

AEIT - Sezione pugliese

SEMINARIO TECNICO

**Protezione contro i fulmini: dalla stregoneria
all'ingegneria**

VERIFICA DEI SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

ing. Alfredo Corvino (CEI, CT 81)

Bari, 15 dicembre 2017

ARGOMENTI TRATTATI

Premessa

1) Riferimenti normativi

2) Sistema di protezione contro i fulmini

- 2.1. LPS esterno
- 2.2. LPS interno
- 2.3. Progetto dell'LPS

3) Verifica dei sistemi di protezione contro i fulmini

- 3.1. Esame della documentazione
- 3.2. Esame a vista, dei luoghi e degli impianti
- 3.3. Prove
 - 3.3.1. Misura della resistenza
 - 3.3.2. Prova di continuità
- 3.4. Periodicità delle verifiche

PREMESSA

Come per tutte le opere della tecnica, progettare e costruire correttamente non è sufficiente, ma è necessario anche gestire in modo adeguato gli impianti eseguiti, al fine di garantire che gli stessi conservino nel tempo le caratteristiche e il livello di sicurezza richiesti. Pertanto, gli impianti vanno sottoposti a manutenzione e a controlli, come disposto dalle norme di legge in vigore.

Per gli impianti in generale, l'obbligo, imposto al proprietario, deriva dal **DM 22.1.2008, n.37** e s.m. i. "Regolamento in materia di attività di installazione di impianti", all'art. 8.

Nei luoghi di lavoro vige il **DLgs n. 81 del 9.4.2008** e s.m. i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", che pone l'obbligo a carico del datore di lavoro, con gli articoli 15 (valutazione dei rischi), 64, 80 ed in particolare con l'art. 86 per verifiche e controlli di impianti elettrici e impianti di protezione dai fulmini.

Le norme parlano in generale di verifiche e controlli, intendendo per

controlli quelli svolti dai datori di lavoro e per verifiche quelle condotte dalle autorità. In particolare, per le verifiche di legge vige il **DPR n. 462 del 22.10.2001** "Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi". Le verifiche di legge, definite anche ispettive, sono richieste solo in presenza di un impianto di protezione esterno e nei luoghi di lavoro, per la prevenzione del rischio alle persone.

Le verifiche a carico di datori di lavoro e proprietari si possono definire verifiche ai fini manutentivi. Per quanto riguarda le verifiche di legge, queste vengono distinte in verifica iniziale, da eseguire alla messa in esercizio dell'impianto da parte dell'installatore ed equivale all'omologazione dello stesso impianto, e verifiche periodiche, attribuite agli Enti pubblici (ASL e ARPA) e agli Organismi abilitati.

Nella presente memoria si farà riferimento alle verifiche ai fini manutentivi, per le quali la metodologia d'intervento vale anche per quelle ispettive.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme in vigore che si occupano degli impianti elettrici sono riconducibili a norme di legge e a norme tecniche. Le norme tecniche in Italia sono emanate dagli enti normatori, costituiti dall'UNI e dal CEI.

Occorre considerare che le norme tecniche non sono obbligatorie ma volontarie, anche se naturalmente molto autorevoli. Il rispetto delle norme tecniche porta alla presunzione della rispondenza degli impianti alla regola dell'arte, obbligatoria per effetto del DM 37/08 e per la **Legge n. 186 del 1.3.1968** "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, impianti elettrici ed elettronici".

Dal DLgs 81/08, all'art. 84 la protezione dai fulmini delle strutture è richiesta secondo le norme tecniche e all'art. 86 è detto che le verifiche devono essere effettuate secondo le norme di buona tecnica, oltre che della normativa di legge vigente, e quindi, secondo le norme del CEI, e il loro esito deve essere registrato e verbalizzato.

A tale scopo, le principali norme e guide CEI da tenere in considerazione per gli impianti di protezione contro le scariche atmosferiche sono di seguito riportate.

