U.T. „Gh. Asachi " Iaşi
Facultatea de Electronică şi Telecomunicații
Componente şi Circuite Pasive

ÎNCĂRCAREA CU ENERGIE A CONDENSATORULUI

A. Regimul exponențial

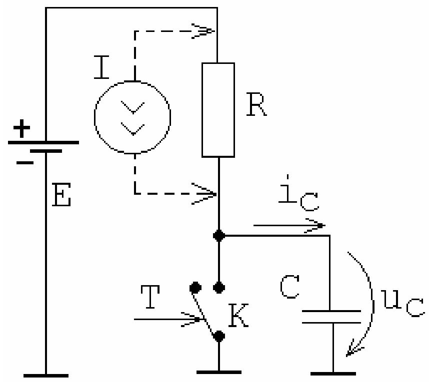

Fig.1

În fig.1 comutatorul ***K*** este comandat periodic închis-deschis cu perioada constanta ***T***. Vom defini ***K=1***=comutator deschis şi ***K= 0*** =comutator închis. Se defineşte de asemenea ***$\delta=t_1/(t_0+t_1)=t_1/T$ =factor de umplere*** al comutatorului. Se presupune, în continuare, perioadă şi factor de umplere constante pentru comutatorul ***K.***

Se observă că pentru comutator închis condensatorul ***C*** se descarcă prin acesta şi vom avea tensiune nulă pe condensator, ***$u_C(t)=0$***. Când ***K*** se deschide condensatorul ***C*** se încarcă cu energie de la sursa de alimentare ***E*** prin rezistorul de valoare ***R***. Dacă presupunem starea cu ***K*** deschis de durată foarte mare (teoretic infinită), condensatorul se va încărca la energie maximă sau tensiunea de la borne va ajunge la valoarea tensiunii de alimentare ***E***. Din momentul ***t_∞*** când tensiunea ***$u_C(t_\infty)$*** ajunge la valoarea ***E*** curentul prin condensator devine nul ***$i_C(t\geq t_\infty)=0$.*** Rezultă că în circuitul din fig.1 sunt posibile doua regimuri permanente:

- K închis determină regimul permanent cu ***$u_C=0$ şi $i_C=0$***,
- K deschis determină final regimul permanent cu ***$u_C=E$ şi $i_C=0$.***

Regimul de trecere între cele doua regimuri de curent continuu permanente defineşte regimul tranzitoriu (pe durata regimului tranzitoriu mărimile electrice ***u şi i*** depind de timp iar în timpul celor doua regimuri permanente învecinate aceleaşi mărimi electrice ***u şi i*** nu depind de timp, sunt constante).

Într-un circuit simplu de tipul celui din fig.1 (cu un singur element pentru înmagazinarea energiei), numit şi ***circuit de ordinul I***, pe durata regimului tranzitoriu mărimile electrice ***u si i*** se modifica după expresia generala:

$$\mathbf{y(t) = y(\infty) + [y(0) - y(\infty)]*exp(-t/\tau)\ , \quad \tau = RC} \qquad \textbf{(1)}$$

În expresia de mai sus avem:

1. ***y(0),*** este valoarea mărimii electrice la începutul regimului tranzitoriu,
2. ***y(∞),*** este valoarea aceleaşi mărimi la sfârşitul regimului tranzitoriu,
3. ***τ ,*** se numeşte constanta de timp a circuitului. Să observăm că valorile de la 1. si 2. sunt de fapt valorile din regimurile permanente învecinate regimului tranzitoriu.

