

Disaccoppiatori bidirezionali a radiofrequenza per l'isolamento elettrico dei cavi coassiali nelle installazioni ferroviarie *Serie DBS e Serie DBA (1ª generazione)*

Telecomunicazioni in ambiente ferroviario

L'uso di apparati a radiofrequenza per le comunicazioni audio e la trasmissione dati all'interno di strutture ferroviarie e metropolitane si è diffuso negli ultimi anni in modo molto importante.

È sempre più frequente trovare cavi coassiali o cavi radianti posati in aree che vengono definite, dal punto di vista della sicurezza elettrica, di seconda categoria (II) o superiore; ciò significa che in questi sistemi sono presenti circuiti elettrici alimentati con tensioni alternate superiori a 1.000 V o continue superiori a 1.500 V.

Nel caso in cui questi elementi non siano provvisti di proprio adeguato isolamento (per esempio la linea di contatto ferroviaria) viene definita un'area circostante (Zona di Rispetto TE) in cui devono essere prese particolari precauzioni per l'installazione di conduttori, di apparati e opere metalliche che possono venire in contatto accidentale con il sistema di categoria II o superiore. Nel caso, per esempio, di un cavo coassiale o radiante posato lungo la volta di una galleria ferroviaria che viene in contatto accidentale con la linea di trazione a 3 kVcc, la perdita di isolamento della guaina del cavo provoca il trasferimento della tensione a 3 kV verso gli apparati a radiofrequenza, con conseguente distruzione degli stessi e pericolo di folgorazione per il personale che su di essi potrebbe operare. L'eventuale connessione a terra degli apparati elettronici, a causa delle elevate correnti di cortocircuito, non è mai sufficiente a garantire tensioni di passo e di contatto sicure (inferiori a 50V). Nel caso, invece, che i conduttori a radiofrequenza siano posti al di fuori, ma in prossimità, della Zona di Rispetto TE, sono frequentemente colpiti da fulminazioni atmosferiche "reiettate" dalla struttura meccanica della trazione elettrica; anche in questa situazione i pericoli e i danni in cui si può incorrere sono pressoché gli stessi.

Il guasto meccanico al cavo TE

Nella figura 1 è rappresentata la tipica configurazione di una galleria ferroviaria illuminata da un cavo radiante posto a circa 4 metri di altezza rispetto al piano ferroviario: l'area tratteggiata mette in evidenza la "Zona di Rispetto Trazione Elettrica" di ampiezza pari a circa 5 x 7 metri.

