

Impianti fotovoltaici e scariche atmosferiche

Francesco Groppi*

Premessa: Gli impianti fotovoltaici sono in tutto o in gran parte dislocati all'esterno di costruzioni o in spazi aperti su terreno. Essi quindi, risultano essere particolarmente sensibili alle scariche atmosferiche sia di tipo diretto (struttura colpita da un fulmine) che di tipo indiretto (caduta di un fulmine in prossimità della struttura). In particolare, la fulminazione indiretta è in grado di generare campi elettromagnetici e tensioni indotte pericolose. Se una scarica atmosferica colpisce direttamente un impianto fotovoltaico, oppure una parte di quest'ultimo è attraversata dalla corrente di fulmine, gli effetti possono essere devastanti: moduli fotovoltaici e dispositivi elettronici fuori uso, cavi da sostituire, componenti e collegamenti da verificare. In qualche caso, i cavi di energia, così come i conduttori di terra di una certa sezione, potrebbero essere attraversati dalla corrente di fulmine, veicolando quindi quest'ultima all'interno di edifici e strutture e contribuendo così a provocare situazioni i pericolo per persone e cose. La fulminazione indiretta, dovuta ai fulmini che si abbattono nelle vicinanze dell'impianto, è meno pericolosa di quella diretta ma risulta tuttavia più frequente ed è comunque in grado, in mancanza di opportune misure di protezione, di causare danneggiamenti anche gravi nelle apparecchiature elettroniche. Per quanto riguarda la protezione contro i fulmini, è attualmente in vigore la normativa CEI 62305-1/4. Quest'ultima, a differenza di quella precedente, impone di considerare il rischio dovuto alle scariche atmosferiche nei suoi vari aspetti. Viene quindi a cadere il criterio utilizzato dalla norma CEI 81-1 che stabiliva se e quando un edificio poteva essere considerato autoprotetto. Si utilizza invece un approccio probabilistico, come già in precedenza introdotto dalla norma CEI 81-4.

Protezione contro i fulmini secondo le norme 62305-1/4

Si richiama brevemente l'inquadramento normativo attuale, rappresentato dalle norme CEI EN 62305-1/4, nelle quali gli effetti della fulminazione diretta e indiretta sono valutati congiuntamente al fine di pervenire ad un valore di rischio per la struttura che tenga conto di tutte le componenti.

I calcoli relativi sono in genere piuttosto laboriosi e prendono in esame non solo la struttura o l'edificio nel suo complesso, ma anche i servizi entranti, quali le linee elettriche e telefoniche.

In genere, si ricorre quindi ad appositi programmi di calcolo, che presuppongono comunque almeno la conoscenza degli aspetti fondamentali dei documenti normativi. Questi ultimi sono: **CEI EN 62305-1** (CEI 81-10/1) Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali

CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio

CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone

CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Nelle norme sono contemplati 4 diversi tipi di sorgenti di danno:

- S1:** Fulminazione diretta della struttura
- S2:** Fulminazione diretta di un servizio entrante
- S3:** Fulminazione indiretta della struttura
- S4:** Fulminazione indiretta di un servizio entrante

La fulminazione diretta della struttura da origine alle componenti di rischio che interessano le persone (RA), i materiali (RB) e gli apparati (RC). Anche la fulminazione diretta di un servizio entrante da luogo alle stesse componenti di rischio, che però sono chiamate, rispettivamente, RU, RV e RW.

La fulminazione indiretta della struttura da invece origine alla componente di rischio che interessa gli apparati (RM), così come la fulminazione indiretta di un servizio entrante (RZ).

Sono poi considerati i tipi di danno dovuti all'abbattersi di una scarica atmosferica:

- D1:** Danni ad esseri viventi (dovuti a tensioni di contatto e di passo)
- D2:** Danni fisici, dovuti ad incendi, esplosioni, rotture meccaniche, rilascio di sostanze tossiche, ecc.)
- D3:** Avarie di apparecchiature elettriche ed elettroniche (dovute a sovratensioni)

Questo perché, al verificarsi di un evento pericoloso è associata la probabilità che si verifichino uno o più danni specifici.

