



Andrea Frigo

COME S'ACCENDE

21 September 2006

Contenuto

E' un'esperienza eseguita per acquisire il transitorio di accensione dei tubi fluorescenti alimentati mediante reattore induttivo ed accesi con uno starter tradizionale. E' stato utilizzato [LabVIEW](#) con la scheda di acquisizione che generare il segnale di accensione e contemporaneamente acquisisce la tensione ai capi dello starter. Lo scopo è di valutare l'ampiezza e la forma d'onda dei segnali impulsivi che si generano all'accensione dei tubi fluorescenti. Questi dati sono utili per progettare reattori elettronici, starter elettronici, alimentatori per applicazioni a bassa tensione.

Descrizione del progetto

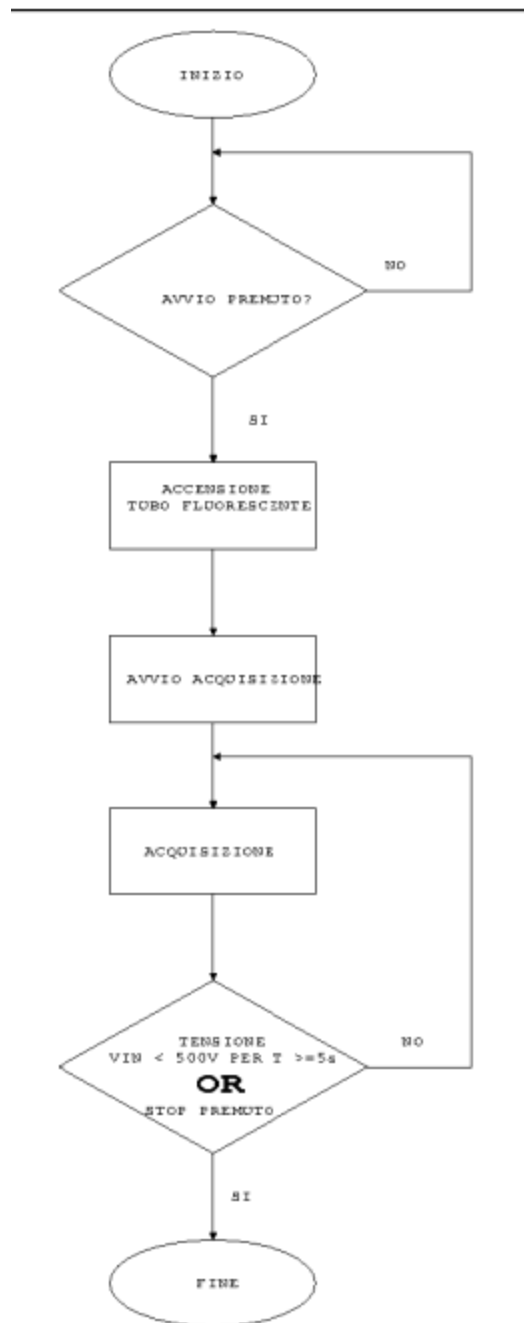


Fig. 2.1 flowchart

Il progetto si compone, oltre che dell'utilizzatore oggetto di studio, dell'elettronica esterna di comando e di condizionamento dei segnali per interfacciarsi al computer che controlla il sistema mediante il programma implementato con LabView.

In fig.21 è rappresentato il grafo di flusso del programma implementato. All'avvio il programma rimane in attesa della decisione dell'utente di avviare la misura. Premuto il pulsante di avvio, il programma accende il tubo fluorescente mediante un attuatore

optoisolato e, contemporaneamente, avvia l'acquisizione della tensione ai capi dello starter, opportunamente condizionata (attenuata e filtrata).

Quando il tubo fluorescente si sarà acceso, la tensione ai suoi capi scenderà al di sotto della tensione di rete $v(t)=325\cos(2\pi 50t)$ per effetto della caduta di tensione sul reattore. Se la tensione permane per più di 5 s ad un valore in modulo inferiore a 120V, il programma sospende l'acquisizione e termina l'esecuzione. Le interfacce utilizzate sono due semplici circuiti: uno per comandare l'accensione del tubo fluorescente ed uno per attenuare la tensione ai capi dello starter.

