

NOTA APPLICATIVA - 017

Controllo motori in PWM – Teoria e considerazioni di misura

La tecnica Pulse Width Modulated (PWM) rappresenta una grossa e crescente porzione della moderna elettronica di potenza. Come ogni altra conversione di potenza, i drive PWM o i carichi associate devono essere disegnati e testate per soddisfare specifiche e criteri di efficienza ma, data la complessità delle forme d'onda associate all'applicazione PWM, misure accurate non sono semplici.

Newtons4th produce wattmetri di precisione che sono selezionati dai più importanti clienti mondiali e vengono utilizzati nelle più disparate applicazioni. Grazie a questa esperienza Newtons4th ha creato una serie di prodotti che sono nati per soddisfare le esigenze associate a questo importante settore dell'elettronica di potenza.

Questa nota applicativa descrive il principio del controllo PWM e spiega alcune considerazioni che devono essere ricordate quando si effettuano misure di potenza in questa applicazione.

Perchè usare PWM per variare la velocità?

Quando un motore AC è collegato direttamente a una linea AC (415V 3F per esempio) la velocità del motore è fissa e calcolata come segue:

$$ns = \frac{120 * f}{p} - slip$$

ns = Velocità motore (Hz) f = frequenza fondamentale p = n. di poli

Questo è un problema in quanto molte applicazioni necessitano il cambio di velocità del motore, per esempio si cambia la portata di una pompa cambiando la velocità del motore. Questo era tradizionalmente ottenuto riducendo la tensione ai capi del motore, che riducendo la corrente negli avvolgimenti creava una riduzione della coppia del motore. La velocità diminuiva proporzionalmente alla tensione se il carico rimaneva lo stesso ma, questa non è una soluzione ideale i carichi non sono sempre costanti. Un'altra ragione per cui questo metodo non è ideale è che quando lo scorrimento del motore è troppo grande, l'efficienza del motore è notevolmente ridotta e se il carico cambia la velocità deve aumentare. Alla luce di questo, una soluzione più sofisticata è richiesta.

Fondamentali PWM

Mentre la tecnica PWM è usata in applicazioni mono e multi fase, noi considereremo la più utilizzata cioè l'alimentazione AC trifase 400V 50Hz. Il controllo a PWM rettifica questa tensione AC e crea una tensione DC di circa 600VDC, il bus DC trasferisce questo segnale allo stadio inverter. Lo stadio inverter stage utilizza Mosfets, IGBT o Thyristori come

Controllo motore PWM – Teoria Pulse Width Modulation	525-017	Issue 1
Power Tech srl V. Diaz, 108 26866 S. Angelo Lodigiano Tel: 0371- 211137 www.powertechsrl.it mail powertechsrl@tin.it		

dispositivi di switching che sono controllati da un processore che abilita l'accensione e lo spegnimento in una specifica sequenza per produrre una componente fondamentale sinusoidale alla frequenza e ampiezza richiesta. Questa tensione produce la corretta rotazione del campo magnetico al rotore creando energia cinetica (rotazione del motore).

Diagramma semplificato PWM

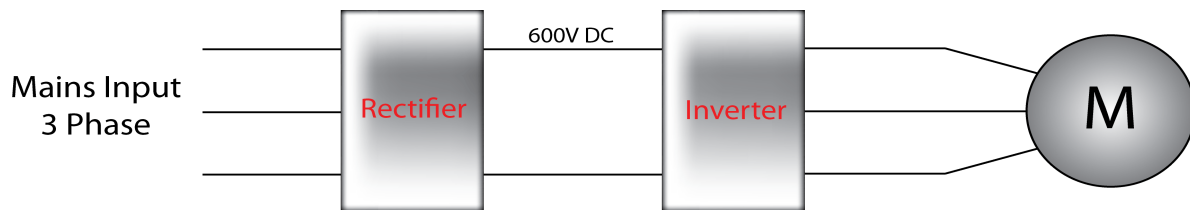


Figura 1

Il diagramma rappresenta l'ingresso trifase, il rettificatore, il bus di interconnessione DC e lo stadio inverter, la cui uscita è trasmessa al motore e trasferita in potenza meccanica.

