

2. fejezet

KONDENZÁTOROK

Az elektronikában az ellenállások mellett leggyakrabban használt passzív kapcsolási elem a kondenzátor. A kondenzátor vezetőfelületekből (fegyverzetek) és ezek között elhelyezett szigetelőrétegből (dielektrikum-ból) áll. A kondenzátoron a fegyverzetekre kapcsolt feszültség hatására a feszültséggel arányos Q elektromos töltés tárolódik. A kondenzátor kapacitása a töltés és a feszültség viszonyával kifejezett pozitív mennyiség:

$$C = \frac{Q}{U} . \quad (2-1)$$

Sik lemezekből álló kondenzátor kapacitása kiszámítható a kondenzátor geometriai méreteinek és a dielektromos állandó ismeretében a

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2-2)$$

összefüggés alapján,

ahol: ϵ_0 a vákuum dielektromos állandója, ϵ_r a lemezek közötti szigetelő anyag relatív dielektromos állandója, dimenzió nélküli arányszám, A a szembenálló lemezfelület m^2 -ben és a d a lemezek közötti távolság m -ben. Ekkor a kapacitás értékét Faradokban kapjuk. A híradás- és műszertechnikában állandó és változtatható kapacitású kondenzátorokat használnak. Mivel a kondenzátorok minőségét elsősorban a fegyverzetek között elhelyezett dielektrikum tulajdonságai szabják meg, a kondenzátorokat a dielektrikum anyaga alapján csoportosíthatjuk, amelyek a következők lehetnek: levegő, gáz vagy vákuum, csillám, kerámia, papír, műanyagfólia, valamint az elektrolitkondenzátoroknál fémoxid rétegek. A változtatható kapacitású kondenzátorok esetében azonban csak levegő vagy szilárd dielektrikum jöhet szóba szigetelőanyagként.

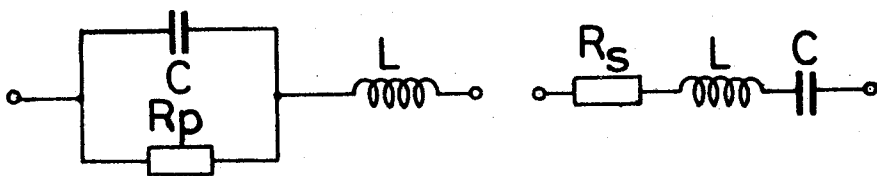
2-1. A kondenzátorok elektromos jellemzői

A kondenzátorok veszteségei

A kondenzátorokon még a teljes feltöltés után is folyik át áram, azonkívül kisütéskor sem kapható vissza a feltöltésre fordított teljes energia. A kondenzátorok veszteségei három összetevőből erednek:

- a hozzávezetés és a fólia ellenállása
- a dielektrikum átvezetése
- a dielektrikum vesztesége.

Járulékos tényező még a kondenzátor szórt inductivitása is. A veszteségeket a kondenzátor kapacitásával párhuzamosan vagy sorosan kapcsolt helyettesítő ellenállással lehet figyelembe venni. A hozzávezetések inductivitását pedig a helyettesítő kapcsolásban a veszteséges kondenzátorral sorbakapcsolt inductivitással adhatjuk meg. Ilyen megfontolással a veszteséges kondenzátornak kétféle helyettesítő kapcsolása van (2-1. ábra). Egyik kapcsolás sem adja meg általában teljesen hűen a veszteséges kondenzátor viselkedését, a soros kapcsolás inkább a hozzávezetők és a fegyverzetek veszteségét, a párhuzamos kapcsolás inkább a dielektrikum átvezetési veszteségeit adja meg helyesen.



2-1. ábra
Kondenzátorok helyettesítő kapcsolása

A veszteségeket a veszteségi tényezővel (D) vagy a jósági tényezővel (Q) szokás jellemezni. A veszteségi tényező megadásánál eltekintünk a kondenzátor szórt inductivásától.

A veszteségi tényező a kondenzátor váltakozó feszültségű üzemére jellemző szám. A kondenzátor kisütésekor a felvett energia egy kis része visszamarad, hővé alakul, míg a nagyobbik része visszanyerhető. Ezek időegységre jutó része a veszteségi (P_v) ill. meddő teljesítmény (P_m). E két teljesítmény hányadosa a veszteségi tényező

$$D = \frac{P_v}{P_m}$$

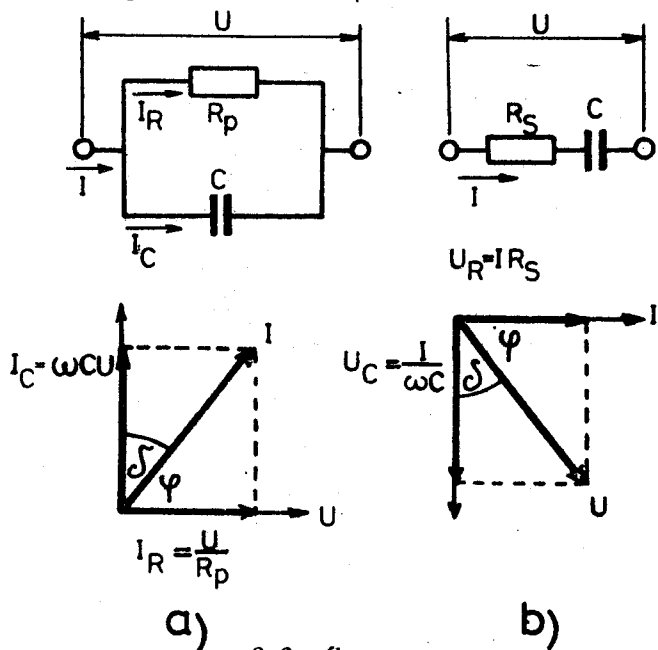
Párhuzamos kapcsolás esetén:

$$D = \frac{P_V}{P_m} = \frac{U^2/R_p}{U^2 \omega C} = \frac{1}{\omega R_p C} \quad (2-3)$$

Soros helyettesítő kapcsolás esetén

$$D = \frac{I^2 R_s}{I^2 \frac{1}{\omega C}} = \omega R_s C \quad (2-4)$$

A veszteségi tényező egyben tangense annak a δ szögnek, amely az áram és a feszültségvektor közötti φ fázisszög pótszöge (2-2. ábra).



