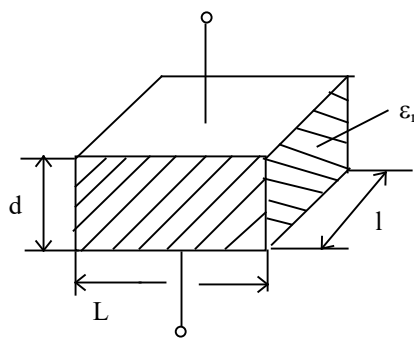


CONDENSATOARE

1. Scopul lucrării: Cunoașterea parametrilor caracteristici, a structurii constructive a diverselor tipuri de condensatoare cu terminale pentru inserție și pentru montarea pe suprafață; realizarea unor măsurători specifice.

2. Noțiuni teoretice:

Condensatorul este o componentă electronică pasivă cu impedanță capacitivă până la o anumită frecvență. Capacitatea, principala caracteristică a condensatorului reprezintă raportul dintre sarcina care se acumulează între două armături conductoare și diferența de potențial care apare între cele două armături. Din punct de vedere constructiv un condensator este alcătuit dintr-un mediu (izolator) dielectric plasat între două armături conductoare. Capacitatea unui condensator plan are expresia (v. fig. 1):



$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} \quad (1)$$

Fig 1. Condensatorul plan

unde - ϵ_0 reprezintă permitivitatea absolută a vidului; $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m

- ϵ_r permitivitatea relativă a dielectricului.

- $A=L \times l$ aria armăturilor

Observație: Elementele conductoare sunt specifice domeniului electronic, atât pentru realizarea interconectării componentelor, precum și în structura oricărei componente electronice. Între oricare două elemente conductoare (trasee de cablaj, conductoare, terminale, etc) există capacități parazite (nedorite) care influențează mai mult sau mai puțin funcționarea componentelor circuitelor. În acest sens se poate spune că un condensator este o componentă electronică pasivă realizată în scopul obținerii unei capacități concentrate într-un spațiu cât mai mic.

Din punct de vedere constructiv întâlnim condensatoare fixe și variabile: reglabile și ajustabile (semireglabile).

În funcție de natura dielectricului se poate face următoarea clasificare:

CONDENSATOARE

-cu dielectric solid

-anorganic: sticla, mica, ceramica (de tip I sau II)

-organic: hârtie, pelicule plastice

-cu dielectric oxid metalic: condensatoare electrolitice cu Al (Elco) și cu Ta (Elta)

-cu dielectric gazos (aer, gaze)

-cu dielectric lichid (ulei)

Ținând seama de aspectul constructiv putem enumera câteva tipuri de condensatoare:

- plane
- paralelipipedice
- tubulare
- cilindrice, etc.

2.1. Parametrii condensatoarelor

Principalii parametri ai condensatoarelor sunt enumerați în continuare:

Capacitatea nominală C_N [F], reprezintă valoarea capacității care se dorește a se obține în procesul de fabricație și se marchează în general pe corpul condensatorului. Valorile nominale sunt cuprinse în seriile de valori dar pentru valori mari se pot fabrica și valori în afara seriilor (este cazul condensatoarelor electrolitice).

Toleranța t [%], reprezintă abaterea relativă maximă a valorii reale a capacității condensatorului față de valoarea sa nominală. La fel ca la rezistoare, seriile de valori nominale sunt legate de toleranța condensatorului. De exemplu valoarea 270pF poate aparține seriilor E12 și E24, vezi Anexa 3. Pentru toleranțe de 1%, seria E96 nu există această valoare ci 274 pF. Totuși, mai ales pentru componente SMD se fabrică condensatoare cu toleranțe reduse și cu valori nominale din seriile „mari” E6, E12, E24, La condensatoarele electrolitice și la unele condensatoare ceramice de tip II se precizează de obicei toleranțe nesimetrice (de ex. -20%, +80%).

Tensiunea nominală U_N [V], este tensiunea continuă maximă sau cea mai mare valoare efectivă a tensiunii alternative care se poate aplica în regim continuu de funcționare la bornele condensatorului. Depinde de rigiditatea dielectricului și de caracteristicile constructive ale condensatorului.

Tangenta unghiului de pierderi $\tan \delta$, se definește ca raportul dintre puterea activă disipată de condensator și puterea reactivă a acestuia. Pe scurt, exprimă pierderile în condensator. Dacă se folosește circuitul echivalent al condensatorului din fig. 2 tangenta unghiului de pierderi are expresia:

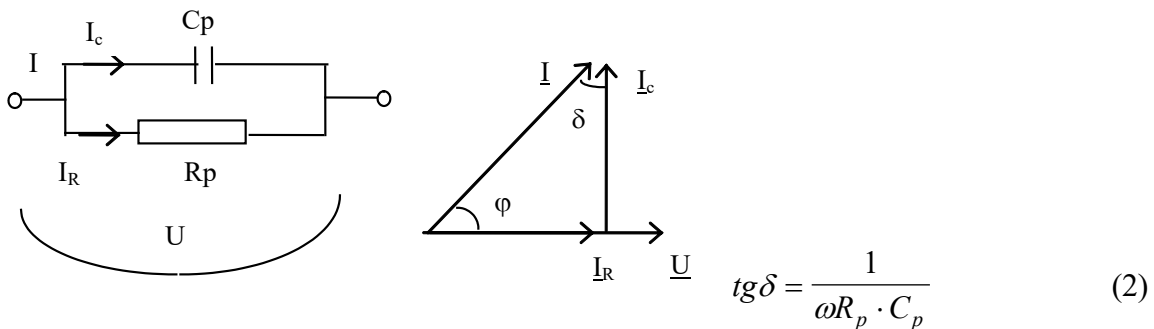


Fig. 2 Unghiul de pierderi.

Coefficientul de variație cu temperatura $[K^{-1}]$ se definește prin relația :

$$\alpha = \frac{1}{C} \cdot \frac{dC}{dT} \quad (3)$$

În cazul unei variații liniare a capacității cu temperatura se poate folosi relația (4)

$$\alpha \cong \frac{1}{C_{25}} \cdot \frac{C - C_{25}}{T - T_{25}} \quad (4)$$

unde mărimile au următoarea semnificație:

C_{25} -valoarea capacității la temperatura de referință T_{25} (25 °C)

C -valoarea capacității la o temperatură T (de lucru)

Rezistența de izolație R_{iz} [Ω], se definește ca raportul dintre tensiunea continuă aplicată unui condensator și curentul ce străbate acel condensator la un minut după aplicarea tensiunii. Valori uzuale pentru R_{iz} sunt (100 M Ω - 100G Ω) cu observația că R_{iz} depinde de condițiile de măsură. În locul rezistenței de izolație se pot da uneori în catalog alți parametri. Astfel pentru unele condensatoare se dă constanta de timp de izolație $\tau_{iz} = R_{iz} \cdot C_N$ [s], iar pentru condensatoarele electrolitice se dă curentul de fugă $I_f = U_N / R_{iz}$.

Intervalul temperaturilor de lucru (T_{min} - T_{max}) [°C], se definește ca intervalul de temperatură în care condensatorul poate funcționa un timp îndelungat. Acest interval depinde în principal de natura dielectricului, dar și de celelalte materiale utilizate la realizarea condensatorului.

