

**PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA
ELETTRICA E LA MESSA A TERRA NEGLI IMPIANTI DI CATEGORIA 0
(ZERO) E I (PRIMA) SU:**

***LINEE DI TRAZIONE ELETTRICA A CORRENTE CONTINUA A 3000 V
E LINEE FERROVIARIE NON ELETTRIFICATE***

Capitolo	Titolo
CAPITOLO I	GENERALITA'
CAPITOLO II	PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA IN ZONA DI RISPETTO TE
CAPITOLO III	PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA AL DI FUORI DELLA ZONA DI RISPETTO TE
CAPITOLO IV	PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA SULLE LINEE FERROVIARIE NON ELETTRIFICATE

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	01/06/99	Emissione per Applicazione	<i>BCosta</i>	<i>Wsh</i>

**INDICE****PREMESSA****CAPITOLO I - GENERALITÀ****Sezione 1 - Oggetto e scopo**

- 1.1.01 Oggetto
- 1.1.02 Scopo

Sezione 2 - Definizioni

- 1.2.01 Zona di rispetto TE
- 1.2.02 Circuito di terra di protezione TE
- 1.2.03 Linea di trazione elettrica (Art. 3.1 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.04 Circuito di ritorno (Art. 3.4.1 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.05 Circuito di ritorno tramite il binario (Art. 3.4.2 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.06 Dispositivo di limitazione della tensione (Art. 3.9.1 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.06.1 Valvola di tensione
- 1.2.06.2 Diodo di protezione
- 1.2.06.3 Dispositivo di limitazione della tensione con cortocircuitatore
- 1.2.07 Scaricatore (Art. 3.9.2 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.08 Classificazione dei sistemi secondo la loro tensione nominale (Art. 22.1 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.09 Classificazione dei sistemi secondo il loro modo di collegamento a terra
(Artt. 312.2 - 312.2.1 - 312.2.2 - 312.2.3 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.10 Classificazione dei componenti elettrici secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti
(Art. 27.3 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.11 Parte attiva
- 1.2.12 Massa (Art. 23.2 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.13 Massa estranea (Art. 23.3 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.14 Contatto diretto (Art. 23.5 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.15 Contatto indiretto (Art. 23.6 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.16 Parti simultaneamente accessibili (Art. 23.10 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.17 Parti a portata di mano (Art. 23.11 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.18 Barriera (Art. 3.8.8 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.19 Ostacolo (Art. 3.8.9 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.20 Terra (Art. 24.1 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.21 Dispersore (Art. 24.2 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.22 Terra di trazione (Art. 3.5.3 - Norma CEI 9-6)
- 1.2.23 Resistenza di terra (Art. 24.3 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.24 Resistenza di terra equivalente (Art. 1.2.3.12 - Norma CEI 81-1)
- 1.2.25 Conduttore di protezione (Art. 24.5 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.26 Conduttore di terra
- 1.2.27 Collettore (o nodo) principale di terra (Art. 24.8 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.28 Collettore di terra (in zona di rispetto TE)
- 1.2.29 Collegamento equipotenziale (Art. 24.9 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.30 Conduttore equipotenziale (Art. 24.10 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.31 Impianto di terra (Art. 24.11 - Norma CEI 64-8)
- 1.2.32 Impianti di terra elettricamente indipendenti (Art. 24.4 - Norma CEI 64-8)



1.2.33	Potenziale trasferito (Art. 2.7.14.3 - Norma CEI 11-1) -----	14
1.2.34	Impianti sensibili ed essenziali -----	14
1.2.35	Linea di telecomunicazione (Art. 1.3.20 - Norma CEI 103-10)-----	14
1.2.36	Elementi conduttori della linea di telecomunicazione (Art. 1.3.21 - Norma CEI 103-10) -----	14
Sezione 3 - Criteri generali -----		15
1.3.01	Coesistenza di più impianti di terra-----	15
1.3.02	Masse simultaneamente accessibili -----	15
1.3.03	Impianto di terra unico (Art. 2.4.1 - Norma CEI 81-1)-----	15
1.3.04	Trasferimenti di potenziali -----	15
1.3.05	Riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi -----	15
1.3.06	Protezione contro le sovratensioni per contatti fra circuiti a tensione nominale diversa -----	16
1.3.07	Prescrizione a salvaguardia degli impianti di segnalamento -----	16
1.3.08	Protezioni contro le corrosioni elettrolitiche-----	16
1.3.09	Affidabilità della continuità elettrica dei conduttori di protezione e di terra-----	16
CAPITOLO II - PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA IN ZONA DI RISPETTO TE -----		17
Sezione 1 - Campo di applicazione -----		17
2.1.01	Generalità-----	17
2.1.02	Installazioni messe in pericolo (Art. 6.2.1 - Norma CEI 9-6) -----	17
2.1.03	Strutture conduttrici di piccole dimensioni (Art. 4.3.2 - Norma CEI 9-6)-----	17
Sezione 2 - Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza -----		17
2.2.01	Messa a terra -----	17
2.2.02	Protezione mediante involucri o barriere-----	17
2.2.03	Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente-----	18
Sezione 3 - Messa a terra -----		18
2.3.01	Generalità-----	18
2.3.02	Dimensionamento dei conduttori di protezione e di terra-----	18
2.3.03	Modalità di esecuzione dei collegamenti al "circuito di ritorno TE"-----	18
2.3.04	Utilizzo di una sbarra collettoria di terra-----	18
2.3.05	Impianto di terra separato -----	20
Sezione 4 - Messa a terra di componenti particolari -----		20
2.4.01	Canalette, cassette di sezionamento, piantane e apparecchiature similari di materiale isolante -----	20
2.4.02	Canaletta metallica per cavi-----	20
2.4.03	Guaine ed armature metalliche di cavi di energia -----	20
2.4.04	Guaine ed armature metalliche di cavi di telecomunicazione-----	20
2.4.05	Casse di manovra (e apparecchiature similari)-----	20
2.4.06	Trasmissioni a semplice e doppio filo -----	20
Sezione 5 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) -----		21
2.5.01	Generalità-----	21
2.5.02	Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero) -----	21
2.5.03	Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali-----	21
2.5.04	Utilizzo di scaricatori -----	21
2.5.05	Controllo continuo dell'isolamento -----	22



CAPITOLO III - PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA AL DI FUORI DELLA ZONA DI RISPETTO TE	23
Sezione 1 - Campo di applicazione	23
3.1.01 Generalità	23
Sezione 2 - Messa a terra	23
3.2.01 Generalità	23
3.2.02 Dimensionamento dei conduttori di protezione	23
3.2.03 Dimensionamento dei conduttori di terra	24
3.2.04 Dimensionamento del collettore di terra	24
3.2.05 Valore della resistenza di terra dell'impianto di terra	24
3.2.06 Collegamenti di terra al "circuito di ritorno TE"	24
Sezione 3 - Messa a terra di componenti particolari	25
3.3.01 Canalette, cassette di sezionamento, piantane e apparecchiature similari di materiale isolante	25
3.3.02 Canaletta metallica per cavi	25
3.3.03 Guaine ed armature metalliche di cavi	25
3.3.04 Armatura del cavo a 1000 Vca di alimentazione del blocco automatico	25
Sezione 4 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)	26
3.4.01 Generalità	26
3.4.02 Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero)	26
3.4.03 Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima)	26
3.4.04 Utilizzo di scaricatori	26
3.4.05 Controllo continuo dell'isolamento	27
CAPITOLO IV - PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA SULLE LINEE FERROVIARIE NON ELETTRIFICATE	28
Sezione 1 - Campo di applicazione	28
4.1.01 Generalità	28
Sezione 2 - Messa a terra	28
4.2.01 Generalità	28
4.2.02 Dimensionamento dell'impianto di terra	28
Sezione 3 - Equipotenzialità degli impianti di terra e delle masse	28
4.3.01 Generalità	28
4.3.02 Impianto di terra unico	28
4.3.03 Collegamento al binario dell'impianto di terra separato	29
4.3.04 Continuità metallica delle rotaie	29
4.3.05 Dispersori supplementari	29
4.3.06 Miglioramento degli impianti di terra	29
4.3.07 Guaine, armature metalliche di cavi e altri elementi conduttori strutturali	29
Sezione 4 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)	29
4.4.01 Generalità	29
4.4.02 Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero)	29
4.4.03 Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali	30
4.4.04 Utilizzo di scaricatori	30

4.4.05	Controllo continuo dell'isolamento	30
APPENDICE A	.....	31
Zona di rispetto TE	.....	31
Zona della linea aerea di contatto e zona del pantografo (<i>Art. 3.3.8 - Norma CEI 9-6</i>)		31
Dimensioni della zona della linea aerea di contatto e della zona del pantografo (<i>Allegato I.1 - Norma CEI 9-6</i>)		31
Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)		
in zona di rispetto TE	.....	31
1) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione		31
2) Protezione mediante involucri o barriere		31
3) Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente		32
APPENDICE B	.....	33
Equipotenzialità delle masse	.....	33
Riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi: equipotenzialità degli impianti di terra e altri provvedimenti	.....	33
Esempio n. 1: Sistema di rilevamento delle temperature dei cuscinetti dei rotabili (sistema RTB)		33
Esempio n. 2: Circuito di relazione del Blocco Automatico		35
Esempio n. 3: Impianto di un passaggio a livello automatico		36
Coordinamento dell'isolamento	.....	38
Isolamento rispetto al proprio sistema di alimentazione		38
Isolamento rispetto all'ambiente elettrico		39
Isolamento rispetto al contatto diretto con parti attive del sistema di trazione		41
APPENDICE C	.....	42
Riferimenti normativi	.....	42

PREMESSA

Sulle linee di trazione elettrica (TE), i dimensionamenti e le modalità di esecuzione dei collegamenti per la messa a terra negli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, hanno lo scopo, in caso di tensionamento per guasto del circuito di alimentazione TE, di provocare l'intervento dei sistemi di protezione in sottostazione, secondo il metodo di protezione denominato "protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione".

Questo metodo di protezione è quello più comunemente utilizzato contro i contatti indiretti, contro i contatti cioè di una persona con una massa che sia in tensione per un guasto: esso è inoltre il solo ammesso per impianti elettrici alimentati da sistemi di categoria superiore alla I (prima), come quello relativo alla trazione elettrica a corrente continua a 3000 V.

Negli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) possono venire adottati altri metodi di protezione contro i contatti indiretti che non richiedono la messa a terra di tali impianti, quali:

- la protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente (Art. 413.2 - Norma CEI 64-8);
- la protezione per separazione elettrica (Art. 413.5 - Norma CEI 64-8);
- la protezione mediante bassissima tensione SELV, PELV, FELV (Art. 411.1 e 471.3 - Norma CEI 64-8) oppure TNV per le reti di telecomunicazioni (Norme CEI 74-2 e 74-3).

Se vengono adottati questi metodi di protezione, tutti i componenti di tali impianti:

- debbono avere un isolamento adeguato, oltre che alla propria alimentazione, al sistema di categoria superiore (come è quello relativo alla trazione elettrica a corrente continua a 3000 V) nel cui ambito possono venire a trovarsi;

oppure,

- debbono essere protetti dal sistema a categoria superiore con involucri o con barriere aventi caratteristiche tali da assicurare lo stesso grado di protezione.

Inoltre, è vietato il collegamento a terra delle masse o di parti attive, data la probabilità piuttosto alta che si possano avere su tali impianti tensioni pericolose dovute al sistema di categoria superiore.

Un buon isolamento degli impianti verso terra è inoltre fondamentale ai fini del conseguimento di una reale protezione contro le sovratensioni comunque generate, anche quelle dovute a fenomeni atmosferici.

Sulle linee ferroviarie non elettrificate non si ha l'effetto schermante delle diverse infrastrutture della trazione elettrica nei confronti delle sovratensioni di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione. Le prescrizioni del capitolo IV "Esecuzione degli impianti di terra sulle linee non elettrificate" tendono a realizzare, per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, condizioni di equipotenzialità e di schermatura elettromagnetica equivalenti a quelle esistenti sulle linee elettrificate.

Nell'**Appendice A** viene riportata la definizione della "**Zona di rispetto TE**", dove si considera possibile il pericolo di un contatto accidentale con i conduttori della TE sotto tensione", fondamentale per la corretta scelta delle misure di protezione per la sicurezza elettrica e la messa a terra in prossimità della linea di trazione elettrica.



Nell'Appendice B sono trattati tre argomenti di particolare importanza per la sicurezza e la funzionalità degli impianti:

- **Collegamenti equipotenziali:** come è noto la pericolosità di una massa in tensione (a causa di un guasto) non dipende tanto dal potenziale assunto da quella massa, quanto dalla differenza di potenziale che si crea tra la massa e le altre masse e le masse estranee simultaneamente accessibili.
- **Riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi:** devono essere adottate adeguate misure per evitare che componenti degli impianti o delle apparecchiature, in particolare IS e TLC, abbiano riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi, anche a seguito di sovratensioni di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione.
- **Livelli di isolamento degli impianti e delle apparecchiature**
In bassa tensione, stante la relativa facilità nell'assicurare un adeguato isolamento ai componenti elettrici in presenza di tensioni al massimo di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua, l'isolamento non ha mai assunto una importanza tale da giustificare l'applicazione di regole particolari. La stessa tenuta meccanica dell'elemento isolante impone di solito dimensioni tali da garantire automaticamente anche il rispetto delle distanze in aria e superficiali tra parti conduttrici a diverso potenziale.
In ambito ferroviario, se si considera che la quasi totalità degli impianti di segnalamento e telecomunicazione devono generalmente convivere con un sistema a categoria superiore, come è quello relativo alla trazione elettrica a corrente continua a 3000 V, o possono essere soggetti a sovratensioni di diversi kV di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione, si comprende la necessità di dover dare alcune indicazioni supplementari sull'isolamento.

La presente specifica sostituisce integralmente quella allegata alla nota S.SG/A.02/00880 del 10/02/1988 per la messa a terra negli impianti di sicurezza e segnalamento e le prescrizioni relative a tutti gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) contenute nell'Istruzione C3/1970 (Istruzione per il circuito di ritorno TE e per i circuiti di terra sulle linee elettrificate a corrente continua a 3000 V), mentre resta in vigore la circolare IE n° 41-43 - 276/611 dell'8/07/1981 (Circuito di terra di protezione di piena linea). E' in preparazione a livello CEI / CENELEC una guida di applicazione della normativa di sicurezza per gli impianti fissi ferroviari.

