

1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS



## Impianti fotovoltaici e prevenzione incendi



### **Premessa**

***Le problematiche relative alla prevenzione incendi quando si parla di impianti fotovoltaici (in seguito FV) possono essere molteplici ma non tutte dipendenti dalla presenza dell'impianto: infatti in un incendio sviluppatosi in una qualsiasi struttura con presenza di un impianto fotovoltaico richiede un attento esame da parte delle autorità competenti per determinare se l'impianto può essere la causa o semplicemente coinvolto nell'evento.***

***L'investigazione antincendio è tuttavia resa complessa non solo dalla natura distruttiva dell'evento su cui si indaga, che vede scenari caratterizzati da livelli di danneggiamento delle***

***strutture e dei materiali tali da non consentire una ricostruzione dello stato dei luoghi, ma anche dalla carenza di strumenti uniformi per la ricerca delle cause di incendio.***

### **Impianti fotovoltaici e prevenzione incendi**

Gli impianti fotovoltaici non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122".

In via generale l'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura di un fabbricato, in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio per il fabbricato sottostante.

L'aggravio potrebbe concretizzarsi in termini di:

- interferenza con il sistema di ventilazione dei prodotti della combustione (ostruzione parziale o totale di traslucidi, impedimenti apertura evacuatori);
- ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;
- rischio di propagazione delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato (presenza di condutture sulla copertura di un fabbricato suddiviso in più compartimenti - modifica della velocità di propagazione di un incendio in un fabbricato mono compartimento).

**È importante sottolineare che un pannello fotovoltaico produce tensione non appena viene irraggiato dalla luce solare e che pertanto occorre sempre dotare tutti gli impianti FV di dispositivi di manovra ed interruzione; in sostanza un pannello fotovoltaico funziona come un elemento di una batteria e ai suoi capi è presente, se sottoposto ad irraggiamento, una tensione continua che si può ridurre a valori prossimi allo zero unicamente mettendo fuori uso il pannello attraverso azioni che portino all'oscuramento delle celle del pannello.**

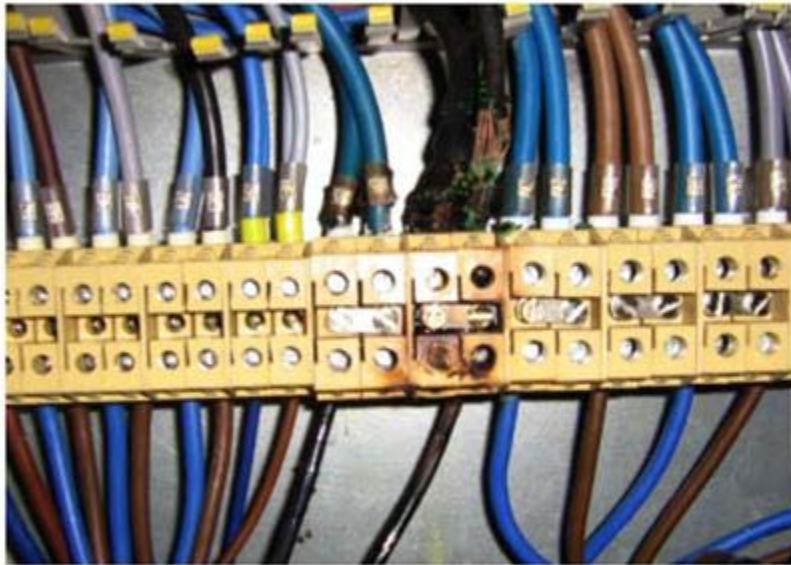
**I pannelli collegati in serie formano una stringa che può essere a sua volta messa elettricamente in parallelo ad altre stringhe per ottenere i valori di corrente e tensione desiderati. Si pone l'attenzione al fatto che negli impianti FV le tensioni in gioco possono essere prossime al migliaio di Volt.**

**Una delle principali cause di incendio in un impianto FV è dovuta alla questione, spesso sottovalutata, dei cablaggi e delle connessioni lente che, viste le tensioni in gioco, possono innescare un arco elettrico.**

1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS



Un arco elettrico, al voltaggio normalmente in uso negli impianti fotovoltaici, può rimanere acceso per molto tempo, dell'ordine dei minuti: esso è potenzialmente in grado di forare una lamiera zincata come quelle normalmente utilizzate per l'appoggio dei pannelli su di un tetto e può comportare l'innesco dei materiali sottostanti.

