



Volfango Furgani

INVERTER E PONTI RADDRIZZATORI

24 September 2002

global \$id,\$section; ?>

Inverter e ponti raddrizzatori:

- **Le conversioni cc ca ed i loro impieghi**
- **Inverter monofase a mezzo ponte**
- **Inverter monofase a ponte**
- **Inverter trifase**
- **Cicloconverter**
- **I ponti raddrizzatori trifase**

Le conversioni cc ca ed i loro impieghi

[\(Dom. 71\)](#) Qui si parla di conversioni di valore medio o di frequenza per potenze elevate. A queste pensa un elettrotecnico parlando di conversioni; un elettronico si riferisce a segnali analogici o digitali eventualmente modulati ed un mullah a sciiti e sunniti. Ognuno ha il suo mondo. Noi abbiamo già parlato di conversione da alternata a continua di valore stabile per alimentare circuiti elettronici. Purtroppo ne esistono diversi altri tipi. Uno importante, sempre da alternata a continua ma non stabilizzata, per alimentare motori cc a velocità e coppia variabili. Queste regolazioni sono semplici (?) da ottenere con l'uso di ponti ed anelli di reazione per la tensione (velocità) e la corrente (coppia). La manutenzione dei motori cc non è altrettanto agevole e gli acquirenti agognavano motori asincroni in alternata più semplici e robusti. Peccato che per variare la velocità di questi aggeggi bisogna variare la frequenza di alimentazione del motore ed adeguare la tensione alla variazione della reattanza ωL per non sballare con la corrente. Cosucce nient'affatto banali. Servono convertitori ac 50 Hz ad ac a frequenza diversa (spesso minore e si può parlare di cicloconverter; talora maggiore ed allora serve un gruppo raddrizzatore ed inverter). Si fa presto a dire inverter: sono una famigliola di 35 diversi circuiti .

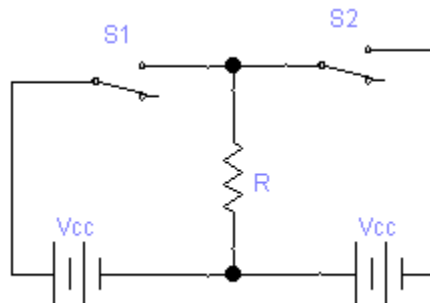
Converte una tensione continua in una alternata a frequenza variabile. Può servire da solo per alimentazioni di emergenza provocate da disservizi Enel. Le ferrovie, poi, stanno passando da motori cc a motori asincroni e si trovano a disporre di una rete di distribuzione in continua. Aniché cambiare tutta la rete conviene usare inverter. Le nuove, scarse (per motivi di politica energetica), ma benedette perché rinnovabili fonti di energia offrono spesso tensioni cc (vedi celle fotovoltaiche). Se vogliamo continuare ad usare i nostri elettrodomestici ci vuole un inverter. Di più, voi sapete che si può cambiare la ampiezza della tensione alternata con alto rendimento con un

trasformatore che, alimentato in continua, ritiene corretto bruciarsi. Intervengono i chopper sia innalzatori che, ovviamente, abbassatori di tensioni continue. Riassumo:

- a) raddrizzamento o conversione ca cc con uscita stabile mediante ponte di Graetz. Per alimentazione cc
- b) conversione ca cc a tensione variabile per azionamenti cc
- c) conversioni cc ca mediante inverter
- d) conversioni ca-ca mediante cicloconverter o raddrizzatore più inverter per azionamenti in alternata
- e) conversioni cc-cc con i chopper all'insegna del motto "Perché l' alternata sì, e la continua no?"

Inverter monofase a mezzo ponte ([Dom. 72](#))

Negli schemi che seguono gli interruttori possono essere sostituiti da un qualunque dispositivo elettronico a due stati (Bjt, power mosfet, Scr od altri ancora) chè il principio di funzionamento non cambia. Attenzione: in questi circuiti il semplice diodo non può essere utilizzato perché il suo passaggio da on ad off o viceversa è automatico è legato alla polarità della tensione di linea. In sostanza, al diodo manco un terzo terminale di controllo tipo base o gate.

