

# **Criteri di utilizzazione dei Filtri Elettrici Antidisturbo per Macchine e Impianti Industriali in Bassa Tensione**

**L**a Direttiva Europea 2004/108/CE, obbliga i costruttori di macchine e di apparecchiature elettriche o elettroniche a verificare che i propri prodotti non emettano disturbi di livello superiore ai limiti consentiti e che siano immuni a specificati limiti dei disturbi provenienti dall'ambiente circostante.

Nelle presenti note vengono riportate le principali definizioni relative ai disturbi, la loro classificazione e infine alcuni criteri basilari di utilizzazione dei filtri antidisturbo per impianti e macchine in bassa tensione (< 1000 V).

## 1. Definizioni

### 1.1 Disturbo elettromagnetico

Fenomeno elettromagnetico che può degradare le caratteristiche di un dispositivo, apparecchiatura o sistema allo stato di alimentato o inerte.

### 1.2 Compatibilità elettromagnetica (EMC)

Capacità di un dispositivo, apparecchiatura o sistema di funzionare correttamente nel proprio ambiente senza provocare in esso intollerabili disturbi elettromagnetici. La Compatibilità Elettromagnetica (EMC) investe i due importanti aspetti (emissione e immunità) di seguito descritti.

#### 1.2.1 Emissione elettromagnetica

Fenomeno mediante il quale l'energia elettromagnetica viene emessa da una sorgente: un dispositivo, apparecchiatura o sistema non deve emettere segnali elettromagnetici indesiderati di livello tale da inquinare l'ambiente circostante oltre il limite consentito dalla Direttiva Europea EMC 2004/108/CE (**fig. 1**).

# *Application Criteria Relevant to RFI (EMC) Disturbance Suppressing Electric Filters for Low Voltage Machines and Installations*

**T**he European Directive 2004/108/EC, obliges the manufacturers of industrial machine tools and electric and electronic equipment to comply with the standard Electromagnetic Compatibility (EMC) emission and immunity levels.

This report refers the definitions and the classification relevant to electromagnetic disturbances and the basic application criteria of RFI (EMC) Low Voltage (< 1000 V) disturbance suppressing filters.

## 1. Definitions

### 1.1 Electromagnetic interference

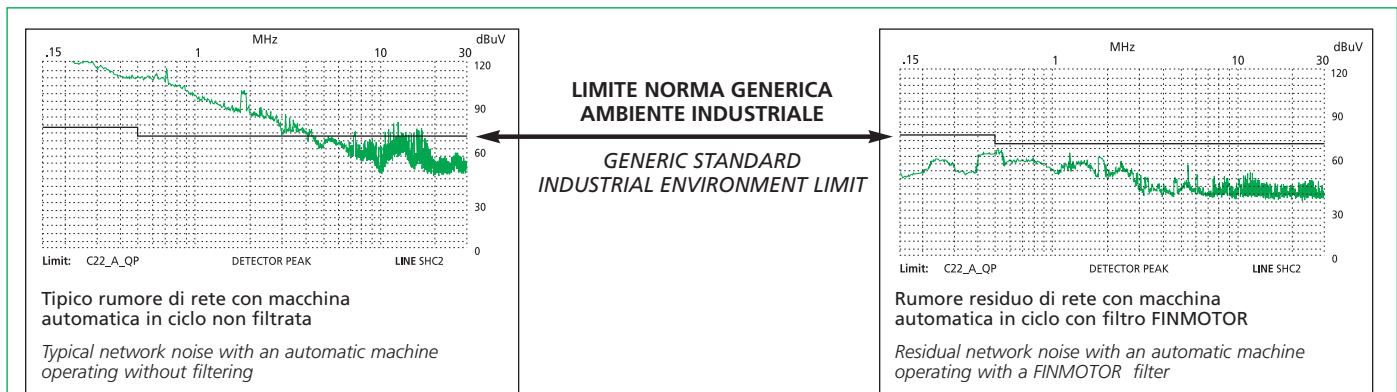
Electromagnetic phenomenon that can degrade the functional characteristics of an electronic energised or not energised equipment or system.

### 1.2 Electromagnetic Compatibility (EMC)

Electromagnetic Compatibility (EMC) commonly refers to the ability of equipment or system to satisfactory operate in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic interference (EMI) to anything in that environment. The Electromagnetic Compatibility (EMC) includes two important aspects (emission and immunity) below described.

#### 1.2.1 Electromagnetic Emission

Phenomenon by which the electromagnetic energy is emitted from a source: a device, a machine or a system shall not emit undesirable electromagnetic interference of higher level that those allowed by the European EMC Framework 2004/108/EC (**see figure 1**).



**Fig. 1: Esempio di comportamento di una macchina automatica in ciclo non filtrata (a sinistra) e filtrata (a destra).**

*Figure 1: Example of typical disturbances generated by an automatic machine operating not filtered (left) and filtered (right).*

### 1.2.2 Immunità (ai disturbi)

Capacità di un dispositivo, apparecchiatura o sistema di operare correttamente, in presenza di disturbi elettromagnetici di livello specificato dalle Norme, senza degradare le proprie caratteristiche funzionali.

## 2. Classificazione generale dei disturbi

### 2.1 Disturbi condotti e irradiati

I disturbi vengono tipicamente classificati in due importanti categorie:

- a) *disturbi condotti*, sono segnali indesiderati che si presentano sotto forma di tensioni e correnti che entrano o escono dal dispositivo considerato tramite i conduttori elettrici, di segnale e/o di alimentazione, ad esso collegati;
- b) *disturbi irradiati*, sono segnali indesiderati presenti sotto forma di campo elettromagnetico nello spazio. Ogni circuito elettrico o elettronico si comporta come un'antenna; pertanto quando è immerso in un campo elettromagnetico in esso si induce una tensione di disturbo mentre invece se è percorso da una corrente variabile esso genera un campo elettromagnetico.

