

GUIDA ALLA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

GENERALITÀ

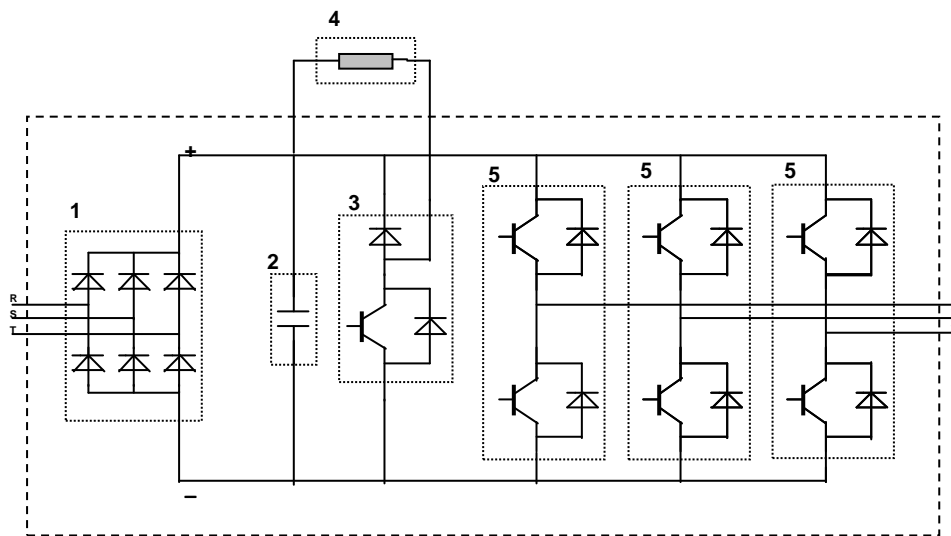
La direttiva EMC (89/336) vigente dal 01/01/96 indica che ogni apparecchiatura elettrica o elettronica, commercializzata nella Comunità' Europea, sia elettromagneticamente compatibile con il mondo esterno, cioè sufficientemente immune ad ammissibili livelli di disturbi ambientali e sufficientemente poco emettitrice rispetto ai livelli consentiti, in altre parole la compatibilità elettromagnetica EMC è "La capacità di un dispositivo a funzionare in un ambiente elettromagnetico in modo soddisfacente, senza produrre a sua volta disturbi elettromagnetici intollerabili per tutto ciò che si trova nello stesso ambiente".

Le norme relative ai vari prodotti stabiliscono l'entità dei disturbi che possono essere emessi e l'immunità che lo stesso dispositivo deve avere per funzionare in ambiente disturbato.

Essere conformi alle direttive EMC vuol dire che l'apparecchiatura in oggetto è conforme ai limiti imposti dalla relativa normativa di prodotto.

DISTURBI GENERATI NEGLI AZIONAMENTI A INVERTER

1) PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELL'INVERTER



- | | |
|---|----------------------------|
| 1= Ponte a diodi trifase (convertitore CA/CC) | 2= Condensatore |
| 3= Unità di frenatura interna | 4= Resistenza di frenatura |
| 5= Convertitore di tensione e frequenza (CC/CA) | |

FIG.1 – Schema a blocchi dell'inverter

Come si può vedere dallo schema a blocchi, in un inverter la tensione di rete viene raddrizzata da un semplice raddrizzatore trifase, livellata dal condensatore e successivamente, tramite IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) la tensione continua viene trasformata in alternata a valori di frequenza e tensione variabile in un determinato range di funzionamento.

In genere la frequenza varia da zero a qualche centinaio di Hz, mentre la tensione varia da zero al valore della tensione di rete.

2) FORME D'ONDA E DISTURBI GENERATI

La tensione di uscita dell'inverter che arriva al motore, **non è sinusoidale**, ma è costituita da un treno di impulsi a tensione costante e larghezza variabile che si susseguono a frequenza elevata ($2 \div 16$ kHz), in modo da costruire una corrente quasi sinusoidale per il motore, grazie anche all'effetto filtrante del motore stesso, che è un carico induttivo.

Nelle figure seguenti viene mostrata la forma d'onda della corrente in ingresso all'inverter e della tensione in uscita, con il relativo spettro delle armoniche.

