



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

*Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica*

**EMISSIONI CONDOTTE NELLE PROVE  
EMC: NORME DI PRODOTTO ED ESEMPI**

*Laureando:*

Davide VELO

*Relatore:*

MCCXXII Dott. Ing. Alessandro

SONA

*Tutor Aziendale:*

Ing. Renzo BEGHETTO



*Ai miei genitori*





# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 Emissioni condotte</b>	<b>3</b>
1 Motivazioni della misura . . . . .	3
2 Setup di prova . . . . .	5
2.1 Camera schermata . . . . .	6
2.2 EMI Receiver . . . . .	6
2.3 Line Impedance Stabilization Network . . . . .	8
2.4 Misura di quasi picco . . . . .	9
2.5 Misura di valor medio . . . . .	10
<b>2 Norme di prodotto</b>	<b>13</b>
1 CEI EN 55022 . . . . .	14
1.1 Classificazione dei dispositivi . . . . .	14
1.2 Limiti di emissione . . . . .	15
1.3 Condizioni generali di misura . . . . .	15
1.4 Metodo di misura dei disturbi condotti alla porte di alimentazione . . . . .	18
2 CEI EN 55014-1 . . . . .	19
2.1 Limiti di emissione . . . . .	20
2.2 Metodi di misura delle tensioni di disturbo . . . . .	21
2.3 Condizioni di funzionamento generali . . . . .	25
2.4 I disturbi intermittenti . . . . .	25
<b>3 Esempi di prove di emissioni condotte</b>	<b>29</b>
1 Driver motore . . . . .	30
2 Quadro Inverter . . . . .	32
3 Polimerizzatrice . . . . .	34
4 Brandeggio per network camera . . . . .	36
5 Unità terminale di condizionamento . . . . .	38

6	Alimentatore 24Vdc . . . . .	40
7	Tapis Roulant . . . . .	42
<b>A</b>	<b>Datasheet dei filtri usati</b>	<b>45</b>
1	Fitlro FIN1500 . . . . .	46
2	Filtro CORCOM . . . . .	49

# Elenco delle figure

1.1	Correnti di modo comune . . . . .	4
1.2	Correnti di modo differenziale . . . . .	4
1.3	Schema a blocchi per la misura delle emissioni condotte . . . . .	5
1.4	Esempio di camera schermata . . . . .	6
1.5	EMI Receiver ESCI della Rohde&Schwarz . . . . .	7
1.6	Schema a blocchi di un EMI Receiver . . . . .	7
1.7	Esempio di LISN per alimentazione monofase . . . . .	9
1.8	Rivelatore di picco . . . . .	10
1.9	Rivelatore di quasi-picco . . . . .	10
1.10	Risposta di quasi-picco a un segnale sinusoidale . . . . .	11
1.11	Caratteristiche del rivelatore di quasi-picco . . . . .	11
1.12	Filtro passa basso . . . . .	12
2.1	Indicazione di rispetto della Classe A . . . . .	14
2.2	Limiti di emissioni condotte per la norma CEI EN 55022 . . . . .	15
2.3	Esempio di setup per apparecchio da tavolo . . . . .	19
2.4	Esempio di setup per apparecchio da pavimento . . . . .	20
2.5	Realizzazione della mano fittizia . . . . .	23
2.6	Dispositivo di comando . . . . .	24
3.1	Driver motore 11 KW . . . . .	30
3.2	Driver motore 11 KW . . . . .	31
3.3	Quadro con inverter . . . . .	32
3.4	Quadro con inverter . . . . .	33
3.5	Polimerizzatrice . . . . .	34
3.6	Polimerizzatrice . . . . .	35
3.7	Brandeggio . . . . .	36
3.8	Brandeggio . . . . .	37
3.9	Unità terminale . . . . .	38
3.10	Unità terminale . . . . .	39
3.11	Alimentatore . . . . .	40

3.12 Alimentatore . . . . .	41
3.13 Tapis Roulant . . . . .	42
3.14 Tapis Roulant . . . . .	43

# Introduzione

L'attuale sviluppo della tecnologia elettronica ha permesso, negli ultimi anni, un crescente aumento della produzione di oggetti che al loro interno contengono elettronica più o meno complessa e, come è ben noto, tutti questi oggetti, o la maggior parte di loro, per funzionare richiedono di essere collegati alla rete elettrica nazionale pubblica. Questa necessità comporta che alla rete siano collegati un'elevata quantità di oggetti che causano disturbi condotti nelle linee di alimentazione, disturbi che possono causare problemi più o meno gravi al resto degli oggetti collegati alla stessa linea. Le normative vigenti, che si dividono in base al campo d'applicazione del prodotto e al luogo in cui esso deve funzionare, pongono dei limiti sull'entità di questi disturbi. È quindi ragionevole pensare che il tempo necessario per la messa in vendita di un nuovo prodotto richieda un tempo aggiuntivo alla progettazione e alla prototipizzazione, necessario ad effettuare le verifiche che il prodotto rispetti le normative vigenti. Per cui le aziende che non possono accollarsi il costo di avere un proprio laboratorio si affidano a laboratori esterni, talvolta richiedendo solo una parte delle prove, talvolta richiedendo il ciclo di prove completo per ottenere un documento che certifichi il rispetto della normativa vigente per il proprio prodotto. Molte volte sono gli stessi clienti che assistono alle prove per verificare di persona l'effettivo funzionamento del prodotto e per effettuare eventuali modifiche possibili per sistemarlo e superare le prove. C'è da aggiungere che oltre alle verifiche di emissioni condotte, le norme di prodotto richiedono la verifica delle emissioni irradiate dall'oggetto e tutta una serie di prove di immunità che non saranno trattate.

Obiettivo del tirocinio svolto era l'analisi dei disturbi condotti prodotti da alcuni oggetti e la verifica dei cambiamenti dopo l'applicazione di un accorgimento filtrante sulla linea di alimentazione dell'oggetto stesso per far sì che questo rispettasse i limiti imposti. Il tirocinio è stato svolto presso l'azienda "*C.M.C. Centro misure di compatibilità*", un laboratorio di misure con sede a Thiene (Vi). Il tirocinio ha permesso di assistere e aiutare nella realizzazione delle prove di compatibilità elettromagnetica dei prodotti presenti al laboratorio, in particolare di elettrodomestici e di prodotti della tecnologia

dell'informazione. Si sono realizzate sia le prove di immunità, che hanno lo scopo di sollecitare l'oggetto in prova per vedere se continua a funzionare correttamente, sia le prove di emissione, nella quali si va a misurare l'intensità dei disturbi prodotti dall'oggetto attraverso il cavo di alimentazione e attraverso l'involucro dello stesso. Tutto questo ha richiesto di imparare a effettuare le prove e di usare gli strumenti necessari per effettuare le misure. Nell'ultima parte del tirocinio particolare attenzione è stata posta alla misura di emissioni condotte e all'assistenza dei clienti presenti per la visione delle prove stesse.

La tesi è stata sviluppata in tre parti: nella prima si analizzerà la prova di misura delle emissioni condotte, prendendo in esame le motivazioni, il setup della prova e le attrezzature necessarie per effettuarla; nella seconda parte si analizzeranno le normative CEI EN 55022 e CEI EN 55014-1, in particolare la parte delle emissioni condotte; la terza parte include una serie di misure di emissioni condotte prima e dopo l'inserimento di accorgimenti filtranti.

# Capitolo 1

## Emissioni condotte

La misura delle emissioni condotte che un oggetto produce attraverso il suo cavo di alimentazione richiede un'adeguata strumentazione e un setup di prova ben definito. Tale strumentazione e setup sono specificati in appositi documenti, denominati norme di prodotto. La maggior parte delle normative richiede di effettuare una misura in una camera schermata, usando un adattatore di impedenza, per disaccoppiare i disturbi, e un ricevitore di misura che possa misurare il valor medio e il valore di quasi picco del disturbo prodotto nel range di frequenza 0.15–30 MHz.

Nel seguente capitolo saranno analizzati la tipologia di misura, il setup di prova e gli strumenti necessari alla misura stessa.

### 1 Motivazioni della misura

Come già specificato nell'introduzione, lo scopo della misura delle emissioni condotte è quello di controllare il disturbo dovuto alla corrente che fuoriesce dal cavo di alimentazione dell'oggetto sotto test, disturbo che altrimenti si propagherebbe attraverso la rete di alimentazione dell'edificio dove è situato l'oggetto, costituendo così una grande antenna che irradia disturbi; queste correnti che si propagano possono perciò causare disturbi alle apparecchiature collegate alle rete o nelle vicinanze (pensiamo ad esempio alle bande che si vedono nei televisori a tubo catodico quando nelle vicinanze è presente un elettrodomestico che viene acceso). Possiamo distinguere i disturbi condotti in due categorie:

- disturbi di modo comune, che si presentano tra i conduttori di fase o neutro verso terra;

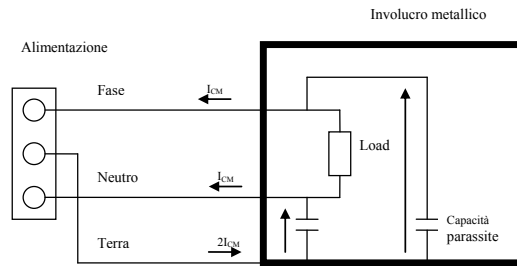


Figura 1.1: Correnti di modo comune

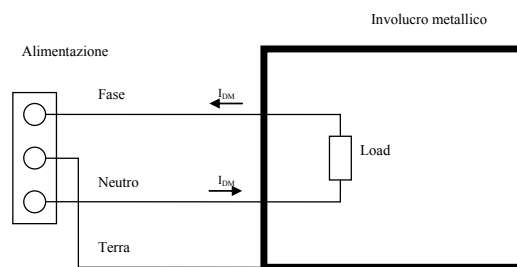


Figura 1.2: Correnti di modo differenziale

- disturbi di modo differenziale, che si presentano tra i due conduttori.

Queste distinzioni valgono sia per le correnti che per le tensioni. In Fig. 1.1 è riportato un esempio di correnti di modo comune. Come si può vedere, queste scorrono attraverso i cavi di alimentazione e vanno a chiudersi sull'involucro collegato a terra attraverso piccole capacità parassite presenti tra i conduttori e l'involucro stesso. In Fig. 1.2 è riportato un esempio di correnti di modo differenziale e, come si nota, queste tendono a scorrere sui conduttori chiudendosi tra di loro, sfruttando un conduttore come andata e l'altro come ritorno. Sono perciò stati introdotti dei limiti ai disturbi che gli oggetti possono produrre attraverso il proprio cavo di alimentazione. I limiti sono specificati nella norma di prodotto alla quale l'oggetto sotto test appartiene. Va aggiunto che non tutti gli oggetti hanno una norma di prodotto dedicata, perciò sono state introdotte le normative generali che racchiudono tutti quegli oggetti che non hanno una propria norma e indicano i limiti per tali oggetti. Un esempio di queste normative generiche sono la CEI EN 61000-6-3 e la CEI EN 61000-6-4, che prescrivono i limiti di emissione per ambienti residenziali e industria leggera l'una e per gli ambienti industriali l'altra.



## 2 Setup di prova

Il setup necessario alla misura delle emissioni condotte dipende, generalmente, dal tipo di prodotto e da quando specificato nella norma di tale prodotto, che prescrive limiti e metodi di misura, ma si può schematizzare come in Fig. 1.3, nel quale è presente:

- un ricevitore, normalmente un EMI Receiver (Electromagnetic interference Receiver) o un analizzatore di spettro, per analizzare lo spettro di disturbi prodotti e fare le necessarie misure;
- un attenuatore, per limitare l'entità del disturbo e evitare quindi di danneggiare il ricevitore;
- una LISN (Line Impedance Stabilization Network) per disaccoppiare i disturbi della linea di alimentazione e permettere la misura della sola componente che deriva dall'oggetto;
- EUT (Equipment Under Test), cioè l'oggetto sotto test.

Tutto il setup è solitamente posto all'interno di una camera schermata, se la dimensione dell'oggetto non preclude che questo possa essere inserito nella camera.

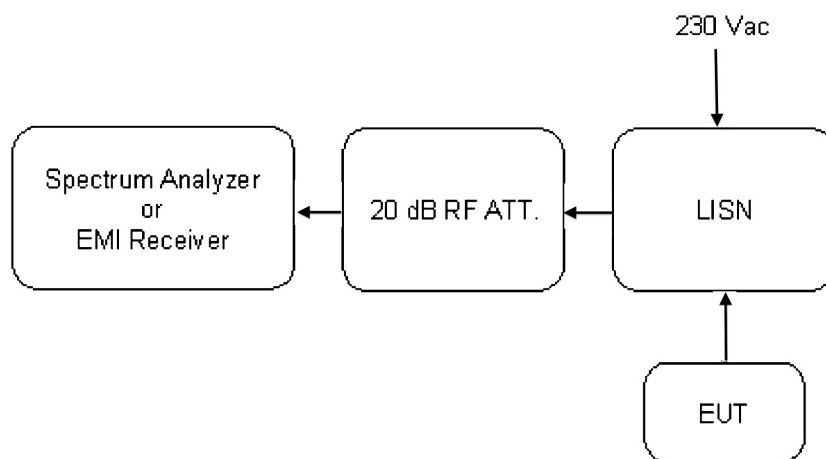


Figura 1.3: Schema a blocchi per la misura delle emissioni condotte

## 2.1 Camera schermata

La camera schermata è una particolare struttura, di solito di forma cubica o simile, le cui pareti e il pavimento sono costituite da materiale conduttore, collegato a terra. Un esempio è quello di Fig. 1.4. Lo scopo della camera scher-



Figura 1.4: Esempio di camera schermata

mata è quello di isolare l'EUT da eventuali disturbi provenienti dall'esterno. Questo è possibile grazie alla proprietà di schermo elettrostatico dei materiali conduttori. Infatti se pensiamo la camera schermata come un conduttore cavo, per le proprietà dei conduttori il campo elettrico all'interno di un conduttore è nullo. Perciò se carichiamo la parte esterna del conduttore, queste cariche andranno a caricare la parte esterna del conduttore, ma staranno sulla sua superficie, permettendo così di non avere cariche all'interno della cavità e di conseguenza assenza di campo elettrico. In questo modo con la camera schermata si riesce a "proteggere" l'EUT dai disturbi provenienti dall'esterno e a non influenzare il comportamento dello stesso durante la misura. È importante tener presente che ciò non vuol dire che l'EUT non emette disturbi che possono caricare le pareti della camera, ma permette solo di proteggerlo da disturbi esterni.

## 2.2 EMI Receiver

L'Electromagnetic Interference Receiver è lo strumento usato per la misura dei disturbi condotti degli oggetti. Un esempio figurativo è riportato in Fig. 1.5, mentre uno schema a blocchi è riportato in Fig. 1.6. L'EMI Receiver si comporta come un analizzatore di spettro, è infatti un ricevitore supereterodina,

con l'ulteriore capacità di poter fornire il calcolo del quasi-picco, al contrario dell'analizzatore di spettro che fornisce solo il valore di picco (rettangolo verde in Fig. 1.6). Questa possibilità è molto utile nella misura di emissioni, condotte e irradiate, in quanto i limiti forniscono i valori massimi di quasi-picco e valor medio, nelle condotte, e quasi-picco nelle irradiate, ed è quindi necessario confrontare i valori misurati con i limiti imposti.



