



# Rowan Elettronica

*Motori, azionamenti, accessori e servizi per l'automazione*



## ELENCO FILTRI DI USCITA per INVERTERS

PER LA RIDUZIONE DEL  $dV/dT$  della tensione di uscita  
(riduzione della tensione di modo comune e differenziale)

---

Rev.4 del 25/06/2018

---

# INDICE

|                                            |         |
|--------------------------------------------|---------|
| Presentazione .....                        | pag.3   |
| Trattazione teorica.....                   | pag.4   |
| Connessione di principio, e risultati..... | pag.6   |
| Ingombri e abbinamenti .....               | pag.7-8 |

## **PRESENTAZIONE**

L'attuale tendenza di progettazione degli azionamenti che alimentano motori o in generale macchine elettriche (monofasi e trifasi), è quella di raggiungere prestazioni dinamiche elevate. Questo risultato è stato raggiunto anche aumentando la velocità di commutazione degli interruttori elettronici, possibile con l'avvento di dispositivi come gli IGBT, che commutano a 5-20 kHz con tempi di salita di circa 0,1 ms.

Per contro, se da un lato aumentiamo le prestazioni, dall'altro aumenta anche il  $dv/dt$  (la tensione di modo comune e differenziale) e quindi, le sollecitazioni tra gli avvolgimenti, tra avvolgimenti e terra e nei cuscinetti, oltre ad aumentare i disturbi di origine elettromagnetica (EMI).

Prendendo come esempio il caso di un motore asincrono commerciale, quando è alimentato direttamente da un inverter a PWM, l'elevato  $dv/dt$  della tensione, per la presenza di capacità parassite spira-spira, genera correnti di dispersione tra le fasi di avvolgimento. La presenza di capacità parassite di dispersione tra avvolgimenti-massa e tra rotore-massa, provoca microscariche che deteriorano gli avvolgimenti e i cuscinetti, perciò si riduce il tempo di vita della macchina in genere.

Se il collegamento dell'inverter alla macchina elettrica avviene tra lunghe distanze, gli effetti sopra esposti aumentano perchè il collegamento ha una sua induttanza di fase e capacità di dispersione fase-fase distribuite, che aumentano le sollecitazione di tensione (effetto "elastico").

Misure eseguite su un motore (collegato a triangolo, cioè nel caso peggiore) alimentato da inverter a PWM con cavo commerciale lungo circa 40m, hanno provato che il motore è sollecitato con un  $dv/dt$  di circa 2800 V/ms, mentre all'uscita dell'inverter il  $dv/dt$  era di circa 1500 V/ms.

## **TRATTAZIONE TEORICA**

Alla frequenza di commutazione degli IGBT, il collegamento lungo si comporta come una antenna non adattata, quindi ci sarà una “onda viaggiante V+” che si propaga verso il carico (motore) e una “onda di tensione inversa V-” che si propaga verso l’inverter. La somma di queste due onde, provoca sul carico una sovratensione, la quale mediamente non sovralimenta il motore ma istante per istante dà una maggiore sollecitazione di tensione. Ecco la sovratensione fase-fase tradotta in formule:

$$t_t < t_r / 3 \qquad \frac{V_{LL,p}}{V_{dc,bus}} = \frac{3 \cdot l_{cable} \cdot \tau_{Load}}{v \cdot t_r} + 1$$

$V_{LL,p}$

tensione picco-picco tra fasi;

$$t_t = \frac{l_{cable}}{v} = l_{cable} \cdot \sqrt{L_L \cdot C_L}$$

è il tempo di propagazione dell’onda viaggiante V+;