- Guida CEI 81-2 "Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini"
- Norma CEI EN 62305-1 (81-10/1) " Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali"
- Norma CEI EN 62305-2 (81-10/2) " Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"
- Norma CEI EN 62305-3 (81-10/3) " Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
- Norma CEI EN 62305-4 (81-10/4) " Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"
- Guida CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305"

- Norma CEI EN 50164-1 (81-5) "Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC). Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione"
- Norma CEI EN 50164-2 (81-15) "Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC). Parte 2: Prescrizioni per i conduttori di terra e i dispersori"
- Guida CEI 81-27 "Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni all'arrivo della linea di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione"
- Guida CEI 81-28 "Guida alla protezione contro i fulmini degli impianti fotovoltaici"
- Norma CEI EN 61400-24 (88-16) "Turbine eoliche. Parte 24: Protezione dalla fulminazione"
- Norma CEI CLC/TS 50539-12 (37-12) "Limitatori di sovratensione di bassa tensione. Limitatori di sovratensioni per applicazioni specifiche inclusa la c.c. Parte 12: Principi di scelta e applicazione. SPD connessi ad impianti fotovoltaici"

- Norma CEI CLC/TR 50469 (81-11) " Impianti di protezione contro i fulmini. Segni grafici"
- Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente continua e a 1500 V in corrente continua"
- Guida CEI 0-10 "Guida alla manutenzione degli impianti elettrici"
- Guida CEI 64-14 "Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori"
- Guida CEI 0-14 "DPR 22 ottobre 2001, n. 462. Guida all'applicazione del DPR 462/01"
- Guida CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"

2. SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Anziché di impianto di protezione contro i fulmini, è preferibile parlare di sistema di protezione contro i fulmini, come l'acronimo **LPS** (Lightning Protection System) indica, in quanto, oltre l'impianto vero e proprio e le misure di protezione contro il LEMP (**SPM**), in generale vengono adottati anche provvedimenti sulle strutture da proteggere e sugli impianti antincendio e tecnologici.

Al fine di comprendere meglio la costituzione di un LPS e delle SPM, si considerino i tipi di **danno** che si possono avere per fulminazione:

- danno agli esseri viventi per elettrocuzione;
- danno materiale per effetto di scariche distruttive, ad elevata energia, come incendio, esplosione, meccanici, rilascio di sostanze pericolose);
- danno ad apparecchiature e impianti elettrici ed elettronici, causati dall'impulso elettromagnetico connesso al fulmine (**LEMP**), con contenuto energetico medio o basso, condotti ed indotti dalle linee o per effetto del campo elettromagnetico irradiato.

Si considera che tali danni, singolarmente o in combinazione, possono dar luogo ai seguenti tipi di **perdita**:

- perdita di vite umane o danni permanenti,
- perdita di servizio pubblico,
- perdita di patrimonio culturale insostituibile,
- perdita economica.

Si deve considerare che le **sorgenti di danno** sono costituite dai fulmini che hanno come punto di impatto:

- direttamente la struttura,
- il terreno nei pressi della struttura,
- direttamente le linee entranti nella struttura,
- il terreno nei pressi delle linee entranti nella struttura.

A tale scopo, l'**LPS** è costituito dalle seguenti parti.

- **LPS esterno**, che ha lo scopo di intercettare i fulmini sulla struttura tramite un sistema di captatori, di condurre a terra la corrente di fulmine con un sistema di calate, disperdere a terra la corrente con un sistema disperdente.

- **LPS interno**, che ha lo scopo di prevenire le scariche pericolose nella struttura, tramite collegamenti equipotenziali, fissi per i corpi metallici e con SPD per le linee elettriche, o isolamento di separazione tra elementi dell'LPS e corpi metallici e linee elettriche. Gli SPD scelti nell'ambito dell'LPS per proteggere dai danni materiali, secondo la 81-10/3, non proteggono dai guasti le apparecchiature e gli impianti elettrici ed elettronici. In alcuni casi vengono impiegati spinterometri d'isolamento (ISG), come su flange di tratti isolanti di tubazioni (corpi metallici interni e esterni).

Oltre all'LPS occorre considerare le misure di protezione (SPM) contro le sovratensioni derivanti dal LEMP per apparecchiature e impianti elettrici ed elettronici, allo scopo di ridurre il rischio di danni permanenti (sono escluse le interferenze elettromagnetiche, che possono produrre malfunzionamenti, che sono oggetto della compatibilità elettromagnetica EMC), tramite messa a terra ed equipotenzializzazione, schermatura, percorso delle linee, interfacce di separazione, sistema coordinato di SPD.

Ai fini della protezione contro le sovratensioni, è utile considerare che queste, oltre che di origine atmosferica, possono essere anche di origine interna, per effetto di manovre di apparati elettrici (transitorie e ripetitive) oppure dovute a guasti nei circuiti e intervento dei dispositivi di protezione, generalmente interruttori e fusibili (temporanee e occasionali, dette TOV). La protezione contro le sovratensioni da scariche atmosferiche è efficace anche contro le sovratensioni di origine interna, in quanto queste ultime sono meno dannose. Per la protezione contro le sovratensioni degli impianti elettrici utilizzatori si applica la Norma CEI 64-8, nelle parti 4 e 5.

