



Area Strategica di Affari

RETE

Area Strategica di Affari

**MATERIALE ROTABILE E
TRAZIONE**

370582.

**Documento attuativo
della maschera FS 96**

**Specifica Tecnica di prova per la
verifica delle componenti della
corrente di trazione**

Versione 1.1 del 26.09.97

Documento composto da 14 fogli

ver.	Data	Note	Redatta	Verificata	Approvata
0.0	03.12.96	Nuova emissione	Grande	-	-
0.1	17.12.96	Aggiunte e modifiche	Puliatti	-	-
0.2	29.01.97	Modifiche	Grande Puliatti	-	-
1.0	14.07.97	Aggiunte e modifiche	Grande	-	-
1.1	26.09.97	Correzioni ortografiche Modificata copertina	Grande	-	-

Per approvazione

Area Strategica di Affari

RETE

Ing. DE BONI

De Boni

Area Strategica di Affari

MATERIALE ROTABILE E TRAZIONE

Ing. GOMISEL

Gomisel

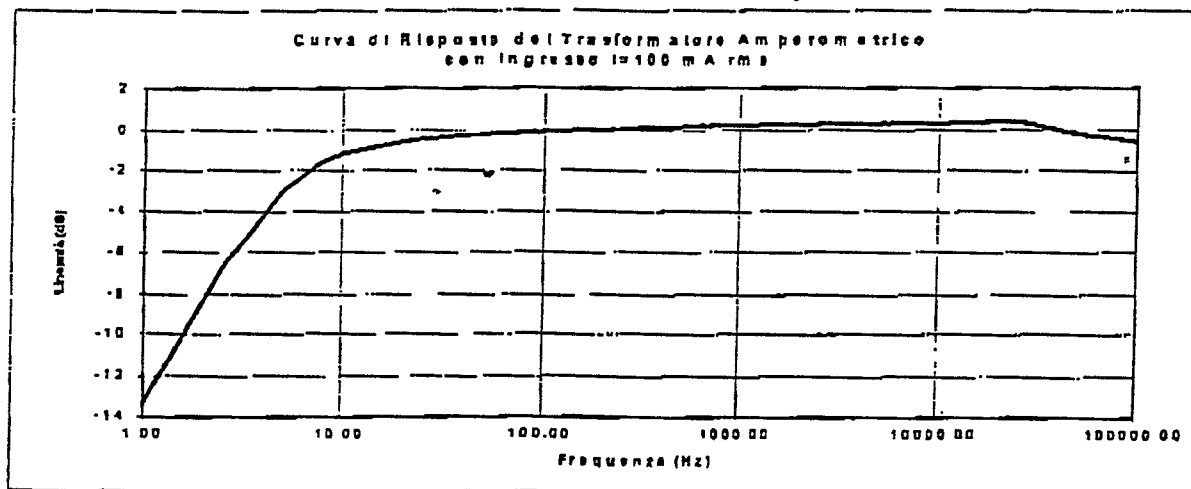


1. Generalità:

Scopo del presente documento è quello di fornire le indicazioni necessarie alla effettuazione della misura di componenti armoniche dei mezzi di trazione in conformità ai principi generali enunciati nella "Maschera FS 96 per il contenuto armonico delle correnti di trazione"; tale documento viene riportato in allegato 1. Il risultato globale della misura inteso come campagna di prove dovrà portare in modo univoco alla valutazione del Fattore Probabilistico di Accettazione (FPA) del rotabile interessato.

1.1 Definizione della catena di misura

La catena di misura a bordo del rotabile è composta dal trasduttore di corrente posto in serie al pantografo e da tutti gli altri apparati necessari alla elaborazione/registrazione del segnale: Il trasduttore di corrente deve essere un TA con la seguente curva di risposta:



Il trasduttore deve altresì garantire:

1. linearità dell'1% per tutti i valori di corrente continua inferiori a 2000 A.
2. insensibilità al magnetismo prodotto dal campo generato dal passaggio della corrente C.C. con valori massimi di 3000A.
3. uscita proporzionale con rapporto intero fra corrente armonica di ingresso ed uscita in tensione (valori in r.m.s).
4. adeguata schermatura che consente l'utilizzo anche in ambienti fortemente inquinati (cabine A.T.)

