



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Industriale

**RILIEVO DANNI CAUSATI DA SCARICHE
ELETTRICHE AD ELEVATA TENSIONE SU
FUNI DI IMPIANTI FUNIVIARI**

Relatore

Prof. Vigilio Fontanari

Laureando

Luca Moiola

Anno Accademico 2006/2007

INDICE

TIPOLGIA

1. TIPOLOGIA FUNI IN ACCIAIO IMPIEGATE NELLE FUNIVIE	10
1.1 Sguardo generale sulle funi	11
1.2 Elementi costitutivi	12
1.3 Tipologia, campi d'impiego	15
1.4 Caratteristiche tecniche delle funi	23
1.5 Materiali	30
1.5.1 Caratteristiche degli acciai delle vergelle	30
1.5.2 Materiali utilizzati per le anime flessibili	31
1.6 Costruzione delle funi	32
1.6.1 La trafilatura	32
1.6.2 Le filiere	33
1.6.3 La lubrificazione in trafilatura	33
1.6.4 Trattamenti termici sul filo	33
1.6.5 La zincatura	34
1.6.6 Laminazione del filo sagomato (Z)	34
1.6.7 Trefolatura e zincatura	35

ESAMI PERIODICI E DURATA

2. ESAMI PERIODICI E DURATA IN SERVIZIO DELLE FUNI	36
2.1 Gradi di sicurezza componenti funiviari	39

IMPIANTI ELETTRICI

3. IMPIANTI ELETTRICI	40
3.1 Circuiti elettrici di sicurezza	41
3.2 Dispositivi di controllo per l'avvicinamento delle vetture in stazione (dazio)	42
3.3 Impianto di messa a terra elettrica	42

DIFETTI E DANNI NELLE FUNI

4.DIFETTI E DANNI FUNI:CAUSE E LORO MANIFESTAZIONI	43
4.1 Difetti di costruzione	45
4.1.1 Difetti dovuti ai materiali	45
4.1.2 Difetti dovuti alla lavorazione	46
4.1.3 Difetti dovuti alla cordatura	46
4.2 Danni causati dalle scariche atmosferiche	47
4.2.1 Effetti delle scariche atmosferiche sulle funi	49
4.2.2 Provvedimenti per la difesa dalle scariche atmosferiche	50

INTRODUZIONE AL PROBLEMA DELLA FULMINAZIONE

5. INTRODUZIONE AL PROBLEMA DELLA FULMINAZIONE	51
5.1 Ipotesi di eventi possibili	53
5.2 Calcolo delle entità e durate di possibili correnti di corto circuito	56
5.3 Analisi di un caso reale: fulminazione funivia S.Valentino	
(Altopiano Brentonico)	58

TEST E RISULTATI

6. TEST E RISULTATI	62
6.1 Indagini sperimentali e verifiche meccaniche a rottura	63
6.2 Svolgimento dei test	65
6.3 Risultati del rilievo visivo	67
6.3.1 Prova 1 <i>dinamica</i> su fune chiusa Φ 55mm – Test n° 114091	67
6.3.2 Prova 2 <i>dinamica</i> su fune a trefoli Φ 40mm – Test n° 114095	68
6.4 Prova di trazione	70
6.4.1 Premessa	70
6.4.2 Fune chiusa Φ 55	71
6.4.3 Fune a trefoli Φ 40	74
6.4.4 Commento ai risultati delle prove di strappo – esame dei grafici	75

6.5 Analisi microstrutturale e microdurezze	76
6.5.1 Tondo trazione (funne Ø 40)	76
6.5.2 Z Trazione (funne Ø 55)	82
6.5.3 Tondo Fulminato+Trazione (funne Ø 40)	87
6.5.4 Z Fulminato+Trazione (funne Ø 55)	106
6.6 Microanalisi dei campioni con microscopio a scansione elettronica	123
6.6.1 Tondo trazione (funne Ø 40)	124
6.6.2 Tondo Fulminato+Trazione (funne Ø 40)	127
6.6.3 Z Trazione (funne Ø 55)	131
6.6.4 Z Fulminato+Trazione (funne Ø 55)	136

CONCLUSIONI

7. CONCLUSIONI	141
-----------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	146
---------------------	------------