Dacă definim pentru fig.1 ***t =0*** =momentul deschiderii comutatorului ***K*** va rezulta (pe baza observațiilor de mai sus si a relației (1)):

$$\mathbf{u_C(t)=u_C(\infty)+[u_C(0)-u_C(\infty)]*exp(-t/\tau)} \qquad \textbf{(2)}$$

$$i_C(t)=i_C(\infty)+[i_C(0)-i_C(\infty)]*\exp(-t/\tau)$$

în care,

$$u_C(0)=0,\ u_C(\infty)=E,\ i_C(0)=E/R \text{ si } i_C(\infty)=0 \qquad (3).$$

Folosind relațiile (2) şi (3) rezultă variațiile în timp ale tensiunii şi curentului prin condensator,

$$u_C(t)=E[1-e^{-t/(RC)}] \quad \text{si} \quad i_C(t)=(E/R)e^{-t/(RC)} \qquad (4)$$

Folosind relațiile (4) , *cu* $t = 4\tau = 4RC$ se obțin rezultatele:

$$u_C(4\tau) = 0{,}982u_C(\infty) \quad \text{si} \quad i_C(4\tau) = 0{,}018i_C(\infty) \qquad (5),$$

deci putem afirma că ***regimul tranzitoriu al circuitului din fig.1 durează patru constante de timp***, eroarea acestei afirmații fiind mai mica de 2%.

Reprezentarea grafică a ecuațiilor (4) se da în fig. 2.

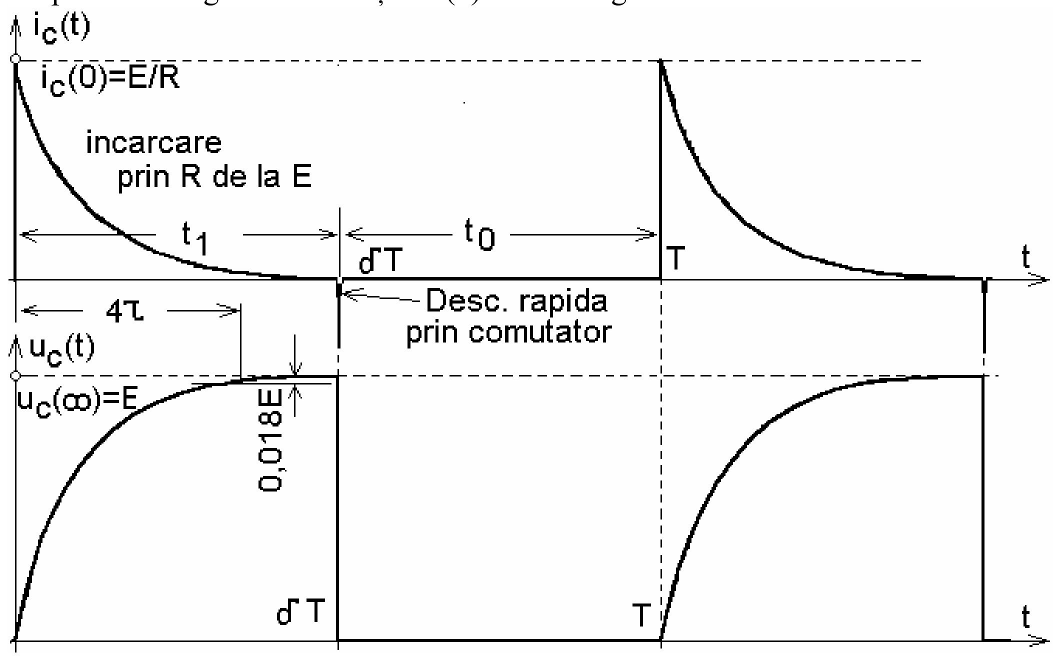

Fig.2

Din fig.2 sau ecuațiile (4) se vede că regimul de încărcare cu energie a unui condensator ideal (printr-un rezistor ideal de la o sursă de tensiune continuă ideală) este de tip ***exponențial***.