$$\tau_{Load} = \frac{Z_{Load} - Z_o}{Z_{Load} + Z_o}$$

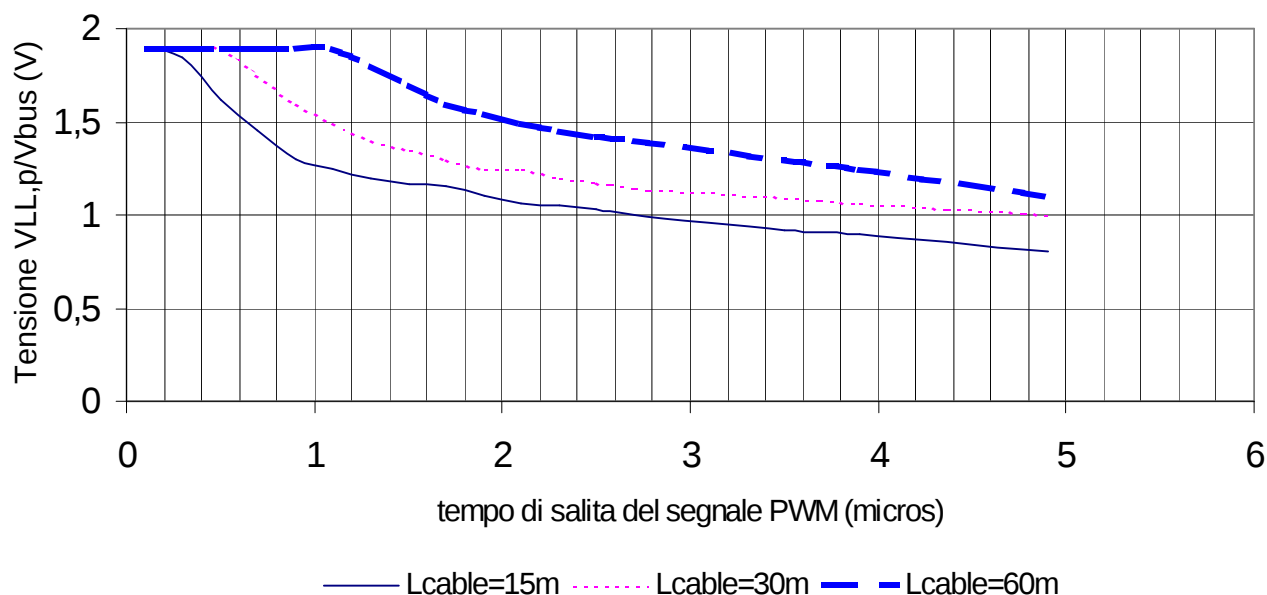
è il coefficiente di riflessione sul carico;

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_L}{C_L}}$$

è l’impedenza caratteristica della linea;

| <b>Tempo di salita PWM<br/>(ms)</b> | <b>Lunghezza max cavi<br/>per limitare una<br/>sovratensione pari al<br/>doppio della tensione<br/>del bus (m)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.1                                 | 6                                                                                                                  |
| 0.5                                 | 39                                                                                                                 |
| 1                                   | 59                                                                                                                 |
| 2                                   | 118                                                                                                                |
| 3                                   | 177                                                                                                                |
| 4                                   | 236                                                                                                                |
| 5                                   | 295                                                                                                                |

Tensione normalizzata del motore in funzione del tempo di salita del segnale PWM



#### DETERIORAMENTO DEGLI AVVOLGIMENTI

La sovratensione deteriora gli avvolgimenti mediante le microscariche, specialmente se i motori (quelli commerciali) hanno gli avvolgimenti a strato di isolamento singolo, o senza impregnazione delle matasse sotto vuoto.

#### DETERIORAMENTO DI CUSCINETTI

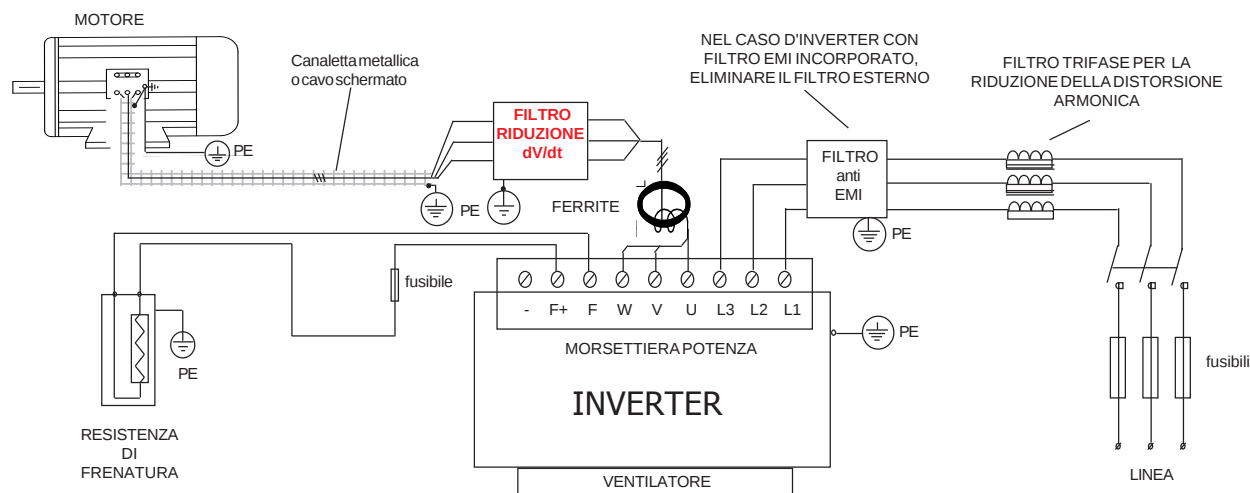
La sovratensione generata provoca anche il deterioramento dei cuscinetti, i quali, durante il funzionamento, sono come dei microinterruttori che cortocircuitano verso la massa (collegata a terra) il potenziale di modo comune applicato sulle capacità parassite tra rotore e statore-cassa.

