

Volfango Furgani

REAZIONI NEGATIVE E PWM

24 September 2002

global \$id,\$section; ?>

Complementi: reazioni negative e PWM

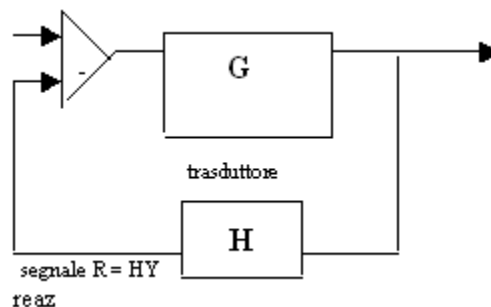
- **Complementi sulla reazione negativa**
- **Complementi sulla modulazione PWM**
- **Schema circuitale modulatore PWM**
- **Forme d'onda dei segnali portante, modulante ed, in basso, modulato PWM**
- **SCR ovvero Silicon Controlled Rectifier**
- **Pilotaggio di un motore universale tramite scr**
- **Ponti ad SCR**
- **La funzione di trasferimento**

Complementi sulla reazione negativa

(Dom. 77) Fino ad ora abbiamo discusso in modo qualitativo numerosi esempi di reazione negativa parlando dell'emettitore comune, delle distorsioni, dell'amplificatore operazionale e, da ultimo, del controllo di motori elettrici. Vediamo di riassumere questi esempi in un unico discorso senza puntualizzazioni matematiche. Questa volta non precisiamo la natura dei segnali e dei componenti il sistema.

Come vedrete in Sistemi, un qualunque circuito od impianto soggetto a reazione negativa si può in generale schematizzare con lo schema a blocchi: della pagina a fianco

Ingresso X Catena diretta



Potete supporre, se non accettate il pizzico di astrattezza di questo schema, che il nodo di confronto (indicato qui con un triangolo anziché con un cerchio, come d'uso,

per comodità grafica) sia un amplificatore differenziale, G contenga un amplificatore di potenza che pilota un motore ed H rappresenti trasduttori di velocità, di corrente o di qualunque grandezza interessi controllare.

Il principio di reazione si può descrivere così: supponiamo che, per qualunque disturbo, Y diminuisca. Anche il segnale HY segue questa sorte. Al contrario il nodo di confronto produce un segnale $X - HY$ che aumenta e, moltiplicato per G, tende a ripristinare il desiderato valore di Y. Se tutto va bene. Se qualcosa va storto il sistema oscilla, cioè impazzisce.

Complementi sulla modulazione pwm

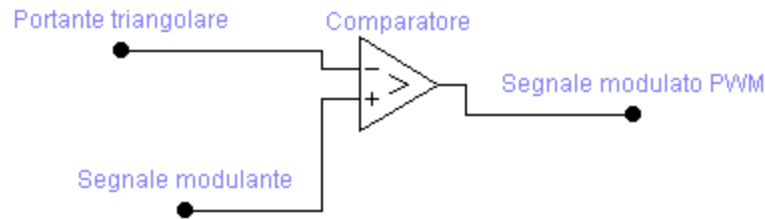
ovvero **Pulse Width Modulation**.

Introduzione

[\(Dom. 78\)](#) Nei processi di modulazione sono coinvolti tre segnali: il modulante che contiene l'informazione (musicale, video... o l'andamento di una grandezza fisica da controllare), il segnale portante che diventerà il veicolo dell'informazione ed il segnale modulato che porta la stessa informazione del segnale modulante trasformata in modo adatto ai nostri scopi. Tali obiettivi possono essere la propagazione libera nell'atmosfera (segnali audio, video, satellitari...), la propagazione guidata (TV via cavo, Internet...) o come nel nostro caso la efficiente trasmissione di potenza elettrica. Il nostro segnale modulante è molto lentamente variabile e dovrà regolare la velocità di un motore attraverso dispositivi elettronici di potenza (mosfet, igbt ...) che per dissipare poca energia si debbono trovare o in saturazione o in interdizione. Il segnale portante è costituito da un'onda a dente di sega e il segnale modulato da una successione di impulsi la cui durata è proporzionale all'ampiezza del segnale modulante. Tali impulsi permettono la saturazione del dispositivo controllato sul livello alto e l'interdizione sul livello basso. In figura tale segnale disegnato ingrossato è prima medio, poi basso ed infine alto. Se osservate il segnale modulato in basso, troverete, grossolanamente disegnate, le stesse tre informazioni legate alla durata degli impulsi (prima media, poi bassa ed infine alta)..