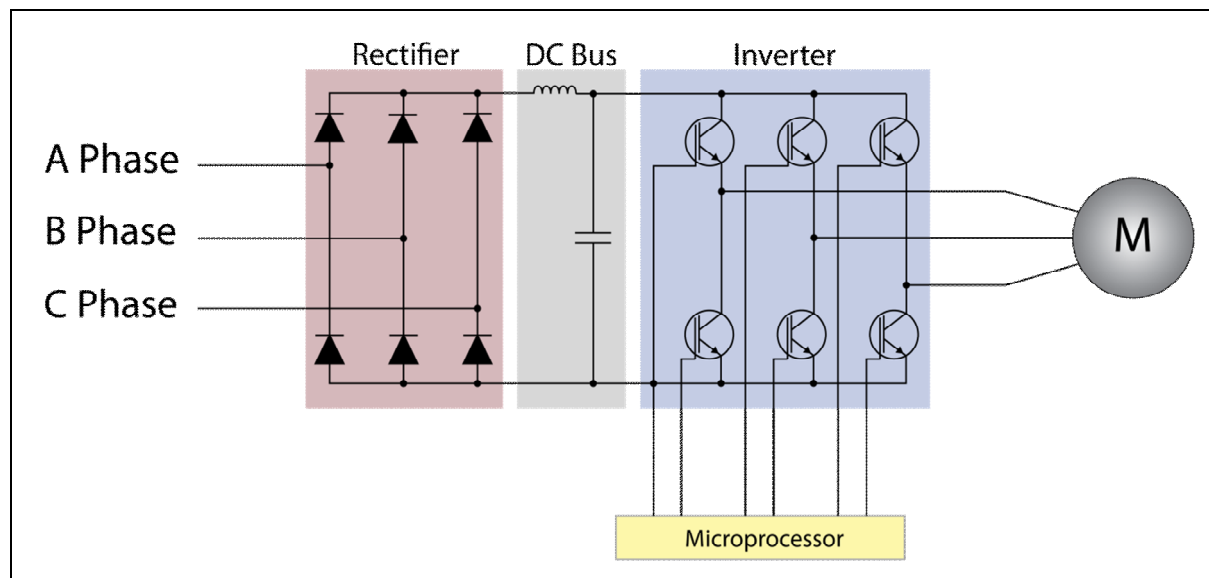


Figura 2

Come descritto sopra, questo è un sistema trifase in ingresso e in uscita. Il circuito del bus DC appiattirà il segnale rettificato il più possibile in quanto il rumore creerà inefficienza. Lo stadio inverter fornirà il pieno controllo del motore tramite il Microprocessore e il circuito IGBT.

Il Microprocessore invierà segnali ai dispositivi di switching (gli IGBT) per variare sia la frequenza che la tensione sul motore. Il circuito utilizza due IGBT's per ogni fase dell'avvolgimento del motore.

Rettificatore

Lo stadio rettificatore del circuito converte le tre fasi d'ingresso in un uscita DC; questo stadio dovrebbe mantenere perdite molto basse per mantenere un ottima efficienza dopo il bus DC.

Bus DC

Il bus DC fornisce un collegamento tra il Rettificatore e l'Inverter, inoltre pulisce il rumore DC prodotto dal Rettificatore. Questo è anche usato come punto di misura per l'efficienza dello stadio Inverter. Tipicamente il livello della tensione DC è 1.35 volte il livello della tensione 3F AC in ingresso, in questo caso abbiamo un ingresso 415V 3F quindi il bus DC sarà a circa 560V DC.