2-2. ábra

Veszteséges kondenzátor helyettesítő kapcsolása
a) párhuzamos kapcsolás, b) soros kapcsolás

Párhuzamos kapcsolásnál

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U/R_p}{\omega C U} = \frac{1}{\omega R_p C} = D \quad (2-5)$$

Soros kapcsolásnál

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{IR_s}{I/\omega C} = \omega R_s C = D \quad (2-6)$$

(D értéke általában 10^{-2} - 10^{-4} nagyságrendü.)

A kondenzátor veszteségi tényezőjének reciprok értékét mint a kondenzátor Q jósági tényezőjét szokás definiálni. Az előbbieket szerint a soros illetve párhuzamos helyettesítő kép alapján a jósági tényező:

$$Q = \frac{1}{\omega R_s C} \quad \text{illetve} \quad Q = \omega C R_p \quad (2-7)$$

Mivel mindkét helyettesítő kapcsolás a tulajdonképpen veszteséges kondenzátor helyett alkalmazható, ezért mind a soros, mind a párhuzamos kapcsolásnak egyenértékűnek kell lenni egymással. Kis veszteségű kondenzátoroknál - bármelyik helyettesítő kapcsolással is dolgozunk -, a kapacitás értéke jó közelítéssel a tényleges kapacitásértéknek felel meg, a soros és párhuzamos veszteségi ellenállás pedig egymásba könnyen átszámítható.

A kondenzátor veszteségi teljesítménye elsősorban a dielektromos veszteségből adódik. A váltakozó erőtér hatására jelentkező veszteségi teljesítmény a párhuzamos helyettesítő kapcsolásra felírt (2-2) egyenlet, valamint a (2-5) összefüggés alapján:

$$P_v = \frac{U^2}{R_p} = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta = U^2 \omega \epsilon_o \epsilon_r \frac{A}{d} \operatorname{tg} \delta =$$

$$= \epsilon_o \epsilon_r \omega \operatorname{tg} \delta \left(\frac{U}{d}\right)^2 A d = \epsilon_o \epsilon_r \omega \operatorname{tg} \delta \left(\frac{U}{d}\right)^2 V \quad (2-8)$$

ahol V a kondenzátor szigetelőanyagának köbtartalmát jelenti. Látható, hogy a keletkező veszteség annál nagyobb, minél nagyobb a dielektrikum köbtartalma, a dielektromos állandó, a veszteségi tényező, ezen kívül a veszteségek a frekvenciával egyenesen és a térerősséggel négyzetes arányban növekednek. Mivel egy adott kondenzátor hőátadó képességét a konstrukciós megoldás és a külső burkolat határozza meg, a túlmelegedés elkerülése végett növekvő frekvencián a kondenzátorra adható feszültséget csökkenteni kell, attól függetlenül, hogy mekkora az átütési szilárdság által meghatározott maximális üzemi feszültség.

Ha a kondenzátor szórt induktivitása nem hanyagolható el, akkor hatását a soros helyettesítő kapcsolás segítségével tanulmányozhatjuk.

A számítások mellőzésével is megemlíthetjük, hogy az induktivitásból és a kapacitásból meghatározható Thomson frekvencián

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2-9)$$

a reaktancia zérus, a kondenzátor ohmos ellenállásként viselkedik. Ezt a frekvenciát a kondenzátor felső határfrekvenciájának nevezzük. A kondenzátor látszólagos kapacitása annál jobban megközelíti a tényleges kapacitásértéket, minél alacsonyabb frekvencián dolgozik a határfrekvenciához képest.

A továbbiakban ismertetjük azokat a fontosabb fogalmakat, amelyek a kondenzátorok elektromos jellemzéséhez hozzátartoznak.

Névleges feszültség: az a kondenzátoron feltüntetett általában egyen-feszültség, amelyen a kondenzátor legfeljebb +40 °C környezeti hőmérsékleten tartósan használható. Ha a környezet hőmérséklete ennél nagyobb, az üzemi feszültséget csökkenteni kell.

Vizsgálati feszültség: az az előírt egyenfeszültség, amelyet a kondenzátornak adott ideig átütés és átívelés nélkül bírnia kell.

Szigetelési ellenállás: az egyenfeszültséggel feltöltött kondenzátor fegyverzetel között véges nagyságu, mérhető ohmikus ellenállás jelentkezik. (Ennek nagysága nem egyezik meg a helyettesítő kapcsolás segítségével számított veszteségi ellenállással.) A szigetelési ellenállást a fegyverzetek között az előírt vizsgáló feszültség és ennek hatására a töltődés befejezése után átfolyó áramerősség hányadosával mérjük. A szigetelési ellenállás értéke jóminőségű kondenzátorok esetén Gohm nagyságrendű.

Felületi ellenállás: a környezet behatásaitól szennyeződő szigetelő felületi vezetési árama jóval nagyobb lehet, mint a szigetelőn belül folyó vezetési áram, és amennyiben az eltolási áram 10^{-4} - 10^{-3} -szorosát megközelíti, úgy a szigetelő nagyfrekvenciás tulajdonságait jelentősen leronthatja. Hasonló jelenség lép fel a kondenzátor kivezetései között is, amely megfelelő konstrukcióval és gondos szereléssel elhanyagolható értéken tartható. A felületi ellenállást a szigetelő felületére fektetett két meghatározott méretű, egymással párhuzamos elektróda között mérik. Értéke jó minőségű szigetelőknél 10 Gohm nagyságrendű.