A seconda del tipo di struttura o di edificio e della destinazione d'uso dei locali, ogni tipo di danno può concorrere a produrre uno o più tipi di perdite, quantificabili con uno specifico livello di rischio:

- L1:** Perdita di vite umane (Rischio R1)
- L2:** Perdita di servizio pubblico (Rischio R2)
- L3:** Perdita di patrimonio culturale insostituibile (Rischio R3)
- L4:** Perdita economica (Rischio R4)

Ciascun rischio è determinato sulla base delle componenti prima viste. Ogni componente è calcolata sulla base del numero di eventi pericolosi NX, della specifica probabilità di danno PX



e della perdita conseguente LX secondo la formula:

$$RX = NX \times PX \times LX$$

La norma CEI EN 62305-2 stabilisce i limiti massimi per le componenti di rischio R1, R2 e R3. L'opportunità di proteggersi o meno contro una perdita economica, conseguente al rischio R4 è invece considerata una libera scelta anche se, secondo la norma, quest'ultima dovrebbe essere basata su un calcolo di convenienza. Di conseguenza, nel caso in cui un impianto fotovoltaico sia realizzato su una struttura che presenta almeno una delle componenti di rischio R1, R2 o R3, occorre applicare la norma CEI EN 62305-2 a tutta la struttura e ai servizi entranti. Se invece l'unica componente di rischio è la R4, tale norma non impone particolari vincoli.

Fulminazione diretta

La fulminazione diretta su un impianto fotovoltaico non è un evento frequente, tuttavia vi sono due fattori che contribuiscono ad aumentare la possibilità che una scarica atmosferica si abbatta su di esso:

realizzazioni di grande potenza, e quindi grande area; in genere queste sono collocate su terreno o su edifici bassi, ma l'area di raccolta dei fulmini è comunque notevole e all'incirca pari all'estensione dell'impianto; realizzazioni su edifici di altezza elevata, che quindi presentano un'area di raccolta molto maggiore dell'area effettiva del fabbricato, come nell'esempio di figura 1.

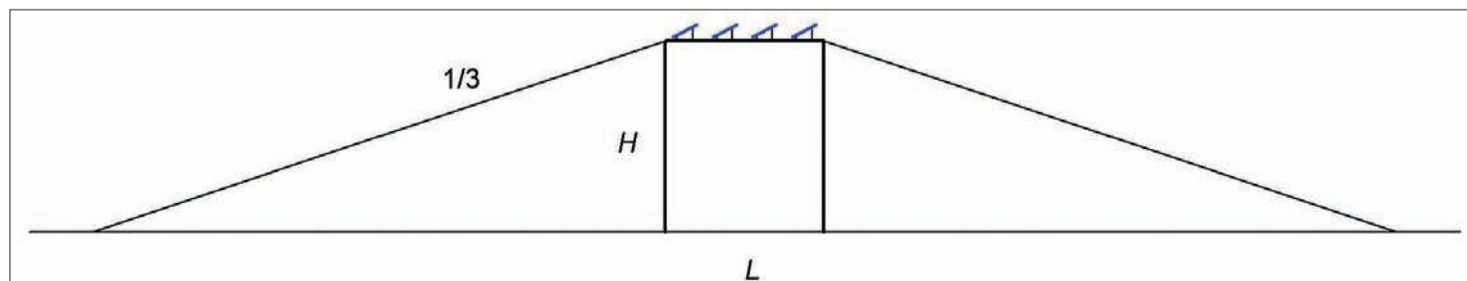


Figura 1 – Area di raccolta delle scariche atmosferiche confrontata con l'area di impianto. L'area di raccolta può essere molto estesa se l'impianto fotovoltaico è realizzato su un edificio di una certa altezza

A questo punto, applicando il criterio contenuto nella norma CEI EN 62305-2, la frequenza di fulminazione potrebbe essere tale da far ritenere che, nel corso della vita dell'impianto, una o più scariche possano abbattersi su di esso. In generale, quando ciò si verifica, l'edificio è già dotato di impianto LPS, perché precedentemente ne era stata verificata la necessità. Questo, sia nel caso in cui i calcoli siano stati effettuati con la vecchia normativa (CEI 81-1 e CEI 81-4) che con la nuova (CEI EN 62305-1/4). Del resto, a parte casi particolari, l'impianto fotovoltaico non modifica significativamente la sagoma dell'edificio e quindi non introduce elementi di maggiore o minore pericolo.