Per quanto non espressamente detto nella presente norma si rimanda all'osservanza delle Norme CEI e antinfortunistiche vigenti, in particolari di quelle riportate nell'appendice C.

CAPITOLO I – GENERALITÀ

Sezione 1 - Oggetto e scopo

1.1.01 Oggetto

La presente specifica contiene i provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra negli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, sulle linee di trazione elettrica a corrente continua a 3000 V e sulle linee ferroviarie non elettrificate.

1.1.02 Scopo

La presente specifica si applica agli impianti di cui all'art. 1.1.01 per i seguenti fini:

- a) la protezione nei confronti del contatto elettrico accidentale delle masse con le parti attive del sistema elettrico di trazione a corrente continua a 3000 V, che può verificarsi a causa principalmente della caduta dei conduttori, conseguente a cedimento dell'isolamento o/e a inconveniente d'esercizio (come per es. impigliamento del pantografo);
- b) la protezione nei confronti della corrente di ritorno della trazione che potrebbe sovraccaricare i conduttori di protezione, i conduttori neutri, i conduttori PEN o potrebbe danneggiare le protezioni quando le masse sono collegate intenzionalmente e funzionalmente all'impianto di terra di trazione o al circuito di ritorno;
- c) la protezione contro i contatti indiretti, cioè contro i pericoli che possono derivare dal contatto con masse in tensione in caso di guasto dell'isolamento del sistema elettrico degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima);
- d) la protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione.

Sezione 2 - Definizioni

1.2.01 Zona di rispetto TE

Zona in cui si considera il pericolo di un contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica (TE) sotto tensione.

Nota: *La Norma CEI 9-6 definisce due zone in cui è considerato probabile il contatto: una zona della linea aerea di contatto e una zona del pantografo. L'insieme di tali zone coincide con la nota definizione di "zona di rispetto TE" (vedi la descrizione completa nell'appendice A di questa norma).*

1.2.02 Circuito di terra di protezione TE

Complesso dei collegamenti che, in territorio elettrificato, connette stabilmente a terra e/o, generalmente tramite un dispositivo di limitazione della tensione, al circuito di ritorno, ai fini protettivi, tutte le attrezzature metalliche relative alla linea di trazione elettrica (in genere tutti i sostegni della linea di contatto: pali, portali, paline, ecc.) che, per cedimento di isolatori o per altre cause accidentali,

potrebbero venire a contatto con i conduttori TE sotto tensione.

1.2.03 Linea di trazione elettrica (Art. 3.1 - Norma CEI 9-6)

Rete di distribuzione elettrica ferroviaria usata per fornire energia al materiale rotabile. Il sistema può comprendere:

- le linee di contatto;
- i circuiti di ritorno dei sistemi di trazione elettrica;
- le rotaie di corsa di una rete non elettrificata che si trovano nelle vicinanze di rotaie di corsa di una rete elettrificata e collegate galvanicamente a queste;
- le installazioni elettriche in impianti di centrali e sottostazioni, utilizzate unicamente per generare e distribuire energia direttamente alla linea di contatto;
- le installazioni elettriche dei posti di sezionamento.

1.2.04 Circuito di ritorno (Art. 3.4.1 - Norma CEI 9-6)

Tutti i conduttori che costituiscono una via prestabilita della corrente di ritorno della trazione e della corrente nelle condizioni di guasto.

I conduttori possono essere ad esempio:

- rotaie di corsa;
- rotaie conduttrici di ritorno;
- conduttori di ritorno;
- cavi di ritorno.

1.2.05 Circuito di ritorno tramite il binario (Art. 3.4.2 - Norma CEI 9-6)

Circuito di ritorno del quale fanno parte le rotaie di corsa.

Può essere costituito:

- quando non si sia in presenza di circuiti di binario: *da ambedue le rotaie di tutti i binari;*
- in presenza di circuiti di binario ad una sola rotaia isolata: *da una sola delle due rotaie di ciascun binario;*
- in presenza di circuiti di binario con entrambe le rotaie isolate: *da ambedue le rotaie e dalle connessioni induttive.*

1.2.06 Dispositivo di limitazione della tensione (Art. 3.9.1 - Norma CEI 9-6)

Dispositivo di protezione contro il permanere di una tensione di contatto o di una tensione accessibile di valore inammissibile.

Sono previsti i seguenti tipi di dispositivi di limitazione della tensione:

1.2.06.1 Valvola di tensione

Dispositivo di protezione di tipo statico impiegato per stabilire un collegamento franco tra il circuito di ritorno e l'impianto di terra, allorché la relativa differenza di potenziale supera un valore prefissato.

1.2.06.2 Diodo di protezione

Diodo di potenza utilizzato nei sistemi di trazione a corrente continua per consentire il passaggio unidirezionale della corrente di terra dall'impianto di terra al circuito di ritorno.

1.2.06.3 Dispositivo di limitazione della tensione con cortocircuitatore

Dispositivo di protezione impiegato per stabilire un collegamento franco tra il circuito di ritorno e l'impianto di terra, allorché la relativa differenza di potenziale supera i valori ammissibili di tensione di contatto o tensione accessibile.

Nota: Si riporta, per opportuna conoscenza, l'articolo 6.2.4.2.4.2 della Norma CEI 9-6.

"Se può presentarsi una inammissibile tensione di contatto/accessibile tra il conduttore di protezione / neutro e le rotaie di corsa, deve essere installato un dispositivo di limitazione della tensione che attui il cortocircuito tra il conduttore di protezione/neutro e le rotaie di corsa.

Se il dispositivo di cortocircuito è intervenuto,

- *o deve ripristinarsi automaticamente dopo un massimo di 10 s;*
- *se non si è ripristinato, deve essere instaurata una procedura per rilevare ed eliminare in modo rapido la causa di tale evento.*

Il dispositivo di cortocircuito deve essere progettato per funzionare con il più elevato valore di corrente di guasto prevedibile. Dopo la chiusura, esso non deve riaprirsi fino a che la corrente non sia ridotta ad un valore di sicurezza."

1.2.07 Scaricatore (Art. 3.9.2 - Norma CEI 9-6)

Dispositivo atto a proteggere gli apparati elettrici da elevate sovratensioni transitorie e limitare la durata, e frequentemente l'ampiezza, della corrente che ne consegue.

Nota: Ai fini della presente specifica con il termine "scaricatore" si intende un dispositivo costituito da uno o più spinterometri eventualmente in serie con uno o più resistori non lineari (secondo le definizioni della Norma CEI 37-1).

1.2.08 Classificazione dei sistemi secondo la loro tensione nominale (Art. 22.1 - Norma CEI 64-8)

In relazione alla loro tensione nominale i sistemi elettrici si dividono in:

- sistemi di categoria 0 (zero), quelli a tensione nominale minore o uguale a 50 V se a corrente alternata o a 120 V se a corrente continua (non ondulata);
- sistemi di I categoria, quelli a tensione nominale da oltre 50 fino a 1000 V compresi se a corrente alternata o da oltre 120 fino a 1500 V compresi se a corrente continua;
- sistemi di II categoria, quelli a tensione nominale oltre 1000 V se a corrente alternata o oltre 1500 V se a corrente continua, fino a 30000 V compresi;
- sistemi di III categoria, quelli a tensione nominale maggiore di 30000 V.

Questa classificazione non esclude la introduzione nelle diverse categorie di limiti intermedi per ragioni particolari (ad esempio, il sistema TNV, per le reti di telecomunicazioni - Norme CEI 74-2).

1.2.09 Classificazione dei sistemi secondo il loro modo di collegamento a terra (Artt. 312.2 - 312.2.1 - 312.2.2 - 312.2.3 - Norma CEI 64-8)

In relazione al modo di collegamento a terra i sistemi elettrici sono classificati con due lettere, che hanno il seguente significato:

Prima lettera: situazione del sistema di alimentazione verso terra:

T = collegamento diretto a terra di un punto, in c.a. in genere il neutro;

I = isolamento da terra, oppure collegamento a terra di un punto, in c.a. in genere il neutro, tramite un'impedenza.

Seconda lettera: situazione delle masse dell'impianto elettrico rispetto a terra:

T = masse collegate direttamente a terra;

N = masse collegate al punto messo a terra del sistema di alimentazione.

Sistema *TN*: Il sistema ha un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto sono collegate a quel punto per mezzo del conduttore di protezione.

Sistema *TT*: Il sistema ha un punto collegato direttamente a terra e le masse dell'impianto collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione.

Sistema *IT*: Il sistema ha tutte le parti attive isolate da terra od un punto collegato a terra attraverso un'impedenza, mentre le masse dell'impianto sono:

- collegate a terra separatamente; oppure
- collegate a terra collettivamente; oppure
- connesse collettivamente alla terra del sistema.

1.2.10 Classificazione dei componenti elettrici secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti (Art. 27.3 - Norma CEI 64-8)

Componente elettrico: termine generale usato per indicare sia i componenti dell'impianto sia gli apparecchi utilizzatori.

I componenti elettrici sono classificati, secondo il loro modo di protezione contro i contatti indiretti, in:

- *Componente elettrico di classe 0 (zero)*: componente elettrico dotato di isolamento principale e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione; nel caso di guasto di isolamento principale, la protezione rimane affidata alle caratteristiche dell'ambiente in cui è posto il componente elettrico.
- *Componente elettrico di classe I*: componente elettrico dotato di isolamento principale e provvisto di dispositivo per il collegamento delle masse a un conduttore di protezione.
- *Componente elettrico di classe II*: componente elettrico dotato di doppio isolamento o di isolamento rinforzato e non provvisto di alcun dispositivo per il collegamento a un conduttore di protezione.
- *Componente elettrico di classe III*: componente elettrico ad isolamento ridotto perché destinato ad essere alimentato esclusivamente da un sistema a bassissima tensione di sicurezza, e nel quale non si generano tensioni di valore superiore a quello di tale sistema.

1.2.11 Parte attiva

Conduttore o parte conduttrice in tensione nel servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro, ma escluso, per convenzione, il conduttore PEN. (Art. 23.1 - Norma CEI 64-8).

Conduttore o parte conduttrice destinata, nell'impiego normale, ad essere messa in tensione; per convenzione sono escluse le rotaie di corsa e le parti ad esse collegate. (Art. 3.8.1 - Norma CEI 9-6).

1.2.12 Massa (Art. 23.2 - Norma CEI 64-8)

Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto.

Nota: Una parte conduttrice che può andare in tensione solo perché è in contatto con una massa non è da considerare una massa.

(Vedi anche commento all'art. 23.2 - Norma CEI 64-8; nella Norma CEI 9-6 il termine "Massa" equivale a "Parte conduttrice esposta")

1.2.13 Massa estranea (Art. 23.3 - Norma CEI 64-8)

Parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale, generalmente il potenziale di terra.

(Vedi commento all'art. 23.3 - Norma CEI 64-8)

1.2.14 Contatto diretto (Art. 23.5 - Norma CEI 64-8)

Contatto di persone con parti attive.

1.2.15 Contatto indiretto (Art. 23.6 - Norma CEI 64-8)

Contatto di persone con una massa in tensione per un guasto.

1.2.16 Parti simultaneamente accessibili (Art. 23.10 - Norma CEI 64-8)

Conduttori o parti conduttrici che possono essere toccati simultaneamente da una persona.

Nota: Parti simultaneamente accessibili possono essere:

- parti attive;
- masse;
- masse estranee;
- conduttori di protezione;
- collettori di terra;
- pavimenti e pareti non isolanti.

1.2.17 Parti a portata di mano (Art. 23.11 - Norma CEI 64-8)

Conduttori o parti conduttrici situati nella zona che si estende da un punto o da una superficie occupata o percorsa ordinariamente da persone fino ai limiti che una persona può raggiungere con una mano senza l'uso di attrezzi.

(Vedi commento all'art. 23.11 - Norma CEI 64-8)

1.2.18 Barriera (Art. 3.8.8 - Norma CEI 9-6)

Parte che assicura la protezione contro i contatti diretti nelle direzioni abituali di accesso.

1.2.19 Ostacolo (Art. 3.8.9 - Norma CEI 9-6)

Elemento inteso a prevenire un contatto diretto involontario, ma non a impedire un contatto diretto intenzionale.

1.2.20 Terra (Art. 24.1 - Norma CEI 64-8)

Il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero.

1.2.21 Dispersore (Art. 24.2 - Norma CEI 64-8)

Corpo conduttore o gruppo di corpi conduttori in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra.

(Vedi commento all'art. 24.2 - Norma CEI 64-8)

1.2.22 Terra di trazione (Art. 3.5.3 - Norma CEI 9-6)

La rotaia di corsa quando è utilizzata come circuito di ritorno. Esso comprende tutte le altre parti conduttrici ad essa connesse. (N.B.: L'inciso inserito nella Norma "ed è collegata a terra intenzionalmente" è relativa ai sistemi di trazione in c.a., come si evince dal contesto della stessa Norma).

1.2.23 Resistenza di terra (Art. 24.3 - Norma CEI 64-8)

Resistenza tra il collettore (o nodo) principale di terra e la terra.

1.2.24 Resistenza di terra equivalente (Art. 1.2.3.12 - Norma CEI 81-1)

Rapporto tra il valore di picco della tensione totale di terra del dispersore ed il valore di picco della corrente dispersa a terra.

Nota: I valori di picco della tensione totale di terra e della corrente dispersa non si verificano, in genere, allo stesso istante.

La resistenza equivalente è impiegata convenzionalmente per valutare le prestazioni del dispersore.

Il suo valore è generalmente diverso da quello misurato a frequenza industriale.

1.2.25 Conduttore di protezione (Art. 24.5 - Norma CEI 64-8)

Conduttore prescritto per alcune misure di protezione contro i contatti indiretti per il collegamento di alcune delle seguenti parti:

- masse;
- masse estranee;
- collettore (o nodo) principale di terra;
- dispersore;
- punto di terra della sorgente o neutro artificiale.

1.2.26 Conduttore di terra

Conduttore di protezione che collega il collettore (o nodo) principale di terra al dispersore od i dispersori tra loro.

Le parti non isolate dei conduttori di terra interrati sono considerate come facenti parte del dispersore. (Art. 24.7 e commento - Norma CEI 64-8)

Conduttore che connette tra loro i sostegni e li collega a terra o ai binari di corsa per proteggere le persone e le installazioni in caso di perdita dell'isolamento e che può essere usato anche come conduttore di ritorno.

(Art. 3.3.9 - Norma CEI 9-6)

1.2.27 Collettore (o nodo) principale di terra (Art. 24.8 - Norma CEI 64-8)

Elemento previsto per il collegamento al dispersore dei conduttori di protezione, inclusi i conduttori equipotenziali e di terra, nonché i conduttori per la terra funzionale, se esistente.

