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di P_{Up} per il fattore $500/L_L$

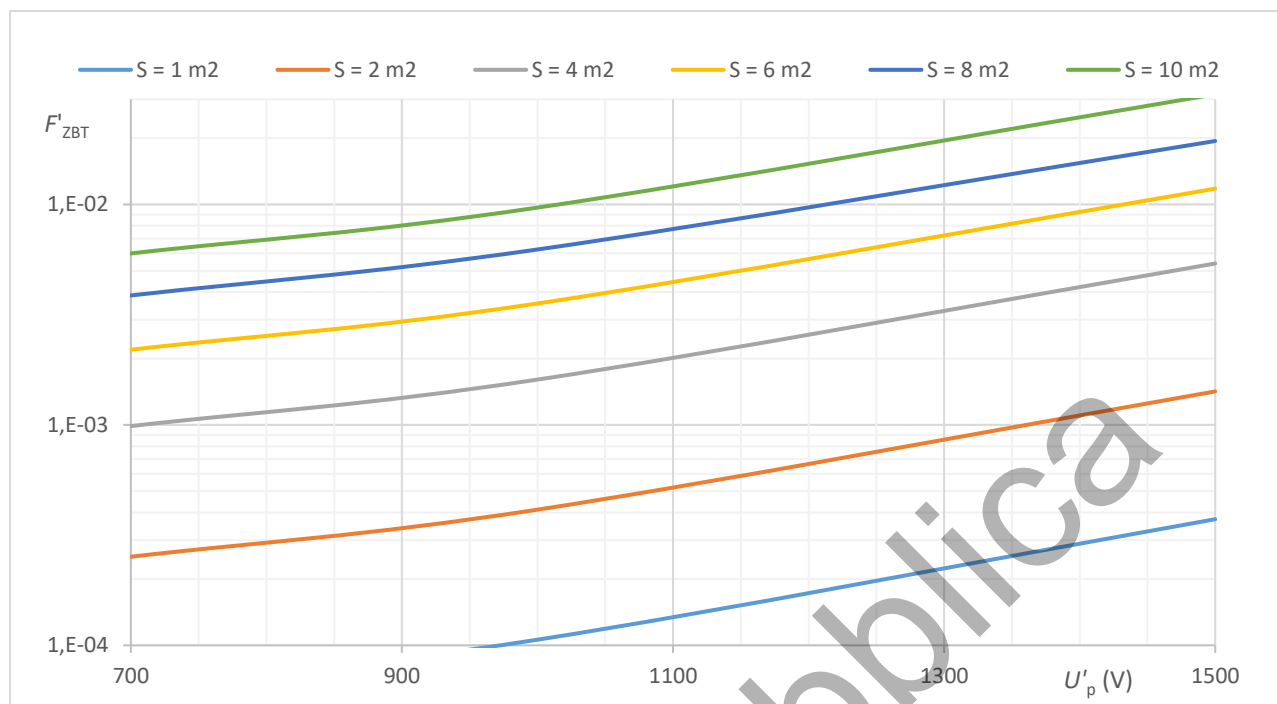
Figura A.7 – Impianti di energia - Fulmine sulla linea - Impianto 1 in canale non metallico - Probabilità P_{Upw} in funzione di U'_p per diverse lunghezze L di impianto



- Valori riferiti a $L_L = 500$ m. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di P_{Up} per il fattore $500/L_L$.
 - Per impianti interni di tipo 2 in cavo multipolare la probabilità P_{Up} è trascurabile.

Figura A.8 - Impianti di energia – Fulmine sulla linea – Impianto 2 in canale non metallico - Probabilità P_{Upw} in funzione di U'_p per diverse lunghezze L di impianto

839

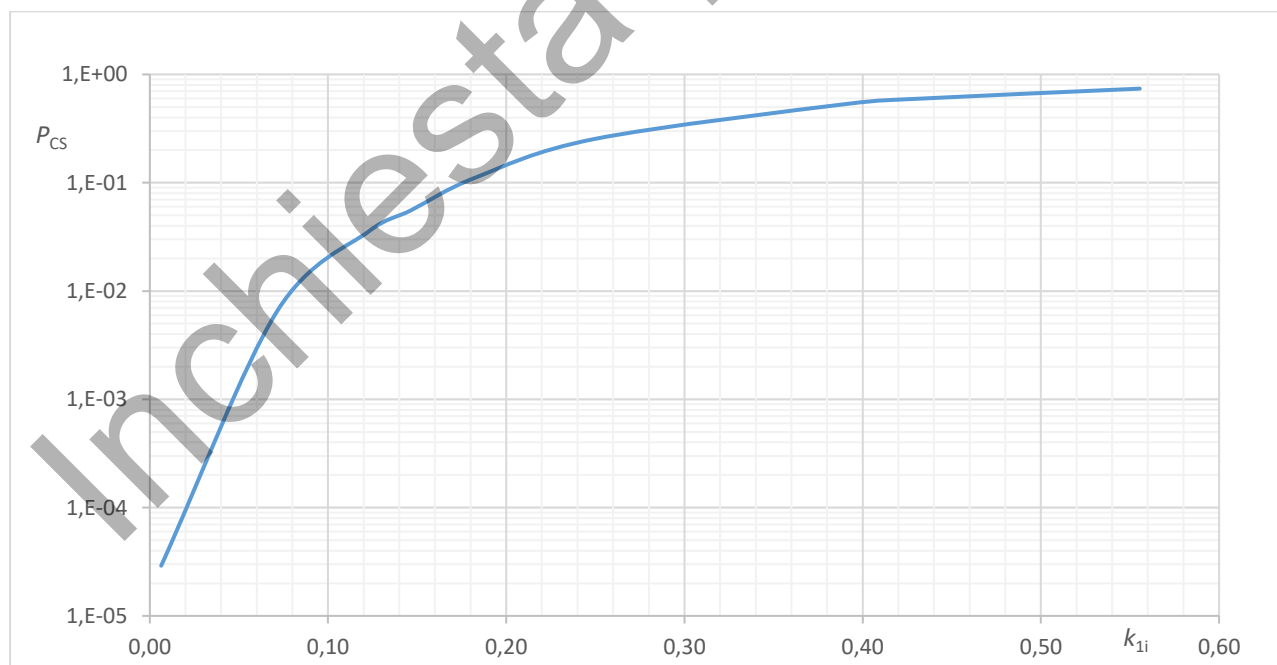


840

841 - Valori riferiti a $L_L = 500 \text{ m}$ e $\rho = 500 \Omega \text{m}$. Per altre lunghezze di linea e resistività del suolo, moltiplicare i valori di
842 P_{Up} per i fattori L_1 e ρ_1 di Fig. 5.1.a.

843 - Valori riferiti a $N_G = 1$. Per altri valori di N_G moltiplicare F'_{ZBT} per N_G .

844 **Figura A.9 – Impianti di energia - Fulmine a terra - Impianto 1 in canale non metallico**
845 **Frequenza F'_{ZBT} in funzione della U'_p per diversi valori dell'area A_i (m^2) dell'impianto SPD-**
846 **apparecchiatura**

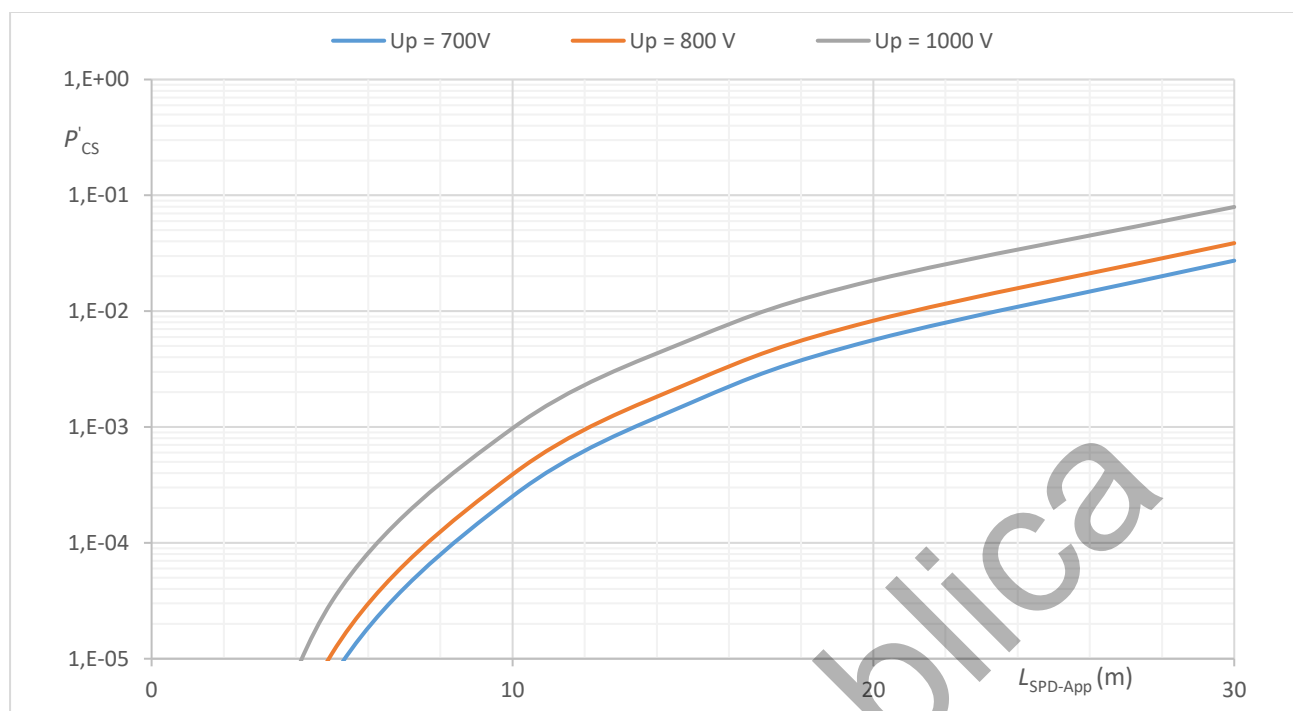


847

848 $k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d$.

849 **Figura A.10 – Impianti di energia - Fulmine sulla struttura - Impianto separato - Probabilità**
850 **P_{CS} in funzione di k_{1i}**

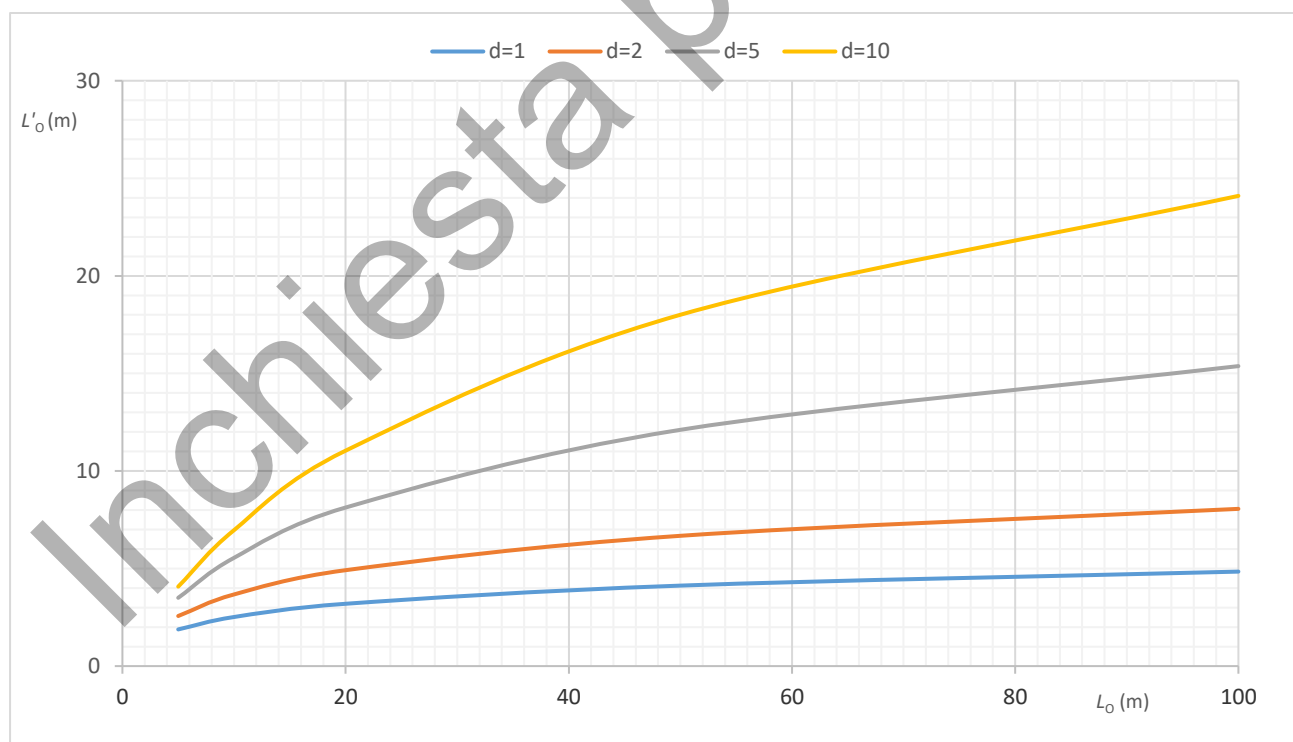
851



852

853 Se il circuito tra SPD e apparecchiatura è realizzato in cavo multipolare, si può assumere
854 $P'_{CS} = 0$.

855 **Figura A.11 – Impianti di energia - Fulmine sulla struttura – Impianto separato - Probabilità**
856 **P'_{CS} in funzione della lunghezza $L_{SPD-App}$ dell'impianto in canale ($w = 0,1$ m)**



857

858 **Figura A.12 – L'_O lunghezza di un tratto verticale di circuito che presenta la stessa**
859 **tensione indotta di un tratto L_O di circuito orizzontale**

860

Allegato B

Alimentazione in MT – Grafici di dimensionamento

B.1 Scelta e dimensionamento del sistema di SPD per alimentazione in MT

Nell'alimentazione in MT, in genere, un sistema S o L con SPD di Tipo 2, installato nell'impianto interno BT, è sufficiente per ottenere il P' richiesto.

Poiché la carica Q associata alla corrente I_{SPD} è trascurabile, si può assumere $P_Q = 0$ e quindi $P'_X = P_{Up}$.

La probabilità P_{Up} è determinata dalla tensione U_p' ai capi dell'SPD (tensione residua U_{res} a $I_{SPD} = 1\text{kA}$) assegnata all'SPD.

I valori della probabilità P_{XSPD} , per diversi valori della tensione U_p' ai morsetti dell'SPD e per le diverse sorgenti di danno, sono riportati nei grafici seguenti.

Per la valutazione della probabilità P_{Up} in funzione della tensione U_p' ai capi dell'SPD sono stati scelti, come esempio non esaustivo, impianti interni tipo con le caratteristiche sottoriportate, che coprono larga parte dei casi reali.

I valori di P_{Up} degli impianti interni tipo possono essere attribuiti a favore della sicurezza anche a impianti interni che hanno caratteristiche più favorevoli rispetto a quelli degli impianti interni tipo.

Per casi particolari possono essere necessarie valutazioni ad hoc che richiedono, in genere, l'uso di idonei strumenti di calcolo.

a) Linea MT

- Tensione nominale MT: $U_o = 20\text{ kV}$
- Lunghezza MT: $L_L = 1000\text{ m}$
- Impedenza convenzionale di terra del dispersore dei pali linea aerea: $Z = 50\ \Omega$
- SPD MT: installato arrivo linee MT aeree
- $R_s = 5\ \Omega/\text{km}$ per linee in cavo interrato

NOTA - Le linee MT aeree non hanno fune di guardia; quelle in cavo sono interrate e schermate

b) Struttura

- $\rho = 500\ \Omega\text{m}$
- Impedenza convenzionale di terra del dispersore: $Z = 10\ \Omega$
- Altri servizi esterni connessi al dispersore della struttura : nessuno
- Dispersore equipotenziale o messa a terra del PE solo in cabina MT/BT

c) Impianto BT

- Impianto BT in canale ($w = 0,1\text{ m}$) non schermato
- Tensione nominale impianto BT $U_o = 220\text{ V}$, $U_w = 2.5\text{ kV}$
- Lunghezza dell'impianto BT (dal trasformatore all'apparecchiatura) $L = 50\text{ m}$
- Disposizione dell'impianto BT: $L_o = 0.8\ L$ orizzontale and $L_v = 0.2\ L$ verticale
- Numero degli impianti interni BT connessi al trasformatore $n_c = 5$
- SPD BT: Tipo 2: $I_n = 5\text{ kA}$
- Lunghezza delle connessioni dell'SPD: $l_c = 0.5\text{ m}$

I valori di P_{Up} dell'impianto tipo possono essere attribuiti a favore della sicurezza anche a impianti interni BT che hanno caratteristiche più favorevoli rispetto a quelli degli impianti interni tipo, cioè:

- Minore larghezza w del circuito, cioè la distanza tra conduttori attivi e PE ($w = 0,001$ m per cavi schermati o in canale metallica continua chiusa; $w = 0,005$ m per cavi multipolari; $w = 0,1$ m per cavi in canale)
- Minore coefficiente k_c di ripartizione della corrente tra le calate (CEI EN IEC 62305-3, Allegato C)
- Minore lunghezza L_a del circuito tra apparecchiatura e il più vicino SPD a monte
- Minore lunghezza l_c dei conduttori di connessione dell'SPD
- Maggiore distanza d tra il circuito e la calata più vicina
- Maggiore tensione nominale di tenuta ad impulso U_w

NOTA – Per l'uso dei grafici di dimensionamento, i parametri dell'impianto da utilizzare sono quelli relativi al circuito tra apparecchiatura e il più vicino SPD a monte.

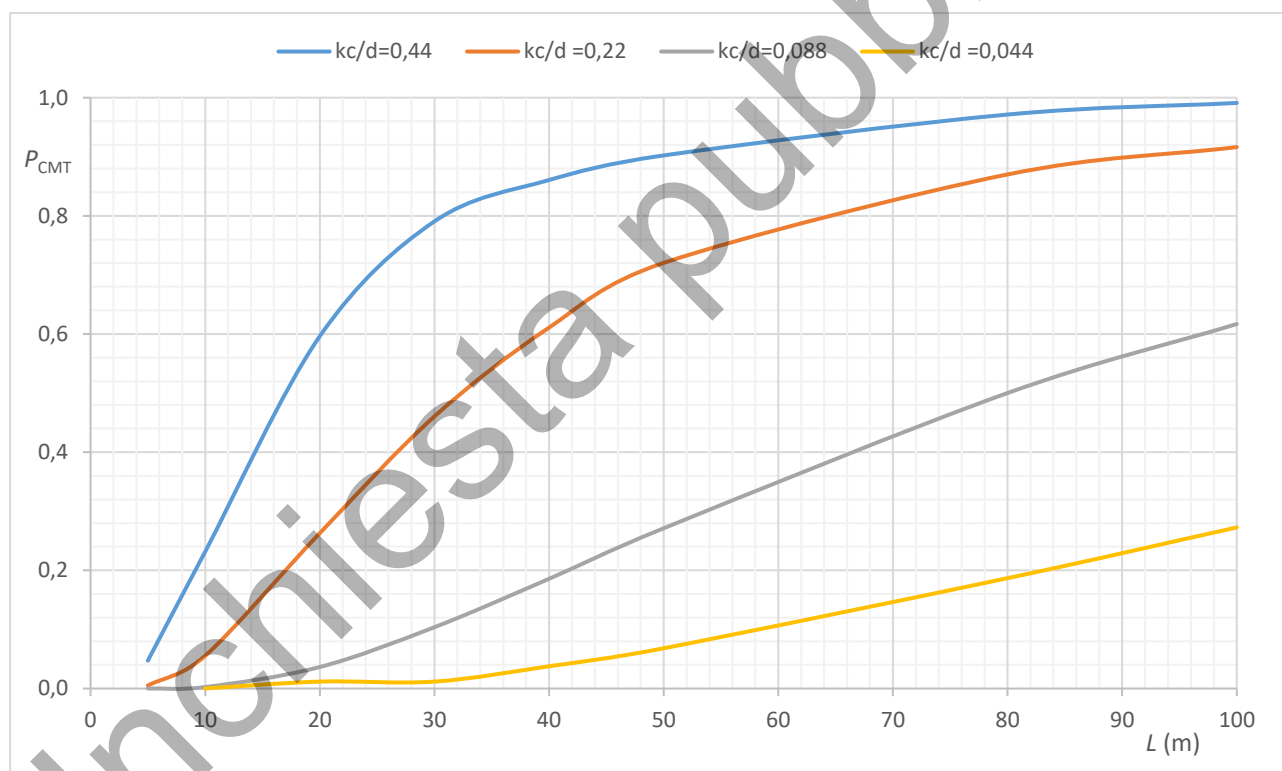
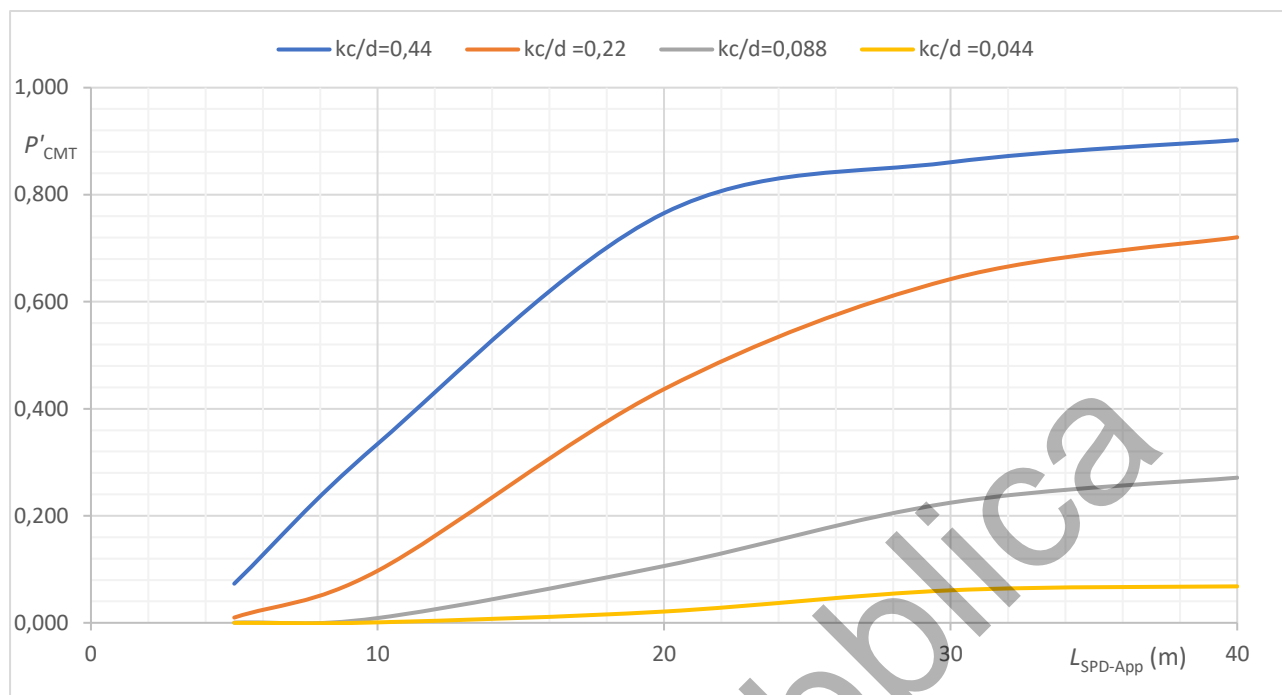