E' però possibile che un impianto fotovoltaico di nuova costruzione non risulti contenuto nel volume protetto dall'LPS e/o presenti delle distanze dai captatori insufficienti ad impedire il verificarsi di scariche laterali tra questi ultimi e l'impianto medesimo. Ciò si verifica, tipicamente, nel caso di LPS magliato, realizzato sulla sommità di una costruzione.

In questi casi è opportuno racchiudere l'impianto fotovoltaico nel volume protetto, modificando opportunamente l'LPS. Quest'ultimo utilizzerà tipicamente degli elementi captanti ad asta o fune.

Talvolta, ci si trova in presenza di un impianto LPS su un edificio che presenta un basso rischio di ful-

minazione diretta e per il quale quindi eventuali modifiche appaiono ingiustificate. Se l'impianto fotovoltaico si trova eccessivamente vicino a captatori

sare talvolta il cedimento dell'isolamento interno dei moduli tra celle e cornice, anche in presenza di scaricatori di sovratensione. In altri casi, le stesse strutture di

La soluzione migliore è senza dubbio quella di proteggere adeguatamente l'impianto fotovoltaico attraverso un proprio LPS, come ad esempio quello mostrato in figura 4.

tendono ad annullarsi tra loro. Infine, gli impianti fotovoltaici devono essere dotati, sulla parte in corrente continua, di opportuni dispositivi di soppressione delle