1.2.28 Collettore di terra (in zona di rispetto TE)

Il collettore di terra, in zona di rispetto TE, può essere costituito:

- a) dal binario (che è considerato anche dispersore);
- b) dal centro della connessione induttiva (C.I.);
- c) dalla sbarra colletttrice di terra.

1.2.29 Collegamento equipotenziale (Art. 24.9 - Norma CEI 64-8)

Collegamento elettrico che mette diverse masse e masse estranee al medesimo potenziale.

1.2.30 Conduttore equipotenziale (Art. 24.10 - Norma CEI 64-8)

Conduttore di protezione destinato ad assicurare il collegamento equipotenziale.

1.2.31 Impianto di terra (Art. 24.11 - Norma CEI 64-8)

Insieme dei dispersori, dei conduttori di terra, dei collettori (o nodi) *principali* di terra e dei conduttori di protezione ed equipotenziali, destinato a realizzare la messa a terra di protezione e/o di funzionamento.

1.2.32 Impianti di terra elettricamente indipendenti (Art. 24.4 - Norma CEI 64-8)

Impianti di terra aventi dispersori separati e tali che la corrente massima che uno di questi impianti può disperdere non modifica il potenziale rispetto a terra dell'altro impianto in misura superiore ad un valore determinato.

1.2.33 Potenziale trasferito (Art. 2.7.14.3 - Norma CEI 11-1)

Aumento del potenziale di un impianto di terra, causato da una corrente di terra, trasferito per mezzo di un conduttore collegato (per esempio, uno schermo metallico di un cavo, un conduttore PEN, una tubatura, una rotaia) ad aree a basso livello di potenziale o a potenziale nullo rispetto alla terra. Ciò dà luogo a una differenza di potenziale tra il conduttore e ciò che lo circonda. La definizione si applica anche quando un conduttore è collegato alla terra di riferimento e transita nell'area soggetta ad un livello di potenziale maggiore.

1.2.34 Impianti sensibili ed essenziali

Impianti suscettibili alle sovratensioni, il cui mancato o anomalo funzionamento può provocare soggezioni alla regolarità dell'esercizio ferroviario.

1.2.35 Linea di telecomunicazione (Art. 1.3.20 - Norma CEI 103-10)

Sistema destinato a trasmettere informazioni con qualsivoglia modalità tra 2 o più punti su portante fisico. Ai fini della presente Norma sono da prendere in considerazione solo le linee di telecomunicazione provviste di elementi conduttori.

1.2.36 Elementi conduttori della linea di telecomunicazione (Art. 1.3.21 - Norma CEI 103-10)

Sono tutti gli elementi metallici presenti nella linea di telecomunicazione, caratterizzati dal fatto di avere sezione trasversale trascurabile in rapporto alla loro lunghezza.

Essi si dividono in:

- conduttori di trasmissione destinati a veicolare informazioni (coppie simmetriche, coppie coassiali, conduttori per servizi ausiliari, ...);
- elementi strutturali destinati a svolgere altre funzioni (guaine, elementi di tiro, funi portanti, ...).

Sezione 3 - Criteri generali

1.3.01 Coesistenza di più impianti di terra

Nei casi in cui coesistono più impianti di terra indipendenti le masse collegate ai differenti impianti di terra non devono essere simultaneamente accessibili.

1.3.02 Masse simultaneamente accessibili

Tutte le masse, facenti parte o non facenti parte degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), che sono simultaneamente accessibili devono essere interconnesse con dei conduttori di protezione e/o equipotenziali.

In alternativa, tali masse devono essere rese non simultaneamente accessibili con l'impiego di opportuni ripari o isolanti.

1.3.03 Impianto di terra unico (Art. 2.4.1 - Norma CEI 81-1)

Dal punto di vista della protezione contro i fulmini, è necessario avere un unico dispersore adatto per tutti gli scopi (impianto di protezione contro i fulmini (LPS), protezione contro i contatti indiretti, protezione impianti telefonici, ecc.). A tal fine i dispersori dei diversi impianti, se esistenti, devono essere interconnessi.

Si riporta il commento all'art. 541 della Norma CEI 64-8:

"Si raccomanda che in ogni impianto utilizzatore la messa a terra di protezione di tutte le parti dell'impianto e tutte le messe a terra di funzionamento dei circuiti degli apparecchi utilizzatori (compresi il centro stella trasformatori, gli scaricatori, i sistemi contro le scariche atmosferiche ed elettrostatiche ed i sistemi antidisturbo) siano effettuate collegando le parti interessate ad un impianto di terra unico."

Nota: L'art. 9.4 della Norma CEI 11-1 non consente impianti di terra comuni per sistemi di alta e bassa tensione, nel caso di impianti di bassa tensione che si estendono al di fuori dell'area dell'impianto di terra del sistema di alta tensione, se il potenziale di terra, dovuto al guasto in alta tensione:

- per i sistemi TN: supera i valori di contatto ammissibili (vedi fig. 9.1 della Norma);
- per i sistemi TT: è $>$ di 500 V (per una durata del guasto ≤ 5 s) o 250 V (per una durata del guasto > 5 s).

Se è necessario realizzare un unico impianto di terra, come nel caso della protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica, si devono prendere provvedimenti particolari (isolamenti adeguati al sistema di categoria superiore, ecc.).

(Vedi l'appendice B di questa specifica).

1.3.04 Trasferimenti di potenziali

Nel realizzare la messa a terra occorre porre attenzione, se del caso, al problema del trasferimento (1.2.33) dei potenziali in punti lontani.

(Vedi l'articolo 9.3.3 della Norma CEI 11-1).

1.3.05 Riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi

Devono essere adottate adeguate misure (unico impianto di terra, metodi di protezione che non richiedono la messa a terra, ecc.) per evitare che componenti degli impianti o delle apparecchiature, in particolare IS e TLC, abbiano riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi.

(Vedi l'appendice B di questa specifica).

1.3.06 Protezione contro le sovratensioni per contatti fra circuiti a tensione nominale diversa

Devono essere adottate adeguate misure per evitare il contatto fra sistemi a diverse tensioni o, comunque per limitarne le conseguenze nel tempo e negli effetti. Queste misure devono essere particolarmente curate quando uno dei sistemi è di categoria 0 (zero) o I (prima).

(Vedi Norma CEI 11-1)

1.3.07 Prescrizione a salvaguardia degli impianti di segnalamento

L'esecuzione degli impianti di terra dovrà essere effettuata in modo tale da non recare disturbo agli impianti di segnalamento.

1.3.08 Protezioni contro le corrosioni elettrolitiche

L'esecuzione degli impianti di terra dovrà essere effettuata in modo tale da limitare le corrosioni elettrolitiche senza diminuire il livello di protezione nei confronti dei contatti accidentali (1.1.02-a) o indiretti (1.1.02-c) (collegamento al circuito di ritorno tramite un dispositivo di limitazione della tensione (1.2.06), isolamento dal terreno e collegamento diretto al circuito di ritorno *(vedi nota all'art. 5.2.2.2 - Norma CEI 9-6)*, ecc.).

1.3.09 Affidabilità della continuità elettrica dei conduttori di protezione e di terra

Nei metodi di protezione contro i contatti accidentali (1.1.02-a) o indiretti (1.1.02-c) è importante che la continuità elettrica dei conduttori di protezione e di terra sia assicurata nel tempo.

L'interruzione di tali conduttori può far permanere sull'apparecchiatura, in particolare nel caso di guasto del sistema elettrico di trazione, un potenziale di entità tale da provocarne il cedimento dell'isolamento, con grave danno agli impianti e pericolo per le persone. Tale rischio è da prendere in seria considerazione in quanto la loro eventuale interruzione non è segnalata da alcun dispositivo.

(Vedi l'articolo 543.3 della Norma CEI 64-8)

CAPITOLO II - PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA IN ZONA DI RISPETTO TE

Sezione 1 - Campo di applicazione

2.1.01 Generalità

Il presente capitolo contiene i provvedimenti di protezione, in relazione alle finalità indicate al punto 1.1.02, concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, sulle linee di trazione elettrica a corrente continua a 3000 V in zona di rispetto TE, zona in cui si considera il pericolo di un contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione.

2.1.02 Installazioni messe in pericolo (Art. 6.2.1 - Norma CEI 9-6)

Le installazioni messe in pericolo sono, ad esempio, le seguenti: utenze civili, impianti di segnalamento ferroviario e stradale, linee aeree, apparecchiature di telecomando. Tutte queste installazioni, in particolari situazioni, possono trasmettere a lunga distanza tensioni pericolose; pertanto nessuna parte di tali impianti può essere considerata oggetto di "piccole dimensioni" (2.1.03).

2.1.03 Strutture conduttrici di piccole dimensioni (Art. 4.3.2 - Norma CEI 9-6)

Per strutture conduttrici di piccole dimensioni che non sostengono o non contengono apparecchiature elettriche, non è necessario prendere alcun provvedimento di protezione.

Tali strutture comprendono ad esempio: coperture di fognature, piantane portasegnali, strutture di guardia di passaggi a livello, pali singoli, cartelli monitori, recipienti per rifiuti, recinzioni e strutture grigliate che non superino 15 m di lunghezza misurati parallelamente alla zona della linea aerea di contatto e (*) di lunghezza non superiore a 2 m in senso trasversale, che non si estendano al di fuori del limite della zona della linea aerea di contatto per più di 2 m.

Nota: (*) Nella traduzione dall'inglese è saltato l'inciso "di lunghezza non superiore a 2 m". Sono escluse le parti conduttrici utilizzate per provvedimenti di protezione, quali barriere (1.2.18) e ostacoli (1.2.19), che devono essere collegati al circuito di ritorno.

Sezione 2 - Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza

2.2.01 Messa a terra

Ogni parte conduttrice esposta (massa), se non diversamente protetta (2.2.02 e 2.2.03), deve essere collegata direttamente o attraverso un dispositivo di limitazione della tensione al circuito di ritorno.

(Vedi l'art. 6.2.3.1 della Norma CEI 9-6)

2.2.02 Protezione mediante involucri o barriere

La protezione mediante involucri o barriere deve tendere ad impedire il contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione. Se tali elementi di protezione non sono di materiale isolante devono essere collegati al circuito di ritorno.

(Vedi l'art. 6.2.3.1 della Norma CEI 9-6)

2.2.03 Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente

La protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente, con isolamento corrispondente alla tensione nominale della linea di contatto, evita che in caso di contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione si abbia il trasferimento di tensioni pericolose. Ai componenti elettrici aventi solo un isolamento principale, può essere applicato un isolamento supplementare durante l'installazione che presenti un grado di sicurezza equivalente alle condizioni sopra specificate.

(Vedi l'art. 6.2.3.2 della Norma CEI 9-6 e l'allegato B di questa specifica)

Sezione 3 - Messa a terra

2.3.01 Generalità

L'esecuzione degli impianti di terra, in particolare il dimensionamento dei conduttori di protezione e di terra, deve tener conto della più elevata corrente di guasto a terra e dei dispositivi di protezione del sistema a tensione superiore.

La normativa da adottare è quella prevista dalle norme CEI per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), con l'osservanza dei criteri generali riportati nella Sez. 3 del Cap. I, dei dimensionamenti e della modalità di esecuzione dei collegamenti di questa sezione e delle prescrizioni particolari previsti nella sezione 4.

2.3.02 Dimensionamento dei conduttori di protezione e di terra

I conduttori di protezione e di terra, in zona di rispetto TE, devono essere dimensionati in modo tale da sopportare termicamente il valore atteso di corto circuito in quel punto.

Nel caso in cui sia garantito l'intervento del sistema di protezione entro i 300 ms, si possono utilizzare conduttori di protezione e di terra costituiti da due trecce di rame da 70 mm² o tre tondi di acciaio da \varnothing 12 mm. Per ragioni meccaniche e possibili fenomeni di corrosione, il dimensionamento non può essere comunque inferiore a tale sezione (vedi anche 1.3.09).

Per questi collegamenti è in generale preferibile adottare i tondi in acciaio, salvo il caso di collegamento al centro delle connessioni induttive o di collegamento di piccole apparecchiature.

2.3.03 Modalità di esecuzione dei collegamenti al "circuito di ritorno TE"

I collegamenti di terra al "circuito di ritorno TE", se non diversamente disposto (2.3.04 e 2.3.05), devono essere effettuati, a seconda della presenza o meno di circuiti di binario, con le seguenti modalità:

- a) *in assenza di circuiti di binario*, le masse devono essere collegate alla rotaia più vicina;
- b) *in presenza di circuiti di binario ad una sola rotaia isolata*, le masse devono essere collegate solamente alla rotaia più vicina non isolata;
- c) *in presenza di circuiti di binario con ambedue le rotaie isolate e con connessioni induttive*, le masse devono essere collegate al centro della connessione induttiva, se installate ad una distanza minore o uguale a 50 m, altrimenti alla rotaia più vicina.

2.3.04 Utilizzo di una sbarra colletttrice di terra

Ogni volta che è necessario effettuare un certo numero di collegamenti di terra (ad esempio, nei posti di blocco automatico), si deve ricorrere all'impiego di una sbarra colletttrice di terra, da collegare successivamente al circuito di ritorno secondo le modalità previste al punto 2.3.03.

La sbarra dovrà essere realizzata in profilato di acciaio, preferibilmente ad "U", di sezione di almeno 600 mm² posta entro un cunicolo affiorante ed opportunamente trattata con vernice protettiva.

2.3.05 Impianto di terra separato

Ogni volta che è necessario realizzare un impianto di terra separato, il valore della resistenza di terra deve essere minore o uguale a 10 Ω e il dispersore deve essere collegato al collettore di terra (1.2.28) tramite un dispositivo di limitazione della tensione (1.2.06).

Può rendersi necessario un impianto di terra separato per rispettare una o più delle seguenti esigenze:

- la regolarità dell'esercizio degli impianti, in particolare di segnalamento e telecomunicazione;
- la prescrizione a salvaguardia degli impianti di segnalamento (1.3.07);
- la protezione contro le corrosioni elettrolitiche (1.3.08).

Nota: *Ai fini della protezione dagli eventi accidentali di cui al punto a) di 1.1.02 (caduta dei conduttori) le tre soluzioni previste dalla Norma CEI 9-6 (collegamento al circuito di ritorno, all'impianto di terra separato o al circuito di terra di protezione TE) sono considerate alternative e quindi equivalenti, pertanto non occorre realizzare alcun collegamento equipotenziale o provvedere a segregazioni o isolamenti elettrici delle diverse masse comunque collegate.*

La scelta della soluzione più idonea deve tener conto di altre problematiche: protezione contro le corrosioni elettrolitiche (1.3.08), funzionalità degli impianti di sicurezza e segnalamento (1.3.07), protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica (2.5.03).