Come sopra indicato una qualunque corrente variabile che circola in un conduttore elettrico comporta la creazione di un campo elettromagnetico nello spazio circostante e analogamente un qualsiasi campo elettromagnetico induce nel conduttore prossimo un segnale elettrico; se ne deduce che la distinzione tra i disturbi irradiati e quelli condotti è eminentemente di natura pratica. La suddetta distinzione consente tuttavia una migliore classificazione dei segnali indesiderati; quest'ultimi alle frequenze più basse risultano prevalentemente di tipo condotto mentre alle frequenze elevate possono essere rilevati solo con l'ausilio di antenne e risultano quindi principalmente di tipo irradiato.

### 2.2 Disturbi di Modo Comune e di Modo Differenziale

#### 2.2.1 Disturbo di Modo Comune

Si definisce *disturbo di modo comune* un segnale indesiderato misurato in un punto prestabilito tra l'insieme dei conduttori di un circuito elettrico e un riferimento comune arbitrario, solitamente la terra (**fig. 2**).

#### 2.2.2 Disturbo di Modo Differenziale

Si definisce *disturbo di modo differenziale* un segnale indesiderato misurato, in un punto prestabilito, tra due conduttori appartenenti allo stesso circuito elettrico (**fig. 3**).

### 1.2.2 Immunity (to interferences)

Capability of an equipment, machine or system to correctly operate, when affected by the electromagnetic interferences, without degrade their functional characteristics.

## 2. General classification of interferences

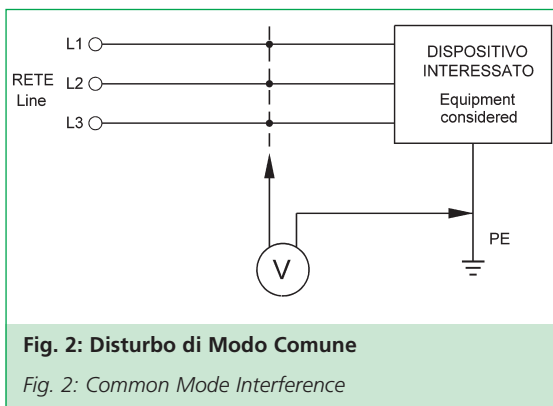
### 2.1 Conducted and radiated interferences

Interferences can be classified as follows:

- a) *conducted interferences*, are the undesirable voltages or currents signals that enter or exit from a specific device through its own signaling or energising electric conductors.
- b) *radiated interferences*, are the undesirable signals present as an electromagnetic field in the space. Every electric or electronic circuit acts like an aerial; therefore when it is dipped in an electromagnetic field this induce an interference voltage in it while when it is crossed by a variable current it generates an electromagnetic field.

Making reference to the above classification, each variable current flowing in an electric conductor creates an electromagnetic field in the surrounding environment and similarly each electromagnetic field induces an electric signal in a close conductor. Therefore, the distinction between radiated and conducted interferences is mainly due to practical motivations.

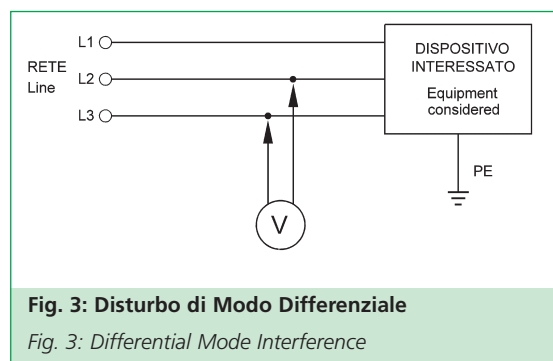
It is pointed out that the above distinction allow to classify better the undesirable signals, which at lower frequencies are mainly conducted disturbances while at higher frequencies can be detected only using aerials and therefore are mainly radiated disturbances.



### 2.2 Common Mode and Differential Mode Interferences

#### 2.2.1 Common Mode Interference

A common mode interference is an undesirable signal as measured between all conductors of an electric circuit connected together and a common reference, usually the earth (**see figure 2**).



#### 2.2.2 Differential Mode Interference

The differential mode interference is an undesirable signal as measured between two independent conductors of the same electrical circuit (**see figure 3**).

### 2.3 Tipi di disturbi esistenti in natura

#### 2.3.1 Classificazione dei fenomeni elettromagnetici

I fenomeni elettromagnetici possono essere classificati con riferimento alle seguenti caratteristiche:

- campo di frequenza*: seppure la frequenza dei disturbi più significativi sia compresa tra qualche decina di kHz e alcune centinaia di MHz, il limite superiore del campo di frequenza dei possibili disturbi risulta dell'ordine dei 400 GHz;
- caratteristiche fisiche del disturbo*: sorgenti, effetti, metodo di misura e prova; vengono solitamente classificati due tipo di disturbo:
  - di bassa frequenza ( $f \leq 150$  kHz);
  - di alta frequenza ( $f > 150$  kHz).
- tipo del fenomeno che origina il disturbo* (origine condotta, irradiata, scarica elettrostatica, ecc.).