Fig. 2.2

L'interfaccia di accensione è opto isolata per consentire la separazione galvanica tra la tensione di rete e la scheda di acquisizione, che potrebbe esserne danneggiata. Lo schema elettrico, visibile in Fig 2.2. Il connettore "J3" è connesso all'uscita digitale numero 0 della terminaliera, che tramite R1 alimenta il LED del fotoaccoppiatore U1 quando è posta a "1" nel programma LabVIEW. Quando il LED è illuminato la corrente di fase, limitata da C3 al valore massimo di

$$I_G = V_P (2\pi f C_3) = 325(2\pi 50) \cdot 10^{-6} = 102\text{mA}$$

può scorrere attraverso il triac del fotoaccoppiatore nel gate del triac Q1, il quale può quindi entrare in conduzione quando tra A1 e A2 la tensione è diversa da zero. Nel momento in cui il programma pone di nuovo a "0" l'uscita digitale Q1 rimarrà in conduzione fino al passaggio per lo zero della sinusoide di rete. La tensione di alimentazione è collegata a "J1" mentre il carico è collegato a "J2". Il neutro viene portato direttamente al carico mentre la fase è interrotta dal triac. Il circuito composto da "R4" e "C2" è uno snubber di spegnimento per Q1, che si occupa di assorbire la corrente che continua a scorrere nel circuito dopo che il triac si è aperto poiché il carico è induttivo. Questa corrente altrimenti distruggerebbe in breve il tiristore perché questo si troverebbe attraversato da una corrente diversa da 0 mentre ai suoi capi è presente una tensione elevata.

Fig. 2.3 Attenuatore filtro

Il circuito di Fig. 2.3 attenua la tensione applicata a "J1" di circa 1000 volte. Anche in questo caso il neutro viene portato direttamente all'uscita, mentre la fase viene attenuata dai partitori. L'impedenza presentata ai capi del tubo fluorescente è di circa 3,6MΩ. Un valore così elevato non perturba l'accensione del tubo stesso. L'impedenza presentata allo strumento è di circa di 9,4kΩ, molto più bassa dell'impedenza tipica di ingresso delle schede di acquisizione, il che permette di non

avere effetti di carico sulla misura. La stessa impedenza presentata allo strumento forma con "C1" un filtro passa basso del primo ordine con frequenza di taglio

$$f_c = 1/(2\pi RC) = 1/(2\pi 10 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9}) = 482 \text{ Hz}$$

cioè circa 500Hz, un valore tale da non sfasare la tensione all'uscita dell'attenuatore e da presentare un'attenuazione di 40dB ad una frequenza di 5kHz. Il che permette di limitare la frequenza di campionamento a 50kS/s. La scheda di acquisizione viene usata in modo differenziale applicando all'ingresso positivo (V_x) la fase attenuata e filtrata e all'ingresso negativo (V_y) il neutro e prendendo come riferimento il conduttore di terra PE. Poiché il neutro idealmente dovrebbe essere equipotenziale con la terra o tuttalpiù presentare una tensione di qualche Volt efficace superiore, ma in pratica così non è visto che la tensione di neutro può avere dei picchi anche di $\pm 150V$. Quindi teoricamente sarebbe possibile usare direttamente la tensione fornita dalla rete di alimentazione industriale, ma in pratica si rende necessario l'uso di un trasformatore di isolamento per vincolare identicamente a zero il neutro poiché questi picchi quantomeno perturbano la misura e potrebbero addirittura danneggiare la scheda di acquisizione. Si passa cioè da un sistema di distribuzione TT ad un sistema TN. La predisposizione per la misura è mostrata in Fig. 2.4.

Fig. 2.4 Impostazione di misura

I dati sono memorizzati su un file ascii creato attraverso l'espress VI "Write to measurement file" in due colonne: una per il tempo ed una per i campioni di tensione acquisiti. Se questo genera un file enorme in brevi intervalli di tempo, permette altresì un'analisi a posteriori sui dati stessi in un ambiente come matlab.

Materiale utilizzato

- 1 PC con sistema operativo Windows
- LabVIEW e MAX (versioni 8.0 e 4.0)
- 1 PCI 6024E scheda DAQ (**D**ata **A**c**Q**uisition)
- 1 triac BTA08
- 1 optoisolatore MOC3020
- 1 condensatore $1\mu F$, 630V
- 1 condensatore $33nF$ 100V
- 1 condensatore $10nF$ 100V
- 2 resistenze $1,8M\Omega$ 1/4W
- 1 resistenza $68k\Omega$ 1/4W
- 1 resistenza $82k\Omega$ 1/4W
- 1 resistenza $10k\Omega$ 1/4W
- 1 resistenza 39Ω 1/4W