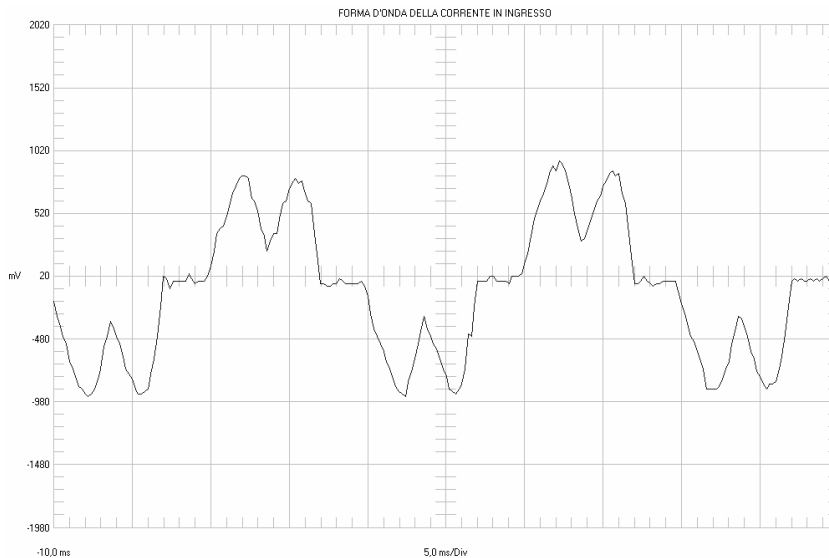


FIG.2 – Forma d'onda della corrente in ingresso

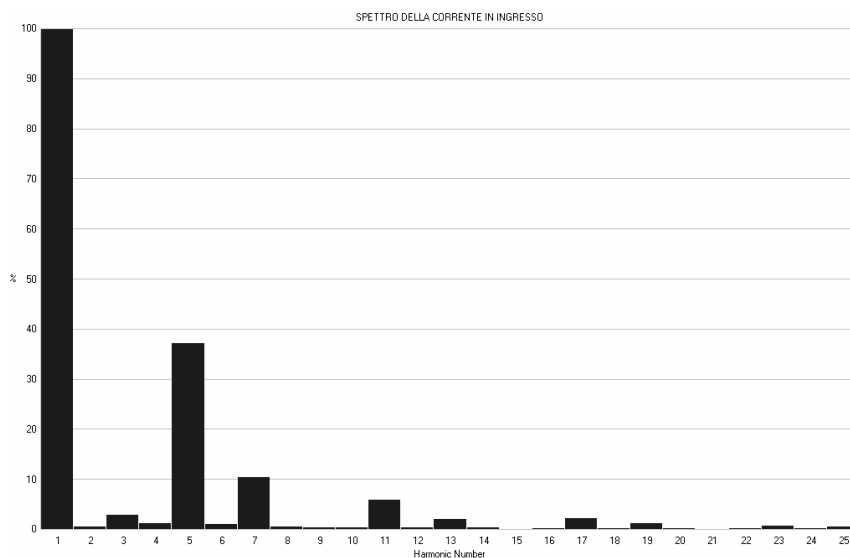


FIG.3 – Spettro della corrente in ingresso

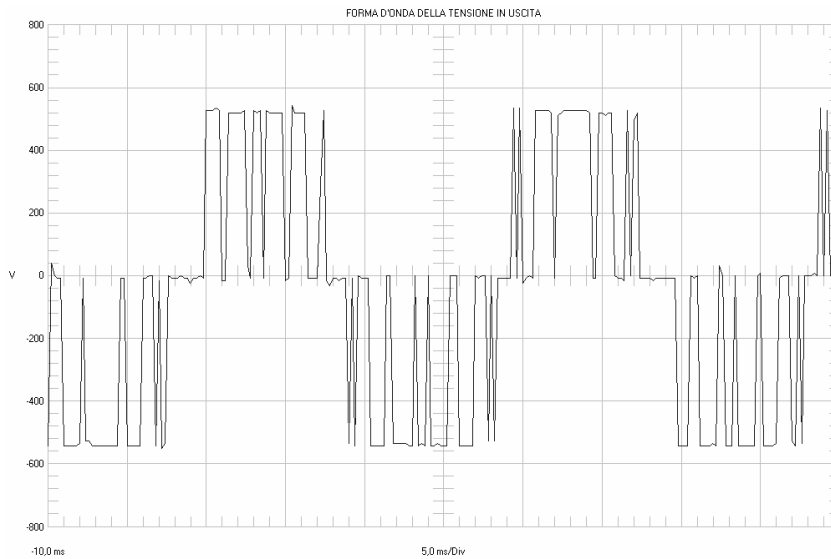


FIG.4 – Forma d'onda della tensione in uscita

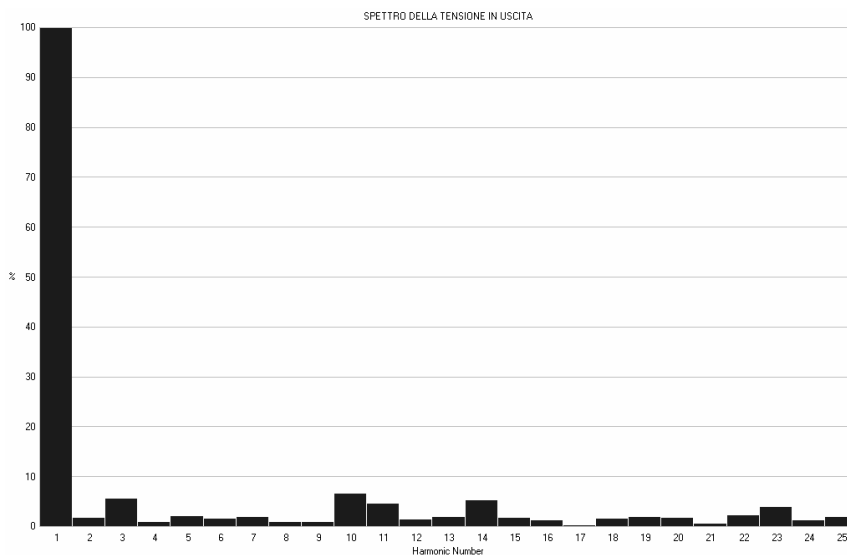


FIG.5 – Spettro della tensione in uscita

Per rendere minime le perdite di commutazione degli IGBT e per poter funzionare a frequenza di commutazione elevata, in modo da contenere i rumori emessi dal motore, il tempo di accensione e spegnimento deve essere il più rapido possibile (70÷80 nanosecondi, cioè 70÷80 miliardesimi di secondo). Questa rapidità di commutazione provoca delle elevate variazioni di tensione nel tempo (elevati dv/dt) ed è la principale causa dei disturbi elettromagnetici: infatti, a causa dei picchi di tensione, nascono delle correnti impulsive di carica/scarica attraverso le capacità parassite del sistema (inverter-cavi-motore) e la terra, ritornando poi all'alimentazione attraverso i più vari percorsi possibili.

Altre correnti parassite e quindi altri disturbi, nascono tra i vari avvolgimenti del motore, per accoppiamento tra cavi e circuiti vicini: attraverso il ponte di diodi in ingresso vengono poi trasmessi alla rete di alimentazione.

I vari disturbi generati dal convertitore sono accoppiati con la linea e la terra, e attraverso questi conduttori arrivano alle altre apparecchiature, inoltre i cavi di collegamento inverter/motore irradiano anche onde radio.

