



**Direzione Centrale
Per la Prevenzione e Sicurezza
Tecnica**

Cause elettriche di Innesco

Dott. Ing. Piergiacomo Cancelliere, PhD

Funzionario Direttivo

DIREZIONE CENTRALE per la PREVENZIONE e la SICUREZZA TECNICA

Area VI "Protezione Attiva"

**Dipartimento dei Vigili del Fuoco,
del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile**

Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco



Cause Elettriche di Innesco

Gli incendi di origine elettrica possono essere innescati da **fonte diretta**:

- arco elettrico;
- scarica elettrostatica;
- proiezione di particelle incandescenti in seguito a guasto, ad esempio cortocircuito, fulminazione diretta della struttura/fabbricato.

Oppure da **fonte indiretta**:

- Surriscaldamento per Sovraccarico delle condutture e della membrature elettriche;
- elevata temperatura superficiale delle apparecchiature o degli utilizzatori.

Cause Elettriche di Innesco: l'arco

L'arco è una scarica elettrica, autonoma, permanente tra elettrodi immersi in un gas od una miscela, con eventuale presenza di vapore, caratterizzata da:

- una elevata densità di corrente (da 10^3 a 10^7 A/cm²);
- una bassa caduta di tensione “catodica”, dell'ordine del potenziale di ionizzazione o di eccitazione del gas o vapore;
- una colonna positiva, denominata plasma, quasi in equilibrio e quasi neutra elettricamente.

Cause Elettriche di Innesco: l'arco

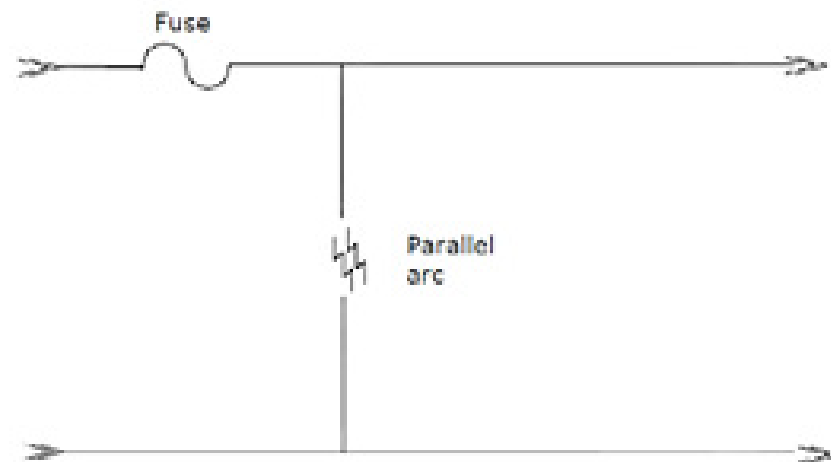
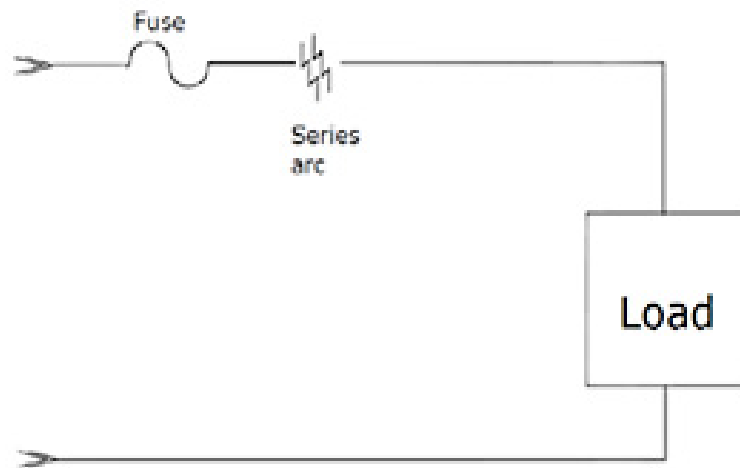
La colonna di plasma dell'arco raggiunge temperature comprese fra 3000°C e 10,000°C;

Le alte temperature del plasma rappresentano una fonte di innesco per i materiali vicini, quali ad esempio l'isolante dei cavi o dei componenti elettrici.