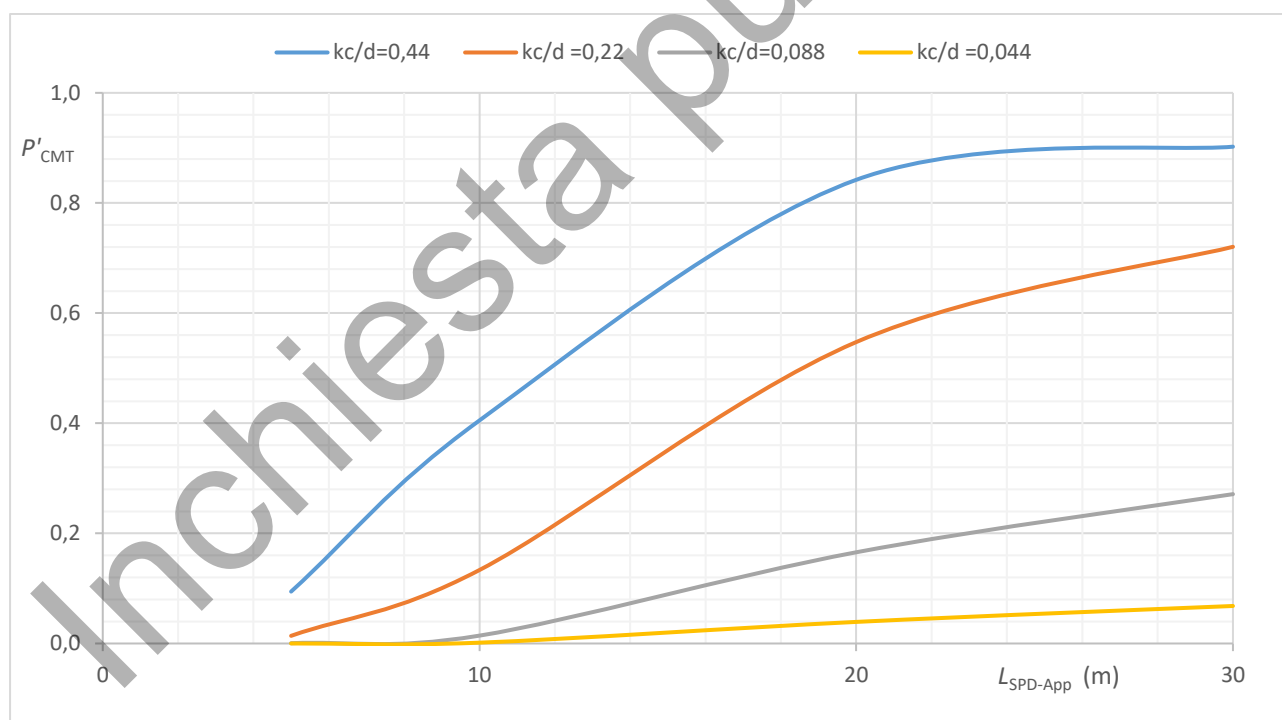
Figura B.1 - Linea MT aerea - Fulmine sulla struttura - Probabilità P_{CMT} in funzione della lunghezza L dell'impianto e delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT assenti)

922



923

924 **Figura B.2 – Linea MT aerea - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle**
 925 **caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p@1 \text{ kA} = 700 \text{ V}$)**



926

927 **Figura B.3 – Linea MT aerea - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle**
 928 **caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p@1 \text{ kA} = 800 \text{ V}$)**

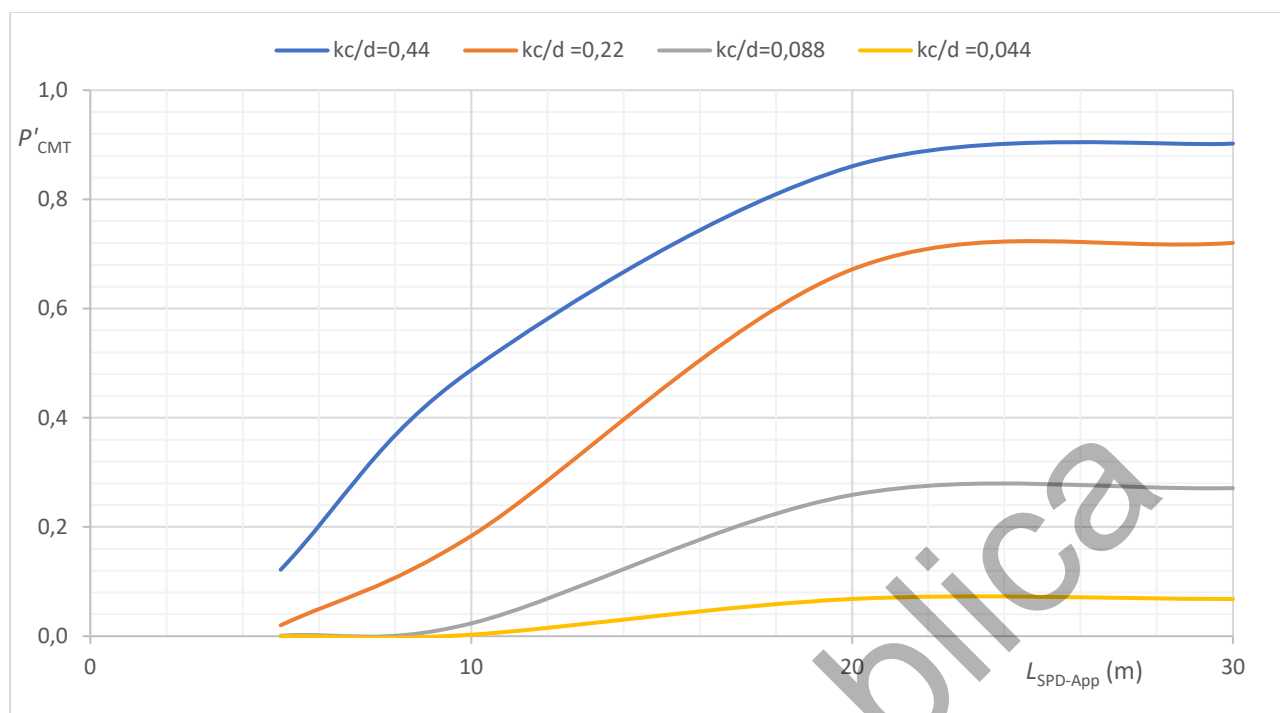


Figura B.4 – Linea MT aerea - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p@1 \text{ kA} = 900 \text{ V}$)

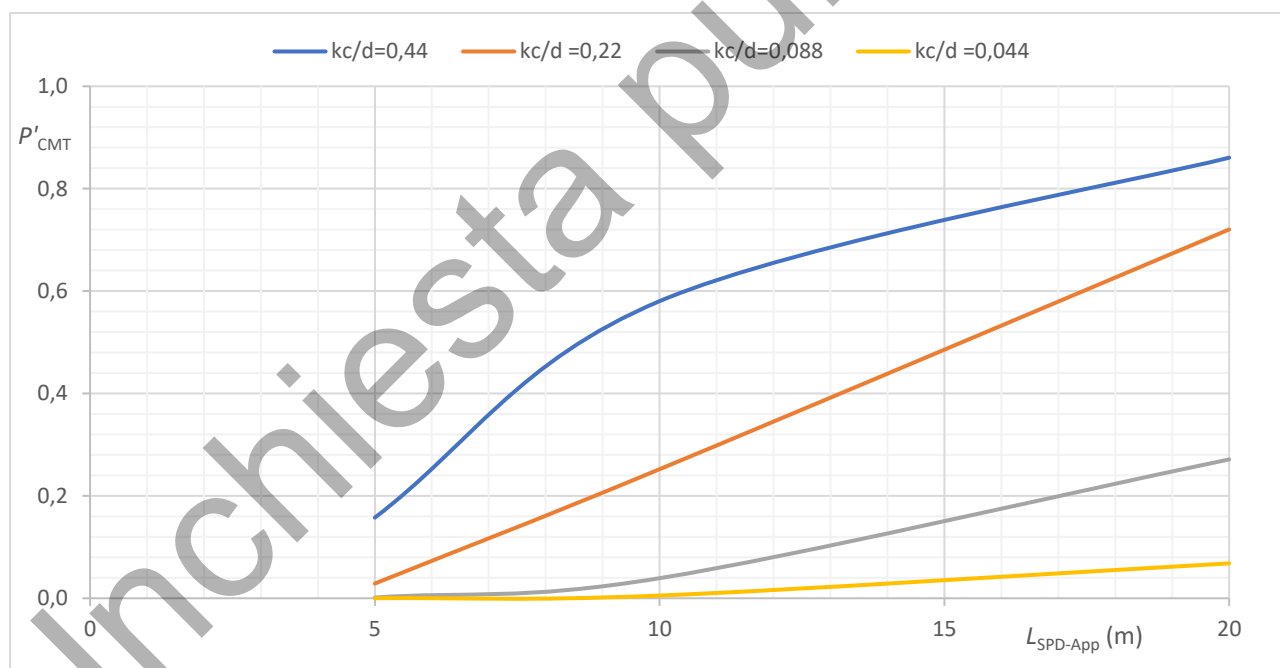
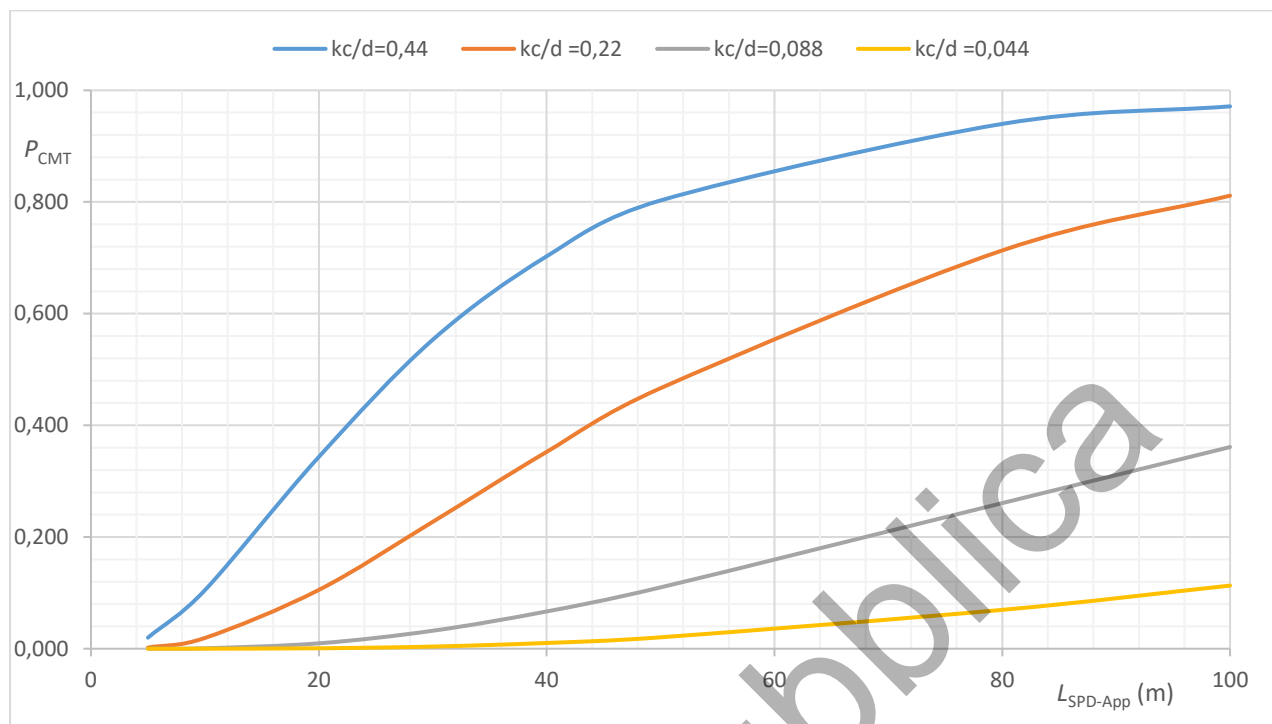


Figura B.5 – Linea MT aerea - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p' = 1000 \text{ V}$)

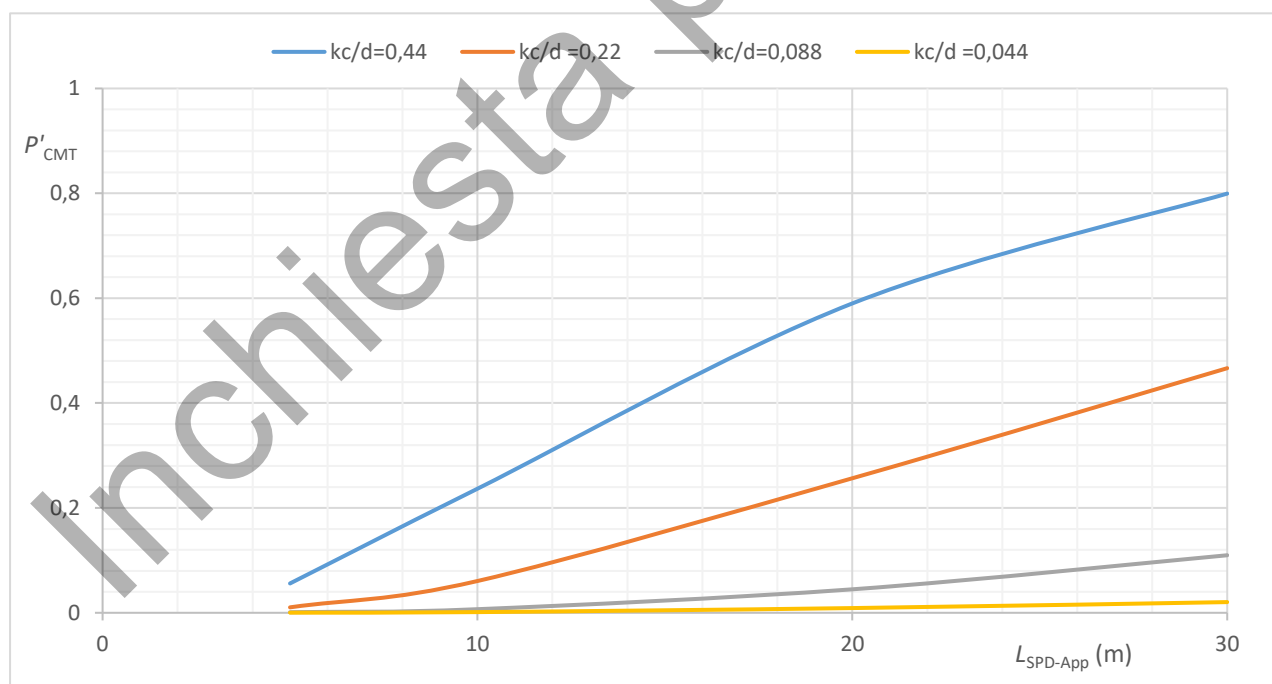
937



938

939 **Figura B.6 – Linea MT in cavo - Fulmine sulla struttura - Probabilità P_{CMT} in funzione delle**
 940 **caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT assenti)**

941



942

943 **Figura B.7 – Linea MT in cavo - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle**
 944 **caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p' = 700$ V)**

945

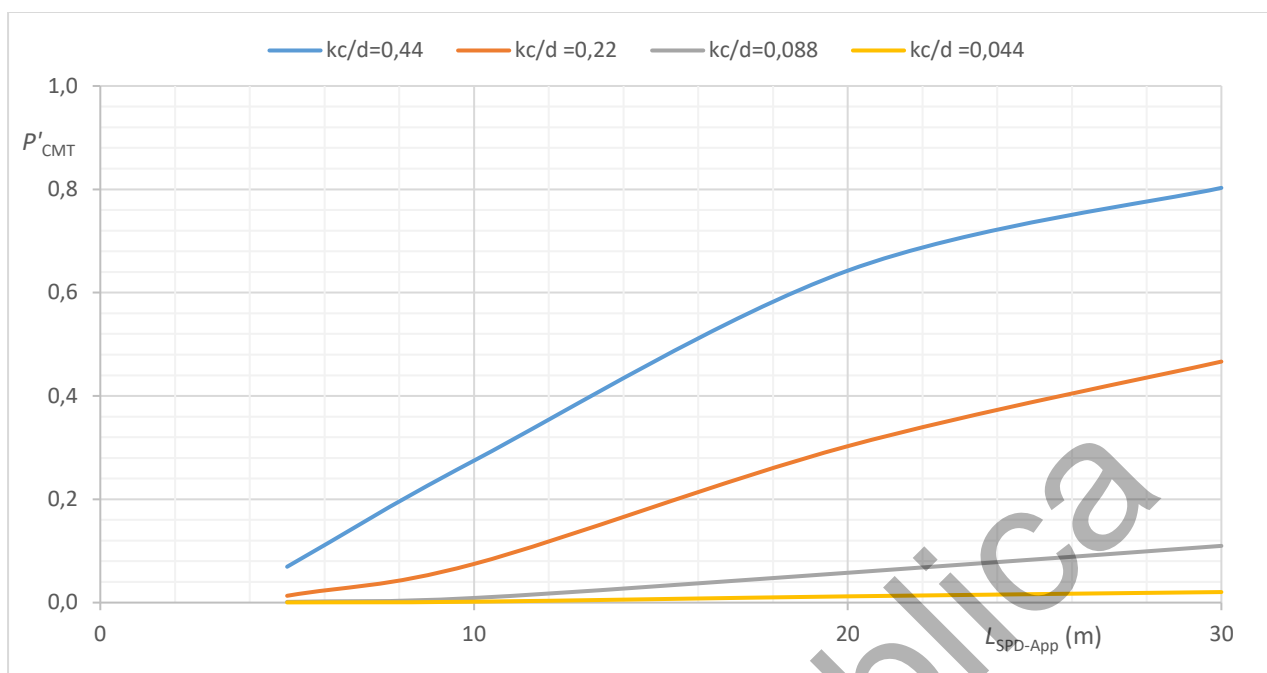


Figura B.8 – Linea MT in cavo - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p' = 800$ V)