Schema circuitale modulatore PWM

[\(Dom. 79\)](#) Un semplice circuito modulatore PWM è costituito da un comparatore invertente il cui segnale di riferimento V_r (anziché costante in questo caso V_r è molto lentamente variabile) è il segnale modulante che viene confrontato con una rampa. Finché il segnale a rampa è inferiore a quello modulante di riferimento, l'uscita del comparatore è alta. Siccome la rampa è proporzionale al tempo, si attua una conversione dell'ampiezza del segnale in una durata. Si converte, cioè, una tensione in un tempo.



Forme d'onda dei segnali portante, modulante ed, in basso, modulato PWM

Un modulatore integrato può essere lo LM3524.

SCR ovvero Silicon Controlled Rectifier

[\(Dom. 80\)](#) E' un diodo di potenza in grado di raddrizzare notevoli correnti (anche centinaia di ampere). La caratteristica essenziale sta nel terzo terminale dopo anodo e catodo: il gate. Questo ingresso controlla la conduzione dell'Scr nella semionda positiva (in quella negativa il problema non si pone visto che la conduzione è assente come in ogni diodo che si faccia rispettare). Precisamente l'Scr entra in conduzione nella sola semionda positiva, ma dopo che il gate è stato pilotato da un impulso di corrente di ampiezza e durata opportune sganciato da un sofisticato apposito circuito di comando.

Il simbolo circuitale è di seguito riportato:

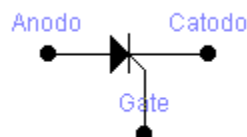


Figura 6

La tensione d'ingresso avrà andamento sinusoidale mentre la corrente e la tensione sull'Scr avranno l'andamento riportato in figura 5.

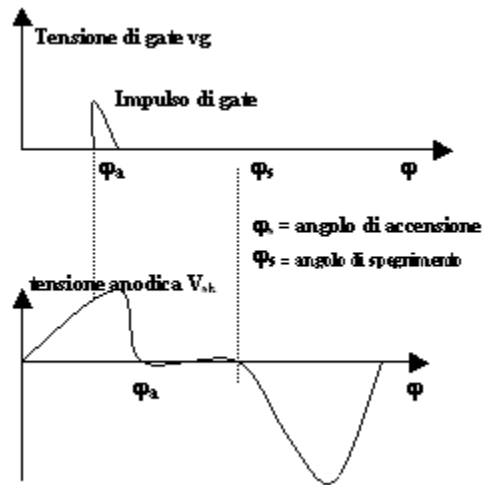


Figura 5

La tensione V_{ak} ha andamento sinusoidale quando l'Scr non conduce cioè per $j < j_a$ e per $j > j_s$. $F_a = \omega \cdot t_a$ indica l'angolo di accensione e $j_s = \omega \cdot t_s$ indica l'angolo di spegnimento diverso da $180^\circ (>)$ solo nel caso di carico induttivo. Ovviamente t_a e t_s sono rispettivamente l'istante di innesco dell'scr e quello del suo spegnimento.