Cause Elettriche di Innesco: l'arco

L'Arco può innescarsi in due modi:

- 1) **Serie**, nel quale c'è una diminuzione della corrente che fluisce nel circuito;
- 2) **Parallelo**, dove invece la corrente che fluisce nel circuito aumenta.



Arco - Cause principali

- a. Carbonizzazione dell'isolante
- b. Ionizzazione dell'aria indotta dall'esterno
- c. Cortocircuiti



a. CARBONIZZAZIONE DELL'ISOLANTE

La carbonizzazione dell'isolante comporta la nascita di percorsi conduttivi e, quindi, l'innesco dell'arco;

Se il PVC è interessato da temperature comprese fra 200 e 300 °C, esso carbonizza creando percorsi conduttivi favorendo l'innesco dell'arco.

b. IONIZZAZIONE

La ionizzazione dell'aria è influenzata da archi precedenti e dalle fiamme dell'incendio;

In un sistema elettrico interessato da un arco rilevante, vengono emesse significative quantità di gas ionizzati, i quali hanno il potenziale di interferire con altri circuiti elettrici e possono contribuire all'innesco di altri archi.

b. IONIZZAZIONE

Le Fiamme di un incendio contribuiscono alla ionizzazione dell'aria: la nascita degli archi per ionizzazione comporta il perpetuarsi del fenomeno di innesco di altri archi, **se l'impianto rimane in tensione durante l'incendio.**

OSS: Nelle tecniche di investigazione **“la mappatura degli archi”** rappresenta uno strumento importante per stabilire se l'incendio è stato causato dall'arco o se gli archi sono nati a causa dell'incendio

c. CORTO CIRCUITO

Nasce a causa di cablaggio errato, conduttori abrasivi da parti in movimento, chiodature di circuiti elettrici, riscaldamenti esterni, compreso l'effetto di un incendio in prossimità del circuito elettrico.

Il Corto Circuito tende a stabilire un percorso a bassa impedenza dal punto di origine verso la sorgente di alimentazione. Il percorso a bassa impedenza comporta l'aumento della corrente circolante e la nascita di archi.