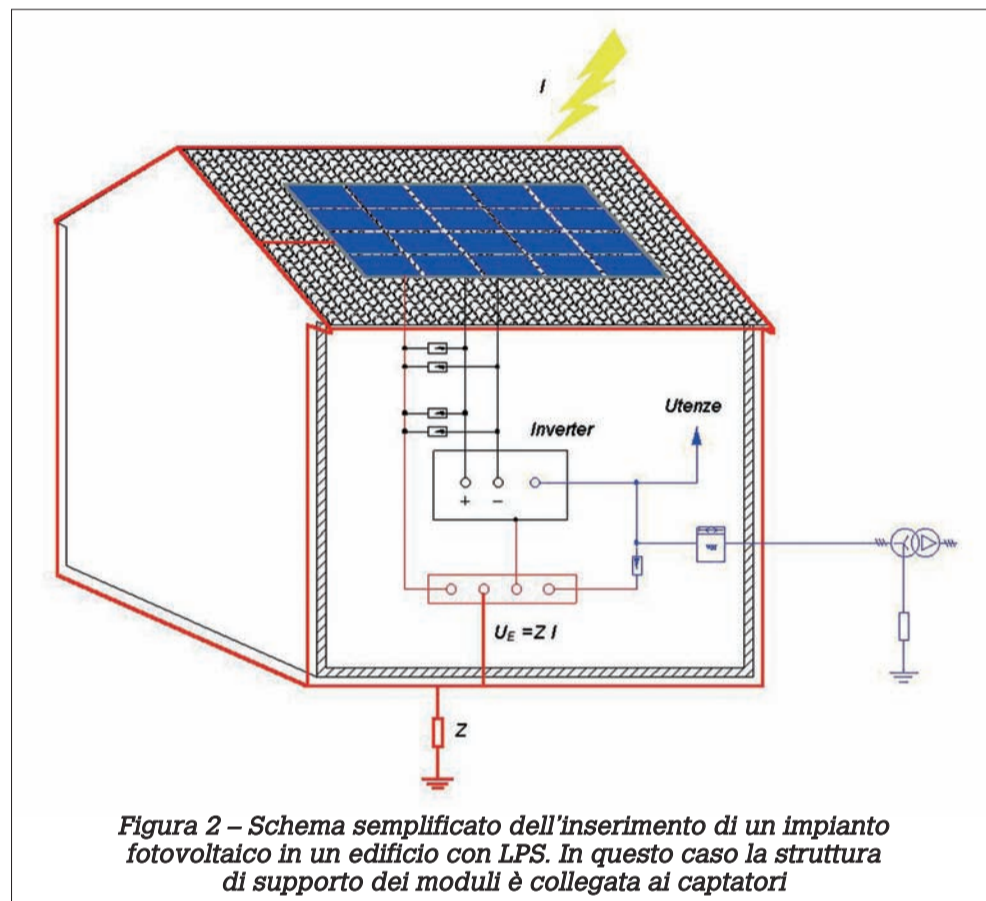


Figura 2 - Schema semplificato dell'inserimento di un impianto fotovoltaico in un edificio con LPS. In questo caso la struttura di supporto dei moduli è collegata ai captatori

o calate, si preferisce allora collegare direttamente questi ultimi alle strutture di sostegno nei moduli, come in figura 2, al fine di scongiurare la possibile insorgenza di scariche laterali. Il collegamento delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici ad elementi dell'impianto LPS quali captatori e calate rappresenta tuttavia una pratica da adottare con cautela. Questa operazione può infatti cau-

sostegno dei moduli sono impiegate come captatori. Come si può infatti vedere dalla figura 3, la sezione degli elementi metallici è adeguata a sopportare la corrente di fulmine, tuttavia il diretto contatto degli elementi di captazione con i moduli fotovoltaici sottopone questi ultimi a degli stress che a lungo andare potrebbero causare dei cedimenti di isolamento.

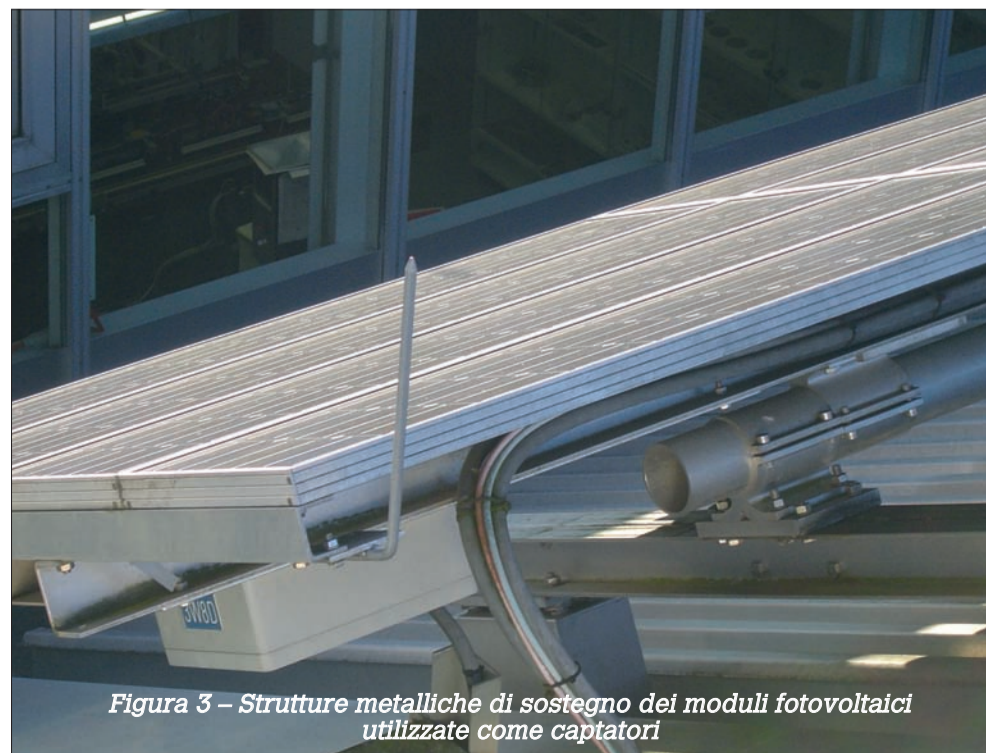


Figura 3 - Strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici utilizzate come captatori



