

Le interferenze elettromagnetiche tra linee ferroviarie AV e linee tradizionali

8 novembre 2007

Sommario

Argomenti trattati

- *illustrazione sintetica del fenomeno dell'accoppiamento delle interferenze*
- *panoramica sulle tipologie di impianti di segnalamento di terra disturbati*
- *presentazione di alcuni risultati delle misure*
- *descrizione dei criteri e dei provvedimenti adottati per la risoluzione delle interferenze*
- *illustrazione degli interventi di bonifica previsti sulla linea Roma-Cassino-Napoli*

Scenario

Aggressività crescente del sistema di trazione nei confronti dei sistemi di segnalamento dovuta a:

- *impiego del sistema di alimentazione a 25 kVca nelle future linee AV*
- *massiccia adozione di componenti allo stato solido nelle applicazioni degli azionamenti elettrici per trazione*

Particolarmente critico appare l'aspetto legato alle costruende linee AV i cui tracciati presentano rispetto alle linee tradizionali:

- *tratte di affiancamento*
- *punti di intersezione non a raso*
- *punti di interconnessione*

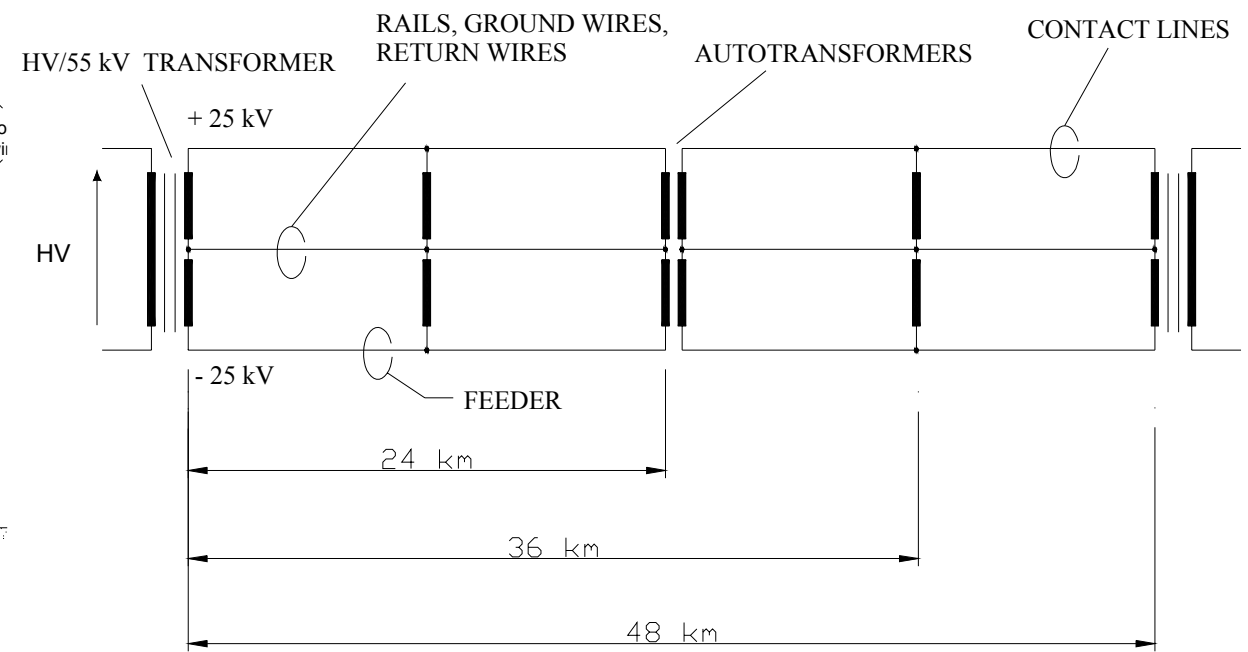
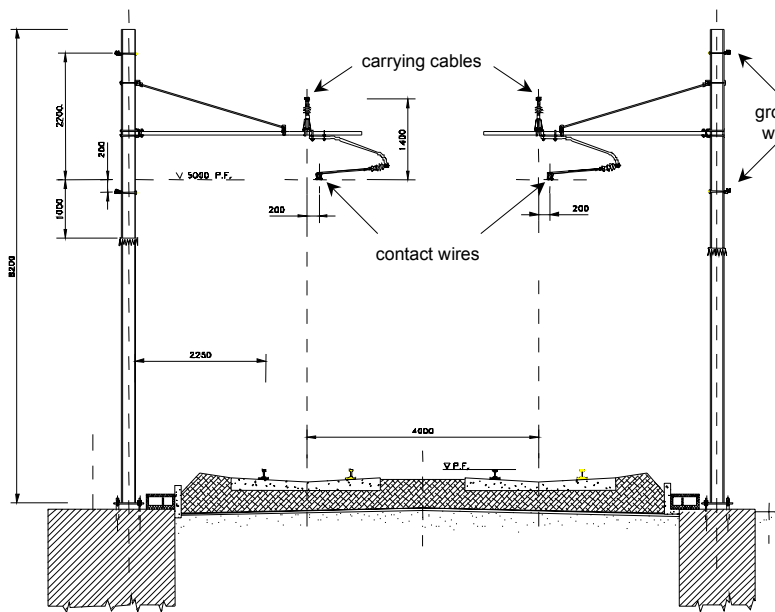
Modalità di accoppiamento delle interferenze

Una interferenza elettromagnetica è un segnale elettrico estraneo al corretto funzionamento del sistema, che si determina in un circuito elettrico ed è tale da perturbare il normale funzionamento del circuito stesso.