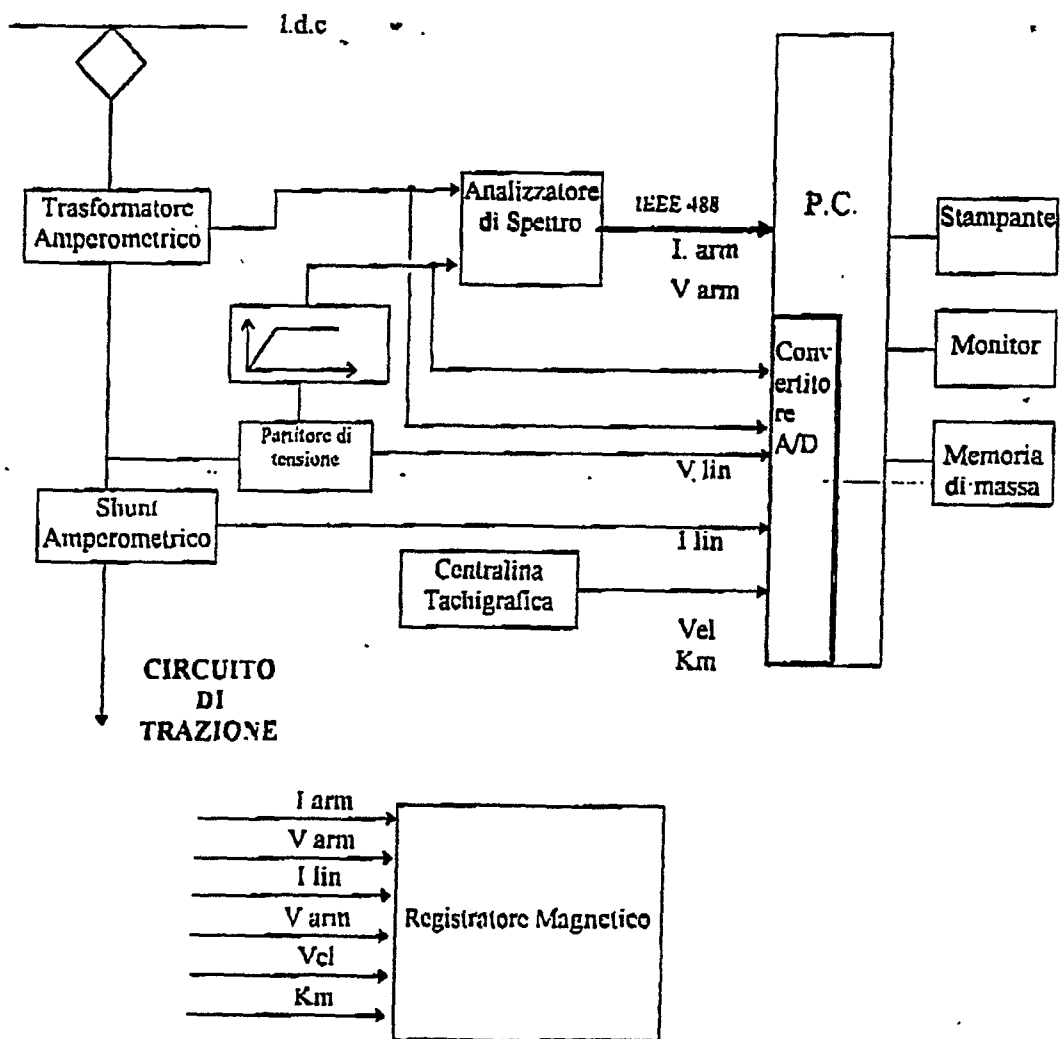


1.2 Grandezze da acquisire

Le grandezze da acquisire e le corrispondenti accuratezze sono:

Grandezze da misurare	Fondo scala della misura	Accuratezza sul fondo scala
Corrente di trazione (DC)	3000 A	0.1 %
Corrente di trazione (AC)	30 A	0.01 %
Tensione di linea (DC)	4000 V	0.1%
Tensione di linea (AC)	100V	0.1%
Velocità	400 km/h	0.01 %
Progressiva chilometrica	-	-

1.3 Strumentazione necessaria per le misure





2. Condizioni di Misura

Le verifiche dovranno essere effettuate ricercando risposte che possono considerarsi il più possibile esaustive per quanto riguarda l'impiego del/dei rotabili: vanno quindi eseguiti rilievi:

- Per quanto riguarda la condizione di moto
 1. In stazionamento
 2. In avviamento
 3. In trazione
 4. In frenatura (elettrica specialmente quando esiste restituzione di energia alla linea di contatto)
- Per quanto riguarda le correnti di trazione assorbita
 5. Con corrente assorbita nulla (solo ausiliari e/o REC inseriti)
 6. Con correnti assorbite medie
 7. Con correnti assorbite massime
 8. In condizioni di aderenza degradate.
- Per quanto riguarda la velocità
 9. A velocità basse
 10. A velocità medie
 11. A velocità massima
- Per quanto riguarda la funzionalità e la operatività del/dei rotabili
 12. In condizioni operative manuali
 13. In condizioni operative automatiche
 14. Con rotabile pienamente efficiente
 15. Con rotabile non pienamente efficiente (motori o azionamento esclusi)
- Tratta di prova (vedi punto 3.4)
 - Arezzo - Chiusi
 - Torino - Milano (dopo verifiche livelli armoniche)
 - Verona - Milano (dopo verifiche livelli armoniche)



In particolare verranno effettuate prove ricercando condizioni di funzionamento potenzialmente critiche per la generazione di armoniche in marcia ed avviamento.

Le misure devono essere effettuate in differenti configurazioni di trazione, in modo da avere una visione completa del comportamento del convoglio nelle diverse situazioni di marcia, secondo quanto indicato nella tabella seguente:

Coasting / Regolazione	25% ÷ 30%
Frenatura elettrica	20% ÷ 25%
Trazione	50% ÷ 55%



3. Strumentazione e modalità di misura.

La strumentazione da utilizzare per le misure deve essere di classe di precisione 1.

Tutte le grandezze misurate debbono essere registrate senza soluzione di continuità in modo da rendere possibili ulteriori elaborazioni in tempo differito; le correnti e le tensioni armoniche, debbono essere inoltre opportunamente visualizzate in tempo reale sia nel dominio del tempo che della frequenza.

Tutti i dispositivi facenti parte della catena di misura, compresi i cavi di collegamento, debbono rispondere ai requisiti della norma I.E.C. 801.3, I.E.C.801.4, I.E.C.801.5.

La misura delle correnti armoniche va eseguita prelevando il segnale al pantografo(tutte le volte che questo è possibile, onde evitare inquinamenti di tipo elettromagnetico) tramite apposito trasduttore di tipo induttivo (Trasformatore Amperometrico) .

3.1 Monitoraggio impianti fissi.

Per avere, durante l'esecuzione delle prove, risultati tra loro confrontabili e ripetibili all'occorrenza potranno essere attuati i seguenti provvedimenti:

- monitoraggio delle grandezze elettriche oscillogrammi e spettro calcolato con metodo unificato (vedi punto 3.2) sia per gli impianti di bordo che per gli impianti fissi di:
 - ◊ tensione di fase della linea primaria alimentante la SSE di tratta;
 - ◊ tensione sulle sbarre omnibus di una delle SSE della tratta, scelta opportunamente;
 - ◊ corrente nel circuito di ritorno della SSE
- monitoraggio dell'assetto impiantistico delle linee primarie della SSE della tratta e limitrofe e degli impianti TE
- interdizione delle manovre, per le operazioni di manutenzione, di interruttori di gruppo, di linea, extrarapidi e sezionatori sotto carico degli impianti alimentanti la tratta e di quelli limitrofi fino ad una distanza di 30 km
- monitoraggio, mediante presenziamento o collegamento con i posti pilota (DOTE) per discriminare eventuali transitori dovuti ad interventi spontanei degli organi di protezione sia lato CA che CC.

3.2 Elaborazione dei segnali tensione e corrente armonica

Il segnali acquisiti devono essere acquisiti nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza; nel dominio del tempo la banda passante deve essere di 3600 Hz; nel dominio della frequenza occorre effettuare acquisizioni distinte nel campo di frequenze 0-400 Hz e nel campo di frequenze 400-3600 Hz; gli spettri acquisiti dovranno contenere ciascuno 400 righe.

