

## Condensatoare

**Scopul lucrării** : Reamintirea principalilor parametri ai condensatoarelor fixe, învățarea utilizării punții de măsură și observarea variației cu temperatura a capacității și factorului de calitate

**Condensatorul** este o componentă electronică pasivă de circuit, caracterizată de un raport constant între sarcina electrică acumulată pe armături și diferența de potențial dintre acestea. Raportul la care ne referim se numește capacitatea condensatorului.

$$(1) \quad C = \frac{Q}{V_1 - V_2}$$

În cazul condensatoarelor liniare, capacitatea  $C$  nu depinde de mărimile electrice  $Q$  și  $V$  din relația (1) ci doar de materialele și de geometria în care sunt aranjate acestea în timpul procesului de fabricație a condensatorului. Relația dintre curentul prin condensator și tensiunea la bornele lui este, în cazul cel mai general,

$$(2) \quad u_c(t) = u_c(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) dt \quad \text{sau}$$

$$(3) \quad i_c(t) = C \frac{du_c}{dt}$$

Constructiv condensatoarele pot fi: **fixe** (cu valoarea capacității fixată definitiv în timpul fabricării) și **variabile** (valoarea capacității se poate modifica de către utilizator între limite specificate de fabricant). Materialele dielectrice utilizate la fabricarea condensatoarelor sunt de o mare diversitate (dielectric gazos, lichid, solid anorganic sau organic) cerințele importante impuse acestora fiind: permitivitate electrică relativă cât mai mare și cât mai independentă de temperatură și de frecvență, pierderi reduse, stabilitate chimică în timp, rigiditate dielectrică cât mai ridicată și prelucrabilitate comodă.

### Caracteristici principale ale condensatoarelor fixe.

**1. Capacitatea nominală  $C_n$**  și toleranța acesteia, se specifică în catalog la o anumită frecvență (50Hz, 800Hz, 1kHz). Valorile de frecvență sunt normalizate pentru capacități mai mici de  $1\mu\text{F}$  iar pentru valori mai mari de  $1\mu\text{F}$  diferă de la firmă la firmă. Capacitatea nominală și toleranța acesteia se specifică în clar sau codificat pe corpul condensatorului. Codificarea poate fi literală sau cu bare colorate.

**2. Tensiunea nominală  $U_n$** , reprezintă valoarea maximă a tensiunii continue sau a tensiunii efective (sinusoidale) ce nu determină fenomene de străpungere în condensator la funcționare îndelungată. Proba la acest parametru se face în fabrică la  $(1,5...3)U_n$  pe o durată de timp precizată în catalog (cca. 1 minut). Tensiunea nominală se specifică în clar sau codificat pe corpul condensatorului.

**3. Rezistența de izolație  $R_{iz}$** , reprezintă valoarea raportului tensiune-curent continuu la un minut după aplicarea tensiunii la terminale. Pentru condensatoarele de capacitate specifică ridicată, în locul acestui parametru se indică curentul de fugă maxim la 5 minute după aplicarea tensiunii nominale,

**4. Tangenta unghiului de pierderi  $tg\delta$** , este raportul între puterea activă disipată și puterea reactivă înmagazinată, măsurate la aceeași frecvență la care s-a măsurat capacitatea nominală. Mărima inversă tangentei unghiului de pierderi se numește **factor de calitate** și se notează  $Q_c = 1/tg\delta$ . Tangenta unghiului de pierderi depinde de materialul dielectric și de tehnologia de fabricație a condensatorului. În tabelul T1 se dau valori ai factorului  $tg\delta$  pentru condensatoare de uz curent.

Tabelul T1

| Tipul condensatorului   | $tg\delta$<br>[*10 <sup>-4</sup> ] | Cond. de măsură |
|-------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Ceramice tip I          | 10                                 | f = 1MHz        |
| Ceramice tip II         | 350                                | f = 1MHz        |
| Cu hârtie               | 100                                | f = 1kHz        |
| Electrolitice miniatură | 2500                               | f = 100Hz       |
| Electrolitice cu tantal | 8000                               | f = 50Hz        |
| Cu polistiren           | 5                                  | f = 1kHz        |

**5. Coeficientul de variație cu temperatura a capacității  $\alpha_c$** , se definește prin

$$(4) \quad \alpha_c = \frac{1}{C} \cdot \frac{dC}{d\theta} \left[ \frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$$

sau în cazul variației liniare a capacității cu temperatura,

$$(5) \quad \alpha_c = \frac{1}{C_0} \cdot \frac{C - C_0}{\theta - \theta_0} \left[ \frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$$

Acest coeficient nu se specifică în cataloage pentru toate tipurile de condensatoare. Pentru condensatoarele cu dependență de temperatură puternic neliniară fabricanții dau în cataloage curbe de dependență de temperatură a abaterilor relative procentuale a capacității față de capacitatea măsurată la temperatura nominală ( $(\Delta C/C)\% = f(\theta)$ ).

**6. Categoria climatică** se specifică prin trei numere naturale consecutive având semnificațiile: prima arată temperatura negativă minimă de utilizare, a doua arată temperatura maximă de utilizare iar a treia arată numărul de zile de încercare a lotului la căldură umedă. Limitele intervalului de temperaturilor de lucru sunt determinate, în

primul rând, de natura dielectricului și mai puțin de tehnologia de fabricație. În tabelul T2 se dau domeniile temperaturilor de lucru pentru condensatoarele uzuale.

Tabelul T2

| Tipul condensatorului              | Temperatura minimă [°C] | Temperatura maximă [°C] |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Condensator cu hârtie uleiată      | - 40                    | + 85                    |
| Condensator cu hârtie cerată       | - 10                    | + 70                    |
| Condensator cu polistiren          | - 10                    | + 70                    |
| Condensator cu poliester metalizat | - 40                    | + 85                    |
| Condensator ceramic                | - 40                    | + 125                   |
| Condensator electrolitic cu Al     | - 25                    | + 70                    |
| Condensator electrolitic cu tantal | - 40                    | + 125                   |

### Modelarea condensatorului tehnic.

Fenomenele de interacțiune dintre câmpul electric și materialele din care este construit un condensator sunt diferite mai mult sau mai puțin, de la un tip de condensator la altul, în funcție de tipul materialului dielectric folosit și de tehnologia de fabricație. Totuși, pentru analiza comportării în frecvență, se acceptă o aceeași schemă echivalentă cu parametri concentrați pentru toate condensatoarele liniare fixe, fig. 1. Elementele parazite de circuit  $r_s$ ,  $L$ ,  $R_p$  modelează imperfecțiunile dielectricului și armăturilor condensatorului tehnic față de cazul ideal iar  $r_p$  modelează pierderile de putere din cauza stratului dielectric de protecție (dielectricul capsulei). Scriind impedanța circuitului (în regim armonic), după separarea părții reale de cea imaginară se obține :

