

# Messa a terra di un cavalcaferrovia: dalla teoria alla pratica

L'alimentazione della linea dei convogli ferroviari avviene a tensione superiore ai 1000 V in corrente continua o alternata: un guasto può innescare tensioni pericolose sulle strutture adiacenti, con conseguente rischio, fra l'altro, di elettrocuzione per contatti indiretti. Eliminare tale rischio richiede di definire e studiare sistemi atti a disperdere un'eventuale corrente susseguente ad un guasto nella rete ferroviaria e ad annullare eventuali differenze di potenziale pericolose tra masse. Nell'articolo si analizzano le soluzioni adottate per evitare tensioni nel ponte adiacente alla linea ferroviaria.



**RIVESTIMENTO** Sulla struttura inferiore del ponte Darsena sono visibili i pannelli metallici di rivestimento



**CONTATTO** La struttura inferiore del ponte Darsena, in cui è visibile la linea di contatto della struttura ferroviaria



**PARTICOLARE** Il particolare della sezione del pannello di rivestimento



## Il caso reale del ponte Darsena

Nei pressi di Venezia, nella zona del porto commerciale, è stato realizzato il ponte Darsena, costituito da una struttura portante in calcestruzzo a tiranti in acciaio dritti che, date le sue dimensioni, è facilmente visibile anche dalla tangenziale di Mestre.

Il passaggio di una linea ferroviaria sotto il ponte ha reso necessario studiare l'impianto di messa a terra, anche valutando l'eventualità di un contatto tra i pannelli metallici di rivestimento della struttura e i

conduttori della linea ferroviaria, nonché con il pantografo di una motrice ferroviaria che dovesse fuoriuscire dalla sua sede.

Tale contatto porterebbe pericoli sulla struttura del ponte e di tensioni pericolose "di passo" e "di contatto".

La realizzazione dell'impianto è stata eseguita sulla base della normativa tecnica di riferimento, in particolare le CEI 9-6, CEI 9-6/2, CEI 11-1 e CEI 64-8, nonché in conformità alle specifiche tecniche

emanate dalla RFI (Rete Ferroviaria Italiana). La linea di contatto aerea sotto il ponte è costituita da cavi in rame aventi sezione di 100 mm<sup>2</sup>, mentre la fune portante è in rame con sezione 120 mm<sup>2</sup>; le due corde non risultano isolate elettricamente, pertanto la sezione conduttrice equivalente è di 220 mm<sup>2</sup>. Tale linea è alimentata dalle sottostazioni di Venezia e di Spinea, nelle quali sono presenti i trasformatori aventi le caratteristiche indicate nella tabella 1.

### Protezione contro i contatti indiretti

Il dimensionamento dell'impianto di protezione dai contatti indiretti, da realizzare nei punti di attraversamento della ferrovia, è stato effettuato applicando la norma CEI 9-6 Parte 1 "Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra". Prevedendo possibili guasti, tale norma definisce una "zona della linea aerea di contatto" e una "zona del pantografo",

identificandole con il volume contenuto entro "i limiti che generalmente non vengono superati, né da una linea aerea di contatto danneggiata, né da un pantografo in tensione sviato, o da suoi frammenti. Strutture o impianti possono entrare accidentalmente in contatto con una linea aerea di contatto in tensione che abbia subito danni, o con parti in tensione di un pantografo danneggiato, o che abbia sviato". Il ponte della Darsena ricadeva ampiamente entro tali volumi.