Elemente parazite L,R

Orice condensator prezintă elemente parazite de tip inductiv și rezistiv, elemente ce depind de structura constructivă și de materialele folosite. Se poate da următoarea schemă echivalentă valabilă pentru o clasă mare de condensatoare:

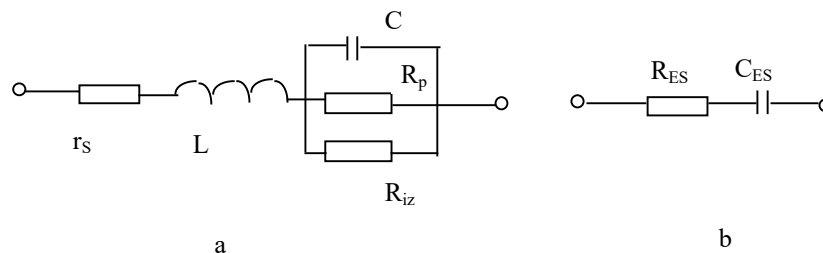


Fig. 3 Schema echivalentă a condensatorului real.

Semnificația elementelor din figura 3 este următoarea:

- r_s rezistența armăturilor și terminalelor
- L inductanța armăturilor și terminalelor
- R_p rezistența de pierderi în dielectric
- R_{iz} rezistența de izolație

Schema din figura 3-a poate fi echivalată cu o schemă serie (figura 3-b) unde R_{ES} și C_{ES} au valorile date de formulele (5):

$$R_{ES} = \frac{tg \delta}{\omega C}, \quad C_{ES} = \frac{C'}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

$$C' = C \left[1 + \left(tg \delta_p + tg \delta_\epsilon \right)^2 \right] \quad tg \delta = tg \delta_s + tg \delta_p + tg \delta_\epsilon \quad (5)$$

$$tg \delta_\epsilon = \frac{1}{\omega C R_p} \quad tg \delta_p = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R_{iz}} \quad tg \delta_s = \omega \cdot C \cdot r_s$$

Această modelare ne dă o imagine asupra comportării condensatorului în gama de frecvență. Se observă că, lucrând la frecvențe diferite, capacitatea echivalentă C_{ES} variază. Este posibil ca, depășind pulsația de rezonanță caracterul capacitiv să se transforme în caracter inductiv (capacitate negativă).

2.2 Structura constructivă a condensatoarelor

Structura constructivă generală a condensatoarelor este dată în figura 4

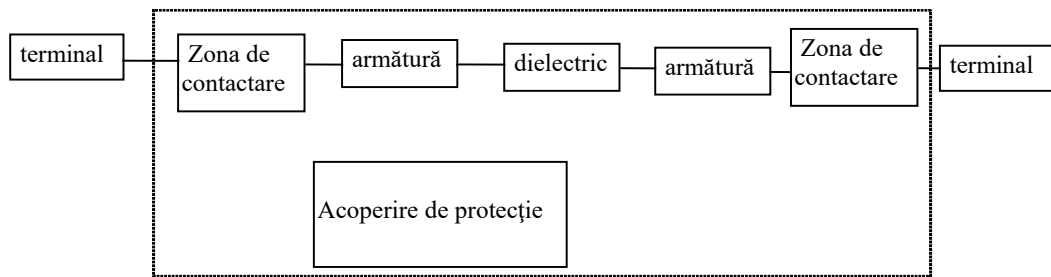


Fig. 4 Structura constructivă a condensatoarelor.

Referitor la modul de aranjare a terminalelor există două mari clase de componente cu terminale axiale, adică sunt plasate în lungul axei componente și radiale practic de aceeași parte a capsulei componente.

În continuare se prezintă prin desene structura constructivă pentru câteva tipuri de condensatoare.

2.2.1 Condensatoare ceramice monostrat (disc sau plachetă)

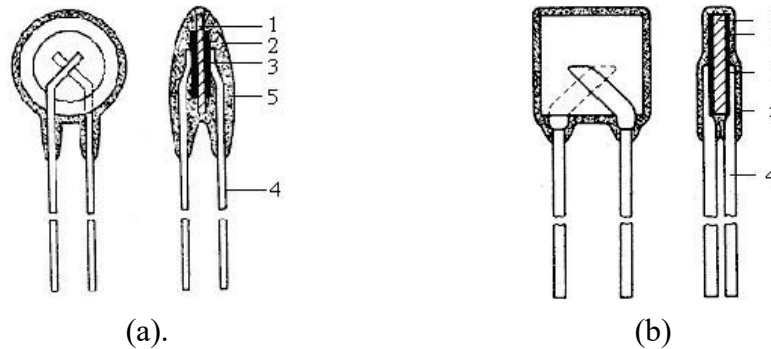


Fig. 5 Condensatoare ceramice monostrat. (a) disc, (b) condensator plat.

2.2.2 Condensatoare ceramice multistrat

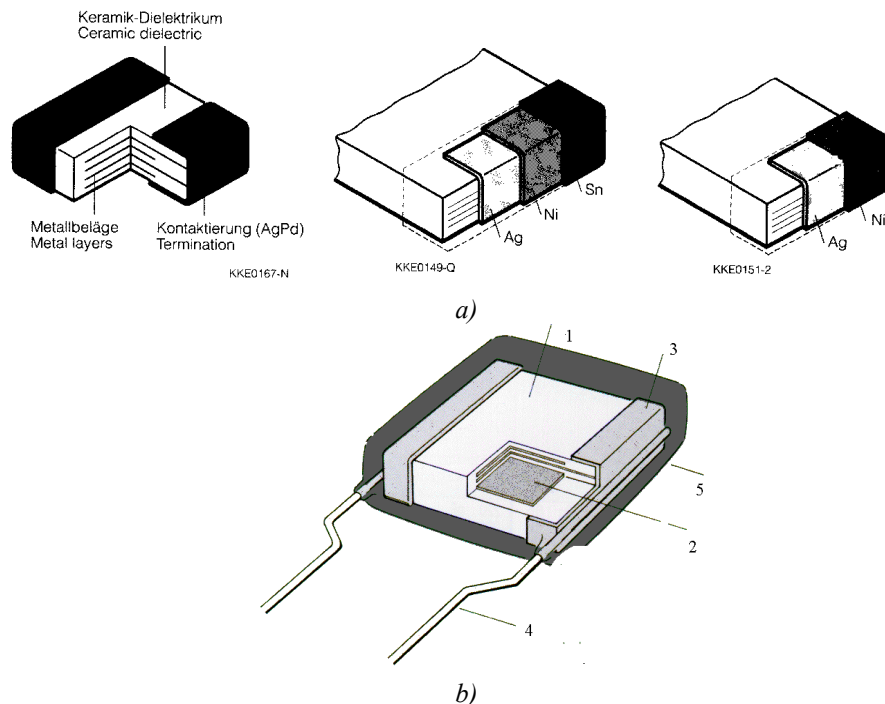


Fig. 6 Condensator ceramic multistrat: a) pentru tehnologia SMD; b) cu terminale pentru inserție.

2.2.3 Condensatoare cu folii de aluminiu și folii plastice (cel mai întâlnite tipuri sunt cu polistiren sub denumirea comercială stiroflex și condensatoarele cu hârtie).

La acest tip de condensator se utilizează câte două folii de dielectric și două folii de aluminiu pentru realizarea bobinei circulare.