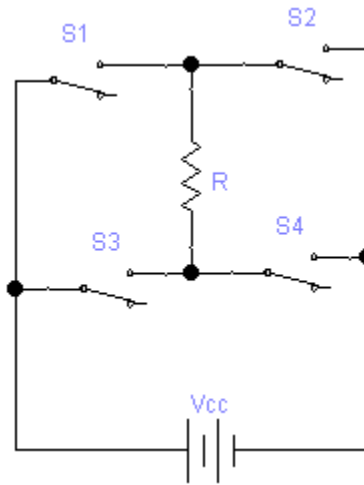


Quando S1 è chiuso (con S2 aperto) siamo nella semionda positiva della tensione su R. Se apro S2 (con S1 aperto), la corrente su R cambia verso e siamo nella semionda negativa. La frequenza della tensione alternata di uscita dipende da quella di pilotaggio di S1 ed S2.

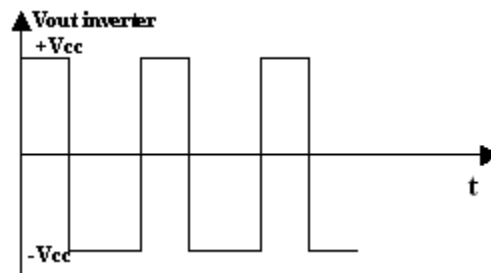
Inverter monofase a ponte

([Dom. 73](#)) In questo schema, con il vantaggio di una sola tensione di alimentazione Vcc, gli interruttori funzionano a coppia. In una semionda saranno chiusi solo S1 ed S4, nell'altra S2 ed S3. Notate che questo schema è lo stesso di quello per il pilotaggio a 4 quadranti di un motore cc con mosfet. Qui dobbiamo pensare che R rappresenti un motore in alternata e che il nostro circuito converte la tensione continua Vcc in una alternata di frequenza variabile e dipendente da quella delle

forme d'onda che pilotano i dispositivi (power mosfet nel caso già visto). In sostanza lo stesso circuito già visto per pilotare in 4 quadranti un motore cc può funzionare anche da inverter e pilotare un motore ca.



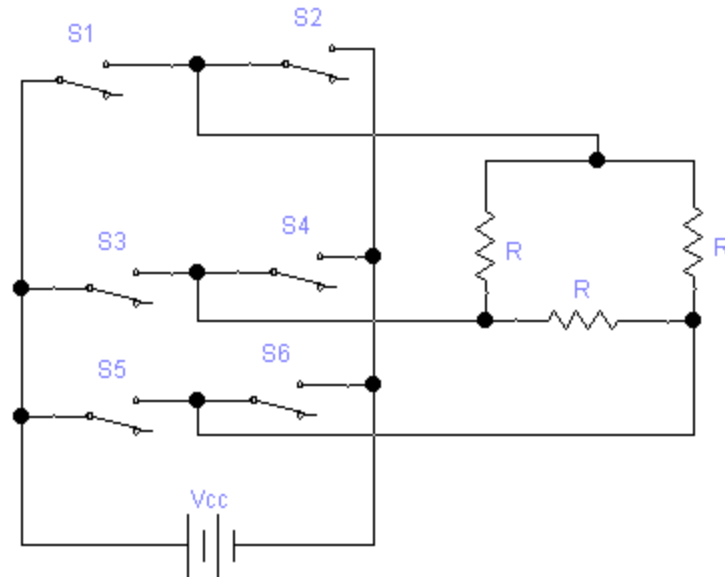
La forma d'onda dell'inverter risulta:



Frequenze di lavoro tipiche, utilizzate con dispositivi lenti come gli anzianotti Scr, erano 50 o 400 Hz. Questi valori cadono nel campo dell'udibile perfino per me. Il funzionamento di questi aggeggi è di conseguenza affetto da noiosissimi fischi. Frequenze fuori del campo dell'udibile, ad esempio 20 Khz che li sentono solo i cani, possono richiedere il passaggio a dispositivi diversi quali i power mosfet.