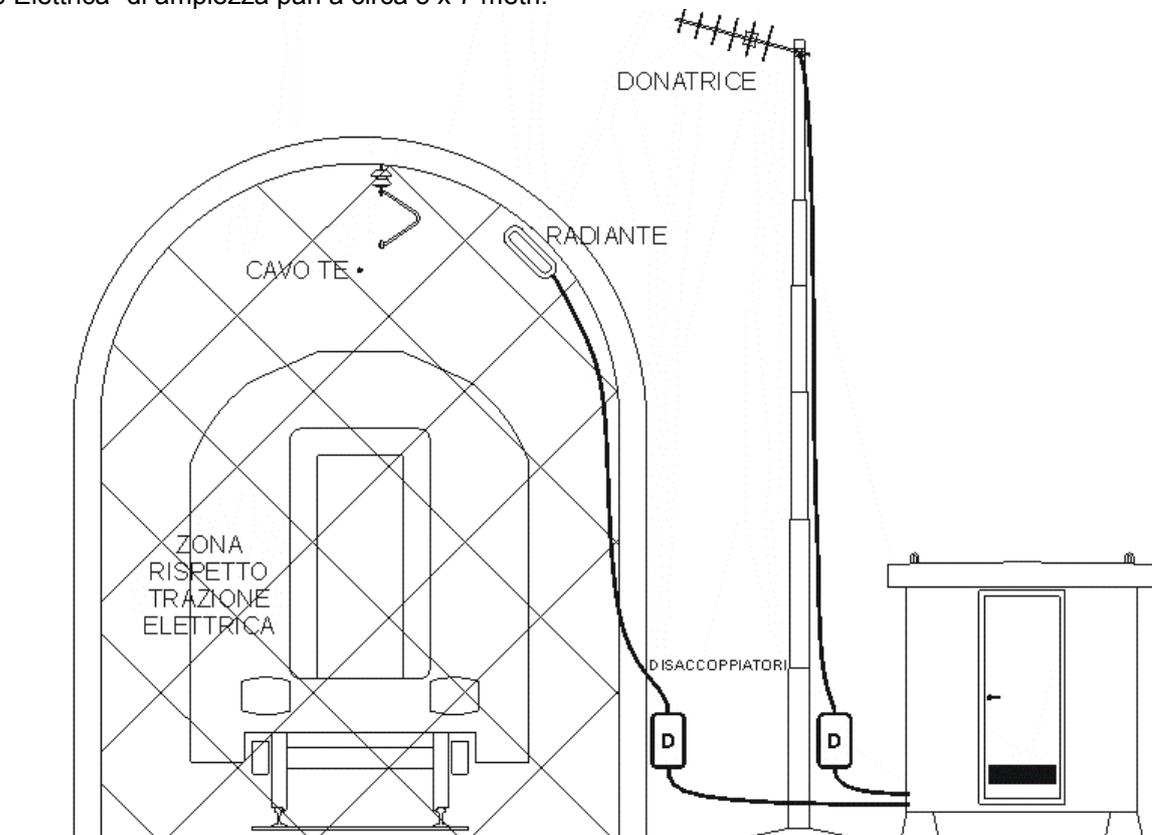


Figura 1 - Copertura in galleria

Disaccoppiatori bidirezionali a radiofrequenza per l'isolamento elettrico dei cavi coassiali nelle installazioni ferroviarie *Serie DBS e Serie DBA (1ª generazione)*

Il cavo radiante è posto completamente all'interno della ZRTE mentre lo shelter e l'antenna verso la radiobase ne sono generalmente fuori. Gli apparati radio, il conduttore esterno del cavo radiante, l'antenna e i sistemi di alimentazione a 48/60 V sono vincolati al nodo equipotenziale locale che è presente all'interno dello shelter.

Nel caso in cui, per un incidente, il cavo TE a 3 kV (che ha il binario come conduttore di ritorno) dovesse tranciarsi e venire in contatto con il conduttore esterno del cavo radiante, l'elevata corrente di cortocircuito disponibile (>10 kA) e la indeterminazione del valore della resistenza di terra dell'impianto, permettono la localizzazione della totalità della tensione sulle strutture degli apparati posti all'interno dello shelter. Si crea così una condizione estremamente pericolosa per l'incolumità delle persone che fossero in quel momento presenti. Nel caso peggiore in cui il cavo TE dovesse venire in contatto anche con il conduttore centrale del cavo radiante ci sarebbe anche il rischio di incendio degli apparati a causa degli archi che si verrebbero a creare senza la possibilità di interromperli tramite circuiti di protezione.

Il guasto da fulminazioni atmosferiche

Come precedentemente affermato, in una installazione di tipo convenzionale gli apparati radio, il conduttore esterno del cavo radiante, l'antenna e i sistemi di alimentazione a 48/60 V sono vincolati al nodo equipotenziale locale presente all'interno dello shelter.

In presenza di attività temporalesche è noto che l'eventuale scarica elettrica tende a stabilirsi tra l'atmosfera e gli oggetti conduttori puntiformi connessi al terreno. Nel caso di antenne radiobase e/o donatrici il loro conduttore di massa è elettricamente connesso alla struttura metallica superiore del palo di sostegno.

Un palo in acciaio zincato di altezza pari a 8 metri (è più frequente il caso di 15 metri) ha una resistenza elettrica tra punta e basamento di circa 1,5 milliohm e una induttanza di circa 200 nanohenry; la connessione in rame tra la base del palo e la rete di terra dello shelter, a cui sono connessi gli apparati attivi, ha una resistenza di circa 1 milliohm e una induttanza di circa 100 nanohenry. Ipotizzando una corrente di picco del fulmine pari a 150 kA, si stabilisce, tra l'antenna e gli apparati, una tensione che può superare anche 1 - 2 kVolt e 2 - 4 kVolt per un palo di 15 metri. Per ridurre la probabilità che il fulmine possa colpire il palo sarebbe opportuno rientrare nell'area di reiezione prodotta dalla struttura ferroviaria. Come si può vedere nella figura 2 questa area è estremamente limitata (inferiore a 5 metri); l'eventuale ipotesi di inglobarne gli apparati all'interno non è praticabile in quanto l'altezza dei pali di antenna è, nella maggioranza dei casi, superiore all'altezza della struttura di trazione elettrica.