Come si vede nelle figure 2 –3 – 4 –5, oltre ai disturbi ad alta frequenza sopra riportati, gli inverter producono disturbi a bassa frequenza sotto forma di distorsione armonica, dovuta al fatto che il ponte trifase a diodi sul lato linea si comporta come un generatore di corrente, con sovrapposte delle armoniche di ordine dispari (3^a , 5^a , 7^a , 11^a , 13^a , 17^a , 19^a , 23^a , 25^a), e il valore di queste armoniche varia in base a diverse condizioni: impedenza dei cavi, reattanza lato alternata e/o continua, ecc., per cui la forma d'onda della tensione non è più sinusoidale pura, ma esiste una fondamentale e tante armoniche, con conseguente nascita di disturbi.

DISTURBI SUL MOTORE

Anche il motore, che a prima vista sembra tollerare benissimo l'alimentazione da inverter, in quanto, su applicazioni con molti avviamenti/ora come l'ascensore, si scalda meno, non fa rumore, riduce i picchi di corrente di avviamento, ecc., a lungo andare può avere dei problemi in quanto i veloci fronti di salita della tensione di alimentazione, attraverso le capacità e induttanze distribuite sui cavi di collegamento, provocano delle extratensioni che sollecitano in modo consistente l'isolamento degli avvolgimenti.

I picchi di tensione ai capi del motore variano in base al tipo e lunghezza del cavo e alla frequenza di commutazione, e possono raggiungere anche valori elevati.

I motori per inverter devono quindi avere un isolamento robusto per sopportare sollecitazioni che non sono presenti in un normale motore alimentato da rete sinusoidale; questo è facile da ottenere quando si fanno nuove installazioni e il motore "nasce" per inverter, quando invece si modificano vecchi impianti conservando lo stesso motore, per limitare lo stress degli isolamenti è necessario intervenire esternamente nella connessione inverter - motore.