Pilotaggio di un motore universale mediante scr

[\(Dom. 81\)](#) Un motore universale ha la costituzione di un motore in corrente continua, ma viene pilotato in alternata. Il trucco sta nel fatto che le due sinusoidi per i e per v che sono responsabili della coppia, invertono la fase contemporaneamente. Ciò è ovviamente possibile solo se i diversi circuiti relativi ad i e v sono in serie. Il motore universale dal punto di vista elettrotecnico si chiama, come vedrete, motore in cc eccitato in serie. Perciò il verso (segno) della coppia stessa resta costante. E' molto diffuso nei piccoli elettrodomestici. Un semplice circuito di pilotaggio è riportato in figura 7:

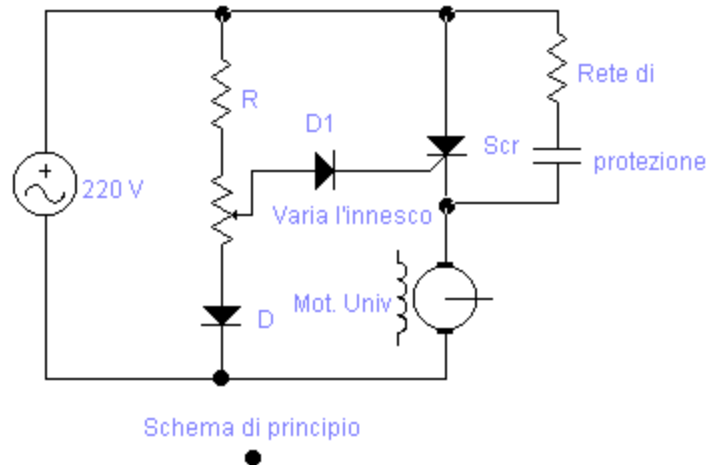


Figura 7

La serie potenziometro, D ed R serve a sganciare l'impulso all'istante in cui la tensione di rete supera quella del motore universale. La resistenza variabile serve a variare l'istante di sgancio dell'impulso di gate. Il diodo D abilita il controllo dell'istante di sgancio nella semionda positiva. Anzi in un solo quarto di periodo. Nella negativa l'eventuale impulso servirebbe solo a scaldare il gate, visto che l'scr è polarizzato inversamente. Circuiti più complessi con un condensatore fra gate ed anodo consentono il controllo ad una semionda. Da notare che in questo circuito esiste una reazione negativa. Infatti se, ad esempio, il motore rallenta, diminuisce la tensione ai suoi capi, e il valore della tensione di rete necessario a sganciare l'impulso è minore. La conduzione è così anticipata. L'angolo di conduzione $\alpha_c = \alpha_a - \alpha_a$ aumenta ed il motore accelera tendendo a ritornare alla precedente più alta velocità. Circuiti più sofisticati richiedono una logica complessa per lo sgancio degli impulsi realizzabile con dispositivi integrati tipo lo L120.

Se si vuole un controllo esteso alle due semionde si può passare ad un triac.

Il triac può essere considerato equivalente a due Scr in antiparallelo. E', quindi in grado di pilotare il carico in modo controllato sia nella semionda positiva che in quella negativa. Sono rappresentati in figura 21. Gli impulsi potrebbero essere generati da integrati simili all'U210B della Telefunken.

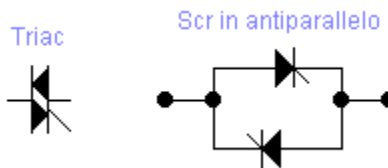
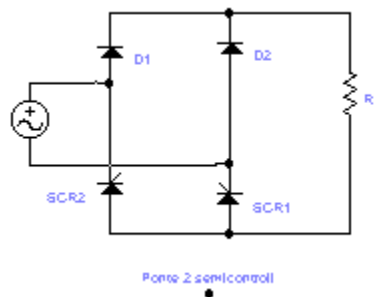
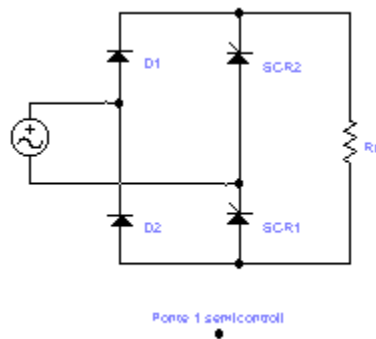


Figura 8

Non vediamo i relativi circuiti che dovrebbero essere naturali espansioni del precedente. Alt! Calma!. Le naturali espansioni non ve le chiedo. Sapete com'è, quando si usa il condizionale....