A kapacitás hőmérsékletfüggése. A kondenzátor hőmérsékletének megváltozása kapacitásváltozást eredményez. Ennek elsődleges oka a szigetelő dielektromos együtthatójának hőfokfüggése. Jellemzője a kapacitás hőmérsékleti tényezője (TK_c) amely az 1 °C-ra vonatkoztatott relatív kapacitásváltozás az induló kapacitáshoz képest, annak feltételezésével, hogy az adott hőmérsékleti tartományban a változás lineárisnak tekinthető.

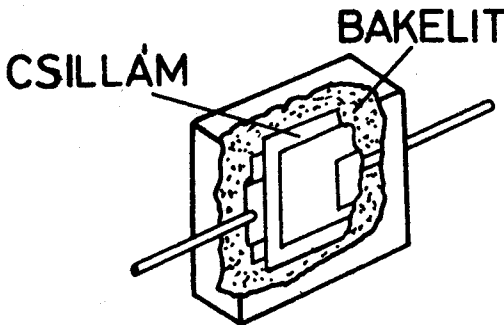
$$TK_c = \frac{1}{\Delta T} \frac{\Delta C}{C}$$

A dielektrikum átütési térerőssége (villamos szilárdsága). Az a térerősség, amelynél a dielektrikum anyagában lejátszódó folyamatok hatására a szigetelő vezetővé válik és átüt. Az átütés rendszerint hő és fényjelenség kíséretében megy végbe és a szigetelő anyag tönkremeneteléhez vezet. Értékét általában kV/mm-ben adják meg.

2-2. Kondenzátorok szilárd szigetelőanyaggal

2-2.1. Csillámkondenzátorok

A csillámkondenzátorok dielektrikuma a természetben található kiváló elektromos tulajdonságokkal rendelkező muszkovit-csillám. A réteges, tömb alakban bányászott csillámot éles pengével 0.02-0.2 mm vastag lemezekre hasítják, majd osztályozás után négyszögletes vagy kerek lapocskákat vágnak ki belőlük. A lapocskák mindkét oldalát vákuumgőzöléssel vékony ezüstreteggel vonják be. A lapocska szélein azonban néhány tizedmilliméter széles ezüstötetlen csikot hagynak az átívelési feszültség növelése érdekében. Amennyiben egy lapocska nem biztosítja a szükséges kapacitást, úgy megfelelő számú ezüstözött csillámlapot helyeznek egymásra, és vékony vezetőfóliákkal párhuzamosan, illetve sorba kapcsolják azokat. Az így nyert köteget mindkét végén szegeccsel vagy



2-3. ábra
Bakelitházás csillám kondenzátor

bilinccsel összeszorítják és lemez vagy huzalkivezetésekkel látják el. A kivezetők alakja és mérete olyan, hogy nagyfrekvencián se legyen számottevő ellenállása. A lemezcsomagot vazelinben, cerezinben vagy olajban impregnálják, majd védőburkolattal látják el (2-3. ábra).

A csillám dielektromos állandója viszonylag nagy (6-8), kicsi a veszteségi tényezője ($1, 2 \dots 2 \cdot 10^{-4}$) és a hőmérséklet együtthatója ($+6 \dots +40 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) átütési térerőssége pedig

42 kV/mm. Ezért a csillámkondenzátorok stabilitása nagy. Rendszerint nagyfrekvenciás áramkörökben és szűrőkörökben használjuk azokat. Általában csak 30 nF névleges kapacitásnál kisebb értékű kondenzátorokat gyártanak csillámból.

2-2.2. Keramikus kondenzátorok

A mesterséges szigetelő anyagok között egyre nagyobb szerepük van a különböző keramikus szigetelőknél, amelyek összetételük szerint a legkülönbözőbb elektromos tulajdonságokkal rendelkeznek. Egyik csoportjuk magnézium szilikát alapú keverékből áll, amelyhez a mechanikai szilárdság növelésére gyakran alumíniumoxidot is kevernek. Dielektromos állandójuk 4...8 között van, és megfelelő keverési aránnyal kis veszteségi tényezőjű kerámia állítható elő.

A kondenzátor gyártás szempontjából legfontosabbak a titánoxid (TiO_2) másnéven rutil-alapanyagú kerámiák. A rutil dielektromos állandója egyik kristálytengely irányában 90, erre merőlegesen 180. Por alaku keverékének átlagos dielektromos állandója 120. Hőfoktényezője negatív. Tiszta formában nem lehet belőle kerámiát égetni, ezért magnéziumszilikáttal keverik. A keverési aránytól függően dielektromos állandója 8...80, dielektromos állandójának hőfoktényezője pedig $-10...+2 \cdot 10^{-4}/^\circ\text{C}$ között van.

Fontosak a különböző alkáli és földfémekkel képzett titanátok. A magnéziumtitanát dielektromos állandója 18, hőfoktényezőjének értéke $4 \cdot 10^{-5}/^\circ\text{C}$. Igen kis veszteségi tényezőjükkel ezért nagymértékben pótolják a csillámkondenzátorokat.

A báriumtitanát és különösen a bárium- és stronciumtitanát alapú kerámiák kitűnnek többeszes dielektromos állandójukkal, amely nem lineárisan függ a hőmérséklettől és nagy a veszteségi szögük is. Belőlük kisméretű, nagykapacitású kondenzátorok készíthetők.

A 2.1. táblázatban összefoglaltuk néhány, a kondenzátorgyártásnál felhasznált fontosabb kerámiaanyag jellemző adatát. (ϵ_r a relatív dielektromos állandó, α a dielektromos állandó hőfoktényezője, ϱ a fajlagos ellenállás, R_f a felületi ellenállás.)

A gyártás során az alapanyagot tisztítás után vízzel és kötőanyaggal keverik, majd a kondenzátortest alakjának megfelelő henger, tárcsa stb. alakra préselik. A nyers masszát gondosan szárítják és 1200-1400 °C között üvegszerűvé égetik.