Forme d'onda

La Figura 3 mostra le diverse forme d'onda ai diversi stadi del circuito, come è possibile vedere l'ingresso 50Hz AC viene rettificato e pulito.

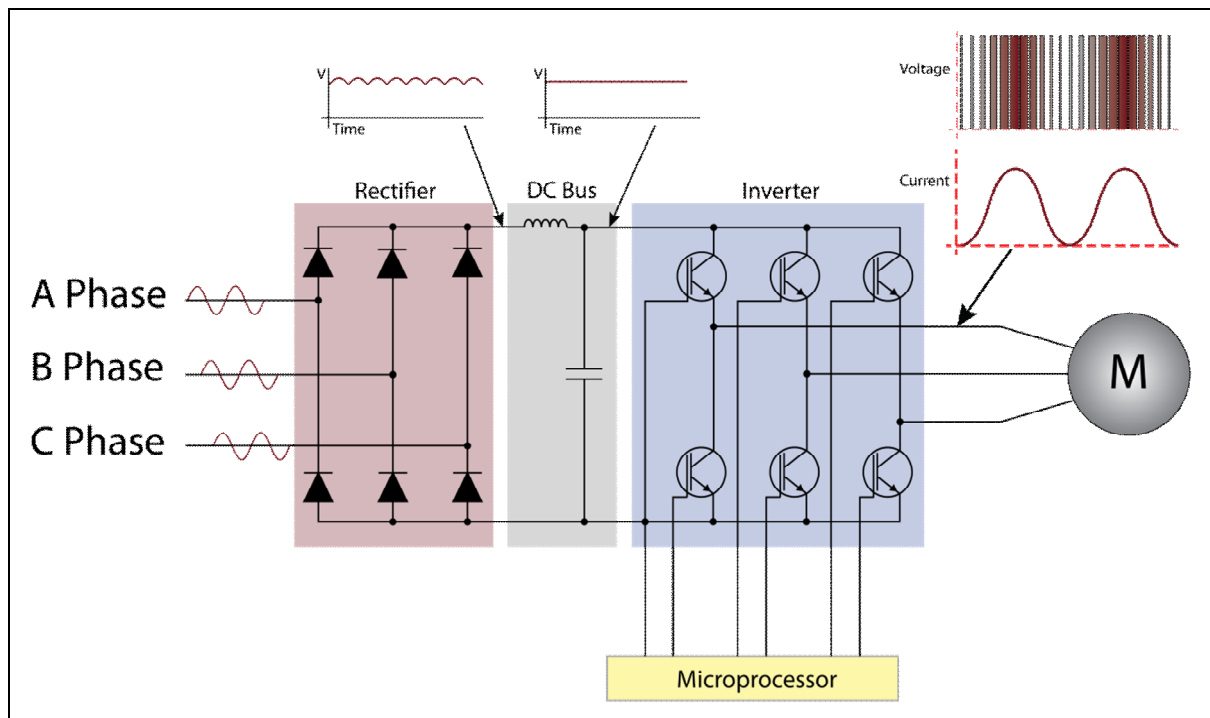


Figura 3

Inverter and Microprocessor

Gli IGBT nel diagramma precedente sono accesi e spenti tramite dei segnali del microprocessore per creare una tensione media AC il più possibile vicina a una forma d'onda sinusoidale per permettere al motore di convertirla in potenza meccanica con il

Controllo motore PWM – Teoria Pulse Width Modulation	525-017	Issue 1
Power Tech srl V. Diaz, 108 26866 S. Angelo Lodigiano Tel: 0371- 211137 www.powertechsrl.it mail powertechsrl@tin.it		

minimo rimbalzo (rumore di coppia) possibile. La tensione richiesta per accendere un IGBT può essere anche di 15V, quando questa è applicata la corrente passa nell'IGBT e va agli avvolgimenti del motore.