- 2 connettori a vite
- 2 PCB autocostruiti
- 1 tubo fluorescente 16W/33 (DUT)
- 1 starter elettromeccanico
- 1 reattore induttivo
- 1 trasformatore 230/400 -> 12/24V 100VA
- 1 trasformatore 230 -> 12 60VA
 - NB: i due trasformatori sono usati per realizzare la separazione elettrica tra la rete elettrica ed il circuito di prova, non avendo a disposizione un trasformatore a rapporto unitario 230/230
- cavetteria

Descrizione del programma

Il programma utente è strutturato in modo che idealmente le uniche operazioni richieste all'utente per ottenere dei dati siano scegliere la potenza del tubo fluorescente ed avviare la misura. Per la particolare applicazione il ritardo per lo spegnimento quando la tensione scende sotto la soglia, dedotta dai datasheet di illuminotecnica, che indica che il tubo è acceso è una costante, ma facilmente si può renderla un controllo in caso si preveda di cambiare tipo di starter tra una misura e l'altra. Poiché non si può prevedere in che stato si trovi l'uscita digitale all'avvio del programma, il software provvede a resettare lo stato logico dell'uscita digitale 0. Una volta avviata la misura, l'uscita viene settata e quando il programma termina per superamento del timeout o per intervento dell'utente provvede a resettarla nuovamente per spegnere il tubo fluorescente.

Interfaccia Operatore

Fig. 4.1 Pannello frontale

Il pannello frontale di Fig 4.1 presenta quattro controlli a disposizione dell'utente. E' possibile scegliere il percorso dove salvare il file contenente le misure, scegliere la potenza del tubo fluorescente sotto test, avviare la misura attraverso il pulsante "start" ed interromperla nel caso in cui dopo 10 secondi dall'accensione definitiva del tubo fluorescente il programma non sia già terminato di per sé. Gli indicatori a disposizione dell'utente sono un Waveform Graph in cui viene visualizzata la forma d'onda corrente acquisita e due campi numerici che mostrano valor medio e valore efficace della tensione acquisita in quell'istante. Questi due campi sono utili perché durante il transitorio di accensione si manifestano degli istanti in cui il valor medio non è nullo, com'è di solito sulla rete di distribuzione industriale, o in cui il valore efficace supera la tensione nominale di rete o ancora si stabilizza ad un valore inferiore.

I virtual channels necessari per generare il livello logico sull'uscita digitale 0 ed acquisire la forma d'onda vengono creati sulla sinistra. Il modo scelto per acquisire la forma d'onda è un'acquisizione differenziale; successivamente si imposta una frequenza di campionamento di 50 kS/s e un buffer di 100 kS, sufficiente per due secondi di acquisizione. Il buffer non si riempirà mai perché il ciclo di lettura si ripete ogni 100 ms acquisendo 10kS, quindi in un secondo vengono richiesti più campioni di quelli disponibili. Il ciclo può prendere il via quando ha a disposizione tutti gli ingressi, cioè quando ha termine il ciclo più in alto che si occupa di eseguire un polling sullo stato del pulsante "start". Nel momento in cui questo avviene, i segnali sono liberi di attraversare questo secondo ciclo e da una parte generare il comando di accensione del tubo fluorescente, dall'altra avviare il ciclo di acquisizione. La waveform acquisita viene divisa nei suoi componenti e poi ricomposta. L'ampiezza viene moltiplicata per una costante pari a 1000 mentre le altre componenti passano inalterate. La stessa componente d'ampiezza viene decimata fino ad ottenere il singolo campione di ampiezza in modulo massima e questa viene confrontata con una costante dimensionata in base alla potenza del tubo sotto test. Se il campione risulta minore della costante per un tempo superiore a 10 secondi, la VI express "Elapsed time" genera un livello logico alto, che computato in or logico con il pulsante di stop logico termina l'esecuzione del ciclo e l'emissione da parte dello stesso di un livello logico basso verso l'uscita digitale, causando lo spegnimento del tubo. Il valor medio ed efficace della forma d'onda acquisita vengono computati da una VI dedicata a partire dalla waveform acquisita. Questa VI genera due waveform, convertite in vettori di valori e successivamente decimate ad un solo valore, il primo, poiché queste due funzioni vengono computate su tutti i campioni letti durante un ciclo e matematicamente dovrebbero restituire uno scalare.

Risultati

Durante la prova preliminare del sistema ho ottenuto le seguenti forme d'onda.