Figura 4 - Protezione di un impianto solare con LPS esterno

Fulminazione indiretta

La caduta di un fulmine nelle vicinanze di un impianto fotovoltaico genera un campo magnetico variabile che si concatena con le spire formate dai circuiti elettrici che collegano in serie tra loro i moduli fotovoltaici, ossia le stringhe. A parità di campo elettromagnetico e di orientamento del piano dei moduli, l'adozione di differenti geometrie di collegamento delle stringhe, vale a dire di differenti forme delle spire, influisce notevolmente sul valore delle sovratensioni indotte ai capi dei circuiti elettrici. Occorre pertanto prestare attenzione al layout dei cablaggi del campo fotovoltaico. In figura 5 è visibile la partizione di un semplice campo fotovoltaico, in grado di formare una spira di area $l \times a$, in due semispire di area $l \times a / 2$. Si può osservare che in una delle semispire la corrente circola in senso opposto rispetto all'altra.

sovratensioni (SPD), in grado di intervenire a fronte di impulsi di forte intensità causati dalle sovratensioni indotte. Gli SPD di classe II, collegati tra ciascun polo e la terra, si sono rivelati particolarmente utili, soprattutto se dotati di fusibile interno e di indicatore di guasto, eventualmente anche con segnalazione remota dell'evento. Trattandosi di proteggere dei circuiti in corrente continua, è necessario che gli SPD impiegati siano del tipo a varistore, i quali sono in grado di ripristinare il proprio comportamento originario al cessare della causa di innescamento. Gli SPD servono soprattutto a proteggere le apparecchiature elettroniche, in primo luogo rappresentate dagli inverter. Una coppia di SPD è spesso utilizzata anche sul lato in corrente alternata dei convertitori.

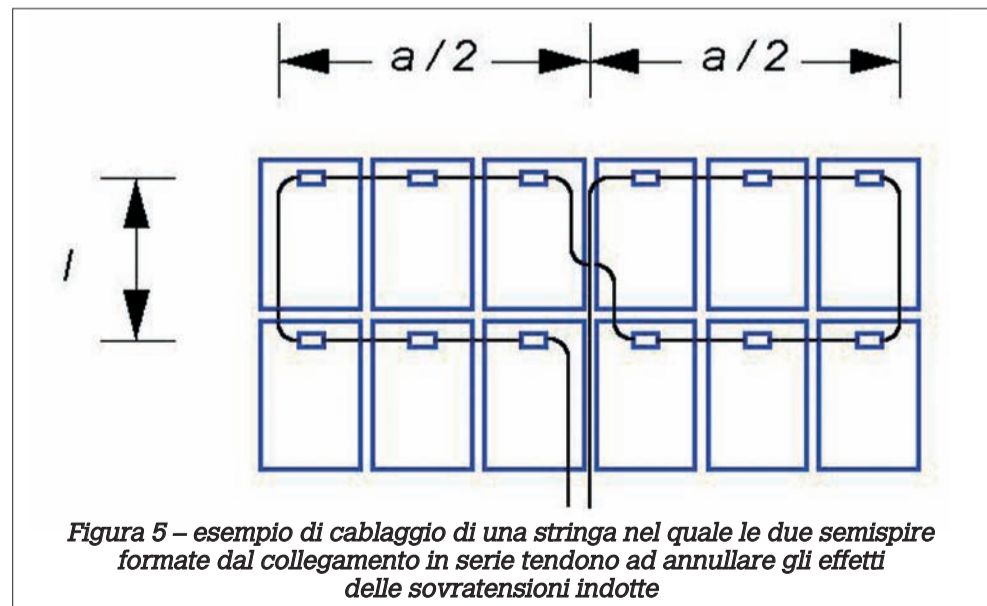


Figura 5 - esempio di cablaggio di una stringa nel quale le due semispire formate dal collegamento in serie tendono ad annullare gli effetti delle sovratensioni indotte

Un cablaggio di questo tipo consente di ridurre notevolmente le sovratensioni indotte sulla stringa, in quanto gli effetti sulle due semispire

*Francesco Groppi, ricercatore e progettista nel campo del solare fotovoltaico