Per ridurre il potenziale di modo comune e quindi prolungare la vita di cuscinetti già sollecitati da usura meccanica, bisogna usare un tipo di cuscinetto non standard (con grasso conduttivo) o usare uno schermo elettrostatico (Shielded induction motor), oppure cambiare tipo di modulazione.

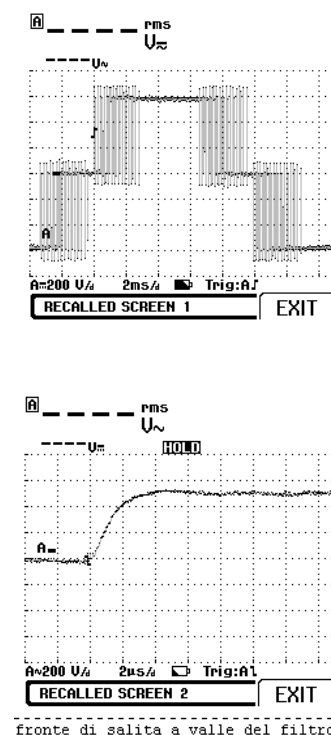
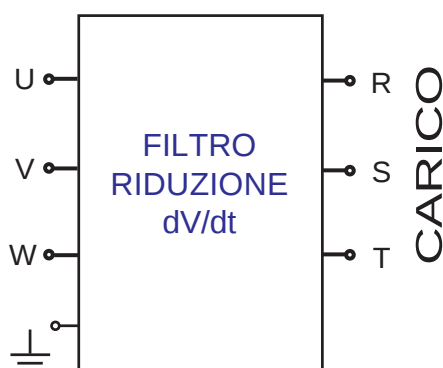
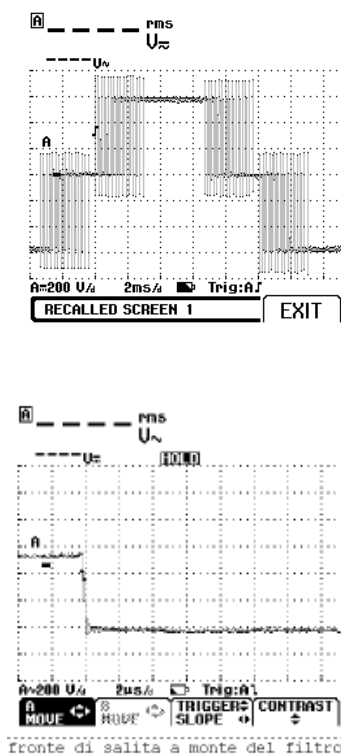
Queste sono tecniche costose, quindi un metodo per “addolcire” il fronte di salita/discesa, che è la causa della sovratensione e delle correnti di dispersione, è l'utilizzo di filtri di modo comune e differenziale, siglati **FIT.DV/DT.\_\_A**, che vengono interposti tra l'inverter e il carico trifase, subito dopo le ferriti **ANTI-EMI** in prossimità dell'inverter.

Collegando il **FIT.DV/DT.\_\_A** subito a valle dell'inverter, riduco il  $dv/dt$  il quale non riuscirà più a “crescere”, anche se collego il motore mediante cavi lunghi.

## CONNESSIONE DI PRINCIPIO



## RISULTATI



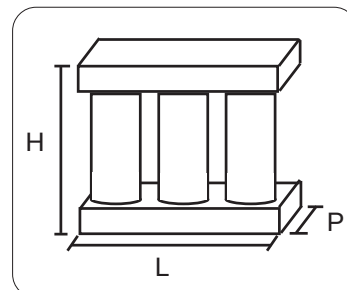
Andamenti della tensione all'uscita dell'inverter. I fronti sono a 1500V/ms sull'inverter, e se usassi collegamenti lunghi (oltre 40m) avrei circa 3000V/ms sul carico.

Andamenti della tensione all'uscita del filtro (lato carico). Sono presenti fronti più dolci  $dv/dt < 500V/ms$ , anche dopo 40m

## INGOMBRI E ABBINAMENTI

### FILTRI TRIFASI

I filtri per la riduzione del  $dV/dt$  dovrebbero essere sempre utilizzati nel caso di motori dei quali non si conosca il grado di isolamento degli avvolgimenti, oppure nel caso di motori non specificamente costruiti per essere abbinati ad inverter. Si dovrebbero inoltre utilizzare tali filtri ogni qualvolta la lunghezza del cavo fra inverter e motore superi i 15m. Il filtro per la riduzione del  $dV/dt$  deve essere interposto fra il toroide di ferrite ed il motore subito a ridosso del detto toroide e come rappresentato nello schema della pagina precedente.