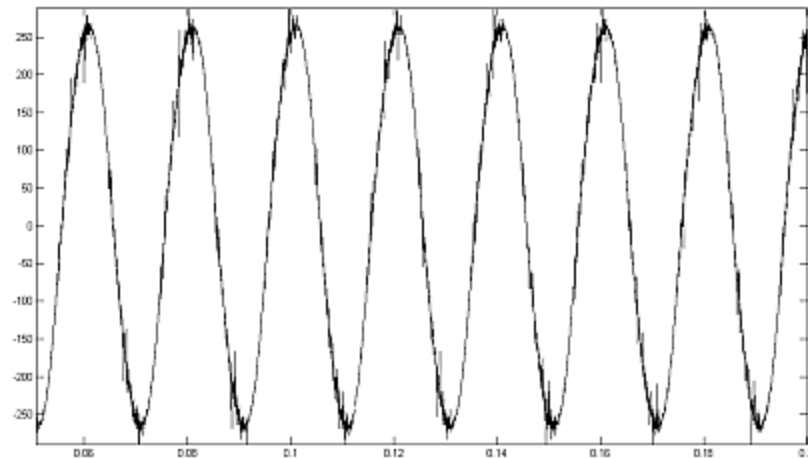


Fig. 5.1 Riscaldamento dello starter

In Fig. 5.1 si nota una tensione sinusoidale di ampiezza inferiore alla tensione nominale di rete, indice che in questi primi istanti c'è assorbimento di corrente da parte dello starter che immediatamente innesca un arco elettrico attraverso il neon contenuto nell'ampolla dello starter stesso, come da Fig. 5.2.



Lo starter ha un'ampolla di vetro contenente gas neon rarefatto e due lamine bimetalliche in grado di allontanarsi quando si scaldano. L'arco elettrico che si forma tra le due lamine, oltre a produrre una luminescenza arancione, produce calore che allontana le lamine finché non si interrompe l'arco. Una volta interrotto l'arco le lamine si raffreddano e riavvicinano.

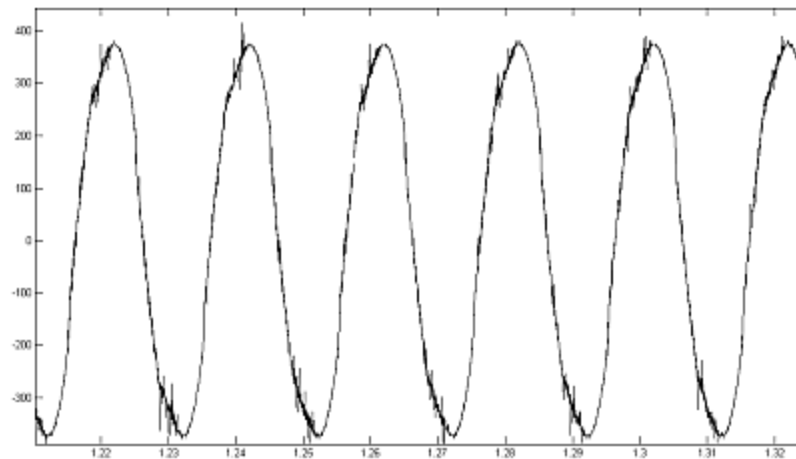


Fig. 5.2 Rilascio dello starter

Quando le lamine si allontanano e l'arco si interrompe, ai capi dello starter si trova la tensione nominale di rete, come in Fig. 5.2. Man mano che passa il tempo questa alternanza diventa più frequente. Il generico transitorio è mostrato in Fig. 5.3.

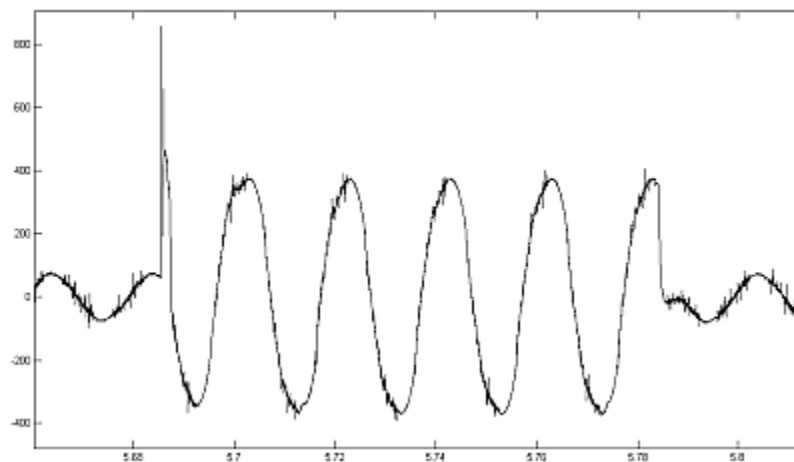


Fig. 5.3 tentativo di accensione

Come si vede si passa da una tensione molto ridotta, di appena $50V_{eff}$ alla piena tensione di rete questo porterebbe ad un brusco calo di corrente nel circuito, ma poiché il reattore impone la continuità della funzione $i(t)$ questa transizione avviene con un picco di tensione, tale da mantenere la corrente allo stesso valore dell'istante precedente ed innescare una scarica nel tubo fluorescente. In questo caso la scarica non si è mantenuta e lo starter è tornato ad assorbire corrente dalla rete. Come si vede la reinserzione dello starter è accompagnata da una riduzione istantanea della tensione ai suoi capi perché la corrente deve passare da zero al massimo fornibile dal