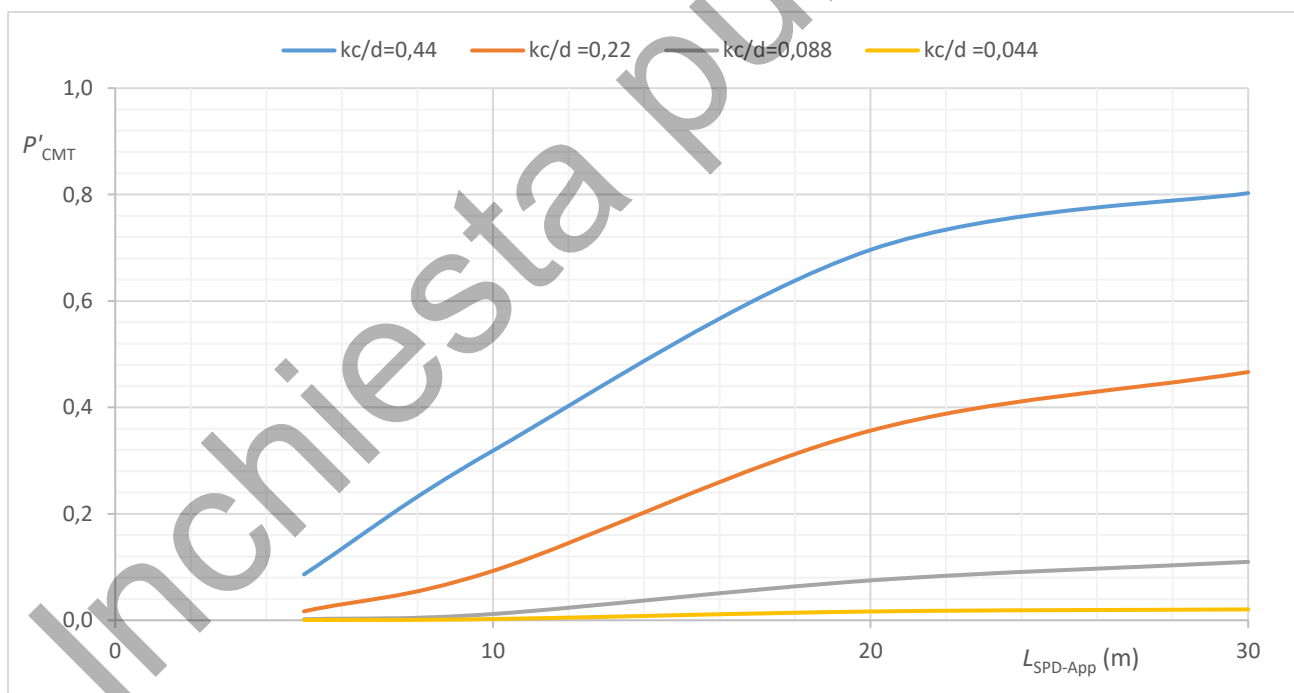
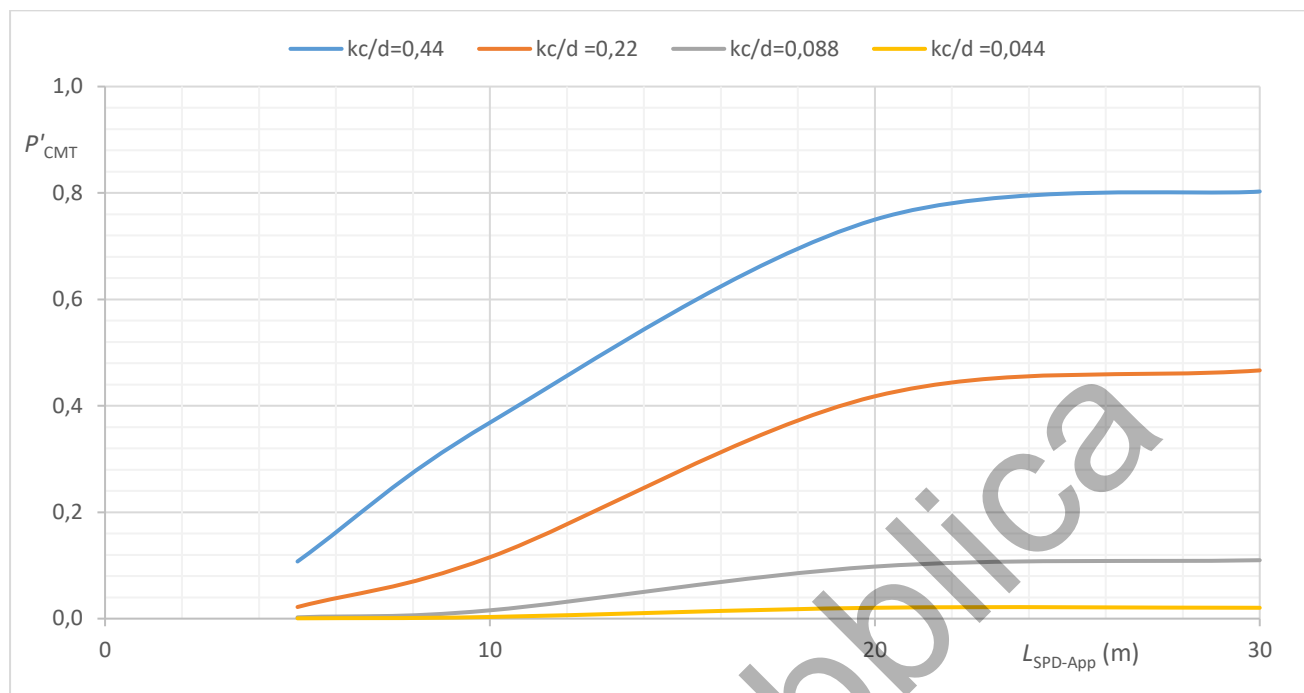


Figura B.9 – Linea MT in cavo – Fulmine sulla struttura – Probabilità P'_{CMT} in funzione delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p' = 900$ V)

954

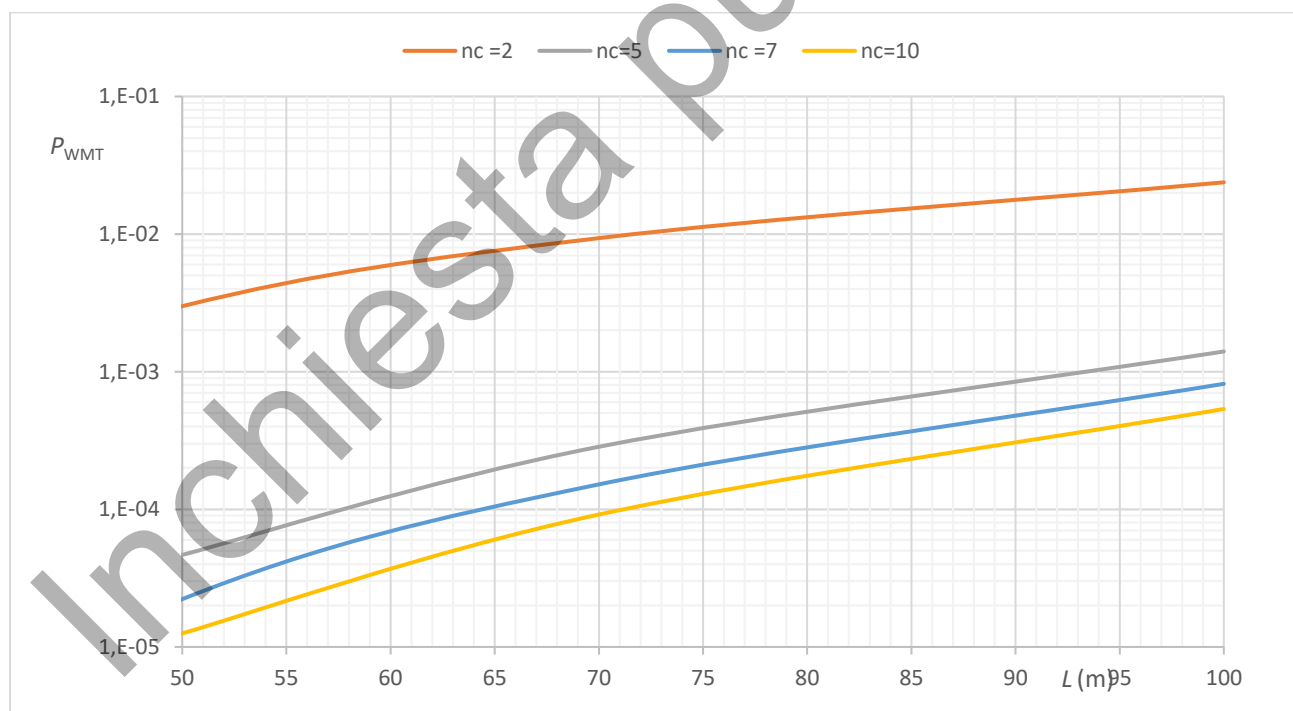


955

956

957

Figura B.10 – Linea MT in cavo - Fulmine sulla struttura - Probabilità P'_{CMT} in funzione delle caratteristiche dell'impianto BT (SPD su impianto BT con $U_p' = 1000$ V)



958

959

960

961

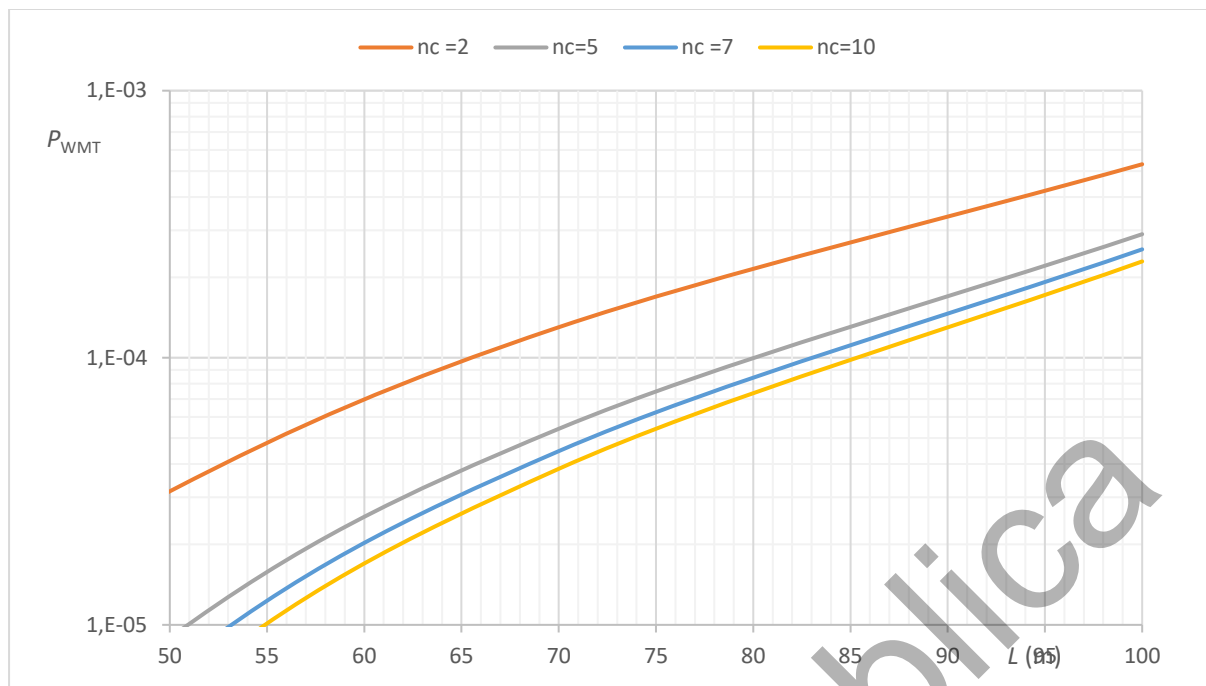
962

963

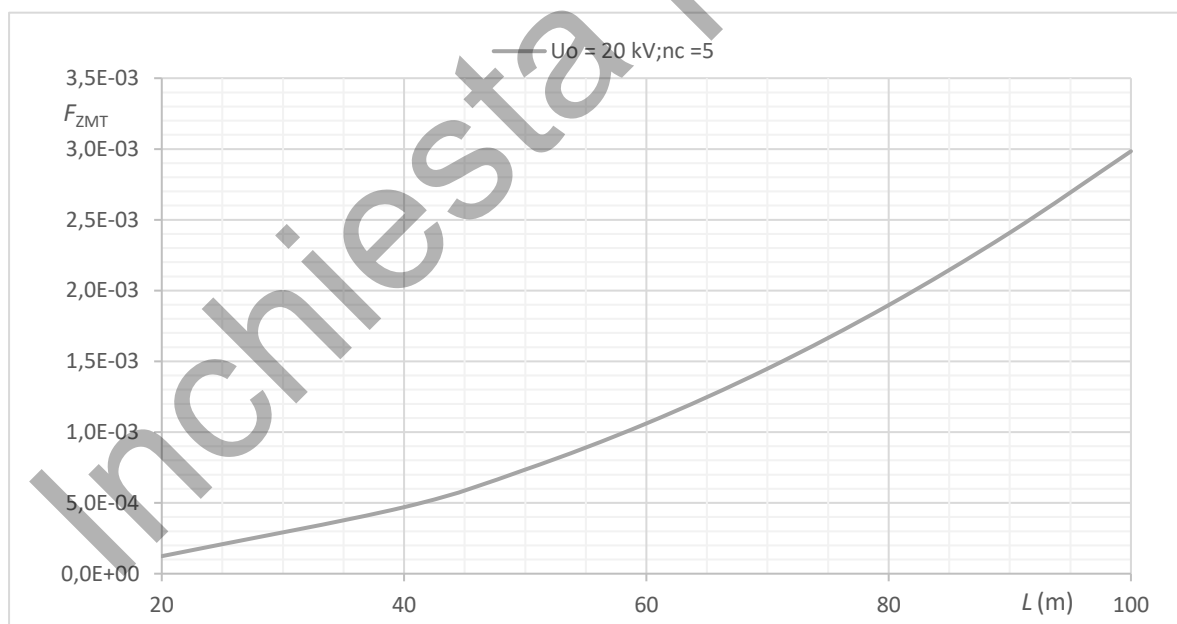
964

965

- n_c = numero dei circuiti BT connessi al trasformatore MT/BT.
 - Valori riferiti a una linea lunga $L_L = 1000$ m. Per altre lunghezze L_L di linea, moltiplicare i valori di P_{WMT} della Figura B.11 per il coefficiente $1000 / L_L$.
 - Per circuiti BT in cavo multipolare P_{WMT} è trascurabile e si può assumere $P_{WMT} = 0$.
- Figura B.11 – Fulmine su linea MT aerea - Impianto BT in canale ($w = 0,1$ m) - Probabilità P_{WMT} di un impianto di lunghezza L (SPD su circuito BT assenti)**



- 966
- 967 – n_c = numero dei circuiti BT connessi al trasformatore MT/BT.
- 968 – Valori di P_{WMT} riferiti a una linea lunga $L_L = 1000$ m. Per altre lunghezze L_L di linea,
- 969 moltiplicare i valori di P_{WMT} di figura B.12 per il coefficiente $1000 / L_L$.
- 970 – Per circuiti BT in cavo multipolare P_{WMT} è trascurabile e si può assumere $P_{WMT} = 0$.
- 971 **Figura B.12 – Fulmine su linea MT in cavo - Impianto BT in canale ($w = 0,1$ m) - Probabilità**
- 972 **P_{WMT} di un impianto di lunghezza L (SPD su circuito BT assenti)**



- 973
- 974 – Valori di F_{ZMT} riferiti a $N_G = 1$. Per altri valori di N_G , moltiplicare i valori di F_{ZMT} per N_G .
- 975 – I valori di F_{ZMT} sono praticamente indipendenti dal numero n_c dei circuiti BT connessi al
- 976 trasformatore MT/BT, dalla tensione nominale di linea U_0 e dal tipo di linea MT (aerea o in
- 977 cavo schermato interrato).
- 978 – Per le linee MT in cavo è $F_M = F_{ZMT}$.
- 979 **Figura B.13 – Fulmine a terra - Linea MT - Impianto BT in canale ($w = 0,1$ m) - Frequenza di**
- 980 **danno F_{ZMT} in funzione della lunghezza L dell'impianto BT (SPD su impianto BT assenti)**

Allegato C

Impianti di segnale - Grafici di dimensionamento

Sono stati considerati impianti interni schermati e non schermati aventi la tipologia seguente:

- **Impianto 1** Protetto con un sistema S
- **Impianto 2** Protetto con un sistema SL

Le linee tipo considerate sono:

- a) non schermata $n' = 2$ conduttori;
- b) schermata $n' \geq 20$ conduttori.

I grafici si riferiscono ad apparecchiature di Classe I.

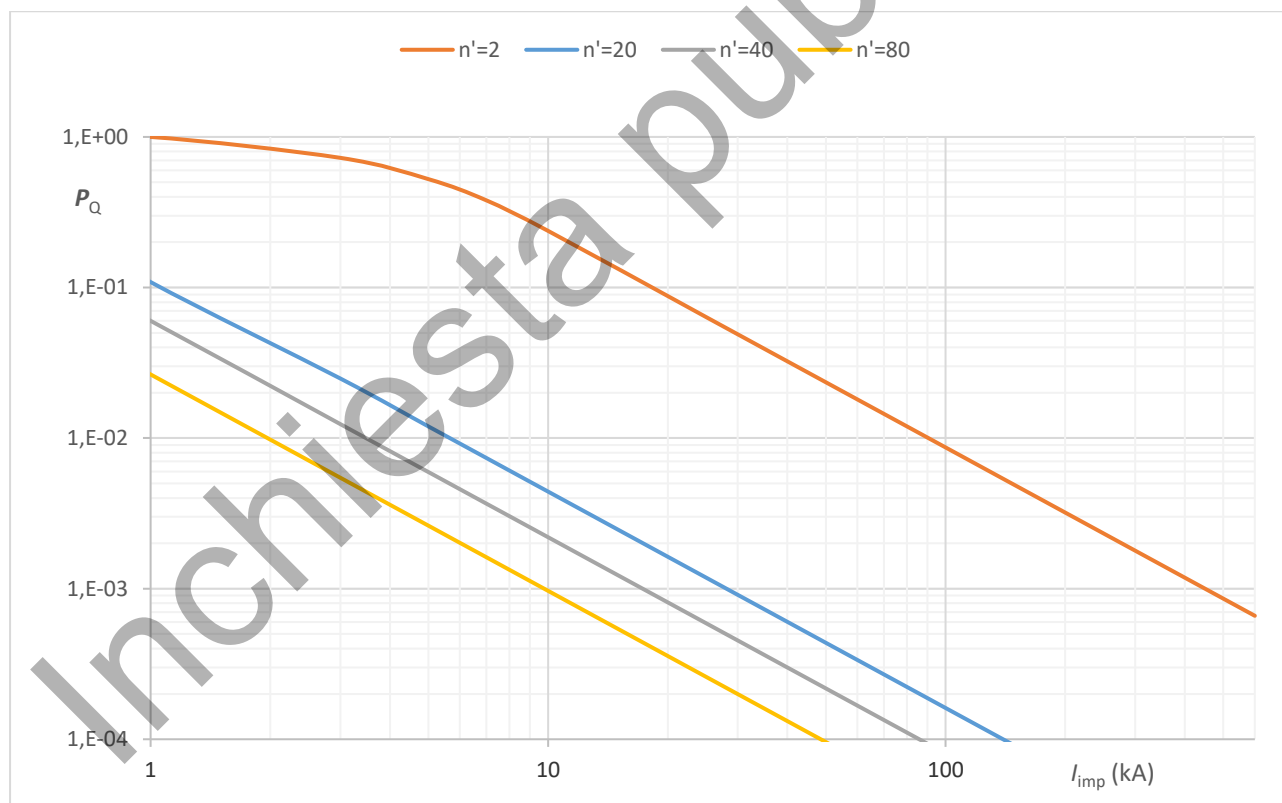
NOTA 1 Le apparecchiature di Classe II non sono considerate in questa Guida.

Per la stesura dei grafici, il calcolo della tensione indotta U_i è stato effettuato in conformità all'Allegato C, assumendo a favore della sicurezza il valore $C_E = 1$ per il coefficiente ambientale.

I grafici da utilizzare per la valutazione delle probabilità P_Q e P_{Up} sono indicati nella Tabella 3.

NOTA 2 Per l'uso dei grafici di dimensionamento, i parametri dell'impianto da utilizzare sono quelli riferiti al circuito tra apparecchiatura e il più vicino SPD a monte.

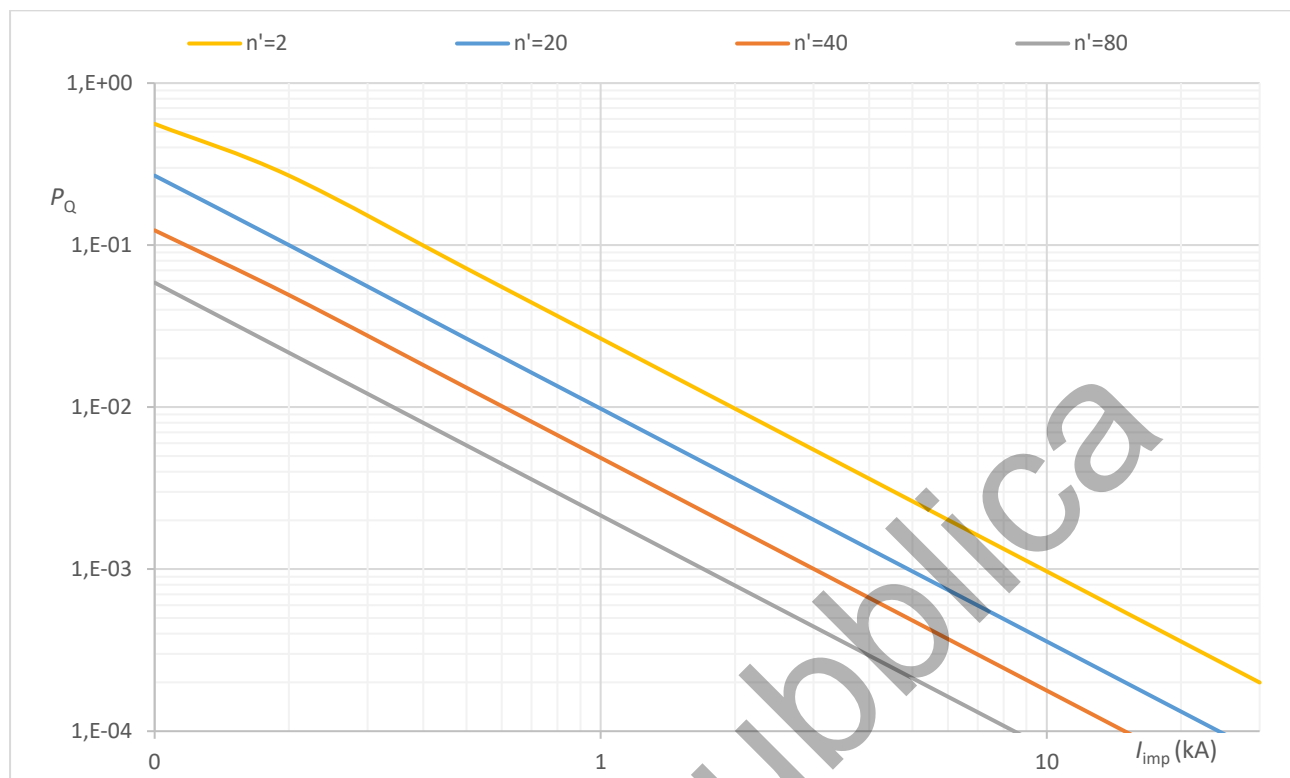
NOTA 3 Probabilità $P_{Up} < 10^{-3}$ si considerano trascurabili (vedi anche la CEI EN IEC 62305-2, F.1)



Prima di essere usati nella figura, i valori di I_{imp} dell'SPD1 devono essere moltiplicati per n .