1+1=2  
ABCD

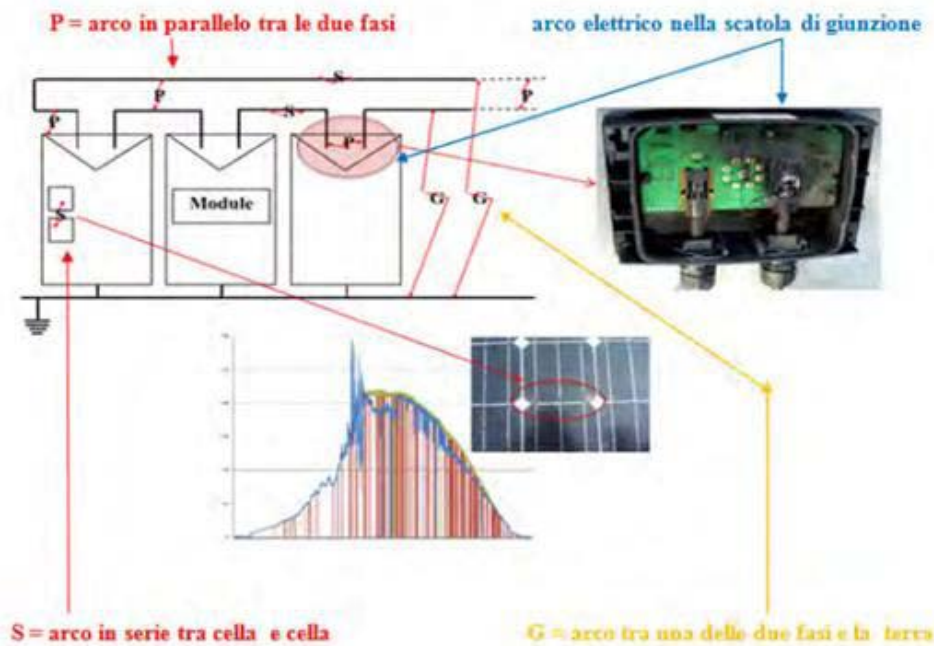
$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$



Lunghezza di fiamma di un arco elettrico in continua su impianto da 6kw – il colore della fiamma ne indica l'elevata temperatura



L'arco elettrico si può verificare in diversi punti di un impianto FV ma uno dei punti a maggior criticità dove è riscontrabile un eventuale arco elettrico è la scatola di giunzione.



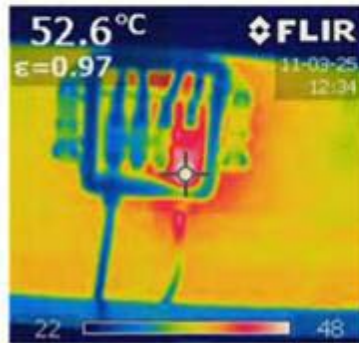
1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS



Un arco elettrico nella scatola di giunzione è tranquillamente in grado di provocare un incendio ed intaccare il materiale sottostante



1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

**NEWS**

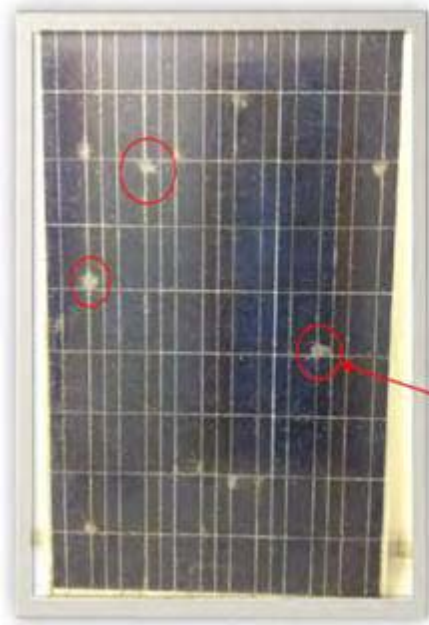


È possibile che si verifichi un arco elettrico all'interno del pannello, tra le celle in serie, per difetti alle saldature tra cella e cella oppure per ossidazione creatasi a causa della perdita di ermeticità del pannello, ad esempio negli angoli del telaio o per rotture dello strato superiore protettivo.

