

# ANALISI DELLE CONFIGURAZIONI A “DOPPIO INVERTER” PER LA REALIZZAZIONE DI CONVERTITORI MULTILIVELLO

G. Grandi, A. Lega

Dipartimento di Ingegneria Elettrica  
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna  
viale Risorgimento 2, 40136 - Bologna

Il progressivo sviluppo dei convertitori elettronici verso applicazioni di sempre maggiore potenza ha recentemente portato alla diffusione degli *inverter* multilivello. Grazie all'utilizzo di tali convertitori è infatti possibile aumentare il *range* di potenza in uscita utilizzando una opportuna combinazione di componenti che singolarmente gestirebbero potenze relativamente modeste. In particolare, con riferimento ad *inverter* a tensione impressa, la tensione di uscita può assumere valori in proporzione al numero di “stadi” con i quali viene realizzato il convertitore (Fig. 1). Si ha infatti una suddivisione della tensione sui singoli componenti senza un vero e proprio collegamento in serie, evitando le complicazioni di sincronizzazione e ripartizione che ne conseguirebbero.

Inoltre, la forma d'onda della tensione di uscita assume il tipico andamento a gradini, che consente di ottenere un basso contenuto armonico anche con frequenze di commutazione relativamente modeste, rendendo quindi possibile l'impiego di componenti di grossa taglia.

Anche i disturbi elettromagnetici condotti ed irradiati risultano mitigati in quanto le commutazioni avvengono non sull'intera escursione della tensione di uscita ma solo sui singoli gradini, riducendo sensibilmente i  $dv/dt$  a pari tempo di commutazione.

Le configurazioni base di *inverter* multilivello sono essenzialmente la “*diode-clamped*”, la “*capacitor-clamped*” e la “*cascaded inverter*”. Da queste ne sono state derivate altre cosiddette “ibride”, rispetto alle quali è reperibile una ricca bibliografia.

L'unità di Bologna ha concentrato la sua attività in questo settore sui convertitori multilivello di tipo “*cascaded*”, sostanzialmente basati sul collegamento in cascata di più *inverter* monofase (*H bridge*) per ognuna delle tre fasi di uscita (Fig. 2). Tale configurazione presenta alcuni vantaggi rispetto alle altre configurazioni base: evita l'impiego di componenti ausiliari quali diodi e condensatori (il cui numero aumenta drasticamente all'aumentare del numero di livelli), non presenta problemi di bilanciamento delle tensioni intermedie sui condensatori, distribuisce più uniformemente le correnti e le potenze dissipate sui vari componenti.

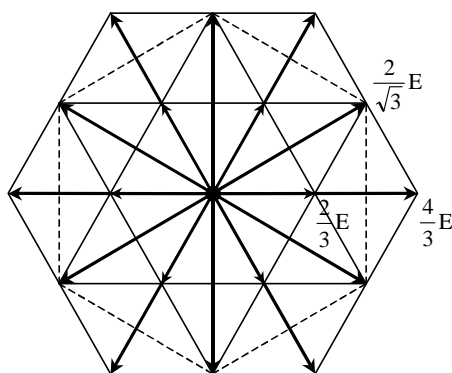


Fig. 1. Rappresentazione vettoriale delle diverse possibili tensioni di uscita.

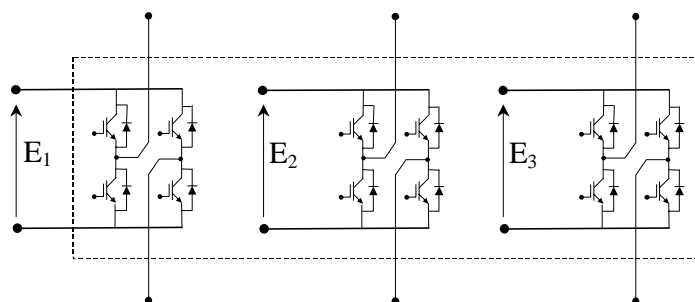


Fig. 2. *Cascaded inverter* a singolo stadio (3 livelli) con fasi di uscita aperte (possibilità di collegamento Y / Δ).

La caratteristica peculiare della configurazione *cascaded* sta nel fatto che sono richieste alimentazioni *dc* separate per ciascuno degli stadi collegati in cascata, per ognuna delle tre fasi. Ciò può costituire una forte limitazione all'impiego del “*cascaded inverter*”, se non nel caso di alimentazione da fonti rinnovabili, facilmente frazionabili e galvanicamente isolate. Questo limite può essere superato nel caso di *inverter* multilivello a singolo stadio, collegando in parallelo le 3 alimentazioni, Fig. 3(a). In questo caso il convertitore può essere visto come un doppio *inverter* con singola alimentazione, Fig. 3(b), e le fasi di uscita devono restare tra loro isolate. Questa tipologia di convertitore può quindi essere utilmente impiegata per alimentare macchine elettriche trifase a fasi aperte (6 morsetti), quali motori e trasformatori di disaccoppiamento per lo scambio di energia con la rete elettrica.