Figura C.1 – Impianti di segnale - Fulmine a terra - Probabilità P_Q per SPD1 in funzione di I_{imp} per diversi valori del numero n' di conduttori dell'impianto

1004



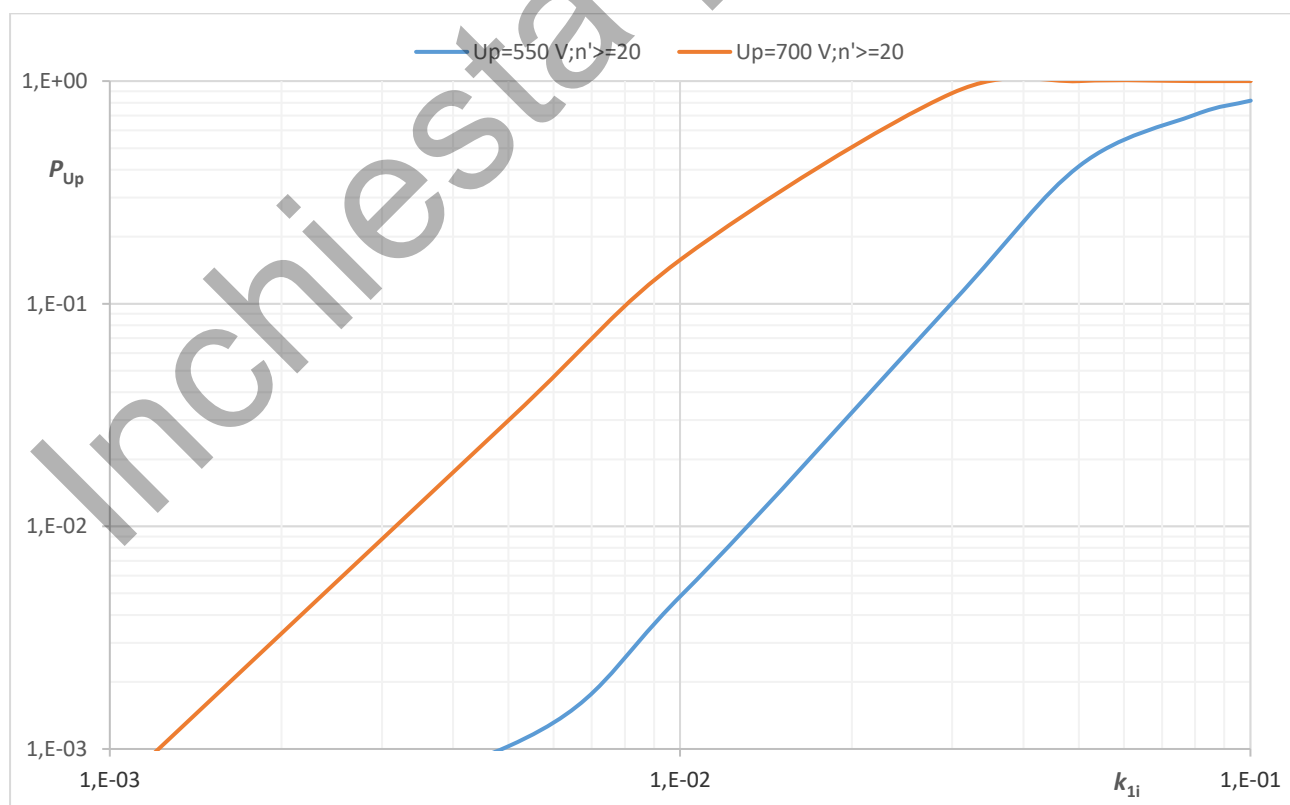
1005

1006

1007

1008

Figura C.2 – Impianti di segnale – Fulmine sulla linea - Probabilità P_Q per SPD1 in funzione di I_{imp} per diversi valori del numero n' di conduttori dell'impianto



1009

1010

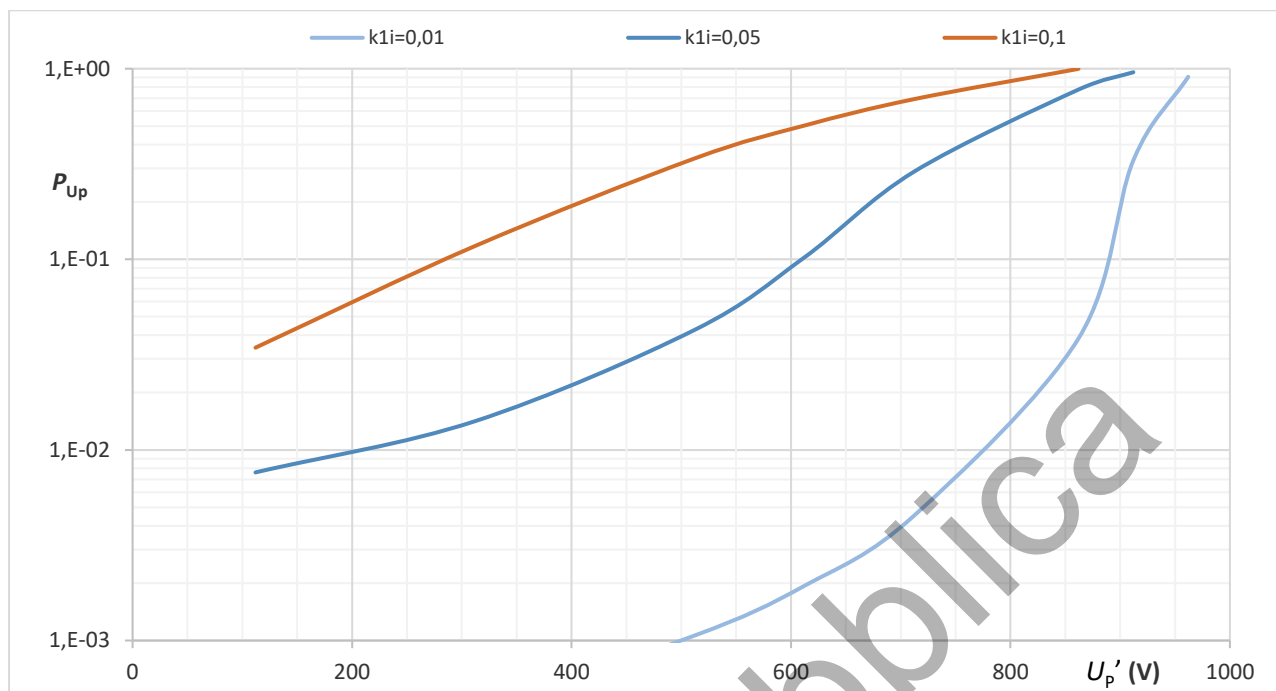
$k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d$; $I_c = 0,5 \text{ m}$

1011

1012

Figura C.3 – Impianti di segnale - Fulmine sulla struttura - Impianto 1 - Probabilità P_{Up} in funzione di k_{1i}

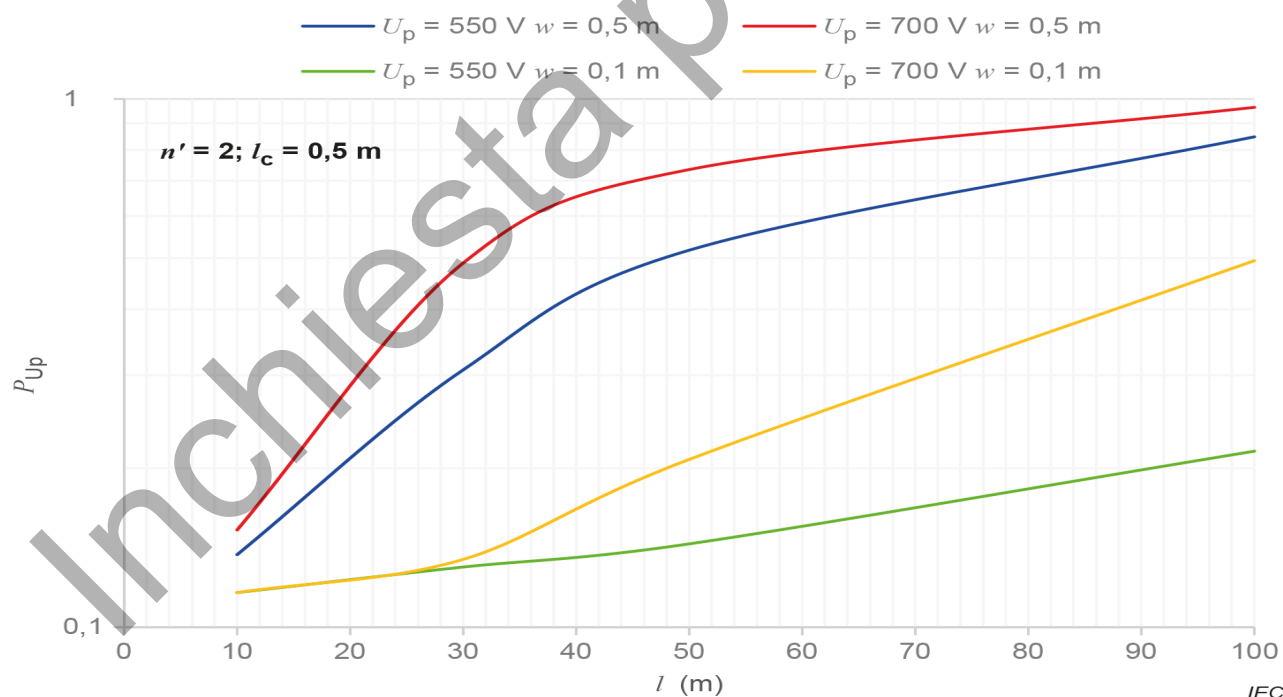
1013



1014

1015 $k_{1i} = w \times k_c \times L_{eq}/d; l_c = 0,5 \text{ m}$

1016 **Figura C.4 – Impianti di segnale - Fulmine sulla struttura - Impianto 2 - Probabilità P_{Up} in**
 1017 **funzione di U_p'**

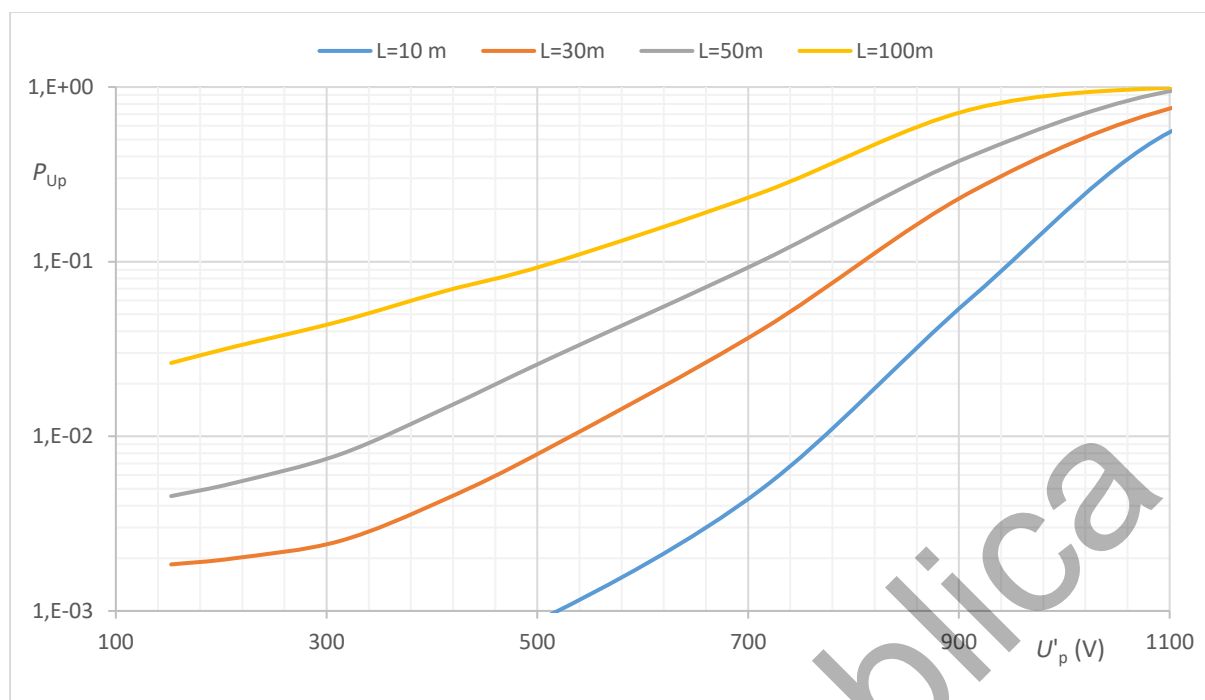


1018

- 1019 - Per gli impianti interni tipo 1 schermati, la probabilità P_{Up} è indipendente dalla lunghezza
 1020 di linea L_L e da U_p' e vale $P_{Up} = 4 \cdot 10^{-3}$.
 1021 - Valori riferiti a $L_L = 500 \text{ m}$. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di P_{Up} per il
 1022 fattore $500/L_L$.

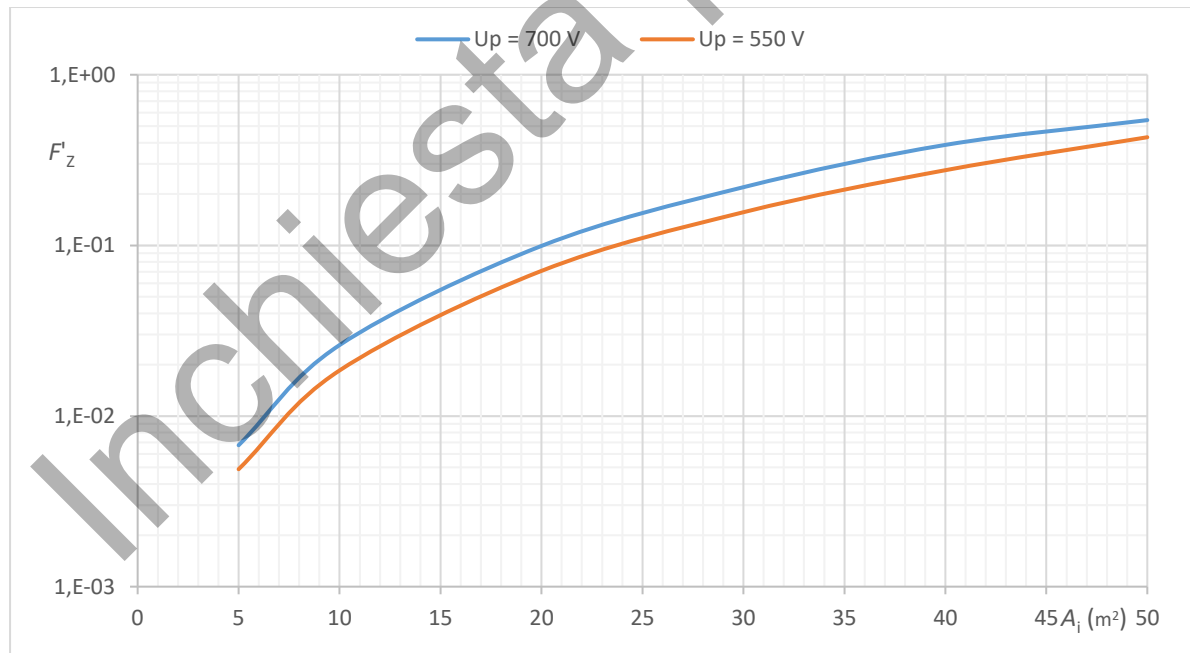
1023 **Figura C.5 – Impianti di segnale - Fulmine sulla linea - Impianto 1 non schermato -**
 1024 **Probabilità P_{Up} in funzione della lunghezza L dell'impianto**

1025



- Per gli impianti interni tipo 2 schermati, la probabilità P_{Up} è trascurabile.
- Valori riferiti a $L_L = 500$ m. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di P_{Up} per il fattore $500/L_L$.
- $I_c = 0,5$ m.

Figura C.6 – Impianti di segnale - Fulmine sulla linea - Impianto 2 non schermato - Probabilità P_{Up} in funzione di U_p'



- Valori riferiti a $N_G = 1$. Per altri valori di N_G moltiplicare i valori di P_{Up} per N_G .
- Valori riferiti a $L_L = 500$ m. Per altre lunghezze di linea moltiplicare i valori di F'_z per il fattore $500/L_L$.
- $I_c = 0,5$ m.

Figura C.7 – Impianti di segnale - Fulmine a terra - Impianto 1 non schermato - Frequenza F'_z in funzione di area A_i dell'impianto interno

Allegato D

Tabelle dati d'ingresso

D.1 Struttura

Tabella.D.1 - Struttura

Parametro	Simbolo
Dimensioni (m)	(L, W, H)
Tempo permanenza persone (h)	T_P
Impedenza di terra del dispersore (Ω)	Z
Numero servizi connessi	n
Coefficiente di Schermatura della struttura	K_{S1}
Coefficiente di Schermatura della zona	K_{S2}

Tabella.D.1.1 - Struttura - Coefficiente di posizione

Posizione	C_D o C_{DJ}
Circondata da oggetti più alti	0,25
Circondata da oggetti di altezza minore o uguale	0,5
Isolata	1
Isolata e sulla sommità di una altura	2

Tabella D.1.2 - Probabilità P_{am} di danno per tensione di passo e contatto per diverse misure di protezione

Misura di protezione	P_{am}
Nessuna	1
Cartelli di avvertenza	10^{-1}
Isolamento elettrico delle parti esposte (es. calate) con almeno 3 mm di polietilene	10^{-2}
Dispersore magliato per equipotenzializzare il suolo con ^{a)}	10^{-2}
LPS naturale	10^{-3}
Recinzioni	0
a) Efficace solo contro le tensioni di passo.	

Tabella D.1.3 - Coefficiente di riduzione r_t della tensione di passo e contatto per tipo di superficie

Tipo di superficie	r_t
Agricolo, cemento	10^{-2}
Marmo, ceramica	10^{-3}
Ghiaia, moquette, tappeti	10^{-4}
Asfalto, linoleum, legno	10^{-5}

1051

Tabella D.1.4 – Probabilità P_{LPS} che un LPS non protegga

Catteristiche della struttura	Classe del LPS	P_{LPS}
Struttura senza LPS	-	1
Struttura protetta da un LPS	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Struttura protetta da un LPS naturale di Classe I, con copertura metallica continua e calate costituite dai ferri d'armatura del cemento armato		0,01
Struttura protetta da un LPS naturale di Classe I, con copertura metallica continua che protegga contro la fulminazione diretta anche le installazioni sul tetto e con calate costituite dai ferri d'armatura del cemento armato		0,001

1052

1053

Tabella D.1.5 – Probabilità P_s dipendente dal tipo di struttura

Tipo di struttura	P_s
Struttura in legno o muratura o protetta da LPS	1
Struttura non protetta da LPS, metallica o in cemento armato continuo con ferri d'armatura connessi al dispersore	0,5

1054

1055

Tabella D.1.6 – Coefficiente r_p di riduzione delle conseguenze dell'incendio

Misura riducente	r_p
Struttura conforme alle Norme di sicurezza antincendio applicabili, monocompartimento e privo di impianti di spegnimento automatici	1
Struttura conforme alle Norme di sicurezza antincendio applicabili, suddiviso in più compartimenti ma privo di impianti di spegnimento automatici	0,5
Struttura conforme alle Norme di sicurezza antincendio applicabili, dotato di impianti di spegnimento automatici a)	0,2
a) Solo se l'impianto di spegnimento è protetto contro le sovratensioni ed altre cause di danno e se gli addetti antincendio possono arrivare entro 10 minuti.	

1056

1057

Tabella D.1.7 – Coefficiente r_f di riduzione del rischio d'incendio o di esplosione

Rischio	Livello di rischio	r_f
Esplosione	Zone 0, 20 e esplosivi solidi	1
	Zone 1, 21	10^{-1}
	Zone 2, 22	10^{-3}
Incendio	Alto	10^{-1}
	Ordinario	10^{-2}
	basso	10^{-3}
Esplosione o incendio	Nessuno	0

NOTA 1 Strutture realizzate con materiali combustibili, strutture realizzate con materiali combustibili o strutture con carico di incendio specifico maggiore di 800 MJ/m² sono considerate a rischio di incendio alto.

NOTA 2 Strutture con carico di incendio specifico compreso tra 800 MJ/m² e 400 MJ/m² sono considerate a rischio di incendio ordinario.