## Scheda d'impianto



**Ubicazione dell'intervento**  
Ponte Darsena, Porto Commerciale di Venezia



**Tipologia dell'intervento**  
Installazione di impianto di protezione per drenare a terra eventuali correnti di guasto, dovute al sistema ferroviario



**Committente**  
Autorità Portuale di Venezia



**Progettazione**  
Ing. Alberto Runfola e Ing. Pier Luigi Dalla Pozza, Studio di Ingegneria Associato Rossato Dalla Pozza Campello Maritan Runfola



**Installazione**  
P.I. Michele Marchiori e P.I. Walter Bertan, M.F. Marchiori Mechatronic Solutions



**Prove sui morsetti utilizzati nell'installazione**  
C. Cremonesi e Ing. P. Calvari, IMQ Laboratorio materiale da installazione e apparecchi di protezione (Mi)

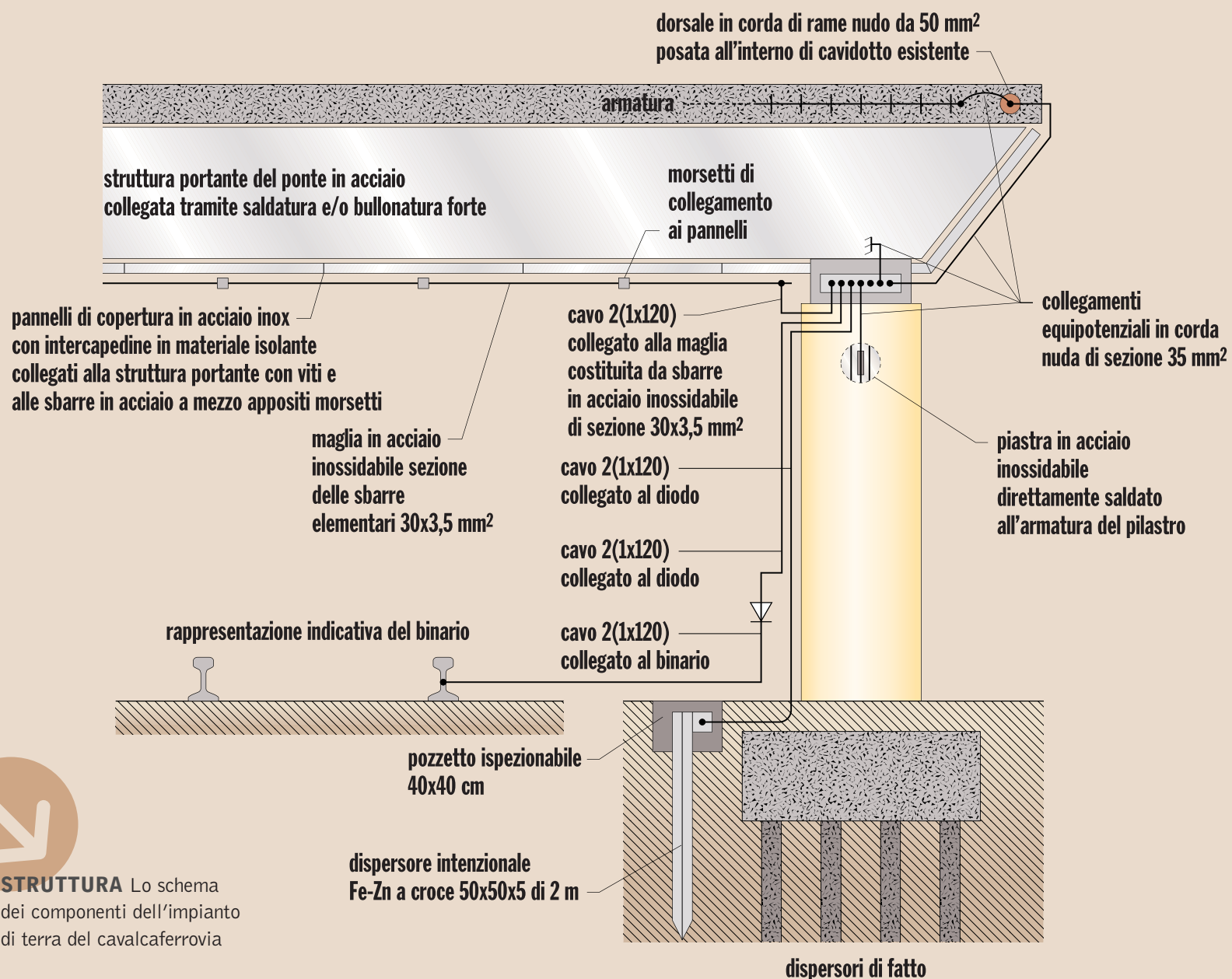
## Tabella 1 - I trasformatori delle sottostazioni