Pur tuttavia, ci sono particolari condizioni di isolamento delle rotaie di corsa (ad esempio, sui viadotti rispetto al circuito di protezione TE) o condizioni di impianti di terra elettricamente indipendenti (rotaie di corsa / impianto di terra di cabina) in cui possono presentarsi tensioni di contatto/accessibile non ammissibili. In tali casi deve essere installato il dispositivo di limitazione della tensione con cortocircuitatore (1.2.06.3)."

Sezione 4 - Messa a terra di componenti particolari

2.4.01 Canalette, cassette di sezionamento, piantane e apparecchiature similari di materiale isolante

Per quanto possibile devono essere adoperati elementi realizzati con materiale isolante, poiché non necessitano di alcuna messa a terra.

2.4.02 Canaletta metallica per cavi

La canaletta deve avere una sezione trasversale maggiore di 600 mm².

Gli elementi di canaletta formanti un unico complesso devono essere collegati fra di loro con un conduttore di sezione adeguata, in modo tale che la giunzione, dei due elementi di canaletta, presenti una conduttanza almeno equivalente a quella che ha la sezione trasversale del materiale costituente la canaletta.

Gli elementi di canaletta devono essere inoltre collegati tra di loro con conduttore di rame a vista della sezione di 25 mm².

La canaletta deve essere messa a terra ad una sola estremità. Se la lunghezza della canaletta è maggiore di 250 m si deve sezionare la canaletta ogni 150 m (con elementi di canaletta in materiale dielettrico) per un tratto di almeno 3 m e quindi collegare a terra, ad una sola estremità, ciascuna parte di canaletta.

Il collegamento della canaletta al collettore di terra deve essere realizzato seguendo quanto prescritto nella precedente sezione.

2.4.03 Guaine ed armature metalliche di cavi di energia

Le guaine ed armature metalliche di cavi di energia devono essere collegate a terra sempre e solo ad una estremità. Per quanto attiene all'armatura del cavo a 1000 Vca di alimentazione del blocco automatico (B.A.) vedi anche il punto 3.3.04.

2.4.04 Guaine ed armature metalliche di cavi di telecomunicazione

Sulle linee di trazione a corrente continua, il collegamento a terra della guaina metallica ad una sola estremità non svolge alcuna azione schermante mentre favorisce accoppiamenti capacitivi e/o conduttivi indesiderati.

Pertanto, a differenza degli altri elementi strutturali, la guaina e/o armatura metallica dei cavi di telecomunicazione, opportunamente sezionata e resa non accessibile nelle condizioni normali di esercizio, **non** deve essere collegata a terra. Il sezionamento deve essere fatto con un passo sufficiente (< 2 km) a garantire che in ciascuna sezione le tensioni indotte siano inferiori ai limiti ammissibili (Art. 2.1.02 - Norma CEI 103-6). In corrispondenza del sezionamento deve essere possibile, all'occorrenza, realizzare la continuità della guaina stessa e/o il collegamento di terra.

Nota: In corrispondenza delle terminazioni e delle interruzioni dei rivestimenti metallici, se accessibili, devono essere applicate opportune protezioni atte ad evitare tensioni di contatto superiori ai valori ammissibili (Art. 3.3.02 - Norma CEI 11-17).

*Quando si eseguono lavori lungo un cavo con rivestimento metallico occorre premunirsi da eventuali trasferimenti di tensioni pericolose di terra o collegando il rivestimento metallico del cavo stesso a tutte le altre masse metalliche accessibili (inclusi tutti i rivestimenti metallici di altri cavi) o prendendo precauzioni per isolare gli operatori dalle parti pericolose.
(Art. 3.3.03 - Norma CEI 11-17)*

2.4.05 Casse di manovra (e apparecchiature similari)

Le casse di manovra risultano collegate al circuito di ritorno TE a mezzo degli zatteroni, per cui non è necessario eseguire alcun collegamento di terra.

Vanno posti naturalmente degli isolanti sulla rotaia isolata (o in una delle due, se entrambe isolate) per non cortocircuitare il circuito di binario.

2.4.06 Trasmissioni a semplice e doppio filo

Le trasmissioni devono essere isolate dalla cassa di manovra e dall'apparecchiatura manovrata a mezzo di una catena di tre isolatori a noce e devono essere collegate, ogni 300 m circa, a propri dispersori (valore della resistenza di terra minore o uguale a 10).

Ad intervalli stabiliti, tenendo conto di quanto richiesto ai punti 1.3.07 e 1.3.08, tali impianti di terra devono essere collegati al circuito di ritorno tramite valvole di tensione o diodi di protezione.

Tale modalità dovrà essere adottata per qualsiasi trasmissione a filo.

La cassa e le altre apparecchiature vanno collegate a terra seguendo quanto prescritto nel presente capitolo, se installate in zona di rispetto TE.

Sezione 5 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)

2.5.01 Generalità

In caso di guasto verso terra dei sistemi di categoria II (in particolare, il sistema elettrico di trazione a corrente continua a 3000 V) e di categoria III (ad esempio, la linea ad alta tensione a 132 kV per l'alimentazione del sistema elettrico di trazione) o per scariche atmosferiche si possono avere sovratensioni con ampiezza di diversi kV e di durata fino a 1 s. Devono pertanto essere adottate le seguenti misure per limitarne le conseguenze nel tempo e negli effetti.

(Vedi anche l'art. 4.2.12 della Norma CEI 103-10)

2.5.02 Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero)

La protezione degli impianti di categoria 0 (zero), compresi i sistemi TNV, deve essere assicurata:

- mediante involucri o barriere (2.2.02) e/o mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente (2.2.03);
- mediante protezione per separazione elettrica (Art. 413.5 - Norma CEI 64-8) (trasformatore di isolamento o sorgente con caratteristiche di sicurezza equivalenti, cioè con caratteristiche tali che, anche in caso di guasto, la tensione ai morsetti di uscita non possa superare i valori specificati per tali sistemi).

E' vietata la messa a terra intenzionale delle masse e di parti attive. La probabilità che si verifichi il cedimento dell'isolamento del componente, anche a seguito del maggior livello richiesto, è infinitamente inferiore alla probabilità che, a causa del collegamento a terra, si possano avere su tali impianti tensioni pericolose dovute ai sistemi di categoria superiore e/o a fenomeni atmosferici.

(Vedi l'appendice B di questa specifica)

Nota: Apposite prescrizioni sono state stabilite dal Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni (Circolare del Ministero P.T. LCI/U2/L/71571/SI del dicembre 1972) per gli impianti telefonici interni installati nelle centrali, cabine o stazioni elettriche ad alta tensione (Normativa espressamente richiamata nell'art. 12.4.03 - Norma CEI 103-1/12).

2.5.03 Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali

La messa a terra degli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali (1.2.34) è da eseguirsi tenendo presente che le masse non debbono essere in nessun caso collegate al "circuito di terra di protezione TE".

Pertanto non rientrano generalmente in questa disposizione, ad esempio, gli impianti luce.

Nota: La probabilità che un fulmine, in zona di rispetto TE, colpisca gli impianti di segnalamento e di telecomunicazione viene notevolmente diminuita dalla presenza delle diverse infrastrutture TE, che si comportano come dei veri e propri organi di captazione (vedi Norma CEI 81-1). Per questo motivo viene richiesto l'isolamento, sia delle parti attive che delle masse, di tali impianti dal "circuito di terra di protezione TE".

2.5.04 Utilizzo di scaricatori

L'eventuale impiego di scaricatori per la protezione contro le sovratensioni deve tenere presente che il loro intervento può ridurre fortemente l'impedenza verso terra dei componenti dei sistemi di categoria 0 (zero) e I (prima), favorendo così una circolazione di corrente che può essere causa di danno all'impianto e/o alle persone, in specie se ricorrono le condizioni di cui al punto 1.3.05 (riferimenti ad

impianti di terra che possono assumere potenziali diversi).

(Vedi anche l'art. 4.2.12 della Norma CEI 103-10 e l'appendice B di questa specifica)

In ogni caso tali dispositivi devono avere almeno una capacità di scarica $I_{sn} \geq 10$ kA onda 8/20 μ s e tensione di innesco coordinata con il livello di isolamento degli impianti.

Pertanto, nell'utilizzo e nella messa a terra degli scaricatori si devono distinguere i seguenti tre casi:

a) Scaricatori in cabina.

Per la messa a terra, bisogna seguire i criteri riportati nel capitolo III (prescrizioni al di fuori della zona di rispetto TE), con l'avvertenza di evitare che i diversi componenti degli impianti o delle apparecchiature, per la presenza degli scaricatori, tramite coppie telefoniche o altri elementi conduttori, anche strutturali, abbiano riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi.

b) Scaricatori lungo linea.

La messa a terra degli scaricatori deve essere realizzata seguendo quanto prescritto nel presente capitolo. Se ricorrono le condizioni previste al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi) è vietato l'impiego di scaricatori tra parti attive e terra.

c) Scaricatori nelle sottostazioni elettriche.

Per la messa a terra bisogna applicare le prescrizioni della Norma CEI 11-1 (vedi il punto 1.3.03). Nella zona di influenza dell'impianto di terra dei sistemi di categoria superiore (TE e linea AT), se ricorrono le condizioni previste al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi) è vietato l'impiego di scaricatori tra parti attive e terra.

In accordo con quanto sopra, nei casi in cui non si possono utilizzare gli scaricatori tra parti attive e terra, per la protezione contro le sovratensioni bisogna adottare, se non già previsti, i seguenti provvedimenti aggiuntivi:

a) *isolamenti adeguati al sistema di categoria superiore (vedi appendice B di questa specifica);*

b) *metodi di protezione che non richiedono la messa a terra;*

c) *protezione contro le sovratensioni e le sovracorrenti trasferite agli apparati attraverso la linea di telecomunicazione (secondo la definizione 1.2.33): dispositivi serie per la protezione contro le sovracorrenti (fusibili, interruttori, dispositivi ad impedenza variabile, ecc.), cavi in fibra ottica, traslatori, limitatori di sovratensioni fra i conduttori, limitatori di sovratensioni polarizzati, ecc.*

Bisogna inoltre assicurarsi che le apparecchiature non abbiano al loro interno eventuali riferimenti a terra a bassa impedenza (scaricatori, circuiti elettronici con una polarità a massa, ecc.).

2.5.05 Controllo continuo dell'isolamento

Per gli impianti sensibili ed essenziali si deve prevedere il controllo continuo dell'isolamento.

Nota: Per ragioni diverse, nei sistemi IT è già prevista l'installazione di un dispositivo di controllo, a funzionamento continuo, dell'isolamento degli impianti (Art. 413.1.5.4 - Norma CEI 64-8).

**CAPITOLO III -PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E
LA MESSA A TERRA AL DI FUORI DELLA ZONA DI RISPETTO TE**

Sezione 1 - Campo di applicazione

3.1.01 Generalità

Il presente capitolo contiene i provvedimenti di protezione, in relazione alle finalità indicate al punto 1.1.02, concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, sulle linee di trazione elettrica a corrente continua a 3000 V al di fuori della zona di rispetto TE.

Sezione 2 - Messa a terra

3.2.01 Generalità

La normativa da adottare è quella prevista dalle norme CEI per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), con l'osservanza dei criteri generali riportati nella Sez. 3 del Cap. I, dei dimensionamenti e della modalità di esecuzione dei collegamenti di questa sezione e delle prescrizioni particolari previsti nella sezione 3.

3.2.02 Dimensionamento dei conduttori di protezione

La sezione dei conduttori di protezione deve essere determinata secondo la tabella seguente (*Tabella 54 F - Relazione tra le sezioni dei conduttori di protezione e dei conduttori di fase - Art. 543.1.2 - Norma CEI 64-8*).

Sezione dei conduttori di fase dell'impianto S (mm ²)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S_p = \frac{S}{2}$

I valori della tabella sono validi soltanto se i conduttori di protezione sono costituiti dallo stesso materiale dei conduttori di fase. In caso contrario, la sezione del conduttore di protezione deve venire determinata in modo tale che esso abbia una conduttanza equivalente a quella risultante dall'applicazione della tabella.

Quando un conduttore di protezione sia comune a diversi circuiti, la sua sezione deve essere dimensionata in funzione del conduttore di fase avente la sezione più grande.

Quando il conduttore di protezione, ricoperto con guaina isolante, non fa parte della stessa conduttura dei conduttori di fase, la sua sezione, in rame, deve essere non inferiore a 16 mm² e, se sono presenti scaricatori di sovratensione, non inferiore a 25 mm².

3.2.03 Dimensionamento dei conduttori di terra

Le sezioni dei conduttori di terra devono essere stabilite con i criteri indicati per i conduttori di protezione; in ogni caso, non devono essere inferiori a 25 mm², se in rame.

E' ammesso l'uso, come conduttori di terra, di elementi strutturali metallici (telai, armadi, paline, ecc.) purchè inamovibili e con conduttanza equivalente.

3.2.04 Dimensionamento del collettore di terra

La piastra collettore, o collettore di terra, oltre a possedere una buona robustezza meccanica che offra garanzia di stabilità nel tempo deve essere dimensionata con adeguata sezione in modo da presentare una conduttanza almeno equivalente al massimo valore di quelle riscontrabili tra i conduttori in essa attestati.

3.2.05 Valore della resistenza di terra dell'impianto di terra

Il valore della resistenza di terra dell'impianto di terra deve essere coordinato con le misure adottate per la protezione dell'impianto elettrico, in funzione dello stato del neutro e del collegamento a terra delle masse.

Nel caso di coesistenza di modi di collegamento a terra TT e TN, dovuti anche ad alimentazioni differenti e utilizzanti lo stesso impianto di terra, il valore della resistenza di terra va verificato per entrambe le situazioni.

Il sistema IT, molto diffuso negli impianti di segnalamento, non ha parti attive collegate direttamente a terra, mentre le masse sono collegate a terra.

Una volta manifestatosi un primo guasto a terra, le condizioni d'intervento della protezione nel caso di un secondo guasto a terra sono:

- a) quelle proprie ai sistemi TT, quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente (negli impianti di segnalamento: apparecchiature nel piazzale o in campagna) .
- b) quelle relative al sistema TN, quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione (negli impianti di segnalamento: condizione da realizzare in cabina).