generatore di Thevenin composto dalla rete elettrica con in serie il reattore, ma non può farlo istantaneamente.

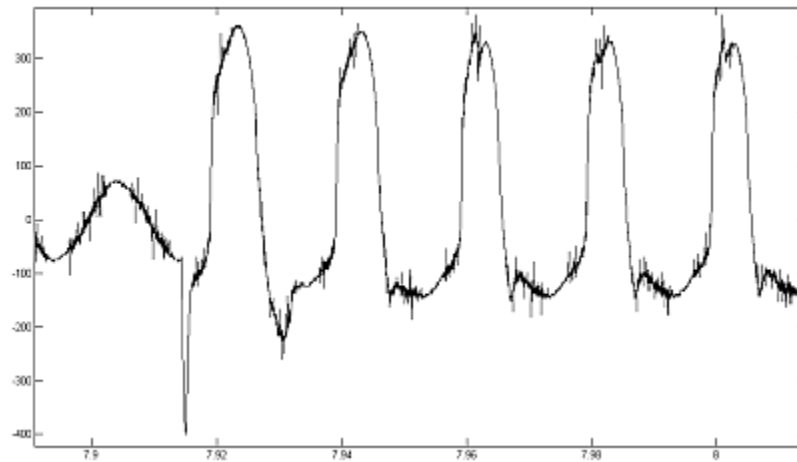


Fig. 5.4 accensione instabile

In Fig. 5.4 si vede il transitorio di accensione del tubo fluorescente e un conseguente stato di accensione instabile in cui l'arco elettrico non riesce a stabilizzarsi. In questa situazione si nota il tubo lampeggiare vistosamente. Come si vede la forma d'onda è sbilanciata in quanto raggiunge il valore della tensione di rete durante la semionda positiva e si limita a circa 50V durante la semionda negativa. Anche se può sembrare che il valor medio sia molto diverso da zero, così non è perché la semionda negativa dura più della positiva. Il valor medio in queste condizioni è di 6V, tensione comunque sufficiente a provocare col tempo l'annerimento di uno dei due capi del tubo fluorescente a causa dell'emissione termoionica di tungsteno dal filamento opposto attraverso il conduttore di terza specie costituito dai vapori di mercurio e dal neon ionizzato. In diverse prove effettuate si è visto che il valor medio è sempre positivo, il che spiegherebbe perché negli anni un capo dei tubi fluorescenti diventa più nero dell'altro. Il valore efficace della tensione in questa fase si è attestato a 177V.

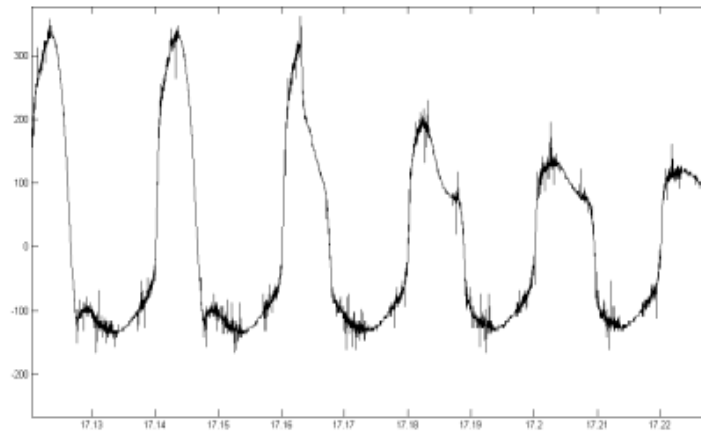


Fig. 5.5 Accensione definitiva

Infine in Fig. 5.5 si vede il passaggio dalla situazione di instabilità all'accensione continuativa e stabile del tubo fluorescente, che porta ad una riduzione della tensione ai suoi capi, continuità della luce emessa e annullamento del valor medio della tensione ai suoi capi. In queste condizioni la tensione efficace vale 57V e il valor medio vale 0,8V (questo valore può essere classificato come errore di misura)..