

Trasformatore

Due bobine montate su un nucleo di ferro dolce ad anello chiuso sono definite bobina primaria e secondaria. La bobina primaria è normalmente alimentata in corrente alternata sinusoidale con una frequenza di 50 Hz.

Se però il trasformatore deve funzionare in corrente continua, sorgono una serie di problematiche.

Naturalmente, la corrente continua può essere trasformata in corrente alternata sinusoidale. Tuttavia, ciò richiede un elevato numero di circuiti, il che porta a delle perdite di commutazione.

Il circuito primario può anche essere semplicemente commutato (on-off), creando in tal modo una variazione del campo magnetico. Le perdite sull'interuttore rimangono trascurabili, ma quelle caloriche (a seconda della frequenza applicata) possono essere importanti.

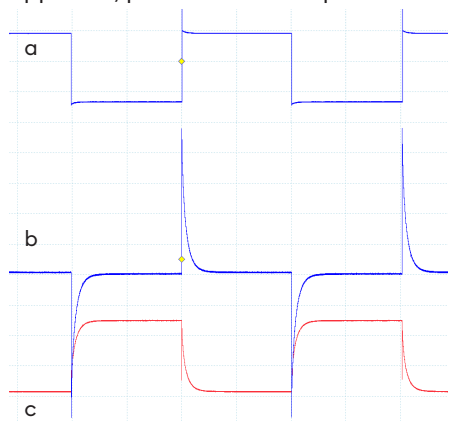


Fig. 1: la bobina primaria viene eccitata con un segnale a onda quadra (a). Blu: tensione (b), rosso: corrente (c)

Poiché l'intensità del campo magnetico dipende esclusivamente dalla corrente, dal numero di spire e dal nucleo di ferro, la tensione primaria svolge solo un ruolo secondario. Di conseguenza, nella figura 1 le due curve blu sono meno importanti della curva rossa della corrente. In questo caso, si può notare che la frequenza impostata è troppo bassa, poiché la bobina ha già raggiunto la saturazione ancora prima della metà del ciclo di in-

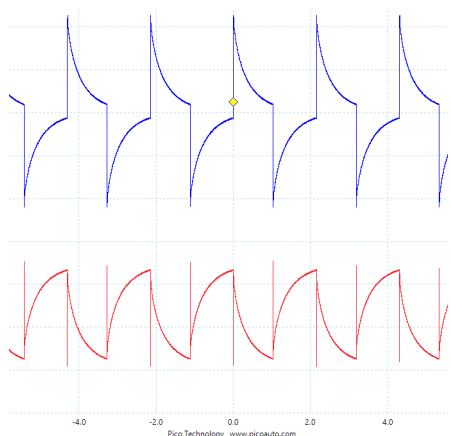


Fig. 2: curva della tensione (blu) e della corrente (rosso) nella bobina primaria, con segnali a onda quadra a poco meno di 500 Hz.

serimento (on) e l'energia in eccesso è convertita in calore dalla resistenza ohmica dell'avvolgimento stesso.

Per questo motivo, la frequenza viene aumentata a circa 500 Hz. La figura 2 mostra che la curva rossa della corrente non raggiunge più la saturazione completa, vale a dire che il campo magnetico cade subito mentre si sta ancora creando. Il campo magnetico varia continuamente, quindi l'induzione nella bobina secondaria non viene interrotta. Le frequenze utilizzate nei veicoli ibridi o elettrici possono essere dell'ordine di > 100 kHz. Di conseguenza, la corrente primaria avrà una forma a dente di sega o triangolare e non più rettangolare (fig. 3). Secondo Vitesco Technologies, frequenze di commutazione così elevate richiedono trasformatore speciali, poiché altrimenti le oscillazioni di disturbo potrebbero diventare troppo grandi. Una possibilità è la costruzione a matrice di molti piccoli trasformatore collegati in parallelo. Ciò comporta una riduzione significativa delle oscillazioni di disturbo.