Figura 1.5: EMI Receiver ESCI della Rohde&Schwarz

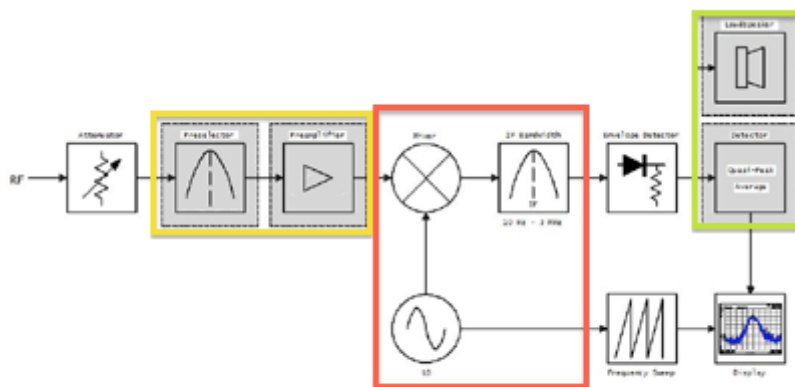


Figura 1.6: Schema a blocchi di un EMI Receiver

In Fig 1.6 si può notare il ricevitore super eterodina nel rettangolo rosso. Questo ricevitore è composto da un oscillatore locale variabile, da un amplificatore a banda stretta centrato su una particolare frequenza e da un miscelatore. Il segnale di ingresso arriva al miscelatore a cui giunge anche il segnale dall'oscillatore, si originano così dei battimenti e il segnale di uscita è quindi il risultato della sovrapposizione dei due, generando così nuove frequenze. Quando il segnale d'uscita sarà centrato sulla banda dell'amplificatore sarà possibile

effettuare la misura e visualizzarla a video. Dato che l'oscillatore locale varia la sua frequenza è possibile coprire tutto il range di valori interessati per la misura e ottenere così la misura desiderata.

Il ricevitore è inoltre dotato di uno stadio di ingresso (rettangolo giallo in Fig. 1.6) formato da un filtro selettore e da un preamplificatore a basso rumore d'ingresso. Data la presenza dell'attenuatore all'ingresso della catena per evitare la saturazione degli stadi più sensibili del ricevitore (es. preamplificatore e mixer), può succedere che i segnali di debole intensità risultino non misurabili perché non confrontabili con il rumore di fondo. L'uso del filtro preselettore, composto da un insieme di filtri passa banda a frequenza centrale diversa e opportunamente selezionabili, in accoppiata con l'attenuatore, permette la misura di un'ampia gamma di valori dei segnali di ingresso. Nei moderni ricevitori EMI è possibile agganciare il filtro preselettore alla frequenza di sintonia facilitando notevolmente la misura.

### 2.3 Line Impedance Stabilization Network

La Line Impedance Stabilization Network, o più comunemente LISN, è una rete di stabilizzazione dell'impedenza che viene usata nella misura di emissioni condotte, come si può vedere dallo schema a blocchi in Fig. 1.3. La LISN è inserita per svolgere più funzioni:

- evitare che i disturbi che sono presenti nella rete di alimentazione arrivino all'EUT;
- evitare che i disturbi prodotti dall'EUT finiscano sulla rete;
- presentare un'impedenza ai capi del ricevitore pari a  $50 \Omega$ .

Un esempio di schema di una LISN è mostrato in Fig. 1.7. I componenti hanno tutti un compito ben preciso. L'induttore L1 e il condensatore C1 servono per evitare che i disturbi presenti sulla rete vadano a disturbare l'EUT. Il condensatore C3 serve per non sovraccaricare di corrente continua il ricevitore e la resistenza R1 serve per scaricare il condensatore C3 quando non è collegato al ricevitore. La resistenza R3 ha il compito di far vedere alla linea sulla quale non si sta effettuando la misura una resistenza di  $50 \Omega$ , questo per non alterare l'impedenza d'ingresso vista dell'EUT dato che il ricevitore presenta una resistenza d'ingresso di  $50 \Omega$ . Analoghe considerazioni valgono per i componenti dell'altra linea.

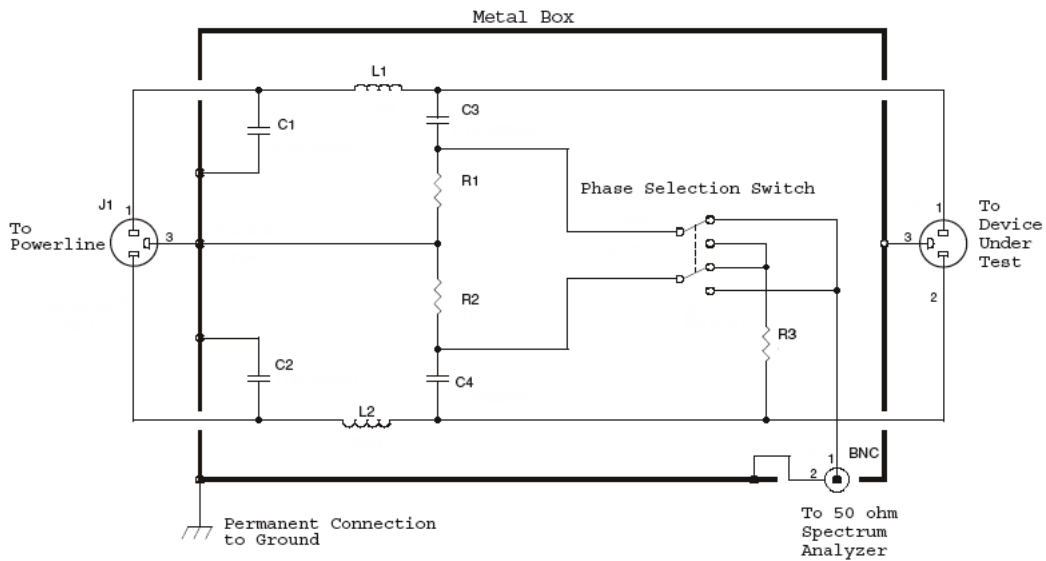


Figura 1.7: Esempio di LISN per alimentazione monofase

## 2.4 Misura di quasi picco

La normativa EMC per la misura di emissione condotte prevede la misura, oltre del valor medio del disturbo, anche del valore di quasi-picco di quest'ultimo. Se si considera lo schema più semplice del rivelatore di picco in Fig. 1.8, si può notare come la presenza del condensatore permetta che il rivelatore si carichi al valore massimo del segnale applicato, ma in questo modo non tiene conto del suo andamento nel tempo. Il rivelatore di quasi-picco, invece, si pone lo scopo di valutare l'effetto medio del disturbo percepito da un utente dovuto alla ricezione di un disturbo radio. Il valore di quasi-picco del disturbo varia in maniera dipendente sia dalla frequenza di ripetizione del disturbo sia dall'intensità del disturbo stesso.

Una schema molto semplice può essere rappresentato come in Fig. 1.9, dove la presenza della resistenza in parallelo al condensatore permette che questo si scarichi quando l'intensità di disturbo applicata è minore del valore a cui il condensatore è caricato. Il tempo di carica  $\tau_c$  del condensatore è definito come il tempo necessario affinché la carica del condensatore arrivi ad un valore pari al 63% dell'intensità massima di un segnale sinusoidale di ampiezza  $V$  applicato. Il tempo di scarica  $\tau_d$  è definito come il tempo necessario affinché, dopo una rimozione istantanea del segnale di ingresso sinusoidale, la carica del condensatore raggiunga il 37% del valore iniziale. Un esempio di carica

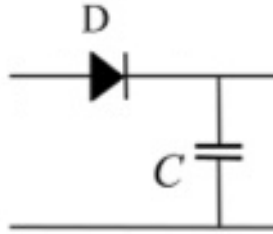


Figura 1.8: Rivelatore di picco

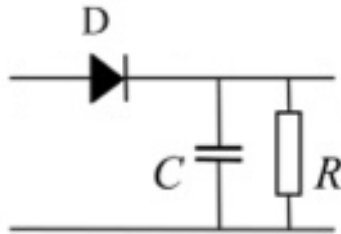


Figura 1.9: Rivelatore di quasi-picco

e scarica del circuito con un segnale sinusoidale è rappresentato in Fig. 1.10, nella quale sono specificati i tempi di carica e scarica. Le costanti di tempo del circuito rivelatore di quasi-picco di un ricevitore EMI sono standardizzate, come riporta la Fig. 1.11 estratto della CISPR 16-1-1, che riporta i valori delle costanti nella banda di frequenze in cui si vuole fare la misura. Come detto precedentemente la misura di quasi-picco è una misura pesata nel tempo, per cui un disturbo di elevata intensità, ma con frequenza di ripetizione elevata può, alla fine della misura, rientrare nei limiti, mentre un disturbo di media intensità, ma con frequenza di ripetizione elevata può superare i limiti imposti.

## 2.5 Misura di valor medio

Il secondo tipo di misura richiesto dalla normativa per la verifica delle emissioni condotte è quella di valor medio. La teoria dei segnali insegna che il valor medio di un segnale è l'integrale del segnale calcolato sul periodo dello stesso, quindi per un segnale  $x(t)$ :

$$x_m = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

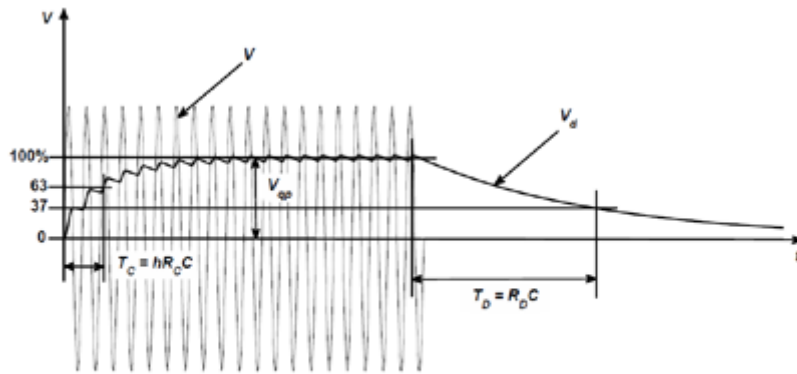


Figura 1.10: Risposta di quasi-picco a un segnale sinusoidale

Characteristics	Frequency band		
	Band A 9 kHz to 150 kHz	Band B 0,15 MHz to 30 MHz	Bands C and D 30 MHz to 1 000 MHz
Bandwidth at the -6 dB points, $B_6$ in kHz	0,20	9	120
Detector electrical charge time constant, in ms	45	1	1
Detector electrical discharge time constant, in ms	500	160	550

Figura 1.11: Caratteristiche del rivelatore di quasi-picco

Matematicamente parlando, quindi, basterebbe integrare il segnale nel periodo  $T$  del segnale, ma ciò richiede di avere in memoria tutti i valori corrispondenti a tale intervallo di tempo. Dal punto di vista elettronico lo schema più semplice per realizzare la misura è quello che impiega un filtro passa basso composto da una resistenza e una capacità.(Fig. 1.12). Dato che l'EMI Receiver è uno strumento dotato di memoria, se nel tempo  $T$  acquisisce  $N$  valori all'uscita del filtro, possiamo dire che il valor medio è:

$$x = \frac{1}{N} \sum_0^{N-1} x_i$$

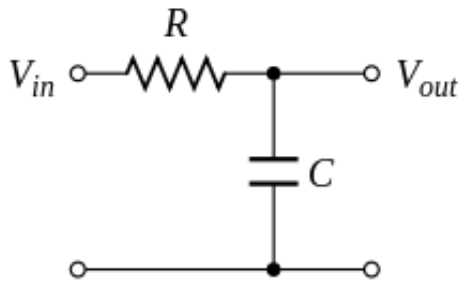


Figura 1.12: Filtro passa basso



## Capitolo 2

### Norme di prodotto

Possiamo definire una norma come un insieme di regole, prescrizioni o metodologie a disposizione del costruttore come riferimento nella fase di progettazione e nelle prove dei suoi prodotti. Nel campo della compatibilità elettromagnetica possiamo distinguere tre tipi di norme:

- Norme di Base: sono un insieme di norme o guide che definiscono in modo generale le regole EMC e servono soprattutto come riferimento per i comitati che elaborano le norme specifiche di prodotto. Definiscono, per ogni tipologia di prova, la metodologia, le caratteristiche della strumentazione di prova e la configurazione base della prova.
- Norme Generiche: specificano le esigenze essenziali in termini di livello da osservare in un determinato ambiente, tipo di prova... in conformità con le regole fondamentali. Sono usate in assenza di una norma di prodotto specifica.
- Norme di Prodotto: stabiliscono per i singoli prodotti o famiglie di prodotti i livelli di prova applicabili.

Per le prove di emissioni condotte le norme prodotto fanno normalmente riferimento alle norme CISPR (Comité international spécial des perturbations radioélectriques), il Comitato Internazionale Speciale per le Interferenze Radio, che per i prodotti si divide essenzialmente in tre categorie:

- CISPR 11: Limiti e metodi di misura delle caratteristiche di radiodisturbo degli apparecchi industriali, scientifici e medicali (ISM)
- CISPR 14: Limiti e metodi di misura delle caratteristiche di radiodisturbo degli elettrodomestici o apparecchi similari a motore o termici, degli utensili elettrici e apparecchi elettrici similari.

- CISPR 22: Specifiche dei metodi e degli apparecchi di misura dei radio-disturbi e dell'immunità ai radiodisturbi.

Le altre norme CISPR indicano le caratteristiche degli strumenti di misura e come si sviluppano i fenomeni.

## 1 CEI EN 55022

La norma CEI EN 55022 è la norma prodotto dedicata agli apparecchi per la tecnologia dell'informazione (ITE) e ne specifica limiti e metodi di misura nel range di frequenze 9kHz-400GHz, al di fuori di queste frequenze non è necessario effettuare misure.

### 1.1 Classificazione dei dispositivi

La norma divide gli ITE in due categorie, denominate di Classe A e Classe B

- gli ITE di classe B sono tutti quei dispositivi che rispettano i limiti di disturbo della Classe B e sono destinati a essere principalmente utilizzati in ambiente residenziale e possono comprendere:
  - dispositivi senza un posto fisso di utilizzo;
  - apparecchi terminali di telecomunicazione, alimentati dalla rete di telecomunicazione;
  - i personal computer e le apparecchiature connesse.
- gli ITE di classe A sono tutti quei dispositivi che non rispettano i limiti di Classe B, ma rispettano quelli di Classe A. La normativa permette di inserire un avviso come quello di Fig. 2.1, che indica la classe del dispositivo.

**Avviso**

Questo è un prodotto di Classe A. In un ambiente residenziale questo apparecchio può provocare radiodisturbi. In tale evenienza l'utilizzatore potrebbe dover prendere contromisure adeguate.

Figura 2.1: Indicazione di rispetto della Classe A

## 1.2 Limiti di emissione

I limiti specificati dalla norma, come specificato in Fig. 2.2, sono derivati dalla CISPR 22. La norma specifica che i limiti devono essere entrambi rispettati, ma se il livello di disturbo di quasi-picco è inferiore anche del limite di valore medio, il limite di quest'ultimo può ritenersi verificato. La norma aggiunge inoltre che nel caso in cui il disturbo fluttui attorno al limite, la misura va fatta per un tempo di 15 s per ciascuna frequenza interessata e prendendo nota del valore massimo raggiunto. I limiti CISPR vanno rispettati e devono essere tali per cui almeno l'80% della produzione degli apparecchi li rispetti.

**Tabella 1 – Limiti dei disturbi condotti alle porte di alimentazione per gli ITE di Classe A**

Gamma di frequenza MHz	Limiti dB( $\mu$ V)	
	Quasi-picco	Valore medio
Da 0,15 a 0,50	79	66
Da 0,50 a 30	73	60

NOTA Alla frequenza di transizione si applica il limite più basso.

**Tabella 2 – Limiti dei disturbi condotti alle porte di alimentazione per gli ITE di Classe B**

Gamma di frequenza MHz	Limiti dB( $\mu$ V)	
	Quasi-picco	Valore medio
Da 0,15 a 0,50	Da 66 a 56	Da 56 a 46
Da 0,50 a 5	56	46
Da 5 a 30	60	50

NOTA 1 Alle frequenze di transizione si applica il limite più basso.  
NOTA 2 Nella gamma da 0,15 MHz a 0,50 MHz, il limite decresce linearmente con il logaritmo della frequenza.

Figura 2.2: Limiti di emissioni condotte per la norma CEI EN 55022

## 1.3 Condizioni generali di misura

### Rumore ambientale

La necessità di effettuare misure in un sito che non sia quello destinato all'uso finale può essere causa di un rumore ambientale che si può sommare al disturbo

prodotto dall'EUT e quindi portare a un risultato negativo della misura. La norma prescrive delle direttive per il rumore ambientale e permette di effettuare la sua misura direttamente nel sito dove si effettua la misura semplicemente spegnendo l'EUT sotto test e verificando che il rumore sia inferiore di 6 dB rispetto ai limiti di Fig. 2.2. La norma non prescrive di ridurre il limite del rumore sotto i 6 dB, quando la somma tra questo e il rumore prodotto dall'EUT rispetti i limiti. Quando invece la combinazione dei due supera il limiti specificato, la prova si può ritenere superata, a meno che:

- il livello di rumore ambientale sia 4.8 dB sotto il limite specificato;
- il livello del rumore ambientale è almeno 6 dB sotto la somma del rumore ambientale e del disturbo della sorgente.