B. Regimul liniar variabil

Dacă în fig.1 se înlocuieşte rezistorul de valoare ***R*** cu o sursa de curent continuu constant ***I*** funcționarea circuitului rămâne principial neschimbată (***K = închis*** implică descărcarea condensatorului ***C*** iar ***K = deschis*** va determina încărcarea condensatorului de la sursa de curent constant ***I***). Folosirea sursei de curent constant modifică semnificativ dependenta de timp a tensiunii la borne şi a curentului prin condensator. Astfel, dacă la $t = 0$ se deschide comutatorul ***K*** si $u_C(t\leq 0) = u_C(0) = 0$, **din relația** $i_C(t) = C(du_C/dt)$, rezultă pentru $t > 0$.

$u_C(t)=u_C(0)+ (I/C)t$, sau $u_C(t) = (I/C)t$ pt. $t >0$ (6)

În momentul $t = \delta[T-0]$ (anterior închiderii comutatorului ***K***) tensiunea pe condensator este maximă

$u_C(\delta[T-0]) = (I/C)\delta T$ (7)

şi daca la $t = \delta T$ comutatorul se reînchide atunci la $t = \delta[T+0]$ tensiunea pe condensator va fi nulă, descărcarea condensatorului prin comutator se face la un curent foarte mare (teoretic de valoare infinită într-un timp nul). Din cauză că tensiunea pe condensator creste liniar cu timpul când ***K*** este deschis numim acest regim, ***regim de încărcare liniar variabil*** . În fig.3 se dau formele de undă ale tensiunii şi curentului prin condensator pentru cazul B.

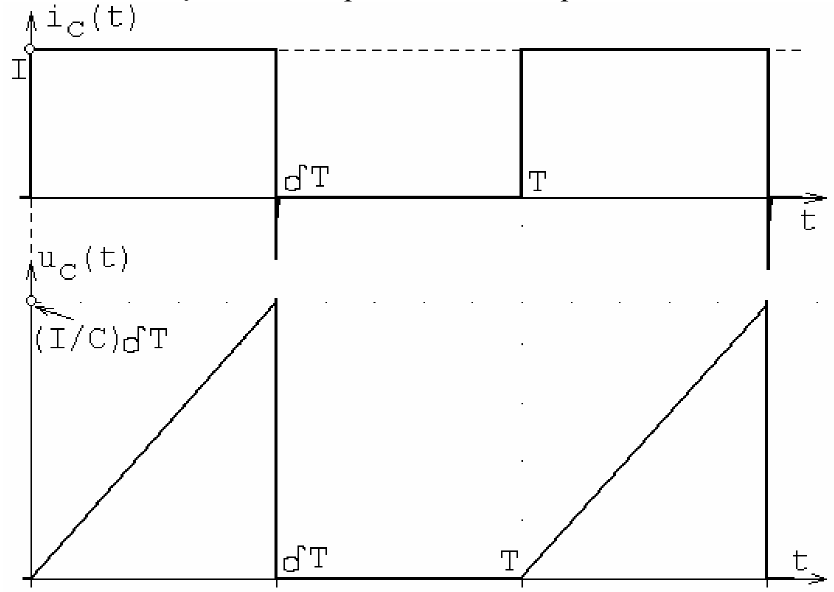

Fig.3

Generatoarele de semnale electrice periodice liniar variabile au multiple aplicaţii în electronică: deflexia pe orizontala la tuburile catodice ale osciloscoapelor, deflexia pe orizontală la tuburile cinescop (televizoare), aparate de măsură electronice etc.

Modul de lucru

Regimul exponenţial.

1. Se închide ***a iar b*** se conectează (în fig.4) la R_1. Se calculează constantele de timp $\tau_1=R_1C$, $\tau_2=R_2C$ ***si*** $t_{1.tranz}=4\tau_1$ ***respectiv*** $t_{2.tranz}=4\tau_2$.
2. Se fixează frecvenţa generatorului la $f_1 \le (2\tau_1)^{-1}$, semnal dreptunghiular de amplitudine vârf la vârf aproximativ ***3V***.
3. Se alimentează circuitul la ***E =15V.***
4. Se măsoară, cu osciloscopul, $u_C(t)$ şi se verifică, experimental, că $u_C(3\tau) \cong 0,9E$ şi $u_C(4\tau) \cong 0,98E$. Se reţine pe caiet (eventual hârtie milimetrică) forma de undă a tensiunii pe condensator.
5. Se repeta 2., 3., 4. pentru $R = R_2 = 6.8k$.