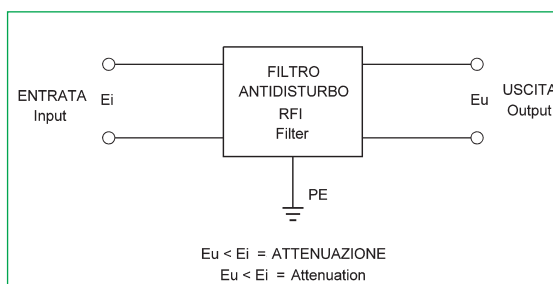
#### 2.3.2 Classificazione dei disturbi

- Disturbi condotti dovuti a fenomeni a bassa frequenza*:
  - armoniche e sub-armoniche della frequenza di rete a 50/60 Hz;
  - sistemi di segnalazione vari;
  - fluttuazioni, buchi e interruzioni di tensione;
  - squilibri di tensione;
  - variazioni della frequenza di rete 50/60 Hz;
  - tensioni indotte in bassa frequenza;
  - componente continua nella corrente alternata.
- Disturbi condotti dovuti a fenomeni ad alta frequenza*:
  - tensioni o correnti indotte (onde continue o modulate);
  - transitori unidirezionali (singoli o ripetitivi: burst);
  - transitori oscillatori (singoli o ripetitivi).
- Disturbi irradiati dovuti a fenomeni a bassa frequenza*:
  - campi magnetici (transitori o continui);
  - campi elettrici.
- Disturbi irradiati dovuti a fenomeni ad alta frequenza*:
  - campi magnetici;
  - campi elettrici;
  - campi elettromagnetici (transitori, ad onda continua o modulata).
- Disturbi dovuti a scariche elettrostatiche*:
  - scarica elettrostatica.

### 3. Dispositivi per la riduzione dei disturbi: filtri antidisturbo

I dispositivi in grado di determinare la riduzione dei disturbi elettromagnetici (condotti e/o irradiati) vengono denominati filtri. In una prima analisi, i filtri possono essere rappresentati mediante un quadripolo del tipo rappresentato in **figura 4**.

I filtri sono per loro natura dispositivi bidirezionali, pertanto determinano la riduzione dei segnali indesiderati rilevabili tra i morsetti d'uscita rispetto a quelli che si presentano tra i loro morsetti d'ingresso o viceversa; essi quindi da un lato aumentano l'immunità ai disturbi di un'apparecchiatura collegata a valle del loro punto d'installazione e nello stesso tempo riducono il livello dei disturbi eventualmente emessi dalla suddetta apparecchiatura.



**Fig. 4: Rappresentazione di un filtro antidisturbo mediante un quadripolo**

Fig. 4: Typical representation of a RFI Filter

### 2.3 Interferences recognisable in nature

#### 2.3.1 Classification of electromagnetic phenomena

The electromagnetic phenomena can be classified considering the following specific characteristics:

- frequency range*: the most significant interferences are characterised by a frequency range included from some kHz to some hundreds of MHz, but the upper limit of the frequency range of interferences is about 400 GHz;
- interference physical characteristics*: type of sources, effects, measuring methods and test; the interferences are usually classified as:
  - low frequency disturbances ( $f \leq 150$  kHz);
  - high frequency disturbances ( $f > 150$  kHz).
- Origin of interferences*: (conducted or radiated origins, electrostatic discharge, etc)

#### 2.3.2 Interferences classification

- Conducted interferences due to low frequency phenomena:
  - mains 50/60 Hz harmonics and sub-harmonics;
  - signalling systems;
  - voltage variations interruptions and dips;
  - voltage unbalances;
  - mains 50/60 Hz frequency variations;
  - low frequency induced voltages;
  - DC components in AC.
- Conducted interference due to high frequency phenomena:
  - induced voltages or currents (continuous or modulated waves);
  - unidirectional transients (single or repetitive: burst);
  - oscillatory transients (single or repetitive).
- Radiated interferences due to low frequency phenomena:
  - magnetic fields (transients or continuous);
  - electric fields.
- Radiated interferences due to high frequency phenomena:
  - magnetic fields;
  - electric fields;
  - electromagnetic fields (transients, continuous or modulated wave).
- Interferences due to electrostatic discharges:
  - electrostatic discharge.

### 3. Reduction of the Interference Levels: RFI (EMC) filters

The devices able to reduce the electromagnetic interferences (conducted and/or radiated) are called RFI (EMC) filters. A filter can be represented as shown in **figure 4** below.

The filters are bi-directional devices; therefore they produce the reduction of undesirable signals measured on their output terminals in comparison with those that appear on their input terminals or vice versa.

Due to their above bi-directional characteristics the filters are devices, able to reduce the level of emitted disturbances and also to increase the immunity level of a filtered equipment or system.

**3.1 Filtri attivi e filtri passivi**
**a) Filtri attivi**

Sono dispositivi basati principalmente sull'impiego di componenti attivi, quali circuiti operazionali, transistori, ecc.

**c) Filtri passivi**

Sono dispositivi basati sull'impiego di soli componenti passivi: resistenze, induttanze e capacità.

**3.2 Filtri monofasi e filtri trifasi**
**a) Filtri monofasi**

sono filtri previsti per l'utilizzazione nelle apparecchiature o impianti elettrici monofasi (**fig. 5**).

**b) Filtri trifasi**

Sono filtri previsti per l'utilizzazione nelle apparecchiature o impianti elettrici trifasi (**fig. 6**).

**3.3 Filtri mono-funzione e a doppia funzione**
**a) Filtri mono-funzione**

I filtri mono-funzione, per la loro conformazione tipica, sono filtri in grado di attenuare fortemente soprattutto i disturbi di modo comune.

Lo schema di principio del filtro mono-funzione FINMOTOR tipo FIN 538 è riportato in **figura 7**.

Questo tipo di filtro consente un livello massimo di attenuazione dei disturbi tipicamente non superiore a 70÷80 dB.

**b) Filtri a doppia funzione**

I filtri a doppia funzione sono filtri più complessi dei precedenti; essi consentono di attenuare fortemente sia i disturbi di modo comune sia quelli di modo differenziale, grazie proprio alla presenza dei due stadi filtranti.