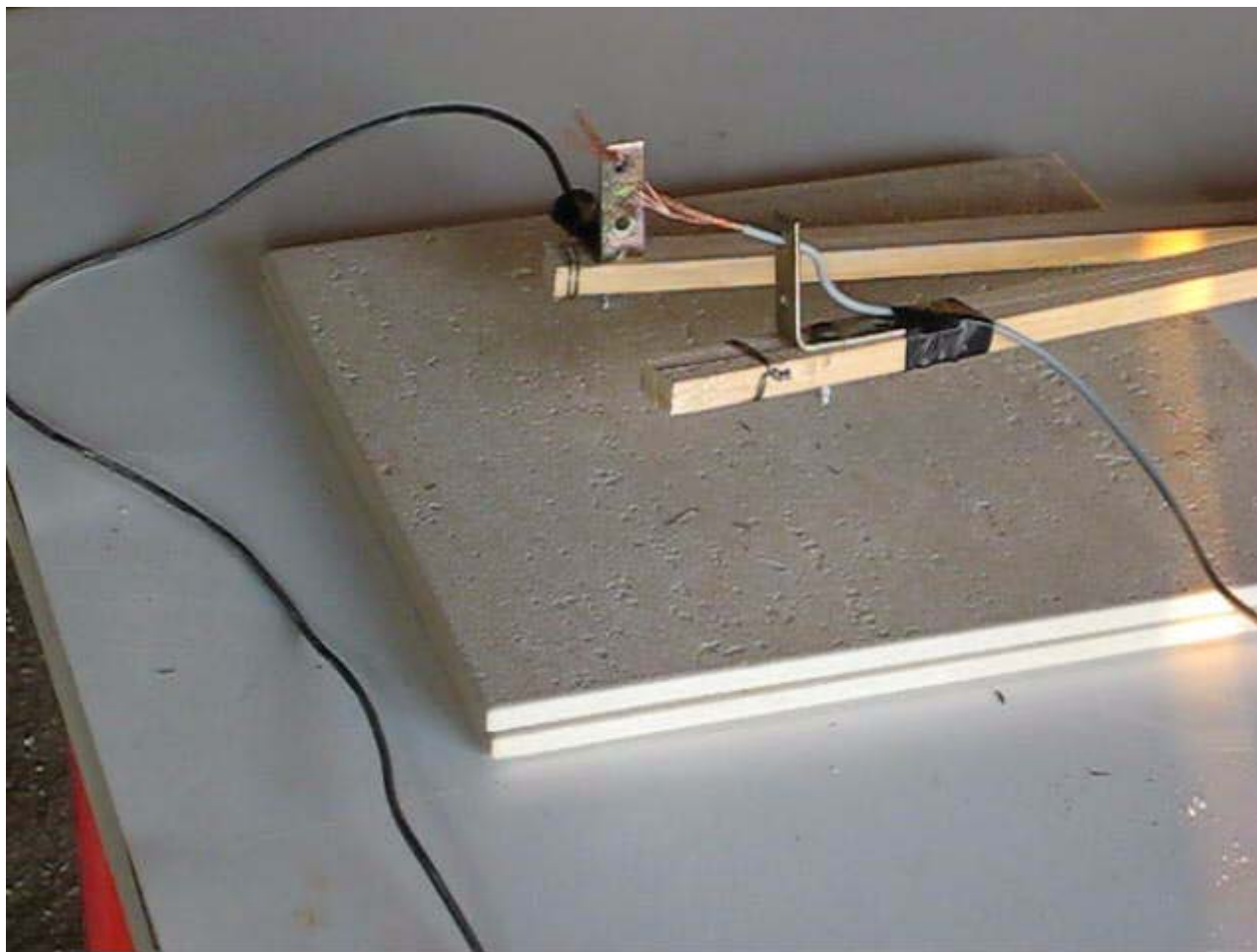
c. CORTO CIRCUITO

Un corto circuito con arco si stabilisce quando avviene un contatto momentaneo fra due conduttori a differente potenziale.

I conduttori, per spinta elettrodinamica, vengono separati e si stabilisce l'arco. Se la distanza fra i due conduttori è piccola, l'arco adescato potrebbe inserire nel circuito, una impedenza tale da non far intervenire le protezioni: eventuali materiali combustibili potrebbero essere innescati e la ionizzazione dell'aria potrebbe creare altri archi lungo il sistema elettrico.

Cause Elettriche di Innesco: l'arco

c. CORTO CIRCUITO con arco:



c. CORTO CIRCUITO

Un corto circuito franco (*bolted short*), è sostenuto da una connessione “metallo-metallo”.

Il calore di un corto circuito franco, non è localizzato in quanto tutta la corrente di guasto fluisce per l'intera lunghezza del circuito elettrico dal punto di guasto sino alla sorgente.

Si verifica il fenomeno del riscaldamento ohmico lungo tutto il circuito di guasto, anche se spesso, **considerato l'alta corrente circolante**, le protezioni – se presenti – intervengono de-energizzando il circuito.