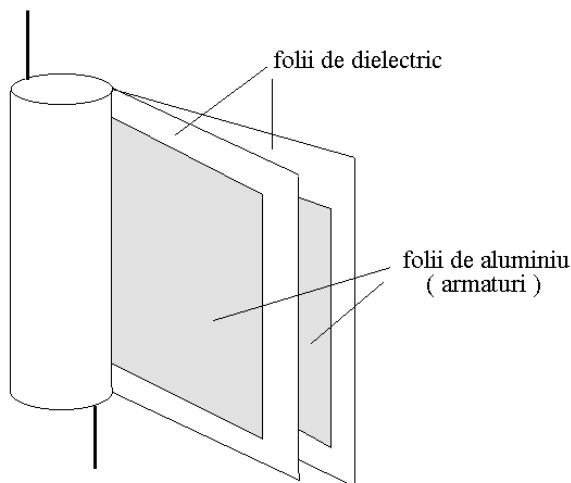


Fig. 7 Condensatoare cu folii de aluminiu

Datorită variantei tehnic posibile de a face contactarea armăturilor, acestea se contactează de regulă într-un singur loc. Acest fapt duce la circulația curentului din punctul de contact cu armătura în lungul acesteia, care are formă de spirală, generând astfel fluxuri magnetice și astfel inductanță parazită foarte mare. Prin contactarea în mai multe zone se poate reduce semnificativ inductanța..

2.2.4 Condensatoare cu folii metalizate. Cele mai întâlnite tipuri sunt cu poliester sau mai precis polietilentereftalat cu denumirea comercială mylar sau pe scurt PET. Un alt tip foarte întâlnit este condensatorul cu polietilenă metalizată. Cele două au denumirile generice MKT, respectiv MKP. La această variantă de condensator, spre deosebire de condensatoarele cu folii, la realizarea bobinei se utilizează numai două folii metalizate cu un strat subțire de aluminiu, depus prin procedee de evaporare în vid. Datorită variantei de contactare cu metalizări la capete se obțin inductanțe parazite mici. Înainte de metalizare bobina se poate presa, rezultând o formă ce se poate introduce într-o carcasă paralelipipedică sau se poate mula în aceeași formă.

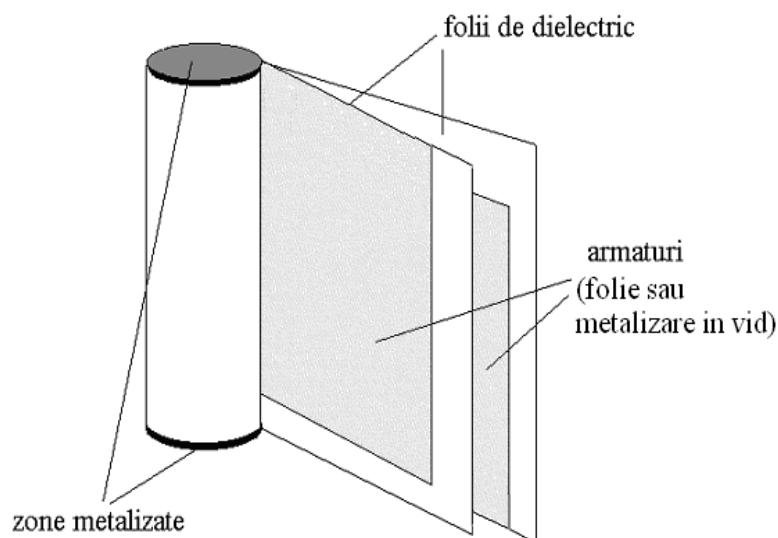


Fig. 8 Condensator cu folii metalizate (neinductiv)

2.2.5 Condensatoare electrolitice

Condensatoarele electrolitice reprezintă o categorie specială în cadrul condensatoarelor, deoarece funcționarea lor se bazează parțial pe procese electrochimice, ceea ce impune cunoașterea modului de realizare al acestora. Fiind polarizate, borna pozitivă se va numi anod, iar cea negativă catod. Cele mai întâlnite tipuri sunt cele cu oxid de aluminiu și pentaoxid de tantal și mai recent pentaoxid de niobiu.

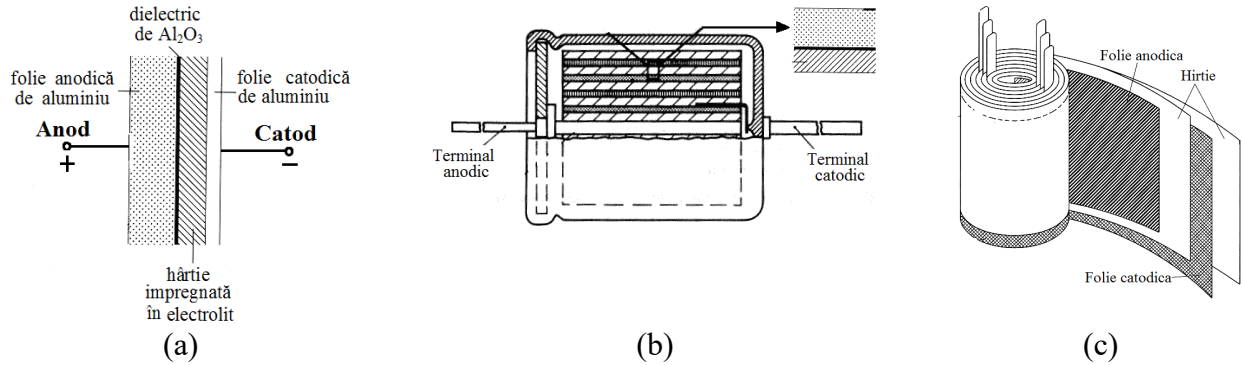


Fig. 9 Condensatorul electrolitic cu aluminiu
a) principiu de realizare; b) structura constructivă; c) detaliu

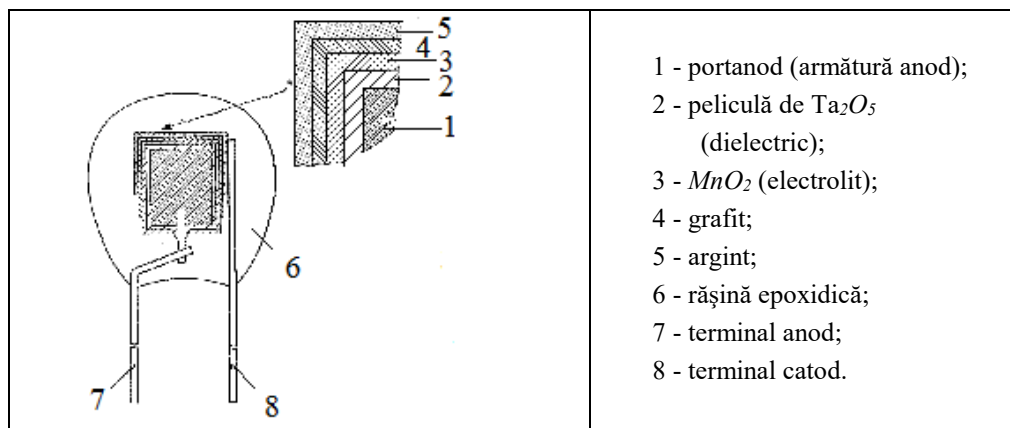


Fig. 10 Structura constructivă a condensatoarelor electrolitice cu tantal, cu electrolit solid, tip picătură

Armătura catodică a acestor condensatoare este reprezentată de un electrolit, care permite contactul cu stratul foarte subțire de oxid, dar nu are o rezistență foarte mică, cum ar fi ideal. De aici rezultă și parametrii condensatoarelor electrolitice care sunt net inferiori celorlalte categorii de condensatoare. Totuși, datorită valorilor mari ale capacității care se pot obține condensatoarele electrolitice sunt astăzi indispensabile în aparatura electronică. Condensatoarele electrolitice cu niobiu au performanțe similare celor cu tantal și au fost dezvoltate în special în scopul evitării arderii condensatoarelor în caz de scurtcircuit. Cele de la firma AVX au culoarea portocalie fiind ușor de deosebit de cele cu tantal.