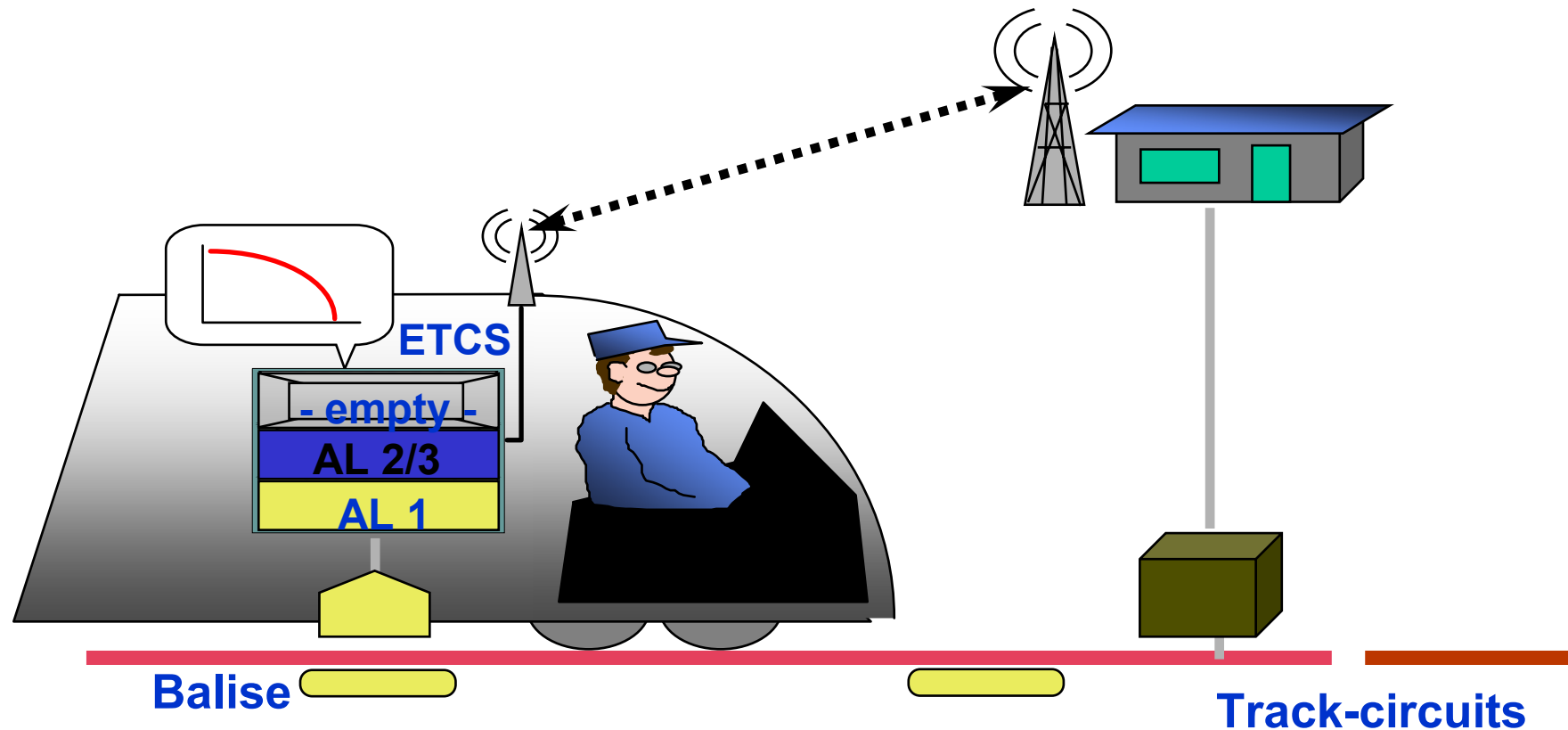
Nei casi suddetti le interferenze causate dalla circolazione di correnti nel circuito di alimentazione delle linee a 25 kV agli impianti di segnalamento delle linee esistenti possono avvenire principalmente secondo due modalità:

- per accoppiamento induttivo*
- per accoppiamento conduttivo*

Sistema di Alimentazione

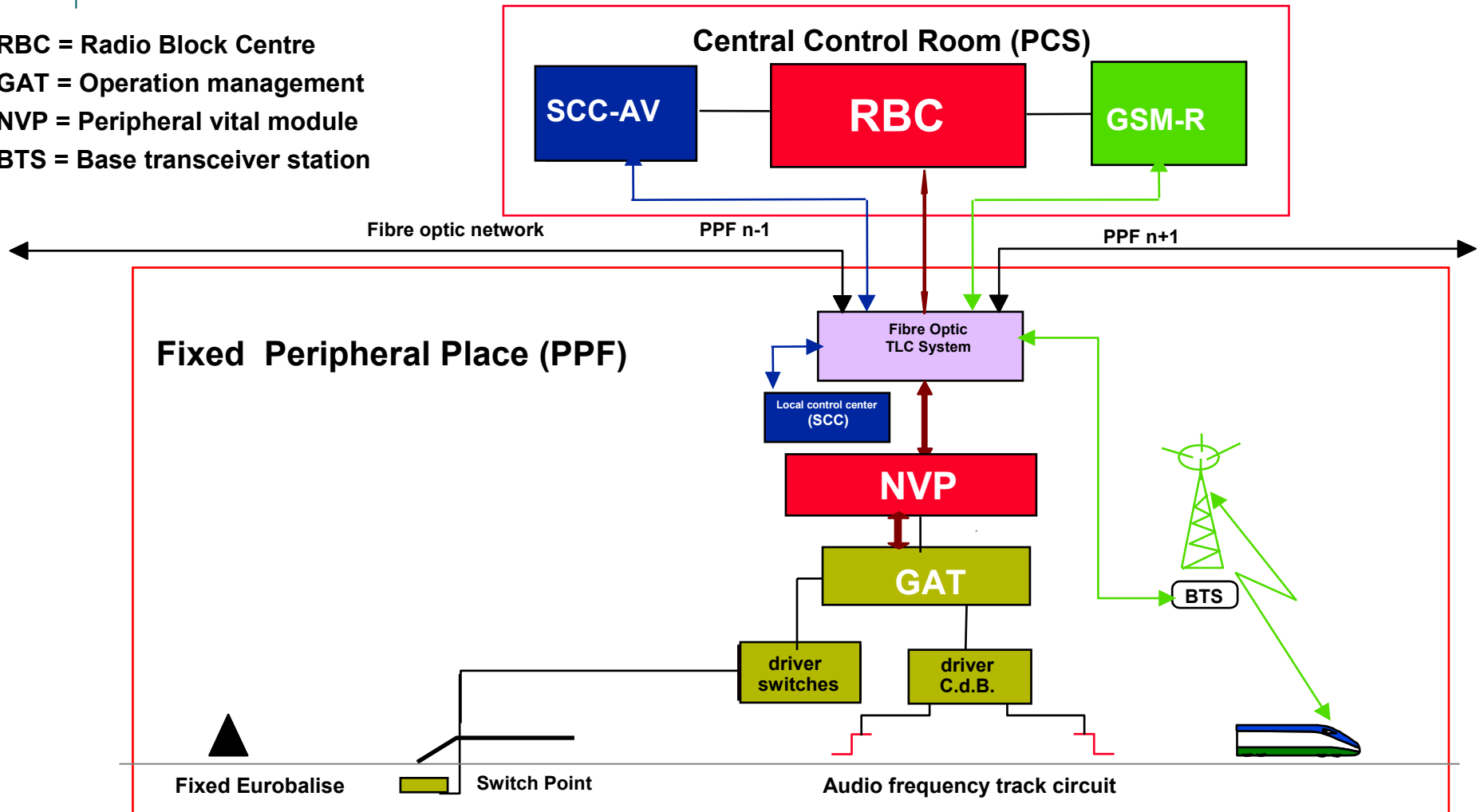


Sistema di segnalamento: ERTMS level 2



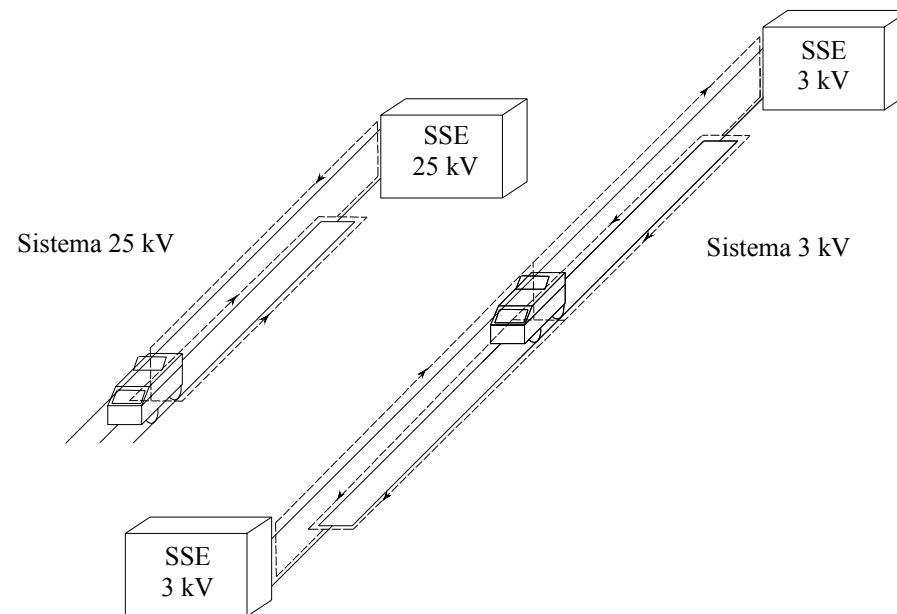
ERTMS level 2

RBC = Radio Block Centre
 GAT = Operation management
 NVP = Peripheral vital module
 BTS = Base transceiver station



Accoppiamento induttivo

Nel caso di due linee ferroviarie affiancate le correnti che generano il campo magnetico inducente, sono quelle che circolano nella catenaria, nelle rotaie e negli eventuali altri conduttori del sistema di alimentazione della linea disturbante (25kVca)



Accoppiamento induttivo

La corrente indotta nei binari della linea 3 kVcc si presenta sia come:

- *corrente di modo comune*
- *corrente di modo differenziale*

e può essere fonte di problemi sia per le apparecchiature di bordo che per le apparecchiature di terra.

Inoltre, l'accoppiamento induttivo determina

- *la comparsa di tensioni longitudinali*

su tutti i conduttori immersi nel campo elettromagnetico generato dalla sorgente di disturbo, determinando dei malfunzionamenti nelle apparecchiature ad essi collegate

Accoppiamento conduttivo

L'accoppiamento conduttivo si manifesta in corrispondenza dei confini elettrici tra i due sistemi di trazione

- *interconnessioni*
- *imbocchi di ingresso/uscita*

nel caso in cui la corrente di trazione a 50 Hz vada ad interessare le rotaie del contiguo binario della linea tradizionale prima di trovare la sua naturale via di ritorno.

Impianti disturbati di terra

Tra gli impianti di segnalamento di terra i circuiti che possono risultare maggiormente disturbati sono principalmente:

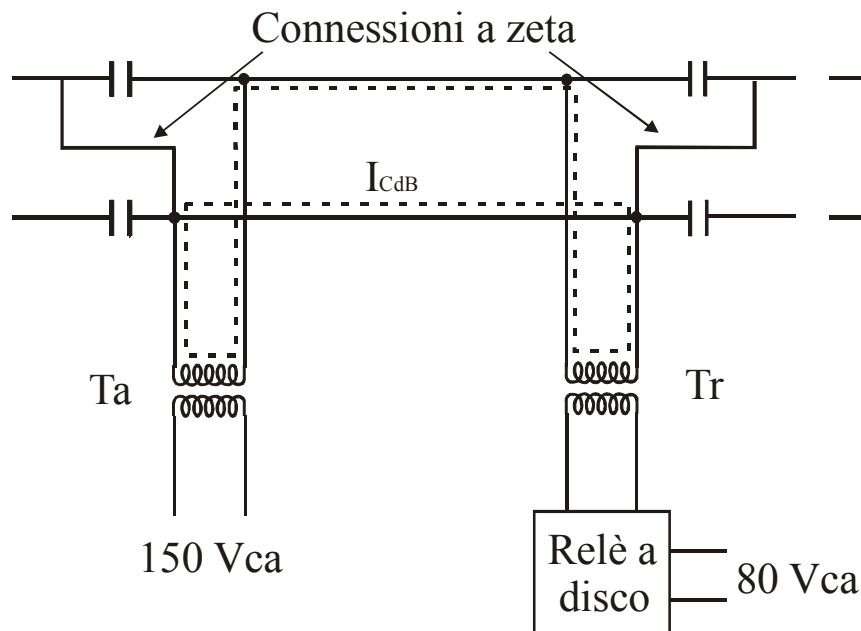
- *CdB a singola fuga di rotaia isolata (di stazione)*
- *CdB a doppia fuga di rotaia isolata (di linea del BAcc e di stazione)*

Inoltre possono essere soggette a malfunzionamento quelle apparecchiature di segnalamento che presentano dei comportamenti critici in presenza di una tensione a 50 Hz ai propri morsetti

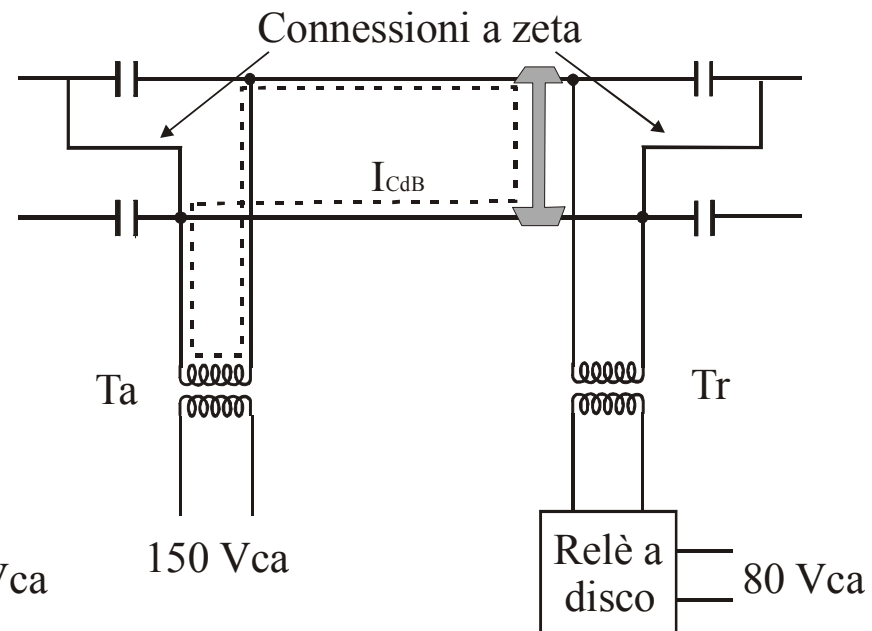
- *cavi di relazione*
- *cavi di collegamento tra cabina e piazzale*