Cause Elettriche di Innesco: l'arco

L'evidenza (le prove) dell'avvenuto arco in uno scenario post incendio sono, generalmente, di tre tipologie:

- 1) Notching (Intagli)
- 2) Beading (Perlinatura)
- 3) Spruzzi ad alta energia (High Energy Splatter)



Notching (Intagli)



Beading (Perlinatura)



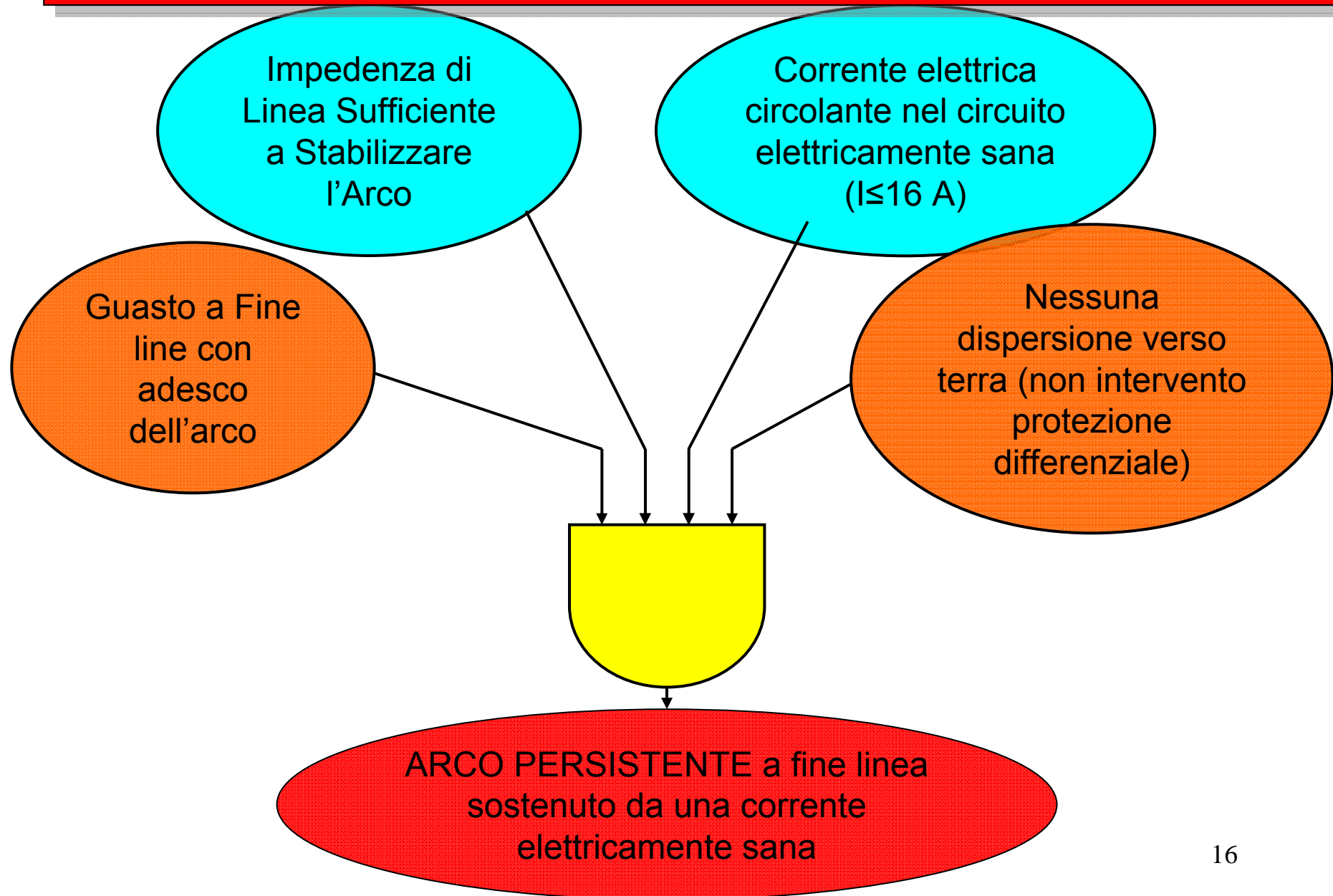
High Energy Splatter

Considerazioni sull'arco come causa di innesco elettrica

Riassumendo, si può affermare che l'arco elettrico può essere innescato da:

- Sovratensioni (atmosferiche e di manovra);
- Filo che fonde (si ionizza l'aria e si crea un percorso conduttore);
- Inquinamento superficiale e cedimento dell'isolante (tracking);
- Arco funzionale (fusibili, interruttori);
- Cortocircuito con formazione di arco.