### **Allestimento generale**

L'EUT deve essere configurato, installato e fatto funzionare secondo le applicazioni tipiche e seguendo il più possibile le indicazioni prescritte dal costruttore. La disposizione dell'EUT durante la prova deve essere al quanto più simile a quella di utilizzo finale, tutti i cavi devono essere collegati e terminati a un dispositivo che ne rappresenti l'effettivo utilizzo. Nel caso si usino cavi schermati nel manuale di istruzioni deve essere specificato la necessità di utilizzo di tali cavi. L'eccedenza del cavo deve essere avvolta in una matassa di lunghezza compresa tra 0.3 m e 0.4 m. Nel caso in cui siano presenti più interfacce dello stesso tipo, è sufficiente connettere un cavo a un solo tipo di porta, a patto che si provi che l'utilizzo di cavi addizionali non influenzi i risultati delle prove. Nel caso di apparecchi che contengano moduli multipli (cassetto, piastra,...) l'installazione di prova deve comprendere un numero di elementi tali che rappresentino il numero di moduli tipico di un'installazione reale. Mentre un sistema costituito da più unità separate deve essere configurato in modo da rappresentare la configurazione minima rappresentativa. La motivazione della scelta deve essere comunque specificata nel rapporto di prova. È importante ricordare che tutti i risultati devono essere accompagnati da una descrizione dell'orientamento dei cavi e dell'apparecchio, in modo che le prove possano essere ripetute.

### **Allestimento dell'EUT**

Dato che la prova deve essere condotta nel modo più simile alle condizioni di uso finale, la norma richiede due allestimenti diversi nel caso l'EUT sia un apparecchio da tavolo o da pavimento. Nel caso di EUT che richiedano

un'installazione a parete, l'allestimento da usare è quello da tavolo, orientando l'EUT coerentemente con la sua usuale installazione. I cavi di segnale fissati all'EUT e non connessi a nessuna unità ausiliaria deve essere terminati utilizzando l'impedenza di terminazione corretta. Gli apparecchi ausiliari devono essere installati secondo le normali pratiche di installazione e nel caso in cui questo richieda che questi siano installati sul luogo di prova, devono essere disposti secondo le stesse condizioni dell'EUT.

**ALLESTIMENTO DA TAVOLO:** gli apparecchi che rientrano in questa categoria devono essere posti su un tavolo non conduttivo di dimensioni nominali  $1.5\text{ m} \times 1\text{ m}$ , dimensioni che possono comunque dipendere dalla grandezza dell'EUT. Tutte le unità costituenti il sistema devono essere poste sul tavolo distanziate tra di loro di 10 cm, nel caso di unità impilabili, queste devono essere sovrapposte. I cavi all'interno dell'unità devono pendere dal tavolo, però se un cavo è sospeso a una distanza inferiore di 0.4 m dal piano di massa inferiore, l'eccedenza deve essere accorciata formando una matassa lungo al massimo 0.4 m. Per le unità di alimentazione:

- se il cavo di collegamento tra l'EUT e l'unità di alimentazione è lungo più di 0.8 m l'unità deve essere messa sul tavolo a una distanza di 0.1 m dell'unità principale;
- se il cavo è lungo meno di 0.8 m l'unità deve essere messa ad un'altezza dal piano di massa inferiore tale che il cavo di alimentazione sia completamente esteso in verticale;
- se il cavo è incorporato nella presa di alimentazione di rete, l'unità di alimentazione deve essere posta sul tavolo e deve essere usata una prolunga per collegare l'unità di alimentazione alla sorgente di energia, seguendo il percorso più diretto tra le due.

**ALLESTIMENTO DA PAVIMENTO:** gli apparecchi che rientrano in questa categoria devono essere posti sul piano di massa di riferimento orizzontale, ma isolati da questo con un supporto isolante di altezza massima di 15 mm. I cavi devono essere isolati dal piano di massa orizzontale e se l'EUT necessita di un collegamento di massa, questo deve essere fatto collegandolo al piano di massa orizzontale. I cavi che collegano le unità devono pendere, ma rimanere isolati dal piano di massa orizzontale e le eccedenze devono essere avvolte nel centro in una matassa di lunghezza non superiore a 0.4 m. Se i cavi non riescono a pendere fino al piano isolato, ma stanno ad un'altezza da questo inferiore a 0.4 m, devono essere avvolti a matassa in modo da essere ad un'altezza di 0.4 m.

## 1.4 Metodo di misura dei disturbi condotti alla porte di alimentazione

### Ricevitore di misura

La misura deve essere fatto usando un rivelatore di valore medio e uno di quasi-picco, entrambi i rivelatori posso essere incorporati in unico ricevitore. Il ricevitore con i due rivelatori deve essere conforme a quanto specificato nella CISPR 16-1-1

### Rete fittizia di alimentazione e piano di massa di riferimento

La rete fittizia di alimentazione (AMN, artificial mains network) ha lo scopo di mostrare un'impedenza definita alle alte frequenze verso l'alimentazione, nonché per isolare il circuito dai disturbi sulla linea di alimentazione. La AMN da usare è definita nella CISPR 16-1-2. La misura dei disturbi condotti va effettuata tra il conduttore di fase e la massa di riferimento, e tra il conduttore di neutro e la massa di riferimento ed entrambi i valori devono essere compresi nei limiti previsti. È previsto un piano di massa orizzontale o verticale che deve estendersi per 0.5 m oltre la proiezione dell'oggetto in prova, ma deve comunque avere dimensioni minime di  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ .

### Allestimento dell'EUT

Per effettuare la misura il cavo di rete dell'unità da misurare deve essere collegato alla AMN. Nel caso di EUT costituiti da più unità su cui bisogna effettuare la misura, il punto su cui effettuare la misura si determina:

- ogni cavo di alimentazione che termina con una spina normalizzata deve essere provato singolarmente;
- i cavi di alimentazione e i morsetti che non vanno connessi all'unità principale vanno provati singolarmente;
- i cavi di alimentazione e i morsetti che vanno connessi all'unità principale vanno connessi e la misura si effettua soltanto sull'unità principale

La AMN va messa a 0.8 m di distanza dal limite dell'unità in prova e collegata al piano di massa di riferimento, tutti gli altri apparecchi ausiliari devono stare a una distanza maggiore di 0.8 m. Quando il cavo di rete è più lungo di 1 m questo deve essere ripiegato nel centro, in una matassa non più lunga di 0.4 m per ridurre la lunghezza a 1 m. Nel caso le dimensioni e caratteristiche fisiche

del cavo non lo permettano bisogna avvicinarsi il più possibile alla lunghezza di 1 m. Le connessioni di terra devono essere collegate al punto di massa della AMN e correre parallelamente al cavo di rete a una distanza massima di 0.1 m. Se il costruttore prevede connessioni di massa aggiuntive, queste devono anch'esse essere collegate al punto di riferimento della AMN. Anche in questo caso la norma differenzia apparecchi da tavolo e da pavimento.

**APPARECCHI DA TAVOLO:** considerando le condizioni specificate precedentemente, la prova ha come riferimento un piano di massa verticale. L'EUT va posto su un tavolo non conduttivo ad un'altezza di 0.8 m dal piano di riferimento orizzontale e il retro va posto a una distanza di 0.4 m dal piano di riferimento verticale. I piani devono essere collegati equipotenzialmente tra di loro. Un esempio è riportato un Fig. 2.3.

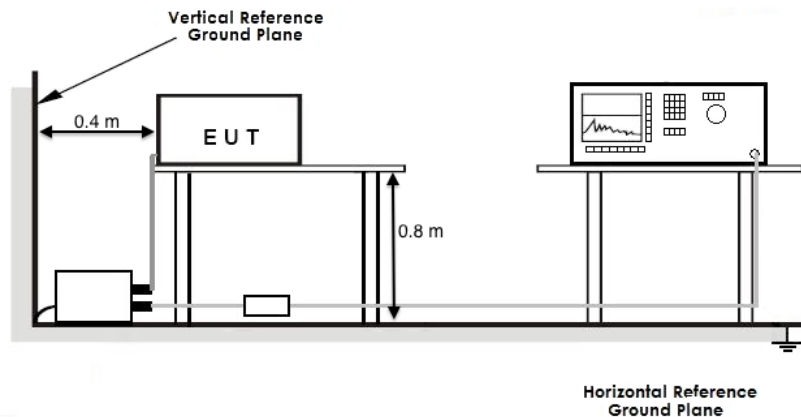


Figura 2.3: Esempio di setup per apparecchio da tavolo

Per gli apparecchi da pavimento non ci sono specifiche aggiuntive alle precedenti. Un esempio è rappresentato in Fig. 2.4

## 2 CEI EN 55014-1

La norma CEI EN 55014-1 specifica limiti e modalità di misura dei disturbi condotti e irradiati per apparecchi le cui funzioni sono svolte da motori o da dispositivi di commutazione o di regolazione, a meno che l'energia non sia prodotta intenzionalmente o serva per l'illuminazione. In particolare si riferisce ad apparecchi quali: elettrodomestici, utensili elettrici, giocattoli elettrici e elettronici, distributori automatici, proiettori, ecc... Nel caso di dispositivi multifunzione, le cui parti sono soggette a diverse norme, ciascuna funzione

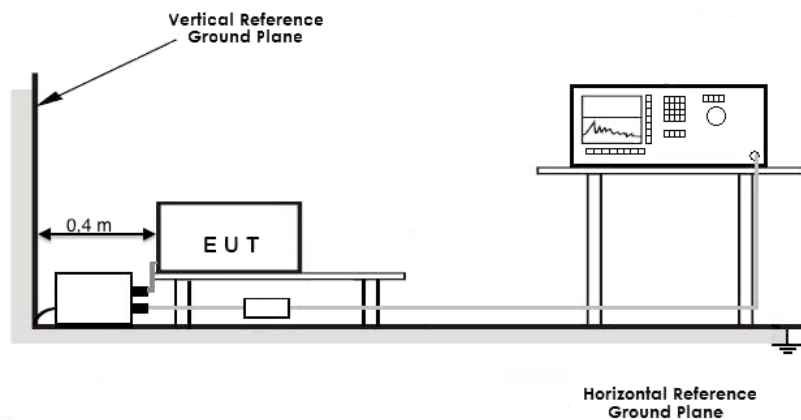


Figura 2.4: Esempio di setup per apparecchio da pavimento

deve essere verificata con i limiti della norma a cui fanno capo. Le misure vanno effettuate tra il conduttore di fase e la massa di riferimento, e tra il conduttore di neutro e la massa di riferimento.

## 2.1 Limiti di emissione

La misura dei radiodisturbi va effettuata nel range di frequenza 148.5 kHz–300 MHz, al di sotto e al di sopra e di tali valori non è necessario effettuare misure se non diversamente specificato. La norma distingue due tipi di disturbi:

- disturbi persistenti: sono generalmente causati da motori a collettore o altri dispositivi che possono essere inclusi negli elettrodomestici, utensili elettrici e altri apparecchi simili;
- disturbi intermittenti: sono disturbi causati da commutazioni, il cui effetto varia con la cadenza di ripetizione e con l'ampiezza. Saranno analizzati nella Sezione 2.4

### Disturbi persistenti

Per i disturbi persistenti la norma prevede i limiti della Tab. 2.1 per i morsetti di alimentazione, mentre prevede i limiti di Tab. 2.2 per i morsetti ausiliari, morsetti di carico e morsetti di collegamento dei dispositivi di comando e regolazione. Per i morsetti che possono essere usati sia come ausiliari che come morsetti di alimentazione valgono i limiti di Tab. 2.1. La norma prevede dei limiti diversi per gli utensili elettrici, divisi in base alla potenza nominale del



<b>Elettrodomestici e apparecchi con comando e regolazione che incorporano componenti a semiconduttore</b>		
<b>Range di frequenze</b>	<b>Limiti</b>	
MHz	Quasi-picco dB( $\mu$ V)	Valore medio dB( $\mu$ V)
0.15 to 0.5	66 to 56	59 to 46
0.5 to 5	56	46
5 to 30	60	50

Tabella 2.1: Limiti ai morsetti di alimentazione

<b>Morsetti di carico e morsetti ausiliari</b>		
<b>Range di frequenze</b>	<b>Limiti</b>	
MHz	Quasi-picco dB( $\mu$ V)	Valore medio dB( $\mu$ V)
0.15 to 0.5	80	70
0.5 to 5	74	64
5 to 30	74	64

Tabella 2.2: Limiti ai morsetti di carico

motore. I limiti ai morsetti di alimentazione per gli utensili elettrici sono specificati in Tab. 2.3, mentre per i morsetti ausiliari in Tab. 2.2 ed equivalgono a quelli degli elettrodomestici. Nel caso di apparecchi funzionanti a batteria, ma che possono essere collegati alla rete elettrica, ai morsetti di alimentazione si applicano i limiti di Tab. 2.1.

## 2.2 Metodi di misura delle tensioni di disturbo

### Dispositivi di misura

Per la misura delle tensioni di disturbo la norma prevede l'utilizzo dei seguenti dispositivi:

**RICEVITORI DI MISURA:** i ricevitori devono essere dotati di rivelatore di quasi-picco e di valore medio, entrambi conformi agli articoli loro dedicati nella CISPR 16-1-1. Molte volte i due rivelatori sono incorporati in un unico ricevitore.

**RETE FITTIZIA:** è necessario l'utilizzo di una rete fittizia per mostrare all'EUT un'impedenza definita alle alte frequenze, nonché per isolarlo dai disturbi provenienti dalla rete di alimentazione. Il collegamento tra la rete fittizia

Morsetti di alimentazione degli utensili elettrici				
Range di frequenze	Potenza nominale < 700 W		Potenza nominale tra 700 W e 1000 W	
	Quasi-picco dB( $\mu$ V)	Valore medio dB( $\mu$ V)	Quasi-picco dB( $\mu$ V)	Valore medio dB( $\mu$ V)
0.15 to 0.5	66 to 59	59 to 49	70 to 63	63 to 53
0.5 to 5	74	64	80	70
5 to 30	74	64	80	70
Range di frequenze	Potenza nominale > 1000 W			
MHz	Quasi-picco dB( $\mu$ V)		Valore medio dB( $\mu$ V)	
0.15 to 0.5	76 to 69		60 to 59	
0.5 to 5	80		70	
5 to 30	80		70	

Tabella 2.3: Limiti ai morsetti di alimentazione per utensili elettrici

e il ricevitore di misura deve essere effettuato attraverso un cavo coassiale di impedenza caratteristica di 50  $\Omega$ .

**SONDA DI TENSIONE:** la sonda di tensione va utilizzata per la misura delle tensioni di disturbo ai morsetti di carico o di comando. Va usata per la misura ai morsetti di rete quando non è possibile utilizzare una rete fittizia che non influenzi la misura, esempio quando i dispositivi assorbono più di 25 A per fase. La sonda è composta da un resistore di almeno 1500  $\Omega$  in serie a un condensatore la cui componente reattiva è trascurabile in rapporto alla resistenza.

**MANO FITTIZIA:** la mano fittizia simula la mano dell'operatore durante la misura delle tensioni di disturbo. È costituita da un foglio metallico collegato ad un circuito RC formato da un condensatore di 220 pF  $\pm$  20% e da un resistore di 510  $\Omega$   $\pm$  10% (Fig. 2.5). L'altro capo del circuito è collegato alla massa di riferimento.