1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS



Arco voltaico in serie tra cella e cella dovuto a possibili problemi di ossidazione, o difettosità delle saldature di unione per collegare tra loro le celle. Il vetro in superficie rimane intatto il problema si verifica all'interno con la scarica che può intaccare la pellicola di EVA ed il tedlar sottostante ed innescare l'incendio del pannello.

N.B. si noti le macro esplosioni nel punto di unione delle celle

Tali difetti possono generare, durante l'irraggiamento, un arco elettrico capace di perforare il supporto ed innescare il materiale combustibile.

Scariche interne, fenomeni di ossidazione, archi elettrici e correnti di cortocircuiti sono tutti aspetti che possono essere alla base dell'innescò dell'incendio di un pannello FV.

**Un secondo rischio di incendio dei pannelli FTV è dovuto al fenomeno cosiddetto di "hot spot"**, ovvero al riscaldamento localizzato. Nei moduli, è impossibile che tutte le celle fotovoltaiche siano perfettamente identiche, a causa di inevitabili lievi differenze in fase di fabbricazione. Inoltre può anche accadere che una parte del campo FV sia in ombra, o anche semplicemente più sporca (presenza di foglie, polvere): perciò, due stringhe di moduli collegate in parallelo non avranno mai perfettamente la stessa tensione: di conseguenza, si potrebbe verificare una corrente interna inversa che potrebbe provocare danni o surriscaldamenti localizzati: **l'hot spot**. Per evitare ciò nei circuiti elettrici si inseriscono appositi diodi: la mancanza dei diodi, ovvero il posizionamento di diodi in numero o di caratteristiche insufficienti, ovvero il loro posizionamento scorretto ovvero, la scelta di materiale non idoneo, ecc. sono tutti fattori che possono provocare l'hot spot, con conseguente rischio di innescò.

Le celle del pannello FV sono collegate in serie, in condizioni di funzionamento normali la corrente totale che fluisce nella serie è circa pari alla corrente delle singole celle e la tensione è la somma delle tensioni delle singole celle.

1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS

Nel caso, invece, di ombreggiamento o di oscuramento di una o più celle, la cella ombreggiata diventa un utilizzatore e consuma energia, dissipando la potenza generata dalle altre celle non ombreggiate. Si va incontro, così, al cosiddetto fenomeno dell'“hot spot”, ovvero del surriscaldamento con relativo rischio di danneggiamento irreversibile delle celle in ombra.

I costruttori dei moduli fotovoltaici inseriscono i diodi di by-pass nella scatola di collegamento, allo scopo di “cortocircuitare” ogni singolo gruppo di celle in caso di ombreggiamento. Una tale tecnica di protezione per ogni cella è costosa; in pratica il diodo si connette in parallelo a gruppi di celle in serie formanti un modulo.

Un altro dei punti deboli dell'impianto FV è rappresentato dai cavi che, con la perdita di isolamento, possono provocare archi elettrici lungo le tratte tra i pannelli i quadri stringa o gli inverter.



Guaina deteriorata con perdita del potere isolante

***In particolare i cavi devono essere resistenti ai raggi UV ed alle alte temperature (sono posizionati al sole!), essere di sezione adeguata ed essere correttamente collegati.***



Cavo solare danneggiato con altissima probabilità di sviluppare arco voltaico



1+1=2  
ABCD

$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS

Il degrado delle proprietà elettriche dei materiali isolanti dei cavi e dei connettori che vengono comunemente utilizzati in tale ambito con deterioramento dell'isolante può essere causato sia da eventi atmosferici, sia da prolungata esposizione alla radiazione solare che da animali (roditori ecc.).

È infatti possibile supporre che, in particolari condizioni e dopo periodi prolungati di utilizzo, la guaina isolante dei cavi solari possa perdere le sue proprietà isolanti, scendendo al di sotto dei limiti previsti dalle norme. A causa di ciò, essa può divenire sede di pericolose scariche di perforazione, dovute alla degradazione dell'isolante: tali scariche oltre a comportare un disservizio in termini di efficienza energetica del generatore fotovoltaico, potrebbero innescare pericolosi archi in corrente continua in grado di rappresentare un innesco efficace per l'incendio dell'installazione e della struttura ove l'impianto è posizionato.