NOTA 3 Strutture con carico di incendio specifico inferiore a 400 MJ/m² sono considerate a rischio di incendio ridotto.

NOTA 4 Strutture che contengono solo una quantità modesta di materiale combustibile e non facilmente infiammabile, con carico di incendio specifico inferiore a 50 MJ/m² sono da considerare con rischio di incendio nullo.

NOTA 5 Le strutture con atmosfere potenzialmente esplosive o contenenti materiali esplosivi solidi sono da considerare con rischio di esplosione nullo se sono soddisfatte le condizioni indicate all'articolo 8.

1058

1059

Tabella D.1.8 – Tipici valori medi di L_T , L_{F1} , L_{F2} , L_{O1} and L_{O2}

Tipo di Rischio	Tipo di struttura o zone di rischio	R_{L1}			R_{L2}	
		L_T	L_{F1}	L_{O1}	L_{F2}	L_{O2}
1	Strutture o zone di rischio con perdite molto elevate o molto critiche ^{a)}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-3}
2	Strutture o zone di rischio con perdite elevate o critiche ^{b)}		10^{-2}	2×10^{-4}	10^{-2}	2×10^{-4}
3	Strutture o zone di rischio normali ^{c)}		5×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$	5×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$
4	Strutture o zone di rischio con perdite modeste o non molto critiche ^{d)}		2×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$	2×10^{-3}	$10^{-5 \text{ e)}}$

a) Come strutture o zone con rischio di esplosione, strutture o zone con apparecchiature elettriche salvavita o altre strutture in cui il guasto dei sistemi interni comporti lesioni alle persone o un pericolo per l'ambiente (ad esempio sale operatorie e unità di terapia intensiva negli ospedali).

b) Come strutture o zone relative alle persone con mobilità ridotta (ad esempio blocchi di stanze in ospedali, carceri), strutture o zone con attrezzature essenziali per lo svolgimento di processi (ad esempio sale di controllo in strutture industriali, centrali elettriche, centri di telecomunicazioni), strutture o zone con patrimonio culturale (ad esempio musei).

c) Come strutture aperte al pubblico (ad esempio chiese, hotel, scuole, uffici, edifici civici aperti al pubblico, luoghi di intrattenimento pubblico, supermercati).

d) Come edifici di proprietà privata (ad esempio condomini, case coloniche).

e) Applicabile solo in caso di rischio di esplosione o quando il guasto dei sistemi interni comporta lesioni alle persone o un pericolo per l'ambiente (ad esempio guasto di un'apparecchiatura a causa di una sovratensione che porta al rilascio di acqua inquinata nel fiume o quando un incendio di un'apparecchiatura causato da una sovratensione può propagarsi alla struttura). In generale, le strutture o le zone a rischio con tale rischio sono classificate come perdite molto elevate o ad alte perdite.

1060

D.2 Impianto interno

Tabella D.2 – Impianto interno

Parametro ^{a)}	Simbolo
Lunghezza verticale (m)	L_v
Lunghezza orizzontale (m)	L_o
Larghezza (m)	w
Distanza da calata più vicina (m)	d
Coefficiente ripartizione corrente su calate	k_c
Tensione tenuta ad impulso (kV)	U_w
^{a)} Per ogni tratto di impianto interno	

Tabella D.2.1 – SPD

Parametro	Simbolo
Tipo	(1, 2 o 3)
Corrente nominale (kA)	I_{imp} per tipo 1; I_n per tipi 2 o 3
Tensione residua a $I_{SPD} = 1$ kA (V)	U'_p
Lunghezza collegamenti (m)	l_c

D.3 Linea

Tabella D.3 – Linea

Parametro	Simbolo
Lunghezza (m)	L_L
Numero conduttori	n'
Resistenza dello schermo (Ω/km)	R_s
Resistività del suolo (Ωm)	ρ
Impedenza di terra dei pali (Ω)	Z_P
Tensione tenuta ad impulso linea MT (kV)	U_{WMT}

Tabella D.3.1 – Coefficiente C_i di installazione della linea

Installazione	C_i
Aerea	1
Interrata	0,3
Interrata sotto un dispersore magliato (IEC 62305-4:2024, 5.2)	0,01

1071

Tabella D.3.2 – Coefficiente ambientale C_E

Ambiente	C_E
Rurale	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano con edifici più alti di 20 m.	0,01

1072

Inchiesta pubblica

Allegato E

Procedura per la valutazione della frequenza di danno F e del rischio R

E.1 Riduzione della frequenza di danno F

La frequenza di danno può essere ridotta adottando idonee misure di protezione. La misura di protezione più comunemente usata, per la sua facilità d'uso anche in impianti preesistenti e il favorevole rapporto costi/benefici, è il sistema di SPD.

Per ogni punto di impatto del fulmine (sulla struttura, sulla linea, a terra) l'adozione di un sistema di SPD riduce la relativa frequenza parziale di danno da $F_X = N_X \times P_X$ dell'apparecchiatura non protetta, al valore $F'_X = N'_X \times P'_X$ dell'apparecchiatura protetta dal sistema di SPD.

Per ridurre la frequenza di danno F a valori non superiori a quella tollerabile F_T occorre, per ogni punto di impatto del fulmine (sulla struttura, sulla linea, a terra), calcolare le componenti F_X dell'apparecchiatura non protetta:

1. calcolare la frequenza di danno $F = \sum F_X$ dell'apparecchiatura non protetta,
2. confrontare F con F_T . Se $F \leq F_T$ non è necessario proteggere l'apparecchiatura. Altrimenti, è necessario installare un sistema di SPD e,
3. calcolare le componenti F'_X dell'apparecchiatura protetta,
4. calcolare la frequenza di danno $F' = \sum F'_X$ dell'apparecchiatura protetta,
5. confrontare F' con F_T . Se è $F' \leq F_T$ l'apparecchiatura è protetta. Altrimenti, è necessario installare un sistema di SPD più efficiente (maggiore P_Q e/o minore P_{Up}) o con due SPD e ripetere i passi 4,5 e 6.

La procedura da seguire, che è illustrata in Fig. E.1, può essere iniziata a partire dalla condizione più gravosa, in genere nel seguente ordine: punto di impatto del fulmine sulla struttura, sulla linea, a terra.

E.2 Scelta del sistema di SPD negli impianti di energia

Negli impianti di energia sono generalmente usati i sistemi di SPD L e LL.

Gli SPD, installati sul quadro principale di distribuzione all'arrivo della linea BT (SPD1) o sul quadro secondario di distribuzione (SPD2) o, in alternativa, ai morsetti dell'apparecchiatura da proteggere (SPDa), se opportunamente scelti e coordinati tra loro, costituiscono un sistema di SPD. I tipi di sistema di SPD più comunemente usati sono composti da:

- un solo SPD1 a limitazione (sistema L);
- due SPD, SPD1 e SPD2 a limitazione (sistema LL).

NOTA 1 Un SPD di tipo combinato S+L è assimilabile a un SPD tipo L.

NOTA 2 I sistemi con due SPD in cui SPD1 è di tipo combinato S+L, sono assimilabili a Sistemi LL.

NOTA 3 I sistemi di SPD a due porte sono assimilabili ai Sistemi con due SPD.

L'SPD1 è generalmente installato all'ingresso della linea nell'edificio (ad esempio nel Quadro Generale di Distribuzione).

L'SPD2 è generalmente installato vicino all'apparecchiatura da proteggere (ad esempio nel Quadro Secondario di Distribuzione o nelle prese).

L'SPD1 dovrebbe essere di Tipo 1 e l'SPD2 dovrebbe essere di Tipo 2.

NOTA 4 Per i fulmini sulla struttura, nei Sistemi LL è consigliabile che anche l'SPD2 sia di Tipo 1. Per i fulmini a terra, in genere un sistema S o L con l'SPD di Tipo 2 è sufficiente per ottenere il P' richiesto.

E.3 Scelta del sistema di SPD negli impianti di segnale

Negli impianti di segnale sono generalmente usati i Sistemi di SPD S e SL.

La scelta del sistema di SPD più adatto può essere fatta con l'aiuto della Tab. E.1 per impianti di energia e della Tab E.2 per gli impianti di segnale.

E.4 Dimensionamento del sistema di SPD

Una volta scelto il sistema di SPD e il tipo degli SPD, occorre verificare che la probabilità $P' = P_Q + 0,9 \times P_{Up}$, che l'apparecchiatura si guasti nonostante sia protetta dal sistema di SPD, sia sufficiente ad ottenere valori della frequenza di danno F e del rischio R non superiori a quelli tollerabili.

La probabilità P_{Up} dovrebbe essere riferita a SPD1 nei sistemi S o L, a SPD2 nei sistemi SL o LL. La probabilità P_Q dovrebbe essere sempre riferita all'SPD1.

NOTA Probabilità P_Q e $P_{Up} < 10^{-3}$ si considerano trascurabili. Negli impianti interni separati, P_Q è trascurabile e quindi $P' = P_{Up}$ (vedi anche CEI EN IEC 62305-2, F.1).

E.4.1 Fulmine sulla struttura o sulle linee connesse agli impianti interni

La probabilità P_Q è determinata dalla corrente di scarica I_{imp} assegnata all'SPD1.

I valori della probabilità P_Q in funzione della corrente di scarica I_{imp} sono riportati nelle Figure A.1 e A.2.

Definito l'impianto da proteggere, la probabilità P_{Up} è determinata dalla tensione U_p' ai capi dell'SPD (U_{SPD} a $I_{SPD} = 1$ kA) assegnata all'SPD (SPD1 nei sistemi S o L e SPD2 nei sistemi SL o LL).

I valori della probabilità P_{Up} in funzione della tensione U_p' ai capi dell'SPD per due impianti interni tipo sono riportati nelle Figure da A.3 a A.8.

Per l'impianto BT non protetto con un sistema di SPD, i valori di P_{WBT} sono riportati in Tab. A.1.

E.4.2 Fulmine a terra

Per i fulmini a terra, in genere un sistema S o L è sufficiente per ottenere la protezione dell'apparecchiatura.

Anche utilizzando SPD di classe di prova II aventi $I_n = 5$ kA e $U_p' \leq 1000$ V, il valore della probabilità P_Q è trascurabile.

Per i fulmini a terra si fa direttamente riferimento alla frequenza di danno F_z anziché alla probabilità P' .

E.4.3 Valutazione della probabilità P' per tutte le sorgenti di danno

Nel dimensionamento del sistema di SPD, la condizione più gravosa è, in genere, nel seguente ordine: quella relativa ai fulmini sulla struttura, ai fulmini sulla linea connessa agli impianti interni della struttura e ai fulmini a terra.

Poiché il sistema di SPD che si può installare è lo stesso qualunque sia il punto di impatto del fulmine, una volta dimensionato il sistema per la condizione più gravosa tra quelle da considerare, i valori di P' relativi alle altre condizioni sono valutabili in base ai parametri (corrente di scarica I_{imp} o I_n e livello di protezione U_p') del sistema di SPD scelto per la condizione più gravosa.

A parità di condizioni (impianto, sistema di SPD, valori di U_p'), i valori di P_{Up} relativi ai fulmini sulla linea sono, in genere, molto minori degli analoghi valori relativi ai fulmini sulla struttura, e il dimensionamento del sistema di SPD può essere fatto solo con riferimento ai fulmini sulla struttura scegliendo per I_{imp} il massimo tra quelli relativi alla fulminazione di struttura o di linea.

1162 Inoltre, i valori di F_z relativi ai fulmini a terra sono trascurabili, se il sistema di SPD è
1163 dimensionato per i fulmini sulla struttura o sulle linee.

1164 I valori di P_Q e di P_{Up} sono rilevabili dai grafici dell'Allegato A per impianti elettrici alimentati
1165 in BT, e dell'Allegato B per impianti elettrici alimentati in MT e dell'Allegato C per gli impianti
1166 di segnale.

1167 **Tabella E.1 – Impianti elettrici - Scelta dei Sistemi di SPD in dipendenza dal punto di**
1168 **impatto del fulmine**

Punto di impatto del fulmine	Sistema di SPD	Alimentazione in BT Classe di prova di SPD		Alimentazione in MT Classe di prova di SPD	Impianto interno stand-alone o separato dalla linea esterna da una interfaccia isolante
		SPD1 (*)	SPD2 (**)	SPD2 (**)	SPD2 (**)
Struttura	L	I	-	II	II
	LL	I	I	-	-
Linea	L	I	-	II	II
	LL	I	II	-	-
Terra	L	II	-	II	II

(*) L'SPD1 è generalmente installato all'ingresso della linea nell'edificio (ad esempio nel Quadro Generale di Distribuzione)

(**) L'SPD2 è generalmente installato vicino all'apparecchiatura da proteggere (ad esempio nel Quadro Secondario di Distribuzione o nelle prese)

1169

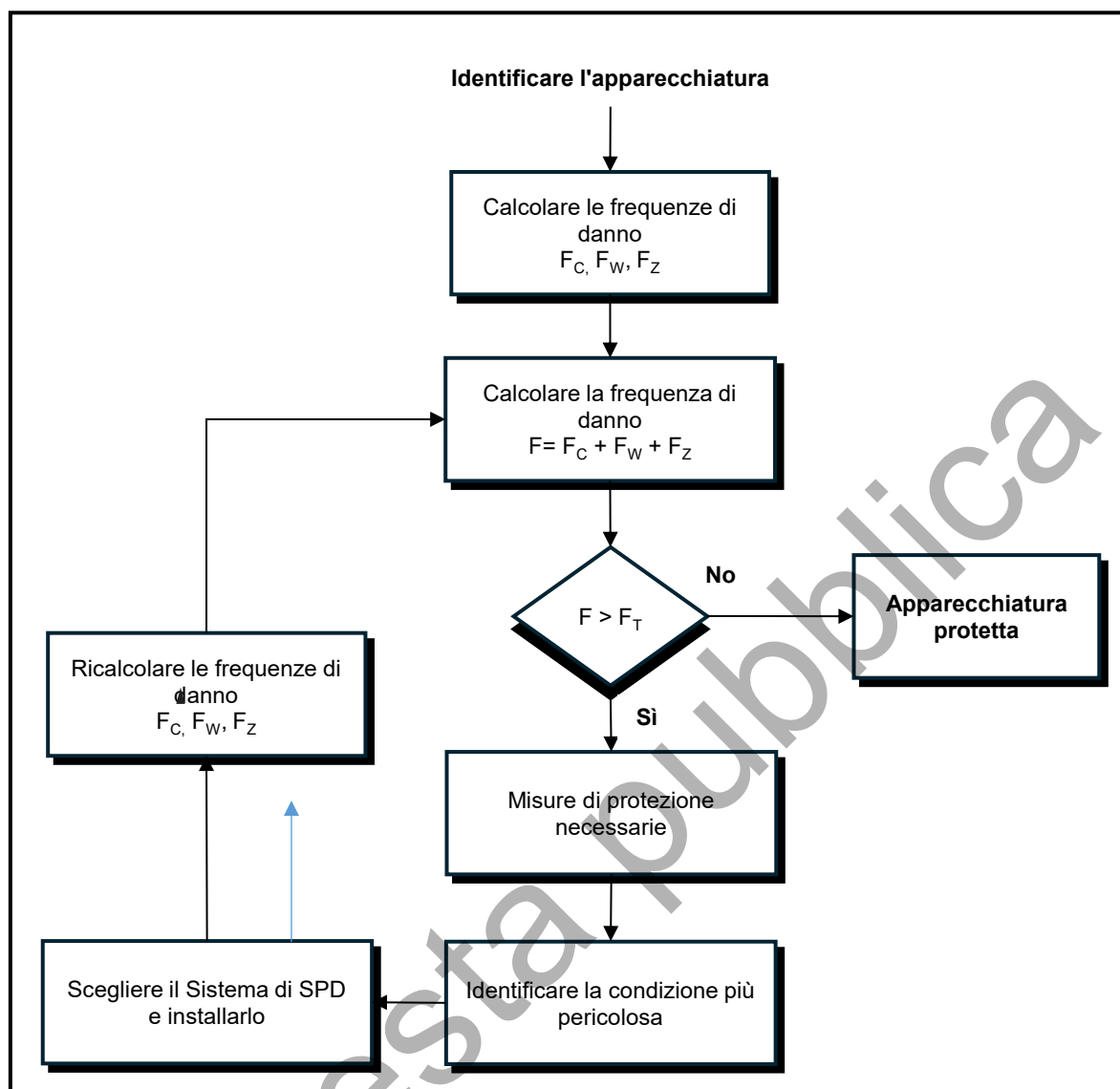
1170 **Tabella E.2 – Impianti di segnale - Scelta dei Sistemi di SPD in dipendenza dal punto di**
1171 **impatto del fulmine**

Punto di impatto del fulmine	Sistema di SPD	Impianto interno connesso alla linea di segnale		Impianto interno stand-alone o separato dalla linea esterna da una interfaccia isolante
		SPD1 (*)	SPD2 (**)	SPD2 (**)
Struttura	S	C I	-	C II
	SL	C I	C I	-
Linea	S	C I	-	C II
	SL	C I	C II	-
Terra	S	C II	-	C II

1172

1173

1174



1175

1176

1177

Figura E.1 – Procedura per la riduzione della frequenza di danno F

E.5 Frequenza di danno e disponibilità del servizio

Stabilire un limite di frequenza tollerabile per un'apparecchiatura, o meglio per un impianto, serve per evitare frequenti perdite di servizio e relativi interventi di riparazione con i costi conseguenti.

In prima approssimazione:

- il costo annuo di riparazione dell'impianto danneggiato è proporzionale alla frequenza di danno F ;
- la perdita economica annua derivante dal servizio non svolto per avaria dell'impianto è proporzionale all'indisponibilità (I) del servizio, cioè al numero di ore all'anno in cui l'impianto non funziona.

In alcuni casi, i proprietari o i gestori degli impianti possono fissare limiti alla perdita di servizio tollerabile per non incorrere in possibili sanzioni per richieste di risarcimento danni da parte degli utenti o per inadempienze contrattuali.

L'indisponibilità (I), espressa in ore di mancato funzionamento all'anno, può essere calcolata con la formula:

$$I = [MTTR / (MTBF + MTTR)] \times 8760 \text{ (ore/anno)} \quad (E.1)$$

dove:

- $MTBF = T_F/F$ è il tempo medio tra due avarie consecutive, espresso in ore, avendo indicato T_F con il tempo di funzionamento annuo dell'apparecchiatura o impianto, in ore/anno;
- $MTTR$ è il tempo medio di riparazione, espresso in ore.

Dall'espressione (E.1) si deduce che, per un dato valore di $MTTR$, fissare un limite I_T all'indisponibilità equivale a fissare il corrispondente limite F_T alla frequenza di danno. In via approssimata si può assumere:

$$F_T = I / MTTR$$

L'indisponibilità I aumenta al diminuire di $MTBF$ e all'aumentare di $MTTR$.

Il parametro $MTBF$ può essere aumentato con l'adozione di appropriate misure di protezione che riducano la frequenza di danno.

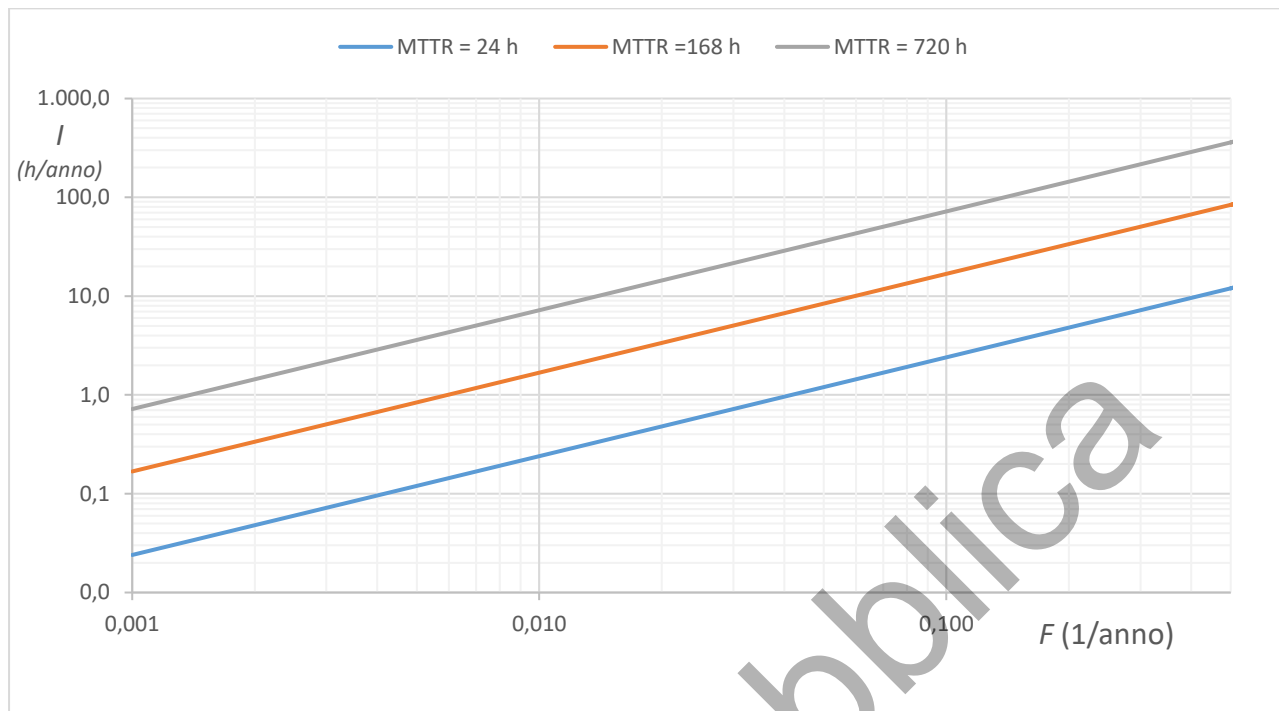
Il parametro $MTTR$, che ingloba il tempo di segnalazione del disservizio, il tempo di accesso all'apparecchiatura guasta, il tempo di riparazione del guasto e il tempo di messa in servizio dell'apparecchiatura riparata, è riducibile agendo sulle politiche di manutenzione (numero e dislocazione del personale, posizionamento delle scorte, mezzi usati per l'accesso) e/o sulla ingegneria dell'impianto (ridondanze di impianti interni e apparecchiature, telesegnalazione guasti, telecomandi, ecc.).