Lo schema di principio del filtro a doppia funzione FINMOTOR tipo FIN 1500 è riportato in **figura 8**.

Questo tipo di filtro consente un livello massimo di attenuazione dei disturbi talvolta anche superiore a 90 dB.

**3.1 Active and passive filters**
**a) Active filters**

*Active filters are devices in which mainly active components are used.*

**c) Passive filters**

*Passive filters are devices in which only passive components, as resistances, inductances and capacitors, are used.*

**3.2 Single-phase and three-phase filters**
**a) Single-phase filters**

*These filters are suitable for application on single-phase equipment or electric installations (see **figure 5**).*

**b) Three phase filters**

*These filters are suitable for application on three phase equipment or electric installations (see **figure 6**).*

**3.3 Single and double function filters**
**a) Single function filters**

*The single function filters, because of their typical constitution, are RFI devices able to strongly attenuate only common mode interferences.*

*The schematic diagram of FINMOTOR single function filter type FIN 538 is shown in figure 7.*

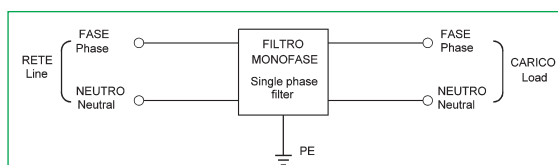
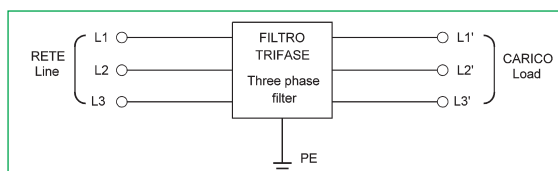
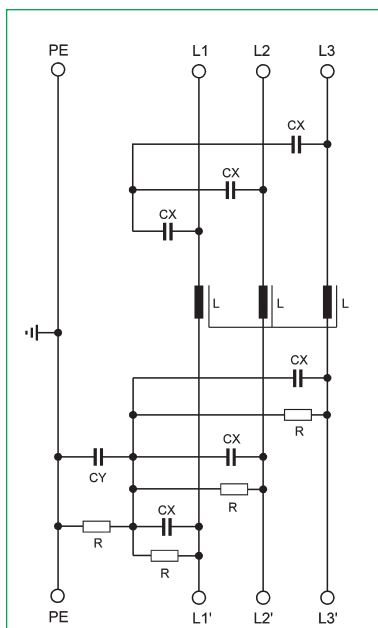
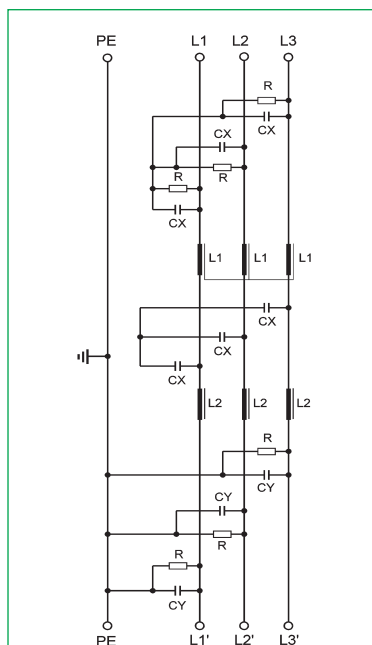
*This type of filter typically allows a maximum attenuation level of common mode interferences of about 70÷80 dB.*

**b) Double function filters**

*Double function filters are more complex devices than the above single function ones; they allow to strongly attenuate both common mode and differential mode interferences.*

*The schematic diagram of FINMOTOR double function filter type FIN 1500 is shown in **figure 8**.*

*This type of filter allows a maximum attenuation level of interferences sometimes also higher than 90 dB.*


**Fig. 5: Schematizzazione di un filtro monofase**
*Fig. 5: Schematic diagram of a single phase filter*

**Fig. 6: Schematizzazione di un filtro trifase**
*Fig. 6: Schematic diagram of a three phase filter*

**Fig. 7: Schema di principio del filtro mono-funzione FINMOTOR tipo FIN 538**
*Fig. 7: Schematic diagram of FINMOTOR single function filter type FIN 538*

**Fig. 8: Schema di principio del filtro a doppia funzione FINMOTOR tipo FIN 1500**
*Fig. 8: Schematic diagram of FINMOTOR double function filter type FIN 1500*

Sono filtri a doppia funzione i filtri trifasi FINMOTOR tipo FIN538S..., FIN538S1..., FIN1200..., FIN1500..., FIN1600..., FIN1700..., FIN 1900..., FIN 1740..., FIN1940... nonché i filtri monofasi tipo FIN 33, 35, 40, 50.

### 3.4 Filtri serie e filtri parallelo

#### a) Filtri serie

I filtri serie rappresentano i più diffusi filtri antidisturbo; essi vengono tipicamente collegati in serie tra il punto di alimentazione e il carico (macchina automatica, o impianto, ecc.).

Con tale tipo d'impiego le componenti induttive del filtro vengono percorse dalla totale corrente di carico, e devono essere pertanto dimensionate per sopportarla, mentre le componenti capacitive e resistive del filtro stesso sono collegate in parallelo all'alimentazione e assorbono pertanto correnti molto più basse (**fig. 9**).

Sono filtri serie i filtri trifasi FINMOTOR FIN 538, FIN 538S, FIN538S1, FIN1200, FIN1500, FIN1600, FIN1700, FIN 1900, FIN 3755, FIN 1240, FIN 1740, FIN 1740ESM, FIN1940 nonché i filtri monofasi tipo FIN 33, 35, 40, 50.