Il più semplice rimedio è quello di inserire dei nuclei di ferrite su cui avvolgere con una o più spire i cavi di collegamento al motore, o inserire delle induttanze in serie al motore stesso.

TIPI E MODO DI TRASMISSIONE DEI DISTURBI

Da quanto esposto, si deduce che ogni volta che in un circuito elettrico si è in presenza di una **forma d'onda non perfettamente sinusoidale o non perfettamente continua**, nascono disturbi che possono causare problemi alle altre apparecchiature, principalmente a quelle vicine.

I disturbi così generati vengono trasmessi in vario modo:

- 1- Attraverso la linea di alimentazione comune, cioè la rete elettrica.
- 2- Per conduzione nei circuiti di massa e di terra.
- 3- Per irradiazione attraverso l'aria.

I disturbi dei punti 1 e 2 sono trasmessi da un conduttore per cui si chiamano **disturbi condotti**.

I disturbi trasmessi dall'aria (punto 3) si chiamano **disturbi irradiati**.

La definizione esatta dei disturbi condotti e irradiati è la seguente:

- 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 alimentazione ad esso collegati.
- b) **disturbi irradiati**: sono segnali indesiderati presenti sotto forma di campo elettromagnetico nello spazio.

FILTRI

Si intendono filtri, quei dispositivi addizionali da aggiungere alle apparecchiature, affinché il livello dei disturbi condotti e/o irradiati da queste ultime rientrino nei limiti stabiliti dalle norme, cioè svolgono la funzione di lasciar passare la parte utile ed eliminare la parte indesiderata dal segnale. I filtri sono usati in tantissime apparecchiature, infatti oltre ai variatori di frequenza le fonti dei disturbi sono moltissime: avviamento di grossi motori, lampade fluorescenti, saldatrici a punto, forni, apertura di carichi induttivi, calcolatori, motori corrente continua, raddrizzatori, ecc., per ogni prodotto sono necessari gli opportuni filtri.

TERRA E MASSA

Si intende per TERRA il suolo del pianeta che nelle applicazioni elettriche viene preso come potenziale di riferimento “ZERO VOLT”.

Qualunque impianto elettrico deve avere una buona ed unica presa di terra, a cui devono essere collegate tutte le masse e le strutture metalliche in modo da garantire la protezione delle persone contro i rischi elettrici legati ai contatti indiretti.

Per la maggior parte dei fenomeni EMC (transitori, campi ad alta frequenza, ecc..) in alta frequenza, l'impedenza del conduttore di terra è molto elevata, per cui la sola TERRA non è sufficiente a garantire un buon “filtraggio” ai disturbi EMC.

Per ottenere la conformità è di fondamentale importanza la maglia delle MASSE che, trovandosi nelle immediate vicinanze delle apparecchiature, diventa il punto di riferimento per i fenomeni in alta frequenza.

La MASSA è quindi un punto, una rete o un piano di collegamento equipotenziale, collegato o meno a terra, che serve da riferimento a un circuito o a un sistema.

REGOLE PER IL CABLAGGIO DI UN SISTEMA LOGICA - INVERTER - MOTORE CONFORME EMC

Considerando che più le capacità parassite sono piccole, minori sono le correnti verso terra e quindi minori sono i fenomeni EMC, le regole fondamentali che governano una buona installazione sono volte a ridurre al minimo le capacità parassite del sistema.

Si noti ancora che se le capacità parassite sono grandi, oltre ai problemi EMC vi saranno grandi correnti di fuga verso terra, con possibili problemi agli interruttori differenziali di protezione.

Un corretto cablaggio di un sistema LOGICA - INVERTER – MOTORE deve essere fatto nel modo seguente:

- 1- La terra generale dell'edificio, deve essere connessa direttamente sia all'armadio contenente l'azionamento e la logica di comando, sia al motore.
- 2- L'armadio deve comprendere una piastra di fondo quale piano di massa. Tutte le masse metalliche dei componenti all'interno dell'armadio (azionamenti, filtri, ecc..) dovranno essere “bullonate” direttamente sulla piastra del piano di massa assicurandosi che ci sia una buona connessione metallo/metallo.
N.B. Se le superfici sono verniciate è bene sverniciarle, inoltre ricordarsi che l'alluminio anodizzato non conduce.
- 3- E' bene prevedere una barra di terra imbullonata alla piastra di fondo, a cui fanno capo le masse e la terra del sistema.