Per un dato sistema, impianto o apparecchiatura:

- ad ogni valore di $MTBF$ è associabile il costo annuo delle misure di protezione necessarie a raggiungerlo;
- ad ogni valore di $MTTR$ è associabile un costo, somma dei costi di manutenzione e dei costi di ottimizzazione degli impianti che si devono attuare per ottenerlo.

Poiché l'indisponibilità I dipende sia da $MTBF$ che da $MTTR$, è possibile ottimizzare le misure di protezione in modo da ottenere l'indisponibilità desiderata al minimo costo. Ad esempio, installando sistemi di SPD con P' più bassa (e quindi più costosi) si riduce la frequenza di danno F e quindi si aumenta il valore di $MTBF$; il che consente, a parità di indisponibilità I , di aumentare il valore di $MTTR$ con riduzione dei costi di manutenzione (Fig. E.2).

1223



1224

1225 **Figura E.2 – Andamento dell'indisponibilità I al variare della frequenza di danno F , per**
 1226 **diversi valori di $MTTR$**

1227 Dalla formula (E.1) e dalla Fig. E.2 si deduce che ad una diminuzione della frequenza di danno
 1228 F corrisponde:

- 1229 - a parità del tempo medio di riparazione $MTTR$, una diminuzione dell'indisponibilità I ;
- 1230 - a parità di indisponibilità I , un aumento del tempo medio di riparazione $MTTR$.

1231 Quest'ultimo aspetto è particolarmente interessante; poiché infatti i costi di manutenzione
 1232 sono prevalentemente influenzati dal numero di operatori, dai mezzi e dalla logistica
 1233 necessaria a garantire un dato valore di $MTTR$, poter aumentare il valore $MTTR$ può portare
 1234 significativi abbattimenti dei costi di manutenzione.

1235 Il costo dei sistemi di SPD da installare per la protezione contro le sovratensioni dipende dallo
 1236 schema dell'impianto considerato (numero dei livelli e dei quadri secondari interessati
 1237 all'installazione di SPD). Se tale costo è modesto (qualche percento del valore dell'impianto
 1238 da proteggere), risulta spesso tecnicamente ed economicamente conveniente aumentare le
 1239 prestazioni richieste al sistema di protezione, scegliendo perciò SPD, per quanto possibile, di
 1240 tipo 1 con valori di I_{imp} più alti e valori di U_p più bassi di quelli strettamente necessari a
 1241 raggiungere gli obiettivi minimi di frequenza di danno F_T e di indisponibilità I_T .

1242 Questo approccio risulta tanto più conveniente quanto più alto è il valore di $MTTR$ e maggiore
 1243 è il costo orario della perdita di servizio, come ad esempio accade nel caso di importanti
 1244 stazioni TLC non presidiate e lontane dai centri logistici di manutenzione.

1245 **E.6 La convenienza della protezione contro le sovratensioni**

1246 La valutazione della convenienza economica della protezione contro le sovratensioni si basa
 1247 sul confronto tra il costo annuo delle perdite subite se non si adottano misure di protezione
 1248 ed il costo annuo delle misure di protezione più il costo annuo delle perdite che si continuano
 1249 ad avere nonostante le misure di protezione installate (perdite residue).

1250 **NOTA** La valutazione della convenienza della protezione contro le sovratensioni per ridurre il rischio di perdita
 1251 economica è una buona prassi tecnica, ma non è richiesta dalla Norma CEI EN IEC 62305-2.

1252

1253 Adottare misure di protezione è economicamente conveniente quando è soddisfatta la
1254 seguente relazione:

1255
$$C_{\text{PROT}} \leq C_R (F - F') + C_S (I - I')$$

1256 dove:

- 1257 - C_{PROT} è il costo annuo delle misure di protezione
- 1258 - C_R è il costo medio di un intervento di riparazione dell'impianto guasto
- 1259 - C_S è il costo orario medio della perdita di servizio
- 1260 - F' frequenza di danno per l'impianto protetto
- 1261 - F frequenza di danno per l'impianto non protetto
- 1262 - I indisponibilità dell'impianto non protetto
- 1263 - I' indisponibilità dell'impianto protetto

1264 Il costo annuo delle misure di protezione è dato dalla somma dei costi di ammortamento, dei
1265 costi di manutenzione e degli oneri finanziari relativi al capitale necessario per acquistare ed
1266 installare le misure di protezione.

1267 Da notare che le misure di protezione adottate, riducendo la frequenza di danno F , riducono
1268 sia il costo annuo di riparazione dell'impianto sia il costo annuo della mancata produzione o
1269 interruzione del servizio, perché riducono l'indisponibilità (I).

1270 La valutazione della convenienza economica può essere eseguita anche per una singola
1271 misura di protezione, facendo riferimento al suo costo ed alle perdite che si avrebbero
1272 rispettivamente in presenza ed in assenza di quella specifica misura di protezione.

1273 Il progettista/installatore dovrebbe sempre valutare la convenienza economica della
1274 protezione e informarne il committente. È consigliabile omettere la valutazione economica
1275 solo previo formale consenso scritto del committente.

1276 Si noti tuttavia che, al di là delle misure di protezione richieste per consentire il rispetto della
1277 regola dell'arte, la scelta di adottare ulteriori misure di protezione contro le sovratensioni solo
1278 perché economicamente vantaggiosa spetta al committente e non è obbligatoria.

1279 Il committente potrebbe infatti essere disposto, in funzione della propria propensione al
1280 rischio, ad accettare perdite maggiori confidando nella buona sorte.

1281 Nel valutare sotto ogni aspetto il problema della convenienza economica è opportuno
1282 chiedersi se non sia più proficuo, anziché sostenere il costo delle misure di protezione,
1283 stipulare un'assicurazione contro i danni dovuti al fulmine.

1284 Per orientare questa scelta, occorre individuare il costo annuo delle misure di protezione,
1285 sommare il costo annuo delle perdite residue e confrontare tale valore con il premio annuo
1286 richiesto dalla compagnia di assicurazione.

1287 L'importo da pagare alle assicurazioni per i danni dovuti alle scariche atmosferiche è molto
1288 variabile e dipende da una moltitudine di fattori; un valore medio attualmente praticato è circa
1289 10^{-4} euro per ogni euro di capitale assicurato.

1290

E.7 Procedura per la valutazione del rischio R

La valutazione del rischio R è descritta nell'articolo 4.

In generale ogni componente di rischio si calcola con la seguente relazione:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x = F_x \times L_x$$

dove

N_x è il numero di eventi pericolosi all'anno

P_x è la probabilità che l'evento pericolo causi il danno

F_x è la frequenza parziale di danno

L_x è l'entità della perdita dovuta al danno

E.7.1 Individuazione della struttura (CEI EN IEC 62305-2, A.2.2)

Come prima operazione è necessario individuare la struttura S e le dimensioni da utilizzare per calcolarne l'area di raccolta A_D .

Per una struttura S isolata a sé stante, le dimensioni sono quelle proprie della struttura stessa.

Se invece la struttura S che si intende considerare fa parte di un edificio B più grande, le sue dimensioni si valutano come indicato in A.2.2 e nella Figura A.4 della CEI EN IEC 62305-2: per calcolare l'area di raccolta A_D , possono essere assunte le dimensioni proprie della struttura S , solo se gli effetti della fulminazione (incendio e sovratensioni), di parti dell'edificio B diverse dalla struttura S non possono propagarsi alla struttura S . Altrimenti devono essere utilizzate le dimensioni dell'intero edificio B .

Per evitare la propagazione dell'incendio, dovrebbe essere verificato che la resistenza al fuoco delle strutture separanti antincendio sia almeno uguale a quanto previsto dalle regole di prevenzione incendi in relazione al carico di incendio presente o prevedibile. Questa condizione si ritiene soddisfatta se:

a) le misure di compartimentazione soddisfano almeno il livello II secondo il Capitolo S2 del Codice di Prevenzione incendi, oppure se

b) nelle parti dell'edificio B contigue alla struttura S , sono state prese misure di protezione contro l'incendio conformi al relativo Certificato Prevenzione Incendio (CPI).

NOTA La "resistenza al fuoco" è definita nella Norma CEI UNI EN/ISO 13943 come la "capacità di un elemento di conservare, per un periodo di tempo stabilito, la richiesta stabilità e/o tenuta e/o isolamento termico al fuoco e/o ogni altra prestazione attesa definita in una prova normalizzata di resistenza al fuoco".

La classificazione si basa quindi sul tempo durante il quale il materiale conserva una o più delle sue proprietà: la stabilità "R", la tenuta "E", l'isolamento termico "I".

In relazione ai requisiti da soddisfare, gli elementi strutturali vengono classificati da un numero che esprime, in minuti primi (15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240).

Per evitare la propagazione delle sovratensioni lungo le linee comuni, se presenti, è necessario installare, all'ingresso di tali linee nella struttura S , sistemi di SPD o interfacce isolanti che riducano la frequenza di danno F degli impianti interni a valori non superiori a 1 ($F < F_T=1$).

E.7.2 Riduzione del rischio R

Per ogni tipo di rischio R (R_{L1} o R_{L2}), l'adozione di misure di protezione riduce le relative componenti di rischio da $R_x = N_x \times P_x \times L_x$ della struttura (o zona) non protetta, al valore $R'_x = N'_x \times P'_x \times L_x$ della struttura (o zona) protetta dalle misure di protezione.

Per ridurre il rischio R_{L1} (o R_{L2}) a valori non superiori a quello tollerabile R_T occorre, per ogni tipo di rischio:

- a) calcolare le componenti R_x della struttura (o zona) non protetta
 - b) calcolare il rischio R_{L1} (o R_{L2}) $R = \sum R_x$ della struttura (o zona) non protetta
 - c) confrontare R (R_{L1} o R_{L2}) con R_T . Se è $R \leq R_T$ non è necessario, proteggere la struttura. Altrimenti, è necessario installare misure di protezione e
 - d) calcolare le componenti R'_x della struttura (o zona) protetta
 - e) calcolare il rischio R_{L1} (o R_{L2}) $R' = \sum R'_x$ della struttura (o zona) protetta
 - f) confrontare R' (R_{L1} o R_{L2}) con R_T . Se è $R' \leq R_T$ la struttura è protetta. Altrimenti, è necessario installare misure di protezione più efficienti e ripetere i punti d, e ed f.
- La procedura da seguire è illustrata nella Fig. E.3.

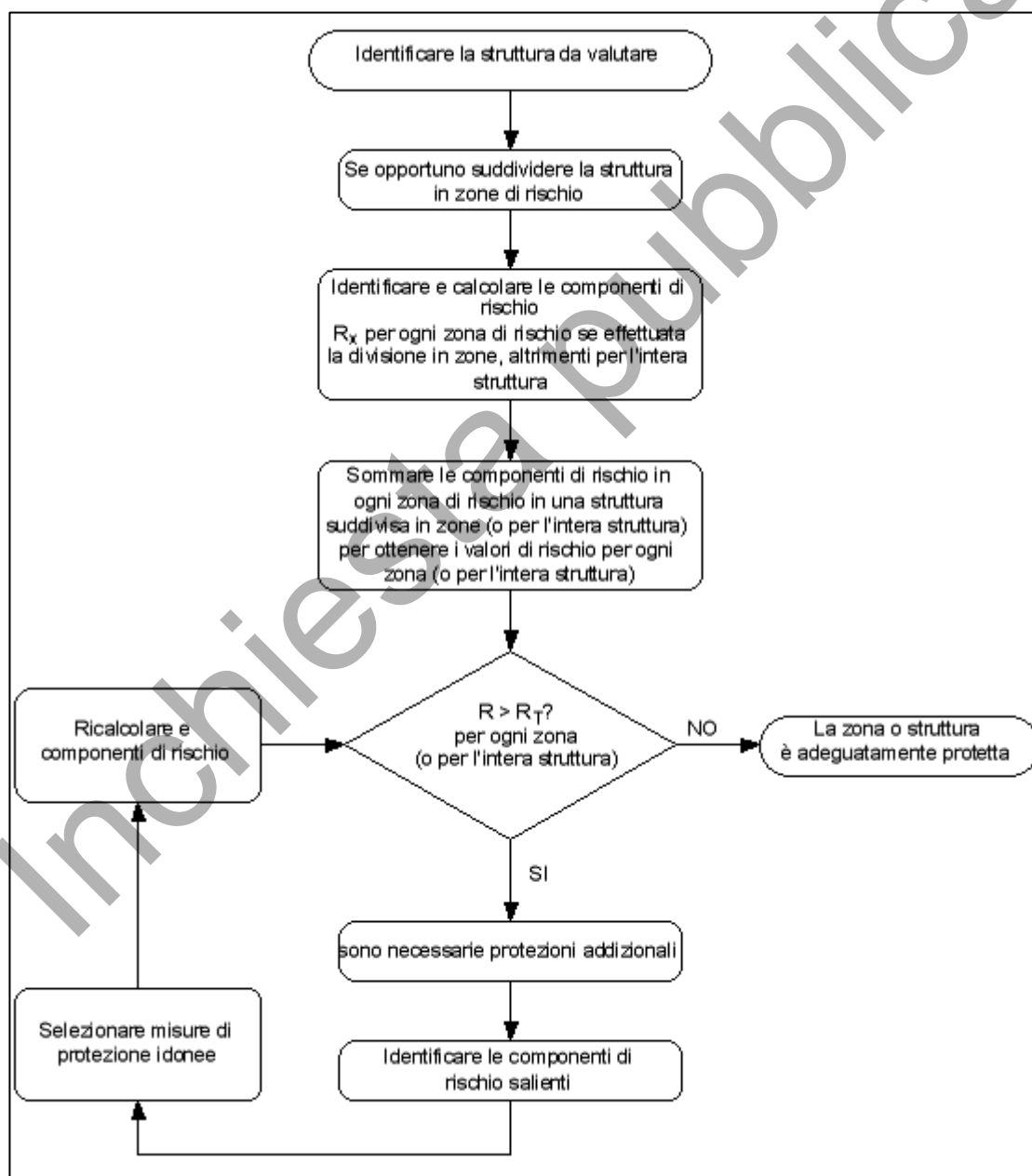


Figura E.3 – Procedura per la riduzione del rischio R

Allegato F (informativo)

Approfondimenti e chiarimenti

F.1 La relazione tra N_G e N_{SG}

I due parametri in analisi sono:

- N_G : numero medio di fulmini nube-terra per unità di area e unità di tempo (al km^2 e all'anno) o "densità di fulmini al suolo";
- N_{SG} : numero medio di punti di impatto al suolo per unità di area e unità di tempo (al km^2 e all'anno).

N_G può essere ottenuto tramite diverse metodologie possibili, di cui la più frequente è, al giorno d'oggi, tramite i dati raccolti da una rete LLS (*Lightning Location System*) che rispetti i parametri di qualità nella EN 62858, secondo la quale deve anche eseguito il calcolo di N_G .

Circa tra la metà e i due terzi dei fulmini negativi tra nube e terra presenta diversi punti di impatto al suolo. Questo accade quando si presentano nel fulmine uno o più colpi successivi. Ogni punto di impatto al suolo di un colpo di fulmine rappresenta una corrente e dovrebbe essere preso in considerazione nel calcolo del rischio di fulmini.

Spesso nel processo di formazione del colpo successivo avviene che il canale oscuro ("dart leader"), fenomeno che predispone alla nascita del colpo di corrente successivo, segua in parte il canale del colpo di ritorno precedente, finendo poi di creare il proprio percorso verso terra su un percorso diverso. Questa possibilità è affiancata dalla possibilità che invece il canale oscuro segua totalmente il canale del colpo precedente e che il colpo successivo impatti nello stesso punto del primo colpo.

Distinguere queste due casistiche è estremamente complesso e necessita di strumentazione sofisticata.

Sulla base dei dati ad alta risoluzione dei moderni sistemi di localizzazione dei fulmini, è possibile identificare quasi tutti i diversi punti di impatto di un fulmine (ogni punto di impatto di un colpo) tra nube e terra.

Ricordiamo inoltre che i sistemi LLS solitamente raggruppano, tramite regole software, i colpi di corrente registrati in un unico fulmine in base a una finestra spazio-temporale. Un colpo successivo viene raggruppato con il primo colpo di ritorno per formare un fulmine se sono soddisfatti i seguenti criteri:

- a) il colpo si verifica meno di 1 s dopo il primo colpo di ritorno
- b) la posizione del colpo al suolo è inferiore o uguale a 10 km dal primo colpo di ritorno
- c) l'intervallo di tempo tra i colpi successivi è inferiore o uguale a 500 ms
- d) si presume che la posizione del fulmine sia la posizione del primo colpo

Tuttavia, questi strumenti riconoscono i colpi di fulmine, comunque, tramite il campo elettromagnetico propagato dalla corrente che fluisce nel canale, non direttamente tramite osservazione ottica. Il sistema ha quindi un errore intrinseco di calcolo, come tutti gli strumenti scientifici, che può portare a localizzare un punto di impatto leggermente spostato da dove è effettivamente avvenuto. Questo fa sì che il sistema di localizzazione possa eseguire un calcolo che porta a:

- identificare il punto di impatto del colpo successivo nello stesso punto del primo colpo
- identificare il punto di impatto del colpo successivo in un punto diverso dal primo colpo in modo corretto

- identificare il punto di impatto del colpo successivo in un punto diverso dal primo colpo a causa dell'errore di misura, mentre in realtà era caduto nello stesso punto
- identificare il punto di impatto del colpo successivo in un punto diverso dal colpo precedente anche se non il primo, a causa dell'errore di misura, mentre in realtà era caduto nello stesso punto del precedente

Tutte queste situazioni sono mostrate nella Figura F.1.

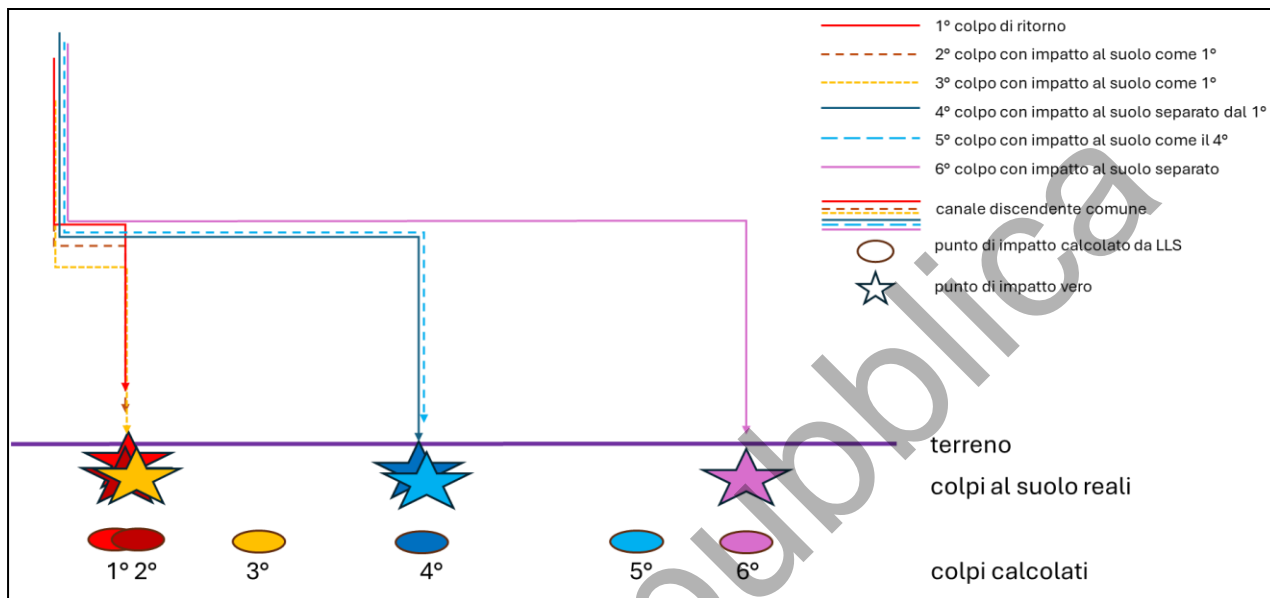
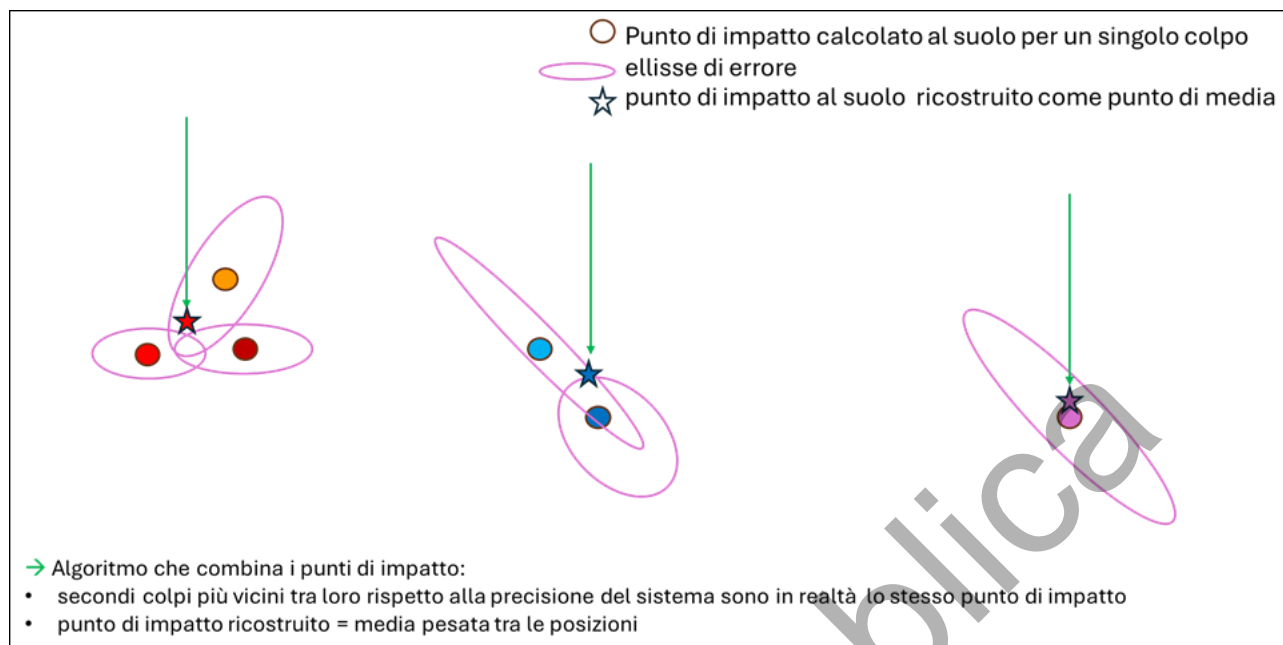


Figura F.1 – Schema del calcolo dei punti di impatto dei colpi di un fulmine secondo il canale discendente di ogni colpo; il fulmine è composto da 6 colpi di corrente, di cui i primi tre impattano al suolo nello stesso punto, mentre i successivi due impattano in un unico punto separato ed il sesto impatta da solo e distante dagli altri. I punti di impatto sono calcolati dal sistema come 5 punti di impatto separati (il primo e il secondo sono posizionati nello stesso punto, correttamente)

Dato che, come si evince, il calcolo dei punti di impatto dei colpi al suolo è solitamente sovrastimato dagli LLS, ma il numero di fulmini al suolo N_G sottostima le correnti che possono impattare su una struttura, essendo calcolato solo con i primi colpi (fulmini), si è introdotto il concetto di N_{SG} , per avvicinarsi più possibile al numero reale di correnti di colpo che impattano in punti separati. Per poter ottenere il valore di N_{SG} è necessario applicare un algoritmo software ai dati misurati dagli LLS, come presentato in EN 62858, che, tramite assunzioni opportune, riporti i colpi di impatto, posizionati erroneamente in punti separati, in un unico punto.