Impianti disturbati di terra

a) CdB libero



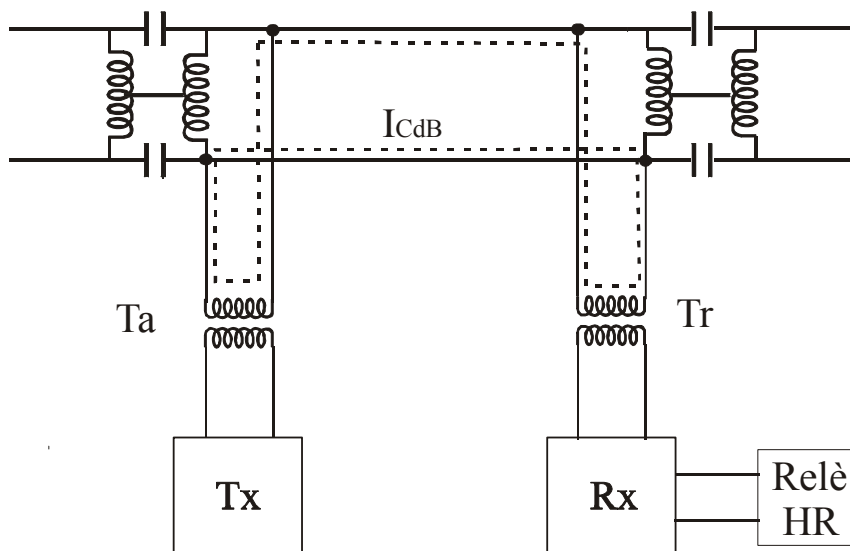
b) CdB occupato



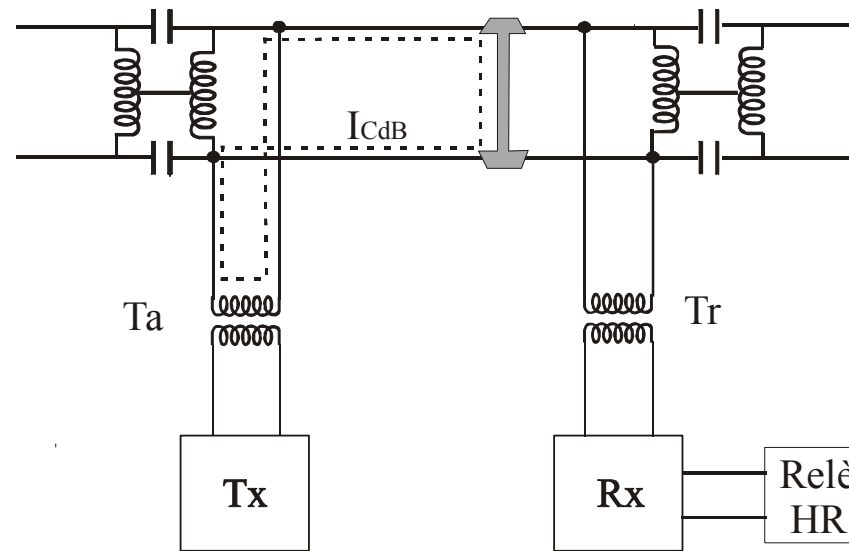
CdB a singola fuga di rotaia isolata

Impianti disturbati di terra

a) CdB libero

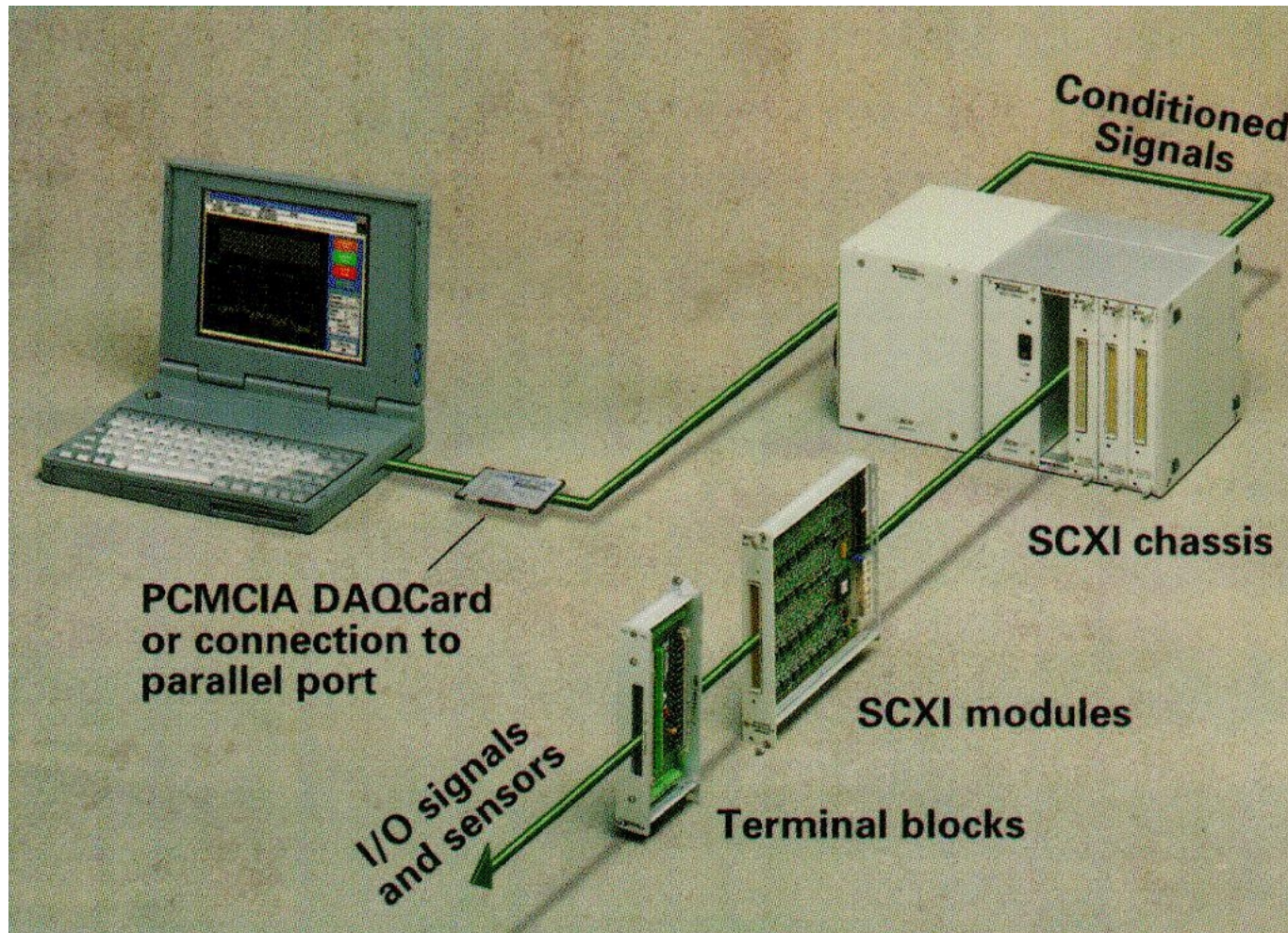


b) CdB occupato



CdB a doppia fuga di rotaia isolata

Sistema di Acquisizione



Sistema di Acquisizione



Sistema di Acquisizione



Provvedimenti protettivi

Nei CdB a singola fuga e a doppia fuga delle stazioni con relè a disco

- *variazione della frequenza di funzionamento da 50 a 83,3 Hz (raccomandazione peraltro già presente nella fiche UIC 737-3)*
- *introduzione della modulazione di fase delle tensioni di campagna e di cabina*