2.3. Marcarea condensatoarelor

Codificarea condensatoarelor SMD paralelipipedice (chip) și cu tantal

Pentru codificarea acestora, la fel ca la rezistoarele SMD, este larg întâlnită convenția de notare ce utilizează miimea de inch, unitate numită mil.

1 mil = 1/1000 inch. Un inch este egal cu 25,4 mm. Se obișnuiește să se aproximeze 40 mils=1mm, ceea ce înseamnă că se transformă milimetrii în mils prin înmulțire cu 40. De exemplu 3mm=120 mils., 0,5mm=20 mils, etc.

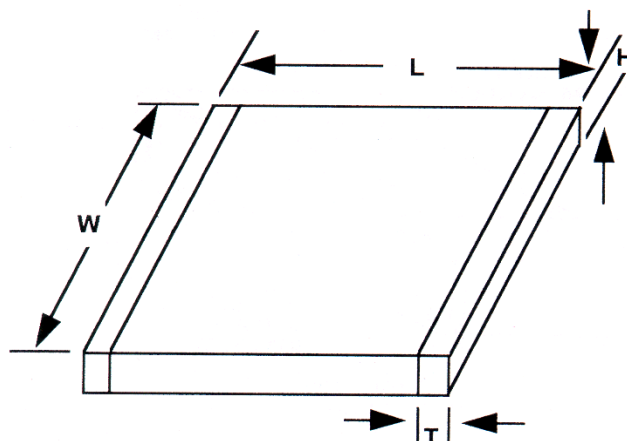


Fig. 11 Cotele rezistorului SMD paralelipipedic tip chip

De exemplu, condensatorul cu codul 1206 are, conform convenției de notare, aproximativ latura mare L de 120 mils=3mm și latura mică W de 60 mils=1,5mm. Celelalte cote (H și T) sunt definite în foile de catalog

Codificarea condensatoarelor electrolitice SMD cu (penta) oxid de tantal și cu (penta)oxid de niobiu, pe scurt numite condensatoare cu tantal și cu niobiu, este realizată în sistem metric. Pe placa de laborator se găsesc doar două variante constructive: 6032 (capsulă tip C) și 7343 (capsulă tip D). Aceste capsule au dimensiunile 6,0 mm x 3,2 mm și 7,3 mm x 4,3 mm respectiv.

Condensatoare ceramice

Observație: Există două mari categorii de dielectric ceramic folosite uzual în fabricația condensatoarelor: dielectric ceramic de tip I și dielectric ceramic de tip II. Unii fabricanți consideră în clasificare și un anumit tip III, tip pe care îl ignorăm acum. Proprietățile dielectricilor determinate de natura lor chimică sunt date în tabelul 1, iar în tabelul 2 sunt date câteva utilizări specifice pentru condensatoarele ceramice monostrat.

Tabelul 1. Parametrii condensatoarelor ceramice tip I și tip II

parametrul	dielectric ceramic tip I	dielectric ceramic tip II
ϵ_r	60 , 120	2000, 10000
coeficient de temperatură	-1500, -750 , +100, abatere ± 250 ppm/°C 0 \pm 30 ppm/°C (NP0)	variație neliniară, coeficient nedefinit, dar în interiorul unor limite impuse în intervalul de temperatură dat
tg δ (tipic)	$1-5 \times 10^{-4}$	$10^{-3}- 10^{-2}$
compoziție	TiO ₂ la care se adaugă în diferite proporții AgCO ₃ , BaCO ₃ , CaF ₂ , CaCO ₃ , ZrO, talc, argilă, etc.	soluții solide de BaTiO ₃ (titanat de bariu) la care se adaugă SrTiO ₃ , CaTiO ₃ , etc.
domeniu de frecvență	înalță frecvență (oscilatoare, amplificatoare, circuite de impulsuri)	decuplare cc., înaltă frecvență

Tabelul 2. Aplicații tipice pentru condensatoarele ceramice tip I și tip II

Tipul condensatorului	Gama de valori	Utilizări
condensatoare ceramice tip I	0,8 pF, 1 nF	echipamente electronice profesionale și industriale de înaltă frecvență, în special în circuite rezonante și de impulsuri unde stabilitatea capacității cu temperatura și factorul de calitate sunt esențiale
condensatoare ceramice tip II	33 pF, 220nF	circuite de cuplare și decuplare, filtre în echipamente de telecomunicații și industriale, circuite de înaltă tensiune, unde se poate accepta o variație considerabilă cu temperatura și pierderile nu sunt esențiale.

Codificarea **dielectricilor ceramici de tip I** se face după mai multe normative și standarde. O codificare este cea simplă, de exemplu N750 ce înseamnă coeficient de variație cu temperatura negativ de $-750 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Cea mai stabilă ceramică de tipul I este cea simbolizată COG sau NP0 cu coeficientul de temperatură (TCC) nul cu o abatere de $\pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$.

Pentru **condensatoarele ceramice de tip II** se folosesc coduri alfanumerice.

Conform EIA - Standard RS198B, se folosește un **cod de forma L_1CL_2** :

- **L_1 , prima literă**, semnifică limita inferioară de temperatură, utilizându-se codul: Z = 10°C , Y = -30°C , X = -55°C ;

- **C, cifra**, semnifică limita superioară de temperatură, utilizându-se codul: 4 = 65°C , 5 = 85°C , 6 = 105°C , 7 = 125°C ; 8 = 150°C

- **L_2 , a doua literă**, exprimă abaterea maximă relativă a capacității cu temperatura în procente, față de valoarea capacității la 25°C ; se utilizează codul: A = ± 1 ; B = $\pm 1,5$; C = $\pm 2,2$; D = $\pm 3,3$; E = $\pm 4,7$; F = $\pm 7,5$; P = ± 10 ; R = ± 15 ; S = ± 22 ; T = $+22/-33$; U = $+22/-56$; V = $+22/-82$.

De exemplu un condensator de tip X7R, are o abatere maximă a capacității cu temperatura de $\pm 15\%$, în intervalul de temperatură $[-55, 125]^\circ\text{C}$. Alte variante Z5U, Y5V, X8R.

Parametrii condensatoarelor studiate la laborator

Înainte de orice parametru trebuie trecut la identificarea condensatorului respectiv. În cazul plăcii de laborator sunt utilizate numere de referință ale componentelor C1, CC3, CCD1, CPP1, etc. Pe baza tabelului cu codul producătorului, de ex. KEPF015 pentru un condensator ceramic disc CCD1 se poate trece la studiul foilor de catalog. O informație utilă este dată de prezența marcajului pe corpul condensatorului. Trebuie precizat de la început că modalitatea de marcare este specifică fiecărui tip de condensator în parte și este obligatorie consultarea foilor de catalog ale respectivelor componente. Totuși, se respectă câteva reguli cum ar fi regulile de marcare în codul mantisă + exponent, codul EIA96, marcarea în clar a capacității și a tensiunii nominale și a toleranței. Codul mantisă + exponent aplicat la condensatoare are de regulă numai 3 cifre semnificative, deoarece precizii mari se obțin mai greu decât în cazul rezistoarelor. Regula se aplică de obicei la valori peste 100 pF. Primele cifre (mantisă) reprezintă cifrele semnificative ale valorii nominale iar ultima cifră (exponentul) este puterea lui 10 pentru exprimarea valorii, sau pe scurt multiplicatorul. Exemple de marcaj, 102, 472, 224. Valorile nominale sunt, după regula anterioară: $10 \times 10^2 = 1\text{nF}$, $47 \times 10^2 = 4,7\text{nF}$, $22 \times 10^4 = 220\text{nF}$. Pentru valori mici capacitatea se marchează în clar. Oricum trebuie studiată modalitatea de marcaj dată de producător.