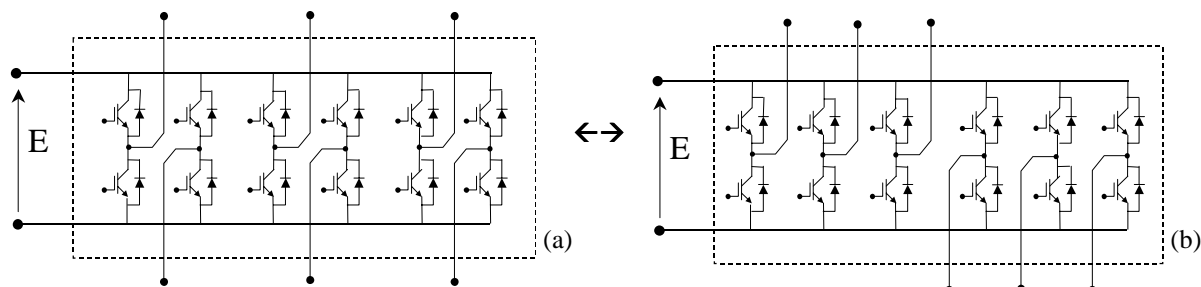


Fig. 3. *Cascaded inverter* a 3 livelli con unica alimentazione (doppio *inverter* trifase)

La configurazione a doppio *inverter* consente la circolazione della componente omopolare di corrente. Tale corrente può essere soppressa dalla cosiddetta “bobina omopolare”, oppure mantenendo separate le alimentazioni dei due *inverter* (Fig. 4).

Le tensioni di uscita di tutte e tre le strutture multilivello considerate sono rappresentate nel diagramma vettoriale di Fig. 1. Le 64 possibili configurazioni degli interruttori danno luogo a 18 vettori “attivi” a ed una tensione nulla. In particolare, i 6 vettori vertici dell'esagono interno sono realizzabili ciascuno con 6 diverse configurazioni, i 6 vettori vertici dell'esagono esterno sono realizzabili ciascuno con una sola configurazione, ed i 6 vettori mediani dei lati degli esagoni (vertici dell'esagono tratteggiato) sono realizzabili ciascuno con 2 configurazioni. La tensione nulla, centro degli esagoni, può essere ottenuta con 10 diverse configurazioni. L'attività di studio dell'Unità di Bologna è attualmente indirizzata verso l'utilizzo di questi gradi di libertà per l'ottimizzazione delle caratteristiche del convertitore con particolare riferimento alla ripartizione delle correnti nei rami e tra le alimentazioni in continua. Si prevede a breve la realizzazione di un convertitore multilivello presso il Laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Elettrica.

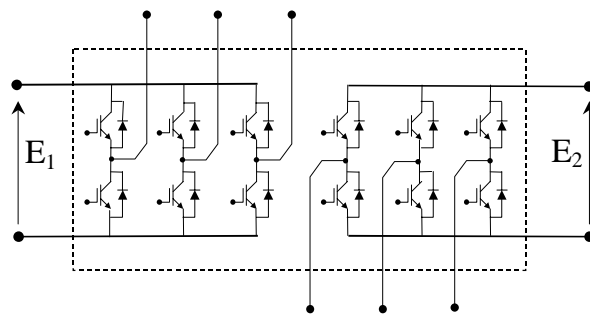


Fig. 4. *Cascaded inverter* a 3 livelli con doppia alimentazione (*inverter* trifase isolati)

## Bibliografia

- D. Peng , F.C. Lee, D. Boroyevich: “A novel SVM algorithm for multilevel three-phase converters”, IEEE-PESC, Vol. 2, 23-27 June 2002, pp. 509-513
- C.L. Poh, D.G. Holmes, Y. Fukuta, T.A. Lipo: “Reduced common-mode modulation strategies for cascaded multilevel inverters”, IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 39 , No. 5 , Sept.-Oct. 2003, pp. 1386-1395
- J. Rodríguez, Senior J.S. Lai, F.Z. Peng: “Multilevel Inverters: A Survey of Topologies, Controls, and Applications”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 49, No. 4, August 2002, pp. 724-738.