Sottostazione	N° trasformatori	Potenza singolo trasformatore	Tensione di cortocircuito Vcc %
Spinea	2	5750 kVA	6 %
Venezia	1	3800 kVA	6 %
Sottostazione	Tensione al primario	Tensione al secondario	Impedenza equivalente trasformatori
Spinea	132000 V	1355 V	0,038 ?
Venezia	132000 V	1355 V	0,116 ?

## Modalità di realizzazione dell'impianto per il trasporto della corrente di guasto a terra

Sulla base delle indicazioni presenti nella norma CEI 9-6 si è ritenuto necessario realizzare un impianto per il "trasporto" della corrente di guasto a terra sul circuito di ritorno della linea ferroviaria e un'equipotenzialità della struttura del ponte, per evitare tensioni di contatto pericolose. Per realizzare l'impianto e l'equipotenzialità del ponte, si è dovuto ricorrere ad uno studio approfondito della struttura da proteggere nonché dei materiali idonei alla realizzazione dell'impianto. Come si vedrà nel seguito, uno degli aspetti più critici dello studio è stato verificare il comportamento dei pannelli posti nella parte inferiore dello stesso, qualora sog-

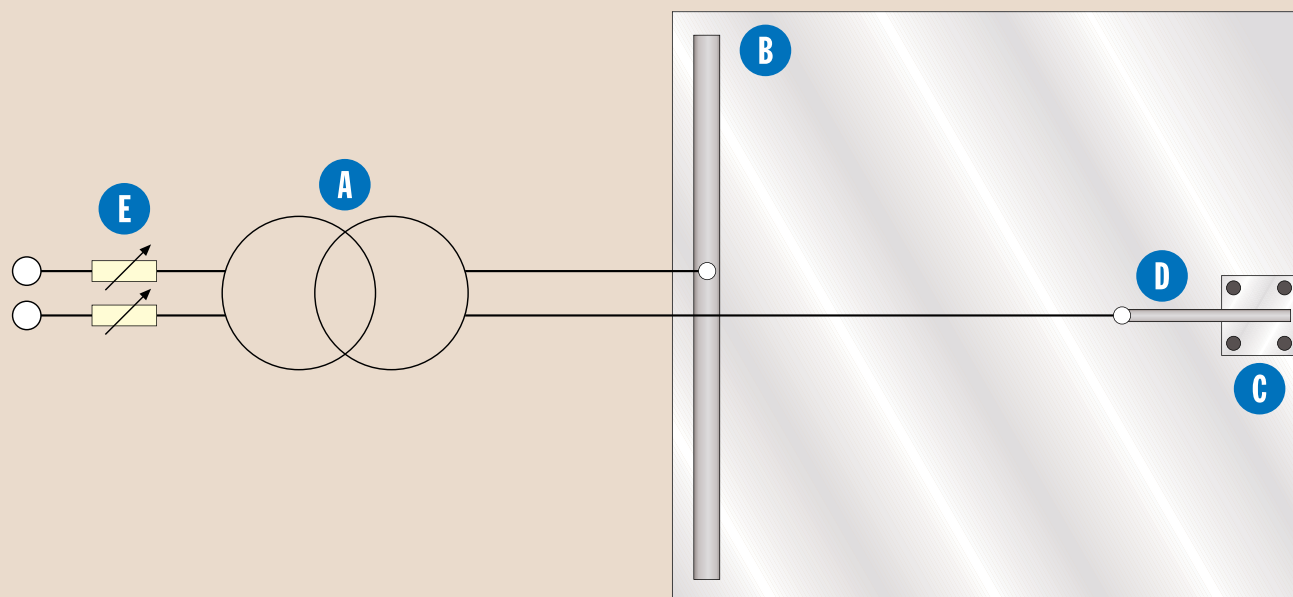
## I componenti



**STRUTTURA** Lo schema dei componenti dell'impianto di terra del cavalferrovia



## Lo schema della prova



### Legenda

- A) Trasformatore di alimentazione (438V primario / 48V secondario)**
- B) Barra equipotenziale di rame**
- C) Sistema a quattro morsetti per la connessione al pannello**
- D) Barra di collegamento in acciaio**
- E) Impedenze regolabili**