#### b) Filtri parallelo

I filtri parallelo sono dispositivi che in esercizio vengono collegati in parallelo alla rete di alimentazione; in essi pertanto tutte le componenti induttive, resistive e capacitive sono percorse solo da modeste correnti. Lo schema tipico di collegamento del filtro mono-funzione parallelo FINMOTOR tipo FIN 130SP, 230SP, 730, 735, 740 rappresentati in **figura 10**.

I filtri FIN 130SP, 230SP, 730, 735, 740 sono stati sviluppati da FINMOTOR allo scopo di aumentare il livello di attenuazione dei disturbi di frequenza più bassa, quella cioè compresa tra qualche kHz e qualche MHz, e di evitare danneggiamenti delle apparecchiature elettroniche di controllo e comando delle macchine automatiche a causa delle tensioni impulsive di breve durata ma di elevato valore.

Quest'ultima caratteristica è in particolare presente nel filtro (protezione) tipo FIN 230SP.

The FINMOTOR three phase filters type FIN538S..., FIN538S1..., FIN1200..., FIN1500..., FIN1600..., FIN1700..., FIN 1900..., FIN 1740..., FIN1940... and single phase filters type FIN 33, 35, 40, 50 are double function filters.

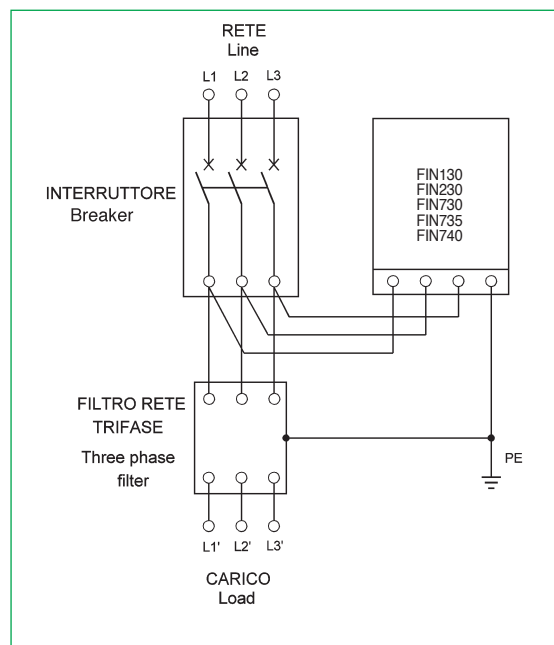
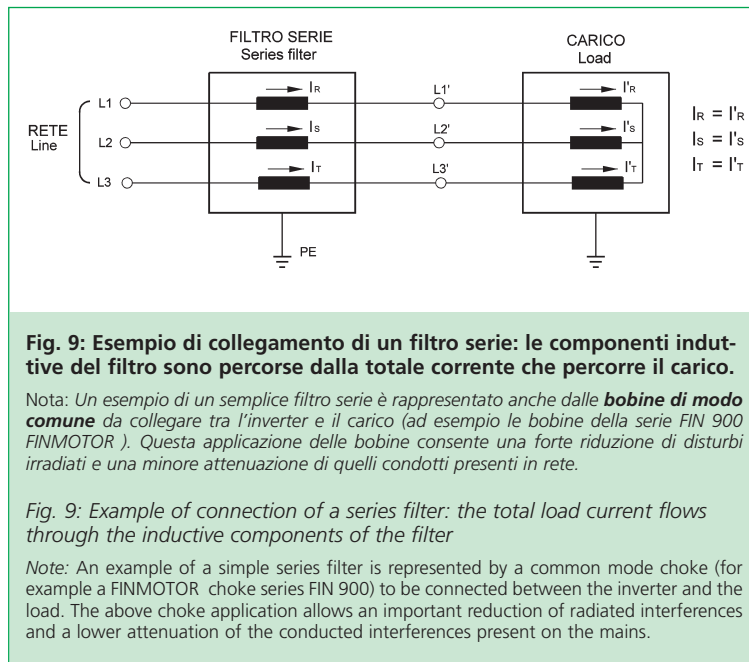
### 3.4 Series and parallel filters

#### a) Series filters

The series filters represent the most widespread RFI filters; they are typically connected in series between the energisation electric point and the load (machine tool electric installation, etc).

The total load current flows through the inductive components of a series filter and therefore it must be suitable to support it (see **figure 9**); the capacitive and resistive components of this filter are instead connected in parallel and therefore they absorb only a very low current from the mains.

The FINMOTOR three-phase filters type FIN 538, FIN 538S, FIN538S1, FIN1200, FIN1500, FIN1600, FIN1700, FIN 1900, FIN 3755, FIN 1240, FIN 1740, FIN 1740ESM, FIN1940 and single phase filters type FIN 33, 35, 40, 50 are series RFI filters.



#### b) Parallel filters

The parallel filters shall be connected in parallel to the mains; therefore their inductive, resistive and capacitive components absorb only a small current, independently of the level of load current. The typical application scheme of the single-function FINMOTOR FIN 130SP, 230SP, 730, 735, 740 parallel filters are shown in **figure 10**.

The FIN 130SP, 230SP, 730, 735, 740 parallel filters have been developed by FINMOTOR to increase the attenuation level for lower frequency interferences, and particularly those included in the range between some kHz and some MHz, and also to protect the electronic control devices of industrial automatic machines from short duration high voltage surges.

This last characteristic is in particular included in the filter FIN 230SP (surge protection).