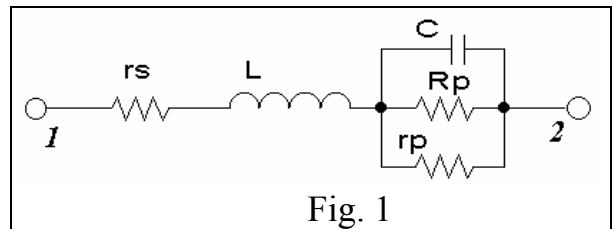


Fig. 1

$$(6) \quad \begin{cases} Z_{12} = \frac{1}{\omega C^*} (\text{tg}\delta_s + \text{tg}\delta_p + \text{tg}\delta_\epsilon) + \frac{1}{j \frac{\omega C^*}{1 - \omega^2 LC^*}}, \text{ în care} \\ C^* = C [1 + (\text{tg}\delta_p + \text{tg}\delta_\epsilon)^2] \\ \text{tg}\delta_p = \frac{1}{\omega r_p C}, \quad \text{tg}\delta_\epsilon = \frac{1}{\omega R_p C}, \quad \text{tg}\delta_s = \omega r_s C^* \end{cases}$$

din care se observă că schema echivalentă din fig.1 poate fi redusă la una echivalentă,  $R_s$  în serie cu  $C_s$ , cu două elemente de circuit dependente de frecvență, fig. 2. Rezultă din relațiile (6) și fig. 2 , prin identificare,

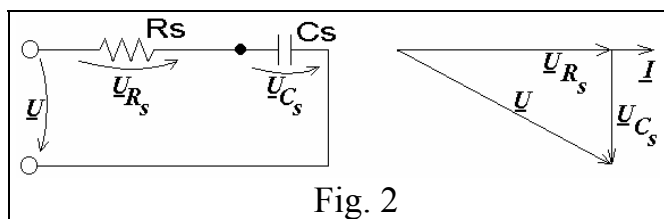


Fig. 2

$$(7) \quad \begin{cases} R_s = \frac{1}{\omega C^*} (\operatorname{tg} \delta_s + \operatorname{tg} \delta_p + \operatorname{tg} \delta_\epsilon) , \\ C_s = \frac{C^*}{1 - \omega^2 LC^*} \\ \operatorname{tg} \delta_c = \operatorname{tg} \delta_s + \operatorname{tg} \delta_p + \operatorname{tg} \delta_\epsilon \end{cases}$$

Din relațiile (7) se observă că există o frecvență de rezonanță, determinată de  $L$  și  $C^*$ , la care capacitatea condensatorului este infinită. Condensatorul se folosește practic la frecvențe mult mai mici decât cea de rezonanță deoarece alte limitări (de tensiune, de curent și de putere disipată) impun frecvența maximă de utilizare. În fig. 3 se dă dependența de frecvență a pierderilor totale de putere activă în condensatorul tehnic,  $\operatorname{tg} \delta_c$ . Se observă că la frecvențe mici au pondere pierderile în dielectricul de protecție, la frecvențe medii cele din dielectricul dintre armături iar la frecvențe ridicate cele echivalente încălzirii armăturilor și terminalelor prin efect Joule.

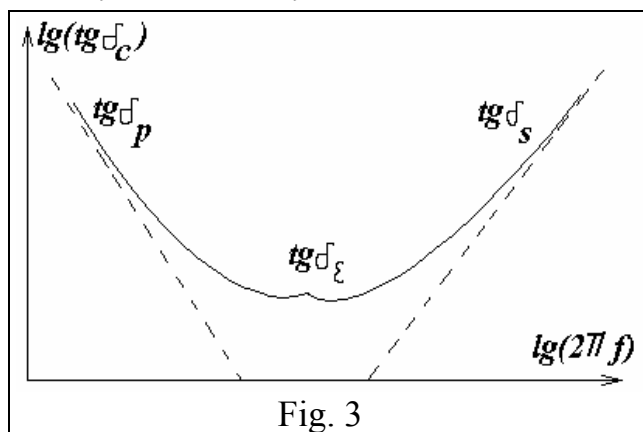


Fig. 3

În fig. 4 se dau valorile maxime permise pentru solicitări (tensiune, curent) în funcție de frecvență. În domeniul notat I (joasă frecvență), condensatorul tehnic poate fi solicitat până la tensiunea nominală de catalog. La frecvența  $f_1$  curentul efectiv prin condensator provoacă o pierdere de putere activă egală cu cea pe care poate să o disipe capsula în mediul ambiant. Se poate crește frecvența de lucru peste zona I numai dacă se scade solicitarea în tensiune, astfel încât solicitarea în putere să nu depășească puterea nominală. Deci în zona II limitarea este impusă de fenomene de încălzire a condensatorului. La creșterea frecvenței spre  $f_2$ , curentul prin condensator poate crește exagerat putând determina defecțiuni de natură

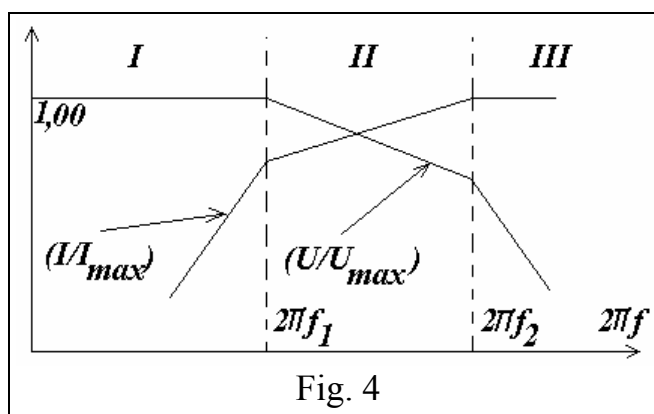


Fig. 4

mecanică din cauza eforturilor electrodinamice la care sunt supuse armăturile. Condensatorul poate fi folosit în zona III dacă se diminuează tensiunea la borne până la valori care asigură solicitările în putere și curent sub cele nominale.