Per comprendere meglio il possibile effetto dell'incertezza della misura e di un possibile calcolo di raggruppamento applicato per gli N_{SG} , si veda in particolare la Figura F.2. Ciascun punto di impatto al suolo calcolato è rappresentato con la sua ellisse di errore (metodo per indicare l'area in cui il punto calcolato ha una residua probabilità di poter essere caduto, secondo la matrice gaussiana tridimensionale degli errori di misura di quel particolare evento), disponibile in molti LLS per ciascun evento. La logica di raggruppamento mostrata nella figura è solo un esempio semplificato.

1423



1424
1425

Figura F.2 – Esempio di algoritmo di raggruppamento per gli stessi punti di impatto calcolati dall'LLS come utilizzati in Figura 2

1426
1427

1428 Quando un algoritmo di calcolo dei punti di impatto SG al suolo non è disponibile per l'LLS
1429 utilizzato, si assume un coefficiente moltiplicativo k di N_G per ottenere N_{SG} . Questa Guida
1430 assume $k = 2$.

1431 F.2 Probabilità di danno

1432 In accordo con la CEI EN IEC 62305-2, la probabilità di danno è definita come la probabilità
1433 che un evento potenzialmente pericoloso dia luogo a un danno alla struttura e/o al suo
1434 contenuto: persone, beni, apparecchiature elettriche ed elettroniche.

1435 Nella CEI EN IEC 62305-2 e in questa Guida, la probabilità P che si verifichi un danno dipende
1436 dalla probabilità che il fulmine abbia caratteristiche tali da superare le condizioni di
1437 tollerabilità; ad esempio la probabilità che il fulmine determini una tensione di passo e/o di
1438 contatto superiore al limite tollerabile dal corpo umano nelle condizioni in cui esso si trova;
1439 oppure la probabilità che un fulmine determini una tensione che da luogo a un campo elettrico
1440 che superi la rigidità dielettrica del mezzo isolante (ad esempio aria o altro gas) e faccia
1441 avvenire una scarica, scarica che a sua volta può determinare l'incendio o l'esplosione
1442 dell'ambiente.

1443 Si comprende pertanto che il danno può verificarsi non solo in relazione alle caratteristiche
1444 del fulmine (che colpisce la struttura, una linea connessa o il suolo) ma anche dalle
1445 caratteristiche e dalle condizioni in cui si trova la struttura, il suo contenuto e gli impianti
1446 interni.

1447 F.3 Sorgenti di danno e punti di impatto del fulmine

1448 Nella CEI EN IEC 62305-2 si parla di sorgente di danno per intendere che il fulmine può
1449 causare effetti diversi (danni per accoppiamento resistivo e induttivo) se colpisce direttamente
1450 la struttura (sorgente S1) o la linea cui sono connessi gli impianti interni (sorgente S3), o
1451 danni per accoppiamento induttivo se colpisce il suolo in prossimità della struttura (sorgente
1452 S2), o il suolo anche distante dalla struttura, ma in vicinanza della linea (sorgente S4).

1453 Non può sfuggire l'ambiguità di tale distinzione tra fulmini a terra vicini alla struttura (sorgente
1454 S2) e fulmini a terra vicini alla linea esterna (sorgente S4), considerato che tutti i fulmini a
1455 terra, indipendentemente dal punto di impatto al suolo, inducono contemporaneamente
1456 sovratensioni sia sulla linea esterna che sugli impianti interni alla struttura.

Per eliminare questa ambiguità, questa Guida distingue tre punti di impatto del fulmine:

- sulla struttura
- sulla linea esterna ad essa collegata
- al suolo

Nella Tabella 3.1 di questa Guida si mettono in evidenza le modalità di accoppiamento con cui il fulmine può provocare danni in relazione al punto di caduta al suolo e le condizioni dell'impianto interno (collegato a linea aerea o a linea schermata o separato).

F.4 Frequenza di danno delle apparecchiature

Esprime in sostanza il numero di volte all'anno in cui avviene un danno delle apparecchiature interne alla struttura.

Si esprime come prodotto del numero di eventi potenzialmente pericolosi (N_x) per la probabilità (P_x) che quel tipo di danno (scarica delle apparecchiature) si verifichi.

Poiché, seguendo quanto spiegato in F.3, il punto di impatto del fulmine che causa il danno può essere sulla struttura, o sulle linee (energia e tlc) collegate alla struttura o al suolo, questa Guida distingue tre diverse componenti della frequenza di danno, rispettivamente F_c ; F_w ; F_z . Nella Tab. 3.2 di questa Guida sono riportate le formule per il calcolo delle frequenze parziali di danno di un'apparecchiatura elettrica BT o di segnale, per tipo di impianto. È da notare che se la linea esterna è schermata, nessuna sovratensione è indotta dal fulmine a terra sulla linea. Rimane quindi solo la componente dovuta all'accoppiamento induttivo del fulmine al suolo con gli impianti interni: questa componente è denominata F_M e quindi è $F_z = F_M$.

Si osservi che per i fulmini a terra, i modelli di calcolo utilizzati consentono il calcolo diretto della frequenza di danno F_z ; in altri termini, i modelli di calcolo consentono di calcolare direttamente la distribuzione probabilistica dei valori di picco delle sovratensioni; pertanto, una volta fissato il valore nominale di tenuta ad impulso dell'apparecchiatura, si ottiene direttamente il numero di sovratensioni che raggiungono e superano tale valore e quindi creano il danno dell'apparecchiatura: ossia il valore di F_z , numero di sovratensioni indotte dal fulmine su una linea che causano danno dell'apparecchiatura. Pertanto, nel paragrafo 5.6 di questa Guida (come pure nella Tab. 3.2) viene fornita la formula per valutare direttamente tale frequenza F_z senza ricorrere al prodotto del numero di eventi potenzialmente pericolosi per la probabilità di danno.

Per ottenere la frequenza di danno complessiva F , la CEI EN IEC 60305-2 e questa Guida in generale sommano le componenti di frequenza a seconda della tipologia del sistema elettrico di alimentazione:

- sistema interno connesso ad una linea aerea non schermata,
- sistema interno connesso ad una linea schermata,
- sistema interno separato.

Le formule con cui si valutano le componenti di frequenza sono riportate nella Tab. 3.2 di questa Guida, sia nel caso di impianti interni non protetti da un sistema di SPD (no SPD) che nel caso di impianti protetti da SPD.

F.5 Trasferimento delle sovratensioni attraverso un trasformatore MT/BT

Il trasferimento di una sovratensione dall'avvolgimento primario MT a quello secondario BT di un trasformatore MT/BT può essere quantificato dal coefficiente di trasferimento C_{TR} , definito come il rapporto tra il valore di picco della tensione U_{BT} nel secondario e quello U_{MT} nell'avvolgimento primario:

$$C_{TR} = U_{BT} / U_{MT}$$

Il trasferimento di tensione dipende dalle caratteristiche del trasformatore e, innanzitutto, dalle capacità verso terra e tra gli avvolgimenti del trasformatore, inclusi quelli della linea HV a monte e delle linee (o circuiti) BT a valle.

È stato riscontrato mediante simulazioni che i valori tipici di C_{TR} sono dell'ordine di qualche percento se una sola linea BT è connessa al trasformatore e che C_{TR} diminuisce all'aumentare della capacità delle linee BT (o circuiti BT connessi) cioè all'aumentare del numero e della lunghezza delle linee (o circuiti BT) connesse. Nel caso dei trasformatori MT/BT del DSO il numero e la lunghezza delle linee BT connesse sono tali da rendere C_{TR} , e quindi la sovratensione U_{BT} , trascurabile, tanto da poter considerare "nodo" la barra BT del trasformatore stesso, ai fini di questa Guida.

F.6 Probabilità che un'apparecchiatura si danneggi malgrado la presenza di un sistema di SPD: P'

Ricordando che la CEI EN IEC 62305-2 chiama P_{SPD} la probabilità che un'apparecchiatura si danneggi malgrado la presenza di un sistema di SPD, mentre questa Guida chiama la stessa probabilità P' , la Norma utilizza detta probabilità come un fattore caratteristico dell'SPD e che moltiplica gli altri fattori di probabilità per ottenere la probabilità di danno finale dell'apparecchiatura protetta; questa Guida si mantiene coerente con la definizione e considera il valore di P' come il risultato della situazione in cui si trova l'apparecchiatura una volta installato il sistema di SPD.

F.7 Osservazioni sui dati di input

Sono essenzialmente i dati riferibili alla sorgente del danno, quantificati dalle distribuzioni di probabilità dei parametri della corrente di fulmine osservati e misurati nelle varie parti del mondo. Le distribuzioni più complete accettate dalla CEI EN IEC 60305-2 sono quelle della CIGRE. In queste distribuzioni, i più piccoli valori di probabilità di un parametro (riferito al massimo valore misurato di quel parametro) sono maggiori di 10^{-2} . Di conseguenza, valori di probabilità minori di 10^{-2} sono da ritenersi solo un'estrapolazione matematica delle distribuzioni log-normali della CIGRE.

Gli altri parametri (distanze, lunghezze, superfici...) sono essenzialmente dati riferibili alle caratteristiche della struttura e degli impianti interni alla struttura. I valori di questi parametri sono quasi sempre di difficile acquisizione quando si tratta di dati fisici; perciò, in questo caso, sono semplicemente stimati, spesso grossolanamente. Per una stima più accurata, è importante la collaborazione tra i progettisti della struttura e degli impianti e il tecnico responsabile della valutazione del rischio e della frequenza di danno.

F.8 Rischio di perdita

Al danno possono seguire delle perdite: rischio di perdite di vite umane e/o rischio di perdite di beni e servizi.

Sia nella CEI EN IEC 60305-2 che in questa Guida le perdite vengono espresse in termini relativi rispetto all'insieme delle persone o dei beni e servizi che sono nella struttura. Le perdite si valutano in un arco temporale di un anno (perdite percentuali annuali).

Le formule con cui si valutano le componenti di rischio sono riportate nella Tab. 4.2 di questa Guida in relazione al punto di impatto del fulmine e al tipo di perdita.

F.9 Perdite L_x

L_x rappresenta l'entità media della perdita dovuta a un evento pericoloso, espressa in valori relativi rispetto all'entità massima della perdita nella zona considerata.

La perdita L_x si riferisce all'entità relativa media di un tipo specifico di perdita per un evento pericoloso causato da un fulmine, considerando sia la sua estensione che i suoi effetti. Essa, perciò, dipende dal tipo di struttura o di zona della struttura e dalla loro destinazione d'uso e può essere determinata come indicato nella CEI EN IEC 62305-2, Allegato C.

In questa Guida le perdite L_x sono classificate come:

- L_F perdite fisiche (persone e beni nella struttura o zona di rischio) correlate ad un incendio o esplosione;
- L_O perdite di apparecchiature nella struttura o nella zona di rischio correlate a sovratensioni sugli impianti interni.

1555 Se il danno sull'apparecchiatura determina anche un incendio o un'esplosione, le perdite da
1556 considerare nel calcolo delle componenti di rischio sono le L_F e non le L_O .

1557 **F.10 Entità delle perdite L_x**

1558 I dati statistici disponibili nei paesi industrializzati indicano che il rischio R dovuto al fulmine,
1559 naturalmente presente nelle strutture, è in genere molto minore di quello valutabile con i valori
1560 di perdite suggeriti dalla CEI EN IEC 62305-2. Valori di rischio più aderenti alla realtà italiana
1561 sono ottenibili con l'uso dei valori di L_x riportati nella Tab. 7.1 di questa Guida.

1562 Questa Guida, così come la CEI EN IEC 62305-2, evidenzia che la valutazione delle perdite
1563 e la scelta dei relativi valori di L_x dovrebbe essere fatta dal progettista della protezione contro
1564 i fulmini in collaborazione con il proprietario o gestore della struttura.

1565 **F.11 Osservazioni sulle statistiche dei danni e delle perdite**

1566 Non esistono in genere osservazioni strutturate dei danni attribuiti al fulmine.

1567 Le poche e parziali statistiche esistenti riguardano essenzialmente il numero di persone morte
1568 o ferite per azione diretta del fulmine, spesso senza una chiara distinzione della causa, se
1569 per fulminazione diretta all'aperto o per tensione di passo e contatto all'interno di strutture.
1570 Informazioni in proposito sono a volte fornite dagli Enti Pubblici preposti alla tutela della salute
1571 dei cittadini in genere e dei lavoratori in particolare.

1572 Altre informazioni riguardanti per lo più i danni conseguenti ad incendi innescati dal fulmine,
1573 sono reperibili nelle statistiche delle Compagnie di Assicurazione o nei registri dei VVFF.

1574 La sporadicità dei dati statistici esistenti solo in qualche Paese industrializzato e non per tutte
1575 le cause di danno, non consente perciò un serio confronto tra i dati rilevati in natura e i risultati
1576 ottenibili nella valutazione della frequenza di danno F e del rischio R secondo il metodo
1577 proposto dalla IEC 62305-2. Ciò può portare a prendere, come riferimento generale, singoli
1578 episodi enfatizzandone gli aspetti più spettacolari, con sovrastima del danno, e ad estrapolarli
1579 a tutti gli altri casi.

1580 **F.12 Osservazioni sulle misure di protezione**

1581 *1) Thunderstorm Warning System (TWS)*

1582 Un'importante misura di protezione è il Thunderstorm Warning System (TWS), un dispositivo
1583 che, avvisando della presenza di attività temporalesca in zona permette di attivare, quando
1584 possibile, misure di prevenzione che tendono a mitigare la probabilità di danno.

1585 Questa Guida chiarisce che, durante l'allarme dato dal TWS, possono essere attuati i diversi
1586 provvedimenti in relazione alla componente di danno da ridurre, (vedi Tab. 4.4):

- 1587 a) attuare il fermo delle attività pericolose
- 1588 b) evacuare le persone dalla struttura o dalle zone pericolose
- 1589 c) sezionare le linee esterne connesse alla struttura

1590 L'effetto del TWS è valutato attraverso la probabilità P_{TWS} che il dispositivo non rilevi l'attività
1591 temporalesca nell'area di target. La CEI EN IEC 62305-2 assume valori di $P_{TWS} < 1$ solo se il
1592 dispositivo è conforme alla CEI EN IEC 62793 e le azioni di mitigazione connesse possono
1593 essere applicate. Il relativo P_{TWS} è fornito dal costruttore del dispositivo.

1594

1595 P_{TWS} è utilizzato nel calcolo delle frequenze parziali di danno (Tab. 3.2) e delle componenti di
1596 rischio (Tab. 4.2).

1597 2) Impianti di spegnimento automatico dell'incendio

1598 Nei luoghi con pericolo di incendio e/o esplosione, fondamentale importanza rivestono gli
1599 impianti per lo spegnimento automatico dell'incendio; la loro installazione per la riduzione
1600 della frequenza e/o del rischio risulta efficace nella misura in cui tali impianti siano protetti
1601 essi stessi dalle sovratensioni.

1602 3) Scelta del coefficiente r_f

1603 La CEI EN IEC 62305-2 considera, nella Tab. B.6, un fattore di riduzione r_f del rischio di
1604 incendio o di esplosione. Se una struttura è caratterizzata solo dal rischio di incendio o di
1605 esplosione, la scelta di r_f è univocamente determinata. Nel caso invece di strutture
1606 caratterizzate sia dal rischio di incendio che di esplosione, la scelta del fattore di riduzione r_f
1607 non è più univocamente determinata; in questi casi, a favore della sicurezza, questa Guida
1608 assume che la struttura sia caratterizzata dal rischio di esplosione.

1609 4) LPS e EB delle linee connesse

1610 Quando su una struttura viene installato un LPS, la probabilità P_{LPS} che si verifichi un danno
1611 materiale della struttura e/o del suo contenuto, nonostante la presenza del LPS, dipende dalla
1612 probabilità P_{Cap} con cui un fulmine sulla struttura non viene captato dal LPS e, se captato,
1613 dalla probabilità P_{Dim} con cui il fulmine può continuare a provocare danno perché i parametri
1614 della corrente di fulmine superano quelli per cui è stato dimensionato il LPS:

$$1615 \quad P_{LPS} = 1 - (1 - P_{Cap}) * (1 - P_{Dim}) \quad (1)$$

1616 I valori di P_{LPS} per LPS per i livelli di protezione (LPL) normalizzati nella CEI EN IEC 62305-1
1617 sono riportati in Tab. F.1, tratta dalle Tab. 3, 4 e 5 della Norma stessa.

1618 **Tabella F.1 - Valori di P_{LPS} per i livelli di protezione normalizzati (CEI EN IEC 62305-1)**

Probabilità che i parametri della corrente di fulmine	LPL				
	I	II	III	IV	
– siano maggiori dei massimi valori definiti in Tabella 3	0,01	0,02	0,05	0,05	P_{Dim}
– siano più piccoli dei minimi valori definiti in Tabella 4	0,01	0,03	0,09	0,16	P_{Cap}
$P_{LPS} = 1 - (1 - P_{Cap}) * (1 - P_{Dim})$	0,02	0,05	0,1355	0,2	

1619 Supponiamo ora soddisfatte tutte le condizioni di dimensionamento del LPS relative al LPL
1620 scelto, tranne l'equipotenzializzazione (EB - Equipotential bonding) nel punto di ingresso delle
1621 linee connesse.

1622 La Norma CEI EN IEC 62305-2 richiede che EB sia realizzato con un sistema di SPD ,
1623 dimensionato come prescritto dalla CEI EN IEC 62305-3 con il metodo indicato nella CEI EN
1624 IEC 62305-4, Allegato C. Ciò evita che la scarica pericolosa possa verificarsi, con probabilità
1625 superiore a P_{Dim} del LPS, non solo nel punto di ingresso nella struttura della linea esterna da
1626 equipotenzializzare ma anche nell'impianto interno ad essa connesso e, in particolare, sulle
1627 relative apparecchiature, punto debole dell'impianto interno perché hanno la tensione di
1628 tenuta U_W più bassa (in genere 2,5 kV o 1,5 kV).

1629

La P_{Dim} del LPS è quindi la P' che si ottiene con il sistema di SPD installato:

$$P' = 1 - (1 - P_Q) * (1 - P_{Up}) \quad (2)$$

e quindi

$$P_{LPS} = 1 - (1 - P_{Cap}) * (1 - P') = 1 - (1 - P_{Cap}) * (1 - P_Q) * (1 - P_{Up}) \quad (3)$$

Per semplicità la CEI EN IEC 62305-2, ed.3, Tab. B.7, Tab. B.8 e Tab. B.13 assume $P_{Up} = 0$ e quindi:

$$P' = P_Q$$

$$P_{LPS} = 1 - (1 - P_{Cap}) * (1 - P_Q)$$

e associa, per ogni LPL, il valore di P' al valore di corrente I_{imp} del SPD che dà luogo a $P_Q = P'$.