Pe corpul oricărui condensator se inscripționează numai o parte din parametrii ce îl caracterizează, de regulă capacitatea nominală, apoi toleranța și uneori tensiunea nominală. Pentru coeficientul de temperatură existau diverse codificări bazate pe culori.

Capacitatea nominală se marchează de regulă pe corpul condensatorului. Dacă valoarea este exprimată cu virgulă, în locul virgulei se pune ordinul de multiplicare p (pico), respectiv n (nano). De exemplu 2n2 reprezintă 2,2 nF.

Pentru **toleranță** se poate utiliza marcarea în clar sau în codul literal, ca la rezistoare, cod prezentat în tabelul 3.

Tabelul 3. Codul literal pentru marcarea toleranței condensatoarelor

Toleranța [%]	±0,05	±0,01	±0,2	±0,5	±1	±2	±2,5	±5	±10	±15	±20
Cod literal	W	B	C	D	F	G	H	J	K	L	M

- Condensatoarele ceramice au de regulă valori mai mici și se marchează de obicei în picofarazi, pentru varianta monostrat. Pentru tipul II sau pentru cei multistrat se pot marca și în nanofarazi.
- Condensatoarele cu folie metalizată de tip MKT sau mylar (polietilentereftalat) și cu polipropilenă MKP au de regulă valori mari și la acestea se poate marca valoarea nominală în μF .
- Condensatoare electrolitice având valori foarte mari sunt marcate cu valoarea nominală în μF . Se marchează de asemenea tensiunea nominală și polaritatea terminalul (+) sau (-). Exemplu: 25/16 semnifică $C = 25 \mu\text{F}$, $U = 16\text{V}$. Se mai poate marca temperatura maximă de utilizare și data fabricației sau anumite detalii ale seriei, de exemplu „LOW ESR” adică rezistență serie cu valori mici.

3. Desfășurarea lucrării

3.1 Se trece la completarea tabelului 5 din Anexa 2. Pentru tipurile de condensatoare prezentate în figura 12 se determină parametri marcați și ceilalți parametri ce caracterizează condensatoarele respective cu ajutorul foilor de catalog. Toate datele, atât cele măsurate, cât și cele determinate se trec într-un tabel de forma celui prezentat în Anexa 2.

Mod de lucru:

- a) Se identifică condensatoarele după codul din tabelul 4, Anexa 1. Codul permite în majoritatea cazurilor identificarea univocă a valorii nominale și a toleranței precum și a celorlalți parametri specifici.
- b) Se identifică valoarea nominală și toleranța și unde este cazul tensiunea nominală după marcaj, marcajul fiind considerat prioritar față de cod. Eventualele diferențe ce apar între cod și marcaj putând fi cauzate de plantarea pe placă a unui rezistor echivalent.
- c) Se studiază și marcajul prin alte metode, de exemplu codul mantisă +exponent.
- d) Se trece la studiul foilor de catalog pentru completarea tabelului 5. Pentru a parcurge cât mai multe tipuri de condensatoare se va alege la început câte un condensator din fiecare categorie, urmând a completa ulterior rubricile pentru celelalte exemplare.

Placa de laborator este prezentată în figura 12.

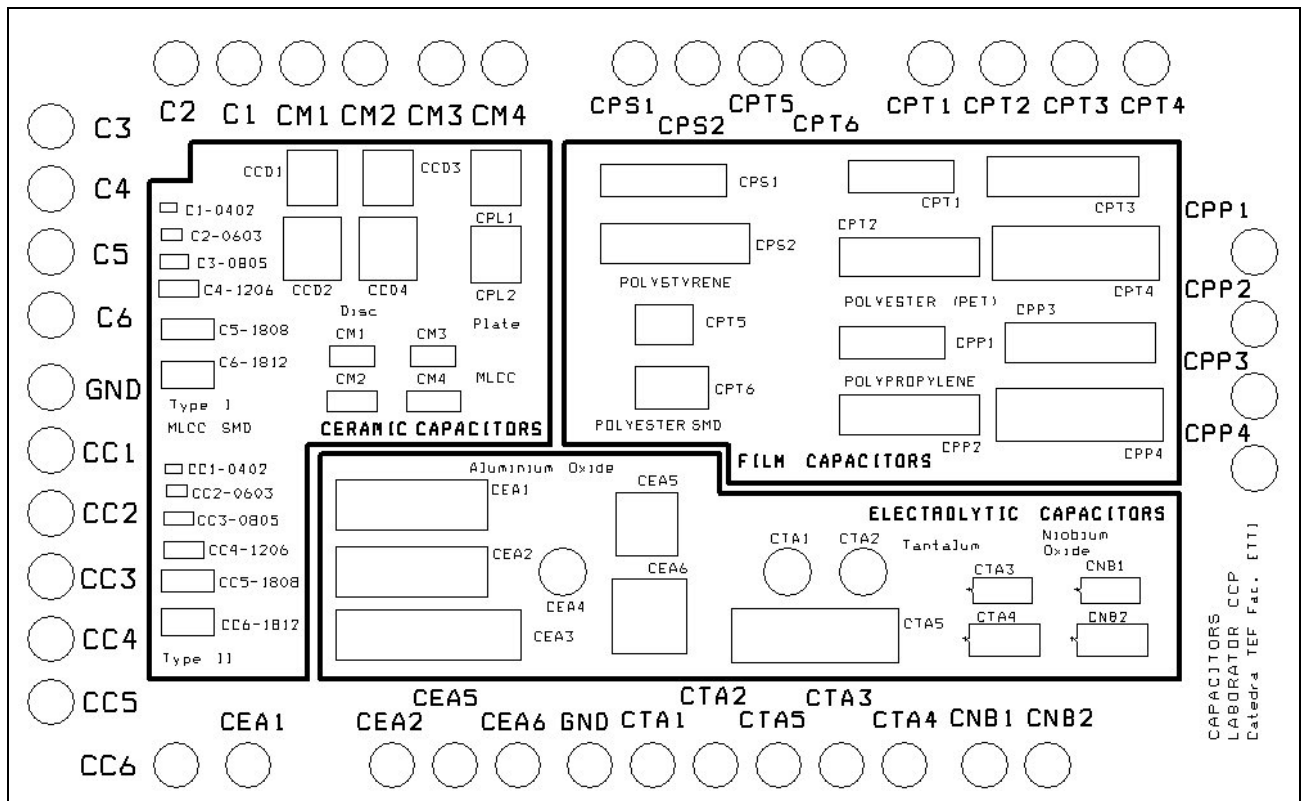


Fig. 12 Desenul plăcii pentru studiul condensatoarelor.