A vezetőréteget (ezüstoxidpor tartalmu massa) szórással vagy keféssel viszik fel a tisztított kerámiafelületre. Szárítás után 600-700 °C-on az ezüstoxid fémezüstté redukálódik. Erre a rétegre forrasztják a ki-vezetőket, majd lakkoldatba mártják és a lakkot ráégetik (2-4. ábra).

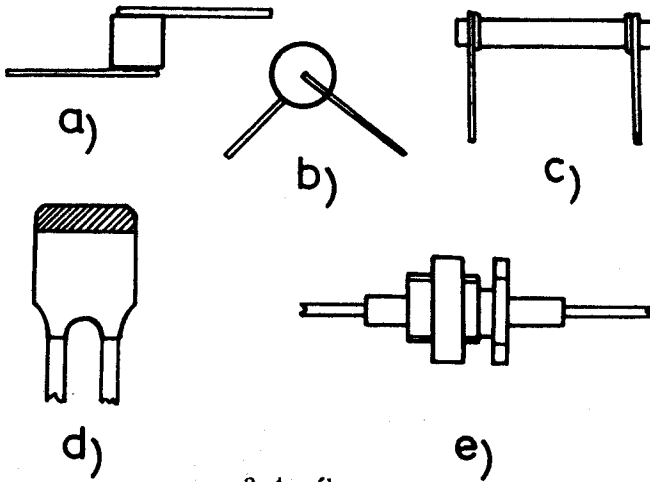
Fontosabb keramikus szigetelőanyagok jellemző adatai

2-1. táblázat

Megnevezés	ϵ_r	$10^4 \cdot \alpha$	$10^4 \cdot \text{tg}\delta$	ρ (Ωm)	R_t (Ω)	
Minidelt	6...7	1,2...1,6	5	10^{10}	10^{11}	nagyfrekvenciás és szűrőkon- denzátor
Rutikond N750	80...85	-6,5...-8,5	8	10^9	10^{10}	nagyfrekvenciás kondenzá- tor
Izokond N47	35...40	-0,47	6	10^8	10^{10}	nagyfrekvenciás kondenzá- tor
Izokond P33	14...18	0,33	6	10^7	10^{10}	nagyfrekvenciás kondenzá- tor
Terakond T2000	2000	nemlin.	35...200	10^7	10^{10}	kisméretű, nagyfrekvenciás szűrőkon- denzátor
Terakond T4000	4000	nemlin.	150...200	10^7	10^{10}	kisméretű, nagyfrekvenciás szűrőkon- denzátor

A nemzetközi szabványok a keramikus kondenzátorokat két csoportba sorolják:

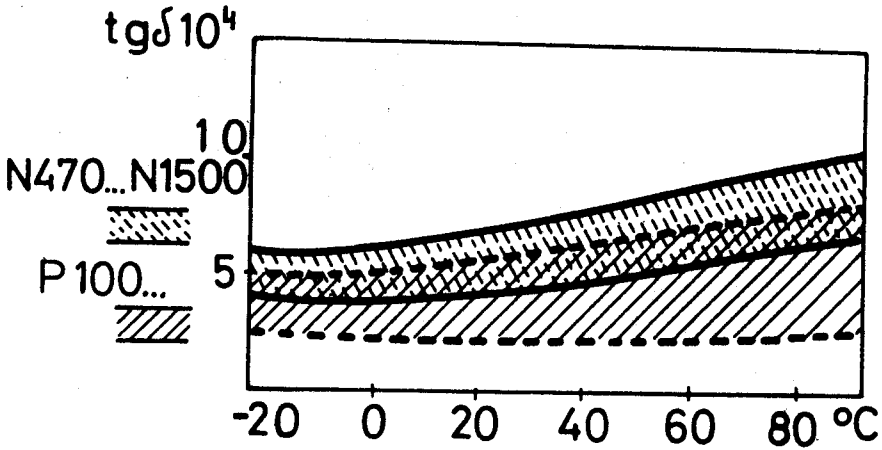
I. típus: frekvenciameghatározó áramkörök kondenzátorai, amelyek elsősorban rezgőkörökben és szűrőkörökben kerülnek felhasználásra. Jellemző tulajdonságuk a kisértékű és lineáris hőfokfüggés, alacsony veszteségi tényező (2-5. ábra), nagyfokú kapacitás-stabilitás. Negatív,



2-4. ábra

Kerámia kondenzátorok:

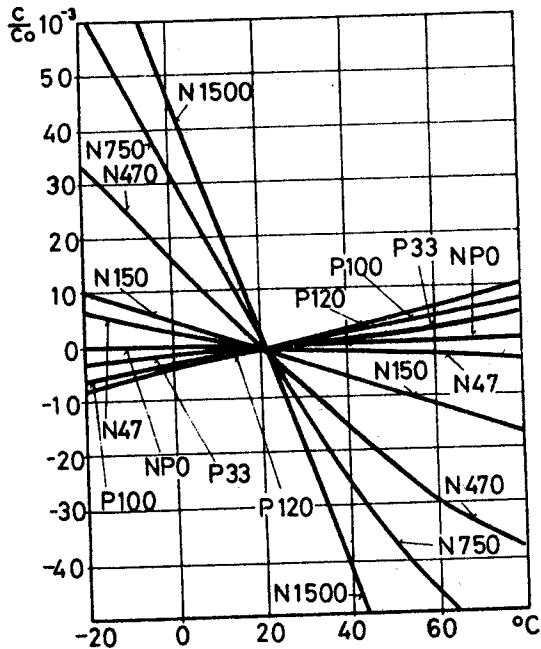
- a) és b) tárcsakondenzátorok, c) csőkondenzátor,
 d) átvezető kondenzátor, e) fólia
 kondenzátor



2-5. ábra

I. csoportba tartozó kerámiák veszteségi tényezőjének hőfokfüggése

pozitív hőfoktényezővel készíthetők, de vannak olyan kombinációk is, amelyeknek hőfoktényezője 0. Megfelelő hőfoktényező választásával elérhető, hogy a rezgőkör induktivitásának hőfokfüggését kompenzálni tudjuk. $0.5 \dots 10^4$ pF közötti értéktartományban gyártják (2-6. ábra).