Con riferimento all'applicazione delle Norme CEI 81-10, è utile tener presente quanto segue: la **81-10/1** si occupa dei **principi generali** e del pericolo della fulminazione, la **81-10/2** della **valutazione del rischio**, la **81-10/3** dell'**impianto di protezione** (LPS), la **81-10/4** delle **misure di protezione per apparecchiature e impianti elettrici ed elettronici** (SPM). La Guida CEI 81-29 è importante, poiché aggiunge note esplicative e informazioni per l'uso delle quattro norme 81-10, introducendo, in particolare, il criterio della

frequenza di danno tollerabile per il rischio economico. Di fatto ne rappresenta una variante.

2.1. LPS ESTERNO

L'LPS_{est} è costituito dai seguenti elementi fondamentali.

- **Sistema di captatori o captatore:** è un sistema di parti metalliche dell'impianto di protezione destinate a ricevere direttamente la scarica atmosferica. Possono essere costituite da elementi normali, ossia appositamente installati, o da elementi naturali, cioè parti metalliche già esistenti per altri motivi nella costruzione (ferri d'armatura continui, coperture metalliche, ecc.). Esso può essere del tipo: ad **aste verticali**, a **funi**, a **maglia**. In particolare, ai captatori vanno collegati gli elementi metallici sulla copertura al di sopra di certe dimensioni e non posti alla distanza di sicurezza.

- **Sistema di calate:** è un sistema di conduttori che hanno lo scopo di convogliare, secondo un percorso ben determinato, di modesta

impedenza elettrica, la corrente del fulmine dagli organi di captazione al dispersore e quindi a terra.

Anche gli organi di discesa possono essere normali e quindi costituiti da collegamenti appositamente installati, oppure naturali, ossia costituiti da parti metalliche già esistenti nella costruzione (tubazioni, ferri d'armatura ecc.).

-Sistema disperdente o dispersore: è un sistema che ha lo scopo di facilitare la dispersione della corrente convogliata dagli organi di discesa nel terreno e di evitare la formazione sulla superficie dello stesso di forti gradienti di potenziale pericolosi. Esso può essere di due tipi: di **tipo A**, ad elementi separati verticali o orizzontali, posti all'esterno della struttura e collegati alle calate e connessi tra loro da un conduttore non interrato; **di tipo B**, ad anello interrato all'esterno della struttura, che interconnette tutte le calate, oppure costituito dall'armatura della fondazione che formi un anello chiuso.

Generalmente l' LPS_{est} è appoggiato alla struttura da proteggere, ma in alcuni casi esso può essere del **tipo isolato**, come nel caso di strutture con copertura combustibile o con aree con pericolo d'esplosione,

per le quali gli effetti termici possono produrre danni, oppure quando si tratta di una struttura con apparecchiature particolarmente suscettibili agli effetti elettromagnetici irradiati dalle correnti del fulmine.

Casi particolari sono costituiti dalle strutture di altezza non inferiore a 60 m, per le quali, con la protezione a maglia, è necessario estendere il captatore anche alle parti superiori delle facciate, e dalle strutture con pericolo d'esplosione, oggetto delle norme CEI del CT 31, per presenza di vapori, gas e nebbie infiammabili, polveri combustibili o materiali esplosivi solidi. In questi casi bisogna adottare provvedimenti supplementari, in particolare per quanto riguarda l' LPS_{int} e l'equipotenzialità. Quando sono usati come elementi naturali, contenitori, serbatoi e condotte in metallo, questi devono avere uno spessore minimo che tenga conto anche del fenomeno del punto caldo, e cioè della temperatura raggiunta all'interno o addirittura della fusione o perforazione del metallo nel punto di impatto, considerando che in tali luoghi a volte basta un contenuto energetico molto basso (dell'ordine delle decine di millijoule) per dar luogo ad un'esplosione.

2.2. LPS INTERNO

Quando un impianto parafulmini è interessato da una scarica atmosferica, le varie parti di esso assumono, sia pure per brevi istanti, tensioni elevatissime, anche dell'ordine di centinaia di kilovolt, in dipendenza delle caratteristiche del fulmine e di quelle dell'impianto di protezione. In queste condizioni si hanno differenze di potenziale tra impianto di protezione e struttura protetta e parti metalliche vicine ai conduttori dell'LPS, per effetto degli impulsi condotti e indotti, per accoppiamento di tipo resistivo (dovuto all'impedenza del dispersore) e induttivo (dovuto alle spire che si formano).