Considerazioni sull'arco come causa di innesco elettrica: Arco a Bassa Potenza



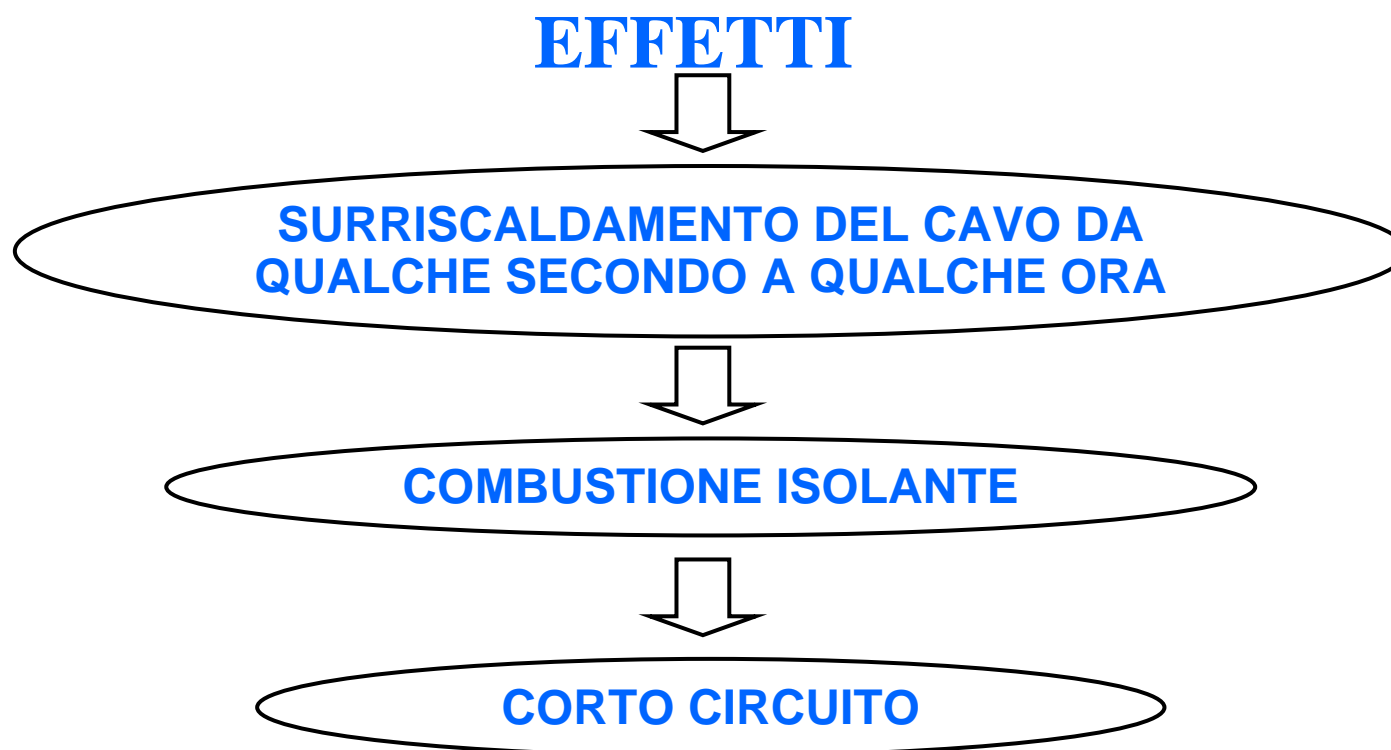
TEMPERATURE ELEVATE - SOVRACCARICO

Una delle conseguenze del passaggio di una corrente elettrica in un circuito è un aumento della temperatura. Questo accade perché la variazione di temperatura è proporzionale al quadrato della corrente (effetto Joule).