Da non trascurare i fattori di riempimento non rispettati (canaline troppo piene), i tratti ad angolo retto su protezioni in lamiera che creano un effetto spigolo (nei mesi estivi con temperature elevate, danneggiano la guaina), all'incuria nel posizionamento dei conduttori tale da tagliare l'isolante sotto il proprio peso.

**Una ulteriore causa di incendio è legata agli inneschi nelle “string box” (quadri stringa),** dovuti a fenomeni di surriscaldamento per scarsa ventilazione, errata installazione (componenti elettrici posizionati sul tetto in involucri metallici che possono raggiungere temperature critiche).



Quadro stringa chiuso in scatola metallica su gronda di lamierino, in estate l'esposizione al sole sommata al calore prodotto durante il funzionamento porta i componenti ed i cavi al raggiungimento di temperature critiche che in campo elettrico si raggiungono superando gli 80 gradi.

La principale causa dei guasti dei quadri di stringa è da ricercarsi nella presenza di acqua all'interno degli stessi, a sua volta causata da due comuni gravi errori di installazione:

- il posizionamento dei quadri esattamente alla fine della falda del tetto, in posizione tale da raccogliere grandi quantità di acqua in caso di pioggia;
- il basso grado di protezione IP dei quadri di stringa che ne riduce la protezione all'acqua.

1+1=2  
ABCD

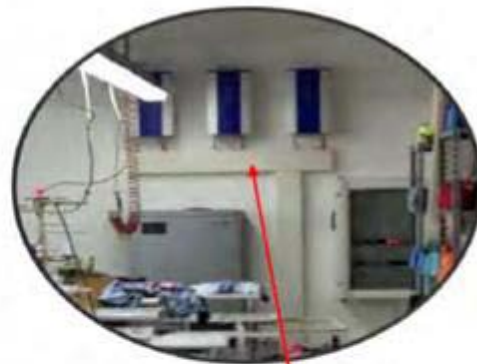
$$X(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt$$

NEWS

I quadri di stringa sono elementi in cui una volta innescatosi un cortocircuito le correnti iniettate vengono continuamente alimentate dal funzionamento dei pannelli stessi. Di conseguenza si viene a creare una circolazione continua di corrente che porta alla riaccensione dell'incendio.

Ciò può essere evitato solamente impedendo l'ingresso della corrente stessa nelle string box bruciate sezionando i cavi in ingresso ed i cavi in uscita.

Una quarta causa di rischio è costituita dall'inverter che, come tutti gli apparecchi di questo tipo, può surriscaldarsi. Di conseguenza esso può costituire fonte di innesco. Poiché l'inverter è normalmente ospitato in un apposito locale, l'innesco può facilmente propagarsi alle altre apparecchiature contenute nel medesimo locale o a materiali combustibili nelle vicinanze.



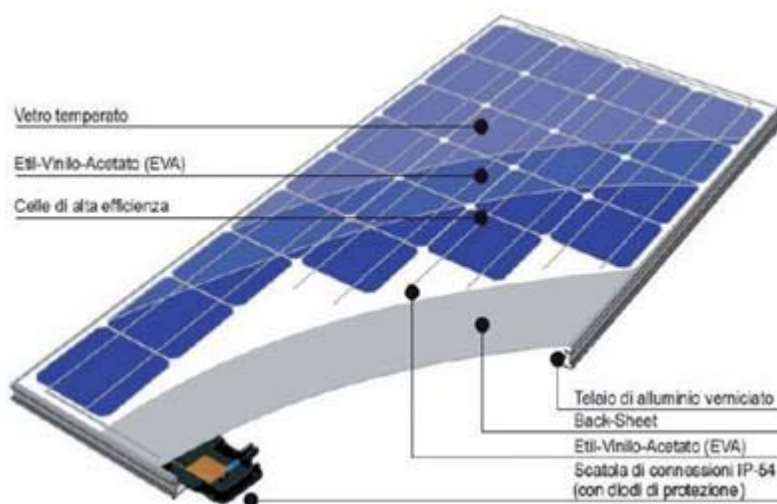
Inverter installati all'interno dei luoghi di lavoro a stretto contatto con i lavoratori e con strutture facilmente infiammabili. In giornate dove non vi è presenza di operai i pannelli posizionati sulla copertura irraggiati dal sole continuano a produrre, se vi fosse un problema elettrico all'inverter nessuno se ne accorgerebbe e l'incendio potrebbe facilmente propagarsi ai materiali adiacenti.