Inverter trifase

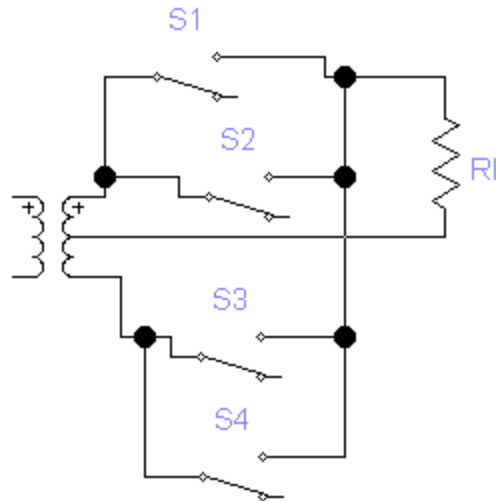
(Dom. 74) Il caso trifase si può vedere, in generale, come tre circuiti monofasi con uscite sfasate di 120° , tramite gli impulsi di comando del dispositivo utilizzato con lo schema di principio di figura.



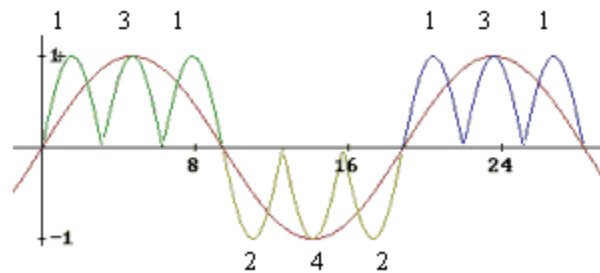
Chiudendo i sei interruttori con le opportune sequenze di comando, estensioni, magari non immediate, del caso monofase, è possibile alimentare un carico trifase che in figura appare collegato a stella. L'andamento ad onda quadra delle tensioni di uscita degli inverter visti (trifase o monofase) molto spesso non crea grossi problemi. Se il surriscaldamento provocato dalle armoniche in eccesso rispetto al caso di tensione di uscita sinusoidale non è accettabile (la vita media di un motore dipende dalla sua temperatura di lavoro), si ricorre a filtri che possono risultare costosi, pesanti ed ingombranti. Si può ricorrere, in ultima analisi, ad inverter con uscita sinusoidale (circuiti L C in risonanza).

Cicloconverter ([Dom. 75](#))

Come abbiamo detto sono convertitori di frequenza ca-ca. Possono lavorare solo diminuendo la frequenza di ingresso. Vediamo ad esempio il circuito a 4 dispositivi unidirezionali di figura. Lo schema a contatti prescinde dal dispositivo utilizzato, ma non dà conto del loro carattere unidirezionale.



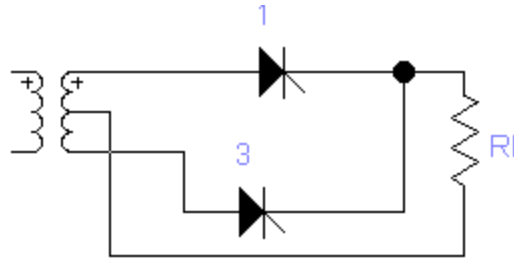
Scopo del circuito è la modificazione della tensione, di ingresso che, in uscita ed eventualmente filtrata, avrà un andamento sinusoidale con periodo multiplo di quello di ingresso come in figura.



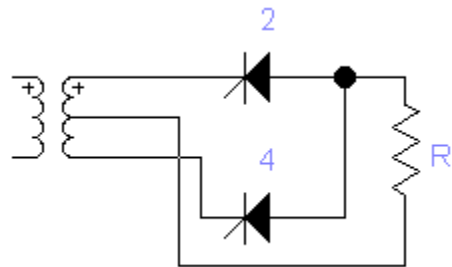
Durante il semiperiodo positivo della tensione di uscita, sono conduttori 1 e 3 in modo unidirezionale, dando luogo al primo circuito equivalente (raddrizzatore a doppia semionda con trasformatore a presa centrale). Uso dei diodi per evidenziare l'unidirezionalità della corrente. Ricordo che il trasformatore a presa centrale funziona da invertitore di fase. Se ai capi di un secondario abbiamo +10V, quando mettiamo a massa il punto centrale dell'avvolgimento, la tensione in uscita sarà di +5V all'estremo superiore e di - 5V all'estremo inferiore. In questo modo un solo diodo potrà condurre in ogni semionda. Nel primo semiperiodo positivo della tensione di ingresso, 1 conduce e 3 è bloccato (come 2 e 4). Nel primo semiperiodo negativo della tensione di ingresso, conduce solo 3 che raddrizza la semionda negativa.