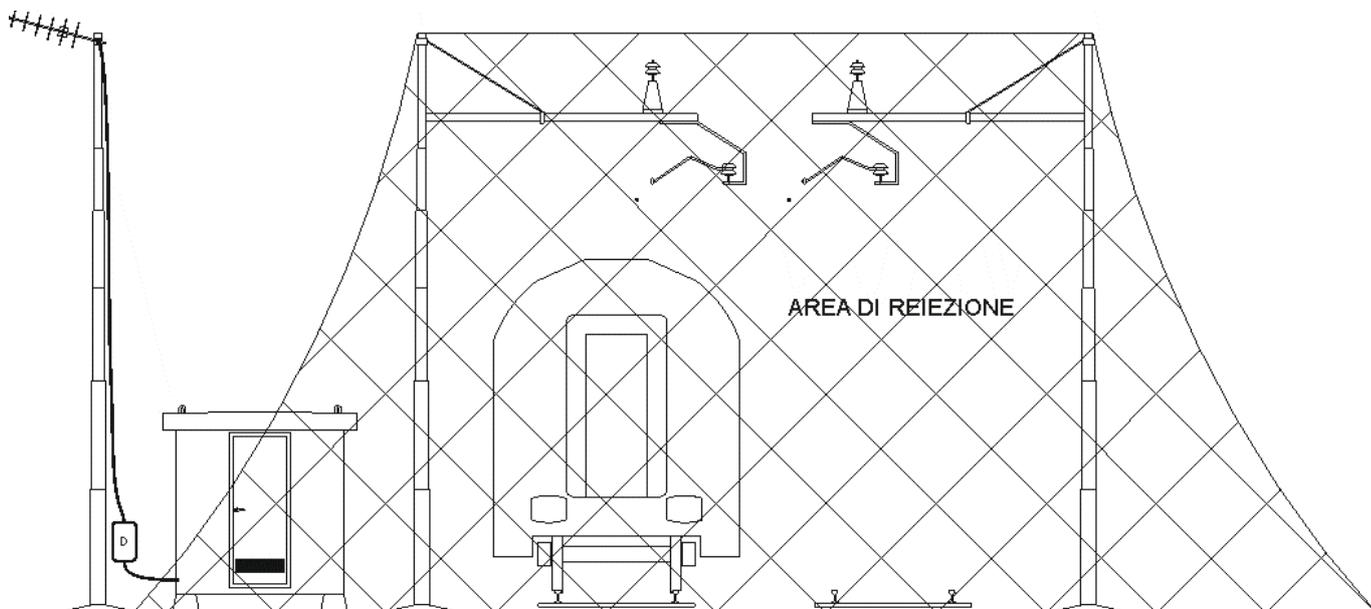


Figura 2 - Area di reiezione ai fulmini

Disaccoppiatori bidirezionali a radiofrequenza per l'isolamento elettrico dei cavi coassiali nelle installazioni ferroviarie *Serie DBS e Serie DBA (I^a generazione)*

La protezione al guasto del cavo TE

Nei sistemi tradizionali che non utilizzano in modo diffuso apparati radio di propagazione o ripetizione del segnale, la protezione al guasto meccanico del cavo TE si ottiene installando trasformatori di isolamento a frequenza industriale di classe II o classe III con specifiche prestazioni di rigidità dielettrica tra gli avvolgimenti.

La presenza di segnali a radiofrequenza prossimi ai gigahertz non permette l'uso di questi prodotti e ha indotto la sperimentazione di apparati alternativi in grado di assolvere ad entrambe le necessità di isolamento e accoppiamento a RF. L'esperienza ha dimostrato che **NON È POSSIBILE** utilizzare i seguenti componenti.

Scaricatori o valvole di tensione

Le elevate energie di guasto (2.500 kW) sono tali da portare alla distruzione di qualsiasi componente di questo tipo reperibile sul mercato. Se fosse disponibile un componente di questo genere sarebbe comunque difficile individuarne la corretta localizzazione al fine di garantire bassi livelli delle tensioni di passo e di contatto durante il guasto a terra.

DC-Block o DC/DC-Block

La loro costruzione prevede l'inserimento di un condensatore di basso valore (circa 200 pF) solo sul conduttore centrale e non sul conduttore esterno; nemmeno varianti di questo prodotto (uso di condensatori su entrambi i conduttori) permettono di garantire la sicurezza al guasto come previsto dalle recenti normative ferroviarie (EN50129 – Failures mode – Inherent Physical Properties).