### Modul de lucru :

Obiectul lucrării îl constituie măsurarea dependenței capacității și a factorului de calitate  $Q$  în funcție de temperatură pentru diverse tipuri de condensatoare.

1. Se identifică, utilizând catalogul, toate condensatoarele din setul de testare, notându-se valorile de catalog pentru:  $C_n$ ,  $t$ ,  $U_n$ ,  $\alpha_c$ ,  $\text{tg}\delta$ , tip dielectric, categoria climatică,  $R_{iz}$ , rigiditatea dielectrică, etc., conform tabelului  $T_3$ .

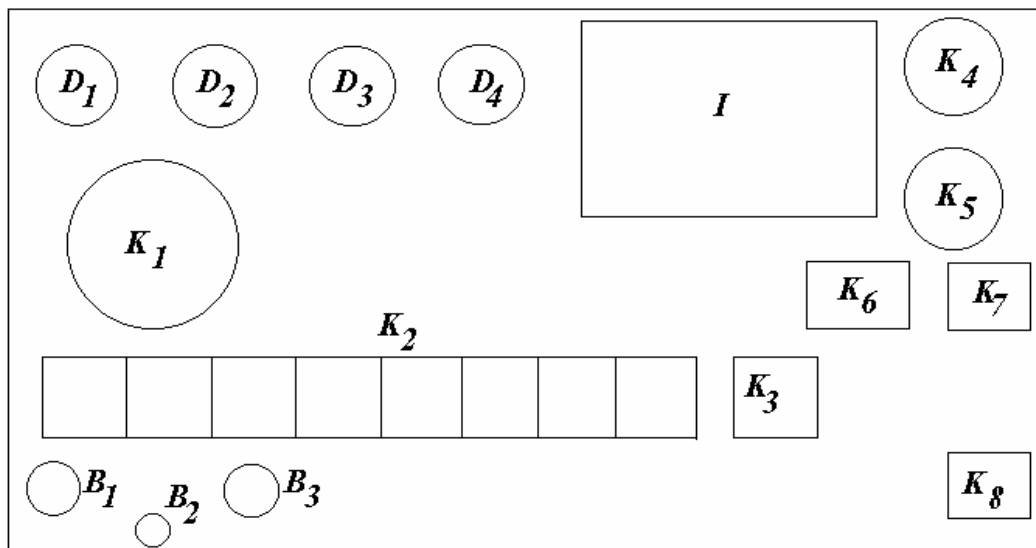
Tabel  $T_3$

| C   | C. nom. | t[%] | $U_n$ | $\alpha_c$ | $\text{tg}\delta$ | Cat. Clim. | Riz. | Cod | dielectric |
|-----|---------|------|-------|------------|-------------------|------------|------|-----|------------|
| C1  |         |      |       |            |                   |            |      |     |            |
| C2  |         |      |       |            |                   |            |      |     |            |
| ... |         |      |       |            |                   |            |      |     |            |

Obs. Deoarece la pct.2 se vor face măsurători cu condensatoarele introduse în cuva de încălzire, unde nu vor mai fi vizibile, se va lua un punct de referință pentru numărare pe partea opusă componentelor (cu lipituri).

2. Se determină, cu ajutorul punții BM539, variația capacității și a factorului de calitate, mai întâi la temperatura camerei, apoi la temperaturi mai mari, pentru condensatoarele indicate de cadrul didactic îndrumător. Pentru aceasta:

2.1. Se identifică pe panoul frontal, comenzile pentru puntea BM539, utilizând și figura și explicațiile următoare:



K1=comutator al modurilor de lucru ( R C G L), (utilizat pe C )

K2=comutator de game,

K3=comutator mod de măsură: **relaxat** se măsoară capacitatea prin echilibrarea punții iar **apăsat** măsoară factorul de calitate, **numai după ce puntea a fost echilibrată.**

K4=comutator game măsură Q,

K5=comutator precizie de măsură,

K6=blocare mecanism de măsură(în poziția apăsata),

K7=comutator sortator automat,

K8=comutator pornit/oprit,

D1=comutator unități, urmat de virgulă,

D2=comutator zecimi, D3=comutator sutimi, D4=comutator miimi,

B1, B2, B3=borne de conectare, corelate cu poziția lui K2.

I = instrumentul indicator cu zero la mijloc, măsurarea constând în echilibrarea punții, adică acționarea comutatoarelor D1...D4 până când acest instrument ajunge la echilibru în mijlocul scalei sale gradate, situație în care impedanța de măsură este egală cu numărul format de D1..D4, înmulțit cu poziția corespunzătoare lui K2.

2.2. Se măsoară capacitatea și factorul de calitate pentru condensatoarele date, astfel:

- Puntea se pune în funcțiune puntea **numai** după ce s-a verificat dacă este apăsata K6 (**obligatoriu**, altfel se riscă distrugerea instrumentului indicator).

- se conectează K1 pe poziția C ;

- se fixează valoarea nominală a condensatorului din D<sub>1</sub> , D<sub>2</sub> D<sub>3</sub> D<sub>4</sub> și factorul de multiplicare dat de K<sub>2</sub> ;

- se conectează corespunzător lui K<sub>2</sub> sondele de măsură;

- se verifică dacă este relaxat K3 ;

- se fixează K5 pe poziția inițială de 20% ;

- se deblochează K6 și se reglează Di până se obține echilibrul punții cu precizia maxim posibilă, crescând progresiv precizia spre 0,5% ;
- se notează valoarea capacității indicate de Di și K<sub>2</sub>, apoi se măsoară factorul de calitate Q (apăsând K3).

2.3. După măsurarea la temperatura ambiantă (coloana 1 din tabelul T<sub>2</sub>) , se introduce setul de condensatoare în vasul de încălzit și se fac determinările pentru caracteristicile C(θ), Q(θ) completând tabelul T<sub>4</sub> pentru toate condensatoarele cerute.