2-6. ábra
Különböző összetételű kerámiákból készült kondenzátorok kapacitásának hőfokfüggése

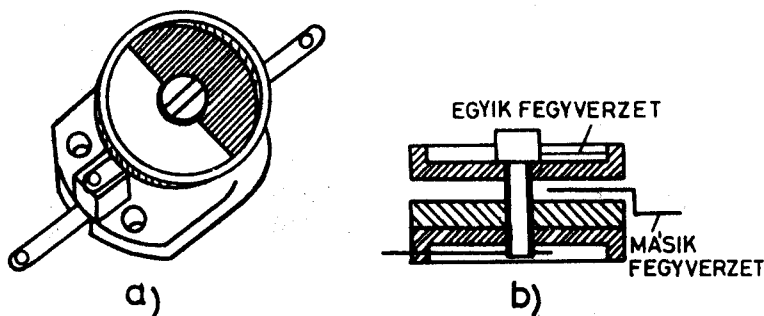
II. típus: kisméretű, nagy kapacitású kondenzátorok. Jellemző tulajdonságuk, hogy nagy a veszteségi tényezőjük (10^{-2}), hőfokfüggésük nem lineáris. Csak olyan áramkörökben alkalmazhatók, ahol ezek zavaró hatása kicsi, mint pl. tápegységek szűrőkondenzátorai, hűtítő kondenzátorok. Kis méretek mellett több tízezer pF értékek is előállíthatók.

Példaként megemlítjük az ún. záróréteg kondenzátort. A II. típusú báriumtitanát alapú kerámiatárcsa két fegyverzete ezüst, amely megfelelő hőkezelés hatására p-n átmenetet képez a kerámiatesttel. A létrejövő határréteg igen jelentős kapacitásértéket képvisel, amelynek nagysága független a két fegyverzet közötti kerámia vastagságától. A záróréteg kapacitása feszültségfüggő, így csak a megengedett maximális üzemi feszültségig állandó a kapacitása. További fejlődést jelentettek az fóliakondenzátorok. I. és II. típusú kerámia anyagból 0,3...0,4 nm vastagságú rétegeket öntenek, amelyekre palládium pasztát visznek fel és együttesen nagy fajlagos kapacitású kondenzátor-lapocskákat nyernek, amelyekből tömböket készítenek. Hőmérsékleti tényezőjük eléri a

$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ -t, a $\text{tg } \delta = 10^{-4}$ és szigetelési ellenállásuk Gohm nagyságrendű.

Az ellenállásokhoz hasonlóan a kerámia kondenzátorokat is szokás színezéssel jelölni. A színskála értékszámozás szempontjából teljesen azonos az ellenállásoknál ismertetettekkel. Itt azonban az első (az összes többinél nagyobb méretű) színes gyűrű rendszerint a hőmérsékleti együtthatót adja meg, a második és harmadik a kapacitás számértékét, a negyedik a nagyságrendet, az ötödik a tűrést jelenti.

Megemlítjük, hogy kerámia szigeteléssel gyártanak beállító (trimmer) kondenzátorokat is, melyek kapacitása néhány tíz pF értékig terjedhet (2-7. ábra).



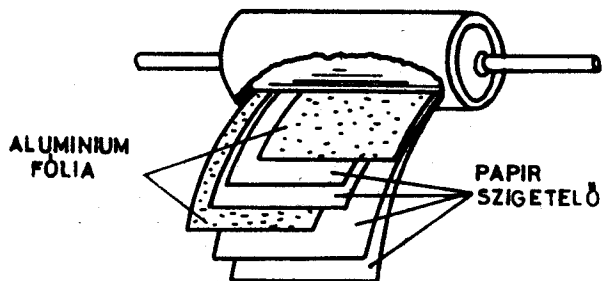
2-7. ábra
Beállító kondenzátor

2-2.3. Papirkondenzátorok

A műanyagfóliák megjelenése előtt igen elterjedten használták - és még ma is használják a papírszigetelésű tekercselt kondenzátorokat. A papír olcsó, de aránylag nagy veszteségi tényezőjű szigetelőanyag. $6 \dots 25 \mu$ vastagságú rétegekben készítik, de a gyártás során elkerülhetetlenül keletkező lukacsok és zárványok miatt legalább két-három réteget kell alkalmazni. A fegyverzet $6 \dots 8 \mu$ vastag alumíniumfólia. A kondenzátor-gyártásnál lényeges követelmény az, hogy a maradék ill. szórt inuktivitás a lehető legkisebb legyen. Ezért általában $1 \mu\text{F}$ kapacitásig minden kondenzátort un. inuktívitásmentes, s ezen felül inuktívításszegény kivitelben gyártanak. Ez attól függ, hogyan készítik el a kötegek elektromos kivezetéseit. Az inuktívításszegény kivitelnél az alumíniumfóliák keskenyebbek, mint a papírszalagok és az elektródákra helyezett lemezcsikók a kivezetések. A kivezetéseket a tekercs mentén úgy helyezik el, hogy a befolyó áram elágazva, olyan menetirányba folyjék, hogy a keletkező mágneses mezők egymást kölcsönösen lerontsák.

Jobb megoldás az, amikor az alumínium fóliát úgy helyezik el, hogy a papírszigetelő egyik oldalán az egyik, a másik oldalán a másik fólia álljon ki (2-8. ábra). A kondenzátor elkészülte után a kiálló alumínium rétegeket összehajtják és a kivezető vörösréz huzalhoz forrasztják. Így elérhető, hogy áram egyáltalán nem folyik a fóliák mentében, alig keletkezik mágneses tér és induktívásmentes kondenzátorokat nyerünk.