In ogni caso il valore della resistenza di terra deve essere minore o uguale a 10 Ω .

3.2.06 Collegamenti di terra al "circuito di ritorno TE"

Deve essere previsto il collegamento al "circuito di ritorno TE" qualora:

1. non sia realizzabile, o risulti particolarmente oneroso, un impianto di terra elettricamente indipendente dal "circuito di terra di protezione TE" e dal "circuito di ritorno TE";
2. sussista l'ipotesi di cui al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi). In questo caso il collegamento consente di realizzare condizioni di equipotenzialità e di schermatura elettromagnetica (tramite il binario) nei confronti di fenomeni induttivi di natura esterna al sistema ferroviario (guasti su linee elettriche ad alta tensione e scariche atmosferiche).

Quando si deve realizzare il collegamento al "circuito di ritorno TE" bisogna applicare la normativa prevista per la Zona di rispetto TE (Cap. 2, ad eccezione di quanto prescritto per i dimensionamenti), accertandosi in particolare che i componenti degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) abbiano un isolamento verso terra corrispondente a quello richiesto nella zona di rispetto TE.

Inoltre, può essere necessario:

- adottare uno o più dei provvedimenti previsti per il trasferimento di potenziali (1.3.04) quali, ad

esempio, l'aumento della resistività dello strato superficiale del terreno circostante o il collegamento ad un dispersore supplementare "locale";

- adottare misure idonee alla protezione contro le corrosioni elettrolitiche (1.3.08).

(Vedi l'appendice B di questa specifica).

Sezione 3 - Messa a terra di componenti particolari

3.3.01 Canalette, cassette di sezionamento, piantane e apparecchiature simili di materiale isolante

Per quanto possibile devono essere adoperati elementi realizzati con materiale isolante, poiché non necessitano di alcuna messa a terra.

3.3.02 Canaletta metallica per cavi

Gli elementi di canaletta formanti un unico complesso devono essere collegati tra di loro con un conduttore di rame da 25 mm².

La messa a terra della canaletta dovrà essere effettuata in modo tale da non recare disturbo agli impianti di segnalamento.

Se alcuni elementi di canaletta sono posati entro la zona di rispetto TE, o si procede alla sostituzione degli elementi tensionabili con elementi di canaletta di materiale isolante oppure si applica la normativa prevista per la zona di rispetto TE all'intera canaletta.

3.3.03 Guaine ed armature metalliche di cavi

A differenza di quanto prescritto ai punti 2.4.03 e 2.4.04, al fine di ottenerne l'effetto schermante, il collegamento a terra delle guaine ed armature metalliche dei cavi si può effettuare in più parti (per il cavo a 1000 Vca di alimentazione del blocco automatico vedi il punto 3.3.04). La messa a terra dovrà essere effettuata in modo tale da non recare disturbo agli impianti di segnalamento.

3.3.04 Armatura del cavo a 1000 Vca di alimentazione del blocco automatico

L'armatura del cavo di ogni sezione di blocco deve essere messa a terra sempre e solamente ad una estremità, con l'avvertenza che non deve essere connessa a terra, e quindi al neutro, l'armatura del cavo in partenza e/o in arrivo della linea di alimentazione del blocco automatico (B.A.).

Negli armadi di stazione per l'alimentazione del B.A. l'armatura del cavo ad alta tensione (definizione: Art. 268 - DPR 547/55) risulterà perciò sempre isolata e non accessibile (con l'estremità "affogata" nell'isolante del cono terminale).

Invece, negli armadi di linea le armature dei cavi in ingresso ed in uscita dell'alimentazione ad alta tensione risulteranno o tutte e due collegate a terra, oppure una armatura sarà collegata a terra, insieme alle altre apparecchiature della garitta, mentre l'altra dovrà risultare isolata e non accessibile.

Sezione 4 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)

3.4.01 Generalità

In caso di guasto verso terra dei sistemi di categoria superiore o per scariche atmosferiche si possono avere sovratensioni con ampiezza di diversi kV e di durata fino a 1 s. Devono pertanto essere adottate le seguenti misure per limitarne le conseguenze nel tempo e negli effetti.

3.4.02 Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero)

La protezione contro le sovratensioni degli impianti di categoria 0 (zero), compresi i sistemi TNV, deve essere assicurata:

- mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente;
- mediante protezione per separazione elettrica (Art. 413.5 - Norma CEI 64-8) (trasformatore di isolamento o sorgente con caratteristiche di sicurezza equivalenti, cioè con caratteristiche tali che, anche in caso di guasto, la tensione ai morsetti di uscita non possa superare i valori specificati per tali sistemi).

E' vietata la messa a terra intenzionale delle masse e di parti attive. La probabilità che si verifichi il cedimento dell'isolamento del componente, anche a seguito del maggior livello richiesto, è infinitamente inferiore alla probabilità che, a causa del collegamento a terra, si possano avere su tali impianti tensioni pericolose dovute ai sistemi di categoria superiore e/o a fenomeni atmosferici.

(Vedi l'appendice B di questa specifica)

3.4.03 Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima)

La protezione contro le sovratensioni degli impianti di categoria I (prima) deve essere assicurata con i seguenti provvedimenti:

- *Indipendenza dell'impianto di terra dal "circuito di protezione TE"*
La messa a terra degli impianti di categoria I (prima) *classificabili come impianti sensibili ed essenziali* (1.2.34) è da eseguirsi tenendo presente che le masse non debbono essere in nessun caso collegate al "circuito di terra di protezione TE".
Pertanto non rientrano generalmente in questa disposizione, ad esempio, gli impianti luce.
(Vedi nota al punto 2.5.03)
- *Equipotenzialità degli impianti di terra*
Bisogna installare tra gli impianti di terra di stazione e le rotaie di corsa un dispositivo di limitazione della tensione con cortocircuitatore (1.2.06.3).
- *Separazione elettrica*
La rete ferroviaria deve essere separata, con un trasformatore ad avvolgimenti separati, dal sistema di alimentazione pubblica (Art. 6.2.4.3.1 - Norma CEI 9-6).

3.4.04 Utilizzo di scaricatori

L'eventuale impiego di scaricatori per la protezione contro le sovratensioni deve tenere presente che il loro intervento può ridurre fortemente l'impedenza verso terra dei componenti i sistemi di categoria 0 (zero) e I (prima), favorendo così una circolazione di corrente che può essere causa di danno all'impianto e/o alle persone, in specie se ricorrono le condizioni di cui al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi).

Per gli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali si applicano le disposizioni riportate al punto 2.5.04.

(Vedi anche l'appendice B di questa specifica)

3.4.05 Controllo continuo dell'isolamento

Per gli impianti sensibili ed essenziali si deve prevedere il controllo continuo dell'isolamento.

Nota: Per ragioni diverse, nei sistemi IT è già prevista l'installazione di un dispositivo di controllo, a funzionamento continuo, dell'isolamento degli impianti (*Art. 413.1.5.4 - Norma CEI 64-8*).

CAPITOLO IV - PROVVEDIMENTI DI PROTEZIONE CONCERNENTI LA SICUREZZA ELETTRICA E LA MESSA A TERRA SULLE LINEE FERROVIARIE NON ELETTRIFICATE

Sezione 1 - Campo di applicazione

4.1.01 Generalità

Il presente capitolo contiene i provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra degli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, sulle linee ferroviarie non elettrificate.

Sulle linee ferroviarie non elettrificate non si ha l'effetto schermante delle diverse infrastrutture della trazione elettrica nei confronti delle sovratensioni (1.1.02 - d), pertanto alcune delle prescrizioni tendono a realizzare condizioni di equipotenzialità e di schermatura elettromagnetica equivalenti a quelle esistenti sulle linee elettrificate.

Sezione 2 – Messa a terra

4.2.01 Generalità

La normativa da adottare è quella prevista dalle norme CEI per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), con l'osservanza dei criteri generali riportati nella Sez. 3 del Cap. I, dei dimensionamenti e delle prescrizioni particolari previste nella Sez. 3 di questo capitolo per la protezione contro le sovratensioni.

4.2.02 Dimensionamento dell'impianto di terra

I dimensionamenti da adottare sono quelli previsti nella Sez. 2 del Cap. III, relativi agli impianti di terra al di fuori della zona di rispetto TE.

Il valore della resistenza di terra dell'impianto di terra deve essere come sempre coordinato con le misure adottate per la protezione dell'impianto elettrico, in funzione dello stato del neutro e del collegamento a terra delle masse, senza considerare il limite superiore dei 10 Ω (vedi anche 4.3.06).

Sezione 3 - Equipotenzialità degli impianti di terra e delle masse

4.3.01 Generalità

In caso di fulminazione di strutture in prossimità della linea ferroviaria (ad es., traliccio di un elettrodotto) possono originarsi sovratensioni (fino a decine di kV) sugli impianti di terra degli impianti ferroviari che vengono a trovarsi nel cono di potenziale creato dalla corrente di fulmine nel punto di impatto al suolo.

Se ricorrono le condizioni di cui al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi), al fine di evitare che i vari componenti dell'impianto siano sollecitati da differenze di potenziale pericolose (dovute alla differenza tra il potenziale assunto dall'impianto di terra interessato dalla fulminazione rispetto al potenziale praticamente zero dell'altro impianto di terra) bisogna adottare le seguenti misure.

4.3.02 Impianto di terra unico

Dal punto di vista della protezione contro le sovratensioni è necessario avere un unico dispersore adatto per tutti gli scopi. A tal fine i dispersori dei diversi impianti, se esistenti, devono essere interconnessi. Il

binario è considerato anche dispersore e pertanto va connesso a tutti gli altri dispersori.

(Vedi anche il punto 1.3.03 di questa specifica)

4.3.03 Collegamento al binario dell'impianto di terra separato

Ogni volta che è necessario effettuare un certo numero di collegamenti di terra (ad esempio, negli impianti di un passaggio a livello) si deve ricorrere ad un impianto di terra separato, da collegare successivamente al binario.

4.3.04 Continuità metallica delle rotaie

Bisogna realizzare la continuità metallica delle rotaie, con le modalità richieste per la circolazione dei treni diesel con riscaldamento elettrico delle carrozze (REC) sulle linee non elettrificate (*Circolare IE.4.111/511.2/34234/53e L:4.128906 del 14.08.1980*).

4.3.05 Dispersori supplementari

Quando la linea ferroviaria non elettrificata si trova in una zona con particolari caratteristiche ambientali (alta resistività del terreno, notevole attività ceraunica) può risultare utile collegare le rotaie, dopo essersi assicurati della loro continuità metallica (4.3.04), a dispersori supplementari distribuiti lungo la linea a distanze regolari (circa 500 m), al fine di realizzare una maggiore equipotenzialità (tramite il binario) tra gli impianti di terra a cui sono collegate le masse dei diversi componenti degli impianti (ad esempio, centralina di alimentazione/cassa di manovra di un passaggio a livello).

4.3.06 Miglioramento degli impianti di terra

Quando la linea ferroviaria non elettrificata si trova in una zona con particolari caratteristiche ambientali (alta resistività del terreno, notevole attività ceraunica) può risultare necessario realizzare impianti di terra con valori di resistenza di terra equivalente ad impulso molto bassi (minori di 2 Ω). La prescrizione 4.3.05 favorisce la realizzazione di questa condizione.

4.3.07 Guaine, armature metalliche di cavi e altri elementi conduttori strutturali

A differenza di quanto prescritto ai punti 2.4.03 e 2.4.04, al fine di ottenerne l'effetto schermante, il collegamento a terra delle guaine ed armature metalliche dei cavi, nonché degli altri elementi conduttori strutturali presenti sulla linea ferroviaria, si può effettuare in più parti. La messa a terra dovrà essere effettuata in modo tale da non recare disturbo agli impianti di segnalamento.

Sezione 4 - Prescrizioni contro le sovratensioni per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima)

4.4.01 Generalità

I seguenti provvedimenti possono non risultare sufficienti se non sono stati adottati i provvedimenti della sezione. 3.

4.4.02 Prescrizioni per gli impianti di categoria 0 (zero)

La protezione degli impianti di categoria 0 (zero), compresi i sistemi TNV, deve essere assicurata:

- mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente;
- mediante protezione per separazione elettrica (*Art. 413.5 - Norma CEI 64-8*) (trasformatore di isolamento o sorgente con caratteristiche di sicurezza equivalenti, cioè con caratteristiche tali che,

anche in caso di guasto, la tensione ai morsetti di uscita non possa superare i valori specificati per tali sistemi).

E' vietata la messa a terra intenzionale delle masse e di parti attive. La probabilità che si verifichi il cedimento dell'isolamento del componente, anche a seguito del maggior livello richiesto, è infinitamente inferiore alla probabilità che, a causa del collegamento a terra, si possano avere su tali impianti tensioni pericolose dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione e/o a fenomeni atmosferici.

(Vedi l'appendice B di questa specifica)

4.4.03 Prescrizioni per gli impianti di categoria I (prima) classificabili come impianti sensibili ed essenziali

Per gli impianti sensibili ed essenziali si deve prevedere l'alimentazione degli impianti per separazione elettrica dal sistema di alimentazione pubblica. L'alimentazione tramite centralina IS omologata risponde a questa disposizione, purchè il ramo emergenza sia comunque alimentato tramite un trasformatore di isolamento.

4.4.04 Utilizzo di scaricatori

L'eventuale impiego di scaricatori per la protezione contro le sovratensioni deve tenere presente che il loro intervento può ridurre fortemente l'impedenza verso terra dei componenti i sistemi di categoria 0 (zero) e I (prima), favorendo così una circolazione di corrente che può essere causa di danno all'impianto e/o alle persone, in specie se ricorrono le condizioni di cui al punto 1.3.05 (riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi). Si applicano le disposizioni riportate al punto 2.5.04.

(Vedi anche l'appendice B di questa specifica)

4.4.05 Controllo continuo dell'isolamento

Per gli impianti sensibili ed essenziali si deve prevedere il controllo continuo dell'isolamento.

Nota: Per ragioni diverse, nei sistemi IT è già prevista l'installazione di un dispositivo di controllo, a funzionamento continuo, dell'isolamento degli impianti (Art. 413.1.5.4 - Norma CEI 64-8).



APPENDICE A

Zona di rispetto TE

La ZONA DI RISPETTO TE (Zona della linea aerea di contatto e zona del pantografo), fondamentale per la corretta scelta delle misure di protezione per la sicurezza elettrica e la messa a terra in prossimità della linea di trazione elettrica, in cui si considera possibile il pericolo di un contatto accidentale con i conduttori della TE sotto tensione, è definita negli articoli sotto riportati della Norma CEI EN 50122-1 (CEI 9-6) /Marzo 1998.