Tabel T<sub>4</sub>

| θ              | 20 <sup>0</sup> C | 25 <sup>0</sup> C | 30 <sup>0</sup> C | 35 <sup>0</sup> C | 40 <sup>0</sup> C | ..... | 65 <sup>0</sup> C | 70 <sup>0</sup> C |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|
| C              |                   |                   |                   |                   |                   |       |                   |                   |
| Q              |                   |                   |                   |                   |                   |       |                   |                   |
| tgδ            |                   |                   |                   |                   |                   |       |                   |                   |
| α <sub>c</sub> |                   |                   |                   |                   |                   |       |                   |                   |

**Atenție !** să nu se depășească temperatura maximă admisibilă pentru nici un condensator din cele supuse încălzirii.

Se calculează α<sub>c</sub> după o formulă asemănătoare celei de la măsurarea rezistoarelor :

$$\alpha_c = \frac{1}{\sqrt{c_1 \cdot c_2}} \cdot \frac{c_2 - c_1}{\theta_2 - \theta_1}, \quad c_1 = C_k(\theta_1), \quad c_2 = C_k(\theta_2), \quad \text{cu } \theta_1, \theta_2 \text{ temperaturi consecutive.}$$

$$\text{iar } \text{tg } \delta = \frac{1}{Q}$$

2.4. Se trasează pe hârtie milimetrică graficele corespunzătoare valorilor obținute și se compară valorile obținute pentru α<sub>c</sub> și tgδ cu cele de catalog.

3. Pe baza tabelului T<sub>4</sub> se compară din punct de vedere al factorului de calitate condensatoarele testate. Care este cel mai bun ?

## Condensatoare de capacitate specifică ridicată

**Scopul lucrării :** Reamintirea principalilor parametri ai condensatoarelor de capacitate specifică ridicată

În tendința continuă de miniaturizare a componentelor, dispozitivelor și modulelor electronice, dimensiunile condensatoarelor utilizate reprezintă una din cele mai importante limitări.

Capacitatea specifică a unui condensator reprezintă valoarea capacității raportată la volumul total al condensatorului, deci;

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) \quad C_S = \frac{C}{V_d + V_a + V_p} \\ (2) \quad C_S = \frac{C}{V_d} \cdot \frac{V_d}{V_d + V_d + V_p} \end{array} \right. , \text{ în care } \begin{array}{l} C_S \text{ este capacitatea specifică} \\ C \text{ este capacitatea nominală,} \\ V_p \text{ este volumul dielectricului,} \\ V_a \text{ este volumul armăturilor,} \\ V_p \text{ este volumul stratului protector.} \end{array}$$

În cazul unui condensator plan se poate scrie,

$$(3) \quad \frac{C}{V_d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \cdot \frac{1}{dA} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{d^2} ,$$

deci, pentru o capacitate specifică mare materialul trebuie să aibă permitivitate relativă ridicată și grosime cât mai mică, de unde rezultă restricții asupra tensiunilor de lucru.

Dintre tipurile constructive actuale de condensatoare care răspund la cerințele amintite, mai uzuale sunt: condensatoare electrolitice cu aluminiu (**Ce**), condensatoare cu aluminiu solide (**Cas**) și condensatoare cu tantal solid (**Cts**).

Condensatoarele la care ne referim sunt fabricate, în prezent, de capacități cuprinse între  $0,05\mu\text{F}$  și  $0,33\text{F}$  într-o gamă de tensiuni nominale extinsă până la **500V** (la capacități nominale foarte mari tensiunile nominale sunt sub **10V**), cu dimensiuni proporționale cu produsul “capacitate x tensiune” pentru aceeași tehnologie. Condensatoarele de capacitate specifică ridicată răspund cel mai bine la cerințele de asigurare a unor funcții de circuit ca: filtrare, cuplare, decuplare, netezire și stocarea energiei electrice.

Cerințele restrictive ce trebuiesc îndeplinite de aceste condensatoare sunt diverse, corespunzător aplicației în care sunt utilizate:

- durată mare de viață și fiabilitate ridicată (echipamente electronice de telecomunicații și de prelucrare a datelor),

- temperatură ridicată de lucru (motoare auto),

- dimensiuni reduse (circuite hibride și modulare),

- rezistență serie echivalentă redusă la frecvențe ridicate (surse în comutație).

În majoritatea cazurilor însă, aceste cerințe nu pot fi simultan îndeplinite.

### **Condensatorul electrolitic cu aluminiu.**

La acest condensator, anodul este o folie de aluminiu de grosime  $50\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$  și puritate înaltă, pe care se formează printr-un proces de oxidare electrochimică un strat de dielectric de oxid de aluminiu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Pentru mărirea artificială a suprafeței efective a armăturii, înainte de oxidare, folia de aluminiu este supusă unei operații de corodare chimică sau electrochimică ce are ca efect asperizarea uniformă a acesteia. În timpul procesului de formare a stratului de oxid, acesta este supus la câmpuri electrice foarte



intense apropiate de limitele fizice de rezistență la străpungere ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  are  $\epsilon_r \approx 8$ ,  $E_{\text{str}} \approx 7 \cdot 10^8 \text{ V/m}$ ). Astfel, grosimea stratului de oxid (dielectric) este determinată de o tensiune  $U_F$  numită tensiune de formare. Pentru a preveni modificări ale stratului dielectric în timpul utilizării curente, tensiunea nominală de lucru,  $U_n$ , trebuie să fie, de obicei, mai mică decât cea din timpul formării.

Pentru  $C_e$  de aplicații generale,  $U_n/U_F < 0,8$ .

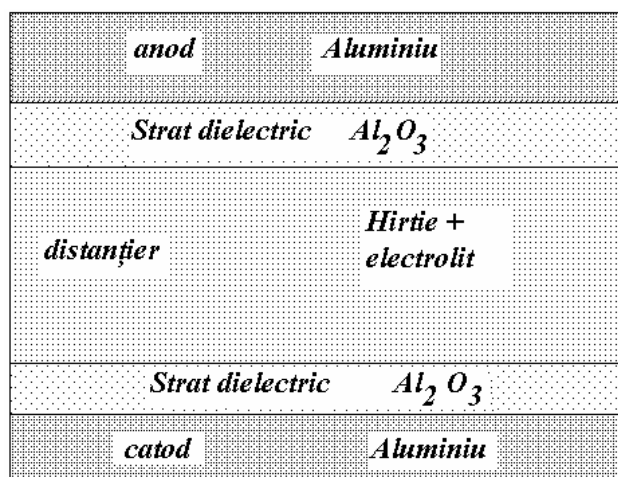
Pentru aplicații profesionale și industriale același raport este aproximativ 0,6.

În funcționarea curentă normală a  $C_e$  se pot utiliza și tensiuni alternative suprapuse peste componenta continuă de polarizare, cu condiția ca amplitudinea acestora să fie mai mică decât componenta continuă de polarizare (pentru a se evita polarizările inverse) și suma dintre componenta continuă și amplitudinea componentei alternative să nu depășească tensiunea nominală de lucru.