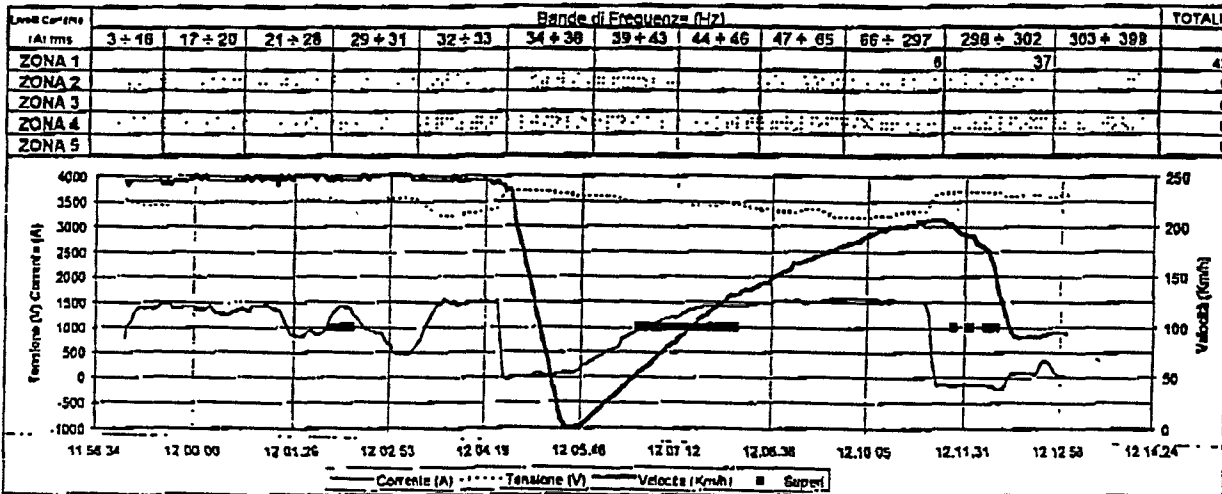
Il processo di acquisizione prevede un time record di 0.5 secondi; sul segnale acquisito viene fatto un windowing di tipo Hanning e quindi calcolata la FFT. L'insieme (media) di 6 di questi spettri porta ad una misura corrispondente ad una durata di 3 secondi.

Occorrerà operare una correlazione tra le grandezze seguenti:

- tensione di linea
- corrente di linea
- velocità

in funzione sia del tempo che della progressiva chilometrica. A titolo di esempio si riporta una analisi effettuata con sola correlazione temporale.

File D:\ETR500.104\CP180996\AC1809-1.ACQ
 Loc ETR500
 Tratto Arezzo - Chiusi
 Data 18/2/96 12 13 02
 Nr Acq 284

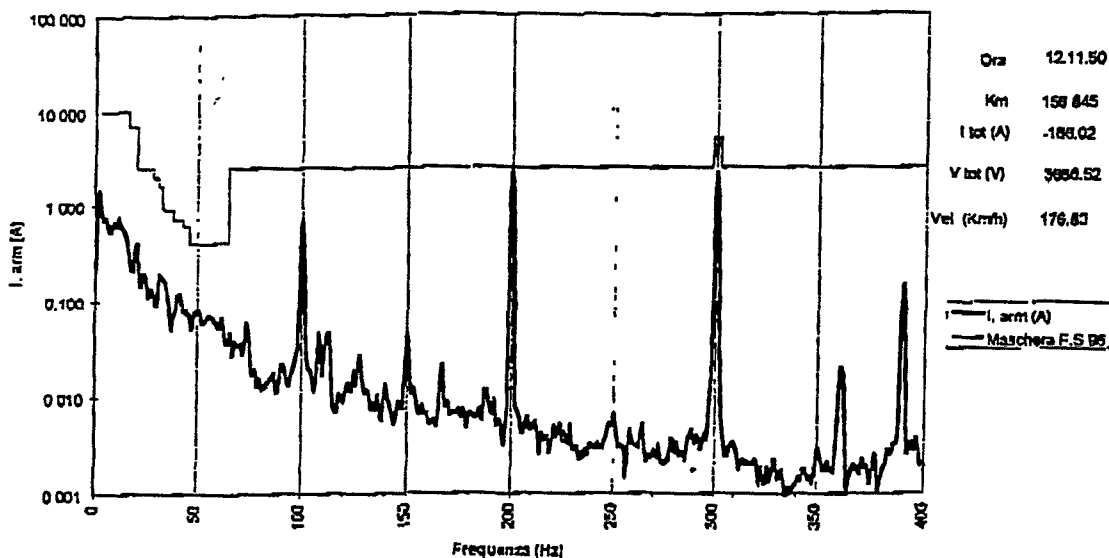


File: D:\ETR500.104\CP180996\AC1809-1.ACQ

Frequenza	Nr. Superi	V. Medio	Dev. Stand	V. Max
200	6	2.65	0.02	2.86
300	37	5.7010811	0.19	6.42