Condensatoarele au fost împărțite în trei grupe:

- **Condensatoare ceramice:** Condensator ceramic multistrat SMD tip I (NP0) C1-C6, Condensator ceramic multistrat SMD tip II (X7R și Z5U) CC1-CC6, Condensator ceramic multistrat radiale tip I CM1, CM2, Condensator ceramic multistrat radiale tip II, CM3, CM4, Condensatoare ceramice disc tip I CCD1 CCD2, Condensatoare ceramice disc tip II CCD3 CCD4, Condensator ceramic plachetă tip I CPL1, Condensator ceramic plachetă tip II CPL2.
- **Condensatoare cu folie:** Condensatoare cu polistiren axiale CPS1, CPS2, Condensatoare cu poliester metalizat radiale CPT1-CPT2, Condensatoare cu poliester metalizat axiale CPT3-CPT4, Condensatoare cu poliester metalizat SMD CPT5-CPT6, Condensatoare cu polipropilenă metalizată radiale CPP1, CPP2, Condensatoare cu polipropilenă metalizată axiale CPP3, CPP4
- **Condensatoare electrolitice:** Condensatoare electrolitice cu aluminiu axiale CEA1-CEA3, Condensator electrolitic cu aluminiu radial CEA4, Condensatoare electrolitice cu aluminiu SMD CEA5-CEA6, Condensatoare electrolitice cu tantal radiale CTA1-CTA2, Condensatoare electrolitice cu tantal SMD CTA3-CTA4, Condensator electrolitic cu tantal, axial CTA5, Condensatoare electrolitice cu niobiu SMD CNB1-CNB2.

OBS. NU TOATE CONDENSATOARELE AU CONTACT DE MĂSURĂ, se vor completa parametrii măsurăți numai unde este cazul.

3.2. Se măsoară capacitatea condensatoarele pentru care există contacte de măsură și sunt plantate pe montajul din figura 12. În referat se calculează t_m toleranța rezultată în urma măsurării, cu relația:

$$t_m = \frac{C_m - C_N}{C_N} \quad (6)$$

cu C_m valoarea capacității măsurate, C_N capacitatea nominală

Se măsoară de asemenea factorul de pierderi ($\text{tg } \delta$). Aparatul de măsură (punte RLC) afișează simultan capacitatea și factorul de pierderi, Pentru condensatoarele electrolitice trebuie ales modul serial al aparatului de măsură (mod CS). În acest mod se poate măsura și rezistența echivalentă serie (ESR) un parametru foarte important la funcționare în curent pulsatoriu a condensatorului.

4. Întrebări, concluzii

4.1 Pe baza împărțirii realizate pe placa de laborator prezentați comparativ (pe larg) categoriile de condensatoare. Se vor prezenta principalele elemente distinctive, detalii constructive, principalele caracteristici, parametri care se evidențiază la o anumită categorie, domenii de aplicație.

4.2. Având în vedere rezultatele obținute la punctul 3.1 (tabelul 5) realizați comparația condensatoarelor din punctul de vedere al parametrilor incluși în tabel.

4.3. Comparați toleranța măsurată t_m cu cea marcată t , conform datelor obținute în tabelul 5. De ce există diferențe între t_m și t ? Ce semnifică valoarea acestei diferențe? Toleranța este bine să fie pozitivă? Dar negativă?

4.4. Calculați toleranța globală pentru un condensator ceramic monostrat tip I și pentru unul tip II, de tipul celor de pe placa de circuit, presupunând că au aceeași capacitate și funcționează într-un mediu ambiant cu temperatura cuprinsă în intervalul $[-10, 85]^{\circ}\text{C}$ și presupunând că toleranțele de fabricație sunt egale cu $\pm 2,5\%$.

4.5. În ce tip de aplicații sunt preferate condensatoarele ceramice de tip I ? Dar cele de tip II ? Comentați pe baza unei analize efectuate pe Internet.

4.6. Analizați din punctul de vedere al pierderilor din tabelul 5, inclusiv cele măsurate, diversele tipuri de condensatoare. Se va avea în vedere și parametrul ESR pentru condensatoarele electrolitice.

4.7 Ce avantaje credeți că au condensatoarele multistrat ceramice MLCC? Prezintă și dezavantaje?

4.8. Ce avantaje prezintă componentele SMD? Au și dezavantaje? Comentarii.

4,9 Ce diferențe există între condensatoarele ceramice disc și cele plachetă din punct de vedere al parametrilor? Aveți în vedere grosimile mai mari ale discurilor comparativ cu grosimea plachetei.

4.10. Încercați să descrieți pe larg elementele constructive din fig. 9 pentru condensatorul electrolitic.

4.11. Cum explicați dimensiunile identice pentru condensatoarele $10\ \mu\text{F}/100\text{V}$ și $100\ \mu\text{F}/10\text{V}$?

4. 12 Pe baza datelor de catalog, inclusiv a celor din tabelul 5, încercați să identificați ce parametri diferă între condensatoarele electrolitice cu aluminiu și cele cu tantal și în ce tip de aplicații se preferă fiecare.

4.13 Ținând cont de structura constructivă, care condensator are inductanța parazită mai mare, condensatorul cu folii de Al. sau condensatorul cu folii metalizate?

4.14. De ce parametru (parametri) constructiv(i) și de material depinde tensiunea nominală a unui condensator?

4.15 Comparați (pe baza tabelului 5) diversele tipuri de condensatoare din punct de vedere al rezistenței de izolație. Există vreo legătură cu tangenta unghiului de pierderi?

4.16. Ce înțelegeți prin faptul că un condensator electrolitic este polarizat ? Se pot realiza condensatoare electrolitice nepolarizate?

4.17. Un condensator cu polistiren (stiroflex) poate fi înlocuit într-un montaj, unde se cere o bună stabilitate cu temperatura, de un alt tip de condensator? (Argumentați cu ce tip pe baza tabelului completat)

4.18. Coeficientul de variație cu temperatura al capacității unui condensator depinde în principal de :

- 1) Variația cu temperatura a permitivității dielectricului.
- 2) Variația cu temperatura a dimensiunilor geometrice.
- 3) Variația cu temperatura a zonei de contactare.
- 4) Variația cu temperatura a permitivității elementului de protecție.

4.19. Factorul de calitate al unui condensator depinde de:

- 1) Tipul dielectricului.
- 2) Tensiunea nominală.
- 3) Armături.
- 4) Curentul nominal.

4.20. Rezistența de izolație a unui condensator depinde de :

- 1) Terminale.
- 2) Armături.
- 3) Elementul de protecție.
- 4) Dielectric.

4.21. Domeniul de temperatură care este specific unui condensator precizează:

- 1) Intervalul de temperatură în care componenta își modifică valoarea cu toleranța atribuită.
- 2) Intervalul minimal al temperaturii corpului componentei într-o funcționare îndelungată.
- 3) Domeniul în care componenta își menține valoarea cu o toleranța admisă.
- 4) Intervalul temperaturii ambiante în care componenta poate fi utilizată.

4.22. Variația capacității condensatorului variabil se obține prin :

- 1) Modificarea distanței dintre armături.
- 2) Modificarea permitivității materialului dielectric.
- 3) Modificarea grosimii dielectricului.
- 4) Modificarea ariei de suprapunere a armăturilor.

Conținutul referatului:

Tabelul 5 completat, observații, răspunsuri la întrebări.