Structura unui condensator electrolitic cu  $Al$  este prezentată în fig.1. La acest tip de condensator, celălalt electrod este un conductor ionic (electrolit).

Datorită conductibilității ionice, potențialul anodului nu trebuie niciodată să fie mai scăzut decât al electrolitului; dacă potențialul anodului devine mai scăzut decât al electrolitului atunci ionii pozitivi de hidrogen vor fi deplasați sub acțiunea câmpului electric prin stratul dielectric la anodul metalic unde vor fi "descărcați". Se formează astfel o acumulare de hidrogen gazos a cărui presiune va crește până are loc distrugerea (cel mai des explozie) a stratului dielectric cauzând fie un scurtcircuit fie un curent de pierderi nepermis de mare.

Fig.1



În cazul polarizării normale (potențialul anodului mai ridicat față de al catodului) ionii de oxidare sunt dirijați spre stratul dielectric dar nu sunt capabili să-l străpungă la intensități ale câmpului electric mai mici decât limitele fizice ( $700 \text{ MV/m}$  pentru trioxidul de aluminiu). În acest caz ionii oxidanți vor străpunge zona defectului spre anod unde se formează un nou strat de oxid care crește până la redistribuirea uniformă a câmpului electric, condensatorul autoformatându-se. Contactul electric la electrolit se realizează cu un electrod metalic numit **catod** care este de obicei acoperit cu un strat fin de oxid (dielectric).

Pentru a îndepărta posibilitatea unui eventual contact mecanic direct între starturile de oxid ale catodului și anodului (care ar cauza distrugerea mecanică în zonele de contact) se utilizează un strat de hârtie poroasă care are și rolul de a absorbe și reține electrolitul. Grosimea totală a stratului din fig.1 este de ordinul sutelor de micrometri. Un  $C_e$

se obține prin bobinarea stratului descris mai sus ,cu anodul spre exterior. La condensatoarele de fabricație românească drept electrolit se utilizează: acid boric, hidroxid de amoniu, glicoletilenă.

Electroliții moderni sunt fabricați pe bază de dymethylacetamidă și necesită încapsularea foarte etanșă (datorită coeficientului de difuzie ridicat al solventului) dar are o rezistență specifică relativ scăzută, coeficient de temperatură mai mic și gama temperaturilor de lucru mai largă.

Ca principal dezavantaj, **Ce** are o durată mică de viață din cauza uscării electrolitului. Din acest motiv nu trebuie să lucreze la temperaturi ridicate.

### Condensatorul cu aluminiu solid.

Condensatorul cu aluminiu solid (**Cas**) are anodul fabricat după aceeași tehnologie ca la cel electrolitic (și de asemenea stratul de oxid dielectric). Celălalt electrod este realizat dintr-un strat semiconductor de bioxid de mangan ( fig.2).

Din acest motiv, în principiu , potențialul anodului față de al catodului este permis a fi atât pozitiv cât și negativ. Ca dezavantaj, datorită absenței ionilor oxidanți, nu mai are loc fenomenul de autorefacere, prin curenți de pierdere, a stratului dielectric distrus.

Practic este totuși recomandat să se mențină potențialul anodului mai ridicat decât al catodului, deoarece nici un condensator solid nu este perfect uscat astfel că poate apare și o conducție ionică.

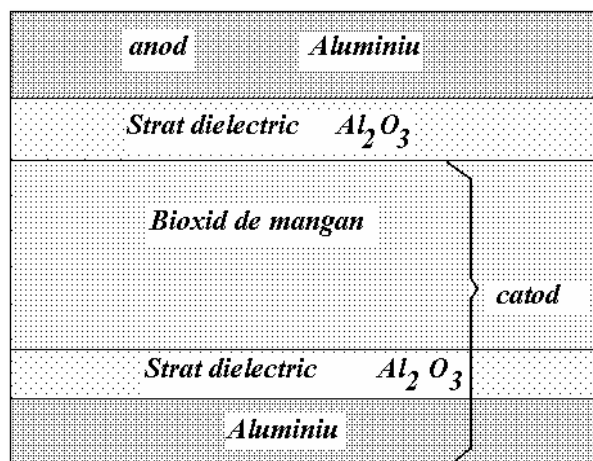


Fig. 2

### Impedanța condensatorului.

$$(4) \quad \underline{Z} = R - jX \quad , \quad R \text{ este rezistența serie de disipare}$$

$$(5) \quad X = \frac{1}{\omega C} \quad , \quad C \text{ este capacitatea echivalentă serie}$$

Valorile lui **R și X** (reactanța capacitivă) depind de frecvență și de temperatură. În fig.3 ... fig.7 se dau calitativ aceste dependențe din care remarcăm două aspecte importante din punct de vedere practic : capacitatea condensatoarelor cu aluminiu crește semnificativ la creșterea temperaturii, iar modulul impedanței acestor condensatoare crește la frecvențe mai mari de **100KHz** (condensatorul se comportă inductiv la frecvențe ridicate).

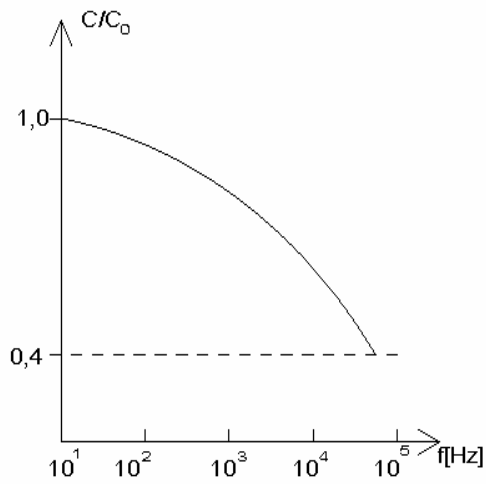


Fig.3. Capacitatea tipica functie de frecventa  
 $C_0$  =capacitatea la 25 °C si 100Hz

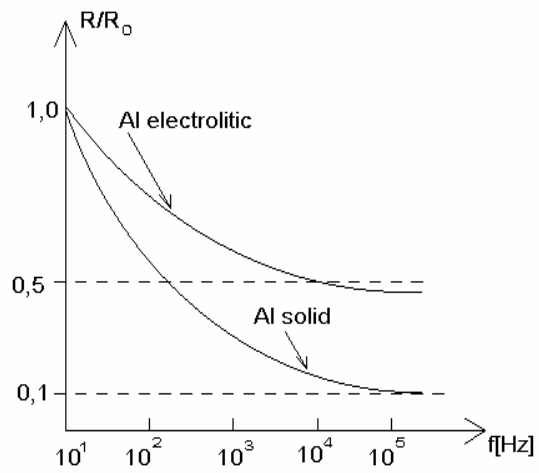


Fig.4. Variatia tipica a rezistentei serie echiv.  
 $R_0$  =rezistenta serie la 25 °C si 100Hz