La Figura 4 mostra la forma d'onda di uscita PWM dall' IGBT's. Viene mostrata una singola fase, in pratica il duty cycle dell'IGBT viene variato per fornire l'equivalente di una forma d'onda sinusoidale in uscita. In pratica la forma d'onda viene ripulita dall'induttanza degli avvolgimenti del motore.

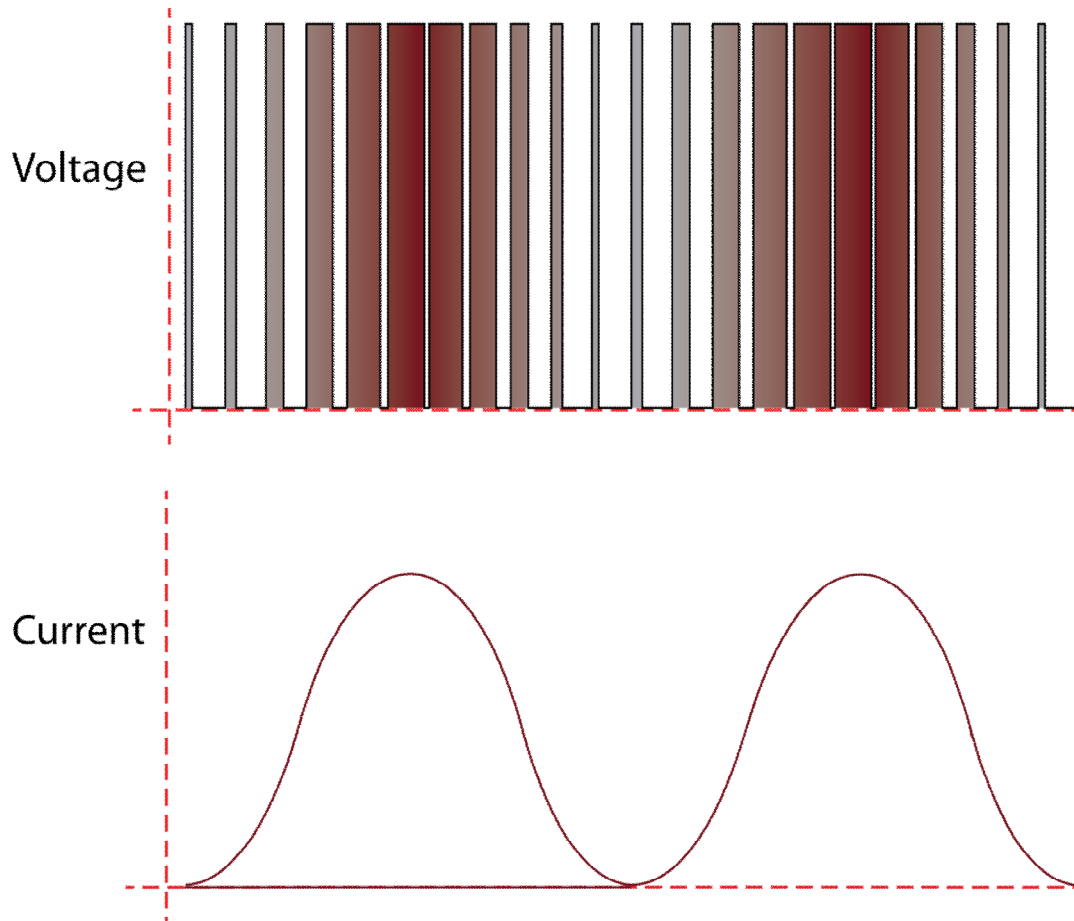


Figura 4

La modulazione della fase del duty cycle è spostata di 120 gradi per ogni fase; sia la frequenza che la tensione della fondamentale dell'uscita possono essere controllate, con l'aumento del duty cycles si avrà una maggiore tensione e un incremento di coppia