## Procedimenti e disposizioni di misura

### DISPOSIZIONE DEI CAVI DELL'APPARECCHIATURA

Durante la misura della tensione di disturbo ai morsetti del cavo di alimentazione la rete fittizia deve essere sempre collegata per fornire un'adattamento

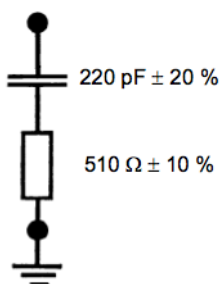


Figura 2.5: Realizzazione della mano fittizia

ben definito. Le misure vanno effettuate all'estremità del cavo, dalla parte della spina. La rete fittizia va solitamente a 0.8 m dall'apparecchio. Se il cavo è più lungo di 0.8 m, l'eccedenza va ripiegata in una matassa non più lunga di 0.4 m o in alternativa può essere sostituito, se possibile, da un cavo di lunghezza 1 m. Nel caso in cui, invece, il cavo sia più corto, la sua lunghezza va estesa fino a raggiungere la misura necessaria. Se il cavo è compreso di conduttore di terra, questo va collegato all'apparecchiatura di misura. Nel caso in cui sia previsto il collegamento a terra, ma il cavo di collegamento non lo contenga, il collegamento dell'apparecchio alla terra di riferimento va effettuato con un cavo non più lungo di 0.1 m.

#### DISPOSIZIONE DELL'EUT E COLLEGAMENTO ALLA RETE FITTIZIA

In questo caso la norma prevede una differenziazione in base al tipo di EUT in prova:

- *apparecchi non portatili senza collegamento a terra:* per la misura l'apparecchio va collocato a 0.4 m sopra una superficie conduttrice e a 0.8 m di distanza dalla rete fittizia, nel caso in cui la misura sia effettuata in camera schermata, si può prendere come riferimento una delle pareti della camera. Gli apparecchi che sono adibiti al funzionamento a pavimento devono essere collocati sopra un piano di terra di riferimento orizzontale, isolati tramite un supporto di  $0.1\text{ m} \pm 25\%$  di altezza. La rete fittizia deve essere collegata alla terra di riferimento;
- *apparecchi portatili senza collegamento a terra:* le misure vanno eseguite seguendo le precedenti disposizioni. In più è richiesta l'applicazione della mano fittizia. In linea generale il foglio metallico va applicato a tutte le impugnature specificate dal produttore. Inoltre il morsetto (indicato con M in Fig. 2.5) va collegato a tutte le parti metalliche esposte

non rotanti, comprese quelle verniciate o laccate. Nel caso in cui l'EUT sia totalmente metallico non è necessario il foglio metallico, ma basta collegare il morsetto M.

- *apparecchi collegati a terra*: l'EUT va posto a una distanza di 0.8 m dalla rete fittizia. Il morsetto di terra dell'EUT va collegato con la terra di riferimento della strumentazione di misura. Nel caso di un apparecchio da pavimento, questo va posto sul piano di terra di riferimento orizzontale su di un supporto isolante di altezza  $0.1 \text{ m} \pm 25 \%$ .

#### DISPOSITIVI DI COMANDO E REGOLAZIONE CONTENENTI DISPOSITIVI A SEMICONDUCTORE

Per effettuare questa misura la norma prevede il collegamento di un carico, costituito da lampada a incandescenza, mediante un cavi di lunghezza compresa tra 0.5 m e 1 m. Uno schema di principio è rappresentato in Fig. 2.6. In questo caso la misura va effettuata con una la sonda di tensione in serie all'ingresso del ricevitore posta sui morsetti di carico. Nel caso di dispositivi previsti di comando remoto o di telecomando, i cavi ausiliari devono essere collegati e devono avere misura compresa tra 0.5 m e 1 m. La misura della tensione di disturbo ai morsetti ausiliari va effettuata come specificato precedentemente.

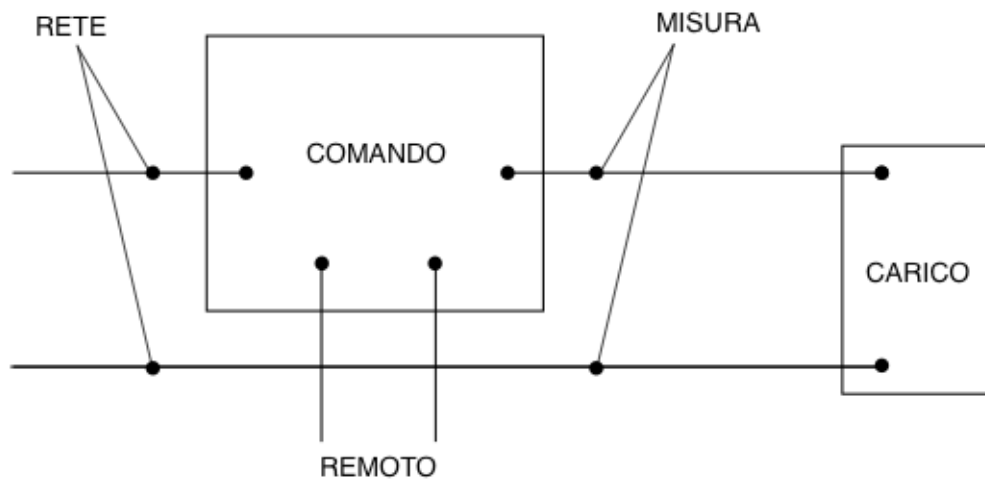


Figura 2.6: Dispositivo di comando

## 2.3 Condizioni di funzionamento generali

Nella norma sono elencati tutta una serie di dispositivi per i quali è specificata la condizione di funzionamento. Come regola generale la norma prevede che l'apparecchio sia alimentato alla tensione e alla frequenza nominale, e che il dispositivo abbia funzionato, prima di effettuare la prova, per un periodo sufficiente a garantire che le condizioni di funzionamento sia quelle normali. Aggiunge di effettuare una prova a 160 kHz su una gamma di tensioni comprese tra 0.9 e 1.1 volte la tensione nominale per stabilire quale di esse causi il massimo disturbo e di effettuare quindi la prova definitiva con la tensione trovata. Nel caso di apparecchi con una gamma di tensioni nominali i coefficienti 0.9 e 1.1 vanno applicati alla tensione massima e a quella minima.

## 2.4 I disturbi intermittenti

La norma indica il click come: *“un disturbo, la cui ampiezza oltrepassa il limite di quasi-picco del disturbo persistente, di durata non superiore a 200 ms e separato dal disturbo successivo da un intervallo di tempo di almeno 200 ms”*. Possiamo pensare i disturbi intermittenti come un insieme di disturbi causati da commutazioni di dispositivi con termostati, cicli di programma, ecc... cioè dai dispositivi che nel loro funzionamento prevedono l'insieme di più operazioni (pensiamo ad esempio ad una macchinetta per il caffè). Sono normalmente disturbi a banda larga, con un valore spettrale massimo di 2 MHz. L'influenza del clic dipende da vari fattori, quali: ampiezza, durata, intervallo di tempo tra l'uno e l'altro, e dalla cadenza, cioè il numero di clic al secondo (indicata con N).

### Eccezioni alla definizione

La norma prevede delle eccezioni alla definizione fornita di clic:

- le azioni di commutazione singole causate mediante un interruttore o un comando incluso nell'apparecchio, quali ad esempio: accensione e spegnimento, selezione di un programma, regolazione dell'energia e della velocità usando un commutatore con un numero fisso di posizioni; non devono essere prese in considerazione al fine di valutare la conformità dell'oggetto;
- per gli apparecchi comandati da programma è concessa una combinazione di clic per un tempo inferiore di 600 ms, per ogni ciclo di programma;
- per gli apparecchi in cui:

- la cadenza  $N$  di clic è minore di 5;
- nessuno dei clic dura più di 20 ms;
- il 90% dei clic dura meno di 10 ms;

tali apparecchi sono conformi ai limiti, indipendentemente dall'ampiezza dei clic;

- per gli apparecchi con cadenza  $N < 5$ , due disturbi, con durata massima di 200 ms entrambi, sono considerati come due click, anche se sono separati nel tempo di meno di 200 ms.

### Metodo di misura

Per la sua misura sono necessari tutti i dispositivi analizzati precedentemente (rete fittizia, analizzatore di disturbi), in aggiunta può essere necessario l'uso di un oscilloscopio per la verificata della durata del clic. La misura dell'ampiezza del clic è data dalla lettura del valore di quasi-picco sul ricevitore, mentre la misura dell'intervallo tra due click e la durata di ciascuno di essi può essere effettuata automaticamente attraverso un analizzatore di disturbo, o manualmente usando un oscilloscopio.

### Procedura di misura

La cadenza  $N$  di click è definita come il numero di click al minuto. Ci sono due possibilità per effettuare la misura di  $N$ :

- misurando il numero di click: l'apparecchio deve funzionare come specificato nella norma, se non c'è specifica di funzionamento, deve funzionare nella condizione più gravosa. Si determina così  $N = n_1 / T_1$ , dove  $n_1$  indica il numero di click misurati e  $T_1$  il tempo di osservazione. La misura deve essere effettuata a 150 khz e 500 kHz. Nel caso in cui  $N \geq 30$  il disturbo è considerato come persistente;
- contando il numero di operazioni di commutazione: in questo caso  $N = n_2 \times f / T$ , dove  $n_2$  indica il numero di operazioni di commutazione contate,  $T$  il periodo di osservazione e  $f$  un fattore indicato in Tab. 2.4.

#### METODO DEL QUARTILE SUPERIORE

Se le misure di cadenza, tempo e intervallo effettuate hanno stabilito che è possibile applicare le deroghe ai limiti, l'ampiezza deve essere valutata calcolando

<b>Tipi di apparecchio</b>	<b>Fattore <math>f</math></b>
Termostati per apparecchiature mobili o rimovibile per il riscaldamento dei locali	1.00
Refrigeratori, congelatori	0.50
Cucine con piastre di cottura automatiche	0.50
Ferri da stiro	0.66
Regolatori di velocità e interruttori di avviamento di macchine per cucire	1.00
Regolatori di velocità e interruttori di avviamento di trapani per dentisti	1.00
Macchine per ufficio elettromeccaniche	1.00
Dispositivi per l'avanzamento delle diapositive dei proiettori	1.00

Tabella 2.4: Fattori per il calcolo della cadenza

lo scarto  $\Delta L$  per il quale il limite dei disturbi persistenti può essere aumentato:

$$\Delta L = 44 \text{ dB se } N < 0.2,$$

$$\Delta L = 20 \log\left(\frac{30}{N}\right) \text{ per } 0.2 \leq N \leq 30.$$

Il nuovo limite risulta essere:

$$L_q = L + \Delta L.$$

A questo punto è necessario verificare i clic alle frequenze di 150 kHz, 500 kHz, 1.4 MHz e 30 MHz con il limite appena calcolato. Il test risulta superato se meno di un quarto dei clic registrati nel tempo di osservazione supera il nuovo limite.





## Capitolo 3

# Esempi di prove di emissioni condotte

Questo capitolo è dedicato a una serie di esempi di misure effettuate presso il laboratorio *C.M.C. Centro Misure di Compatibilità* dove è stato svolto il tirocinio. Sono presenti le misure effettuate su prodotti che non rispettavano i limiti e che poi, con l'aggiunta di componenti filtranti, sono stati fatti rientrare e quindi si è resa positiva la prova. In Appendice A sono stati inseriti due datasheet dei filtri usati per superare le prove.

# 1 Driver motore

Driver per il controllo di un motore alimentato a 400 V trifase. Il driver nella prima misura non rispettava i limiti della Classe A, come si può vedere in Fig. 3.1. Per far rispettare i limiti, Fig. 3.2, il costruttore ha dovuto aggiungere un filtro esterno prefabbricato FIN1500, di cui si può trovare il datasheet in Appendice A.1.

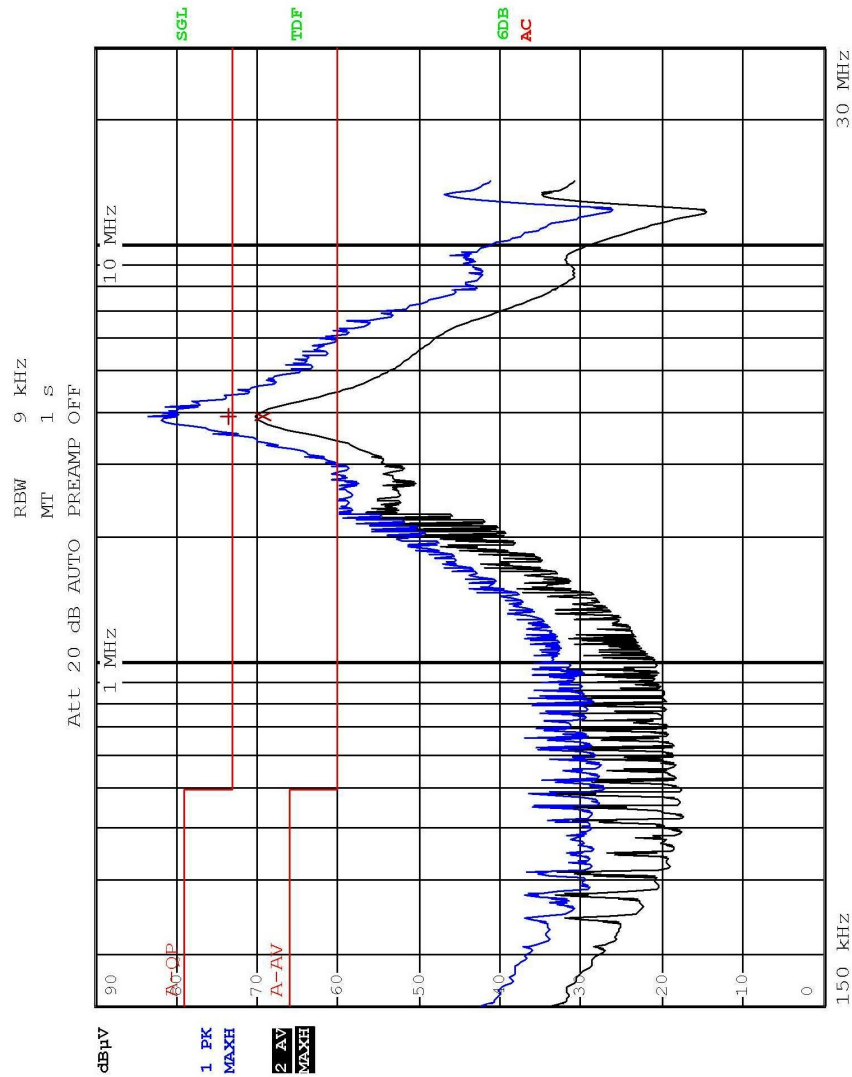


Figura 3.1: Driver motore 11 KW

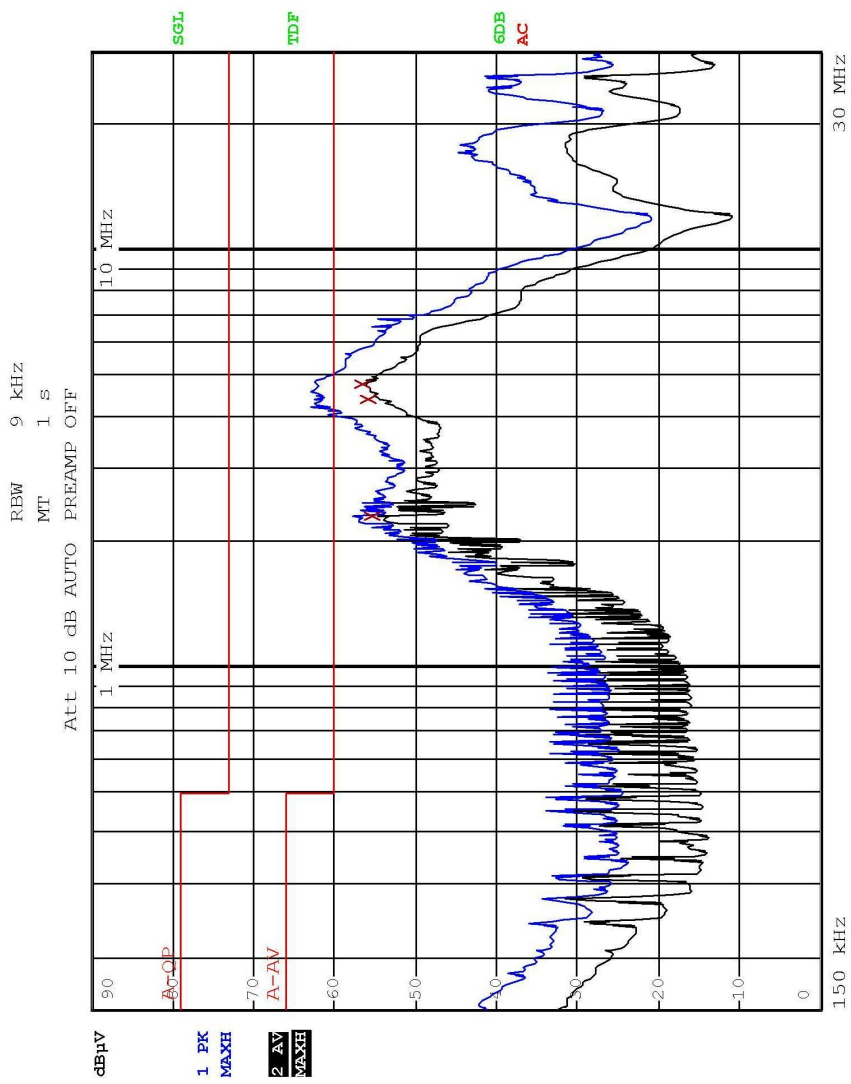


Figura 3.2: Driver motore 11 KW

## 2 Quadro Inverter

Il quadro inverter in questione ha un alimentazione di 400 V trifase. In Fig. 3.3 il quadro non rispettava i limiti di Classe B. Con l'aggiunta di un filtro CORCOM 25FCD10 sull'alimentazione il quadro è rientrato nei limiti, come si vede dalla Fig. 3.4. Il datasheet del filtro usato è stato inserito in Appendice A.2.