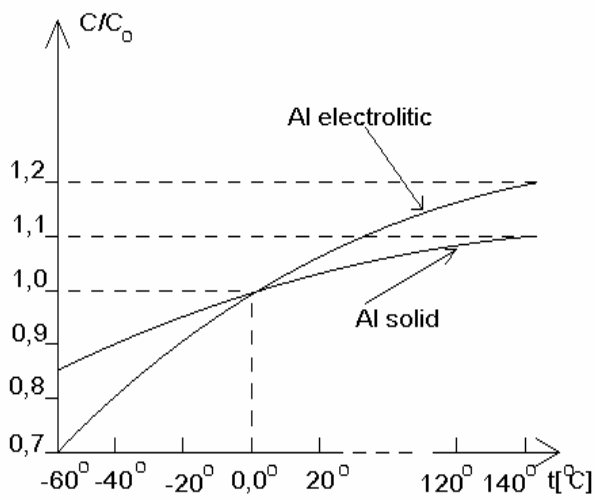


Fig.5. Variatia capacitatii cu temperatura

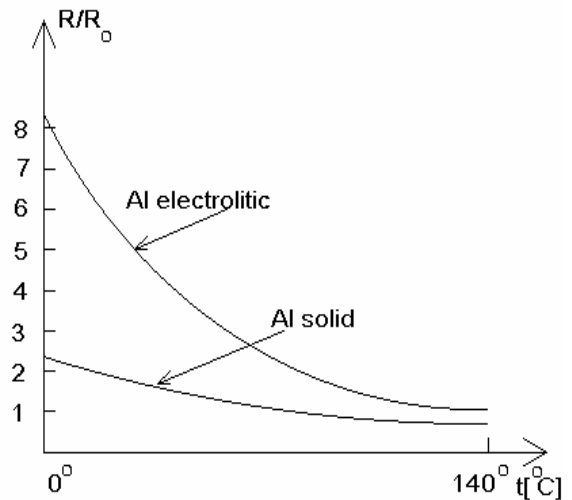


Fig.6. Variatia rez. serie cu temperatura

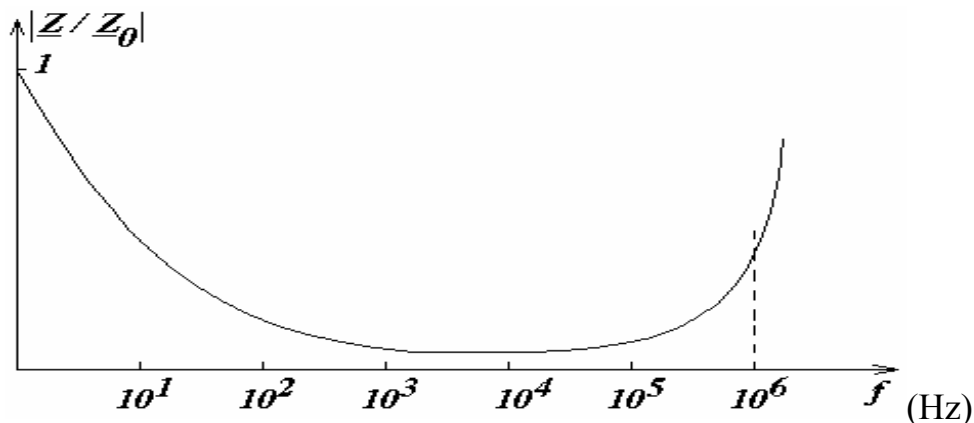


Fig. 7

### Pulsatiile (riplul de curent).

În diverse aplicații condensatorul este străbătut de pulsații de curent care nu trebuie să depășească valorile maxime permise specificate în catalog. Datorită rezistenței echivalente serie,  $R$ , puterea disipată în dispozitiv,  $P$ , este :

$$(6) \quad P = I_r^2 R \quad ,$$

și determină creșterea temperaturii condensatorului. Echilibrul termic se stabilește când puterea  $P$  se transmite prin capsula condensatorului în mediul ambiant. Rezultă că riplul maxim de curent depinde de temperatura maximă permisă a condensatorului, valoarea rezistenței echivalente serie, mărimea capsulei (suprafața de evacuare a căldurii) și temperatura mediului ambiant  $T_{amb}$ .

$$(7) \quad I_{r \max.} = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot S \cdot (T_c - T_{amb})}{R}}$$

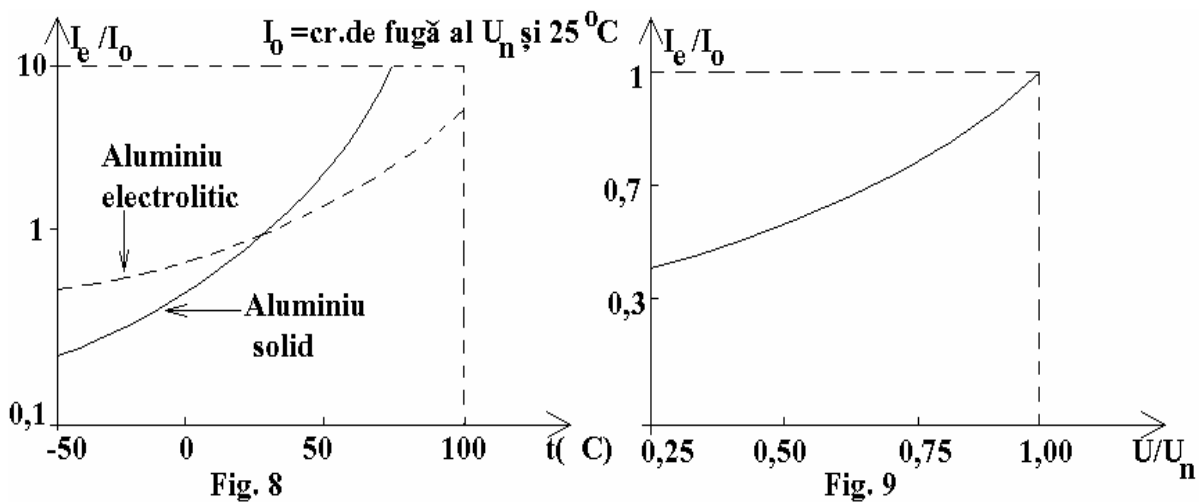
$\alpha$  - coeficientul de transfer al căldurii

$S$  - suprafața de transfer a căldurii

$T_c$  - Temperatura capsulei

### Curentul de fugă (rezidual).

În funcționare normală prin condensator trece un curent continuu de valoare mică numit **curent de fugă (rezidual sau de scurgere)**,  $I_e$ , ce depinde de tensiunea aplicată și de temperatură, fig. 8 și fig. 9.