Diodi Anti Paralleli

Quando l'IGBT viene spento, il back emf prodotto nell'avvolgimento del motore sarà presente e produrrà una elevata tensione alla giunzione dell'IGBT. Per evitare questo problema, vengono utilizzati diodi anti paralleli che permettono il passaggio di corrente dagli avvolgimenti del motore al bus DC quando gli IGBT sono spenti. Questo back emf è il risultato della relazione tra le armature che gestiscono la corrente e un campo magnetico

Controllo motore PWM – Teoria Pulse Width Modulation	525-017	Issue 1
Power Tech srl V. Diaz, 108 26866 S. Angelo Lodigiano Tel: 0371- 211137 www.powertechsrl.it mail powertechsrl@tin.it		

esterno ed è direttamente proporzionale alla velocità di rotazione del motore e di polarità opposta alla tensione fornita dallo stage inverter.

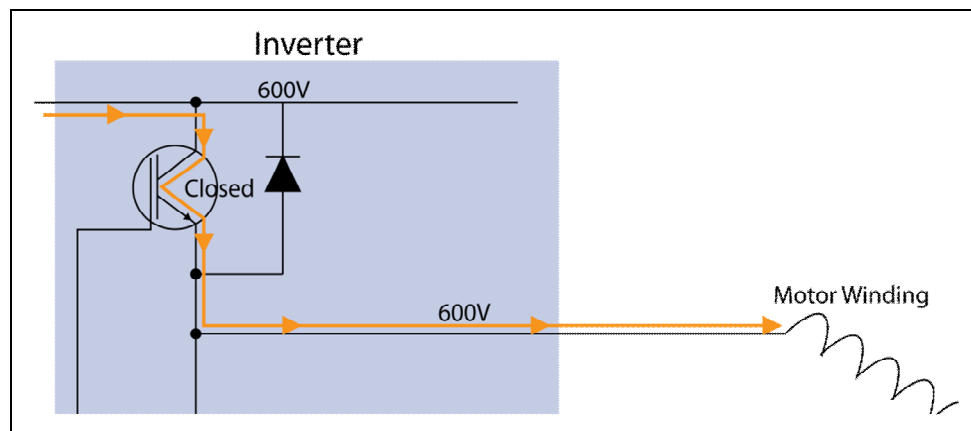


Figura 5.

La Figura 5 mostra il passaggio della corrente con l'IGBT in posizione "On". Come mostrato, il potenziale del bus DC sarà uguale a quello del motore e la corrente passerà tramite l'IGBT direttamente sull'avvolgimento del motore.

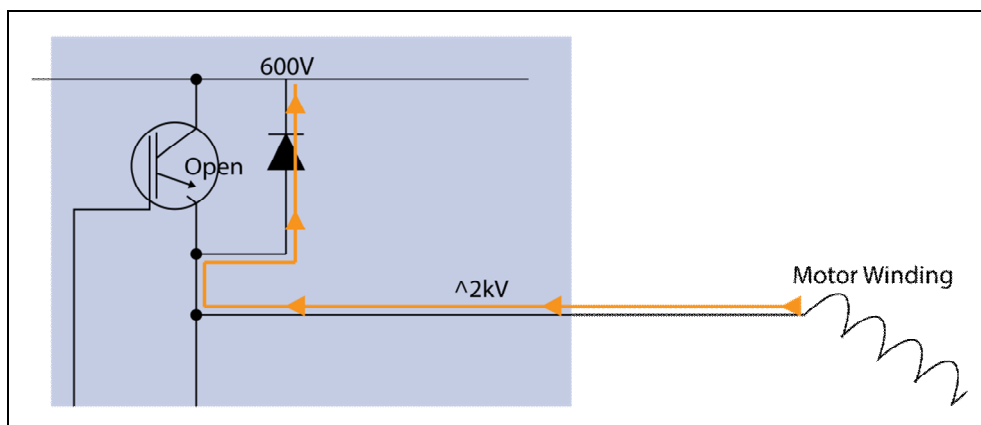


Figura 6.