Ponti ad SCR

[\(Dom. 83\)](#) Per il funzionamento della struttura a ponte voi certo ricordate quello di Graetz visto l'anno scorso. Con gli Scr ne studieremo ben tre: due semicontrollati, cioè con due diodi e due Scr ed uno totalmente controllato con quattro Scr. La via di conduzione nella semionda positiva è costituita da D1 ed Scr1 per i ponti 1 e 2 e dai due Scr indicati con Scr1 per il ponte 3. Nella semionda negativa avremo D2 ed Scr2 per i primi due ponti ed i due Scr2 per il terzo. I primi due ponti permettono la libera circolazione Attraverso D1, D2 ed RL il ponte 1, mentre per il ponte due avremo Scr1, D2 ed il carico od Scr2 D1 ed RL.



[\(Dom. 84\)](#) Il terzo ponte non permette la libera circolazione perché un Scr, al contrario di un diodo, non può innescarsi spontaneamente e si dice che funziona a recupero in quanto permette il ritorno in rete, durante la semionda negativa, dell'energia reattiva immagazzinata nell'induttanza L degli avvolgimenti del carico (ad esempio un motore). Si può pensare al movimento di un treno in salita trainato da un motore elettrico in corrente continua. Nel funzionamento a recupero, la macchina funziona da generatore verso la rete. Ciò può accadere, ad esempio, con il treno in discesa.

L'energia potenziale del convoglio, invece di trasformarsi in cinetica e condurre alla catastrofe il treno, trascina la macchina che funziona da freno con sollievo dei viaggiatori. La macchina in discesa non è alimentata dalla rete, anzi preleva energia cinetica dal treno in discesa, la trasforma in elettrica e la immette in rete. Sto parlando di frenatura a recupero, non di frenature elettromagnetica basata sulle correnti di Foucolt (quello del pendolo). Nel nostro caso il verso della corrente si inverte come quello della coppia ($C = kI\Phi$) che diviene resistente. Questo funzionamento si dice nel quarto quadrante del grafico di figura 9.

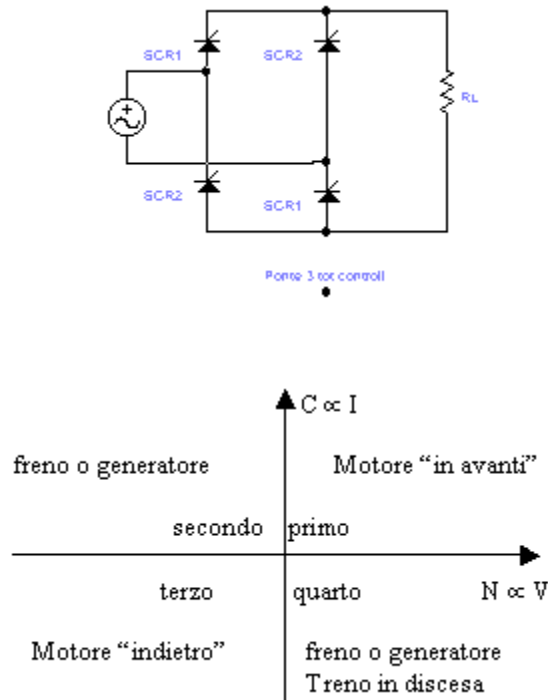


Figura 9

La funzione di trasferimento

Di solito un ponte ad Scr si schematizza con un polo e quindi con una funzione $G(s) = K/(1+s\tau)$. Ciò dipende dal fatto che tutti i ritardi in gioco sono trascurabili rispetto al tempo T che intercorre fra lo zero della tensione e lo sgancio dell'impulso di gate. Tale tempo, nel caso a doppia semionda monofase, può arrivare a 10 msec. Considerazioni statistiche convincono ad assumere per τ il valore $(2/3) \cdot T = 20/3$ msec. Nel caso trifase si divide T per 3.