LISTA DELLE TABELLE

<u>Tab. 1</u> Distanze di rispetto minime previste dall'art. 2.1.06 del Regolamento1	52
<u>Tab. 2</u> Sovrappassi linee aeree — impianti a fune nella Regione Val D Aosta e nella Provincia di Trento	54
<u>Tab. 3</u> Moduli [kA] delle correnti subtransitorie di corto circuito (a 50 Hz) nelle fasi 1, 2, 3 ottenuti nell'attraversamento # 2 tramite gli algoritmi multiconduttore	54
<u>Tab. 4</u> Tipi di Prove di corto circuito eseguite sulle funi	62
<u>Tab. 5</u> Coefficienti di riduzione del carico di rottura per le funi sottoposte a corto circuito	68
<u>Tab. 6</u> Microdurezze del provino “Tondo Trazione” nei vari punti di campionamento	74
<u>Tab. 7</u> Microdurezze del provino “Z Trazione” nei vari punti di campionamento	80
<u>Tab. 8</u> Microdurezze del provino “Tondo Fulminato+Trazione” nei vari punti di campionamento	86
<u>Tab. 9</u> Microdurezze del provino “Z Fulminato+Trazione” nei vari punti di campionamento	105

Premessa

Considerata la mancanza totale di riferimenti in letteratura tecnica, tale studio può essere considerato un primo piccolo contributo verso la comprensione dei fenomeni elettro-termici e metallurgici provocati dai corto circuiti tra linea aerea sovrappassante e fune funiviaria.

Lo stage svolto presso i Servizi Impianti a Fune della Provincia Autonoma di Trento, Laboratorio Tecnologico LA.T.I.F. mi ha permesso di entrare a contatto con una realtà territoriale molto importante. Questa relazione tecnica verterà principalmente, dopo opportuna esposizione, sull'analisi e il commento delle caratteristiche di rottura per trazione di due funi metalliche d'impianti funiviari nei due casi in cui siano state precedentemente sottoposte a fulminazione e non. Quindi il successivo passo è quello di indagare mediante analisi microscopica se la fulminazione abbia generato, nelle zona "scottata", un cambiamento locale nella microstruttura, in particolare si pensa ad una trasformazione perlitica-martensitica, che possa aver indebolito le proprietà di resistenza delle fune.

Impostazione del lavoro

L'argomento è il rilievo dei danni causati da scariche elettriche di elevata potenza su funi funiviarie di diverso diametro e formazione, con prove di trazione e analisi microscopica.

Ed è sul controllo delle funi che questo lavoro è incentrato, in particolare sull'analisi del cambiamento delle proprietà resistenziali e microstrutturali dopo fulminazione, sfruttando i dati forniti da prove di trazione ed analisi microscopica.

Per fulminazione, si intende quella generata dal cortocircuito dovuto ad abbassamento del conduttore di fase di un elettrodotto fino ad appoggiarsi sull'impianto funiviario sottostante. Non si considera quella scaturita da scariche atmosferiche, perché di intensità elevata ma di durata molto breve.

All'argomento centrale si arriva con una panoramica sulle tipologie delle funi, materiali, costruzioni delle stesse, montaggio e manutenzioni, difetti e danni: tale premessa è necessaria per inquadrare cosa si va a controllare, come si lavora, le tipologie dei danni che una fune può subire e che si vanno a ricercare con i vari metodi di indagine.

Si inizia lo studio con un'analisi visiva dei danni provocati dalla fulminazione, affiancata poi da prove di trazione sui campioni in esame per valutare l'effetto indebolente indotto dalla scarica elettrica, quindi si passa ad un'analisi microscopica per scoprire se il calo della resistenza è stato provocato da una tempra termica in aria che ha indotto un cambiamento microstrutturale locale.

Dopo un accenno alle normative sul settore, si espongono le metodologie di prova, riportando i vari risultati.

Si conclude con considerazioni che sintetizzano i risultati ottenuti, facendo il punto delle condizioni in cui lavora una fune fulminata, per cercare di stabilire se possa continuare il proprio lavoro almeno per il tempo necessario a portare a terra eventuali passeggeri presenti sull'impianto al momento dell'incidente.