4- I cavi di collegamento motore/inverter devono essere il più corto possibile, quadripolari (tre fasi più filo giallo/verde di terra) di tipo schermato, oppure quattro cavi non schermati fasciati fra loro e inseriti all'interno di una canalina o un tubo metallico collegato a terra. In altre parole, **nello stesso cavo o nello stesso tubo ci deve essere un conduttore di terra il più vicino possibile ai cavi di potenza.**

Il conduttore giallo verde e lo schermo devono essere collegati a terra sia dal lato quadro che dal lato motore. Lo schermo deve essere messo a terra con una connessione a 360° (figura 6), o con morsetti speciali (figura 7); **si deve assolutamente evitare la connessione a terra tramite cavetto oppure lo stesso schermo attorcigliato e imbullonato** (impedenza alta alle alte frequenze).

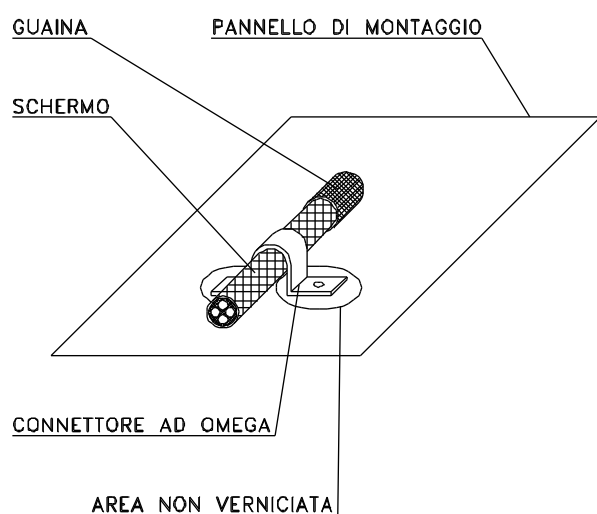


FIG.6

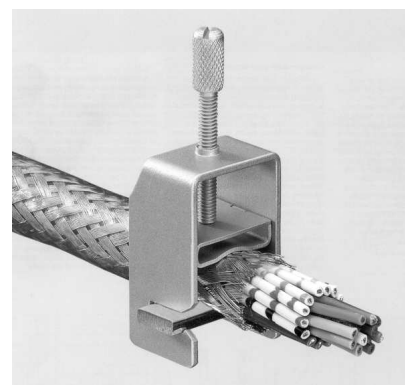


FIG.7

Nel caso che la connessione dello schermo a terra a 360° non sia possibile all'interno della morsettieria del motore, si deve mettere a terra lo schermo sulla carcassa prima di entrare in morsettieria.

- 5- I cavi di alimentazione dei motori c.c. o dei motori c.a. non regolati o regolati ACVV non necessitano di schermatura.
- 6- Il cavo di potenza e i cavi di comando devono essere il più lontano possibile e non essere paralleli, anche se schermati; nel caso che i cavi si incrocino, devono essere disposti in modo da formare un angolo di 90°.
- 7- Anche se non è indispensabile, è bene mettere il cavo schermato anche nella linea di potenza in ingresso, in modo da evitare che disturbi irradiati siano portati all'esterno dal cavo.

I cavi devono essere il più corto possibile ed il più vicino possibile alla piastra di fondo, inoltre i cavi di ingresso rete devono essere tenuti il più lontano possibile dai cavi di uscita motore per evitare accoppiamenti.

- 8- Indipendentemente dalla connessione alla terra generale dell'edificio, la carcassa del motore DEVE essere collegata sia allo schermo del cavo, sia al conduttore giallo/verde di terra che si trova all'interno del cavo schermato.
- 9- Per ridurre i disturbi irradiati dal cavo di potenza (il cavo emette disturbi anche se schermato) e proteggere l'isolamento del motore, si possono mettere degli anelli di ferrite o delle induttanze sui conduttori di potenza, il più vicino possibile all'inverter.

10- Il filtro può essere interno all'azionamento oppure esterno; in quest'ultimo caso un morsetto di terra del filtro va collegato direttamente alla sbarra di terra del quadro, l'altro morsetto (se presente) e la carcassa metallica devono essere connessi elettricamente al pannello del quadro (contatto metallo/metallo). I cavi di connessione tra filtro e inverter devono essere di lunghezza max 30 cm, se la lunghezza è maggiore si deve usare il cavo schermato.

