

Emanuele T (EcoTan)

EFFETTO DI UN RADDRIZZATORE A SEMIONDA SUL TRASFORMATORE.

26 March 2021

Introduzione

E' noto che un raddrizzatore a semplice semionda alimentato da un trasformatore, induce una anomalia nella magnetizzazione di quest'ultimo. Il fenomeno è facile da spiegare in termini descrittivi, in quanto la componente continua presente nella corrente secondaria porta il nucleo verso la saturazione, ma non mi risulta che esista un metodo consolidato per darne una valutazione quantitativa. Col presente studio affronto una analisi teorica nel campo lineare, e pongo forse le basi per un successivo affinamento che tenga conto della curva di saturazione del nucleo e/o della presenza di una capacità di livellamento .

Il problema

Prendiamo un trasformatore che alimenta una resistenza R , dapprima direttamente, e poi inseriamo un diodo in serie a R . Ci proponiamo di confrontare le correnti magnetizzanti che si verificano nelle due dette situazioni, che qui sotto vengono raffigurate una affianco all'altra:



semionda1.jpg

Il metodo

Ci avvarremo di un programma di calcolo numerico quindi cominciamo subito a fissare i dati numerici del problema: la tensione di alimentazione vale 220 V efficaci con frequenza 50 Hz, la resistenza R vale 484 ohm quindi assorbirebbe una corrente tale da dissipare 100 W qualora venisse alimentata a 220 V, e l'induttanza primaria $L1$ vale 15,41 Henry quindi assorbe, a vuoto, un decimo della corrente suddetta. Il rapporto spire si intende 1:1 cioè l'induttanza secondaria $L2$ è pari ad $L1$ mentre il coefficiente di accoppiamento k fra i due avvolgimenti si assume 0,9 ovvero 90%. Adottando il metodo di Maxwell delle correnti di maglia nel dominio del tempo, con riferimento alla figura abbiamo due maglie indipendenti e dunque un sistema di due equazioni in due incognite:

$$v - L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} = 0$$

$$-L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} - Ri_2 = 0$$

M è il coefficiente di mutua induzione pari a k per la radice di L1 L2. E' chiaro che le incognite i1 e i2 sono le correnti di maglia mentre t indica il tempo. Il prefisso d indica i differenziali delle dette grandezze ma può indicarne anche le differenze finite e come passo di calcolo si assume dt pari a 10 microsecondi. Otteniamo per sostituzione le seguenti formule risolutive del nostro sistema:

$$di_2 = dt \frac{\frac{Mv}{L_1 - Ri_2}}{L_2 - \frac{M^2}{L_1}}$$

$$di_1 = \frac{vdt + Mdi_2}{L_1}$$

Ad ogni passo il programma calcola la tensione istantanea:

$$v = \sqrt{2} \times 220 \cos(100\pi t)$$

quindi con le formule appena viste calcola di2 poi di1 e aggiorna in memoria le variabili di stato:

$$t = t + dt$$

$$i_1 = i_1 + di_1$$

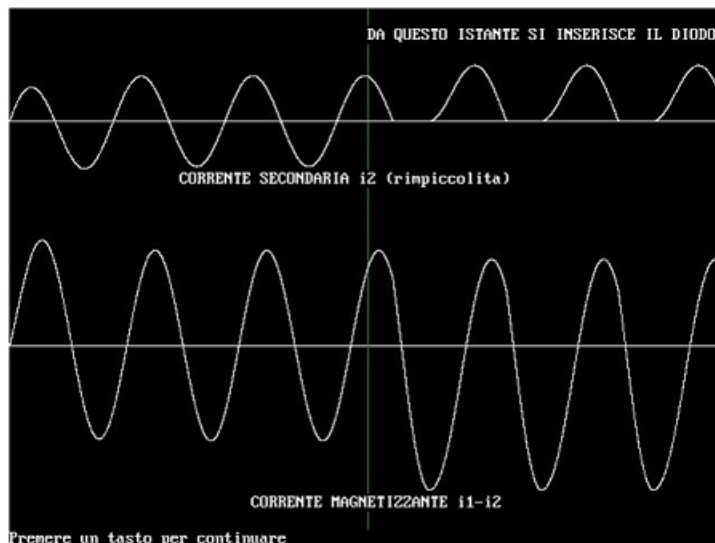
$$i_2 = i_2 + di_2$$

inoltre traccia gli oscillogrammi. Tutto questo vale quando il diodo non è inserito. Quando invece il diodo è inserito, il programma verifica ad ogni passo il segno di i2 e quando questo è negativo sostituisce ad R un valore 1000 volte più grande per simulare un diodo interdetto.