**MORSETTI** Il sistema utilizzato per effettuare la prova sperimentale sulla massima corrente passante attraverso un morsetto di collegamento

getti ad una tensione dovuta al contatto con la linea ferroviaria. Alcune misure effettuate sul posto hanno consentito di verificare una continuità elettrica tra le lastre metalliche dei vari pannelli: non essendo però intenzionale, tale continuità non può essere garantita nel tempo. Perciò si è deciso di fissare fra loro i pannelli contigui per mezzo di morsetti metallici rivettati alla struttura, a loro volta collegati per mezzo di una bandella metallica. Nel contatto dei rivetti con la lamiera è la superficie perimetrale di questi ultimi a costituire la sezione minore di passaggio della corrente di guasto: l'energia specifica passante ammissibile da tale contatto è stata perciò verificata su tale superficie di passaggio. Per effettuare la verifica sono state utilizzate la norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", e in particolare la relazione (B-1), e la norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua", le quali consentono di calcolare l'energia specifica passante su un conduttore o un dispersore di terra, in funzione della sezione di passaggio della corrente e della tipologia di materiale. Il calcolo ha indicato la necessità di fissare ogni morsetto con almeno tre rivetti, mentre per la connessione dei vari morsetti sono state utilizzate delle bandelle in acciaio inox aventi una sezione di 105 mm<sup>2</sup>. Tali bandelle in acciaio permettono sia di collegare elettricamente i pannelli, sia di sostenerli meccanicamente evitando che possano cadere sulla linea di contatto.

Per drenare a terra e quindi al binario di ritorno le correnti di guasto, si è completato l'impianto nel modo indicato nella figura 1. In particolare sono stati installati due picchetti di terra in prossimità delle due calate vicino ai pilastri; i picchetti sono in acciaio zinca-

to, del tipo a croce 50 x 50 x 5 mm, lunghezza 2 m. I conduttori di collegamento tra la bandella di acciaio inox, i ferri di fondazione presenti nei pilastri di sostegno del ponte e i picchetti di terra sono costituiti da due corde in rame isolate in PVC, poste in parallelo, ciascuna di sezione 120 mm<sup>2</sup>.

A completamento dell'impianto è stato installato un dispositivo a semiconduttori, fornito dalla RFI, per il collegamento dell'impianto di terra del ponte al circuito di ritorno dei binari. Tale dispositivo a semiconduttori impedisce l'instaurarsi di correnti vaganti nella struttura metallica del ponte che potrebbero portare a delle corrosioni catodiche dell'impianto disperdente. La corrente circolante nel dispositivo può transitare in un unico verso, per cui non si hanno correnti vaganti provenienti dal circuito di ritorno dell'impianto ferroviario. Per il collegamento di tale dispositivo a semiconduttori con la struttura del ponte ed i binari sono state utilizzate due corde in parallelo in rame isolato in PVC, ciascuna di sezione 120 mm<sup>2</sup>.

### Verifica sperimentale della massima energia passante nei morsetti

Considerando l'importanza dell'impianto da realizzare e la particolare criticità dello studio teorico affrontato, si è ritenuto opportuno effettuare una verifica di quanto emerso dai calcoli effettuati sull'energia passante teorica sui morsetti di collegamento. Perciò sono stati effettuati test presso IMQ (laboratorio materiale da installazione e apparecchi di protezione). La prova ha evidenziato la correttezza dei calcoli e delle assunzioni effettuate dai progettisti: l'energia specifica ottenuta a seguito di prova sperimentale è di 8.524.000 A<sup>2</sup>s, molto vicino al valore teorico calcolato pari a 8.295.206 A<sup>2</sup>s.