File D:\STR500\104\CP180996\AC1809-1.ACG



3.3 Numerosità del campione

Per effettuare il calcolo del FPA occorre effettuare un numero di acquisizioni compreso tra 6000 e 7000 (corrispondenti a circa 2.5 milioni di misure) al fine di rendere adeguatamente significativo il campione utilizzato nei calcoli.

3.4 Tratta di prova

L'effettuazione delle corse prova deve tendere a mettere in massimo risalto le condizioni oggettive del rotabile e pertanto occorrerà scegliere come tratta tipo delle corse prova una tratta che sia quanto più possibile idonea a verificare il contenuto armonici delle emissioni del rotabile. Il monitoraggio continuo della tensione di linea deve permettere l'individuazione di malfunzionamenti dell'impianto di terra (a seguito di avarie e/o interventi di qualsiasi genere sulla S.S:E) con conseguenti sfondamenti non imputabili al rotabile.

La tratta di prova sarà scelta tra quelle che presentano caratteristiche di alimentazione e planoaltimetriche degli impianti fissi adeguate a verificare se le emissioni armoniche presenti nella corrente di trazione rispettano quanto previsto dalla macchina.

Allo stato attuale è stato individuata sulla linea direttissima Roma Firenze la tratta Arezzo Chiusi (Pk 189 - Pk 154)



4. Analisi dei dati e documentazione a corredo

In tempo reale e cioè durante l'effettuazione delle corse prova occorrerà tenere sotto controllo le varie grandezze acquisite ed in particolare la corrente e la tensione per scoprire eventuali malfunzionamenti legati a condizioni di guasto della terra. L'insieme dei dati raccolti verrà analizzato in tempo differito.

I superi dovuti a

- apertura IR di bordo
- transitori accertati originati da manovre o interventi di enti di protezione degli impianti fissi

non vanno conteggiati.

La conclusione della prova dovrà prevedere un report che riporti tutte le corse prova effettuate, comprese le misure scartate e le motivazioni relative. Inoltre occorrerà generare anche una tabella che riporti le percentuali di funzionamento del rotabile nei vari stati e che quindi metta in evidenza la congruenza con quanto previsto al punto precedente. Infine, cosa fondamentale, il report riporterà l'FPA; a questo proposito viene considerata la casistica seguente:

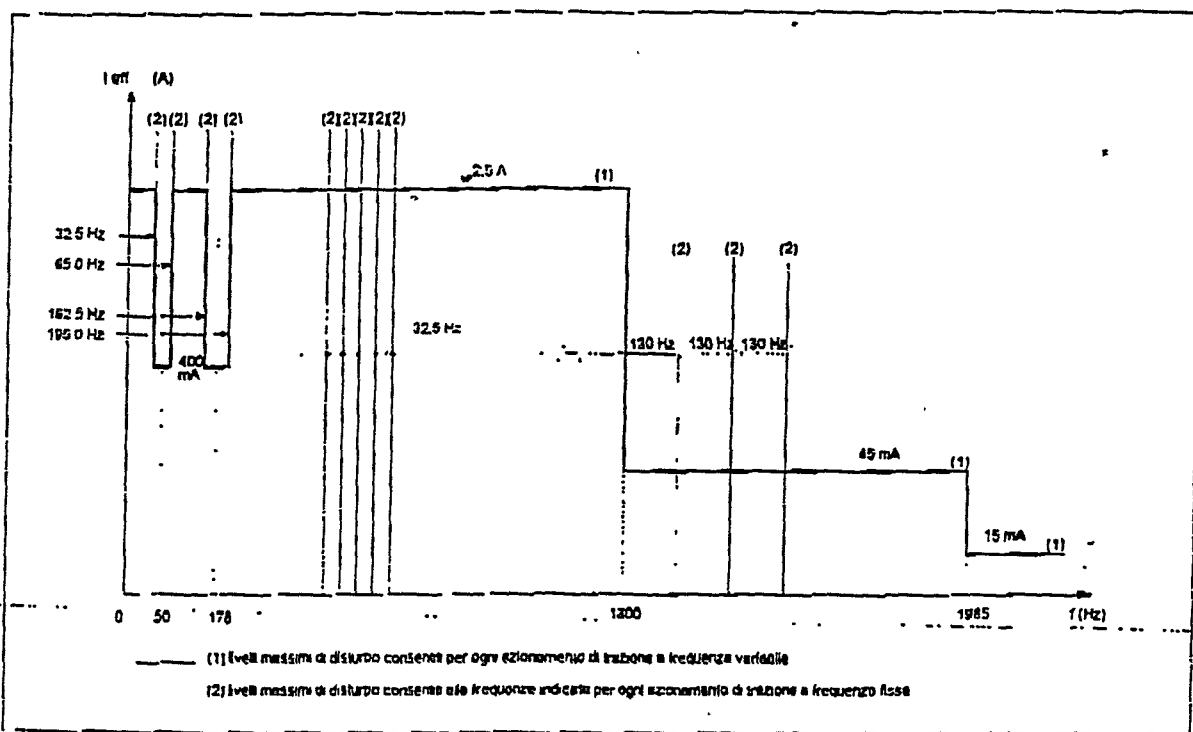
$FPA < 0.1$	Il rotabile ha superato in pieno la prova e pertanto può circolare senza restrizioni di sorta sulla rete FS
$0.1 < FPA < 1$	Sebbene il rispetto del limite di 1 sia raggiunto le FS si riservano la facoltà di effettuare ulteriori eventuali corse prova al fine di aumentare la numerosità del campione e con ciò la confidenza della misura
$FPA > 1$	Il rotabile non ha superato la prova e pertanto il costruttore dovrà intervenire sullo stesso