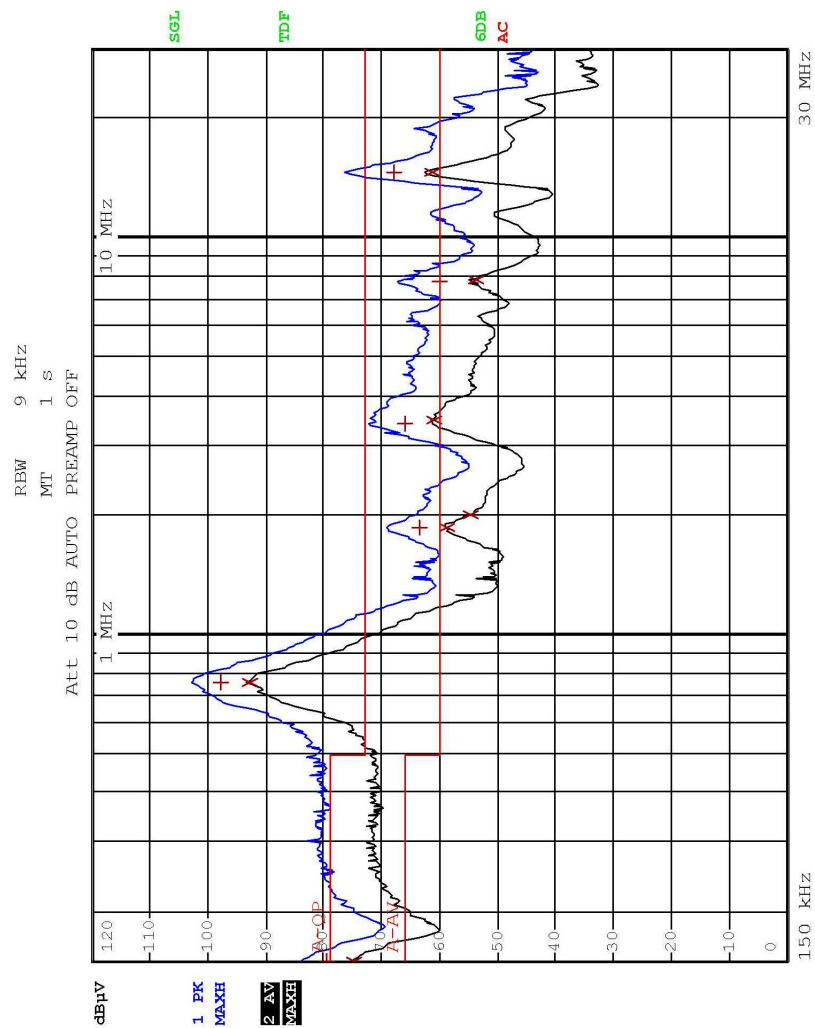


Figura 3.3: Quadro con inverter

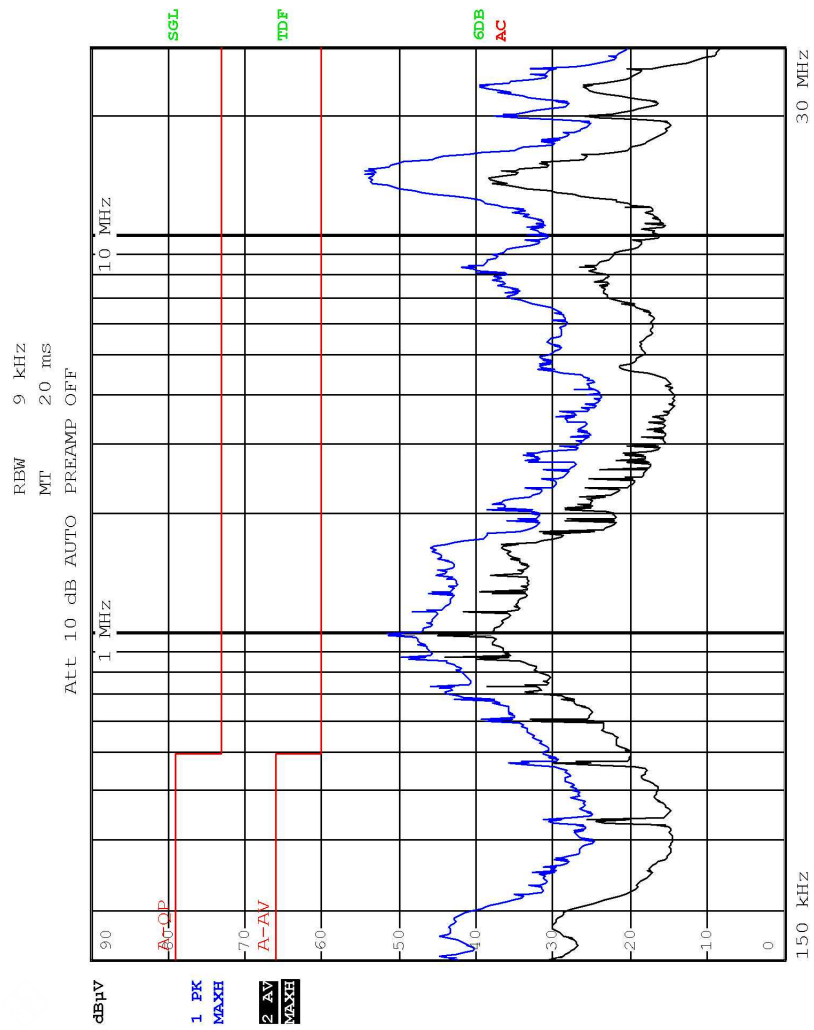


Figura 3.4: Quadro con inverter

### 3 Polimerizzatrice

Il prodotto in questione era una polimerizzatrice alimentata a 230 V monofase. La Fig. 3.5 mostra come il prodotto non rispettasse i limiti di Classe B, l'aggiunta di un filtro sull'alimentazione, Fig. 3.6 ha permesso di rientrare nei limiti e di superare la prova.

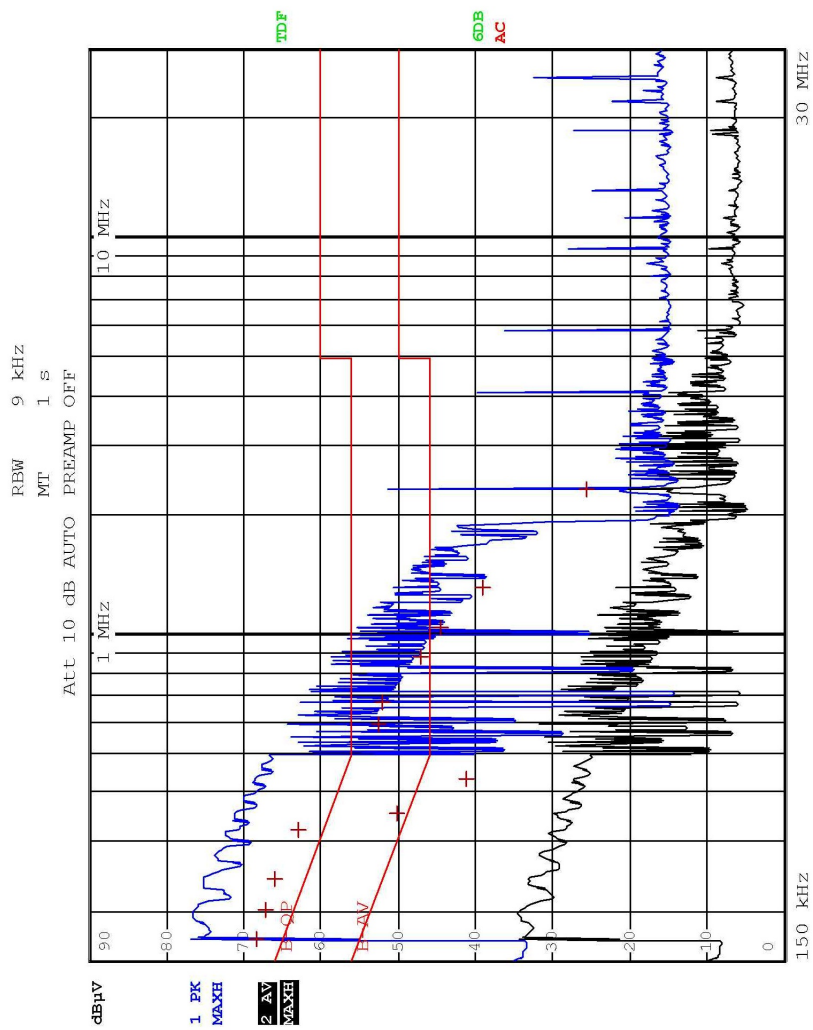


Figura 3.5: Polimerizzatrice

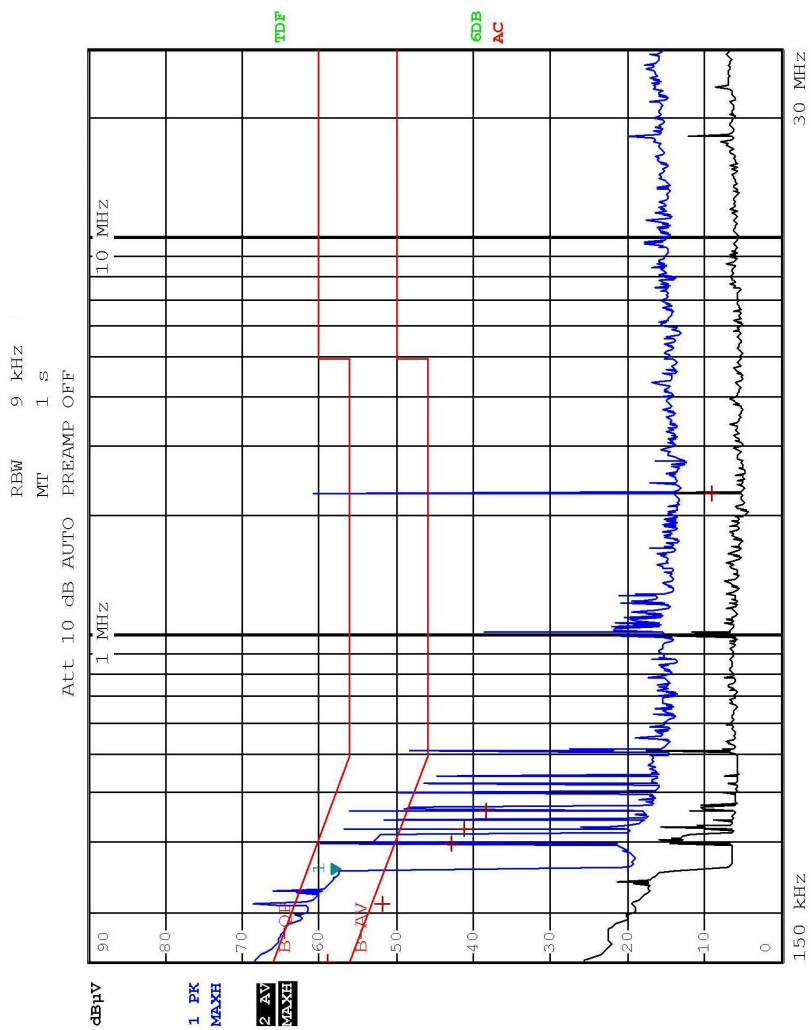


Figura 3.6: Polimerizzatrice

## 4 Brandeggio per network camera

Il prodotto sotto test era un brandeggio per un network alimentato a 120 V Ac. La Fig. 3.7 mostra che la misura dei disturbi condotti sui morsetti dell'alimentazione non rispettasce i limiti di Classe A. L'applicazione di un filtro sull'alimentazione ha permesso di risolvere il problema e la misura, Fig. 3.8, è risultata positiva.