L'effetto Joule in un'apparecchiatura elettrica si manifesta a causa di:

- Passaggio della corrente nominale (funzionamento normale);
- Sovracorrenti (Cortocircuito, Sovraccarico);
- Correnti di guasto verso terra (Guasto a Terra);
- Resistenza localizzata (Cattivo Contatto);
- Guasto nelle apparecchiature o negli utilizzatori (a valle della presa a spina).

DEFINIZIONE: Corrente non molto superiore al valore nominale – portata del cavo – (da 1 a circa 3 In) che si può verificare in un impianto **ELETTRICAMENTE SANO** in seguito all'allacciamento contemporaneo di utilizzatori di eccessiva potenza;



Semplici test di laboratorio possono riprodurre l'effetto del sovraccarico;

Il sovraccarico risulta essere molto raro in impianti elettrici realizzati a regola d'arte (IEC, CEI, ...);

Prove di laboratorio hanno dimostrato che è necessario interessare il conduttore con una corrente da 3 a 7 volte la portata del cavo (I_z) per arrivare ad un innesco significativo;

Come visto prima, i cavi sono protetti da un interruttore “termico”, per avere un innesco da sovraccarico bisognerebbe che contemporaneamente si rompesse l'interruttore e si stabilisse la sovracorrente.

CORRENTI DI GUASTO VERSO TERRA

Trattasi di correnti che si instaurano a seguito di un guasto, quale il cedimento dell'isolamento, fra una fase e la terra.

Sono limitate dalle resistenze di terra e quindi non sempre determinano l'intervento dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, pur essendo in grado di innescare un incendio.

La norma prevede l'uso di interruttori differenziali con corrente di intervento differenziale massima di 0,3 A sia sui circuiti di distribuzione che terminali e di 1 A sui circuiti di alimentazione dei servizi di sicurezza per necessità di continuità di servizio.

TEMPERATURE ELEVATE – Connessioni Lente Poor Connection

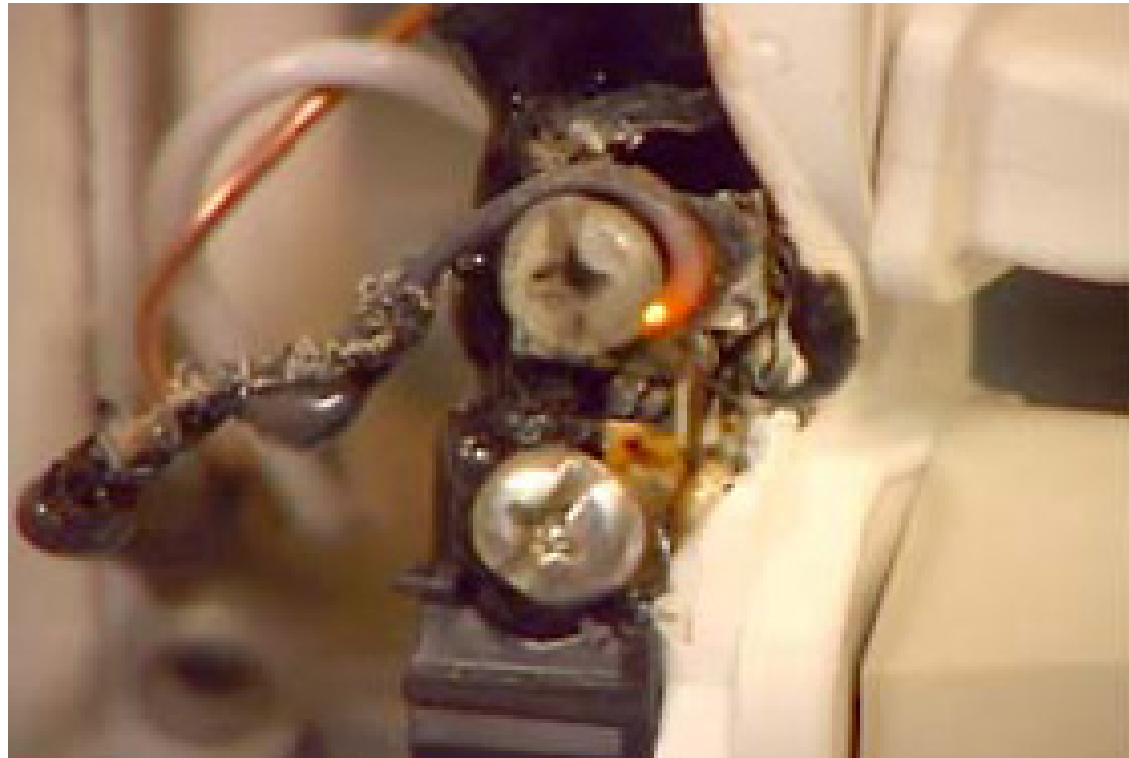
Le connessioni elettriche di un impianto o circuito elettrico sono meccanicamente robuste e presentano una bassa resistenza.