#### 4. Situazione normativa

##### 4.1 Direttiva Europea EMC 2004/108/CE

A partire dal 1° gennaio 1996, in ottemperanza alla Direttiva Europea sulla Compatibilità Elettromagnetica (EMC) 2004/108/CE, ogni apparecchiatura o macchina (oppure impianto) che contenga componenti elettrici ed elettronici, che possono emettere disturbi o essere perturbati dai disturbi stessi, deve essere costruita in modo che, in condizioni di una corretta installazione e impiego, soddisfi a quanto segue:

- a) generi perturbazioni elettromagnetiche di livello inferiore a quello stabilito dalla suddetta Direttiva, in modo da consentire il corretto funzionamento delle apparecchiature (di comunicazione e/o di altro tipo) installate nell'ambiente circostante;
- b) presenti un sufficiente livello di immunità intrinseca contro le perturbazioni elettromagnetiche che le permetta di funzionare in modo conforme a quanto previsto.

##### 4.2 Normative di riferimento per le prove di emissione e immunità

Allo scopo di poter certificare che un'apparecchiatura o macchina (oppure impianto) risulti conforme alla Direttiva Europea EMC 2004/108/CE è necessario eseguire su di essa una completa serie di prove di Compatibilità Elettromagnetica, quali ad esempio:

###### a) Prove di emissione

Norma di riferimento	Tipo di prova EMC
EN 55014	Emissioni condotte
EN 55014	Potenza irradiata
EN 55014	Disturbi intermittenti (click)
EN 55011	Emissioni condotte
EN 55011	Emissioni irradiate
EN 55022	Emissioni condotte
EN 55022	Emissioni irradiate

###### b) Prove di immunità

Norma di riferimento	Tipo di prova EMC
EN 61000-4-2	Immunità alle scariche elettrostatiche
EN 61000-4-3	Immunità alla RF irradiata
EN 61000-4-4	Immunità ai transitori veloci (burst)
EN 61000-4-5	Immunità ai transitori ad alta energia (surge)
EN 61000-4-6	Immunità alla RF condotta
EN 61000-4-8	Immunità al campo magnetico a frequenza di rete
EN 61000-4-11	Immunità ai buchi e variazioni di tensione

#### 4. Normative references

##### 4.1 European EMC Framework (Directive) 2004/108/EC

Since 1st January 1996, in accordance to European Framework 2004/108/EC relevant to Electromagnetic Compatibility (EMC), each device or machine (or installation) containing electric and electronic components that can emit interferences or be disturbed by them shall:

- a) not generate electromagnetic disturbances of higher level than that established by the above mentioned Directive, in order to allow the correct operation of all equipment installed in the surrounding environment;
- b) to comply with the standard level of immunity, in order to avoid that the electromagnetic disturbances influence their behaviour in service.

##### 4.2 Normative references for the emission and immunity tests

In order to be able to certificate that a device, machine or installation complies with the European Directive EMC 2004/108/EC it is necessary to carry out a complete series of Electromagnetic Compatibility test, as below specified:

###### a) Emission test

Standard reference	Type of EMC test
EN 55014	Conducted emissions
EN 55014	Radiated power
EN 55014	Intermitted interference (click)
EN 55011	Conducted emissions
EN 55011	Radiated emissions
EN 55022	Conducted emissions
EN 55022	Radiated emissions

###### b) Immunity test

Standard reference	Type of EMC test
EN 61000-4-2	Electrostatic discharges immunity
EN 61000-4-3	Rf radiated immunity
EN 61000-4-4	Immunity to fast transients (burst)
EN 61000-4-5	Immunity to high energy transients (surge)
EN 61000-4-6	Conducted immunity
EN 61000-4-8	Power frequency magnetic field immunity
EN 61000-4-11	Immunity to voltage dips and variations

## 5. Classificazione degli ambienti industriali per quanto concerne il livello EMC

### 5.1 Generalità

Come indicato precedentemente, numerose sono le cause che determinano l'origine dei disturbi EMC.

Secondo un'ulteriore classificazione i disturbi elettromagnetici possono essere di origine interna o esterna al dispositivo, apparecchiatura o sistema considerato.

I disturbi di origine interna creano principalmente problemi di **emissione elettromagnetica**, mentre quelli di origine esterna comportano problemi di **immunità**.

Un filtro antidisturbo deve essere in grado di ridurre opportunamente sia i disturbi di origine interna sia quelli di origine esterna, in modo da risolvere complessivamente il problema della compatibilità elettromagnetica del dispositivo, apparecchiature o sistema considerato.

### 5.2 Classificazione degli ambienti EMC

Allo scopo di fornire delle indicazioni utili in merito alla scelta del filtro più adeguato all'applicazione specifica, è opportuno classificare gli ambienti a seconda del livello dei disturbi EMC in essi tipicamente rilevabili. Gli ambienti EMC possono essere di tipo:

- normale (basso livello di disturbi EMC);
- severo (medio livello dei disturbi EMC);
- molto severo (elevato livello dei disturbi EMC).

L'idoneità di una macchina industriale ad essere utilizzata in uno specificato ambiente EMC viene solitamente dichiarata dal costruttore oppure può essere verificata mediante le prove di emissione e di immunità citate al paragrafo 4.2.

## 6. Scelta del tipo di filtro FINMOTOR a seconda dell'ambiente EMC

### 6.1 Ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera

Filtri da proporre:

- *circuiti di alimentazione monofase*: filtro FIN 33, 35, 40,50;
- *circuiti di alimentazione trifase*: filtro a doppia funzione FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN1200, FIN1700, FIN1700E, FIN1700G, FIN1700EG, FIN 3755

### 6.2 Ambiente industriale (ambiente severo)

Filtri da proporre:

- *circuiti di alimentazione monofase*: filtro FIN 35, 40,50;
- *circuiti di alimentazione trifase*: filtro a doppia funzione FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN1200 (o HV\*), FIN1500 (o HV\*), FIN1600, FIN1700, FIN1700E, FIN1700EG, FIN1900, FIN1900E, FIN1900G, FIN1900EG, FIN1900S, FIN3755, FIN1240, FIN1740, FIN1740ESM, FIN1940

(\*) I filtri FIN 1200 e 1500HV presentano le stesse caratteristiche di attenuazione dei filtri FIN 1200 FIN 1500 ma con una tensione nominale di esercizio pari a 600 V - 50 Hz invece di 440 V - 50 Hz. Per correnti superiori a 500A deve essere sempre proposto il filtro FIN 1500.