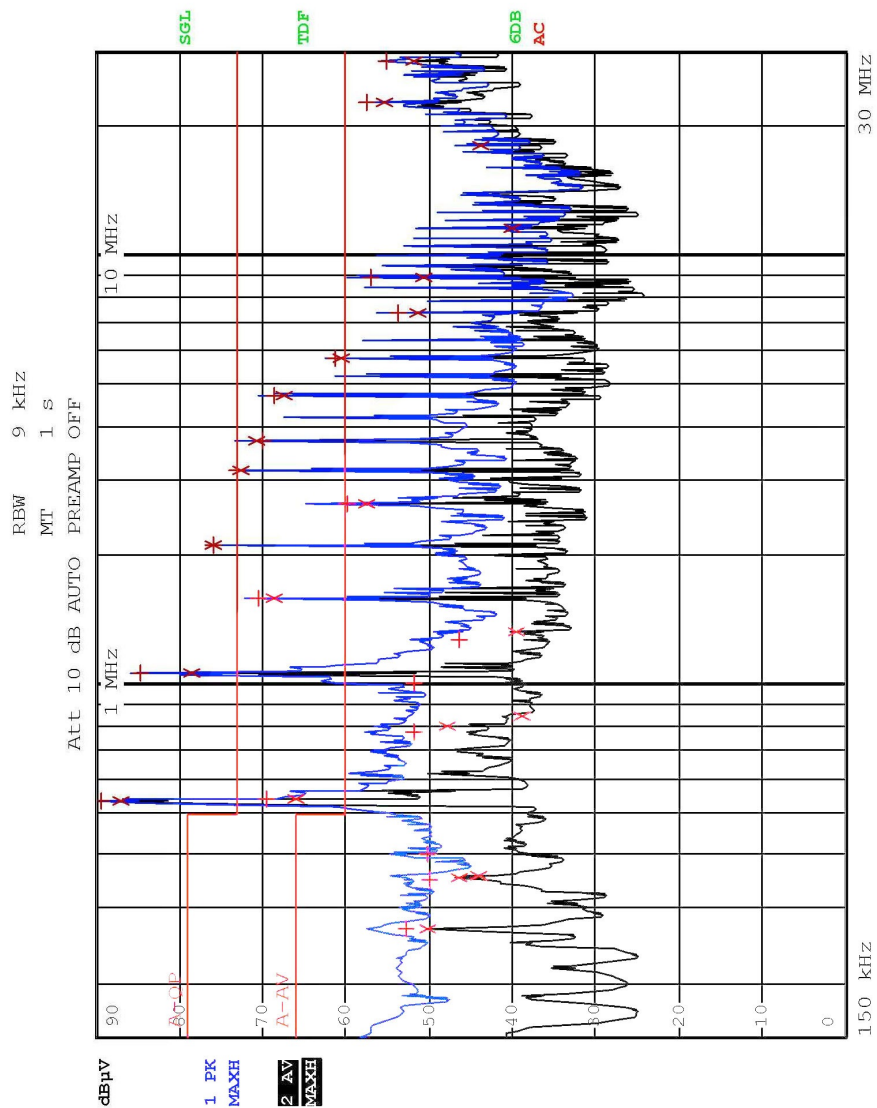


Figura 3.7: Brandeggio



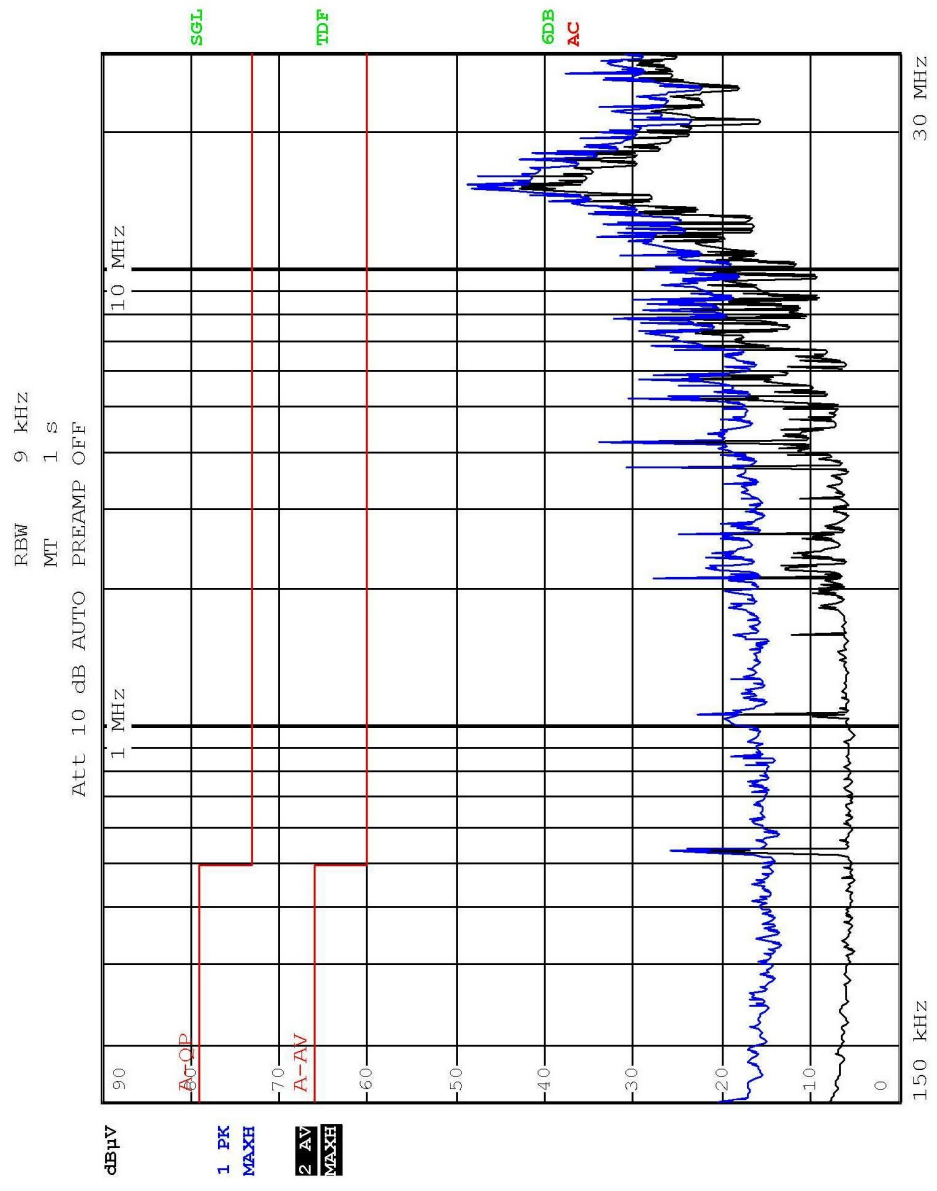


Figura 3.8: Brandeggio

## 5 Unità terminale di condizionamento

Il prodotto sotto test era un'unità terminale di condizionamento alimentata a 230 V monofase. La misura iniziale ai morsetti, Fig. 3.9, non rispettava i limiti di Classe B. L'aggiunta di un filtro sull'alimentazione ha permesso di rientrare nei limiti come mostra la Fig. 3.10.

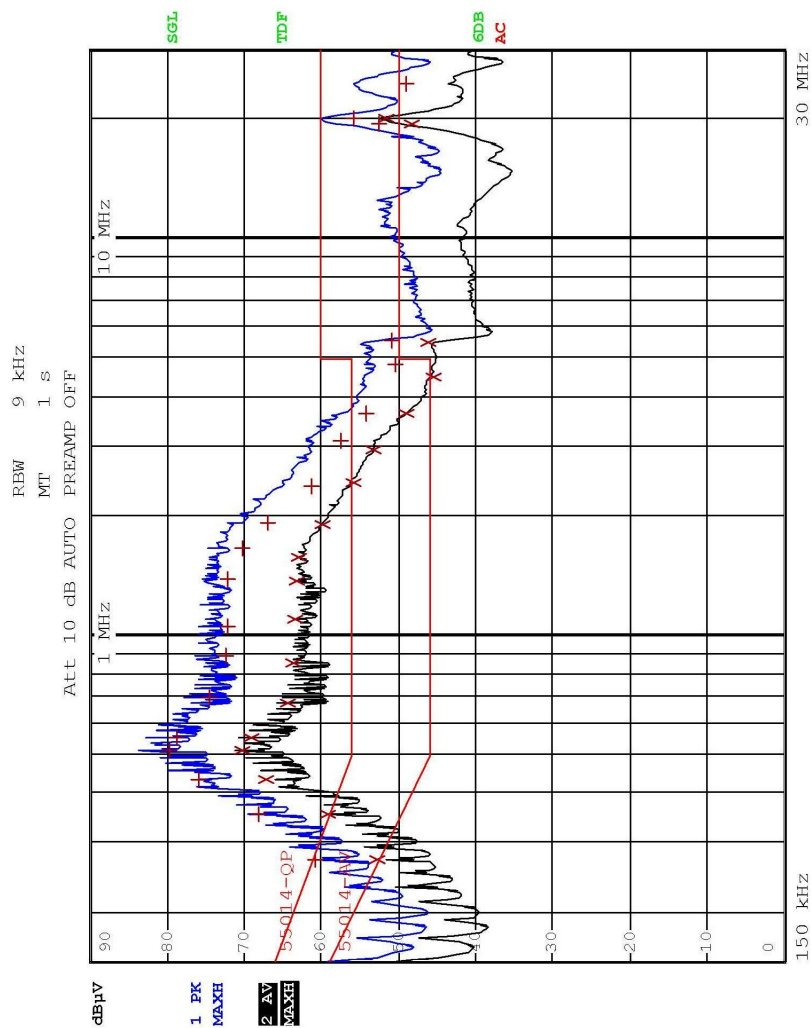


Figura 3.9: Unità terminale

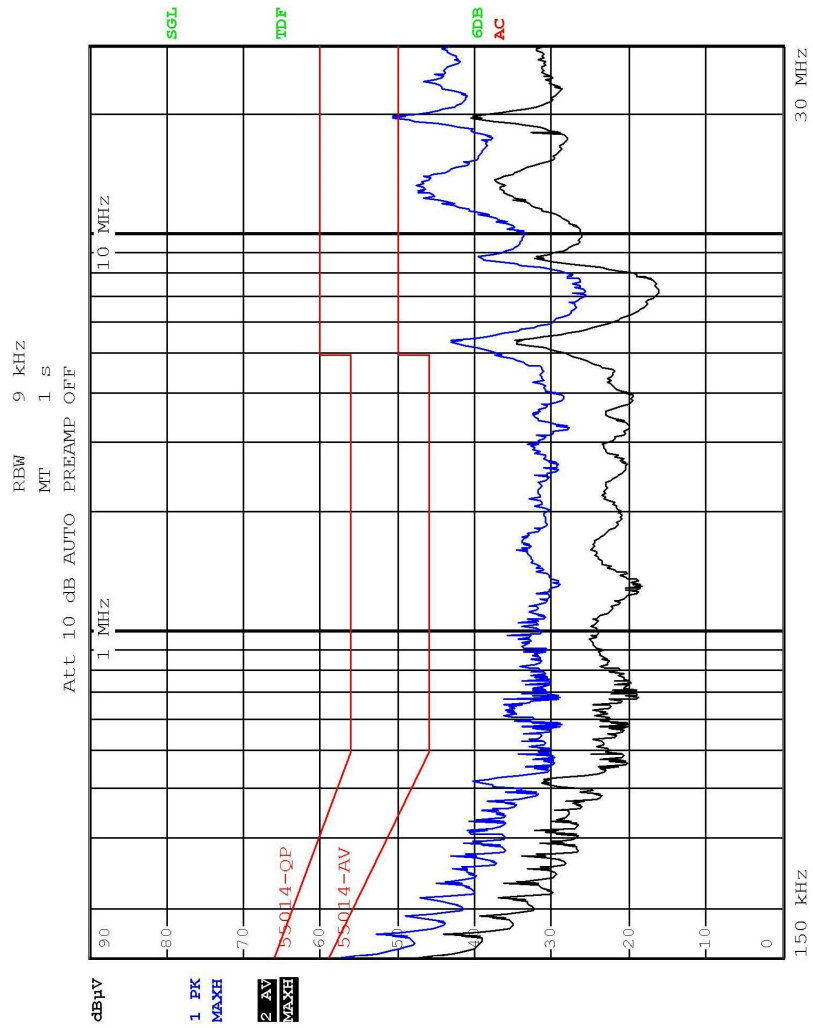


Figura 3.10: Unità terminale

## 6 Alimentatore 24Vdc

Il prodotto in questione era un alimentatore alimentato a 230 V monofase, la cui uscita forniva 24 V dc. La Fig. 3.11 mostra come il prodotto testato con un carico di 12,68  $\Omega$  non rispettasse i limiti di Classe B. Con l'aggiunta di un filtro Arcotronics FAH DA3100 e il medesimo carico, la misura, Fig. 3.12, risulta superata.

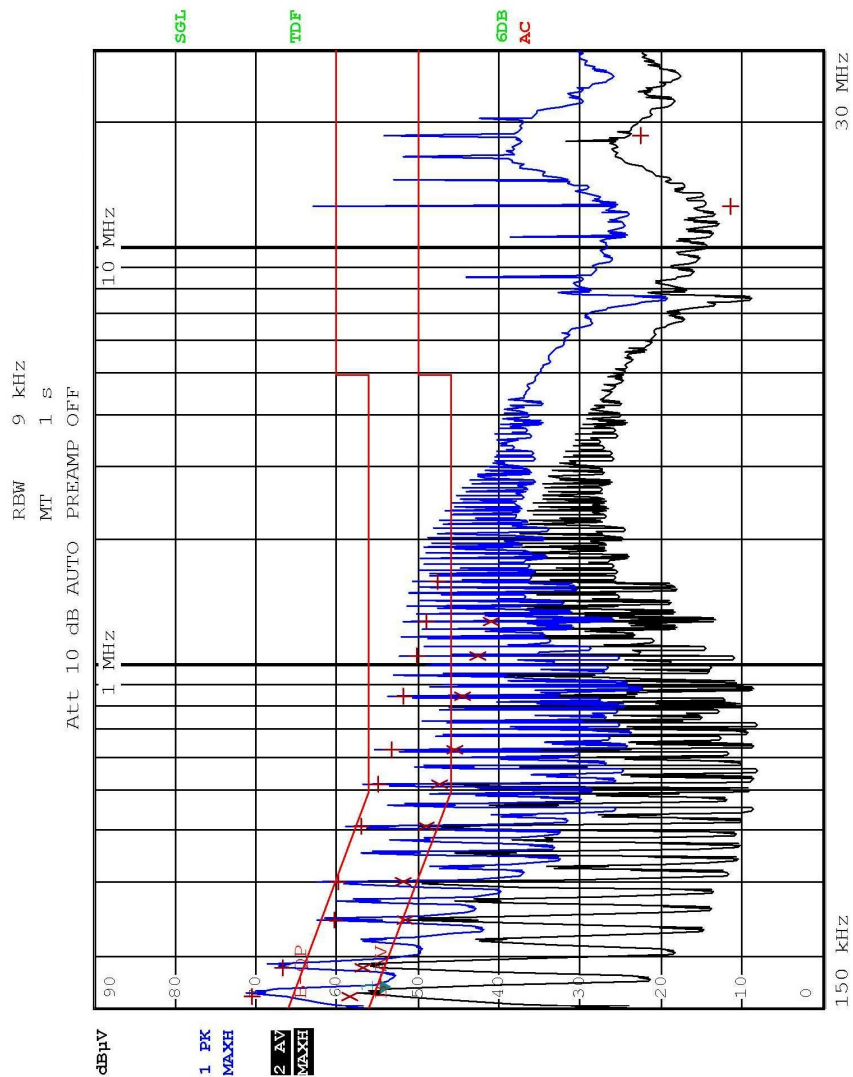


Figura 3.11: Alimentatore

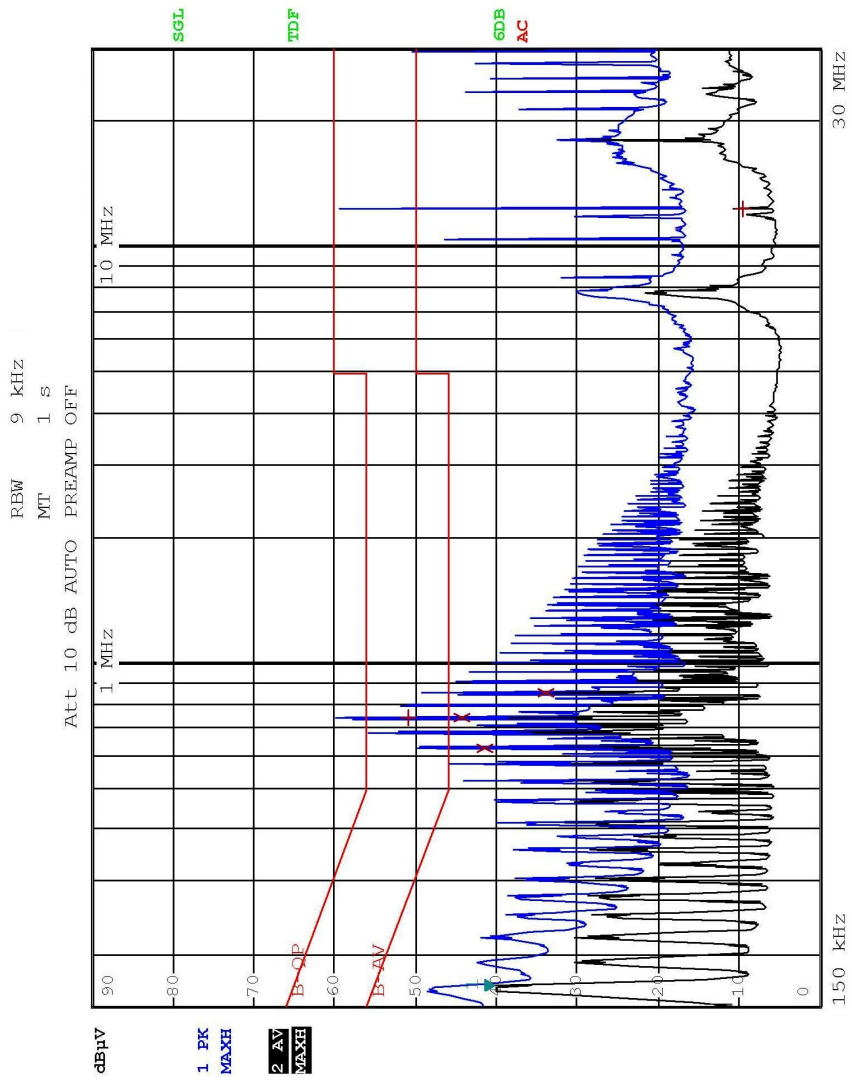


Figura 3.12: Alimentatore

## 7 Tapis Roulant

Il prodotto sotto test era un tapis roulant alimentato a 230 V monofase. La prima misura effettuata, Fig. 3.13, ha avuto esito negativo, infatti non rispettava i limiti di Classe B. L'aggiunta di una ferrite sul cavo di terra ha permesso di rientrare nei limiti, come mostrato in Fig. 3.14.