Utilizzazione dei trasformatori

Le uniche soluzioni possibili sono quelle che prevedono la separazione galvanica di entrambi i conduttori tra il cavo radiante e l'apparato RF tramite l'uso di trasformatori in grado di garantire, per esempio per i sistemi a 3 kV, tensioni di isolamento di modo comune (primario / secondario) superiori almeno a 10 kV di picco e 4,6 kV in corrente alternata a 50 Hz. Nelle condizioni operative, determinate dagli apparati a RF che prevedono potenze superiori a 53 dBm (200 W) con frequenze fino a 1000 MHz, possono essere utilizzati sia trasformatori elettromagnetici sia trasformatori elettrostatici (disaccoppiatori).

Trasformatori elettromagnetici

Sono di dimensioni contenute, estremamente economici ma poco affidabili alle prove dielettriche.

Trasformatori elettrostatici (disaccoppiatori)

Sono di dimensioni superiori a quelli elettromagnetici ma garantiscono:

- basse perdite a radiofrequenza
- elevato adattamento di impedenza
- ottima tenuta all'alta tensione di isolamento sia in corrente continua impulsiva sia alla frequenza industriale per ogni valore della tensione di trazione (3 / 15 / 25 kV)

Condizioni di installazione

In ogni caso si dovranno tenere in considerazione le seguenti condizioni di utilizzo.

- Montaggio all'esterno della galleria o dello shelter in posizione inaccessibile alle persone e agli animali
- Condizioni climatiche avverse (esposizione alla pioggia, al sole diretto e all'attacco di insetti e vegetazione)
- Costanza della tenuta di isolamento nel tempo
- Attestazione di cavi coassiali di diametro compreso tra 10 e 33 mm già preparati con connettori 7/16

La protezione alla fulminazione delle antenne

Come precedentemente accennato, le tensioni che si stabiliscono lungo i sostegni delle antenne e degli elementi radianti in condizioni di fulminazione, non superano il valore di 3 – 4 kV di picco. L'installazione di un trasformatore elettrostatico (disaccoppiatore) adatto a linee elettrificate a 3 kVcc è sufficiente a garantire la separazione galvanica tra il sostegno aereo e gli apparati attivi.

Disaccoppiatori bidirezionali a radiofrequenza per l'isolamento elettrico dei cavi coassiali nelle installazioni ferroviarie *Serie DBS e Serie DBA (I^a generazione)*

I disaccoppiatori bidirezionali serie DBS (II^a generazione)

Per l'uso nei sistemi ferroviari sono stati appositamente sviluppati dei trasformatori di isolamento a radiofrequenza (disaccoppiatori) ottenuti con due Coupled-Balun elettrostatici e progettati per ottenere le seguenti caratteristiche.

Tensione di trazione	3 kVcc	3 kVcc (UMTS)	15/25 kVca
Isolamento	Sui due conduttori	Sui due conduttori	Sui due conduttori
Rigidità dielettrica tra porte	Superiore a 4,6kVca	Superiore a 4,6kVca	Superiore a 44 kVca
Impulso dielettrico tra porte	Superiore a 10kVp	Superiore a 10kVp	Superiore a 95 kVp
Conformità isolamento	EN 50124-1	EN 50124-1	EN 50124-1
Impedenza caratteristica	50 ohm	50 ohm	50 ohm
Potenza massima di transito	53 dBm	53 dBm	53 dBm
Frequenza operativa	800 – 1000 MHz	1800 – 2300 MHz	800 – 1000 MHz
Perdita bidirezionale	Inferiore a 1 dB	Inferiore a 1 dB	Inferiore a 1,5dB
GSM+GSMR / UMTS Flatness	Inferiore a 0,5 dB	Inferiore a 0,5 dB	Inferiore a 1 dB
Perdite di ritorno sulle porte	Migliore di 16 dB	Migliore di 16 dB	Migliore di 16 dB
Capacità tra le porte	Minore di 20 pF	Minore di 20 pF	Minore di 15 pF

Il doppio trasformatore è racchiuso in un contenitore in Poliestere – Fibra di vetro su cui sono montati i connettori di ammaraggio del cavo coassiale da isolare. Le caratteristiche ambientali del prodotto sono le seguenti.

Tensione di trazione	3 kVcc	3 kVcc	15/25 kVca
Dimensioni	75 x 235 x 75 mm	75 x 235 x 75 mm	96 x 390 x 96 mm
Grado di protezione	IP65		
Temperatura ammessa	da -40 a 85 °C		
Tossicità	senza alogeni		

I sistemi con telealimentazione

Esistono casi in cui il cavo coassiale (o cavo fessurato) viene utilizzato anche per il trasporto contemporaneo della radiofrequenza e dell'energia elettrica ove fosse necessario alimentare amplificatori, equalizzatori o ripetitori installati all'interno di una galleria. Questo tipo di soluzione risulta spesso molto valida per i seguenti motivi.