Bibliografie

1. Cătuneanu V. ș.a., Tehnologie electronică, Ed. Didactică și Pedagogică, București 1984.
2. Svasta P. ș.a., Componente pasive, Rezistoare, Cavaliotti, 2007.
3. Svasta P, Golumbeanu V, Condensatoare, Editura UPB, 1997
4. Svasta P. ș.a., Tehnologie electronică, Componente pasive (îndrumar de laborator) editura UPB 1990.
5. Svasta P. ș.a., Componente electronice pasive - probleme, editura UPB, 2005.
6. *** Condensatoare, diverse cataloage.
7. Svasta P. s.a , Componente electronice pasive - Întrebări și răspunsuri, editura UPB, 1996.

ANEXA 1 – Tabelul 4. Lista și codul componentelor

Nr. crt	Nume ref.	Tip condensator	Cod fabricant	Fabricant
1.	C1	Condensator ceramic multistrat 0402, NP0	04023A271JAT2A	AVX
2.	C2	Condensator ceramic multistrat 0603 NPO 100V	06031A101JAT2A	AVX
3.	C3	Condensator ceramic multistrat 0805 NPO 100V	08051A330JAT2A	AVX
4.	C4	Condensator ceramic multistrat 1206 NPO 100V	12061A470JAT2A	AVX
5.	C5	Condensator ceramic multistrat 1808 NPO 2000V	1808GA680JAT1A	AVX
6.	C6	Condensator ceramic multistrat 1812 NPO 1000V	1812AA471JAT1A	AVX
7.	CC1	Condensator ceramic multistrat 0402 16V X7R	0402YC223KAT2A	AVX
8.	CC2	Condensator ceramic multistrat 0603 Y5V 50V	06035G103ZAT2A	AVX
9.	CC3	Condensator ceramic multistrat 0805 X7R 25V	08053C224KAT2A	AVX
10.	CC4	Condensator ceramic multistrat 1206 X7R	12065C223KAT2A	AVX
11.	CC5	Condensator ceramic multistrat 1808 X7R ,1000V	1808AC102KAT1A	AVX
12.	CC6	Condensator ceramic multistrat 1812 X7R /50V	18125C224KAT00J	AVX
13.	CCD1	Condens.ceram.disc NP0	KEPF015	JYA-NAI
14.	CCD2	Cond ceramic disc NP0	KEPF010-500V	JYA-NAI
15.	CCD3	Cond ceramic disc Z5U 100V	KENF002,2	JYA-NAI
16.	CCD4	Cond ceramic disc Z5U 500V	KENF001-500V	JYA-NAI
17.	CPL1	Cond placheta NP0	2222 680 10129	BCE-SUD
18.	CPL2	Cond placheta Y5V	2222 629 08222	BCE-SUD
19.	CM1	Cond multistrat ceramic radial MLCC 4.7p/100V COG	B37979G1470J	EPCOS
20.	CM2	Cond MLCC 4.7n/50V COG	B37986G5472J	EPCOS
21.	CM3	Cond MLCC radial10n/50V X7R	B37981F5103K	EPCOS
22.	CM4	Cond MLCC radial 100n/50V X7R	B37987M5104K	EPCOS
23.	CPS1	Condensator Polistiren (PS) 10pF/160V	FSC 160V	LCR COMP.
24.	CPS2	Condensator Polistiren (PS) 1n/160V	FSC 160V	LCR COMP.
25.	CPT1	Cond rad PET 10mm MKT 10nF/400V	MKT1820310405	VISHAY
26.	CPT2	Cond rad PET 15mm MKT,330n/250V	MKT1820433255	VISHAY
27.	CPT3	Cond axial PET 11mm 1.5nF/630V	MKT1813-215/63-5-G	VISHAY
28.	CPT4	Cond axial PET 14mm 0.022 uF/400V	MKT1813-322/40-5-G	VISHAY
29.	CPT5	Cond PET SMD 2220 22n/100V	SMD2220 100V 0.022UF	WIMA
30.	CPT6	Cond PET SMD 2824 68n/100V	10602824116820T	WIMA
31.	CPP1	Cond rad PP 10mm Y2,1nF/300V	B32021A3102M	EPCOS
32.	CPP2	Cond rad PP 15mm Y2, 15nF/300V	B32022A3153M	EPCOS
33.	CPP3	Cond PP axial 11mm MKP 22n/400V	MKP1839322404	VISHAY
34.	CPP4	Cond PP axial 14mm MKP 47nF/400V	MKP1839347404	VISHAY
35.	CEA1	Cond electrolitic axial 100u/10V	TVX1A101MAD	NICHICON
36.	CEA2	Cond electrolitic axial 10u/100V	TVX2A100MAD	NICHICON
37.	CEA4	Cond el radial 100u/16V	UPM1C101MED	NICHICON
38.	CEA5	Cond el SMD 33u/25V	PCF1E330MCL1GS	NICHICON
39.	CEA6	Cond el SMD 220u/50V	UUD1H221MNL1GS	NICHICON
40.	CTA1	Cond tantal picătură 22u/16V CASE F	T350F226K016AT	KEMET
41.	CTA2	Cond tantal picătură 2.2u/35V CASE C	T356C225K035AT	KEMET
42.	CTA5	Cond tantal axial 1u/35V CASE A	T110A105K035AT	KEMET
43.	CTA3	Cond electrolitic tantal SMD, 6032	TAJC226M025R	AVX
44.	CTA4	Cond electrolitic tantal SMD, 7343	TAJD107M020R	AVX
45.	CNB1	Cond electrolitic oxid de niobiu SMD 6032	NOJC157M002R	AVX
46.	CNB2	Cond electrolitic oxid de niobiu SMD 7343	NOJD227M004R	AVX

Nr. crt	Nume ref.	C _N *	t[%]	UN [V]	tgδ	α [ppm/°C]	ΔC/C [%] în interv. de temp. [°C]	R _{iz} [GΩ]	τ [s]	I _f [μA]	I _o [mA]	ESR [mΩ]	T _{min} [°C]	T _{max} [°C]	Parametri măsurăți			
															C*	tgδ	ESR [mΩ]	t _m [%]
1.	C1																	
2.	C2																	
3.	C3																	
4.	C4																	
5.	C5																	
6.	C6																	
7.	CC1																	
8.	CC2																	
9.	CC3																	
10.	CC4																	
11.	CC5																	
12.	CC6																	
13.	CCD1																	
14.	CCD2																	
15.	CCD3																	
16.	CCD4																	
17.	CPL1																	
18.	CPL2																	
19.	CM1																	
20.	CM2																	
21.	CM3																	
22.	CM4																	
23.	CPS1																	
24.	CPS2																	
25.	CPT1																	
26.	CPT2																	
27.	CPT3																	
28.	CPT4																	
29.	CPT5						N/A											
30.	CPT6						N/A											
31.	CPP1					N/A	N/A											
32.	CPP2					N/A	N/A											
33.	CPP3																	
34.	CPP4																	
35.	CEA1																	
36.	CEA2																	
37.	CEA4																	
38.	CEA5																	
39.	CEA6																	
40.	CTA1																	
41.	CTA2																	
42.	CTA5																	
43.	CTA3																	
44.	CTA4																	
45.	CNB1																	
46.	CNB2																	

ANEXA 2 – Tabelul 5. Parametri identificați și măsurăți

ANEXA 3 – Explicații privind parametrii condensatoarelor din Anexa 2

Notă: Anumite câmpuri din tabelul din Anexa 2 sunt hașurate („gray out”). În unele cazuri acest lucru a fost făcut din motive ce țin de lipsa informațiilor de la producători, dar sunt și unele motive ce țin de principii generale despre construcția și utilizarea componentelor pasive. Explicațiile din această anexă încearcă să aducă lămuriri suplimentare.