Regimul liniar variabil.

1. Se trece comutatorul ***b*** pe poziția marcată ***I*** (colectorul tranzistorului pnp) si se închide comutatorul notat a la $\boldsymbol{R_1}$.
2. Se calculează curenții constanți pentru cele doua rezistoare,
   $I_1=(V_z-0,6)/R_1$, $I_2=(V_z-0,6)/R_2$,
3. Se calculează durata cât comutatorul ***K*** (tranzistor npn ***BC107***) trebuie sa fie comandat deschis din condiția,
   $t_1(I_1/C) \leq (E-V_z-0,6)$.
4. Se fixează frecventa generatorului la
   $f_1 \cong (2t_1)^{-1}$.
5. Se alimentează circuitul cu $E = 15V$ şi se oscilografiază tensiunea pe condensator. Se reține forma de unda pe caiet (hârtie milimetrică) si se verifică dacă panta (I_1/C) măsurată este egala cu cea calculată.
6. Se trece comutatorul notat a pe poziția $\boldsymbol{R_2}$ si se repetă 1. la 5.

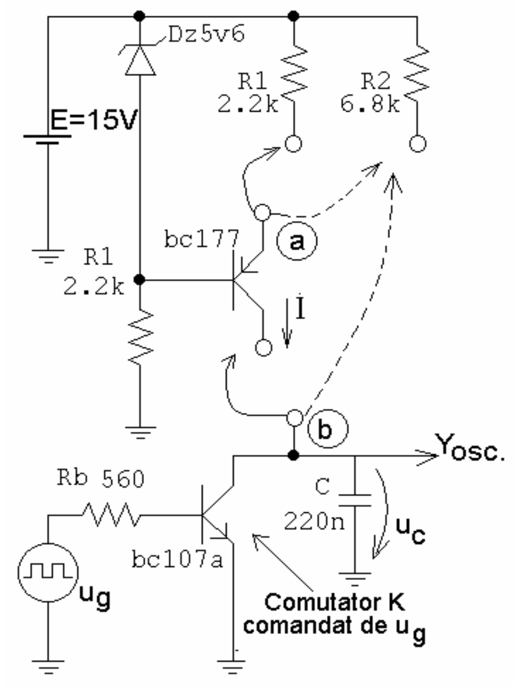

Fig.4

Măsurarea capacității unui condensator necunoscut.

Prin modificarea valorii ***C*** în fig.4, se va modifica atât panta tensiunii $u_C(t)$ cât şi valoarea maximă $u_C(\delta T)$ dacă se respectă condiția de la 3., şi pentru condensatorul de valoare necunoscută.

1. Se măsoară pe osciloscop $u_C(\delta T)$ pentru $C=220nF$ ***si*** $R=R_2$ condiția referitoare la t_1 fiind îndeplinită (paragraful anterior).
2. Se înlocuieşte $C=220nF$ cu un C_x de valoare necunoscută şi se oscilografiază $u_{Cx}(t)$ (celelalte condiții din circuit nu se modifică, ***E***, frecvența şi amplitudinea semnalului generatorului).
3. Se măsoară $u_{Cx}(\delta T)$ şi se determină C_x din calcul, $C_x= [u_C(\delta T)/u_{Cx}(\delta T)]*220nF.$
4. Tema pentru acasă. Sa se indice un procedeu de măsura a lui ***Cx*** folosind panta tensiunii $u_C(t)$. În laborator, folosind circuitul din fig.4, se va verifica si procedeul găsit.