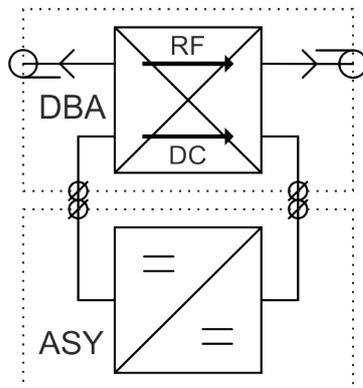
- Nelle gallerie ferroviarie, soprattutto in quelle di età superiore a 20 anni e a differenza di quelle stradali, non è presente una rete di distribuzione in corrente alternata.
- Il tipo di cavo coassiale utilizzato è frequentemente un ottimo conduttore bipolare con resistenze inferiori a 2 ohm / kilometro
- Le tensioni utilizzate (48/60 Vcc) appartengono alla categoria 0 e non richiedono particolari precauzioni contro i contatti accidentali.
- È frequente la necessità di trasmettere anche segnali di teleoperazione in bassa frequenza che possono essere trasportati con lo stesso cavo verso gli apparati a radiofrequenza.

Anche in questi casi è necessario isolare galvanicamente le due sezioni di cavo su entrambi i conduttori; ciò è possibile utilizzando i seguenti apparati.

- Disaccoppiatore DBS per la radiofrequenza (denominato in questo caso DBA)
- Converter DC/DC a elevato isolamento della serie ASY per l'energia elettrica in corrente continua
- Traslatori a elevato isolamento per le teleoperazioni a 132 kHz

Disaccoppiatori bidirezionali a radiofrequenza per l'isolamento elettrico dei cavi coassiali nelle installazioni ferroviarie *Serie DBS e Serie DBA (1ª generazione)*

L'insieme così costituito viene denominato Disaccoppiatore Bidirezionale serie DBA seguito dalla denominazione del convertitore utilizzato (per esempio DBA112-ASY200-2-2)



L'installazione in ambienti gravosi

Per ragioni di funzionamento elettrico i connettori installati sui contenitori isolanti e quelli volanti, che si accoppiano con questi ultimi, devono essere di materiale metallico. In situazioni atmosferiche particolarmente gravose quali umidità, nebbia, insetti, vegetazione e sporcizia, si possono creare, lungo il contenitore isolante, percorsi a bassa resistenza elettrica che permettono, in presenza di elevate tensioni ($>1.000\text{ V}$), l'innescò di archi voltaici con conseguente perdita di isolamento delle due porte. Diventa necessario, per poter conformarsi a quanto prescritto dalla Norma EN 50124-1, installare il disaccoppiatore bidirezionale all'interno di un secondo contenitore che sia in grado di garantire le seguenti prestazioni.

- Garantire che l'atmosfera all'interno sia costantemente priva di umidità (almeno grado IP X5)
- Permettere l'accesso di cavi già intestati con connettori 7/16 con diametri esterni compresi tra 10 e 33 mm tramite code in cavo corrugato da 1/2" flessibile.
- Garantire che la sezione di intestazione dei connettori venga mantenuta all'interno del contenitore.

Sono stati scelti prodotti adatti ad accogliere i disaccoppiatori garantendo questi requisiti: le caratteristiche finali sono le seguenti:

Tensione di trazione	3 kVcc (DBS-DBA)	3 kVcc (ASY200/75)	15/25 kVca (DBV)
Dimensioni del contenitore	340 x 150 x 125 mm	360 x 200 x 150 mm	560 x 280 x 130 mm
Dimensioni totali	559 x 150 x 125 mm	559 x 375 x 150 mm	650 x 280 x 130 mm
Peso totale	inferiore a 5 Kg	inferiore a 10 Kg	inferiore a 12 Kg
Grado di protezione	IP55	IP55	IP65
Temperatura ammessa	da -40 a 85 °C		
Tossicità	senza alogeni		
Cavi RF accettati	da 1/2" a 7/8"		
Connettori passanti	da N a 7/16		
Fissaggio a parete	4/6 x M6 a espansione		

Il fissaggio a parete si effettua tramite 6 viti M6 a espansione meccanica o chimica poste su staffe in acciaio inossidabile leggero per garantire l'adeguamento alle asperità delle pareti. Per montaggio su palo, sono previste apposite crociere opzionali che permettono l'installazione con nastro in acciaio inossidabile del tipo Band-it.