

SOLUZIONI PER CONVERTITORI TRANSFORMERLESS SENZA INIEZIONE IN RETE DI CORRENTE CONTINUA

Carla Tassoni, Giampaolo Buticchi, Carlo Concari, Giovanni Franceschini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Via G. P. Usberti 181/A, 43124 Parma

Nei sistemi di produzione dell'energia elettrica connessi alla rete, sia da fonti rinnovabili sia da fonti tradizionali, la presenza di un trasformatore di linea operante alla frequenza di rete garantisce che la corrente iniettata in rete sia esente da componente continua. Recentemente, la ricerca di soluzioni più compatte, leggere e a basso costo sta spingendo verso convertitori elettronici basati su architetture senza trasformatore di linea (*transformerless*). In tali convertitori occorre adottare misure speciali per limitare la possibile iniezione di componente continua al di sotto delle soglie definite dalle norme internazionali.

Si sono studiate soluzioni semplici ed economiche per ridurre la componente di corrente continua iniettata in rete da un convertitore a ponte intero privo di trasformatore di linea. Queste soluzioni debbono essere intrinsecamente insensibili agli errori di offset di misura per poter compensare dinamicamente l'offset dei sensori ad effetto Hall tipicamente usati come trasduttori di corrente.

Una possibile soluzione la cui realizzazione ha dato ottime prestazioni si basa sul fatto che ad una componente continua di corrente in uscita dal convertitore corrisponde una componente continua della tensione, ad essa proporzionale. Il sensore di componente continua è costituito da un'induttanza saturabile, posta in parallelo alla linea, che alla tensione nominale di linea lavora sulla soglia della saturazione. Se la tensione di linea è priva di componente continua, la corrente magnetizzante dell'induttanza assume una forma simmetrica. Viceversa, la presenza di una componente continua, ad esempio positiva, causa una saturazione più marcata in corrispondenza dei picchi positivi del flusso rispetto a quanto avviene sui picchi positivi, con corrispondente asimmetria della forma d'onda di corrente magnetizzante (Fig. 1).

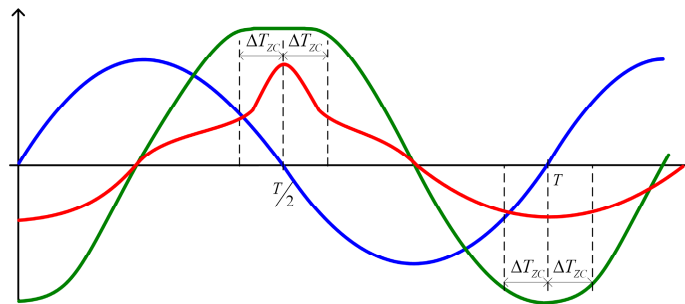


Fig. 1. Effetto di una componente di tensione positiva su un'induttanza che lavora sulla soglia della saturazione. Tensione di rete (blu), corrente magnetizzante (rossa) e flusso magnetico (verde).

L'entità della componente continua viene stimata valutando l'asimmetria della corrente magnetizzante. Per fare questo si individuano due finestre di integrazione, visibili in Fig. 1, centrate sugli attraversamenti di zero della tensione di linea e, pertanto, sui picchi della corrente magnetizzante. Si calcolano i due integrali della corrente magnetizzante sulle nelle due finestre temporali, uno positivo e l'altro negativo:

$$SI_P = \int_{T/2-\Delta T_{ZC}}^{T/2+\Delta T_{ZC}} |i_R(t)| dt, \quad SI_N = \int_{T-\Delta T_{ZC}}^{T+\Delta T_{ZC}} |i_R(t)| dt \quad (1)$$

Nel caso di componente continua positiva il semiperiodo positivo del flusso subisce una saturazione, con conseguente comparsa di armoniche pari sul flusso e sulla corrente: il valore di SI_P è maggiore di SI_N . La differenza $SI_P - SI_N$ ha lo stesso segno della componente continua iniettata in rete, mentre il suo valore può essere usato come ingresso di un regolatore PI (Fig. 2(a)). Tale regolatore compensa dinamicamente l'offset andando ad agire sul convertitore che inietta la corrente in rete fino a rendere simmetrica la corrente magnetizzante e, pertanto, nulla la componente continua della corrente iniettata. La Fig. 2(b) mostra uno schema a blocchi semplificato del sistema di compensazione, il cui prototipo è mostrato in Fig. 2(c).

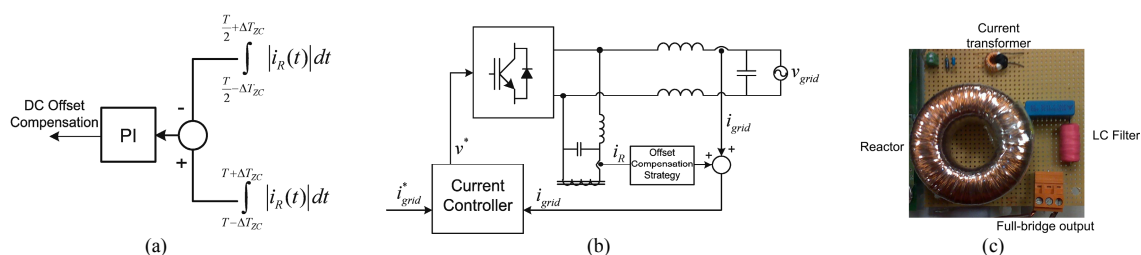


Fig. 2. Misura dell'asimmetria della corrente magnetizzante dell'induttanza saturabile come ingresso per il regolatore di compensazione (a), schema a blocchi del sistema di compensazione (b).

La Fig. 3 mostra i risultati sperimentali in presenza di una componente continua sulla tensione di rete nel caso di assenza (a) e presenza (b) della compensazione. I risultati sperimentali confermano la validità della soluzione proposta.

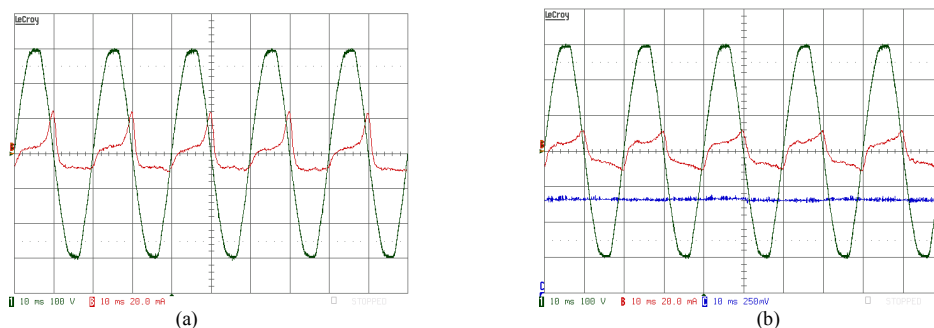


Fig. 3. Risultati sperimentali in presenza di un offset positivo della tensione di rete. Senza compensazione (a), con compensazione (b). Tensione di rete (verde), corrente magnetizzante (rossa), uscita del regolatore (blu).

G. Buticchi *et al.*, "A Novel Current Sensing DC Offset Compensation Strategy in Transformerless Grid Connected Power Converters", in *Proc. ECCE 2009*, San Jose, CA, USA, 20–24 Sept. 2009, pp. 3889–3894.

G. Buticchi *et al.*, "A Sensor to Detect the DC Bias of Distribution Power Transformers", submitted to *SDEMPED 2011*, Bologna, Italy, 20–24 Sept. 2011.