In tal modo il CdB risulta alimentato ai valori nominali di tensione ed alla frequenza di 83,3 Hz con una modulazione che varia periodicamente e simultaneamente la fase delle tensioni di campagna e locale lasciandone inalterate le ampiezze

Provvedimenti protettivi

Vantaggi

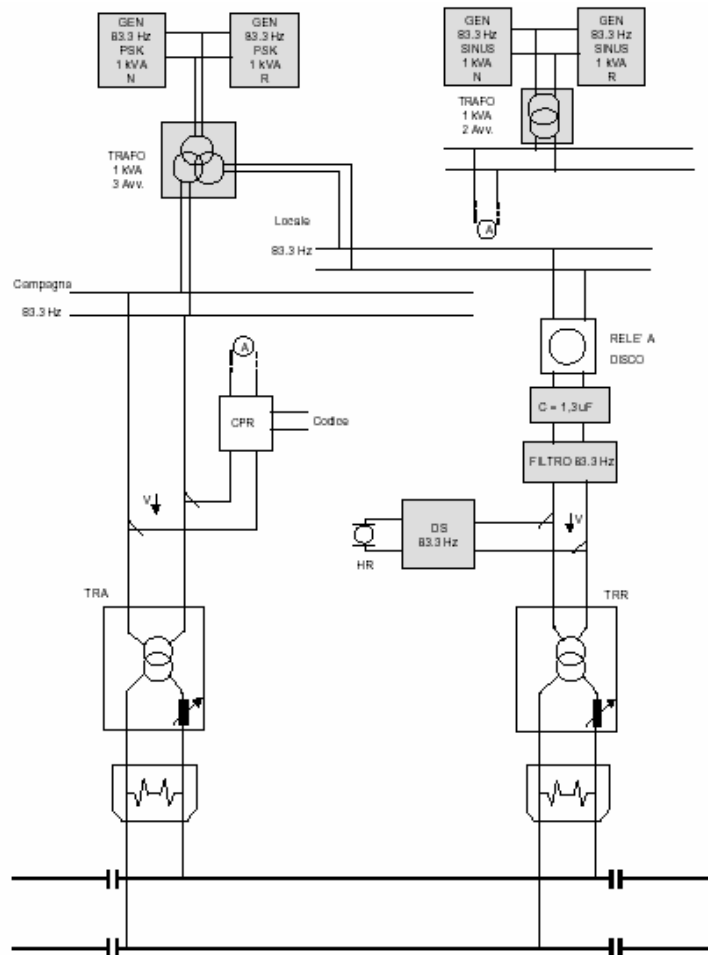
- *Mantenimento delle attuali operazioni di regolazione (shunt 0.8 Ohm e 0.5 S/km)*
- *Reimpiego di tutte le apparecchiature dei CdB tradizionali (compreso relè a disco)*
- *Conservazione della rilevazione di giunto guasto*
- *la modifica lascia inalterati i cablaggi di campagna e buona parte di quelli di cabina*

Provvedimenti protettivi

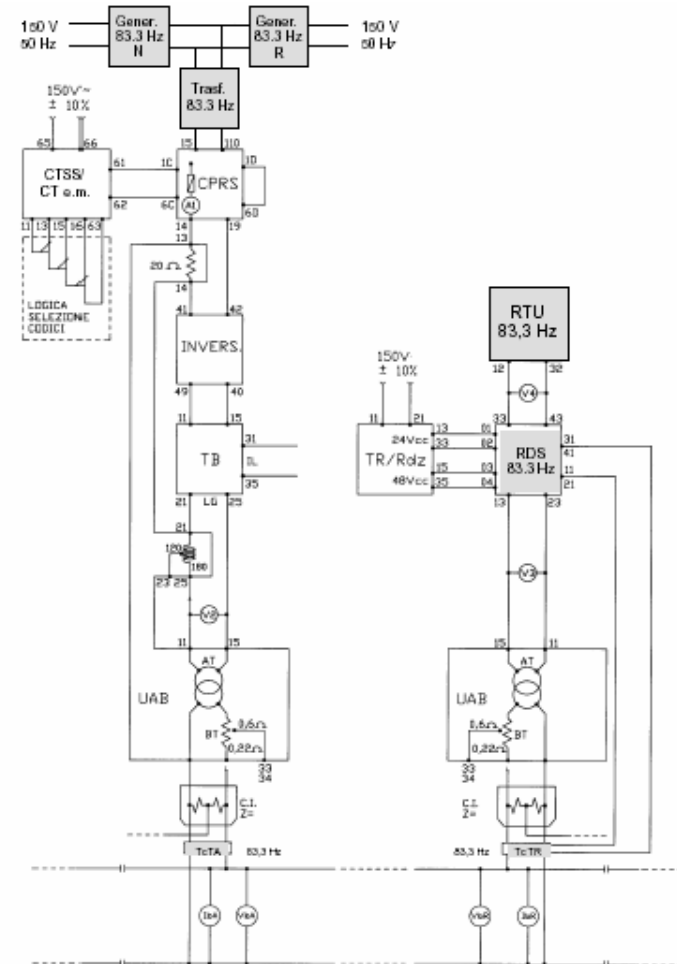
*Per i CdB degli impianti di BAcc la soluzione più incisiva per la limitazione delle interferenze è rappresentata dalla **variazione della frequenza portante da 50 Hz a 83,3 Hz** che comporta la necessità di*

- *sostituire i soli componenti selettivi a 50 Hz che si trovano negli apparati di ricezione del BAcc*
 - ✓ *RTU, sia a banda larga che a banda stretta*
 - ✓ *Rivelatore di Squilibrio a 50 Hz con la versione a 83,3 Hz*
- *nella parte di trasmissione di un generatore a 83,3 Hz*