Allegato 1

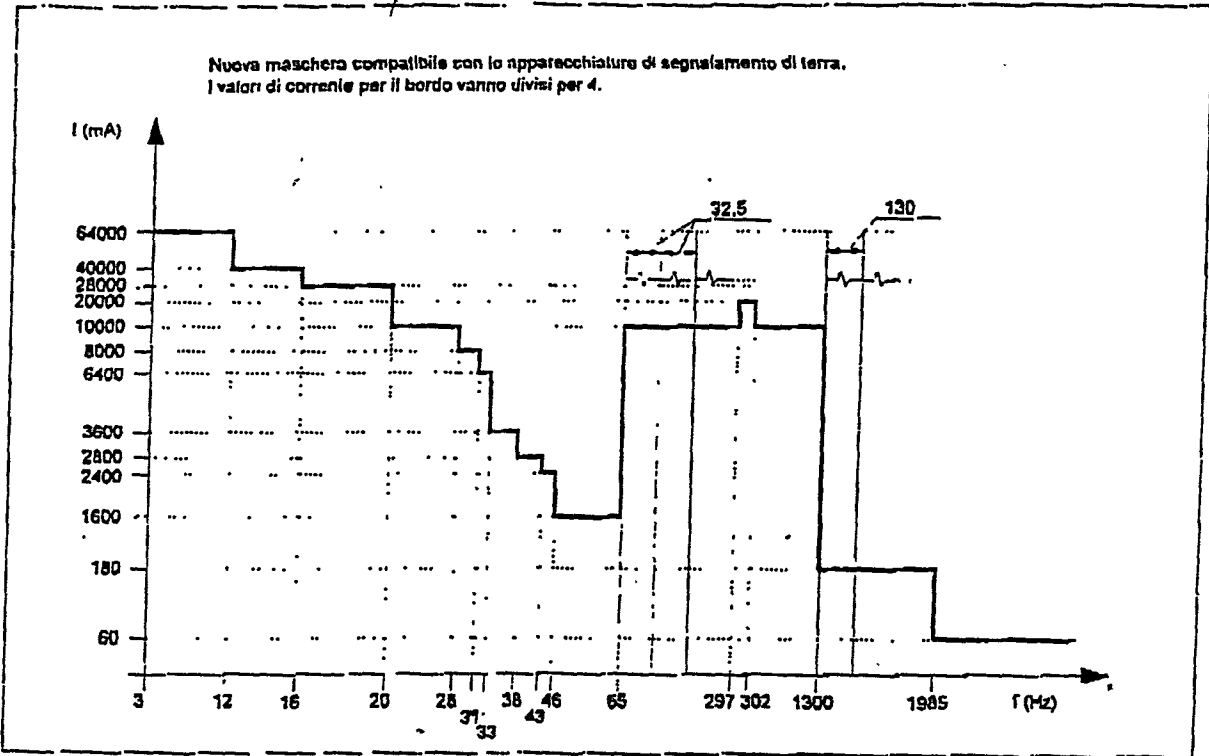
Revisione 2.0

Risultati conclusivi del GDL per la revisione della maschera delle armoniche e chiarimenti sulle misure da effettuare.

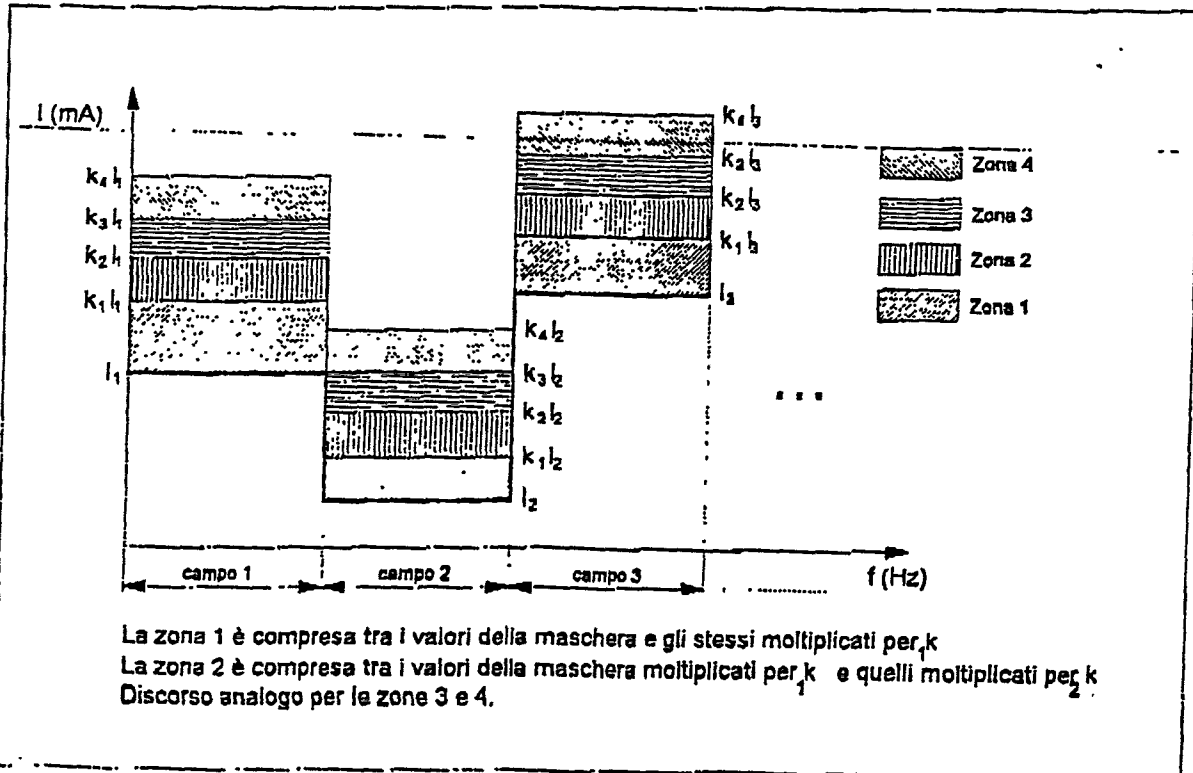
Si mostra qui di seguito la maschera delle armoniche concordata tra FS e ANIE negli anni 70. La rispondenza alla maschera è di tipo deterministico, vale a dire che il rotabile interessato non deve superare i valori ivi mostrati.



Le conclusioni del GDL hanno portato alla definizione di una nuova maschera; la nuova maschera riporta i valori di corrente relativi agli impianti di segnalamento di terra. I valori delle correnti permesse a bordo sono $\frac{1}{4}$ di quelli mostrati nella maschera. Il rispetto della maschera è di tipo probabilistico e cioè si accetta che la stessa possa essere oltrepassata di certe quantità e con una certa probabilità.