Gli elementi verso i quali è necessario effettuare l'equipotenzializzazione, attraverso i collegamenti fissi per i corpi metallici e con SPD per le linee, oppure osservare la distanza di isolamento sono di seguito riportati.

- **Corpi metallici interni:** strutture metalliche facenti parte del volume da proteggere e che hanno una notevole estensione, come tubazioni di fluidi in genere, condotti, ringhiere, grosse masse

metalliche, ferri di armature continui di strutture in cemento armato, canali, in grado di entrare a far parte una parte del percorso della corrente di fulmine. Non sono tali, ad esempio, le ringhiere di balconi poste sulle facciate di fabbricati, che in generale sono comprese nel volume protetto.

- **Corpi metallici esterni:** elementi metallici di notevole dimensione esterni al volume da proteggere che entrano in esso, o sono posti nelle sue vicinanze, soprattutto interrati, come tubazioni e serbatoi, canali, masse estranee di notevole lunghezza, che possono trasportare una parte della corrente di fulmine. I collegamenti vanno fatti al suolo e nei tratti in cui non è rispettata la distanza di sicurezza.

- **Impianti interni:** impianti elettrici ed elettronici all'interno della struttura. Se i cavi sono opportunamente schermati o protetti da idonei canali metallici, può esser sufficiente collegare solo i contenitori. I collegamenti vanno realizzati al livello del suolo o nel punto d'ingresso dei cavi e nei tratti in cui non è rispettata la distanza di sicurezza.

- **Linee connesse alla struttura:** linee esterne connesse alla struttura. Se i cavi sono opportunamente schermati o protetti da idonei canali metallici, può esser sufficiente collegare solo i gli schermi e i canali. I collegamenti vanno realizzati al livello del suolo o nel punto d'ingresso dei cavi.

Quando si applica il metodo dell'isolamento, tra elementi dell'LPS e corpi metallici e impianti, oppure per il distanziamento degli LPS isolati, occorre osservare la **distanza di sicurezza s** , definita dalla Norma CEI 81-10/3.

Le misure di protezione previste con l'LPS_{int} vanno coordinate con quelle indicate per la realizzazione delle SPM, a partire dall'impiego degli SPD, i quali perciò devono far parte di un unico sistema. Difatti, l'LPS_{int} si occupa della protezione dai danni materiali e prevede l'installazione degli SPD all'ingresso della struttura, mentre le SPM prevedono degli SPD nei quadri e presso le apparecchiature interessate.

2.3. Progetto dell'LPS

Ai fini delle verifiche, molto importante è la documentazione di progetto. Dell'obbligatorietà del progetto se ne occupano il DM 37/08 e il DLgs 18.4.2016 n. 50 e s.m.i. "Nuovo codice dei contratti pubblici", che indica tre livelli: di fattibilità (preliminare), definitivo ed esecutivo. La Guida CEI 0-2 più opportunamente prevede due livelli: preliminare (di massima) e esecutivo (definitivo).

Le considerazioni e gli elementi individuati in precedenza consentono di eseguire il progetto e la realizzazione di LPS. Emerge l'importanza che il progetto dell'LPS sia contestuale con quello dell'intera struttura o volume interessato, ciò al fine di poter adottare in tempo i provvedimenti opportuni.

La collaborazione tra i progettisti e le persone coinvolte (costruttore, installatori elettrici ed elettronici, ecc) consente di raggiungere il massimo risultato con il minimo dei costi e il minimo impatto estetico. Nella fig. 1, tratta dalla Norma CEI EN 62305-3 (81-10/3), è indicato il diagramma di flusso delle varie fasi di un progetto razionale.