Un cavo di massa deve essere collegato al morsetto di massa del filtro e al morsetto di terra dell'inverter; se l'inverter ha due morsetti di terra, l'altro morsetto deve essere direttamente collegato alla sbarra di terra.

11- Il cavo dell'encoder deve essere schermato e connesso **a terra solo dal lato dell'inverter**. Verificare che lo schermo non sia collegato a terra dal lato motore controllando con un tester la connessione schermo/motore: qualora ci fosse la connessione dal lato motore e fosse impossibile eliminarla, non connettere a terra lo schermo dal lato inverter. Il giunto di collegamento encoder - motore deve essere isolato, per evitare che le correnti parassite si richiudano attraverso l'encoder.

Come per tutti gli altri schermi, anche per lo schermo dell'encoder la connessione a terra deve essere a 360°.

12- L'inverter emette disturbi irradiati, di conseguenza questi disturbi possono essere captati e portati all'esterno dai cavi di collegamento, in particolare dai cavi flessibili che li irradiano nel vano di corsa.

Se si vuole evitare questo inconveniente, è bene avere l'inverter e la parte di potenza in un armadio, la parte logica in un altro armadio, con i collegamenti in ingresso e uscita dall'armadio contenente l'inverter fatti con il cavo schermato.

Soltanto se l'inverter non ha una potenza elevata, può essere montato all'interno dello stesso armadio della logica; in questo caso, per ridurre al minimo l'accoppiamento dei cavi e quindi la trasmissione dei disturbi, occorre:

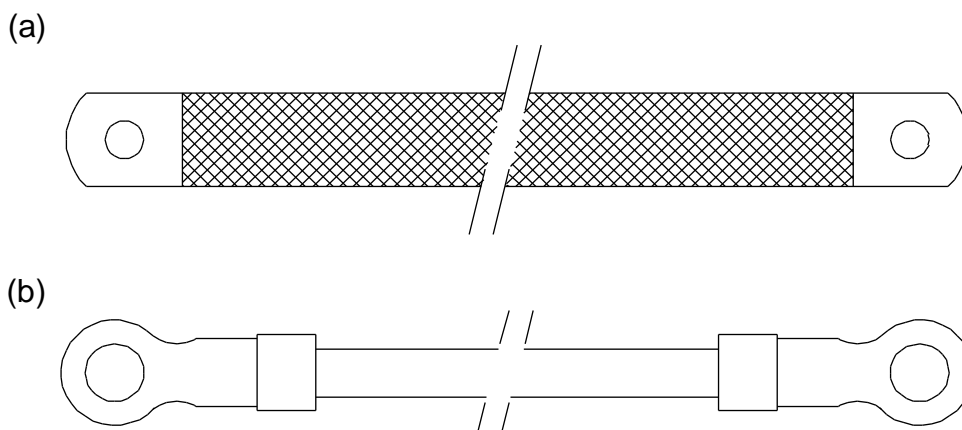
- Installare l'inverter e la parte di potenza (contattori, resistenza di frenatura, morsetti di uscita, ecc.) il più lontano possibile dai PLC, microprocessori, amplificatori di segnale, ecc.
- I cavi di ingresso potenza e di uscita motore devono essere lontani tra loro, inoltre i cavi di uscita devono essere schermati, con un conduttore giallo/verde di terra interno.
- Qualunque cavo, sia di comando che di collegamento esterno per vano e cabina, **NON DEVE MAI** essere vicino e parallelo al cavo di potenza, anche se schermato; se per necessità devono essere paralleli, è bene che siano in canaline metalliche distinte.
- Se possibile, separare con uno schermo metallico l'inverter e la parte di potenza dal resto della logica (microprocessori, PLC, cavi di collegamento esterno, ecc.)

13- Tutti i collegamenti di terra (armadio - sportello, canalina - canalina, ecc..) devono essere il più corto possibile e larghi, evitare di usare un normale conduttore cilindrico (vedi figura 8).

A tal proposito si ricorda che la massa per la protezione dei radiodisturbi è un'altra cosa rispetto alla terra di sicurezza: infatti per i fenomeni EMC ad alta frequenza non si deve usare un conduttore unico, ma una maglia di fili intrecciati di sezione 10 mm², il più largo e corto possibile

Inoltre la barra di terra deve essere il più lontano possibile dai cavi di ingresso e uscita.