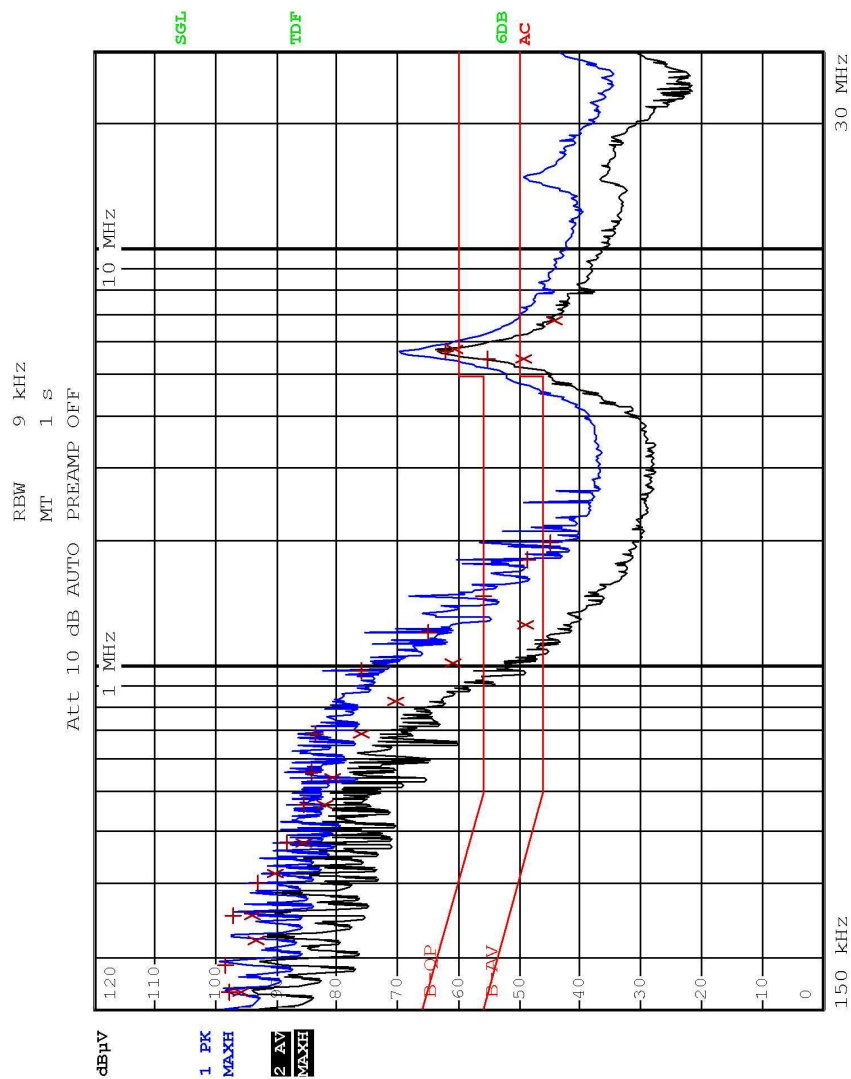


Figura 3.13: Tapis Roulant

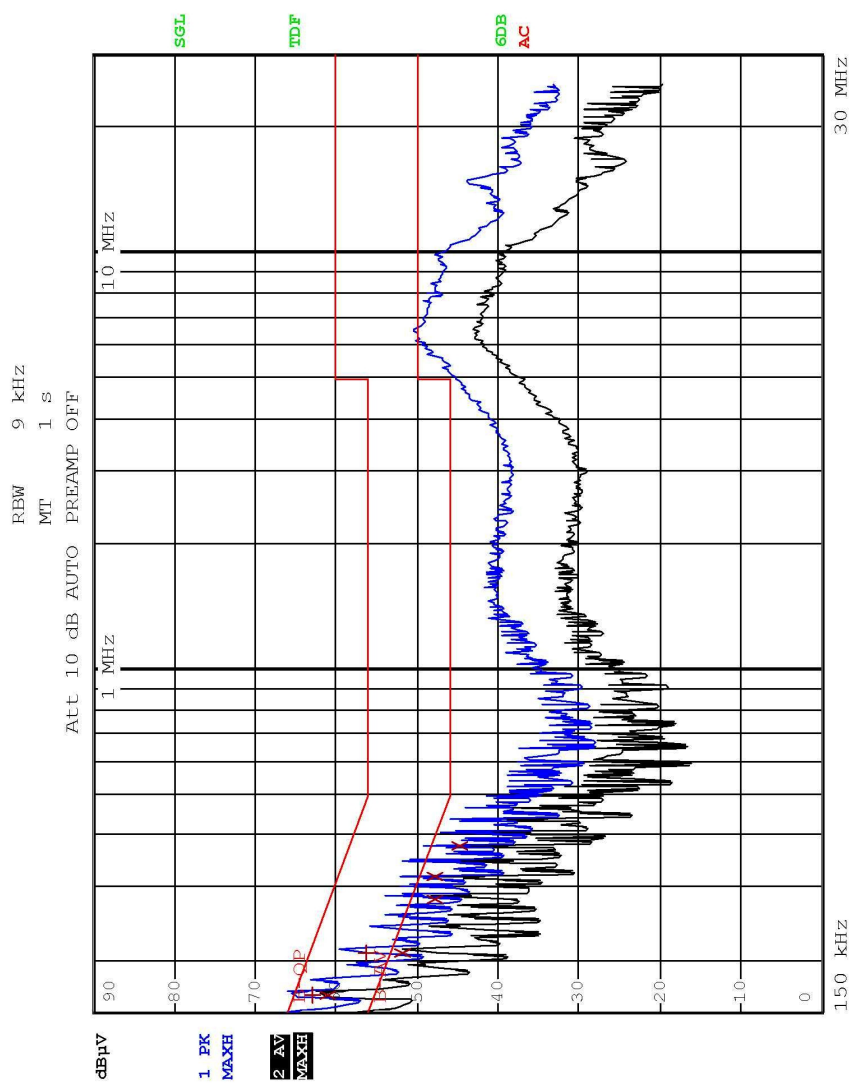


Figura 3.14: Tapis Roulant





# Appendice A

## Datasheet dei filtri usati

Nella seguente appendice sono inseriti i datasheet di due dei filtri usati per il superamento delle prove.

## **1 Filtro FIN1500**

Di seguito è stato inserito il datasheet del filtro FIN1500 usato nella Sez. 1 del Cap. 3 per il superamento della prova di misura di emissioni condotte.



# FIN1500 / FIN1500HV - FILTRI TRIFASE

3-Phase Filters



CARATTERISTICHE ELETTRICHE / Electric characteristics	1500	1500 HV
Tensione Nominale - Nominal Voltage	0/480	0/600 V <sub>AC</sub> - 50/60 Hz
Tensione di prova fase/fase - Phase to phase test voltage	2200	2700 V <sub>DC</sub> (2 s)
Tensione di prova fase/terra - Phase to ground test voltage	2900	3200 V <sub>AC</sub> - 50Hz (2 s)
Categoria climatica - Climatic class	-25 / +85 °C	



UL1283 Fino a 1500 A  
CSA C22.2 Up to 1500 A

\* S.C.C.R. In according to UL508

FIN1500 FIN1500HV	Rated current 40°C	Σ Cx (μF) ± 5%	Cy1 (nF) ± 5%	L1 (mH) ± 10%	L2 (μH) ± 10%	S.C.C.R.* (kA)	Max Fuse (200kA RK5 TD)	Pot diss (W) Pow loss (W)
.005.V	5	6,6	470	7	4	5*	10A 600 Vac	5
.010.V	10	6,6	470	5	4	5*	15A 600 Vac	7
.016.V	16	60	470	2	4	5*	45A 600 Vac	14
.030.V	30	60	470	2	4	5*	50A 600 Vac	11
.050.V	50	60	470	2	4	5*	100A 600 Vac	10
.080.V	80	60	470	1,8	4	5*	175A 600 Vac	35
.100.V	110	60	470	1,5	4	5*	125A 600 Vac	42
.150.V	150	60	470	1,3	2	10*	175A 600 Vac	74
.200.V	200	60	470	0,9	2	-	250A**	90
.280.V	280	60	470	0,8	2	-	350A**	80
.280.B	280	60	470	0,8	2	-	350A**	78
.360.B	360	60	470	0,35	2	-	**	152
.500.B	500	60	470	0,35	2	-	**	196
.750.B	750	60	470	0,23	1	-	**	98
.1000.B	1000	60	470	0,22	1	-	**	101
.1250.B	1250	60	470	0,21	1	-	**	105
.1500.B	1500	60	470	0,20	1	-	**	120
.1750.B	1750	60	470	0,20	1	-	-	130
.2000.B	2000	60	470	0,18	1	-	-	140

Corrente di fuga totale a 230 V fase verso terra a 50 Hz / 40°C  
Total leakage current at 230 V phase to ground 50 Hz / 40°C

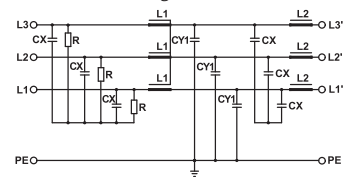
Nominale/Nominal <35mA

Condizione peggiore/Worst condition <105mA

\*\*Max 10kA should be provided by branch circuit fuse or a circuit breaker that clears the overcurrent fault within 3 cycles

## SCHEMA ELETTRICO FIN1500

FIN1500 Electric diagram

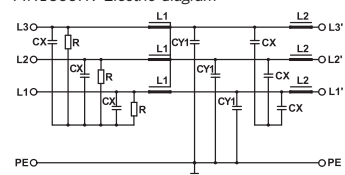


Rete - Line

Carico - Load

## SCHEMA ELETTRICO FIN1500HV

FIN1500HV Electric diagram

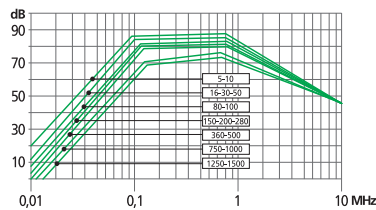


Rete - Line

Carico - Load

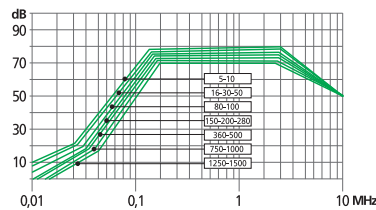
## ATTENUAZIONE DI MODO COMUNE

Common Mode Attenuation



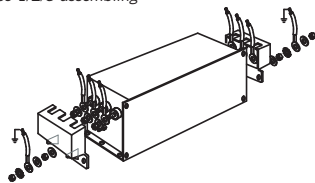
## ATTENUAZIONE DI MODO DIFFERENZIALE

Differential Mode Attenuation



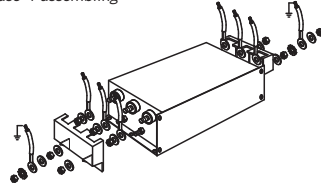
## ASSEMBLAGGIO CUSTODIA 1/2/3

Case 1/2/3 assembling



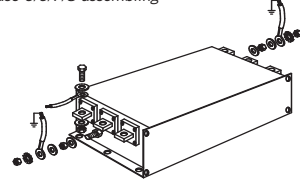
## ASSEMBLAGGIO CUSTODIA 4

Case 4 assembling



## ASSEMBLAGGIO CUSTODIA 5/6/7/8

Case 5/6/7/8 assembling





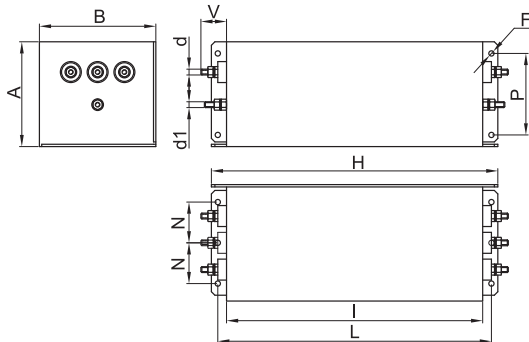
## FIN1200 / FIN1200HV / FIN1500 / FIN1500HV

**DIMENSIONI MECCANICHE (mm) / Mechanical dimensions (mm)**

FIN1200 / FIN1200HV FIN1500 / FIN1500HV	A	B	d (ø)	d1	d2	d3	V	F	H	I	L	N	P	Peso Kg Weight Kg	Custodia Case
.005.V/.010.V	58	86	M4	M 4	—	—	14	4,5	186	160	176	30	40	1,7	1
.016.V/.030.V	90	100	M5	M 5	—	—	20,5	4,5	246	220	235	35	70	3,6-3,8	2
.050.V	90	100	M6	M 5	—	—	28	4,5	246	220	235	35	70	4,1	2
.080.V/.100.V	90	185	M8	M 8	—	—	25	6,5	356	320	340	77,5	70	11,7	3
.150.V/.200.V	90	220	M10	M 10	M 10	—	29	6,5	356	320	340	95	70	14,4-15,8	4
.280.V	90	220	M12	M 12	M 10	—	30	6,5	356	320	340	95	70	16,1	4
.280.B	90	220	8,5	M 12	10	25	42	6,5	356	320	340	95	70	16,9	5
.360.B	130	230	8,5	M 10	10	25	42	6,5	420	380	400	100	100	24,7	5
.500.B	130	230	10,5	M 10	15	30	48	6,5	510	450	480	100	100	30,5	6
.750.B	160	250	13,5	M 12	20	40	94	8,5	510	450	480	100	110	31	7
.1000.B	180	350	13,5	M 12	20	60	97	8,5	610	550	580	150	130	59	8
.1250.B	180	350	13,5	M 12	20	60	97	8,5	610	550	580	150	130	59	8
.1500.B	180	350	13,5	M 12	20	60	97	8,5	610	550	580	150	130	59	8
.1750.B	180	350	13,5	M 12	20	60	97	8,5	610	550	580	150	130	59	8
.2000.B	180	350	13,5	M 12	20	60	97	8,5	610	550	580	150	130	59	8

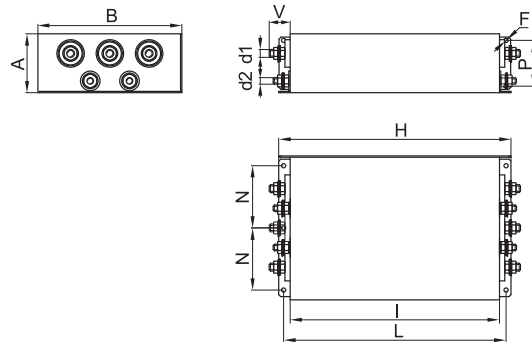
### CUSTODIA 1/2/3

Case 1/2/3



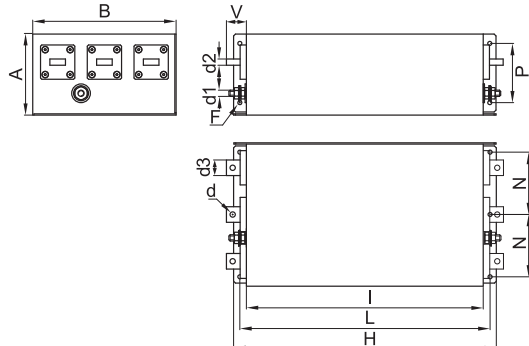
### CUSTODIA 4

Case 4



### CUSTODIA 5/6/7/8

Case 5/6/7/8



## **2 Filtro CORCOM**

Di seguito è stato inserito il datasheet del filtro CORCOM 25FCD10 usato nella Sez. 2 del Cap. 3 per il superamento della prova di misura di emissioni condotte.