### Timpul de viață.

În general, timpul de viață al unui condensator **Ce** cu **Al** se dublează pentru fiecare scădere cu  $10^\circ\text{C}$  a temperaturii de lucru față de cea specificată. Prin utilizarea **Ce** la tensiuni de lucru mai mici față de cele nominale, scad curenții reziduali și va crește timpul de viață.

Timpul de viață este limitat datorită derivelor parametrilor în afara limitelor permise. Cea mai mare parte a derivelor se datorează îmbătrânirii electrolitului (uscarea sau reacții chimice).

În cazul condensatorului **Cas** deriva parametrilor este cauzată de degradarea stratului de oxid, aceasta determinând creșterea curentului de fugă. Timpul de viață se îmbunătățește prin utilizare la tensiuni de lucru mai mici decât cea nominală și la temperaturi scăzute.

### Fiabilitatea.

Fiabilitatea se apreciază prin intermediul intensității de defectare (rată de defectare)  $\lambda$ , și poate fi îmbunătățită prin: scăderea temperaturii, scăderea tensiunii de lucru sau montarea unui rezistor serie necesar mai ales în situațiile de utilizare ca filtru de netezire după redresor.

### Condensatorul cu tantal solid.

La acest tip de condensator, pentru a se obține o suprafață efectivă cât mai mare a armăturii s-a adoptat soluția construirii unor anodi din tantal sinterizat (asigură o porozitate foarte mare). Funcție de granulația pulberii și de condițiile de sinterizare se pot obține suprafețe efective de  $1 \text{ m}^2$  pentru un anod cu volum de  $1 \text{ cm}^3$ . Pe acest anod se depune electrolitic (oxidare anodică) un strat de pentaoxid de tantal a cărui grosime se poate controla bine tehnologic și care are bune proprietăți dielectrice ( $\epsilon_r \approx 27,6$ ;  $E_{\text{str}} = 7 \cdot 10^8 \text{ (V/m)}$ ). Catodul este realizat prin depunerea unei pelicule semiconductoare din dioxid de mangan ( $\rho = 25 \Omega \cdot \text{cm}$ ) peste stratul de dielectric (oxid).

Pelicula de dioxid de mangan se acoperă cu grafit depus dintr-o suspensie coloidală în apă, și pe stratul de grafit se depune prin pulverizare Cu sau aliajul Pb+Sn pe care se poate lipi conexiunea terminală (pentru condensatoare tip picătură) sau capsula metalică (pentru condensatoare cu terminale axiale), fig.10.

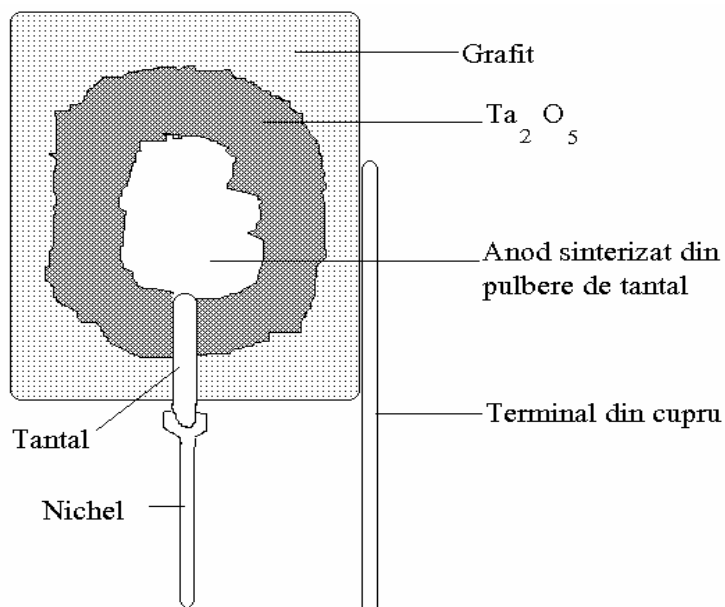


Fig. 10. Structura condensatorului cu tantal

Condensatoarele cu tantal sunt utilizate în domeniul de temperatură  $-80\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$  cu performanțe superioare condensatoarelor electrolitice în privința curentului de fugă și a derivei parametrilor. În domeniul temperaturilor uzuale, rezistența peliculei de dioxid de mangan depinde puțin de temperatură și coeficientul de variație a capacității cu temperatura se apropie de cel al stratului de dielectric iar pierderile active depind puțin de temperatură. De asemenea devine mai puțin critică dependența de frecvență a capacității și a pierderilor.

Dezavantajul major al condensatorului cu tantal constă în imposibilitatea restabilirii peliculei de dielectric în punctele în care acesta se deteriorează (nu se autoformatează). Pentru creșterea fiabilității Cts, se utilizează straturi de oxid mai groase, aceasta determinând creșterea gabaritului deci scăderea capacității specifice.

Prin cuplarea a două structuri identice de Cts polarizate “spate în spate” se obține un condensator nepolarizat de valoare mare (poate fi utilizată structura și în curent alternativ), fig. 11.

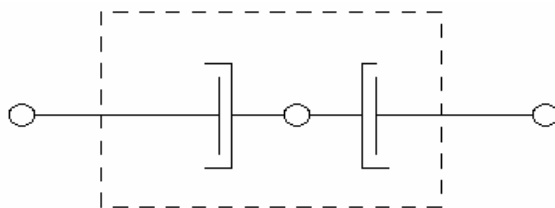


Fig. 11

Amplitudinea tensiunii alternative nu trebuie să depășească ( în fig.11 ) valoarea nominală a tensiunii unui condensator polarizat.

Stocarea  $C_{ts}$  fără tensiune la temperaturi ridicate favorizează apariția unui strat de oxid de tantal cristalin plasat între anod și stratul dielectric, determinând scurtcircuitarea condensatorului sau un curent de fugă nepermis de mare, deoarece cristalele de tantal (spre deosebire de oxidul dielectric amorf) au o rezistivitate foarte scăzută.