Il risultato

Il programma traccia nella metà sinistra dello schermo gli oscillogrammi validi quando non c'è il diodo, e nella metà destra gli stessi oscillogrammi validi quando il diodo è inserito, per consentire un confronto immediato delle due situazioni. L'oscillogramma nella parte alta dello schermo rappresenta la corrente secondaria i2 (a scala più piccola) mentre l'oscillogramma sottostante rappresenta i1-i2 cioè la corrente magnetizzante. Effettivamente si nota che inserendo il diodo questa corrente non diminuisce ma anzi si sposta verso picchi (negativi) più consistenti che portano il nucleo verso la saturazione, considerando che esso normalmente lavora in prossimità del ginocchio della curva di magnetizzazione. Tuttavia il fenomeno non appare molto consistente, e assumendo un coefficiente di accoppiamento k = 0,98 il fenomeno stesso diviene trascurabile.

Questo è quanto mi risulterebbe da questa prima simulazione teorica che mi riprometto di affinare e intanto vale come ricerca di un metodo.



semionda2.jpg

Due parole sul trasformatore

Premetto che la reattanza è pari all'induttanza per la pulsazione e la pulsazione vale sempre 314,16 perciò parliamo indifferentemente di induttanza o reattanza. La relazione fra le costanti circuitali impiegate nel calcolo, e i dati tecnici del trasformatore, è presto detta: L_1 è l'induttanza primaria a vuoto, e la differenza $L_1 - M$ è l'induttanza di dispersione primaria, pari a metà della induttanza di corto circuito essendo l'altra metà dovuta al secondario. La saturazione del nucleo ha l'effetto di ridurre tanto L_1 quanto M , mentre la differenza $L_1 - M$ dovrebbe restare invariata perchè l'induttanza di dispersione si svolge in aria quindi non risente della saturazione. Infine, se il rapporto di trasformazione non fosse unitario, dovremmo riportare le varie grandezze a primario o a secondario moltiplicando o dividendo per i relativi rapporti di traslazione.

Il programma

Il programma è stato scritto su un PC DOS-compatibile in quickBasic e ne riporto qui sotto il listato:

```
REM Il trasformatore assorbe 10 VA a vuoto.
REM La resistenza assorbe 100 W a 220 V.
SCREEN 12: LINE (0, 300)-(640, 300)
LINE (320, 0)-(320, 480), 2
LINE (0, 100)-(640, 100)
```

```
LOCATE 2, 41: PRINT "DA QUESTO ISTANTE SI INSERISCE IL DIODO"  
LOCATE 28, 28: PRINT "CORRENTE MAGNETIZZANTE i1-i2"  
LOCATE 10, 20: PRINT "CORRENTE SECONDARIA i2 (rimpiccolita)"
```

```
Vn = 220: Ro = Vn * Vn / 100: Vp = Vn * SQR(2)  
L1 = Vn * Vn / 10 / 314: L2 = L1: k = .9  
M = k * SQR(L1 * L2): dt = .00001
```

```
ciclo: V = Vp * COS(314.16 * t)  
IF i2 < 0 AND x > 320 THEN R = Ro * 1000 ELSE R = Ro  
di2 = dt * (V * M / L1 - R * i2) / (L2 - M * M / L1)  
di1 = (V * dt + M * di2) / L1  
i1 = i1 + di1: i2 = i2 + di2  
x = t / .02 * 100: y = 300 - (i1 - i2) * 2000  
PSET (x, y)  
y = 100 - i2 * 150: PSET (x, y)  
t = t + dt  
IF (x < 640) THEN GOTO ciclo  
END
```

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ecotan:n-a>"