Zona della linea aerea di contatto e zona del pantografo (Art. 3.3.8 - Norma CEI 9-6)

Zona i cui limiti non sono generalmente superati né da una linea aerea di contatto danneggiata, né da un pantografo in tensione che abbia sviato, o da suoi frammenti.

Strutture e impianti possono entrare accidentalmente in contatto con una linea aerea di contatto in tensione che abbia subito danni, o che abbia sviato. La fig. 1 definisce le zone entro le quali tale contatto è considerato probabile. I parametri X, Y, Z devono essere definiti da normative nazionali di sicurezza. Il punto PA è la posizione del conduttore più alto della linea aerea di contatto in tutte le condizioni di esercizio ed è considerato sull'asse del binario. I limiti della zona della linea aerea di contatto al di sotto del piano del ferro sono estesi verticalmente verso il basso fino a raggiungere la superficie del terreno. Tuttavia in corrispondenza di ponti o viadotti, non è necessario estendere detti limiti al di sotto della piattaforma ferroviaria.

Nel caso di linee aeree di contatto spostate rispetto al binario di corsa, la zona della linea aerea di contatto deve essere estesa di conseguenza.

Nota: Il pantografo sviato o danneggiato può essere in tensione allorché è in collegamento con altri pantografi in tensione o è attiva la frenatura elettrica. Non è presa in considerazione la rottura di alimentatori o di linee di alimentazione che non sono sollecitate meccanicamente da organi di contatto poiché la probabilità di rottura è minima.

Dimensioni della zona della linea aerea di contatto e della zona del pantografo (Allegato I.1 - Norma CEI 9-6)

Con riferimento a quanto previsto in 3.3.8 per le dimensioni X, Y, Z della zona della linea aerea di contatto e della zona del pantografo vengono confermati i valori stabiliti in 2.2.04 della abrogata norma italiana CEI 9-6 e cioè:

$$X = 3 \text{ m}; Y = 3 \text{ m}; Z = 1 \text{ m}$$

Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) in zona di rispetto TE

1) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

I dimensionamenti e le modalità di esecuzione dei collegamenti per la messa a terra negli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) hanno lo scopo, in caso di tensionamento per guasto del circuito di alimentazione della trazione, di provocare l'intervento dei sistemi di protezione in sottostazione.

(Vedi Sez. 3 - Cap. 2 di questa specifica)

Per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima) possono venire adottati altri metodi di protezione, che non richiedono la messa a terra:

2) Protezione mediante involucri o barriere

La protezione mediante involucri o barriere deve tendere ad impedire il contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione. Se tali elementi di protezione non sono di materiale isolante devono essere collegati al circuito di ritorno.

(Vedi l'art. 6.2.3.1 della Norma CEI 9-6)

Ⓢ

3) Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente

La protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente, con isolamento corrispondente alla tensione nominale della linea di contatto, evita che in caso di contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione si abbia il trasferimento di tensioni pericolose. Ai componenti elettrici aventi solo un isolamento principale, può essere applicato un isolamento supplementare durante l'installazione che presenti un grado di sicurezza equivalente alle condizioni sopra specificate.

(Vedi l'art. 6.2.3.2 della Norma CEI 9-6 e l'allegato B di questa specifica)

Overhead contact line zone and pantograph zone

CAPTION

RH Rail head
HP Highest point of the overhead contact line
OZ Overhead contact line zone
PZ Pantograph zone
TCL Track centre line

Zona della linea aerea di contatto e zona del pantografo

LEGENDA

PF Piano del ferro
PA Punto più alto della linea aerea di contatto
ZLC Zona della linea aerea di contatto
ZP Zona del pantografo
AB Asse del binario

Note/Nota The stagger has been taken into consideration within the dimension of "y".

La poligonazione è stata presa in considerazione nella dimensione "y".

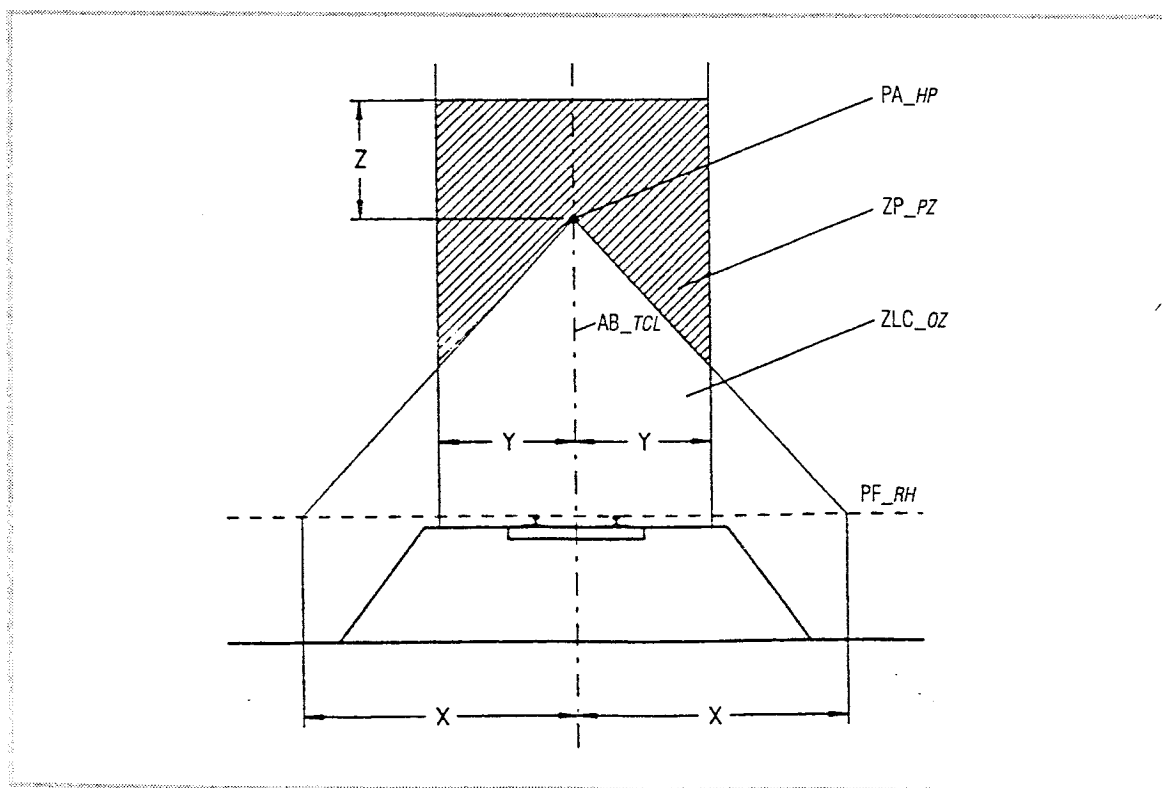


Fig. 1

APPENDICE B**Equipotenzialità delle masse**

Come è noto la pericolosità di una massa in tensione (a causa di un guasto) non dipende tanto dal potenziale assunto da quella massa, quanto dalla differenza di potenziale che si crea tra la massa e le altre masse e le masse estranee.

Con i collegamenti equipotenziali si evita che in caso di guasto si possano manifestare differenze di potenziale pericolose fra parti metalliche che possono essere toccate contemporaneamente da una persona.

In un edificio, ad esempio, è richiesto il collegamento al collettore principale di terra di tutte le canalizzazioni metalliche entranti nell'edificio (gas, acqua o altro) e delle parti strutturali metalliche dell'edificio stesso.

L'impianto di terra con interruzione automatica del circuito protegge da guasti interni all'impianto che avvengano a valle del dispositivo di protezione; non è efficace se invece la tensione pericolosa viene trasferita da altri impianti utilizzatori tramite masse estranee: l'equipotenzialità è l'unico sistema in grado di assicurare la protezione da tensioni pericolose provenienti dall'esterno dell'impianto.

Per contenere i rischi derivanti dal trasferimento di tensioni pericolose, in particolare in conseguenza di un guasto a terra nei sistemi di categoria superiore alla prima, può essere necessario adottare uno o più dei seguenti provvedimenti (*Vedi anche l'art. 9.3.3 - Norma CEI 11-1*):

- interruzione della continuità dei corpi metallici (separazione);
- aumento della resistività dello strato superficiale del terreno circostante (modifica della resistività superficiale);
- riduzione dei gradienti di tensione sulla superficie del terreno circostante (controllo dei gradienti);
- segregazione o isolamento degli elementi e delle aree in cui si localizzano tensioni pericolose (segregazione e isolamento).

Riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi: equipotenzialità degli impianti di terra e altri provvedimenti

L'equipotenzialità delle masse può non essere sufficiente se componenti degli impianti o delle apparecchiature hanno riferimenti ad impianti di terra che possono assumere potenziali diversi, anche a seguito di sovratensioni di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione. Alcuni esempi potranno essere utili ad una migliore comprensione del problema.

Esempio n. 1: Sistema di rilevamento delle temperature dei cuscinetti dei rotabili (sistema RTB)

In piena linea (fig.2) le masse del sistema di rilevamento delle temperature dei cuscinetti dei rotabili (sistema RTB) venivano collegate ad una terra elettricamente indipendente perchè l'armadio è situato al di fuori della zona di rispetto TE. La testa di lettura, essendo fissata alla rotaia, di fatto è collegata all'impianto di terra costituito dal circuito di ritorno TE. Il sistema RTB faceva quindi riferimenti a due impianti di terra che possono assumere potenziali diversi!

Per guasto del circuito di alimentazione della trazione elettrica a corrente continua a 3000 V, la rotaia può assumere un potenziale di alcuni kV, mentre le masse all'interno dell'armadio RTB rimangono praticamente a potenziale zero. La differenza di potenziale può essere tale da provocare il cedimento dell'isolamento del sistema RTB, con conseguente guasto delle apparecchiature.

Per il sistema RTB è stata adottata la protezione per separazione elettrica (Art. 413.5 della Norma CEI 64-8).

La testa di lettura viene applicata alla rotaia tramite un supporto isolante. Per le dimensioni ridotte e la particolare configurazione dell'installazione si può considerare non tensionabile per guasto TE. L'armadio era già non tensionabile. L'alimentazione a 220 V del piccolo motore e delle scaldiglie interne alla testa di lettura, nonché quella dell'elettronica contenuta nell'armadio viene effettuata tramite un trasformatore di isolamento (a Norma CEI 96-2 o con isolamento equivalente).

Le masse non sono intenzionalmente collegate a terra, nè alle masse di altri circuiti, nè a masse estranee. Per evitare il rischio di un guasto a terra nel circuito separato viene curato in modo particolare l'isolamento verso terra (posa dei cavi di collegamento testa/armadio entro tubi isolanti, armadio RTB isolato dal piano di calpestio della garitta), realizzando condizioni di isolamento equivalente alla protezione mediante componenti di Classe II (qualsiasi guasto nel sistema RTB deve rimanere all'interno del sistema stesso).

Adottando sistemi di protezione che non richiedono la messa a terra, sia rispetto alla propria alimentazione (protezione per separazione elettrica) che rispetto al sistema di alimentazione della trazione (protezione mediante involucri e barriere e isolamenti adeguati) è stato evitato il doppio riferimento a terra.

Il sistema RTB installato lungo linea colloquia generalmente, tramite una coppia telefonica, con l'apparato di cabina, che ha un proprio impianto di terra. In questo caso si ricreano le condizioni del doppio riferimento: vedi l'esempio n. 2.

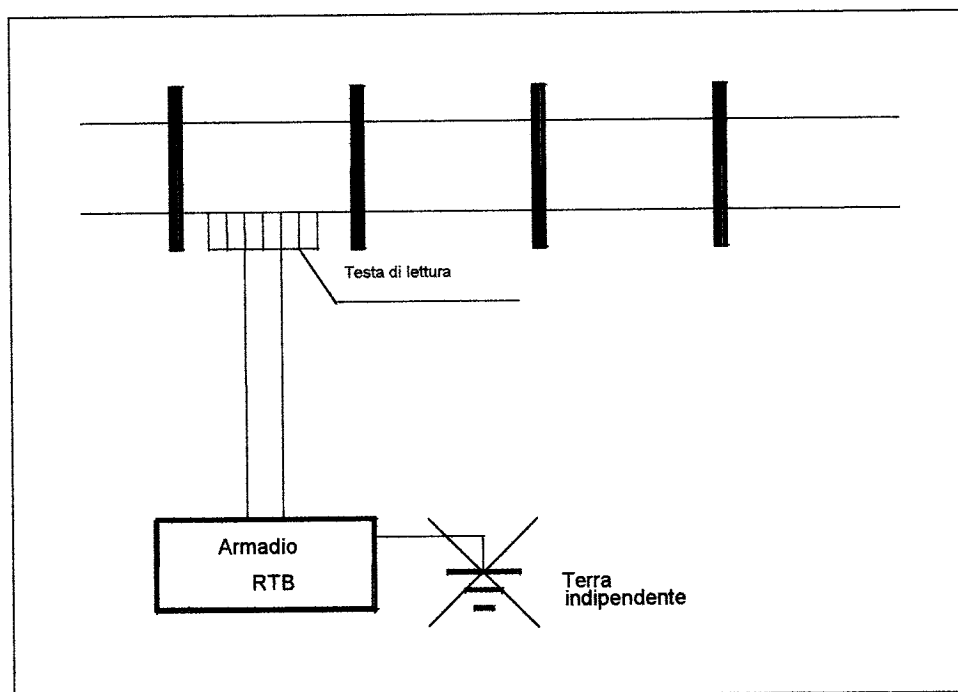


Fig. 2

Esempio n. 2: Circuito di relazione del Blocco Automatico

La circolazione dei treni lungo linea è regolata, oltre che dall'accertamento preventivo dello stato di libertà del circuito di via, dall'invio di "informazioni", tramite contatti stabiliti di relè inseriti nei circuiti di relazione (fig. 3), tra un posto di blocco (PBA) e l'altro e tra questi e le stazioni limitrofe.

Nell'ipotesi di guasto in linea (per caduta della linea di contatto sul binario o cortocircuito sul locomotore) si può localizzare tra i centri delle connessioni induttive A e D una differenza di potenziale tale da far innescare gli scaricatori S1 e S2, con conseguente circolazione di corrente di trazione nei circuiti di relazione e intervento indebito degli interruttori.