Circuito equivalente nella semionda positiva di uscita.

Per ottenere la semionda negativa verranno pilotati in modo identico ad 1 e 3, i due Scr 2 e 4 ottenendo il secondo circuito equivalente..



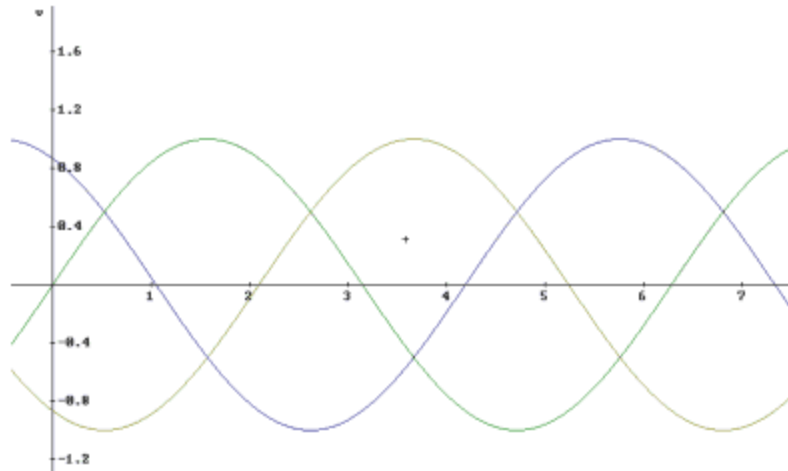
Circuito equivalente nella semionda negativa di uscita.



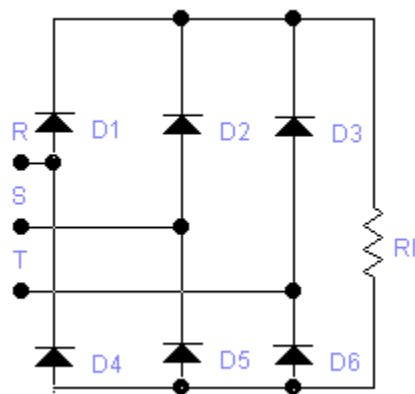
In conclusione possiamo ricordare che il cicloconverter, eventualmente in versione trifase, è adatto per funzionare ad alte potenze e frequenze basse pari a 50 Hz diviso per il numero intero di semiperiodi adiacenti della stessa polarità. Quindi si possono ottenere 50/2 Hz, 50/3 Hz e così via. Per frequenze superiori a 50 Hz, si può usare un raddrizzatore per ottenere una tensione unipolare più un inverter che la converte poi in una alternata di frequenza dipendente da quella degli impulsi di comando. Questa serie di passaggi diminuisce il rendimento. Perciò conviene l'uso dello schema raddrizzatore + inverter a basse potenze ed elevate velocità (frequenze).

I ponti raddrizzatori trifase

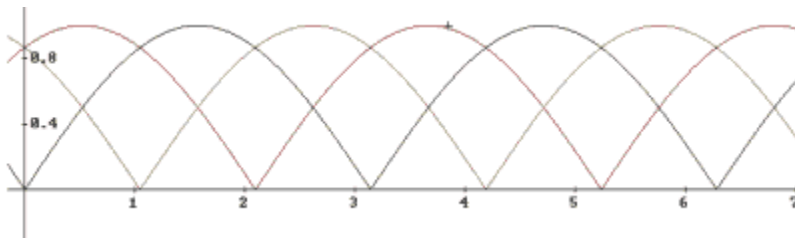
[\(Dom. 76\)](#) Vi ricordo il non facile (da disegnare) andamento di un sistema di tre tensioni sfasate nel tempo di 120° .



Il primo da prendere in considerazione è il ponte non controllato trifase secondo Graetz interamente a diodi..



A questo ponte sono associate le seguenti forme d'onda che derivano da quelle trifase disegnate all'inizio invertendo le semionde negative:



Caratteristica peculiare di questo ponte trifase è il ridotto livello di ripple in assenza di condensatore di livellamento che diviene improponibile ad elevati valori di potenza e di tensione. Si può dimostrare che $V_m = 0.955V_M$. Le sequenze di conduzione saranno RS, RT, ST, RS, TR e TS. Complicatucce.