Provvedimenti protettivi



CdB di stazione a singola e a doppia fuga



CdB del BAcc di linea

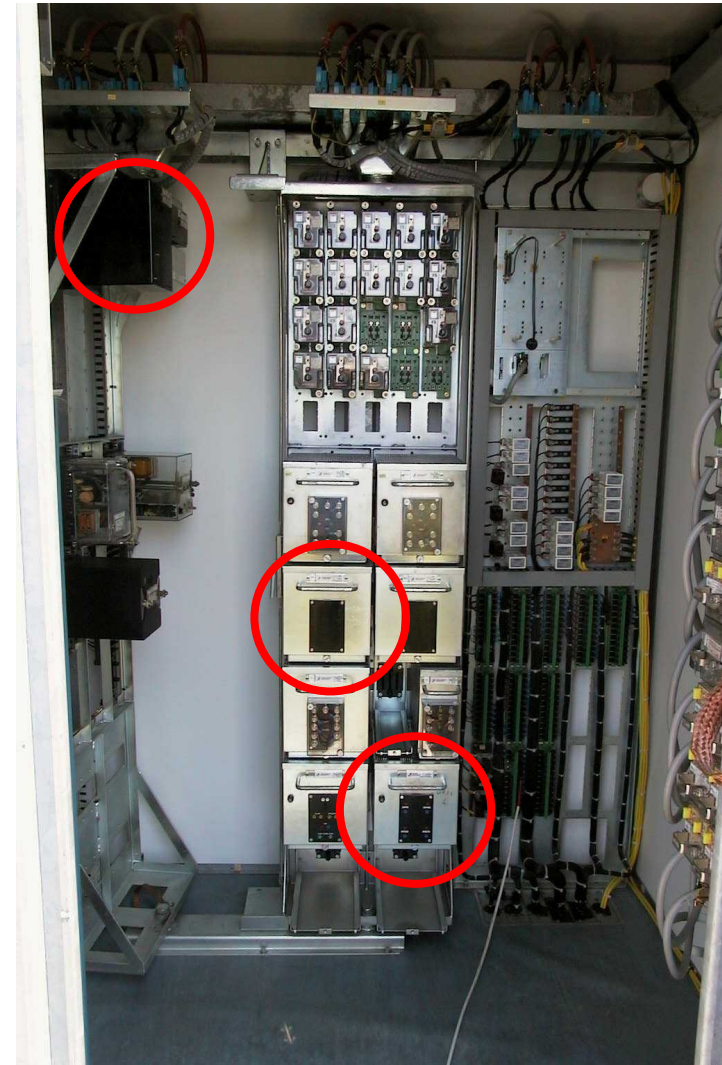
Provvedimenti protettivi

Parti da sostituire:

- RdS (Ricevitore +TA)
- RTU (UCRC)

Parti da inserire:

- Generatore 83,3Hz



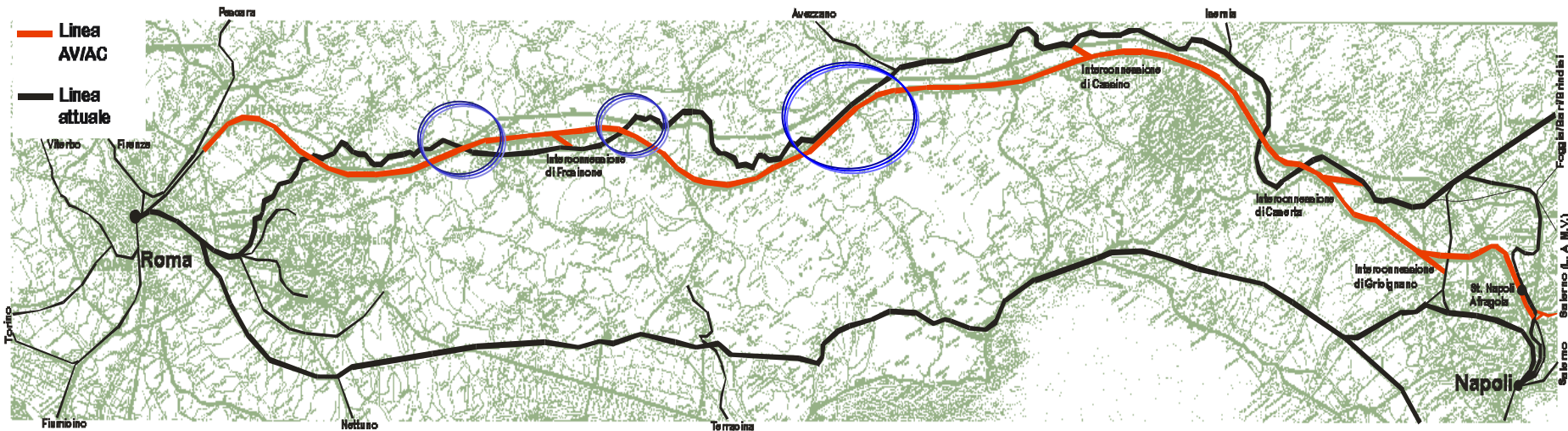
Linea Roma-Napoli

Pre-esercizio: Settembre 2005

Servizio commerciale: Dicembre 2005

Length 204 km

- 38 km tunnels
- 40 km ponti & viadotti
- 126 km piena linea



Velocità max: 300 km/h
Capacità: 24 treni/h

Sistema di Alimentazione:
Track/train radio system:
Control & Command:

2x25 kVac
GSM-R
ERTMS level 2

Criteri di intervento

*Per mitigare le interferenze di **natura condotta** e adottando l'architettura ipotizzata per i POC delle interconnessioni (trasformatore separatore + filtri lato 3 kVcc) è stata considerata cautelativamente una distanza di **3 km** dal POC stesso al di sotto della quale è necessario la modifica del BAcc a 83,3 Hz e di **15 km** per la bonifica dei CdB di stazione con relè a disco.*

Quest'ultima distanza può essere ulteriormente ridotta considerando sia l'effetto di ripartizione delle correnti alle biforcazioni a valle del POC che l'azione drenante dei disturbi verso terra delle stazioni poste a valle del POC. Un'ulteriore riduzione è ottenibile installando dei filtri aggiuntivi a 50 Hz nel binario a 3kVcc a valle del POC .

Criteri di intervento

*Relativamente alle interferenze di **natura indotta** nei tratti di parallelismo la stima degli interventi è stata effettuata sulla base di un perfetto parallelismo e di una distanza minima di **1000 m** per i circuiti di binario codificati di linea e di stazione con lunghezze di 1500m e di **3000m** per i CdB non codificati con lunghezze di 750m.*

Queste distanze possono subire una riduzione considerando sia l'eventuale non parallelismo tra i CdB ed il tracciato dell'AV che lunghezze dei CdB inferiori a quelle utilizzate per la stima (1500m e 750m).

Anche in questo caso è ottenibile una ulteriore riduzione installando dei filtri aggiuntivi a 50 Hz nel binario a 3kVcc nelle tratte maggiormente interferite.