**3-phase Delta External Power Line Filter for Frequency Converters**

## FCD Series



UL Recognized

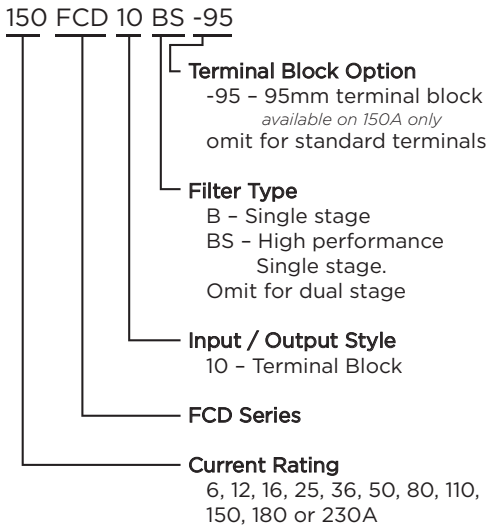


6FCD10

### FCD Series

- Suitable to meet the latest EMC standards
- Insulated safety terminals
- Suitable for EMC troubleshooting in the field
- Very high attenuation
- High insertion loss
- BS models optimized for very high insertion loss
- BS models suitable for infeed/regenerative (ER) applications
- Touch safe terminals provide easy connections and prevent inadvertent contact for safety in the most demanding applications

### Ordering Information



### Specifications

**Maximum leakage current**  
**voltage drop to virtual N to PE/V:**

6FCD10:	.26 mA/V
12 & 16FCD10:	.45 mA/V
25, 36 & 50FCD10:	.52 mA/V
12 & 16FCD10B:	.46 mA/V
25& 36FCD10B:	.52 mA/V
50FCD10B:	.57 mA/V
80 & 110FCD10B:	.62 mA/V
150FCD10B:	.63 mA/V
180 & 230FCD10B:	.92 mA/V
FCD10BS:	3.25 mA/V

**Hipot rating (one minute):**

Line to Ground:	2250 VDC
Line to Line:	1450 VDC

**Rated Voltage (max):**

Phase to Phase:	480 VAC
Phase to Neutral / Ground:	277 VAC

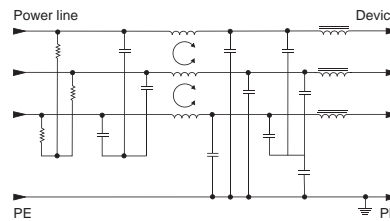
**Operating Frequency:** 50/60 Hz

**Rated Current:** 6 to 230A

**Operating Ambient Temperature Range**  
**(at rated current I<sub>r</sub>):** -10°C to +40°C  
In an ambient temperature (T<sub>a</sub>) higher than +40°C the maximum operating current (I<sub>O</sub>) is calculated as follows:  $I_O = I_r \sqrt{(85-T_a)/45}$

### Electrical Schematics

#### 6FCD10

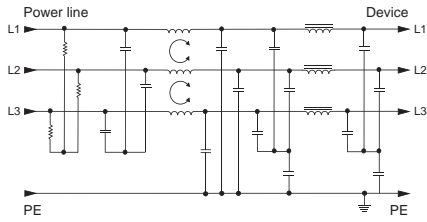


**3-phase Delta External Filter for Frequency Converters** *(continued)*

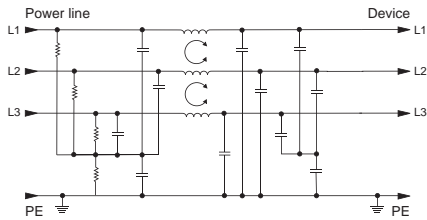
## FCD Series

### Electrical Schematics *(continued)*

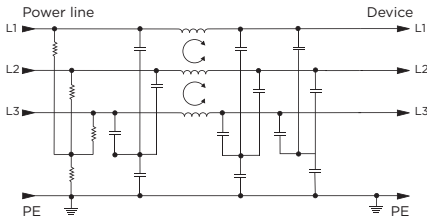
#### 12 to 50A FCD10



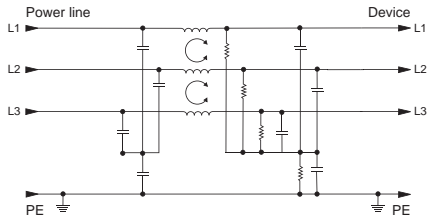
#### 12 to 50A FCD10B



#### 80 to 230A FCD10B



#### FCD10BS

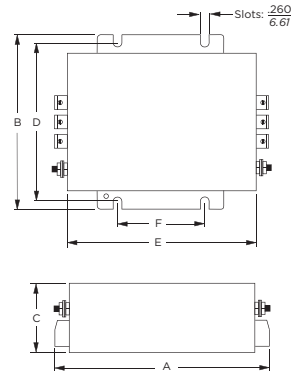


### Available Part Numbers

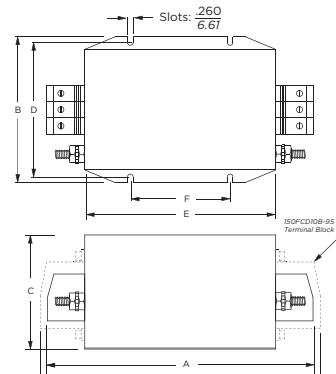
6FCD10	12FCD10B	50FCD10BS
12FCD10	16FCD10B	80FCD10BS
16FCD10	25FCD10B	110FCD10BS
25FCD10	36FCD10B	150FCD10BS
36FCD10	50FCD10B	150FCD10BS-95
50FCD10	80FCD10B	180FCD10BS
	110FCD10B	230FCD10BS
	150FCD10B	
	150FCD10B-95	
	180FCD10B	
	230FCD10B	

### Case Styles

#### 6 to 50A FCD10 & FCD10B



#### 80 to 150A FCD10B 50 to 150A FCD10BS



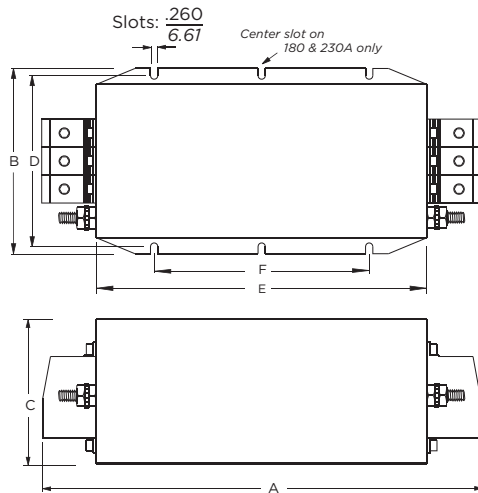
Dimensions are in inches and millimeters unless otherwise specified. Values in italics are metric equivalents. Dimensions are shown for reference purposes only. Specifications subject to change.

For email, phone or live chat, please go to [te.com/help](http://te.com/help)  
[corcom.com](http://corcom.com)

**3-phase Delta External Filter for Frequency Converters** *(continued)*

## FCD Series

### Case Styles *(continued)* 180 to 230FCD10B\BS



#### Terminals

Part No.	Terminal	Size	Torque max. lbf-in [N-m]
6FCD10	Ground	8-32	20.7 [2.34]
	Line/Load	4mm <sup>2</sup> terminal block	7.08 [0.8]
12FCD10/10B 16FCD10/10B	Ground	M5	26.58 [3.0]
	Line/Load	4mm <sup>2</sup> terminal block	7.08 [0.8]
25FCD10/10B 36FCD10/10B	Ground	M5	26.58 [3.0]
	Line/Load	6mm <sup>2</sup> terminal block	15.93 [1.8]
50FCD10/10B	Ground	M5	26.58 [3.0]
	Line/Load	10mm <sup>2</sup> terminal block	15.93 [1.8]
50FCD10BS	Ground	M10	88.5 [10.0]
	Line/Load	16mm <sup>2</sup> terminal block	20.36 [2.3]
80 to 150FCD10B 80 to 150FCD10BS	Ground	M10	88.5 [10.0]
	Line/Load	50mm <sup>2</sup> terminal block	70.80 [8.0]
150FCD10B/BS-95	Ground	M10	88.5 [10.0]
180FCD10B/BS 230FCD10B/BS	Line/Load	95mm <sup>2</sup> terminal block	177.0 [20.0]

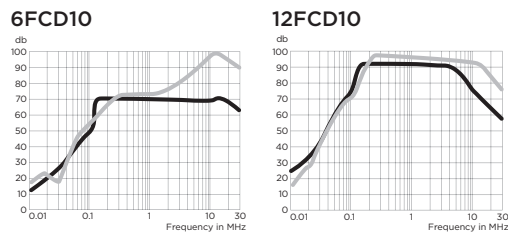
#### Case Dimensions

Part No.	A (max.)	B (max.)	C (max.)	D $\frac{\pm .02}{\pm .5}$	E (max.)	F $\frac{\pm .02}{\pm .5}$
6FCD10	6.18	4.33	2.32	3.74	5.16	2.76
12FCD10/10B 16FCD10/10B	6.97	5.51	2.56	4.92	5.94	2.76
25FCD10/10B 36FCD10/10B 50FCD10/10B	9.69	6.26	2.52	5.71	8.43	4.53
50FCD10BS	11.41	6.61	3.54	6.10	8.70	4.53
80FCD10B/BS 110FCD10B/BS 150FCD10B/BS	12.09	6.61	5.55	6.10	8.70	4.53
150FCD10B-95 150FCD10BS-95	12.6	6.61	5.55	6.10	8.70	4.53
180FCD10B/BS 230FCD10B/BS	15.71	6.61	5.55	6.10	11.81	6.50

#### Performance Data

##### Typical Insertion Loss

Measured in closed 50 Ohm system



— Common Mode / Asymmetrical (L-G)  
— Differential Mode / Symmetrical (L-L)



**3-phase Delta External Filter for Frequency Converters** *(continued)*

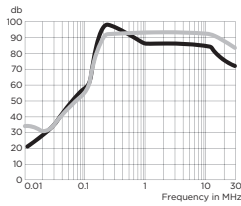
## FCD Series

### Performance Data *(continued)*

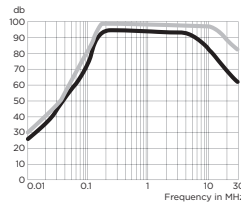
#### Typical Insertion Loss *(continued)*

Measured in closed 50 Ohm system

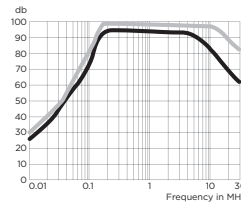
**16FCD10**



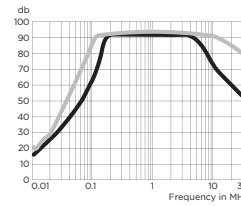
**25FCD10**



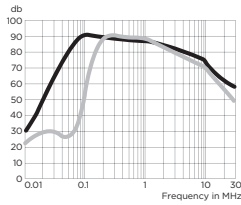
**36FCD10**



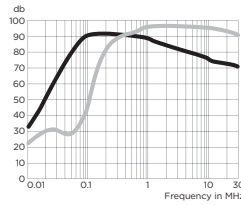
**50FCD10**



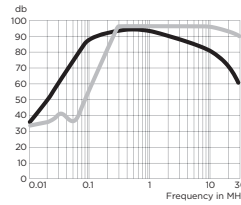
**12FCD10B**



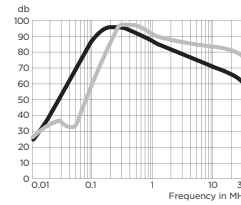
**16FCD10B**



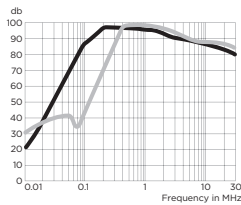
**25FCD10B**



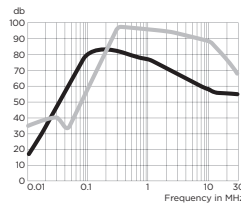
**36FCD10B**



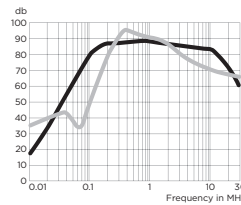
**50FCD10B**



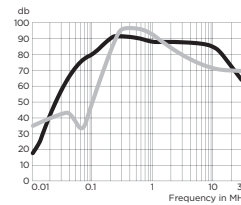
**80FCD10B**



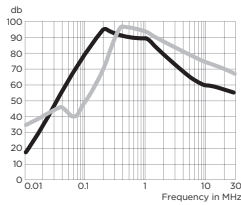
**110FCD10B**



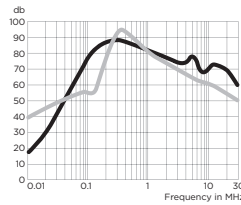
**150FCD10B**



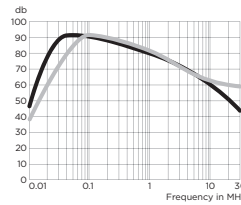
**180FCD10B**



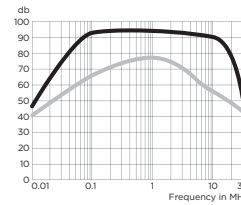
**230FCD10B**



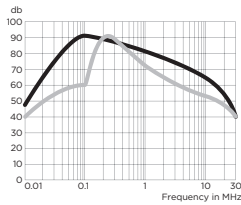
**50/80/110FCD10BS**



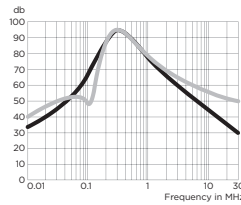
**150FCD10BS**



**180FCD10BS**



**230FCD10BS**



— Common Mode / Asymmetrical (L-G)  
— Differential Mode / Symmetrical (L-L)

Dimensions are in inches and millimeters unless otherwise specified. Values in italics are metric equivalents. Dimensions are shown for reference purposes only. Specifications subject to change.

For email, phone or live chat, please go to [te.com/help](http://te.com/help) or [corcom.com](http://corcom.com)

**3-phase Delta External Filter for Frequency Converters** *(continued)*

## FCD Series

### Performance Data *(continued)*

#### Minimum Insertion Loss

Measured in closed 50 Ohm system

Common Mode / Asymmetrical (Line to Ground)

Part No.	Frequency –MHz								
	.01	.03	.05	.1	.5	1	5	10	30
6FCD10	2	14	23	39	56	52	48	45	33
12 & 16FCD10	13	30	36	45	75	75	52	45	35
25FCD10	13	30	36	45	75	75	52	45	35
36FCD10	9	26	32	40	75	75	52	45	35
50FCD10	9	26	32	40	75	75	52	45	35
12FCD10B	18	45	59	75	73	65	49	47	26
16FCD10B	18	45	59	75	73	65	49	47	26
25FCD10B	18	45	60	49	83	75	58	56	28
36FCD10B	8	38	52	70	77	70	54	50	47
50FCD10B	3	34	49	67	76	70	59	58	37
80FCD10B	2	35	49	67	74	67	59	58	27
110FCD10B	2	35	49	66	72	65	59	58	18
150FCD10B	1	36	50	66	69	63	59	58	9
180FCD10B	-	36	50	66	67	60	59	58	-
230FCD10B	-	25	40	58	73	66	58	52	21
50FCD10BS	40	66	70	69	65	60	53	51	24
80FCD10BS	35	63	67	66	63	58	52	49	23
110FCD10BS	30	61	69	69	66	60	53	53	25
150FCD10BS	32	61	67	67	62	56	48	46	16
180FCD10BS	30	60	65	65	61	55	47	46	16
230FCD10BS	27	58	62	63	59	54	46	45	15

Differential Mode / Symmetrical (Line to Line)

Part No.	Frequency –MHz								
	.01	.03	.05	.1	.5	1	5	10	30
6FCD10	9	8	24	40	62	57	50	48	38
12 & 16FCD10	9	13	24	55	75	75	75	65	60
25FCD10	9	13	26	55	75	75	75	65	60
36FCD10	9	13	26	46	75	75	75	65	60
50FCD10	9	13	26	46	75	75	75	65	60
12FCD10B	6	13	9	37	90	86	74	78	34
16FCD10B	6	13	9	37	60	86	74	78	34
25FCD10B	10	16	12	41	89	87	69	86	43
36FCD10B	17	24	24	38	87	81	63	66	24
50FCD10B	15	24	27	21	88	74	51	69	52
80FCD10B	17	25	28	23	87	71	50	62	45
110FCD10B	18	27	30	25	86	69	49	56	39
150FCD10B	19	28	31	28	85	66	49	49	32
180FCD10B	21	29	33	30	84	63	48	43	26
230FCD10B	22	31	35	36	78	60	46	41	26
50FCD10BS	25	31	26	59	73	64	50	45	19
80FCD10BS	25	31	26	59	73	64	50	45	19
110FCD10BS	24	31	24	55	72	65	51	46	26
150FCD10BS	25	33	32	51	71	61	47	42	22
180FCD10BS	25	33	32	51	71	61	47	42	22
230FCD10BS	25	33	32	51	71	61	47	42	22