Parametrul $\text{tg}\delta$ (factor de pierderi sau tangenta de delta sau tangenta unghiului de pierderi) caracterizează pierderile de putere (activă) în condensator, după definiția din textul lucrării de laborator. Unii producători, de ex. AVX preferă utilizarea factorului de calitate Q, inversul factorului de pierderi. În tabelul din Anexa 2 se va putea trece factorul de pierderi calculat prin inversarea factorului de calitate. Factorul de pierderi este un parametru adimensional și este de dorit să fie cât mai mic.

Pierderile totale în condensator depind atât de dielectric dar și de alte elemente constructive, cum ar fi armăturile, terminalele, zona de contactare. De exemplu, condensatoarele electrolitice au un dielectric foarte bun, cu pierderi mici (Al_2O_3 , Ta_2O_5), $\text{tg}\delta < 10^{-4}$ dar în ansamblu au cele mai mari pierderi dintre diversele tipuri de condensatoare $\text{tg}\delta > 10^{-2}$. Unii producători de condensatoare electrolitice nu oferă acest parametru, fiind exprimate numai pierderile în curent continuu prin curentul de pierderi (de fugă). Condensatoarele ceramice tip I au pierderi mai mici decât cele de tip II.

Coefficientul de variație cu temperatura

Atunci când variația capacității cu temperatura poate fi aproximată printr-o dreaptă, se poate defini coeficientul de variație cu temperatura a capacității (TCC – temperature coefficient of capacitance-engl.) notat cu α și exprimat în [ppm/°C]. Acesta poate fi pozitiv, negativ sau dat ca un număr care poate avea semnul \pm . Condensatoarele care nu au o variație cu temperatura de tip liniar sau care au o stabilitate cu temperatura mai redusă, în special cele ceramice de tip II sau cele electrolitice nu au precizat coeficientul de variație cu temperatura. Acestea au variația cu temperatura exprimată procentual ca variație relativă a capacității față de o temperatură de referință (20 °C), variație notată sintetic $\Delta C/C$ [%]. Pentru a avea o informație completă privind variația cu temperatura a respectivului condensator este necesar să se precizeze intervalul de temperatură avut în considerație. De ex. condensatorul cu dielectric de tip X7R are o variație relativă de $\pm 15\%$ în întreaga gamă de temperatură (-55°C – 20°C, 20°C +125°C). Condensatorul X5R are tot o variație relativă de $\pm 15\%$ (litera „R” din cod) dar având o gamă de temperatură mai redusă (-55°C..+85°C) . Un alt condensator, de ex. unul de tip X8R are temperatura maximă de +150°C, menținând variația relativă de $\pm 15\%$ în întreg domeniul de temperatură. Este evident că acesta din urmă, X8R este mai stabil decât X7R și X5R pe un interval de temperatură mai redus, de ex. -55°C..+85°C. Referitor la tabelul din Anexa 2, condensatoarele de tip I (multistrat sau monostrat) și cele pe care le numim generic „stabile” au precizat coeficientul de temperatură α , pentru celelalte mai puțin stabile cu temperatura, pentru care am utilizat expresia „coeficient de temperatură neprecizat” se va exprima variația relativă procentuală $\Delta C/C$ în intervalul de temperatură precizat de producător.

Următorii trei parametri din tabel, rezistența de izolație Riz (Insulation Resistance – engl.), constanta de timp τ „tau” (time constant –engl.) și curentul de fugă I_f (Leakage current-engl.) exprimă în moduri diferite capacitatea condensatorului și în special a dielectricului de a realiza izolația electrică, adică de a nu permite trecerea curentului continuu între cele două armături ale sale.

Curentul de fugă este un parametru specific condensatoarelor electrolitice, pentru celelalte tipuri se preferă parametrul Riz. Constanta de timp este un parametru derivat fiind produsul dintre rezistență și capacitate la un circuit R-C de tip serie sau paralel. Procesul de încărcare sau descărcare al unui

condensator se consideră că durează un interval de timp de 3τ . Constanta de timp se precizează în special pentru condensatoare care trebuie să mențină sarcina electrică un anumit timp, cu o descărcare proprie cât mai mică, de ex. circuite de eșantionare și memorare „sample and hold”. Unele condensatoare care au fost utilizate în acest tip de aplicații oferă și acest parametru, de obicei dat pentru condensatoare cu folie din polimeri cu valori de ordinul nanofarazilor. În prezent acest parametru și-a mai pierdut din importanță. Dacă nu este precizat în foaia de catalog, se poate calcula cu titlu informativ prin produsul $R_{iz} \times C_N$. Am utilizat expresia „cu titlu informativ” deoarece rezistența de izolație nu are o valoare constantă la diverse condensatoare, fiind garantată o valoare minimă, deci și constanta de timp calculată ar fi cea cu valoarea minimă. Condensatoarele electrolitice nu au de regulă precizat parametrul τ constanta de timp.

Parametrii I_o - curent ondulatoriu (ripple current – engl.) și **rezistența echivalentă serie ESR** (Equivalent Series Resistance – engl.) au relevanță pentru condensatoarele utilizate în aplicații de putere (Power Electronics). Acestea pot fi condensatoarele electrolitice cu aluminiu sau cele cu folie și în ultimul timp cele ceramice multistrat de tip II. În cazul lucrării de laborator au fost hașurate celulele din tabel pentru care acești parametri nu sunt disponibili. Ambii parametri contribuie la disipația de putere în regim dinamic $P_d = ESR \times (I_o)^2$.

Curentul ondulatoriu este curentul alternativ sinusoidal maxim permis prin condensator, fiind limitat de tipul armăturilor, materialul din care sunt realizate, grosimea lor și implicit rezistența electrică a acestora, de modul de atașare a terminalelor, de puterea disipată în condensator.

Rezistența echivalentă serie ESR este dependentă de materialele utilizate la armături și terminale, dielectricul având și el o contribuție importantă. ESR depinde mult și de structura constructivă a condensatorului, un exemplu tipic de reducere a ESR la condensatoarele electrolitice cu Al fiind conectarea terminalelor în mai multe puncte la armăturile din folie de aluminiu, simultan cu utilizarea unui electrolit cât mai bun conductor. Parametrul ESR depinde în general de aproximativ aceiași factori ca I_o , fiind evident că cei doi parametri, I_o și ESR sunt legați unul de celălalt. Și factorul de pierderi $tg\delta$ este la fel de evident în legătură cu acești parametri.

Parametrii măsurati

Se vor măsura capacitatea condensatoarelor și factorul de pierderi (D) la frecvența de 1kHz. Aparatele de tip RLC-metru din laborator măsoară capacitatea și pierderile după două modele paralel (C_p/R_p sau C_p/D) și serie (C_s/R_s sau C_s/D). Pentru măsurarea ESR se va alege modul serie, acesta fiind singurul care permite ulterior selecția ESR în locul lui D . ESR se va măsura numai pentru condensatoarele electrolitice. Condensatoarele cu numerele 13-16 și 37 nu au prevăzute contacte de măsură și, în consecință nu se vor măsura. Ultima coloană, toleranța rezultată din măsurători se va calcula cu relația prezentată în textul lucrării.