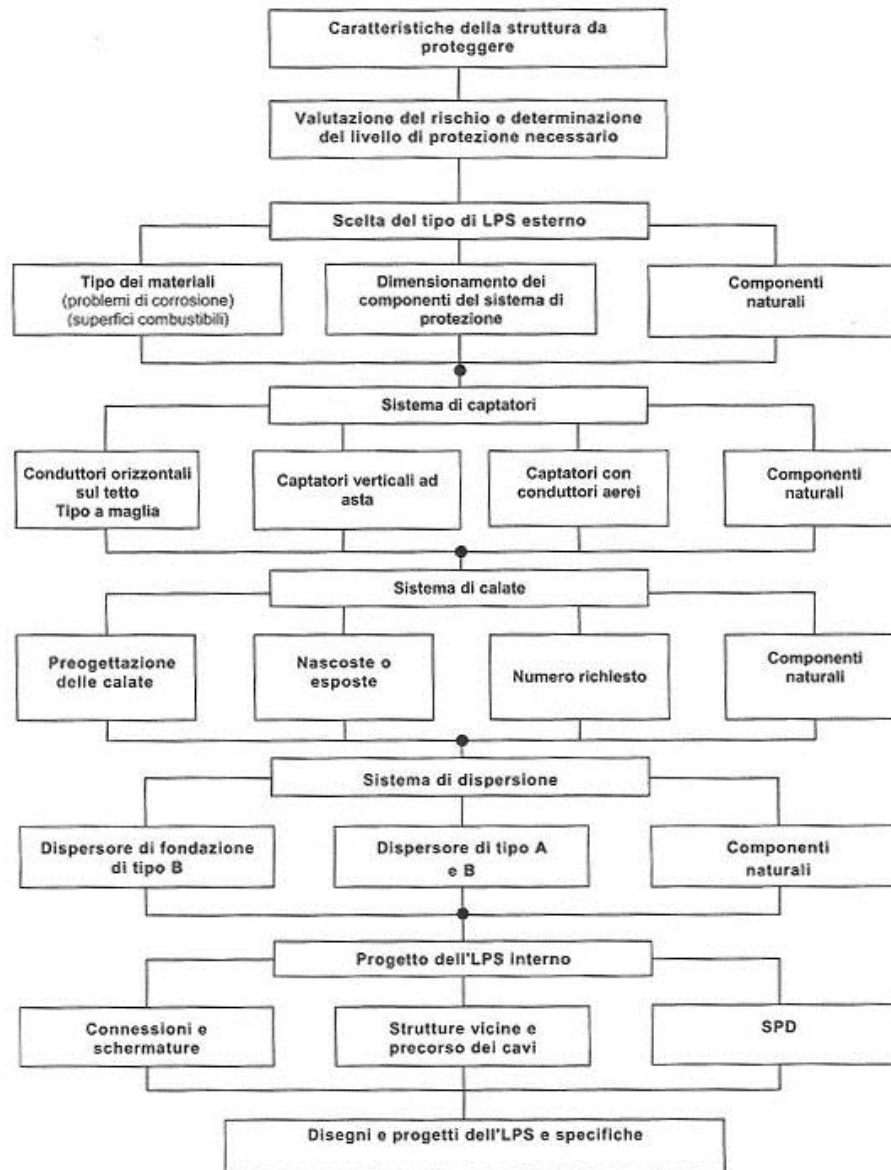


Fig. 1- Diagramma di flusso del progetto di un LPS

Il progetto di un LPS, sia sotto l'aspetto elettrico sia sotto l'aspetto meccanico, richiede la collaborazione per la scelta relativa almeno ai seguenti aspetti principali.

- Percorsi dei conduttori dell'LPS ed impatto visivo, specie sulle facciate della struttura; materiali e punti di ancoraggio.

- Per strutture con parti metalliche, i punti di connessione ai ferri d'armatura o alle parti della struttura; parti e pannelli metallici su copertura e facciate da impiegare come elementi dell'LPS_{est} e loro sicura connessione.

- Dettaglio di tubazioni, grondaie, parapetti, antenne, aste e serbatoi esterni, all'interno e all'esterno del volume protetto, da collegare all'LPS_{est}.

- Dettaglio di apparati, impianti, corpi metallici interni ed esterni, che devono essere connessi all'LPS, che possono condizionare la posizione dell'LPS_{est}.

- Tipi di materiali dei corpi metallici da collegare all'LPS_{est}, ai fini della corrosione.
- Predisposizione di fori attraverso la struttura, per il passaggio di elementi dell'LPS_{est}.

Per l'esecuzione del progetto è molto utile l'uso di programmi ad hoc, che permettono di effettuare tutti i calcoli, la scelta tra le varie possibilità, la determinazione dell'area di raccolta e del rischio, l'individuazione dei captatori e il dimensionamento degli elementi.