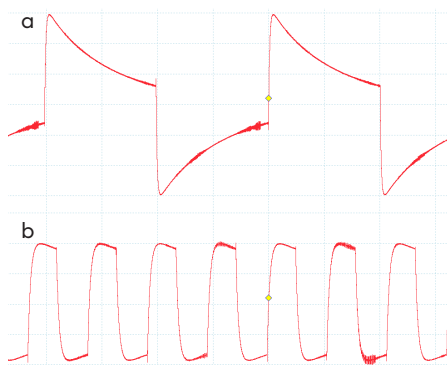


Fig. 4: curva della corrente nella bobina secondaria con segnali a onda quadra di 50 Hz (a) e 500 Hz (b).

Circuito secondario

Sul lato secondario, la corrente si presenta come illustrato nella fig. 4. A 50 Hz (a) la bobina primaria raggiunge la saturazione completa a seguito della bassa velocità di commutazione. Tensione indotta e corrente secondaria coincidono proporzionalmente. Già a 500 Hz sull'oscilloscopio appare invece un segnale a onda quadra (fig. 4b).

Regolazione

Come il regolatore di tensione di un alternatore, anche il convertitore CC-CC dell'automobile deve essere regolato in modo tale che la tensione sia sempre compresa tra 12 e 14 V a seguito delle diverse esigenze di carico. Se il trasformatore è alimentato con un segnale rettangolare, il controllo può essere effettuato con un segnale modulato ad ampiezza d'impulsi, il che comporta uno sforzo relativamente ridotto in termini di progettazione. Se la frequenza è sufficientemente alta, la corrente primaria avrà

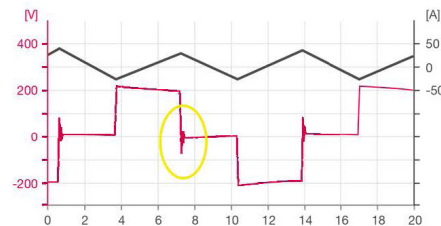


Fig. 3: l'elevata frequenza di ingresso rettangolare nella bobina primaria produce una corrente triangolare, che si traduce in segnali di tensione e corrente rettangolari sul circuito secondario.

una forma a dente di sega o, a frequenze ancora più elevate, una forma triangolare, come nella fig. 4. Grazie alla modulazione dell'ampiezza degli impulsi, cioè a causa dell'inserimento più o meno lungo del segnale all'interno della durata di un periodo, la corrente fornita e quindi il campo magnetico nella bobina primaria aumentano. La fig. 5 mostra due cicli di lavoro a bassa frequenza. Poiché la frequenza dell'induttanza è relativamente piccola, la corrente raggiunge la saturazione anche con un rapporto ciclico inferiore.

Sul circuito secondario, il diagramma della corrente e della tensione sarà simile a quello della fig. 4b se il carico è costituito da un resistenza ohmica. Con un rapporto ciclico maggiore, la parte alta diventerà più lunga e con una frequenza

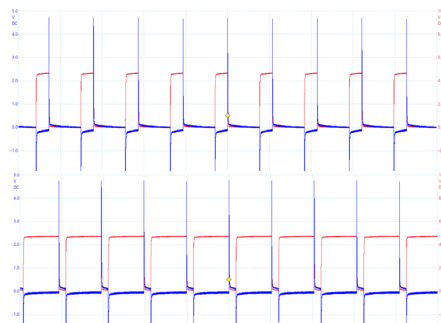


Fig. 5: curva di corrente e tensione nella bobina primaria con segnali a onda quadra alimentati con rapporti ciclici diversi.

ridotta diventerà di nuovo più piccola. Il livello di tensione si regola in base alla resistenza del circuito secondario.

Il circuito di controllo nei veicoli elettrici include un sistema di gestione della corrente che può influenzare direttamente il segnale PWM sul circuito primario. A sovrintendere il tutto, c'è un loop di controllo che monitora e gestisce la tensione della rete di bordo (12 V).

In questo modo, la conversione della tensione continua può essere realizzata anche con un sistema di trasformatore. In termini costruttivi, lo sforzo è gestibile e in termini di sicurezza v'è da dire che la trasformazione tramite magnetismo è certamente una soluzione interessante. La separazione galvanica della tensione primaria e secondaria consente di omettere complessi circuiti elettronici di sicurezza.