Ingombro  
filtri riduzione  $dV/dt$

Grado di protezione: **IP00**

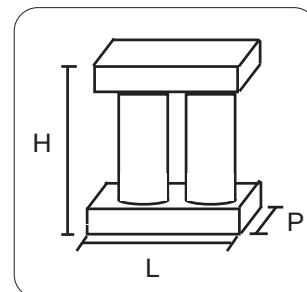
| CODICE FILTRO<br>$dV/dt$ | In<br>(A) | POTENZA<br>DISSIPATA<br>ALLA In<br>(W) | DIMENSIONI<br>(mm) |     |     | PESO<br>(Kg) | TAGLIA DI<br>POTENZA<br>INVERTER<br>LINEA 230-400V | TAGLIA DI<br>POTENZA<br>INVERTER<br>LINEA 690V |
|--------------------------|-----------|----------------------------------------|--------------------|-----|-----|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                          |           |                                        | L                  | P   | H   |              |                                                    |                                                |
| FIT.DV/DT.25A            | 25        | 27                                     | 150                | 82  | 147 | 3,6          | /R.../2                                            | -                                              |
| FIT.DV/DT.80A            | 80        | 62                                     | 180                | 130 | 175 | 8,6          | /2,5.../6                                          | /5.../7                                        |
| FIT.DV/DT.120A           | 120       | 78                                     | 180                | 160 | 170 | 10,9         | /6,5 /7                                            | /8                                             |
| FIT.DV/DT.200A           | 200       | 156                                    | 240                | 140 | 230 | 14,6         | /8 /8,5                                            | /8,5 /9                                        |
| FIT.DV/DT.300A           | 300       | 195                                    | 240                | 165 | 225 | 21,5         | /9.../B                                            | /A /B                                          |
| FIT.DV/DT.400A           | 400       | 215                                    | 300                | 155 | 280 | 26           | /C                                                 | -                                              |
| FIT.DV/DT.500A           | 500       | 270                                    | 300                | 175 | 280 | 38           | /D                                                 | /C /D                                          |
| FIT.DV/DT.600A           | 600       | 382                                    | 300                | 200 | 280 | 48           | /E                                                 | /F /G                                          |
| FIT.DV/DT.750A           | 750       | 430                                    | 360                | 195 | 330 | 53,5         | /F                                                 | -                                              |

## **INGOMBRI E ABBINAMENTI**

### **FILTRI BIFASI**

I filtri per la riduzione del  $dV/dt$  dovrebbero essere sempre utilizzati nel caso di motori dei quali non si conosca il grado di isolamento degli avvolgimenti, oppure nel caso di motori non specificamente costruiti per essere abbinati ad inverter. Si dovrebbero inoltre utilizzare tali filtri ogni qualvolta la lunghezza del cavo fra inverter e motore superi i 15m.

Il filtro per la riduzione del  $dV/dt$  deve essere interposto fra il toroide di ferrite ed il motore subito a ridosso del detto toroide e come rappresentato nello schema della pagina precedente.



Ingombro  
filtri riduzione  $dV/dt$

Grado di protezione: **IP00**

| CODICE FILTRO<br>$dV/dt$ | In<br>(A) | DIMENSIONI<br>(mm) |     |     | PESO<br>(kg) | TAGLIA DI POTENZA<br>CONVERTITORE<br>LINEA 230-400V |
|--------------------------|-----------|--------------------|-----|-----|--------------|-----------------------------------------------------|
|                          |           | L                  | P   | H   |              |                                                     |
| FIB.DV/DT.5A.1800        | 5         | 75                 | 78  | 80  | 1            | /R                                                  |
| FIB.DV/DT.15A.600        | 15        | 85                 | 88  | 90  | 2            | /0 /L                                               |
| FIB.DV/DT.25A.360        | 25        | 97                 | 96  | 98  | 3            | /2                                                  |
| FIB.DV/DT.45A.200        | 45        | 108                | 98  | 106 | 4,5          | /3 /3,5                                             |
| FIB.DV/DT.115A.78        | 115       | 150                | 115 | 146 | 9,1          | /5 /6 /6,5                                          |
| FIB.DV/DT.225A.40        | 225       | 180                | 144 | 180 | 16,8         | /7 /8,5                                             |
| FIB.DV/DT.400A.23        | 400       | 240                | 165 | 242 | 30,8         | /A /B                                               |
| FIB.DV/DT.625A.14        | 625       | 200                | 165 | 290 | 31           | /C /D                                               |
| FIB.DV/DT.775A.12        | 775       | 250                | 160 | 345 | 42,5         | /E                                                  |
| FIB.DV/DT.1000A.9        | 1000      | 280                | 205 | 415 | 58           | /F                                                  |

# **Rowan Elettronica**

VIA UGO FOSCOLO 20 - 36030 CALDOGNO (VI) - ITALIA

TEL. 0444 905566 - FAX 0444 905593

info@rowan.it - www.rowan.it