Un sistema parafulmini, come tutte le opere della tecnica, deve essere progettato secondo i criteri della corretta ingegneria, cioè di convenienza tecnico-economica, in relazione alle condizioni esistenti nei casi specifici, compreso gli aspetti estetici. Come spesso capita nella progettazione, uno studio accurato da parte del progettista conduce ad un minor onere nell'esecuzione delle opere.

Il progetto, disponendo dei dati di partenza, ha inizio dalla **valutazione del rischio** di fulminazione. Se esso è superiore a quello

tollerabile, allora è necessario adottare le misure di protezione, altrimenti, vale a dire se la struttura risulta autoprotetta, ai fini della documentazione richiesta ci si limiterà a predisporre la relazione relativa. Spesso, per avere un rischio residuo non superiore a quello tollerabile, non occorre installare l'intero LPS, ma soltanto l' LPS_{int} .

Si precisa che la valutazione del rischio va fatta secondo la norma CEI più recente, in applicazione degli artt. 28, 29 e 84 del DLgs 81/08 e s.m.i., e quindi sempre aggiornato.

L'identificazione del rischio tollerabile è una responsabilità dell'Autorità, e quindi i valori sono fissati dalla Norma 81-10/2, nel caso di perdita di vite umane ($RT=10^{-5}$), perdita di servizio pubblico ($RT=10^{-3}$) e perdita di patrimonio culturale insostituibile ($RT=10^{-4}$).

In base al tipo di struttura, vengono stabiliti i provvedimenti da adottare, vanno fissate le caratteristiche delle singole misure di protezione ed eventualmente, se necessario, dell'LPS.

Dell'LPS è necessario individuare il suo livello di protezione (LPL), da I a IV, e la corrispondente classe, sempre da I a IV, e quindi la sua efficienza, come prodotto delle efficienze di captazione e di dimensionamento, da cui dipendono i valori dei parametri del fulmine entro i quali la struttura risulta protetta e le soluzioni impiantistiche da adottare.

Se occorre realizzare l'LPS_{est}, si esamina la possibilità di utilizzare delle parti costituenti elementi naturali della struttura e si procede alla scelta dei componenti.

Per gli organi di captazione, si sceglie il tipo di captatore in relazione ad esigenze estetiche e tecnico-economiche e all'efficienza richiesta all'LPS, si individua il posizionamento dei conduttori di raccolta seguendo uno o più dei metodi proposti dalle norme. Si fissano le dimensioni degli elementi, il loro tipo e il loro modo di collegamento e di fissaggio.

Per gli organi di discesa si individua il loro posizionamento e percorso, tenendo conto, oltre che dell'estetica e della forma della struttura da proteggere, delle conseguenze sulle distanze di sicurezza nei confronti di corpi metallici e impianti interni e della distanza da porte e finestre.

Si scelgono le dimensioni, il tipo e il modo di connessione e di fissaggio e si verifica la possibilità di tensioni di contatto eccessive, indicando gli eventuali rimedi.

Per quanto riguarda il dispersore, viene individuato il tipo, il materiale e le dimensioni dei suoi elementi costitutivi, anche in relazione a possibili effetti corrosivi. Si verifica la possibilità della presenza di tensioni di passo eccessive, indicando gli eventuali rimedi.

•Passando all' LPS_{int} , si individuano gli impianti e i corpi metallici interni ed esterni. Si determinano le distanze di sicurezza e si prevedono i necessari collegamenti equipotenziali, scegliendo le dimensioni dei collegamenti e i tipi di SPD. A tal fine, occorre calcolare le quote di

corrente di fulminazione che interessano i corpi metallici e gli impianti esterni. Se viene effettuata la protezione dalle sovratensioni (SPM) dovute al LEMP, si indicano i provvedimenti di schermatura, percorso dei cavi, ecc. Per strutture particolari, si adottano i provvedimenti integrativi necessari.

3. VERIFICA DEI SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

In generale, la **verifica** può essere **iniziale**, come quella eseguita dal costruttore dell'impianto al termine della realizzazione dello stesso e necessaria per il rilascio della dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/08, e **periodica**. In occasione di modifiche sostanziali dell'impianto e comunque quando richiesta dal proprietario o dal titolare dell'attività, è necessario eseguire una verifica straordinaria.

La verifica è l'insieme delle operazioni mediante le quali si accerta che l'LPS e le SPM siano conformi alle norme e al progetto e che tutti i componenti siano in perfette condizioni e installati correttamente.