## 5. Classification of industrial environments in accordance with the EMC level

### 5.1 General

*As previously indicated there are many causes of the EMC interferences origin.*

*Particularly the electromagnetic interferences can be originated inside or outside the device, machine or installation considered.*

*The interferences of internal origin mainly cause electromagnetic emission problems, while those of external origin involve immunity problems.*

*A RFI (EMC) filter must be capable to adequately reduce both internal and external origin disturbances in order to allow, to solve the whole problem of electromagnetic compatibility of the device, machine or installation concerned.*

### 5.2 EMC environment classification

*In order to give some useful information concerning the choice of the more adequate RFI (EMC) filter relevant to a specific application, the environments are classified, in accordance with the EMC interference levels, as follows:*

- *normal (low EMC interference levels);*
- *severe (medium EMC interference levels);*
- *very severe (high EMC interference levels).*

*The emission and the immunity tests (see clause 4.2) allow to verify that a device, machine or installation are adequate for a specific EMC environment.*

## 6. Choice of FINMOTOR RFI (EMC) filter in accordance with the EMC environments

### 6.1 Residential, commercial, and light industry environment

*Filters to be used are:*

- *for single phase circuits: FIN 40 or FIN 50 filter;*
- *for three phase circuits: FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN1200, FIN1700, FIN1700E, FIN1700G, FIN1700EG, FIN 3755 double function filters*

### 6.2 Industrial environment (severe environment)

*Filters to be used:*

- *for single phase circuits: FIN 35, 40, 50 filter;*
- *for three phase circuits: FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN1200 (o HV\*), FIN1500 (o HV\*), FIN1600, FIN1700, FIN1700E, FIN1700EG, FIN1900, FIN1900E, FIN1900G, FIN1900EG, FIN1900S, FIN3755, FIN1240, FIN1740, FIN1740ESM, FIN1940 double function filters*

(\*) The FIN 1200 and 1500 HV filters presents the same attenuation characteristics as the filter FIN 1200 and FIN 1500 but have a nominal voltage of 600 V - 50 Hz instead of 440 V - 50 Hz. For rated current higher than 500A the filter FIN 1500 shall be always proposed.

### 6.3 Ambiente industriale (ambiente molto severo)

Filtri da proporre:

- circuiti di alimentazione monofase: filtro FIN 35,40, 50;
- circuiti di alimentazione trifase: filtro a doppia funzione FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN539S, FIN1200 (o HV\*), FIN1500 (o HV\*), FIN1600, FIN1700, FIN1700E, FIN1700EG, FIN1900, FIN1900E, FIN1900G, FIN1900EG, FIN1900S, FIN3755, FIN1240, FIN1740, FIN1740ESM, FIN1940; FIN130SP, FIN230SP, FIN730, FIN735, FIN740

### 6.4 Considerazioni sul tipo di filtro da proporre

Quanto riportato nei paragrafi precedenti rappresenta solo una proposta di carattere generale per l'impiego dei filtri FINMOTOR .

Un più preciso accoppiamento tra un dispositivo, apparecchiatura o impianto e un filtro antidisturbo può essere adottato solo dopo l'esecuzione delle complete prove EMC, di emissione e immunità sull'apparecchiatura o impianto interessato. A tale scopo, su specifica richiesta, il laboratorio EMC della società FINLAB, strettamente connessa alla FINMOTOR , può garantire la necessaria assistenza tecnica.

## 7. Esempio applicativo

A conclusione di queste brevi note, in questo paragrafo viene riportato un esempio applicativo di filtri e bobine antidisturbo FINMOTOR .

Con riferimento alla schematizzazione riportata in **figura 11**, la scelta del filtro più indicato per l'utilizzazione specifica può essere effettuata seguendo le indicazioni di massima che seguono.

### 7.1 Parametri di riferimento del filtro

a) La potenza di riferimento del filtro risponde alla nota formula:

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi$$

**P** è la totale potenza dei dispositivi e motori del sistema considerato;

**V** è la tensione nominale dell'impianto (ad esempio 400 V - 50 Hz);

**cos φ** è il fattore di potenza medio di riferimento dell'impianto; tipicamente può essere assunto il valore:  
**cos φ = 0,7.**

b) La corrente nominale (I) del filtro si ricava dalla precedente formula, come segue:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

### 6.3 Industrial environment (very severe environment)

Filters to be used are:

- for single phase circuits: FIN 35,40 50 filter;
- for three phase circuits: FIN538, FIN538S, FIN538S1, FIN539S, FIN1200 (o HV\*), FIN1500 (o HV\*), FIN1600, FIN1700, FIN1700E, FIN1700EG, FIN1900, FIN1900E, FIN1900G, FIN1900EG, FIN1900S, FIN3755, FIN1240, FIN1740, FIN1740ESM, FIN1940 double function filters; FIN130SP, FIN230SP, FIN730, FIN735, FIN740

### 6.4 Filter to propose for a specific application

The information referred to the previous clauses represents only some general suggestion relevant to the application of FINMOTOR filters.

A more precise matching between a device, machine or installation and a RFI filter can be decided only after having carried out the complete series of emission and immunity EMC tests.