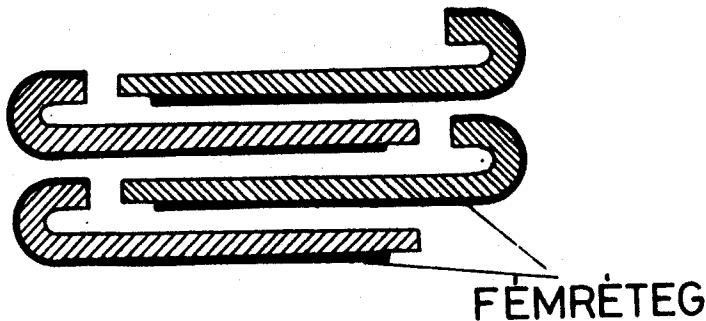
A papirkondenzátorok másik csoportja a fémezett papirkondenzátor. Ennél a kondenzátorpapírt igen vékony, $0,1\mu$ nagyságrendű fémréteggel vonják be egyik oldalán, és a kondenzátort két ilyen fémezett papírból tekercselik meg. E vékony fémréteg következtében a kondenzátor mérete lényegesen kisebb, mint a közönséges papirkondenzátoré. Ezen kívül különleges tulajdonsága, hogy meghibásodása esetén az átütés helyén a



2-8. ábra

Induktívásmentes papirkondenzátor

a kondenzátor energiája a fegyverzet egy részét elpárologtatja és ezzel regenerálja önmagát. A fémezett papirkondenzátor tekercselésénél az egyik szalagot az egyik oldalán, a másik szalagot a másik oldalon kihajtják (2-9. ábra), és a tekercselés után a kihajtott részhez forrasztják a kivezetőket.



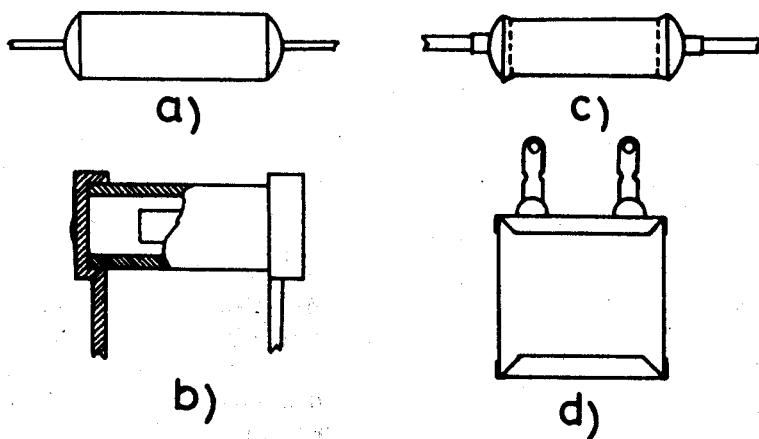
2-9. ábra

Fémezett papirkondenzátor tekercselési módja

A kivezetések hozzáferrasztása után a kondenzátort impregnálni kell. Impregnálás céljából a tekercseket zárt edénybe helyezik, majd 100 °C körüli hőmérsékleten vákuumban tartják, hogy a nedvesség a papirból eltávozzon. Ezután a vákuum alatt levő edényt az impregnáló anyaggal feltöltik, amelyet a papir magába szív. Az impregnáló anyag feladata egyrészt, hogy megvédje a kondenzátort a külső behatásoktól, másrészt javítsa a dielektrikum minőségét, növelve a dielektromos állandó nagyságát és csökkentve a veszteségi szöveget.

Impregnáláshoz használatos anyagok: paraffin, vazelin, olaj, klór-naftalin, klórdifenil.

Az impregnált kondenzátortekercseket nedvességálló burkolattal kell ellátni; amely lehet egyszerű műanyagház, légmentesen zárt porcelán-cső, vagy fémház (2-10. ábra).



2-10. ábra

Papirkondenzátorok

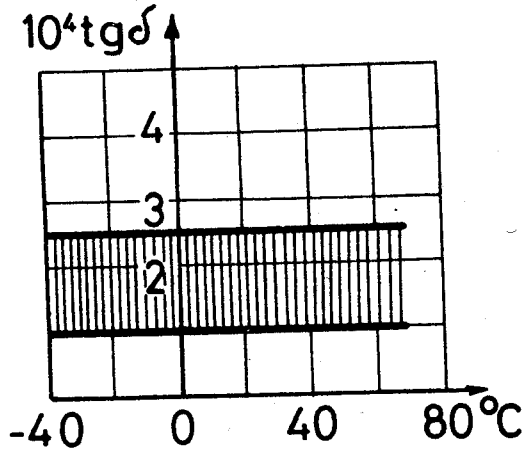
- a) műanyag burkolatban, b) légmentesen lezárt porcelán-csőben, c) hengeres, és d) szögletes fémdobozban

A papirkondenzátorokat fokozatok közötti csatoló kondenzátornak, hitelesítő kondenzátornak használhatjuk, valamint olyan általános hangfrekvenciás célokra, ahol a kondenzátor veszteségi tényezőjével szemben követelmény nincs.

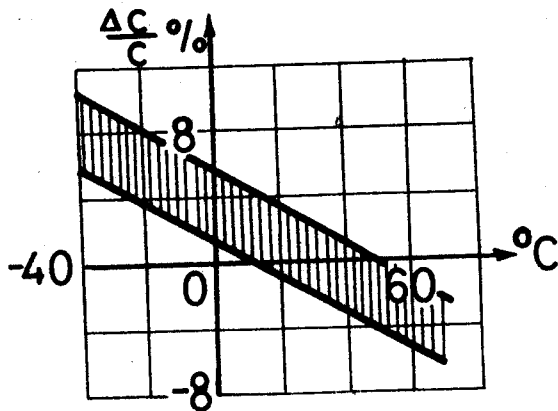
2-2.4. Műanyag kondenzátorok

Műanyag dielektrikum felhasználásával egyszerű technológiai eljárással kisméretű és jó villamos tulajdonságú kondenzátorok készíthetők. Legelterjedtebbek a polisztirol (más néven Styroflex) és a poliészter fóliával gyártott kondenzátorok.