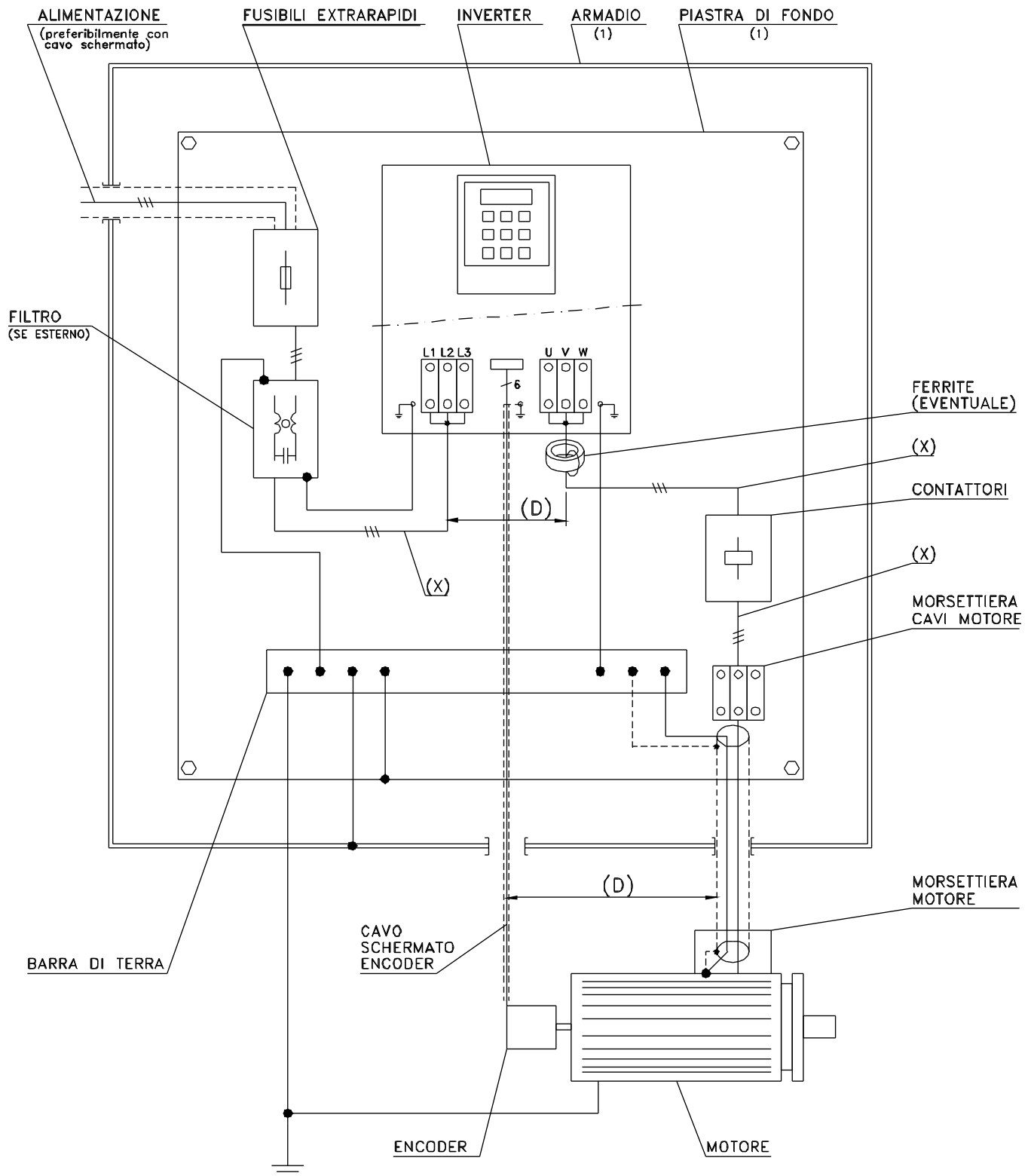
L'armadio contenente l'inverter deve essere metallico, con gli sportelli collegati a massa.



La soluzione (a) (treccia di rame) è preferibile alla soluzione (b) (conduttore).

FIG.8 – Esempi di connessioni per la messa a terra

- 14- Per i cavi di comando, è bene usare doppieni schermati con lo schermo collegato a terra da entrambi i lati. Non è consentito usare cavi schermati con lo schermo non collegato a terra, in quanto i disturbi, in tal caso, sono maggiori che con il cavo senza schermo.
- 15- Qualsiasi conduttore di un cavo multipolare libero o non utilizzato, deve essere collegato a terra da entrambi i lati.
- 16- Per evitare interventi indesiderati dell'interruttore differenziale è bene:
- Fare il collegamento di potenza il più corto possibile
 - Usare interruttori differenziali progettati per armoniche
 - Diminuire (ove possibile) la frequenza portante dell'inverter: infatti più bassa è la frequenza, maggiore è il rumore del motore, ma minori sono le correnti di fuga verso terra e minori sono anche i disturbi EMC.