### Aggravio del rischio

La stratigrafia di un pannello fotovoltaico tipo è usualmente la seguente:

- Vetro
- Etilene vinilacetato – EVA

- Celle policristalline
- EVA
- Backsheet (copertura di fondo - tedlar)



Di questi materiali, i soli combustibili sono gli strati di EVA e il supporto posteriore in tedlar, tutti presenti in strati dell'ordine di pochi millimetri o addirittura mm. Pur avendo i materiali combustibili un determinato potere calorifico le quantità presenti sono talmente basse da non costituire un carico d'incendio rilevante. Nelle prove effettuate sui pannelli fotovoltaici e illustrate nel documento "Analisi della reazione al fuoco di pannelli fotovoltaici" di Fontana S., Notaro F., Podestà L., Longobardo G., De Rosa A., Cancelliere P, i pannelli sono sempre provati montati di taglio, in modo da avere un lato esposto all'aria oltre che la possibilità di sviluppare fiamma verso l'alto, in genere interdetta dalla presenza del vetro componente la parte superiore del pannello.

Dalla prova effettuata per valutare le caratteristiche di reazione al fuoco del pannello, sempre considerando quanto evidenziato nel succitato documento "ANALISI [...]" si evince anche chiaramente che la fiamma dell'elemento di prova si è estinta autonomamente. Inoltre la velocità massima di propagazione della fiamma, sempre per pannello posto di taglio e non orizzontalmente (come però è nelle reali applicazioni del prodotto) non supera i 65mm/min.

Inoltre il medesimo documento riporta al paragrafo 3 le seguenti ulteriori indicazioni: "La Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica, ha diramato con nota prot. n. 1324 del 7 febbraio 2012, alle Direzioni Regionali VV.F. ed ai Comandi Provinciali VV.F., le Linee guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici (Ed. 2012). In queste, si è disposto che nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, l'installazione

dell'impianto FV dovrà essere eseguita, fra gli altri obiettivi di sicurezza previsti, in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato.

La relativa valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tranne per il caso di installazione dell'impianto su coperture incombustibili, potrà essere effettuata tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dai tetti e delle coperture di tetti (UNI EN 1 3501 -5:2009 Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI CEN/TS 1187:2012) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'art.2 del D.M. 10 marzo 2005."

**In conclusione la presenza di un impianto fotovoltaico sulla copertura di un edificio**, nel quale siano presenti o meno attività soggette al controllo dei VVF, non comporta automaticamente un aggravio del rischio; tuttavia si è potuto vedere come un impianto FV richiede particolari attenzioni e come anche una semplice carenza di pulizia dei pannelli o un debole serraggio di morsetti o il posizionamento di un quadro di campo possono essere causa di innesco di un incendio.

La sicurezza e le misure di prevenzione incendi richiedono quindi una serie di azioni che devono tutte essere verificate per garantire la minimizzazione del rischio di incendio, in particolare:

- la realizzazione dell'impianto FV secondo la regola dell'arte
- manutenzione e pulizia periodica e verifica delle condizioni di integrità di tutte le componenti dell'impianto FV
- una corretta valutazione dei rischi effettivamente calata nella realtà in fase di valutazione

**Ing. Roberto Pezzenati**

*Milano Ingegneria Srl*

#### **Normativa e documentazione di riferimento**

- D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- Nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012:
- Nota prot. n. 6334 del 4 maggio 2012
- Nota prot EM 622/867 del 18/02/2011
- Nota DCPREV prot. n. 12678 del 28/10/2014
- Relazione tecnica sugli incendi coinvolgenti impianti fotovoltaici a cura del NUCLEO INVESTIGATIVO ANTINCENDI del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco
- "Analisi della reazione al fuoco di pannelli fotovoltaici" di Fontana S., Notaro F., Podestà L., Longobardo G., De Rosa A., Cancelliere P