A polisztirol dielektromos állandója nem nagy (3...5), veszteségi tényezője igen kicsiny, megközelíti a csillámét. Kisértékű (10^{-4}) és lineáris hőmérsékleti együtthatója valamint nagyfokú időstabilitása miatt alkalmas igen pontos kondenzátorok gyártására (2-11. és 2-12. ábrák).



2-11. ábra
Polisztirol kondenzátor veszteségi tényezőjének hőfokfüggése

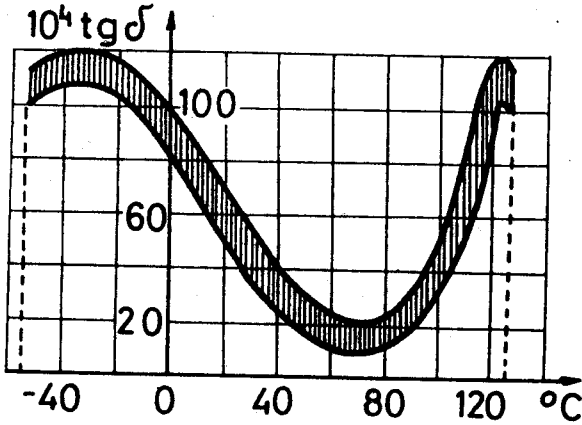


2-12. ábra
Polisztirol kondenzátor kapacitásának hőfokfüggése

A műanyagfóliás kondenzátorok készíthetők fémfóliával tekercselve vagy fémezett műanyagfóliából, a papirkondenzátorokhoz hasonlóan. A műanyag fólia szélesebb, mint a fegyverzet, ezért a tekercselés során a fémfóliához több kivezető lemezt hegesztenek.

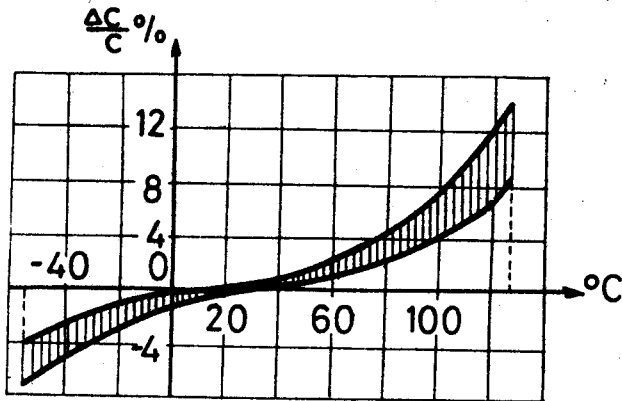
Impregnálásra nincsen szükség, mivel a műanyag nem nedvszívó. Az elektródákat a külvilágtól úgy zárják el, hogy a kondenzátor-teker-
cseket a lágyulási hőmérsékletig melegítik, ekkor a műanyag megfolyik
és az egyes menetek összeolvadása révén lezárják a kondenzátort. Kül-
önleges klima-követelmények esetén ugyancsak légmentesen zárt porce-
láncsóbe helyezik.

Az előbbieken már említett kedvező tulajdonságaik miatt elősze-
rettel alkalmazzák minden olyan hang-, rádió- és nagyfrekvenciás
áramkörökben, ahol a kondenzátor stabilitásával és veszteségi tényező-



2-13. ábra

Poliészter kondenzátor veszteségi tényezőjének
hőmérséklet függése



2-14. ábra

Poliészter kondenzátor relatív kapacitás válto-
zása a hőmérséklet függvényében

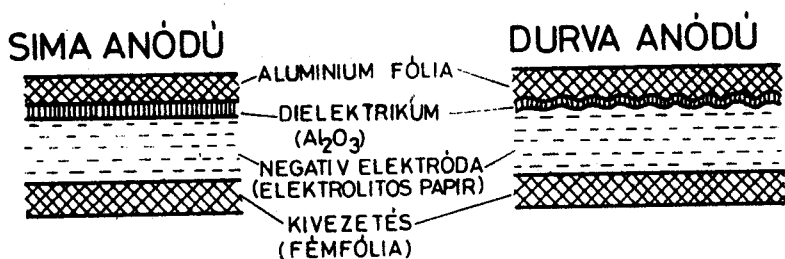
jével szemben magasak a követelmények. 10 pF...10 μ F közötti érték-tartományban gyártják. Míg a polisztirol kondenzátorok csupán 60-70 °C külső hőmérsékleti tartományig üzemeltethetők, addig a poliészter kondenzátorok 100 °C vagy még annál is magasabb hőmérsékleten használhatók. Veszteségi tényezőjüket vagy hőmérsékleti együtthatójukat tekintve azonban nincsenek olyan jók, mint az előbbiek (2-13. és 2-14. ábra)

2-2.5. Elektrolit kondenzátorok

Az eddig tárgyalt dielektrikumok felhasználásával elfogadható méretben csak néhány μ F kapacitásértékig lehet kondenzátorokat gyártani. Kisméretű, nagy kapacitású kondenzátorokhoz igen nagy átütőfeszültségű dielektrikumra van szükség. Egyes fémek molekuláris rétegben előállított oxidjának átütési térerőssége nagyságrendekkel nagyobb az előbbiekénél. Az elektrolitkondenzátorokban molekuláris fénoxidot használnak dielektrikumként.

Jelenleg kétféle elektrolitkondenzátort készítenek: az alumínium és a tantál elektrolitkondenzátort.