La Figura 6 stessi sono proporzionali. Per mantenere un passaggio di corrente (e una coppia risultante) la tensione di alimentazione del motore deve essere superiore a questo emf.

Armoniche

Come è noto, un onda quadra è composta da diverse armoniche. Sappiamo inoltre che componenti di tensione e di corrente "in fase" creano potenza reale. Per questa ragione la potenza di uscita di un sistema PWM può essere stabilita con strumenti che misurano accuratamente segnali di Potenza in un range di frequenze che includano tutte le armoniche.

Controllo motore PWM – Teoria Pulse Width Modulation	525-017	Issue 1
Power Tech srl V. Diaz, 108 26866 S. Angelo Lodigiano Tel: 0371- 211137 www.powertechsrl.it mail powertechsrl@tin.it		

Il diagramma sotto mostra una misura reale di armoniche di tensione e corrente su un inverter a PWM con carrier 18kHz e fondamentale a 50Hz. Può essere notato che mentre il profilo delle armoniche differisce come aspettato, le armoniche di ordine della fondamentale e punti di frequenza vicini alla frequenza di carrier, contengono componenti di tensione e corrente. Ne consegue che queste componenti contribuiscono alla potenza totale e che devono essere incluse nella misura per quantificare l'efficienza del sistema. mostra cosa succede quando l'IGBT è spento, potete vedere che il back emf prodotto dal motore può essere

Analisi Armonica PWM Motor Drive – Armoniche 2nd a 375th (50Hz Fondamentale)
Misurati con PPA5530 Precision Power Analyzer

Senza il diodo, la tensione ai capi dell'IGBT sarebbe talmente elevata da provocarne la distruzione. Quando l'IGBT basso della Figura 3 è spento, accade lo stesso processo ma in modo reverso in quanto l'avvolgimento del motore sarà collegato al lato basso (0V) del bus DC.

Per fornire corrente al motore e incrementare la coppia e la velocità, sia la frequenza di modulazione che la tensione (incrementando il duty cycle) dell'inverter devono essere aumentate. Questo è dato dalla relazione tra il back emf e la velocità del motore in quanto gli

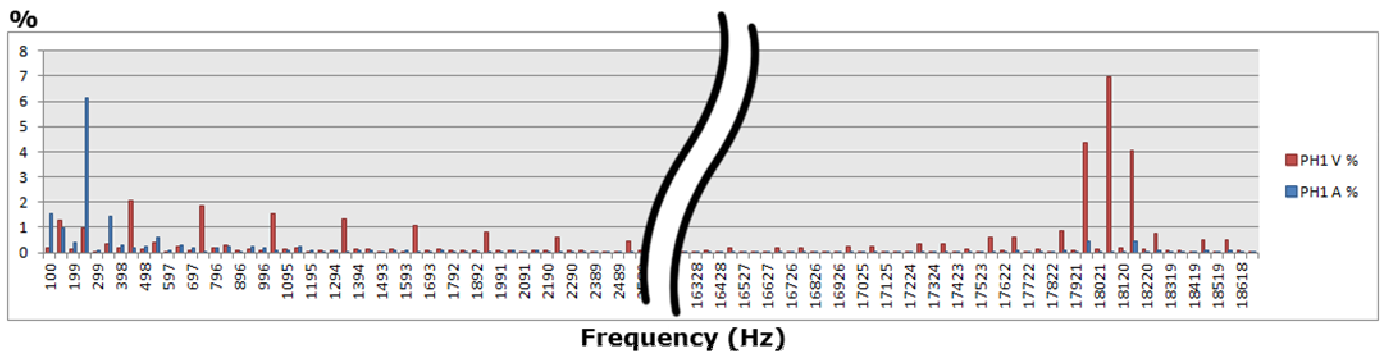


Figure 7.

Davide Fraconti

Power Tech Srl

Mail : powertechsrl@tin.it