

SIMULAZIONE DEI SISTEMI ELETTRICI

Scopo della simulazione. La simulazione cerca di prevedere l'evoluzione dello stato di un sistema attraverso algoritmi di integrazione delle equazioni di un suo idoneo modello matematico; viene effettuata generalmente tramite calcolatore il quale, una volta inseriti i valori degli ingressi e quelli iniziali per le variabili di stato, esegue l'elaborazione mostrando i risultati in forma grafica o tabellare. Va rilevato che la simulazione rappresenta spesso l'unico strumento di indagine di fenomeni complessi (tipicamente non lineari), in quanto la risolubilità matematica delle equazioni risulta in genere limitata ad alcuni casi particolari; tale metodologia viene inoltre utilizzata in fase progettuale al fine valutare in anticipo il comportamento di sistemi non ancora realizzati, in particolare nelle situazioni più critiche. I risultati di una simulazione devono in ogni caso essere analizzati con attenzione e confrontati costantemente con il sistema reale in quanto le semplificazioni introdotte nei modelli matematici, nelle condizioni operative nonché le imprecisioni dei metodi numerici di integrazione possono introdurre errori non trascurabili.

Programmi di simulazione. Esistono programmi in grado di risolvere problemi generali e altri dedicati a particolari categorie di componenti o circuiti. Nel primo caso l'utente deve descrivere la struttura del circuito, inserire il valore dei componenti e specificare gli ingressi e le uscite, senza la necessità di scrivere alcun software; nel secondo deve essere conosciuto un linguaggio di programmazione e alcune nozioni fondamentali di analisi numerica. Si ricordano fra i programmi di simulazione: PSPICE, spesso utilizzato nelle strutture didattiche; ESACAP, particolarmente efficace nell'introduzione dei dati; ATP, derivato da un precedente programma per il calcolo della distribuzione di reti di potenza.

Algoritmi di integrazione delle equazioni. Si esaminano ora alcuni fra i più semplici metodi di integrazione numerica delle equazioni. In figura A1 è rappresentata una generica funzione $f(t)$ di cui si vuole calcolare l'integrale $x(t)$. Fissato un generico tempo t e un successivo istante $t + dt$, l'area sotto la curva nell'intervallo dt può essere approssimata con quella del rettangolo R_1 di base dt e altezza $f(t)$, in modo tanto migliore quanto più dt risulta piccolo. Altre approssimazioni possibili sono quelle del rettangolo R_2 in figura A2 o quella, migliore, del trapezio T di figura A3. In sintesi l'area in oggetto, pari a $x(t + dt) - x(t)$, è esprimibile con:

approssimazione in avanti (fig. A1): $f(t)dt$

approssimazione all'indietro (fig. A2): $f(t + dt)dt$

approssimazione trapezoidale (fig. A3): $(f(t + dt) + f(t))dt/2$

Simulazione di un circuito elettrico. Si consideri il circuito RLC in figura B1, nel quale si è assunto per semplicità $R = 1\Omega$, $C = 1F$, $L = 1H$; le equazioni di stato del modello (posto $x_1(t)$ =corrente di maglia e $x_2(t)$ =tensione sul condensatore) sono:

$$dx_1(t)/dt = -x_1(t) - x_2(t) + u(t); \quad dx_2(t)/dt = +x_1(t)$$

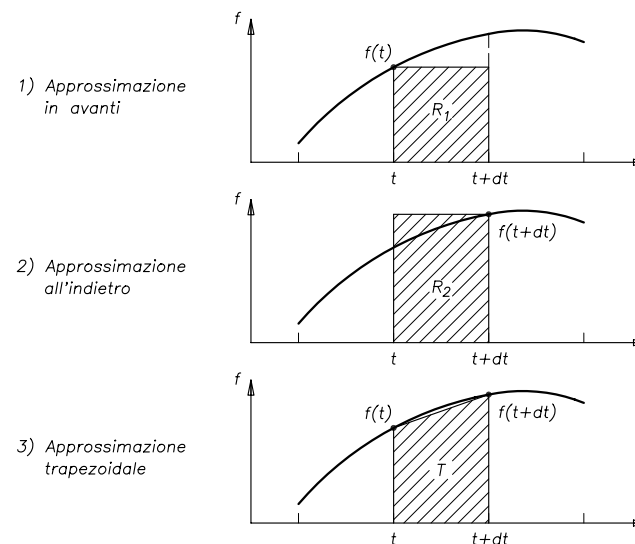
Utilizzando l'approssimazione di figura A1 si ottiene:

$$x_1(t + dt) = x_1(t) + [-x_1(t) - x_2(t) + u(t)]dt$$

$$x_2(t + dt) = x_2(t) + x_1(t)dt$$

Tali relazioni applicate iterativamente permettono di determinare, sia pur per punti e in modo approssimato, l'evoluzione dello stato del sistema, una volta fissato l'ingresso $u(t)$ ($t \geq 0$) e la condizione iniziale $x_1(0)$, $x_2(0)$. In figura B2 è indicato l'andamento calcolato della corrente $x_1(t)$ avendo assunto $dt = 0,5s$, $u(t) = 1V$ e condizioni iniziali nulle.

A Integrazione numerica delle equazioni



B Simulazione di un circuito elettrico