La condizione $P_{Up} = 0$ purtroppo non è realistica perché si avrebbe solo se:

— le apparecchiature degli impianti interni avessero una tensione di tenuta ad impulso U_w infinita, oppure se

— tutte le apparecchiature fossero protette da idonei SPD installati ai loro morsetti.

Pertanto, se si considera la relazione (3), è evidente che, una volta fissato il livello di protezione (LPL) e quindi il valore P_{LPS} , l'SPD che occorre scegliere in ingresso dovrà sostenere una corrente (e quindi una carica) di maggior valore in modo che la probabilità P_Q sia più ridotta per tener in conto del contributo della probabilità P_{Up} , determinata dalla protezione delle apparecchiature interne alla struttura.

In altre parole, i valori di I_{imp} dovrebbero essere maggiori o uguali a quelli di Tab. B.7, Tab. B.8 o Tab. B.13 per l'LPL scelto. Visti i bassi valori del P' da ottenere, è molto probabile che un solo SPD all'arrivo linea (sistema SPD1) non basti e sia necessario installare anche SPD vicino alle apparecchiature (sistema SPD1 + SPD2).

In sintesi, la serie CEI EN IEC 62305 richiede LPS realizzati in modo che non si verifichino scariche pericolose (con la probabilità dell'LPL scelto) in nessuna parte della struttura o dei suoi impianti interni; questa Guida, più precisamente, dà indicazioni su come si dimensiona il sistema di SPD all'arrivo linea, in modo non solo da evitare la scarica in ingresso ma anche la scarica delle apparecchiature interne alla struttura.

F.13 Scarica delle apparecchiature interne alla struttura, perdite conseguenti e relative componenti di rischio

F.13.1 Scarica delle apparecchiature

La scarica sull'apparecchiatura si verifica quando la sovratensione ai suoi morsetti supera la tensione di tenuta U_w dell'apparecchiatura stessa. La sovratensione che determina la scarica dell'apparecchiatura è dovuta all'accoppiamento del fulmine con la linea e gli impianti interni cui è connessa l'apparecchiatura.

L'accoppiamento può essere resistivo, resistivo e induttivo o solo induttivo.

Qualunque sia il tipo di accoppiamento che le determina, tutte le scariche in un'apparecchiatura sono in grado di:

— innescare un'esplosione se la struttura o la zona è a rischio di esplosione;

— provocare la perdita dell'apparecchiatura;

— causare perdita di vite umane se l'apparecchiatura danneggiata fosse una apparecchiatura il cui danno provoca l'immediata perdita di vite umane (apparecchiature vitali).

1673 Se l'accoppiamento è, in tutto o in parte, resistivo, la scarica sull'apparecchiatura è associata
1674 ad una carica che, a seconda delle caratteristiche della struttura, può essere in grado di
1675 innescare un incendio o un'esplosione con conseguente perdita di vite umane e danni
1676 materiali. Questo tipo di scarica è chiamato dalla Norma CEI EN IEC 62305-2 "scarica
1677 pericolosa".

1678 È questo il caso di fulminazione diretta della struttura o delle linee connesse con impianti
1679 interni direttamente collegati.

1680 La scarica pericolosa su un'apparecchiatura, a seconda delle condizioni ambientali della zona
1681 o della struttura in cui avviene e delle sostanze con cui può entrare in contatto, può innescare
1682 un incendio che provocherebbe, oltre alla perdita dell'apparecchiatura stessa, perdite di vite
1683 umane o danni materiali. Non essendo note con certezza queste condizioni, la presente Guida
1684 assume, a favore della sicurezza, che le scariche pericolose siano sempre in grado di
1685 innescare un incendio o esplosione nelle strutture o zone a rischio rispettivamente di incendio
1686 o esplosione.

1687 Se l'accoppiamento è solo induttivo, la scarica sull'apparecchiatura è associata ad una carica
1688 troppo piccola per essere in grado di innescare un incendio, con conseguente perdita di vite
1689 umane e di beni materiali. La scarica può però dar luogo ad esplosioni o a perdita di vite
1690 umane, nel caso in cui la struttura o zona fosse con rischio di esplosione o la scarica fosse
1691 relativa ad un'apparecchiatura vitale.

1692 È questo il caso di:

1693 — fulmini a terra

1694 — fulmini sulla struttura o sulle linee connesse ma con impianti interni separati.

1695 A questo caso è assimilabile anche quello di impianti alimentati in MT.

1696 **F.13.2 Componenti di rischio**

1697 Oltre alla componente di rischio relativa alla fulminazione diretta delle persone (R_{AD}) e alle
1698 componenti di rischio relative alle tensioni di passo e contatto per fulminazione della struttura
1699 (R_{AT}) o di contatto per fulminazione della linea (R_U), le altre componenti di rischio sono relative
1700 o allo sviluppo di incendi o esplosioni nella struttura o a scariche sulle apparecchiature ($R_B +$
1701 $R_C + R_V + R_W + R_M + R_Z$).

1702 **Se la struttura (o zona) è a rischio di esplosione**, poiché tutte le scariche sono in grado di
1703 innescare l'esplosione, si potranno avere sia perdite di vite umane che perdite fisiche
1704 qualunque sia il punto di impatto del fulmine e lo stato degli impianti interni (connessi o
1705 separati dalla linea esterna). Le componenti di rischio interessate sono ($R_{AD} + R_{AT} + R_B$) per i
1706 fulmini sulla struttura, ($R_U + R_V$) per i fulmini sulle linee connesse alla struttura e R_Z per i
1707 fulmini a terra.

1708 Le componenti R_B e R_V inglobano già le perdite delle apparecchiature relative rispettivamente
1709 alle componenti R_C e R_W che possono perciò essere trascurate.

1710 La componente R_Z va calcolata con le perdite L_F e non con le perdite L_O perché il danno,
1711 causato dall'esplosione, coinvolge l'intera struttura (o zona). Va inoltre ricordato che, per
1712 impianti interni separati, R_Z va sostituito con R_M .

1713 **Se la struttura (o zona) non è a rischio di incendio o di esplosione** si potranno avere sia
1714 perdite di vite umane che di apparecchiature. Le componenti di rischio interessate sono (R_{AD}
1715 $+ R_{AT} + R_C$) per i fulmini sulla struttura, ($R_U + R_W$) per i fulmini sulle linee connesse alla struttura
1716 e R_Z per i fulmini a terra.

1717 La componente R_Z va calcolata con le perdite L_O perché le perdite riguardano solo i danni alle
1718 apparecchiature e ai servizi da esse svolto nella struttura (perdita L_O). Va inoltre ricordato
1719 che, per impianti interni separati, R_Z va sostituito con R_M .

1720 Le componenti di rischio valide per tipo di struttura e per punto di impatto del fulmine sono
1721 riportate in Tabella 4.1, mentre le formule di calcolo delle componenti di rischio relative al tipo
1722 di struttura e al tipo di perdita sono riportate in Tabella 4.2.

1723 La composizione delle componenti di rischio per tipo di perdita è riportata in Tab. 4.3.

1724 **F.14 Osservazioni sull'affidabilità dei metodi di valutazione della frequenza di** 1725 **danno F e del rischio R**

1726 Il metodo utilizzato per valutare la frequenza di danno F di una apparecchiatura è basato su
1727 teorie ben consolidate e accettate dal mondo scientifico nonché su metodi di calcolo la cui
1728 correttezza è asseverata da decenni di studi e di pubblicazioni in materia.

1729 Oltre ai parametri riferibili alla corrente di fulmine, gli altri parametri richiesti sono dati fisici
1730 riferibili agli impianti interni della struttura e alle linee alle quali essi sono connessi.
1731 L'attendibilità dei risultati ottenuti dipende perciò dalla precisione con cui sono stati rilevati i
1732 dati di input. I modelli sono riferiti a casi e sistemi standard semplici (anche se abbastanza
1733 significativi). I grafici della probabilità P' , sono stati ottenuti con simulazioni EMTP
1734 (*Electromagnetic Transients Program*) e tengono già conto delle caratteristiche di SPD, linea
1735 BT a monte, circuito utilizzatore a valle.

1736 Al contrario, il metodo utilizzato per la valutazione del rischio R si basa sull'impiego di
1737 parametri che descrivono in modo qualitativo le possibili perdite, tenendo conto delle
1738 caratteristiche della struttura e della sorgente di danno.

1739 Pur trattandosi di valori in parte discrezionali, la loro definizione consente comunque di
1740 integrare l'esperienza professionale e il giudizio tecnico all'interno del processo valutativo,
1741 offrendo una rappresentazione flessibile e adattabile ai diversi contesti.

1742 In prospettiva, l'affinamento di tali parametri sulla base di dati statistici più ampi e aggiornati
1743 potrà ulteriormente aumentare la coerenza e l'affidabilità del metodo.

1744 Si sottolinea inoltre che il fulmine è solo una causa che innesca il verificarsi del danno e delle
1745 conseguenti perdite. L'ammontare delle perdite che si verificano a seguito dell'incendio o
1746 dell'esplosione innescato dal fulmine, non dipende dalle caratteristiche del fulmine ma dalle
1747 misure di protezione prese in conformità alle prescrizioni date dai competenti Enti regolatori:
1748 una struttura protetta contro l'incendio lo è per tutte le possibili cause di innesco, di cui una
1749 sola è il fulmine.

1750 Quale sia il peso di queste misure sull'ammontare della perdita annua, cioè del rischio R , dovrebbe
1751 essere un dato valutato e fissato dall'Ente competente, non dalla CEI EN IEC 62305-2.

1752 **F.15 Obbligo di valutazione della frequenza di danno F e del rischio R**

1753 In questo paragrafo sono riportati gli obblighi che le Leggi vigenti pongono a carico degli
1754 operatori interessati alla valutazione della frequenza di danno F degli impianti interni e del
1755 rischio R delle strutture.

1756 Il tecnico che effettua la valutazione della frequenza di danno F dovrebbe conoscere i principi
1757 della protezione contro le sovratensioni ed essere in grado di dimensionare le misure di
1758 protezione contro di esse.

1759 Il tecnico che effettua la valutazione del rischio R dovrebbe essere in grado di valutare gli
1760 effetti elettrici, meccanici e termici provocati dal fulmine e avere familiarità con i principi
1761 generali di compatibilità elettromagnetica (EMC).

1762 **a) Frequenza di danno F**

1763 L'obbligo della valutazione della frequenza di danno F è, in via generale riconducibile, tramite
1764 il DM 22/01/2008 n.37, all'osservanza della legge 01/03/1968, n.186.

1765 La valutazione deve accertare che, a tutela del buon funzionamento degli impianti interni, la
1766 frequenza di danno F non sia in ogni caso superiore ad 1, cioè un danno all'anno ($F \leq 1$).

1767 In questi casi l'obbligo è in capo al progettista degli impianti interni.

1768

b) Rischio R

Nei luoghi di lavoro, la valutazione del rischio R_{L1} (rischio per vite umane e danni alle persone) è richiesta dalla Legge (D.Lgs. 81/08, artt. 17 e 80).

La valutazione deve accertare che il rischio R_{L1} non sia superiore a 10^{-5} ($R_{L1} \leq 1$).

In questi casi l'obbligo è in capo al datore di lavoro.

NOTA 1 - Per effetto dell'art. 29 del DLgs.81/08 e successive modifiche e integrazioni, la valutazione del rischio R_{L1} dovrebbe essere rielaborata nel caso vengano introdotti nuovi fattori di rischio, o in relazione all'evoluzione tecnica.

NOTA 2 - In tutti i luoghi esiste comunque l'obbligo di Legge generico (Codice civile) di agire con prudenza, perizia e diligenza in capo al soggetto che gestisce la struttura.

I casi in cui ricorre l'obbligo di valutazione sono sintetizzati in Tab. F.5.

Tabella F.5 - Obbligo di valutazione della frequenza di danno F e del rischio R

Parametro da valutare	Dove	Soggetto obbligato	Scopo	Legge
Frequenza di danno F	Nella progettazione di un impianto interno	Progettista dell'impianto interno	Verificare che sia $F \leq 1$	DM 22/01/2008 n.37 -Legge 01/03/1968, n.186.
Rischio R	Nei luoghi di lavoro: - nell'esercizio delle attività; - se vengono introdotti nuovi fattori di rischio o in relazione all'evoluzione tecnica	Datore di lavoro	Verificare che sia $R_{L1} \leq 10^{-5}$	D.Lgs. 81/08, artt. 17,29 e 80

Bibliografia

- [1] T. Kisielewicz, G.B. Lo Piparo, F. Fiamingo, C. Mazzetti, B. Kuca, Z. Flisowski: *Factors affecting selection, installation and coordination of surge protective devices for low voltage systems*, Electric Power Systems Research, ISSN: 0378-7796, Vol. 113, August 2014
- [2] T. Kisielewicz, C. Mazzetti, G.B. Lo Piparo, B. Kuca, Z. Flisowski: *Electronic Apparatus Protection Against LEMP: Surge Threat for the SPD Selection*, Paper ID 460, EMC Europe 2012, Rome, September 2012
- [3] A. Piantini, A.G. Kanashiro, *A distribution transformer model for calculating transferred voltages*, International Conference on Lightning Protection 2002, Cracow, Poland (2002)
- [4] A. Piantini, D.M. Duarte, F. Romero: *Lightning Overvoltages on Rural Distribution Lines*, International Conference on High Voltage Engineering and Application, ICHVE2008
- [5] T. Kisielewicz, G. B. Lo Piparo, F. Napolitano, C. Mazzetti and C. A. Nucci: *SPD dimensioning in front of indirect flashes to overhead low voltage power lines*, "2015 IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Rome, Italy, 2015, pp. 1216-1221, doi: 10.1109/EEEIC.2015.716534
- [6] G. B. Lo Piparo, T. Kisielewicz, C. Mazzetti and A. Rousseau: *An approach to assess the probability of damage when a coordinated SPD system is installed*, "2014 International Conference on Lightning Protection (ICLP), Shanghai, China, 2014, pp. 702-706, doi: 10.1109/ICLP.2014.6973214
- [7] T. Kisielewicz, G.B. Lo Piparo, F. Fiamingo, C. Mazzetti, "Stress to surge protective devices system due to direct flashes to low voltage lines", Electric Power Systems Research 129, 2015
- [8] IEC 61643-12, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*
- [9] CEI/EN/IEC 62858 : *Densità di fulminazione, Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali*; ed. 2.0 (2020-05)
- [10] M. Bernardi, R. Tommasini: *Number of lightning to earth in Italy*, International Conference on Lightning Protection 2012, Vienna, Austria, 2-7 September 2012
- [11] V. Cooray: *The Lightning Flash*, IEE Power Energy Series 34, 2003
- [12] J. Master, M.A. Uman: *Lightning Induced Voltages on Power Lines: Theory*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. Vol. 103, No.9, pp. 2502-2518, September 1984
- [13] S. Rusck: *Induced Lightning Over-Voltages on Power Transmission Lines with Special Reference to Over-Voltage Protection of Low Voltage Network*, Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1957
- [14] C.A. Nucci, F. Rachidi, M. Ianoz, C. Mazzetti: *Lightning-induced voltages on overhead lines*, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 35, No. 1, pp. 75-86, February 1993
- [15] F. Rachidi, C.A. Nucci, M. Ianoz, C. Mazzetti: *Response of multiconductor power lines to nearby lightning return stroke electromagnetic fields*, 14th IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, Los Angeles, also on IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 12, N.3, pp 1404-1411, July 1997
- [16] F. Popolansky, F. Prochazka, M. Schlamp: *Frequency distribution of peak values of lightning overvoltages in a rural low-voltage network*, Proceedings 21th International Conference on Lightning Protection, Berlin 1992
- [17] TR IEC 64/1125/CDV: *Surge overvoltages and surge protection in low-voltage a.c. power systems – General basic information*; June 2002

- 1831 [18] F[Heidler, W. Zischank, Z. Flisowski, Ch. Bouquegneau, C. Mazzetti: *Parameters of*
1832 *lightning current given in IEC 62305 - background, experience and outlook*, ICLP 2008,
1833 Uppsala, Sweden, 23-26 June 2008
- 1834 [19] Lo Piparo G.B., Maccioni M., Kisielewicz T., Mazzetti C. *Damage Probability of*
1835 *Apparatus Powered by an HV/LV Line* (2024) ICLP 2024 - 37th International Conference
1836 on Lightning Protection, pp. 909 - 914
- 1837 [20] Lo Piparo G.B., Maccioni M., Kisielewicz T., Mazzetti C. *Probability of Damage of*
1838 *Apparatus Powered by an HV/LV Transformer due to Lightning to a Structure Protected*
1839 *by a Lightning Protection System* (2023) 17th International Symposium on Lightning
1840 Protection, SIPDA 2023 DOI:10.1109/SIPDA59763.2023.10349173
- 1841 [21] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Mazzetti C. *Simplified Evaluation of Damage Probability*
1842 *of Apparatus Powered by an HV/LV Transformer Due to Lightning Strokes to the*
1843 *Overhead Line* (2022) 2022 IEEE International Conference on Environment and
1844 Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems
1845 Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2022 DOI:
1846 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854576
- 1847 [22] Lo Piparo G.B., Pomponi R., Kisielewicz T., Mazzetti C., Rousseau A., Crevenat V.
1848 *Performance Evaluation of a Coordinated Surge Protective Devices System*, (2020)
1849 Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical
1850 Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC
1851 / I and CPS Europe 2020, art. no. 9160794 DOI: 10.1109/IEEEIC/ICPSEurope49358.
1852 2020.9160794
- 1853 [23] Napolitano F., Tossani F., Penaloza J.D.R., Borghetti A., Lo Piparo G., Mazzetti C., Nucci
1854 C.A. (2018) *Statistical Assessment of Lightning-Induced Overvoltages in Low Voltage*
1855 *Lines*, Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical
1856 Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I
1857 and CPS Europe 2018, art. no. 8494468 DOI: 10.1109/IEEEIC.2018.8494468
- 1858 [24] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Mazzetti C. *Effect of Protected on Unprotected Circuits*
1859 *in Case of Indirect Lightning Flashes to Overhead Lines* (2018) Proceedings - 2018 IEEE
1860 International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE
1861 Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018, art.
1862 no. 8494466 DOI: 10.1109/IEEEIC.2018.8494466
- 1863 [25] Marzinotto M., Mazzetti C., Lo Piparo G.B. *Assessment of frequency of damage due to*
1864 *lightning surges transmitted by lines* (2017) 2010 30th International Conference on
1865 Lightning Protection, ICLP 2010, art. no. 7845972 DOI: 10.1109/ICLP.2010.7845972
- 1866 [26] Lo Piparo G.B., Kisielewicz T., Mazzetti C., Rousseau A. *Selection procedures for surge*
1867 *protective devices according to the probability of damage* (2017) Electric Power Systems
1868 Research, 146, pp. 321 - 330 DOI: 10.1016/j.epsr.2017.01.038
- 1869 [27] Fiamingo F., Mazzetti C., Lo Piparo G.B. *Quality of the Supplied electric service: A tool*
1870 *to evaluate the need of protection against lightning surges* (2017) 2010 30th
1871 International Conference on Lightning Protection, ICLP 2010, art. no. 7845967 DOI:
1872 10.1109/ICLP.2010.7845967
- 1873 [28] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Mazzetti C. *Probability of surge protective device systems*
1874 *to reduce the risk of failure of apparatus due direct flashes to overhead low voltage lines*
1875 (2016) 2016 33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016, art. no.
1876 7791497 DOI: 10.1109/ICLP.2016.7791497
- 1877 [29] Lo Piparo G.B., Kisielewicz T., Mazzetti C., Pomponi R. *Assessment of probability of*
1878 *damage of an apparatus protected by a surge protective devices system* (2016)
1879 International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 75, pp. 38 – 49 DOI:
1880 10.1016/j.ijepes.2015.08.022
- 1881

- 1882 [30] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Napolitano F., Mazzetti C., Nucci C.A. *SPD dimensioning*
1883 *in front of indirect flashes to overhead low voltage power lines* (2015) 2015 IEEE 15th
1884 International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2015 -
1885 Conference Proceedings, art. no. 7165342, pp. 1216 – 1221 DOI:
1886 10.1109/IEEEIC.2015.7165342
- 1887 [31] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Fiamingo F., Mazzetti C., Kuca B., Flisowski Z. *Factors*
1888 *affecting selection, installation and coordination of surge protective devices for low*
1889 *voltage systems* (2014) Electric Power Systems Research, 113, pp. 220 – 227 DOI:
1890 10.1016/j.epsr.2014.02.038
- 1891 [32] Kisielewicz T., Lo Piparo G.B., Mazzetti C., Rousseau A. *Dimensioning of SPD for the*
1892 *protection against surges due to lightning to LV overhead lines* (2014) 2014 International
1893 Conference on Lightning Protection, ICLP 2014, art. no. 6973110, pp. 141 – 145 DOI:
1894 10.1109/ICLP.2014.6973110

Inchiesta pubblica

La presente Norma è stata compilata dal **Comitato Elettrotecnico Italiano** e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.

Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano

Comitato Tecnico Elaboratore

CEI CT 81 - Protezione contro i fulmini



Via Saccardo, 9

20134 Milano

Tel. 02.21006.1

www.ceinorme.it

info@ceinorme.it



COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO