



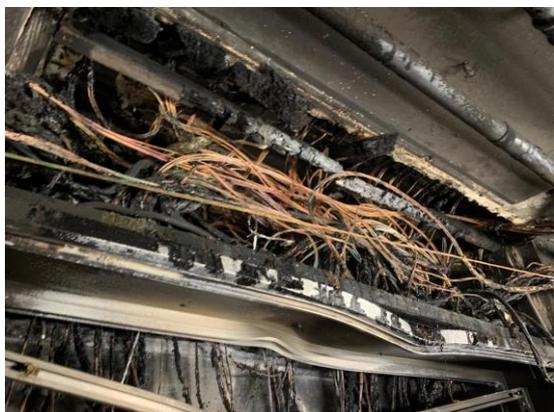
08/2020

Imparare dagli infortuni da elettricità!

Incidente elettrico causato da archi elettrici alla distribuzione principale; valutazione dell'energia passante in funzione dei tempi di disinserzione interruzione

Situazione iniziale

L'infortunato (IF) aveva ricevuto l'ordine di sostituire i relais di blocco che erano gestiti mediante il NKE (ricettore di telecomando centralizzato) poiché uno di essi era difettoso. I relais di blocco erano installati per due steamer. Nel 2012 era stata sostituita la distribuzione principale. La corrente di cortocircuito a quel tempo misurata presso la cassetta di allacciamento dell'edificio HAK e verbalizzata nel RaSi era pari a 2,3 kA per HPC 160 A.



(Figura 1)

Immagine dell'infortunio e del danno dopo l'evento:
gravi ustioni alla mano sinistra e distribuzione principale completamente bruciata.



(Figura 2)

Ruttore di sovrintensità bruciato (HAK)

Dinamica dell'infortunio

Quando l'IF ha staccato il cavo del relais di blocco con la pinza a beccaccino, ha, molto probabilmente, toccato con l'attrezzo l'alimentazione dei fusibili provocando un arco elettrico e ustionandosi la mano sinistra con l'enorme calore da esso sprigionato. Il cortocircuito ha causato inoltre un incendio degno di nota con gravi danni materiali alla distribuzione principale (totalmente danneggiata).



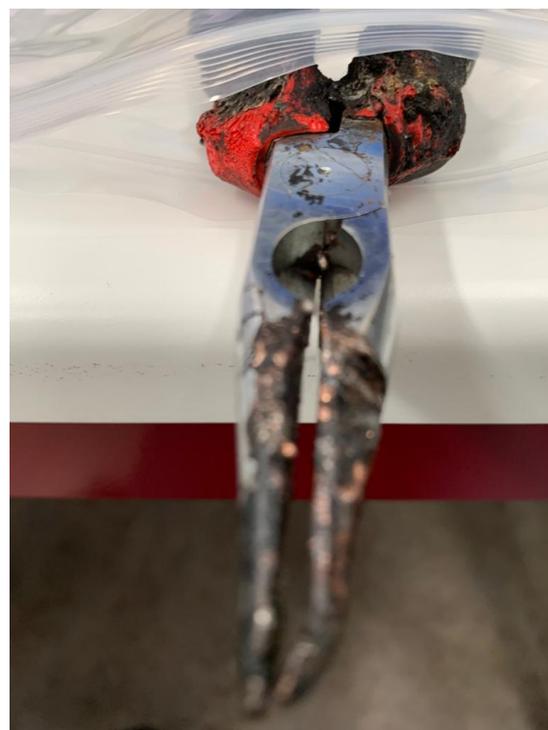
Causa:
per quale motivo è accaduto l'infortunio?
Constatazioni:

- Le 5 regole di sicurezza non sono state debitamente applicate.
- Il lato dell'alimentazione dei fusibili nei pressi dei relais di blocco era ancora sotto tensione.
- Non è stata constatata l'assenza di tensione dell'alimentazione per i fusibili (Art. 72 Ordinanza sulla corrente forte / art. 22 OIBT)
- L'assenza di tensione non è stata verificata mediante un apparecchio di misurazione, conformemente alla norma EN 61243-3.
- L'IF non ha coperto gli elementi vicini ancora sotto tensione, della distribuzione principale (regola 5).
- L'IF ha eseguito dei lavori in prossimità di elementi sotto tensione senza indossare un dispositivo di protezione individuale (DPI; Direttiva ESTI n. 407).
- **Formazione:** in qualità di installatore elettricista con diploma federale e titolare di un'autorizzazione di installazione dell'ESTI, l'IF era autorizzato a eseguire autonomamente lavori di installazione elettrica in assenza di tensione.
- **Perfezionamento:** nessuna autorizzazione per lavori sotto tensione.

Operazioni: la modalità di lavoro dell'IF è stata imprudente e negligente.

Situazioni:

- Le parti dell'impianto vicine sotto tensione non sono state coperte.
- La protezione base non è stata rispettata durante il lavoro (NIBT 1.3.1.2).
- Tempi di interruzione in caso di cortocircuito poco meno di 5 s.



(Figura 3)

La pinza a beccaccino con la quale è stato causato il cortocircuito.



(Figura 4)

La distribuzione principale dopo l'incendio
(totalmente danneggiata)



(Figura 5)

Distribuzione principale carbonizzata,
interruttore protettivo di linea in PVC bruciato
con placca di copertura in PVC bruciata.



Misure per evitare tali infortuni:

1. Debita applicazione sistematica delle 5 regole di sicurezza per lavori in assenza di tensione.
2. Regola 5: qualora si debbano eseguire lavori in prossimità di elementi sotto tensione, tali elementi devono essere coperti al fine di poter escludere un contatto accidentale (art. 72 Ordinanza sulla corrente forte / art. 22 OIBT).
3. Qualora si lavori in prossimità di elementi sotto tensione, si deve sempre obbligatoriamente indossare un adeguato dispositivo di protezione individuale (DPI; Direttiva ESTI n. 407).
4. Debito rispetto delle 5 regole vitali:
 1. Assegnare incarichi precisi.
 2. Impiegare personale idoneo.
 3. Utilizzare attrezzature di lavoro in perfetto stato.
 4. Utilizzare i dispositivi di protezione.
 5. Mettere in funzione solo impianti verificati.
5. L'assenza di tensione deve essere verificata mediante un apparecchio di misurazione conformemente alla SN EN 61243-3.
6. Qualora siano rimosse le schermature di parti d'impianto o di apparecchiature assiemate di manovra, per la rimozione della schermatura si deve sempre indossare un DPI adeguato.
(Direttiva ESTI n. 407)
7. I lavori sotto tensione (LsT 2) possono essere eseguiti solo da persone formate e autorizzate a svolgere tali lavori. (Art. 76 Ordinanza sulla corrente forte)
8. I superiori devono sempre impartire ordini di lavoro chiari; non può essere tollerata alcuna improvvisazione. I superiori verificano regolarmente se le regole vitali vengono rispettate.
9. Si deve sempre eseguire un'analisi dei rischi, in conformità alla seguente valutazione, per tempi di interruzione, in caso di guasto superiori a 0,5 s (conformemente alla **SN EN 61482-1-2 e a ESTI 407.0720**)



Valutazione dell'energia passante in funzione dei tempi di interruzione



(Figura 6)

La pinza a beccaccino dopo il cortocircuito.

Esame dei rischi:

L'analisi dei rischi comprende le seguenti fasi di lavoro:

- determinazione del valore atteso dell'energia elettrica dell'arco elettrico;
- valutazione del livello di protezione dagli archi elettrici del relativo DPI;
- considerazione di condizioni diverse di esposizione.

Calcolo dell'energia passante

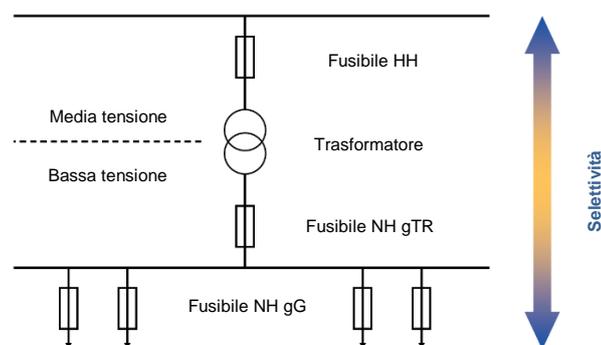
- $(W = I^2 \cdot t)$
- $2300 \times 0,4 = 2'116'000 \text{ Ws}$
0,587 kWh
- $2300 \times 1 = 5'290'000 \text{ Ws}$
1,469 kWh
- $2300 \times 5 = 26'450'000 \text{ Ws}$
7,347 kWh
- $2300 \times 120 = 634'800'000 \text{ Ws}$
176,333 kWh

Tempo di interruzione del rottore di sovrintensità

Nell'ambito della BT si è generalmente nella zona sicura se si presuppone una limitazione della corrente del 50% e con questa corrente ridotta si determina il tempo di interruzione dalla linea caratteristica di protezione. Il fattore di limitazione della corrente è dunque pari a $k_B = 0,5$; ne consegue

$$I_{kLB} = 0,5 \cdot I_{k3min}$$

Si deve ora individuare il tempo di interruzione del dispositivo di protezione dalle sovracorrenti con la linea caratteristica alla figura 7 e la corrente di cortocircuito "I" dell'arco elettrico individuata. Da ciò risulta per $2,3 \text{ kA} = 1,15 \text{ kA}$, che corrisponde a 2-4 s.



(Figura 8) - Tempo di interruzione fusibile HH max. 5 s.

- Tempo di interruzione fusibile NH gTr max. 1 s. o secondo linea caratteristica di protezione del trasformatore. A tal proposito si veda la Comunicazione ESTI: numero 2019-0702 del 22 luglio 2019

Condizioni di interruzione: in caso di dispersione a terra o di un corto circuito su due conduttori sul lato bassa tensione delle stazioni di



Da ciò risulta una riduzione dell'energia di 300 volte tra 0,4 s e 120 s, ossia si deve puntare sempre a una disinserzione di 0,4 s per la protezione delle persone (si veda la figura 7).

Una disinserzione > 1 s è giustificabile solo con la protezione della linea.

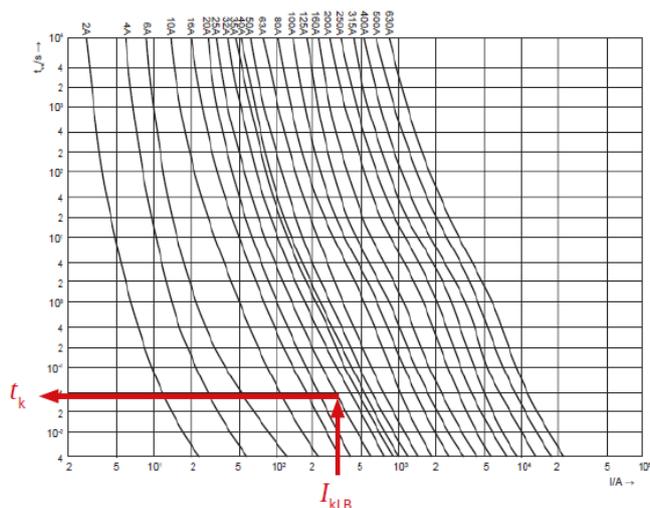
In caso di tempi di interruzione > 5 s la qualità della rete e la caduta di tensione non sono rispettate.

Dispositivi di protezione individuale contro le ripercussioni termiche di un arco elettrico (DPI contro gli archi elettrici).

È considerato un dispositivo di protezione individuale contro le ripercussioni termiche di un arco elettrico qualsiasi mezzo destinato a essere indossato da una persona, volto a proteggerla contro i pericoli termici di un arco elettrico.

Classi di protezione DPI; SN EN 61482-1-2

Norma di verifica classi di protezione	Energia dell'arco elettrico [W]
Classe di protezione 1	168 kJ
Classe di protezione 2	320 kJ



(Figura 7)

Linea caratteristica del dispositivo di protezione contro le sovracorrenti per il tempo di interruzione

trasformazione, l'impianto interessato deve, se per I_{cw} non viene indicato nulla di diverso, disinserirsi automaticamente al massimo in un secondo (1s).

- (Indicazione: la corrente nominale ammissibile di breve durata I_{cw} è di regola stabilita per 1s).
- Tempo di disinserzione fusibile NH gG max. 120 s. conformemente all'ordinanza sulla corrente forte, raccomandato max. 5 s. secondo la NIBT.
- Tempo di interruzione rottore di sovrintensità max. 5 s.
- Tempo di interruzione circuiti terminali senza dispositivi d'innesto > 63A max. 5 s.
- Tempo di interruzione circuiti terminali con dispositivi d'innesto max. 0,4 s.
- Tempo di interruzione circuiti terminali con RCD max. 0,3 s.