It is also pointed out that, on a specific request, the EMC laboratory of the FINLAB Company, that is strictly connected with FINMOTOR , can perform all the necessary EMC tests.

## 7. Application example

This clause gives an application example of filters and choke FINMOTOR .

Making reference to the schematic diagram reported in figure 11, the choice of the better filter(s) for the specific application can be verified using the below described criteria.

### 7.1 Filter parameters

a) The reference power of the filter satisfies to the known formula:

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi$$

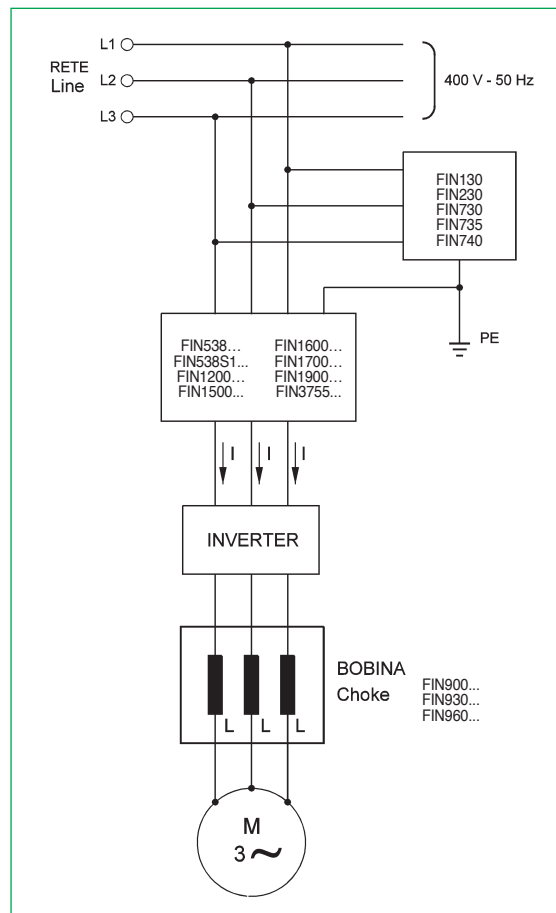
**P** is the total power of devices and motors of the considered system;

**V** is the phase to phase nominal voltage of the installation (for example 400V-50 Hz);

**cos φ** is the average power factor; for it can be typically assumed the value 0,7.

b) The nominal current (I) of the filter derives from the previous formula, as follows:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$



**Fig. 11: Schema tipico d'impiego dei filtri e bobine FINMOTOR**

Nota: Per semplicità l'interruttore di rete non è rappresentato

Fig. 11: Typical electric diagram relevant to the application of FINMOTOR filters and choke

Note: The low voltage breaker is not represented.

**7.2 Esempio di calcolo (fig. 11)**

Si debba scegliere un filtro antidisturbo adatto ad un'installazione con potenza complessiva pari a 85 kW e tensione di esercizio pari a 400 Volt.

- a) Si può assumere per il **cos φ** il valore pari a 0,7.  
Pertanto, essendo noti: la potenza **P**, la tensione **V** ed il **cos φ**, si può ricavare il valore della corrente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{85.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,7} \approx 175 \text{ A}$$

Da quanto sopra indicato si deduce che il filtro FINMOTOR più adatto per l'applicazione specifica presenta una corrente nominale pari a 200 A.

Quindi, a seconda del tipo di ambiente EMC (tipicamente severo o molto severo), può essere scelto il filtro a doppia funzione (con eventualmente in parallelo il filtro a singola funzione).

- b) Per quanto riguarda l'eventuale bobina, da installare tra l'inverter e il motore, essa dovrà presentare una corrente nominale superiore a quella ricavata al punto (a), per tener conto dei seguenti effetti:

- la frequenza di lavoro PWM dell'inverter di solito è compresa tra 5 e 20 kHz, ciò determina pertanto un aumento delle perdite della bobina con conseguente incremento della temperatura della bobina stessa;
- la corrente d'uscita dell'inverter, durante le accelerazioni e le decelerazioni del motore, può raggiungere anche un valore doppio rispetto alla sua corrente nominale, per tempi dell'ordine del minuto.

Una buona regola pratica consiglia quindi di utilizzare una bobina sovradimensionata del 50% circa rispetto al corrispondente dimensionamento del filtro.

Pertanto per l'esempio in esame sarebbe opportuno utilizzare una bobina FINMOTOR con corrente nominale pari a 280 A.

**7.2 Calculation example (see figure 11)**

For an installation which total power *P* corresponds to 85 kW and the phase to phase voltage corresponds to 400 Volts, what is the filter to be used?

- a) It can be assumed for the power factor *cos φ* the value 0,7.  
Now, knowing: the power *P*, the voltage *V* and the *cos φ*, the value of current can be calculated as follows:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{85.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,7} \approx 175 \text{ A}$$

Therefore, the more adequate FINMOTOR filter for this specific application is that with the nominal current of 200 A.

In accordance with the type of EMC environment (typically severe or very severe), can be therefore used the filter double function (and eventually with one parallel filter single function).

- b) Concerning the choke, to be installed between the inverter and the motor, it shall have a nominal current higher than that calculated for the filter; this is mainly due to the following effects:

- the working frequency PWM of the inverter is usually included between 5 and 20 kHz, this causes an augmentation of the choke losses and the consequent increasing of its temperature;
- the output current of the inverter, during the motor acceleration and deceleration, can also reach the double of its nominal current, for a duration of about one minute.

Practical experiences suggest to use a choke over-dimensioned of the about 50% in comparison to the corresponding RFI filter nominal current. Therefore, for this application example a FINMOTOR choke with nominal current equal to 280 A can be used.