NOTE:

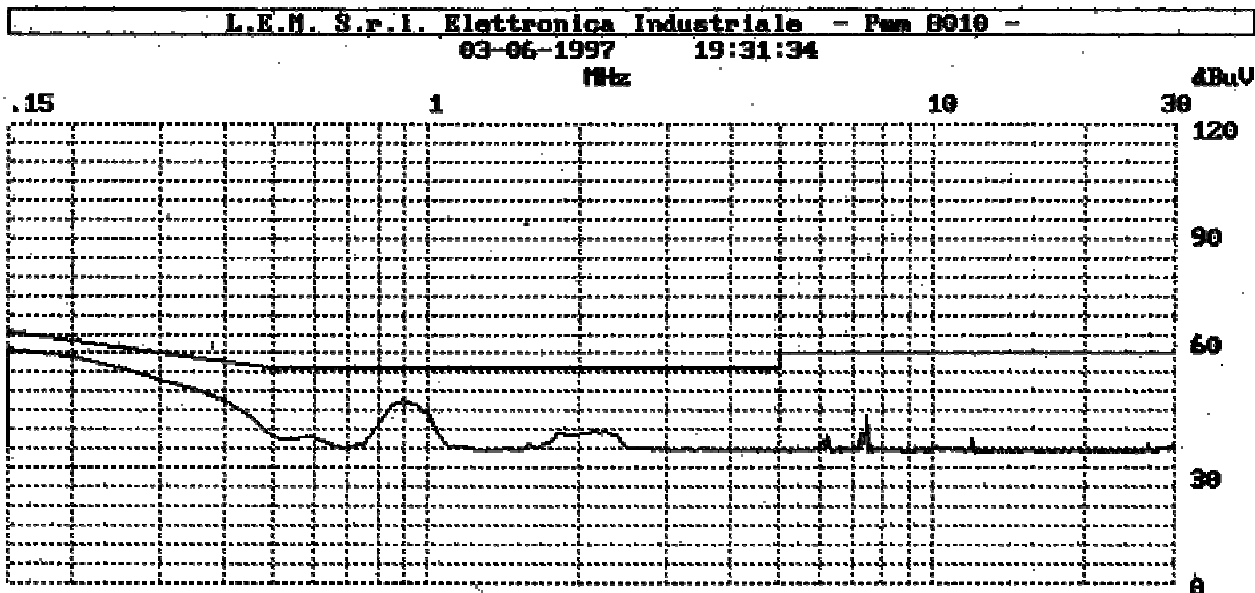
- (1) PIASTRA DI FONDO E ARMADIO IN LAMIERA ASSICURARE IL BUON COLLEGAMENTO: PIASTRA-ARMADIO, ARMADIO-SPORTELLI, SCHERMO - MASSA, PIASTRA - BARRA DI TERRA.
- (D) DISTANZA TRA I CAVI: DEVE ESSERE LA MAGGIORE POSSIBILE
- (X) USARE CAVO SCHERMATO SE LA DISTANZA E' MAGGIORE DI 25 CM.

FIG. 9 – Schema di cablaggio consigliato per le applicazioni con inverter

CONCLUSIONI

Se si seguono queste indicazioni e il cablaggio è eseguito a regola d'arte, i disturbi sono contenuti MA NON ELIMINATI, ripetiamo che la conformità alla norma vuol dire che, oltre all'immunità dell'apparecchiatura, i disturbi condotti e irradiati sono inferiori al limite massimo imposto dalle relative norme di prodotto: nel caso di impianti di ascensore i limiti sono quelli stabiliti dalle norme EN12015 ed EN12016.

A titolo di esempio si veda il grafico dei disturbi condotti generati da un sistema ACVV (Soft Starter) completo dei relativi filtri (figura 10).



Limit: 55022B_Q

DETECTOR QPEAK

Prova con filtro - Corrente di prova 35A - Linea L2

FIG. 10 – Grafico dei disturbi condotti generati da SOFT STARTER

BIBLIOGRAFIA

- 1) I disturbi negli Inverter - MARCO MANTUONTO
- 2) Guida alla Compatibilita' Elettromagnetica - SIEI-PETERLONGO
- 3) Compatibilita' Elettromagnetica "EMC" - SCHNEIDER GROUPE