Conclusioni:

- I tempi di interruzione sono determinanti per la protezione delle persone e delle cose.
- I tempi di interruzione dovrebbero collocarsi tra 0,4 s. e al massimo 1 s.
- L'energia passante in caso di tempo di interruzione di 120 s. è 300 volte maggiore rispetto a un tempo di interruzione di 0,4 s.
- I tempi di interruzione tra 5 s. e 120 s. soddisfano solo la protezione della linea e in nessun caso la protezione delle persone.

Calcolo della corrente di cortocircuito «Programma di calcolo Belvoto» (Figura 9)

Pericolosità degli archi elettrici (checklist)

1. È stata effettuata un'analisi dei pericoli in considerazione dell'energia di un potenziale arco elettrico (ESTI 407 0720)?
2. I collaboratori applicano veramente le cinque regole di sicurezza?
3. Il personale è stato istruito in merito ai particolari pericoli esistenti lavorando in prossimità di elementi sotto tensione? E ciò è documentato?
4. Il DPI richiesto secondo l'analisi dei rischi è a disposizione dei collaboratori?
5. Durante i lavori viene tenuta una distanza sufficiente dagli elementi sotto tensione?
6. L'impianto di distribuzione è protetto da possibili contatti accidentali e sono stati evitati ponticelli di potenziale? IP 2X o IP 3X
7. L'impiego di dispositivi di protezione/fusibili rapidi o di sistemi mobili di cortocircuito per archi elettrici (fino a $I_K = 20 \text{ kA}$) è possibile?
8. Sono impiegati impianti di commutazione omologati? Quadri BT omologati e parzialmente omologati?
9. Gli impianti di commutazione e il corrispondente materiale elettrico sono di facile manutenzione?
10. I dispositivi di protezione dalle sovracorrenti sono adatti ad interrompere un possibile arco elettrico il più rapidamente possibile? Sino a 315 A
11. Per impianti ad alta energia: è possibile l'impiego di detettori di archi elettrici unitamente a dispositivi di corto circuito? (Sistema di protezione dagli archi elettrici Dehnarc)



La corrente di cortocircuito si riduce sino al ruttore di sovraintensità dal lato in uscita da 16,9 a 13,9 kA (esempio) indumento di protezione livello 2.

Belvoto 4 (Figura 9)

The interface displays a vertical scale for protection levels (0-3) on the left, with corresponding PPE requirements:

- 0: Nessuna specifica
- 1: Indumenti di protezione livello 1
1 x Indumenti di protezione a norma EN 61482-1-2 classe 1
- 2: Indumenti di protezione livello 2
2 x Indumenti di protezione livello 1 o
1 x Indumenti di protezione a norma EN 61482-1-2 classe 2
- 3: Indumenti di protezione livello 3
1 x Indumenti di protezione livello 1 e
1 x Indumenti di protezione livello 2

A 3D worker model is shown wearing level 2 PPE. A gauge indicates a short-circuit current of 10.75 kA, with $I_K = 10.75 \text{ kA}$ and $I_C = 10.75 \text{ kA}$.

The schematic diagram shows a power line with the following components and parameters:

Component	Parameters
Trasformatore	$U_N = 400 \text{ V}$, $S_{Tr} = 630 \text{ kVA}$, $u_k = 6 \%$, $P_{Cu} = 8700 \text{ W}$
Protezione 1	Costi: NH, Car: gG, $I_n = 630 \text{ A}$
Conduttura 1	S: 240 mm ² , Tipo: a più fili, t: 90 °C, n: 1, l: 10 m
Protezione 2	Costi: NH, Car: gG, $I_n = 160 \text{ A}$
Conduttura 2	S: 70 mm ² , Tipo: a più fili, t: 70 °C, n: 1, l: 10 m
Protezione 3	Costi: LS, Car: C, $I_n = 13 \text{ A}$
Conduttura 3	S: 1.5 mm ² , Tipo: a più fili, t: 70 °C, n: 1, l: 20 m



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI
Inspection fédérale des installations à courant fort ESTI
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI
Inspektorat federal d'installaziuns a current ferm ESTI

Daniel Otti, direttore ESTI
André Moser, esperto tecnico / addetto alla sicurezza

Ispettorato federale degli impianti a corrente forte ESTI
Luppenstrasse 1, 8320 Fehraltorf
Tel. +41 58 595 18 18
info@esti.admin.ch
www.esti.admin.ch