Filtri a 50 Hz



Caratteristiche:

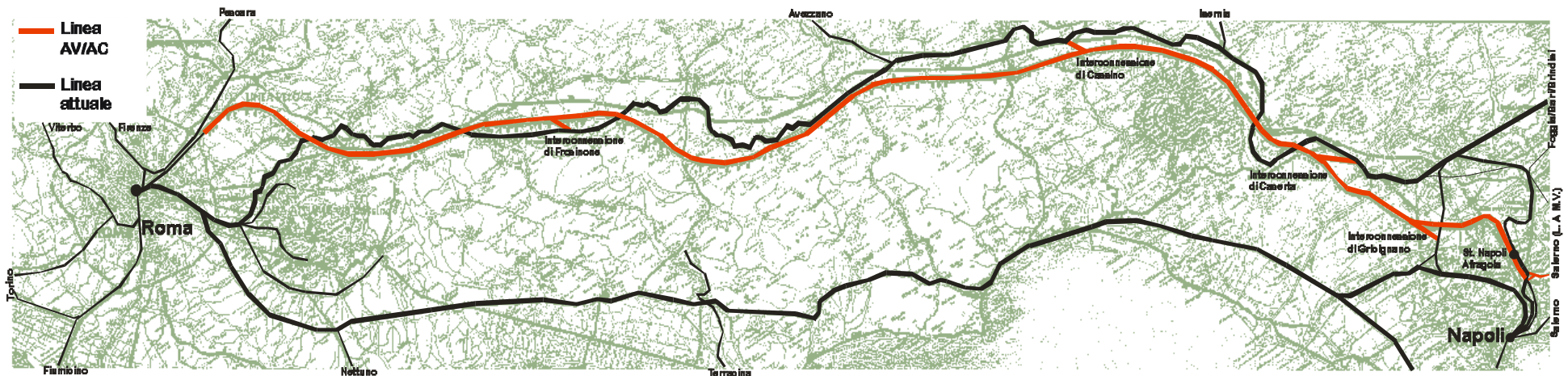
Impedenza a 50 Hz : 24 Ohm

Resistenza: 8 mOhm

Estensione degli interventi

Segnalamento

Tratti di linea interferiti: **km 97**
 Stazioni interferite **n. 8**



Tratta Roma - Cassino

Km 50-77 (Colleferro, Anagni, Morolo) parallelismo
 Km 98-118 (Ceprano) parallelismo

Tratta Cassino-Caserta

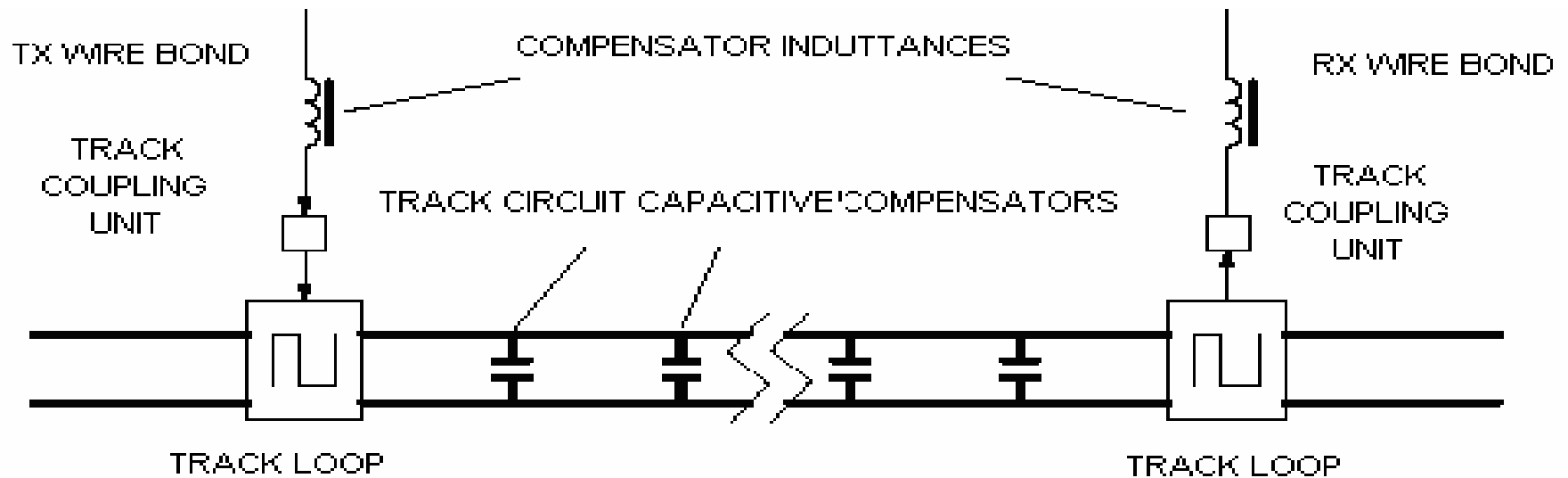
Km 138-164 (Rocca d'Ev., Tora) interconnessione al km 146
 Km 179-182 parallelismo
 Km 189-205 (Pignataro, Capua) interconnessione al km 200

Tratta Caserta-Gricignano

Km 170-175 interconnessione al km 173

Circuiti di Binario AF

Operational frequencies:	from 2.1 kHz to 16.5 kHz
Length:	from 300m to 2000m
Capacitor distance:	100m
Capacitor value:	25 microF
Max Ballast conductivity:	0.2 S/km



Circuiti di Binario AF

In order to insure that the information coming from TC will not result unsafe, due to any harmonics or transgression of undesired coming back TC signal, the following protective measures are provided:

- 22 different carrier frequencies
- data transmission coding by synchronous reception with bit by bit comparison of the transmitted and received messages
- making up for the delay caused by the TC transmission line
- different messages for closed TC