Gli impianti di sicurezza e segnalamento hanno la caratteristica fondamentale di adottare, quale sistema di distribuzione, il sistema IT per esigenza di continuità d'esercizio e per criteri di sicurezza circuitale ferroviaria. Gli scaricatori erano l'unico riferimento a terra e, nel caso in esame, tramite il cavo di relazione, a impianti di terra che possono assumere potenziali diversi.

Dato che il livello di isolamento verso terra di tutti i componenti del circuito di relazione (cavo di relazione, relè, ecc.) è superiore alle massime sovratensioni comunque ipotizzabili (2500 V, sulle linee elettrificate a c.c. a 3000 V) la presenza degli scaricatori era non solo superflua ma anche dannosa!

Condizioni analoghe si possono ritrovare in impianti (Sistema RTB dell'esempio n. 1, blocco automatico, blocco contaassi, impianti C.T.C., telecomandi in genere, impianti telefonici, ecc.) che utilizzano linee di telecomunicazione che di fatto portano in cabina, tramite gli elementi conduttori della linea stessa, il diverso potenziale dell'impianto di terra lontano cui sono connesse.

In questo esempio, il provvedimento preso (togliere gli scaricatori dai circuiti di relazione) e l'isolamento proprio del circuito rendono il sistema generalmente immune dalle sovratensioni. Pur tuttavia, possono esserci condizioni impiantistiche e/o ambientali (isolamento del binario, alta resistività del terreno, notevole attività ceraonica) per cui tale provvedimento può non essere sufficiente (vedi esempio 3).

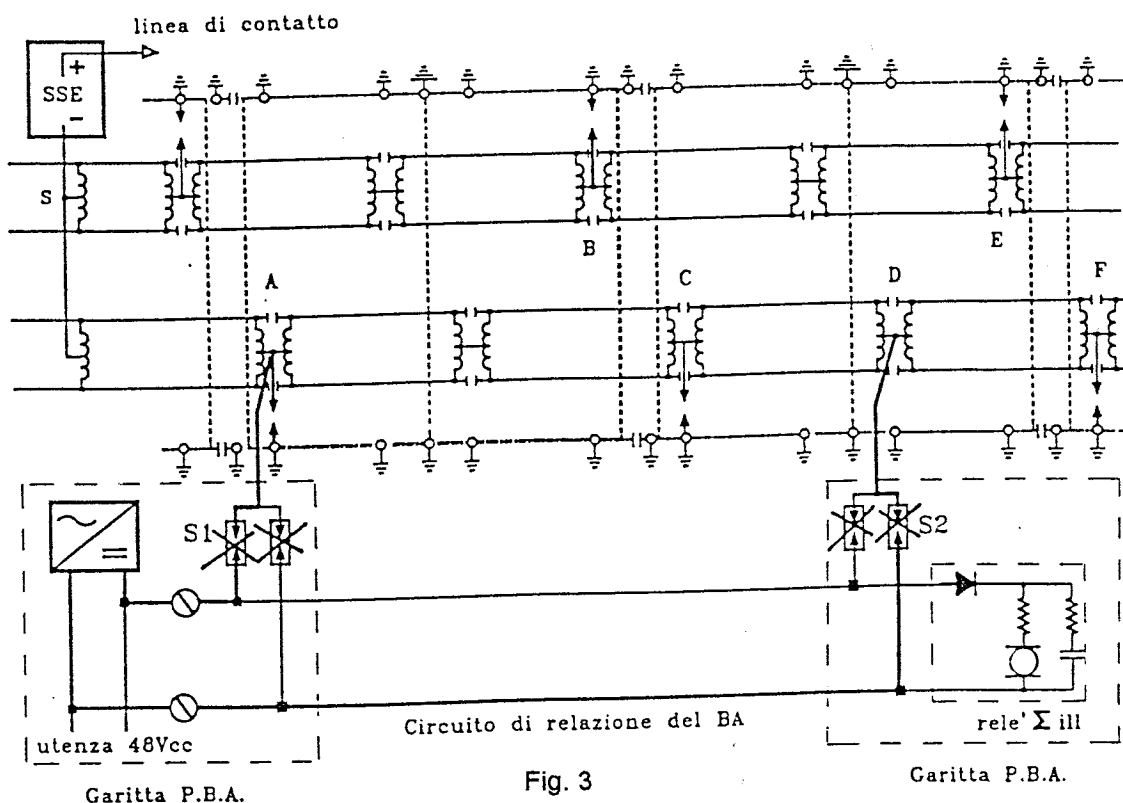



Fig. 3

Garitta P.B.A.

Garitta P.B.A.

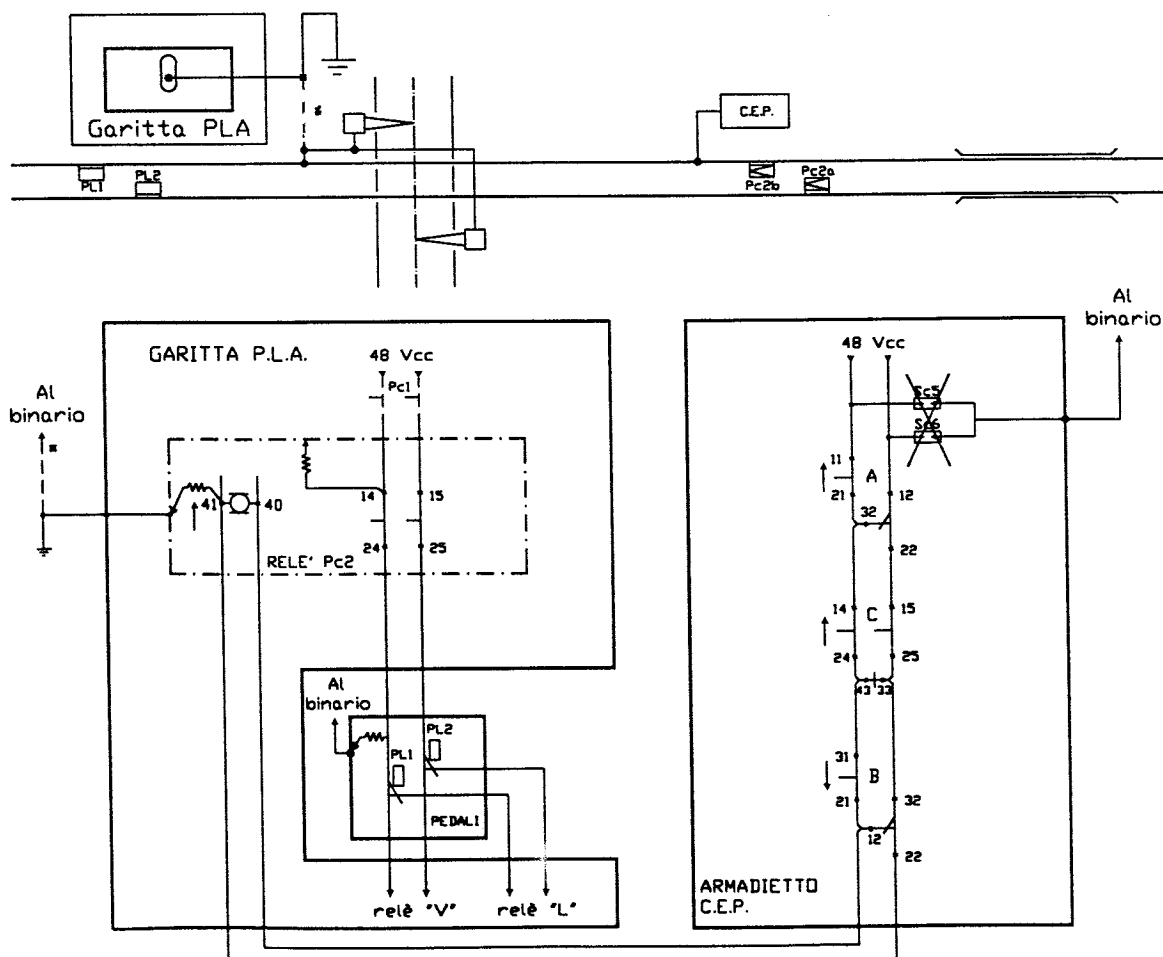
 DIVISIONE <u>INFRASTRUTTURA</u>	SPECIFICA TECNICA IS 728	
SPECIFICA TECNICA	Codifica: <u>DI</u> <u>TCXX</u> <u>ST</u> <u>IS</u> <u>00</u> <u>728</u> <u>A</u>	FOGLIO 36 di 42
<p>Esempio n. 3: Impianto di un passaggio a livello automatico</p> <p>Sulle linee ferroviarie non elettrificate viene meno l'effetto schermante delle diverse infrastrutture della trazione elettrica nei confronti delle sovratensioni di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione. Le prescrizioni del capitolo IV tendono a realizzare, per gli impianti di categoria 0 (zero) e I (prima), in particolare di segnalamento e di telecomunicazione, condizioni di equipotenzialità e di schermatura elettromagnetica equivalenti a quelle esistenti sulle linee elettrificate.</p> <p>Nell'impianto di un passaggio a livello automatico il comando di apertura e di chiusura delle sbarre viene effettuato automaticamente dal treno con l'azionamento, in questo caso, di appositi pedali.</p> <p>Le masse dei componenti del PL (fig. 4) fanno riferimento a due diversi "impianti di terra", che dal punto di vista della protezione contro i contatti indiretti possono essere considerati alternativi e quindi equivalenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'armadietto C.E.P. (controllo di efficienza dei pedali), i pedali e le casse di manovra del PL sono collegati direttamente alla rotaia; - la garitta del PL è collegata ad un proprio impianto di terra. <p>In caso di fulminazione di strutture in prossimità della linea ferroviaria (ad es., traliccio di un elettrodotto) possono originarsi sovratensioni (fino a decine di kV) sugli impianti di terra degli impianti ferroviari che vengono a trovarsi nel cono di potenziale creato dalla corrente di fulmine nel punto di impatto al suolo. Come per il tensionamento in caso di guasto del circuito di alimentazione TE, la pericolosità non dipende tanto dal potenziale assunto dall'impianto di terra (e dalle masse ad esso collegato) quanto dalla differenza di potenziale che si crea tra i "due" impianti di terra.</p> <p>Infatti, in particolari condizioni d'isolamento del binario rispetto al terreno circostante (binario su viadotto - lunghi periodi di siccità), i vari componenti dell'impianto del PL sono sollecitati da una differenza di potenziale dovuta al corrispondente potenziale assunto dall'impianto di terra, ad esempio, della garitta, rispetto al potenziale praticamente zero del binario. Quest'ultimo, infatti, se non si trova in intimo contatto con il terreno, non viene influenzato se non in minima parte dalla corrente di fulmine, mentre "porta" all'interno dell'impianto PL il potenziale zero della terra lontana.</p> <p>La differenza di potenziale (comunemente indicata come sovratensione) che si localizza tra il binario e l'impianto di terra della garitta di PL può risultare superiore alla tenuta dell'isolamento dell'impianto, permettendo così alla corrente di fulmine di propagarsi nei circuiti, seguendo, ad esempio, i due seguenti percorsi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rotaia → innesco scaricatori Sc.5 e Sc.6 → contatti relè A, B e C della logica C.E.P. → cavetto di alimentazione del relè Pc2 → morsetto 41 (cedimento dell'isolamento) del relè Pc2 → massa del telaio del PL → impianto di terra della garitta. 2. Rotaia → braccetto pedale di liberazione e, per perforazione dell'isolamento, → contatto PL1 del pedale di liberazione → cavetto di alimentazione dei relè V ed L → contatto 14/24 del relè Pc2 e, per cedimento della barretta isolante tra i contatti alti e la massa del relè, al telaio del PL → impianto di terra della garitta. <p>Nel fenomeno descritto può crearsi una situazione di rischio conseguente alla possibile saldatura per sovracorrente di uno dei contatti alti del relè Pc2 che fa permanere una condizione meno restrittiva (mancata chiusura delle semibarriere) e quindi di grave pericolo, malgrado il regolare azionamento dei pedali di comando da parte del treno: <i>questo è il motivo per cui bisogna adottare, specie nel segnalamento, misure di protezione (2.5.04) contro le sovratensioni che non favoriscono il passaggio di corrente di fulmine nei circuiti.</i> (Nel primo circuito, la presenza degli scaricatori favorisce il passaggio della corrente di fulmine riducendo fortemente l'impedenza del cavo verso terra).</p>		



Per ovviare a tale grave inconveniente e contenere le sovratensioni nei limiti del livello di isolamento degli impianti bisogna:

- sulle linee non elettrificate adottare i provvedimenti della Sez. 3 del Cap. 4 (Equipotenzialità degli impianti di terra e delle masse tramite il binario).
- sulle linee elettrificate assicurarsi dell'equipotenzialità degli impianti di terra (vedi 3.2.06 e 3.4.03).

Risulta inoltre fondamentale, come misura di prevenzione contro le sovratensioni, controllare l'isolamento dei cavi e delle apparecchiature con dispositivi di controllo permanente dell'isolamento (per non ricreare tramite il basso isolamento un riferimento a terra) e assicurarsi che le apparecchiature non abbiano al loro interno eventuali riferimenti a terra a bassa impedenza (scaricatori, circuiti elettronici con una polarità a massa, ecc.).



* Collegamento al binario (da realizzare sempre)

Fig. 4

Coordinamento dell'isolamento

In bassa tensione, stante la relativa facilità nell'assicurare un adeguato isolamento ai componenti elettrici in presenza di tensioni al massimo di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua, l'isolamento non ha mai assunto una importanza tale da giustificare l'applicazione di regole particolari. La stessa tenuta meccanica dell'elemento isolante impone di solito dimensioni tali da garantire automaticamente anche il rispetto delle distanze in aria e superficiali tra parti conduttrici a diverso potenziale.

In ambito ferroviario, se si considera che la quasi totalità degli impianti di segnalamento e telecomunicazione deve generalmente convivere con un sistema a categoria superiore, come è quello relativo alla trazione elettrica a corrente continua a 3000 V, o può essere soggetta a sovratensioni di diversi kV di origine atmosferica o dovute a guasti su vicine linee elettriche ad alta tensione, si comprende la necessità di dover dare alcune indicazioni supplementari sull'isolamento.

Alla base della scelta delle caratteristiche dell'isolamento si devono prendere in considerazione:

- le tensioni che possono manifestarsi nel sistema;
- le tensioni prodotte dall'apparecchiatura (che potrebbe danneggiare altri apparecchi nel sistema);
- il grado di continuità del servizio desiderato;
- la sicurezza delle persone e dei beni, così che la probabilità di incidenti fortuiti dovuti alle sollecitazioni di tensione non conduca ad un inaccettabile rischio di danni.