### MODUL DE LUCRU

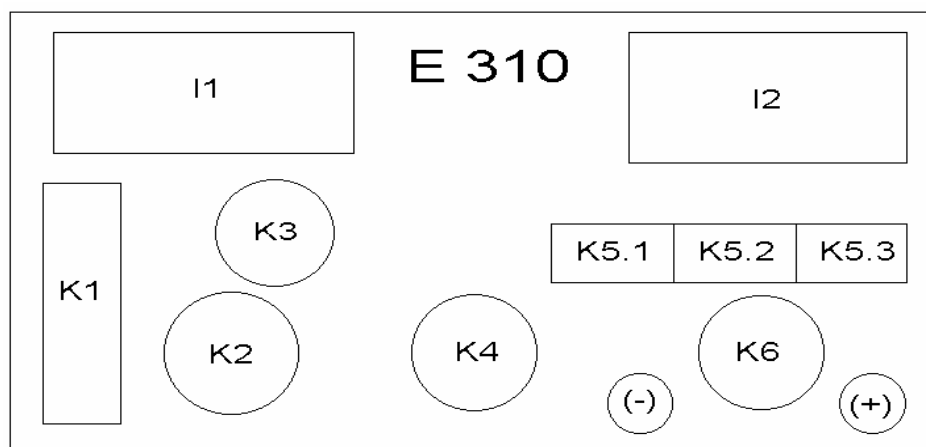
1. Se identifică , utilizând catalogul, condensatoarele de testat și se notează datele de catalog pentru parametrii: capacitatea nominală  $C_n$ , toleranța, tensiunea nominală  $U_n$ , curentul de fugă  $I_{fugă}$  , tangenta unghiului de pierderi  $tg \delta$ , variația capacității cu temperatura și categoria climatică.

Se completează tabelul  $T_1$  :

| C     | C. nom. | T [%] | $U_n$ | $I_{fugă}$ | $tg \delta$ | $\alpha_c$ | Cat. clim. | Cod |
|-------|---------|-------|-------|------------|-------------|------------|------------|-----|
| $C_1$ |         |       |       |            |             |            |            |     |
| $C_2$ |         |       |       |            |             |            |            |     |
| ...   |         |       |       |            |             |            |            |     |

2. Determinarea variației curentului de fugă cu tensiunea.

Se folosește puntea de măsură **E 310**.



- Se alimentează puntea și se apasă **K5.3** ,
- Se conectează condensatorul de testat cu terminalul marcat (+) la borna (+) a aparatului (roșie) și se desensibilizează miliampermetrul  $I_2$  (se trece pe plaja **20mA**),

- Se fixează tensiunea de test din **K3** la  $1,1U_n$  ( aceasta este măsurată de instrumentul **I1** ) si apoi se apasă **K5.1**.
- După **30'' ( 40'' sau 60'' )** de la apăsarea pe **K5.1** ( timp măsurat cu ajutorul unui ceas cu secundar), se citește valoarea curentului pe instrumentul notat **I2** (acesta se sensibilizează astfel ca citirile să se facă pe cât posibil în ultima treime a scalei gradate).
- După citire se apasă din nou **K5.3** ( condensatorul se va descărca ) și se desensibilizează din nou instrumentul **I2** pentru a pregăti o nouă determinare. Se completează tabelul **T1** la temperatura mediului ambiant, cu tensiuni coborâtoare.

**Tabelul T1**

| $U_n \times$ | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 1.10 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| If(pt. C1)   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| If(pt.C 2)   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| If(pt.C 3)   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| If(pt.C 4)   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Fig. 12

3. Comportarea în frecvență. Se utilizează montajul din figura de mai jos.

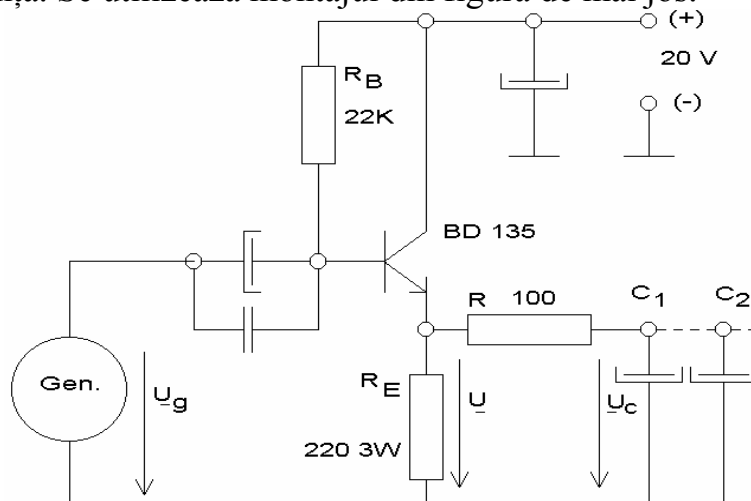


Fig.13

Generatorul este cu frecvență și amplitudine variabile. Se folosește un osciloscop pentru măsurarea tensiunilor de semnal notate cu  $U$  și  $U_c$  în schema de mai sus. Se fixează frecvența generatorului la o valoare din tabelul **T2**, se fixează apoi tensiunea de semnal  $U$  ( folosind potențiometrul de reglaj al generatorului ) la



1  $V_{ef}$  și se măsoară în continuare tensiunea de semnal la bornele condensatorului de testat  $U_c$ . Se completează succesiv ( în acest mod ) tabelul  $T_2$  pentru trei condensatoare de tipuri diferite.

**Tabelul  $T_2$**

| $f$     | 10<br>Hz | 50<br>Hz | 100<br>Hz | 500<br>Hz | 1k<br>Hz | 5k<br>Hz | 10k<br>Hz | 50k<br>Hz | 100k<br>Hz | 500k<br>Hz | 1M<br>Hz |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|----------|
| U       |          |          |           |           |          |          |           |           |            |            |          |
| $U_c$   |          |          |           |           |          |          |           |           |            |            |          |
| $U_c/U$ |          |          |           |           |          |          |           |           |            |            |          |

4. Se reprezintă grafic  $I_f = f(U)$  pe baza rezultatelor din tabelul  $T_1$ . De asemenea se reprezintă grafic  $(U_c/U)(f)$  pe baza rezultatelor din tabelul  $T_2$ . Se verifică dacă graficele obținute au calitativ aceeași formă cu cele din fig.7, fig.8 și fig.9.