La verifica consiste in :

- **esame della documentazione;**
- **esame a vista**, dei luoghi e degli impianti;
- **prove.**

Essa è resa possibile solo in presenza della valutazione del rischio e della documentazione di progetto.

Al termine della verifica viene rilasciato il **rapporto di verifica**, con una relazione contenenti un riferimento alla documentazione presente, gli elementi descrittivi dell'impianto, le prove fatte e l'esito, che andrà conservato insieme alla documentazione e al manuale di manutenzione. Per il rapporto di verifica potrebbe essere utile l'utilizzo di apposita check-list, riportata dalla Guida CEI 81-2.

3.1. Esame della documentazione

L'esame della documentazione consiste nel controllare la sua completezza e rispondenza alle norme. La documentazione normalmente fa parte di un progetto che, tra l'altro, deve contenere la valutazione del rischio con l'indicazione di tutti i dati relativi alla struttura e i calcoli, le caratteristiche dell' LPS_{est} , dell' LPS_{int} e delle SPM contenute in una relazione e in elaborati grafici (schemi, planimetrie, particolari, ecc), il piano di manutenzione, la dichiarazione di conformità dell'installatore o dell'ufficio tecnico interno di un'impresa

non installatrice, ai sensi del DM 37/08.

Per l'LPS_{est}, tra l'altro, bisogna indicare i componenti (captatori, calate e dispersore) e se di tipo normale o naturale, i collegamenti con parti metalliche esterne, i modi di ancoraggio e giunzione, i punti di misura, il modo di protezione dalle tensioni di contatto e di passo. Per i ferri d'armatura o strutture metalliche usati come organi naturali è necessario indicare i dettagli e le condizioni di continuità. Per l'LPS_{int} occorre riportare i nodi equipotenziali, le caratteristiche degli SPD e i dati relativi alla loro scelta e coordinamento, le distanze di sicurezza ed eventuali collegamenti ai corpi metallici ed agli impianti. Per le SPM bisogna riportare le caratteristiche degli SPD e gli altri provvedimenti adottati.

3.2. Esame a vista, dei luoghi e degli impianti

L'esame a vista è propedeutico alle prove e deve accertare che i luoghi e tutti gli elementi del sistema di protezione rispondano a quelli presi in considerazione nel progetto e nella valutazione del rischio e che i componenti dell'impianto siano correttamente installati e in buone

condizioni. In particolare, per quanto riguarda i luoghi, l'accertamento deve riguardare le protezioni contro l'incendio (sistemi di spegnimento, compartimentazione, ecc) e contro le tensioni di contatto e di passo (isolamenti sulle calate, pavimento interno e sul terreno esterno, ecc).

Di solito l'esame a vista è di tipo ordinario e l'accertamento di eventuali difetti dei componenti che sono evidenti allo sguardo (come mancanza di ancoraggio, connessioni interrotte, involucri rotti, dati di targa, ecc) viene effettuato senza l'uso di utensili e attrezzi. L'uso di questi ultimi, e l'esame a vista da ordinario diventa approfondito, come indicato dalla Guida CEI 81-2, può risultare necessario soprattutto considerando:

- lo stato di conservazione dell'impianto (accuratezza delle manutenzioni, manutenzione non appropriata, ecc);
- la vetustà dei componenti e dell'impianto;
- le condizioni ambientali aggressive;
- la qualità scadente o incompletezza della documentazione.

Per l'LPS e gli SPM, tra l'altro, è necessario accertare che:

- tutti i componenti installati corrispondano a quelli indicati in progetto;
- gli ancoraggi e le connessioni degli elementi dell'LPS_{est} siano in buona condizione di conservazione;
- non vi siano rotture nei conduttori dell'LPS;
- non vi siano elementi attaccati dalla corrosione, in particolare in presenza di giunzioni tra materiali diversi e impiego di elementi naturali dell'LPS;
- il tipo e lo stato degli SPD, e di eventuali ISG, delle loro connessioni (tipo e dimensionamento) e delle protezioni sia normale;
- le connessioni equipotenziali siano integre e presenti per tutti i corpi metallici e le linee elettriche previsti in progetto;
- siano rispettate le distanze di sicurezza;
- che vi siano le eventuali schermature magnetiche e i percorsi previsti per le SPM;
- non vi siano state modifiche alla struttura da proteggere, per le quali si rendono necessari altri conduttori o collegamenti.

3.3. Prove

Le prove consistono nell'effettuazione di rilievi, con i quali si accerta l'efficienza di parti del sistema di protezione, anche attraverso operazioni di misura, come nel caso in oggetto.