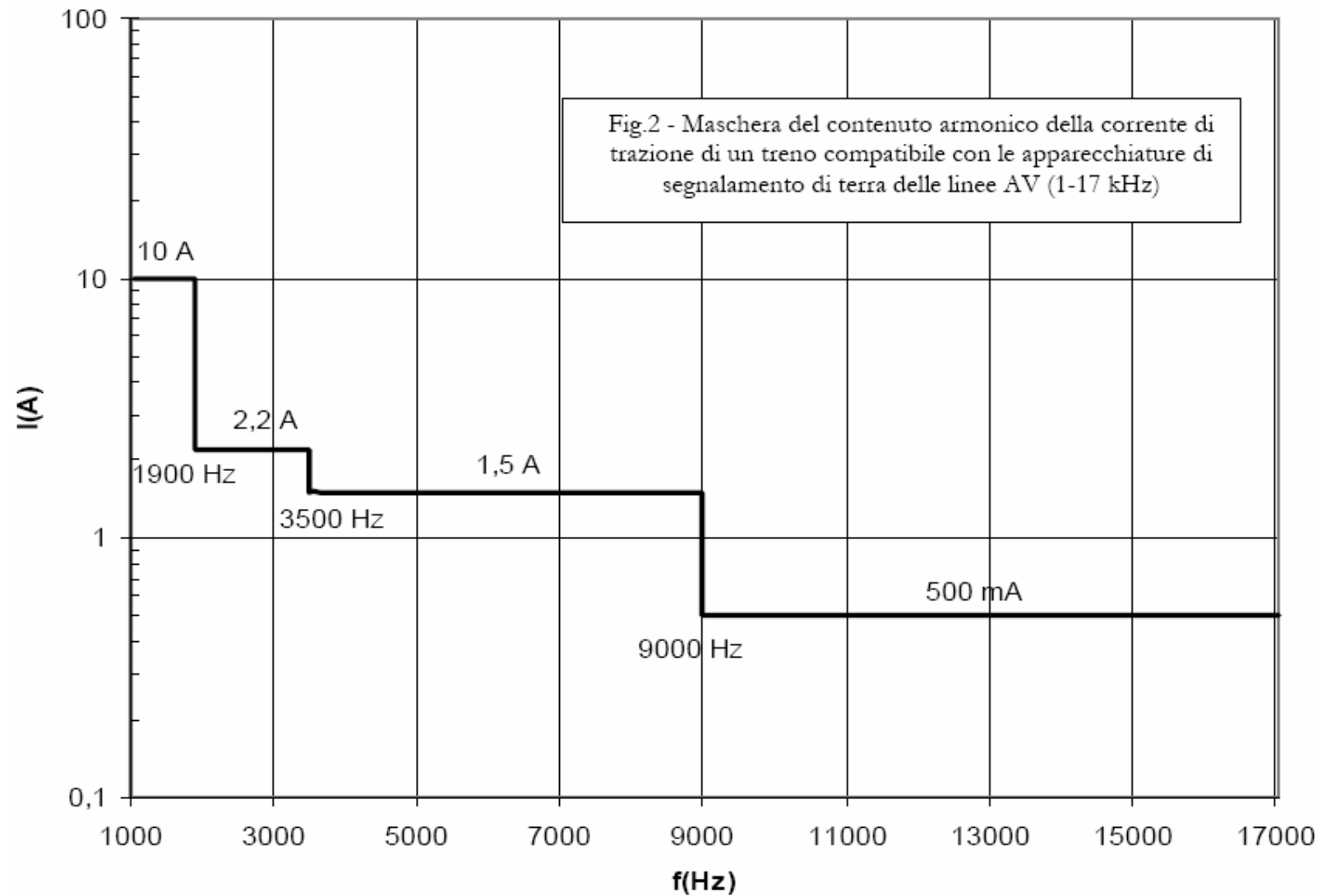
Circuiti di Binario AF

The immunity (rejection of interferences) of a AFTC receiver, considered in terms of normal operation, is defined as the capacity of tolerating a noise current over the useful signal, before the track relay or its equivalent, when the TC is available, drops.

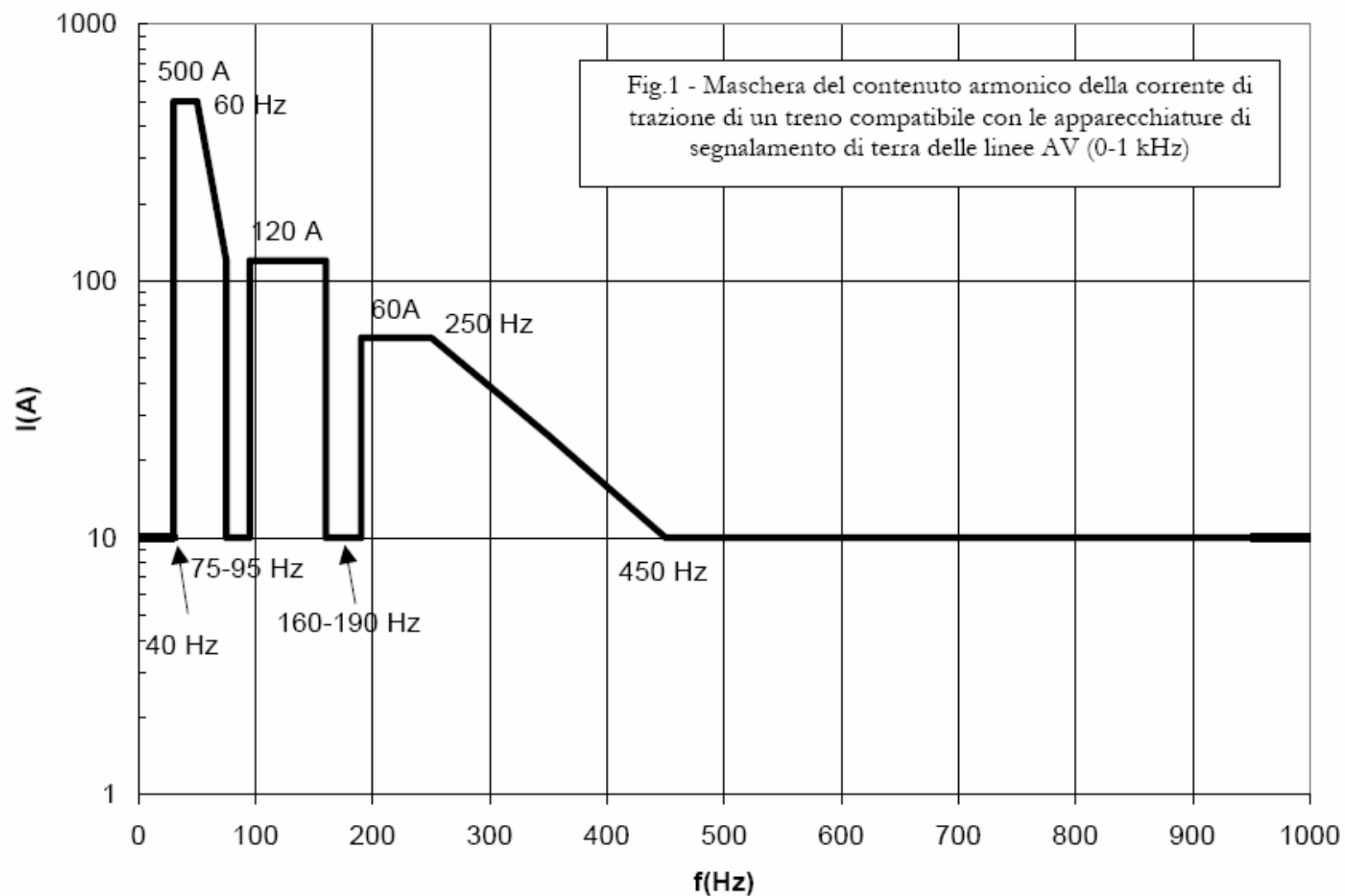
The interference gabarit depends on:

- noise rejection of the track circuit receiver
- return current imbalance on the two rails
- lay-out of the power supply system

Maschera armoniche per le linee a 25 kVac



Maschera armoniche per le linee a 25 kVac



25 kVac harmonics gabarit

Up to 1900Hz the value shown in gabarit is the rms single line value calculated by FFT with 1s time window, overlapping 50% and Hanning windowing.

Above 1900Hz the value shown in gabarit is the rms value calculated with integration time of 1s and 100 ms sampling interval, for the following frequency values:

With 400 Hz BW: 2100, 2500, 2900, 3300, 3700, 4100 Hz

With 600 Hz BW: 3750, 4250, 4750, 5250, 5750, 6250,
6750, 7250, 9500, 10500, 11500, 12500,
13500, 14500, 15500, 16500 Hz

Maschera armoniche per le linee a 3 kVcc