In dettaglio vale quanto illustrato qui di seguito. Per semplicità illustrativa supponiamo che la maschera sia limitata a tre soli campi di frequenza come mostrato nella figura seguente.



Ad esempio se I_2 è pari a 400 mA, k_1 è pari a 1.5 e k_2 è pari a 1.75 si ottengono, nel campo 2, i seguenti valori:

- $I_2 = 400 \text{ mA}$
- $k_1 I_2 = 600 \text{ mA}$
- $k_2 I_2 = 700 \text{ mA}$

e pertanto, nel campo 2, la zona 1 è compresa tra 400 e 600 mA e la zona 2 è compresa tra 600 e 700 mA.

Analogo discorso vale per gli altri campi e le altre zone della maschera.

Siano $P_{1 \text{ Max}}$, $P_{2 \text{ Max}}$, $P_{3 \text{ Max}}$ e $P_{4 \text{ Max}}$ le percentuali massime di sfondamento della maschera ammissibili nelle varie zone:

Zona	Range (mA)	P
1	$I_N \div k_1 I_N$	$P_{1 \text{ Max}}$
2	$k_1 I_N \div k_2 I_N$	$P_{2 \text{ Max}}$
3	$k_2 I_N \div k_3 I_N$	$P_{3 \text{ Max}}$
4	$k_3 I_N \div k_4 I_N$	$P_{4 \text{ Max}}$

con

k_1	1.5
k_2	1.75
k_3	2.5
k_4	3.5

e

$P_{1 \text{ Max}}$	$7.77 * 10^{-2}$
$P_{2 \text{ Max}}$	$2.62 * 10^{-3}$
$P_{3 \text{ Max}}$	$3.46 * 10^{-5}$
$P_{4 \text{ Max}}$	$7.96 * 10^{-11}$

e cioè si ammettono $P_{1 \text{ Max}}$ sfondamenti se questi sono tutti nel range $I_N \div k_1 I_N$ mA (zona 1), $P_{2 \text{ Max}}$ sfondamenti se questi sono tutti nel range $k_1 I_N \div k_2 I_N$ mA (zona 2) e così via dove I_N rappresenta il valore nominale di riferimento preso dalla maschera e diviso per 4. Il problema nasce nel caso in cui si abbiano sfondamenti che interessino più zone. Si utilizzerà pertanto una normalizzazione degli effetti mediante la seguente pesatura.

Siano N_1 , N_2 , N_3 ed N_4 il numero di sfondamenti misurato nelle rispettive zone e sia M il numero totale di misure effettuato.

Per quanto riguarda il numero M esso dipende dal numero di acquisizioni N_a , dalla banda B che si analizza durante la prova e dalla risoluzione spettrale r_s ; in particolare

$$M = N_a \frac{B}{r_s}$$

Ad esempio se $N_a=5000$, $B=(399-3)=396 \text{ Hz}$ e $r_s=1 \text{ Hz}$ si ha $M=1980000$ misure totali.

Chiamiamo P_{1m} la percentuale di sfondamento misurata e relativa alla zona 1; pertanto

$$P_{1m} = \frac{N_1}{M}$$

Equazione 1

ed in generale



$$P_{im} = \frac{N_i}{M}$$
$$i = 1..4$$

Equazione 2

La normalizzazione proposta consiste nel dare lo stesso peso (nel nostro caso pari a 1) a tutti i P_{iMax} sfondamenti relativi alle zone rispettive e pertanto occorre dividere gli sfondamenti reali P_{im} per i P_{iMax} .

$$\sum_{i=1}^4 \frac{P_{im}}{P_{iMax}} \leq 1$$

Equazione 3

Utilizzando l'equazione 2 nella 3 si ottiene:

$$\frac{1}{M} \sum_{i=1}^4 \frac{N_i}{P_{iMax}} \leq 1$$

Equazione 4

I calcoli su esposti devono essere applicati alla nuova maschera completa di tutti i campi.

Un rotabile che soddisfa l'equazione 4, a seguito di misure effettuate secondo una campagna di prove normalizzata, può circolare senza restrizioni sull'intera rete.

Il superamento della zona 4 non è ammesso.