Le prove consistono in:

- misura della resistenza di terra,
- prova di continuità.

3.3.1. Misura della resistenza di terra

La misura della resistenza di terra del dispersore non presenta problemi specifici. Il dispersore coincide con quello per la protezione contro i contatti indiretti e la misura generalmente viene effettuata in occasione della verifica dell'impianto di terra, e in ogni caso, anche se fatta per l'occasione, si adoperano gli stessi metodi. Se si trova che essa presenti nel tempo un aumento del suo valore, è consigliabile accertarne i motivi per migliorare la situazione.

3.3.2. Prova di continuità

La prova di continuità può essere effettuata con gli stessi metodi impiegati nella verifica dell'impianto di terra. La prova va fatta tra tutti gli elementi dell'LPS, a partire dai morsetti delle giunzioni di misura poste sulle calate per il collegamento al dispersore, specie se del tipo naturale e non visibili, compreso i collegamenti equipotenziali fissi con i corpi metallici e tramite gli SPD. I punti di misura devono comunque essere previsti anche nel caso di impiego di strutture metalliche o ferri d'armatura come calate naturali, salvo che questi non siano connessi ad un dispersore naturale di fondazione.

Particolare interesse presenta tale prova nel caso d'impiego dei ferri d'armatura di strutture in calcestruzzo armato come elementi dell'LPS, dovendo in tale circostanza misurare anche il valore della loro resistenza, che per poter essere utilizzati come calate naturali deve risultare, ai fini dell'accertamento della loro idonea continuità, inferiore a $0,2 \Omega$, come resistenza complessiva tra il captatore e un collettore di terra a livello del terreno. Per la misura è consigliabile uno strumento che consenta di far passare una corrente non inferiore a 10 A.

La continuità dei ferri d'armatura è garantita se la maggior parte di essi è interconnessa con idonei morsetti a compressione o saldature, o comunque in modo sicuro. I ferri verticali si considerano interconnessi in modo sicuro con legature e sovrapposizione per un minimo di 20 volte il loro diametro, considerando che in pratica è stato visto che la gran parte delle legature stabiliscono la continuità e quindi che l'intera armatura risulta continua elettricamente.

La connessione tra i ferri d'armatura va specificata e documentata dal progettista e dal costruttore, con l'indicazione del valore delle resistenze.

3.4. Periodicità delle verifiche

La periodicità delle verifiche deve essere oggetto del programma di manutenzione, a seguito della valutazione del rischio. Resta ferma quella fissata dalle norme di legge, come per le **verifiche ispettive** ai sensi del DPR 462/01 (di **2 o 5 anni**).

In generale la periodicità delle verifiche dipende dai seguenti elementi:

- classe dell'LPS e quindi livello di protezione (LPL);
- condizioni ambientali e aggressività dell'atmosfera, come presenza di vapori corrosivi, umidità e salinità, ambienti rurali e marini;
- materiali costituenti i componenti dell'LPS e superfici a cui sono fissati;
- possibilità di corrosione e caratteristiche del suolo; sono maggiormente corrosivi i terreni argillosi, paludosi e molto fertili.

Come raccomandato dalla Guida CEI 81-2 e dalla Norma CEI 81-10/3, in generale, in dipendenza della classe dell'LPS, la **periodicità** per la **verifica** completa può essere di **2 anni** per LPL I e II e di **4 anni** per LPL III e IV, riducibile ad **1 anno** per impianti ritenuti critici, quali ad esempio: luoghi con pericolo d'esplosione, centri data, edifici con presenza di un numero notevole di persone.

Per il solo **esame a vista** sono raccomandati orientativamente i seguenti intervalli:

- per gli **SPD** in generale, 6 mesi per LPL I e II, 12 mesi per LPL III e IV e nel caso di assenza dell' LPS_{est} ;

- per le misure di protezione (**MPS**) contro il LEMP, 6 mesi per i sistemi di SPD e 12 mesi per le schermature e l'equipotenzializzazione.

Per le strutture provviste solo di LPS_{int} e prive di LPS_{est} è consentita una periodicità di 60 mesi, per verificare, oltre che gli SPD che seguono la regola sopra indicata, le seguenti misure di protezione: caratteristiche del suolo e dei pavimenti; presenza di barriere, isolamento, cartelli ammonitori, equipotenzializzazione del suolo; misure antincendio.