Se una connessione non viene realizzata propriamente – connessione lenta – la resistenza di contatto aumenta notevolmente a causa dei pochi punti di contatto della connessione e per la presenza di spazi vuoti riempiti da aria.

L'alta resistenza di contatto, quando nel circuito si stabiliscono correnti di funzionamento, comporta riscaldamenti localizzati con danneggiamenti dell'isolante del cavo o dei materiali plastici dell'impianto.

TEMPERATURE ELEVATE – Connessioni Lente Poor Connection

Le connessioni lente sono molto pericolose perché stabiliscono livelli di corrente “normali” che non fanno intervenire le previste protezioni da sovraccarico.



RISCALDAMENTO ESTERNO

La maggior parte dei casi di riscaldamento esterno coinvolge i conduttori come vittime di un incendio.

Tuttavia esistono casi in cui il riscaldamento esterno diventa l'evento di attivazione sviluppando fenomeni d'arco.

Al NIST è stato dimostrato che temperature intorno ai 200 °C nelle scatole di derivazione portano al guasto entro 65 ore.

SOVRATENSIONI

Tensioni elevate comportano, a parità di impedenza, correnti elevate: se la sovratensione è elevata essa può rappresentare un innesco efficace.

Le sovratensioni in un circuito possono essere causate da:

- 1) Fulminazione;**
- 2) Applicazione accidentale di tensioni maggiori su circuiti o apparecchiature elettriche funzionanti a tensioni inferiori;**
- 3) Mancanza del neutro**

Surriscaldamento dei circuiti di distribuzione dovuto alla presenza di apparecchiature elettroniche in ufficio (PC, fotocopiatrici, FAX, UPS) e di regolazione della luminosità.

Nelle industrie ci possono essere sistemi elettronici per il controllo della velocità dei motori asincroni.

Surriscaldamento dei circuiti di distribuzione dovuto alla presenza di apparecchiature elettroniche in ufficio (PC, fotocopiatrici, FAX, UPS) e di regolazione della luminosità.

Nelle industrie ci possono essere sistemi elettronici per il controllo della velocità dei motori asincroni.

**Crescente diffusione di Apparati Elettronici
Deviazione dai valori nominali dei parametri elettrici dell'alimentazione definiti come disturbi della**

POWER QUALITY

Effetto delle armoniche sui cavi: EFFETTO PELLE

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \mu_r \sigma}}$$

Freq.	δ
50 Hz	9,38 mm
1 kHz	2,10 mm
5 kHz	0,94 mm
10 kHz	0,66 mm
100 kHz	0,21 mm
500 kHz	0,094 mm
1 MHz	0,066 mm
10 MHz	0,021 mm
100 MHz	6,6 μm
1 GHz	2,1 μm
10 GHz	0,7 μm

Conseguenze dell'EFFETTO PELLE

Gli effetti di tale fenomeno possono portare a condizioni di sovraccarico sia sui conduttori di fase sia sull'eventuale conduttore di neutro.