Isolamento rispetto al proprio sistema di alimentazione

La Norma CEI 28-6 "Coordinamento dell'isolamento per gli apparecchi nei sistemi a bassa tensione", individua la categoria di sovratensione di appartenenza di un componente elettrico, in base alle condizioni di sovratensione che presumibilmente potrebbero interessare il punto dell'impianto elettrico ove si prevede di installarlo e in relazione alla continuità del servizio e al rischio accettabile di guasto. La categoria di sovratensione (categoria di tenuta ad impulso) è un numero che definisce il livello di tenuta all'impulso di un componente elettrico, cioè il valore più elevato di picco di un impulso di tensione, di forma e polarità prescritte, che non provoca guasti di isolamento.

Tensione nominale di installazione (V)		Tensione di tenuta ad impulso richiesta per apparecchiatura: (kV)			
Sistemi trifase	Sistemi monofase con punto centrale	all'origine dell'impianto	che è parte dell'impianto fisso	da collegare all'impianto fisso	con protezione speciale
		Categoria di tenuta ad impulso			
		IV	III	II	I
	120/240	4	2,5	1,5	0,8
230/400 277/480		6	4	2,5	1,5
400/690		8	6	4	2,5
1000		12 (*)	8 (*)	6 (*)	4 (*)

(*) Questi valori di categoria ad impulso sono stati presi dalla Norma CEI 17/13-1

Nella tabella sono riportate le diverse categorie di sovratensione, previste dalla Norma CEI 28-6, basate sulle seguenti considerazioni generali:

- Gli apparecchi di categoria I di tenuta ad impulso sono apparecchi destinati ad essere collocati agli impianti elettrici fissi degli edifici. In questo caso misure di protezione sono prese all'esterno dell'apparecchiatura (o nell'impianto fisso o tra l'impianto fisso e l'apparecchiatura) per limitare le sovratensioni transitorie ad un livello determinato.
- Gli apparecchi di categoria II di tenuta ad impulso sono apparecchi da collegare agli impianti elettrici fissi degli edifici (esempi: elettrodomestici, utensili portatili, ecc.).
- Gli apparecchi di categoria III di tenuta ad impulso sono apparecchi che fanno parte di impianti elettrici fissi e/o da cui ci si attende un livello più elevato di disponibilità (esempio, quadri di distribuzione).
- Gli apparecchi di categoria IV di tenuta ad impulso sono utilizzati all'origine degli impianti elettrici degli edifici a monte del quadro di distribuzione principale (esempi: contatori elettrici, dispositivi principali di protezione, ecc.).

L'apparecchiatura può essere utilizzata anche per una condizione di categoria più alta se è prevista una riduzione appropriata di sovratensione. Ad esempio, le centraline di alimentazione degli impianti IS generalmente sono installate all'origine dell'impianto e dovrebbero quindi appartenere alla IV categoria di sovratensione. La presenza di un trasformatore di isolamento in ingresso permette di utilizzare tale apparecchiatura, di categoria III (tensione di tenuta a impulso di 4 kV - tensione di alimentazione 220/380 V), anche nella categoria superiore.

Le apparecchiature alimentate tramite la centralina IS possono appartenere alla II categoria di sovratensione o anche alla I, se ulteriormente protetti anche rispetto alle sovratensioni provenienti dagli impianti di terra.

Isolamento rispetto all'ambiente elettrico

Il concetto di categoria di tenuta ad impulso sopra richiamato è usato dalla Norma CEI 28-6 per apparecchi alimentati direttamente dalla rete e perciò soggetti a sovratensioni dovute a guasti, manovre o scariche di origine atmosferica provenienti dalla linea di alimentazione, *mentre bisogna tener conto anche dell'ambiente elettrico circostante* e, in particolare, dei potenziali di terra dovuti alla circolazione di corrente nel terreno, per guasto a terra dei sistemi di categoria superiore o per fulminazione, che si accoppia con i percorsi comuni di terra del sistema di messa a terra dell'impianto in bassa tensione.

La Norma CEI 110-30, sulla compatibilità elettromagnetica, individua le seguenti classi di installazione, sulla base delle quali vengono stabiliti i livelli di tensione di prova:

Classe 0: *Ambienti elettrici ben protetti all'interno di camere speciali.*

Tutti i cavi entranti sono provvisti di protezioni (primarie o secondarie) contro le sovratensioni. Le unità dell'apparecchiatura elettronica sono collegate da ben progettato sistema di terra che *non* è sostanzialmente influenzato da impianti di potenza o da fulminazioni. L'apparecchiatura elettronica ha una alimentazione dedicata.

La tensione di impulso non può superare 25 V.

Classe 1: *Ambienti elettrici parzialmente protetti.*

Tutti i cavi entranti nella stanza sono provvisti di protezioni da sovratensioni. Le unità dell'apparecchiatura sono ben collegate da una rete di linee di terra che *non* è sostanzialmente influenzata da impianti di potenza o da fulminazioni.

L'apparecchiatura elettronica ha una sua alimentazione completamente separata dalle altre apparecchiature.

Le operazioni di commutazione possono generare tensioni di disturbo all'interno della stanza.

La tensione di impulso non può superare i 500 V

Classe 2: *Ambienti elettrici dove i cavi sono ben separati anche per brevi percorsi.*

L'installazione è collegata, tramite una linea a terra separata, al sistema di terra dell'impianto di potenza che può essere sostanzialmente soggetto a tensioni di disturbo generale dall'impianto stesso o da fulminazione. L'alimentazione delle apparecchiature elettroniche è separata dagli altri circuiti, il più delle volte tramite uno speciale trasformatore per l'alimentazione.

Nell'installazione vi sono circuiti non protetti, ma ben separati ed in numero limitato. La tensione di impulso non può superare 1 kV.

Classe 3: *Ambienti elettrici in cui i cavi di potenza e di segnale corrono paralleli.*

L'installazione è collegata al sistema di terra comune dell'impianto di potenza che può essere sostanzialmente soggetto a tensioni di disturbo generate dall'impianto stesso o da fulminazioni.

Le correnti dovute a guasti a terra, operazioni di commutazione e fulminazioni nell'impianto di potenza possono generare tensioni di disturbo di ampiezza relativamente elevata nel sistema di terra. Le apparecchiature elettroniche protette e le apparecchiature elettriche meno sensibili sono collegate alla stessa rete di alimentazione. I cavi di collegamento possono essere in parte cavi esterni, ma vicini alla rete di terra.

Sono presenti nell'impianto carichi induttivi non soppressi e di solito non esiste separazione dei diversi cavi.

La tensione di impulso non può superare 2 kV.

Classe 4: *Ambienti elettrici dove i collegamenti corrono, come i cavi esterni, con i cavi di potenza, ed i cavi sono impiegati sia per circuiti elettrici che per circuiti elettronici.*

L'installazione è collegata al sistema di terra dell'impianto di potenza che può essere soggetto a tensioni di disturbo generate dall'impianto stesso o da fulminazione.

Le correnti dell'ordine dei kA dovute a guasti a terra, operazioni di commutazione e fulminazioni nell'impianto di alimentazione possono generare tensioni di disturbo di ampiezza relativamente alta nel sistema di terra. La rete di alimentazione può essere la stessa sia per apparecchiature elettroniche che per apparecchiature elettriche. I cavi di collegamento corrono, come i cavi esterni, perfino verso apparecchiature ad alta tensione.

La tensione di impulso non può superare 4 kV.

Classe 5: *Ambiente elettromagnetico per apparecchiature elettroniche collegate a cavi di telecomunicazione e linee di alimentazione aeree in aree non densamente popolate.*

Tutti questi cavi e linee sono provvisti di protezioni (primarie) contro le sovratensioni.

All'esterno dell'apparecchiatura elettronica non esiste una ampia estensione del sistema di terra (impianto esposto). Le tensioni di disturbo dovute a guasti a terra (correnti fino a 10 kA) ed a fulminazioni (correnti fino a 100 kA) possono essere estremamente alte.

La tensione di impulso non può superare 4 kV.

Un caso particolare affrontato dalla norme (vedi la Norma CEI 11-37) è il collegamento del neutro della BT all'impianto generale di terra delle installazioni alimentate in MT e AT.

A seconda delle condizioni di interconnessione degli impianti di terra e dello stato del neutro, un guasto a terra sul sistema in alta tensione può:

- dar origine a tensioni pericolose sulle masse in bassa tensione;
- sollecitare in modo abnorme l'isolamento verso terra degli apparecchi in bassa tensione;
- sollecitare fortemente l'isolamento del sistema elettrico in bassa tensione, verso le masse connesse all'impianto di terra in alta tensione.

La norma prescrive che nelle officine elettriche e negli impianti utilizzatori con tensione > di 1 kV, l'impianto di terra debba essere unico. A questo impianto di terra sono quindi collegate tutte le masse e



le masse estranee sia di AT, che della MT e della BT. Ma sono ammesse delle deroghe per la messa a terra del neutro della BT, quando la distribuzione in BT si estenda all'esterno della periferia dell'impianto di terra unico.

Nei sistemi di I categoria TN, se è verificato il rispetto dei valori prescritti per la tensione di contatto e di passo anche all'esterno dell'impianto di terra unico, le masse non presentano pericoli ed il neutro può essere collegato alla terra principale.

Nel caso di sistemi TT e IT, non è consentito collegare all'impianto di terra unico il neutro o altro punto dei sistemi di I categoria *non totalmente compresi nell'area dell'impianto di terra stesso*, se la tensione totale di terra U_t dell'impianto di terra supera 250 V. In questo caso occorre inoltre accertare che per tutti i componenti dell'impianto di I categoria situati entro l'area dell'impianto di terra sia verificata la relazione:

$$U_p > 500 + U_t + U_o$$

dove:

- U_p = valore (in V) della tensione di prova verso terra a frequenza industriale per 1 min del componente di I categoria;
 U_t = valore (in V) della tensione totale di terra;
 U_o = valore (in V) della tensione nominale verso terra del sistema di I categoria.

La recente edizione della Norma CEI 11-1 introduce nuove condizioni che confermano comunque sostanzialmente la necessità di isolamenti adeguati.

Nella presente specifica (2.5.02, 3.4.02 e 4.4.02) è vietata la messa a terra intenzionale delle masse e di parti attive degli impianti di categoria 0 (zero), compresi i sistemi TNV.

Si riportano, a titolo di ulteriore esempio, le prescrizioni dell'art. 707.5 della Norma CEI 64-8 per le periferiche remote:

"Per le periferiche remote si intendono qui le apparecchiature che scambiano segnali col sistema centrale e che hanno la messa a terra delle masse effettuata su dispersori separati o anche su punti di uno stesso dispersore tra i quali, in condizioni di guasto, possono comunque verificarsi tensioni pericolose per le persone o per le apparecchiature.

Nei punti in cui il valore e la durata delle tensioni trasferite risultano pericolosi, è necessario adottare adeguati provvedimenti ai fini della protezione delle persone contro i contatti diretti e delle apparecchiature.

La protezione delle persone contro i contatti diretti deve essere assicurata in occasione di interventi su apparecchiature in servizio, anche nei casi in cui i circuiti sono circuiti SELV. Si devono usare gli stessi provvedimenti previsti per lavori sotto tensione su circuiti alimentati da sistemi di I categoria, ed in particolare la indicazione che i circuiti SELV possono essere soggetti ad aumenti di tensione verso terra pericolosi. La protezione delle apparecchiature va eseguita con *uno* dei modi seguenti:

- impiego di dispositivi limitatori di tensione in prossimità dei punti nei quali si vogliono assicurare condizioni di sicurezza;
- interposizione di dispositivi di separazione (per es., trasformatori di isolamento) nei collegamenti tra sistema centrale e periferiche remote;
- scelta di componenti elettrici ed apparecchiature con livello di isolamento adeguato."

Isolamento rispetto al contatto diretto con parti attive del sistema di trazione

La protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente, con isolamento corrispondente alla tensione nominale della linea di contatto, evita che in caso di contatto accidentale con i conduttori della trazione elettrica sotto tensione si abbia il trasferimento di tensioni pericolose.

Ai componenti elettrici aventi solo un isolamento principale, può essere applicato un isolamento supplementare durante l'installazione che presenti un grado di sicurezza equivalente alle condizioni sopra specificate.

L'isolamento richiesto è almeno di 6 kV.

Ⓢ

APPENDICE C

Riferimenti normativi

<i>Norma CEI 9-6/1998</i>	<i>"Applicazioni ferroviarie- Installazioni fisse - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra"</i>
<i>Norma CEI 11-1/1999</i>	<i>"Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata"</i>
<i>Norma CEI 11-17/1997</i>	<i>"Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica: Linee in cavo"</i>
<i>Norma CEI 17-13/1995</i>	<i>"Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1"</i>
<i>Norma CEI 11-37/1996</i>	<i>"Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria"</i>
<i>Norma CEI 28-6/1997</i>	<i>"Coordinamento dell'isolamento per gli apparecchi nei sistemi a bassa tensione"</i>
<i>Norma CEI 37-1/1995</i>	<i>"Scaricatori - Parte 1: scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi in corrente alternata"</i>
<i>Norma CEI 64-8/1998</i>	<i>"Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"</i>
<i>Norma CEI 64-12/1998</i>	<i>"Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario"</i>
<i>Norma CEI 81-1/1998</i>	<i>"Protezione delle strutture contro i fulmini"</i>
<i>Norma CEI 96-2/1995</i>	<i>"Trasformatori di isolamento e trasformatori di sicurezza - Prescrizioni"</i>
<i>Norma CEI 103-1/1995</i>	<i>"Impianti telefonici interni - Parte 12: Protezione degli impianti telefonici interni"</i>
<i>Norma CEI 103-6/1991</i>	<i>"Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto"</i>
<i>Norma CEI 103-10/1995</i>	<i>"Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata da linee ferroviarie elettrificate in corrente alternata"</i>
<i>Norma CEI 110-30/1997</i>	<i>"Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Prova di immunità ad impulso"</i>
<i>DPR N. 547 del 27/04/1955</i>	<i>"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"</i>
<i>DPR n. 323 del 20/03/1956</i>	<i>"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro negli impianti telefonici"</i>
<i>Circolare Ministero PT n. LCI/U2/2/71571/SI del 13/03/1973</i>	<i>"Prescrizioni per gli impianti di telecomunicazioni allacciati alla rete pubblica installati nelle cabine, stazioni e centrali A.T."</i>
<i>Circolare IE. n. 41 - 43 276/611 dell'08/07/1981</i>	<i>"Circuito di terra di protezione di piena linea"</i>