L'Effetto Pelle, comporta la riduzione delle portate ammissibili.

La presenza di componenti armoniche di corrente ad una elevata frequenza, causa l'aumento della componente resistiva ma anche di quella reattiva di carico

SCARICA ELETTROSTATICA

Nella costruzione delle apparecchiature elettriche per isolare le parti in tensione dei componenti elettrici vengono utilizzate resine plastiche, mentre per gli involucri che contengono i componenti sono impiegate sia le resine plastiche, sia le leghe metalliche.

Il materiale con cui sono realizzate le apparecchiature elettriche diviene di fondamentale importanza per il rischio di accumulo **di carica e la relativa scarica elettrostatica che può innescare l'incendio.**

SCARICA ELETTROSTATICA

Anche l'elettricità statica accumulata dalle persone può costituire una fonte pericolosa di innesco, ad esempio attraverso gli abiti indossati da un operatore oppure semplicemente camminando su un pavimento in materiale non conduttivo sul quale a sua volta sono accumulate cariche.

Nel momento in cui la persona “carica” viene in contatto con un oggetto, quale la custodia di un'apparecchiatura elettrica o una parte dell'impianto, a diverso potenziale, avviene la scarica elettrostatica che si **manifesta con una scintilla.**

SCARICA ELETTROSTATICA

Nelle normali operazioni svolte in un impianto industriale vi sono molte situazioni in cui si può accumulare carica elettrostatica, ad esempio:

- nelle operazioni di pulizia dell'interno di serbatoi vuoti in cui sono normalmente contenenti liquidi infiammabili, mediante l'uso di acqua o vapore ad alta pressione, si può verificare accumulo di carica pericolosa per l'innesco dei vapori ancora presenti all'interno dei serbatoi.

Per questo motivo i serbatoi vengono in genere riempiti di gas inerte durante le operazioni di pulizia;

SCARICA ELETTROSTATICA

Nel processo di sabbiatura dei metalli si accumula una notevole quantità di carica a causa della velocità di movimento della sabbia;

- il carico o lo scarico di un serbatoio contenente liquido infiammabile, così come le operazioni di carico e scarico di silos contenenti polveri combustibili.

In tali casi in genere si utilizzano serbatoi e silos metallici in modo tale da poter equipotenzializzare il sistema serbatoi/silos con il sistema di carico/scarico, collegando entrambi i sistemi a terra.

NEL CASO DI SILOS REALIZZATI IN MATERIALE NON METALLICO:

il costruttore del silos destinato a contenere atmosfera esplosiva, esegue l'analisi del rischio di accumulo di cariche elettrostatiche del materiale e comunica attraverso le istruzioni per l'uso e la manutenzione le informazioni per eseguire le operazioni in sicurezza;

IN ULTIMO:

- il movimento di liquidi o polveri, all'interno di sistemi di trasporto, con velocità superiori a 1 m/s generano accumulo di carica elettrostatica.

IMPIANTO ELETTRICO

IMPIANTO ELETTRICO VERO E PROPRIO (impianto di alimentazione) e UTILIZZATORI

ACCENSIONE DIRETTA

ACCENSIONE INDIRETTA

SCARICA ELETTRISTATICA

- Accumulo di carica sulla superficie delle custodie (MATERIALE PLASTICO)

ARCO ELETTRICO

- Sovratensioni (atmosferiche e di manovra);
- Filo che fonde;
- Inquinamento superficiale e cedimento dell'isolante (tracking);
- Arco funzionale (fusibili, interruttori);
- Cortocircuito con formazione di arco.

TEMPERATURE ELEVATE (EFFETTO JOULE)

- Passaggio della corrente nominale (funzionamento normale);
- Sovracorrenti (Cortocircuito, Sovraccarico);
- Correnti di guasto verso terra (Guasto a Terra);
- Resistenza localizzata (Cattivo Contatto);
- Guasto nelle apparecchiature