Az alumínium elektrolitkondenzátor egyik elektródja - az anód - 99.99% tisztaságú alumíniumlemez. Ezt az elektródot a felület növelése érdekében fluorsavval vagy sósavval maratják, ezáltal a hatásos felület a sima alumínium felületének 5-6-szorosára növekszik. Ugyanígy aránban növekszik meg a kondenzátor kapacitása is (2-15. ábra). A durvított



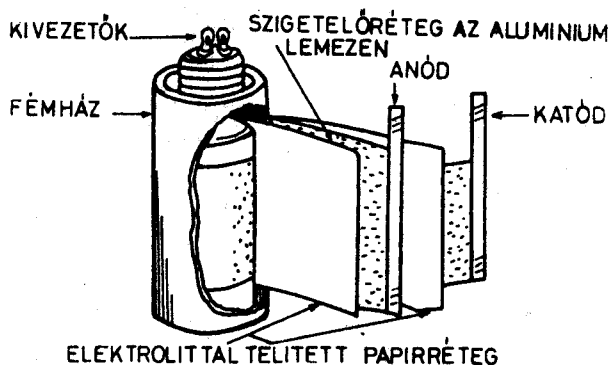
2-15. ábra

Sima és maratott anódu elektrolit kondenzátor

felületű alumíniumot bórsav vagy foszforsav gyenge oldatába helyezik, az elektrolithoz képest pozitív feszültséget kapcsolnak rá, aminek következtében az alumínium felületén 10^{-5} ... 10^{-7} cm vastagságú alumínium-oxid-réteg képződik.

A kondenzátor másik fegyverzete folyadék, mivel csak a folyadék tudja követni a maratott alumíniumlemez szabálytalan felületén elhelyezkedő oxidréteget. A folyadék tárolására a maratott Al-lemez mindkét

dalán itatóspapírt és a másik hozzávezetés részére egy alumíniumlemez helyeznek el. Ezeket a fóliakondenzátorokhoz hasonlóan feltekercselik és fémházba helyezik (2-16. ábra). Ezután az itatóspapírt elektrolittal telítik. Az elektrolit ammoniumborát és bórsav gyenge oldata, amelyhez a kiszáradás csökkentésére glykolt adnak. Az elektródákat kivezetésekkel látják el, majd légmentesen lezárják. A kezeletlen Al-lemez a katód, ezt gyakran a házzal kötik össze.



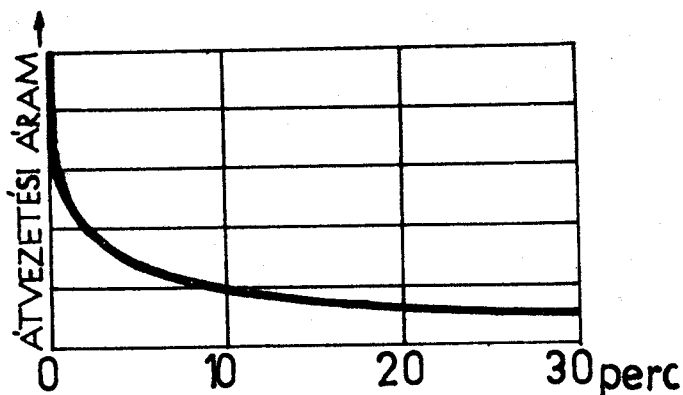
2-16. ábra
Elektrolit kondenzátor felépítése

A tantálkondenzátoroknál a fémtantál felületén tantálpentoxidot állítanak elő (Ta_2O_5), a katódot rézből vagy ezüstből készítik. Az elektródák között itt is elektrolittal átitatott itatóspapír van.

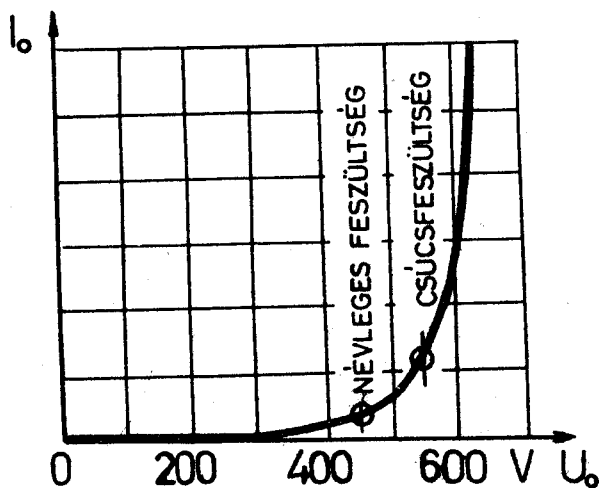
Az elektrolitkondenzátoroknál vigyázni kell a bekötés helyes polarítására, ellenkező esetben ugyanis az oxidréteg néhány másodperc alatt feloldódik és a kondenzátor zárlatos lesz. Főbb alkalmazási területe: hálózati egyenirányítók szűrőkondenzátora, katódkondenzátor, tranzisztoros áramkörökben csatoló-kondenzátor.

Az elektrolitkondenzátorokon egyenfeszültség hatására viszonylag nagy egyenáram folyik keresztül, amelyet szivárgási áramnak nevezünk. Ennek értéke mA nagyságrendű is lehet nagyobb kapacitások esetén. A szivárgási áram a bekapcsolás pillanatában a legnagyobb, minimális értékét 20-30 perc után éri el (2-17. ábra). A 2-18. ábrából látható, hogy a szivárgási áram a csúcsegyenfeszültség fölött rohamosan nő, felmelegíti a kondenzátor dielektrikumát és a kondenzátor hamarosan átút. Meg kell jegyezni, hogy a tantál-kondenzátorok szivárgási árama egy nagyságrenddel kisebb, mint az Al-fóliás kondenzátoroké.

Hosszabb ideig üzemben kívül hagyott elektrolitkondenzátorok szivárgási árama az első bekapcsolás után olyan nagy lehet, hogy a tápegység túlterheli vagy a kondenzátor tönkremehet. Ezért üzembhelyezés előtt a kondenzátort formálni kell. Ez úgy történik, hogy a névleges fe-



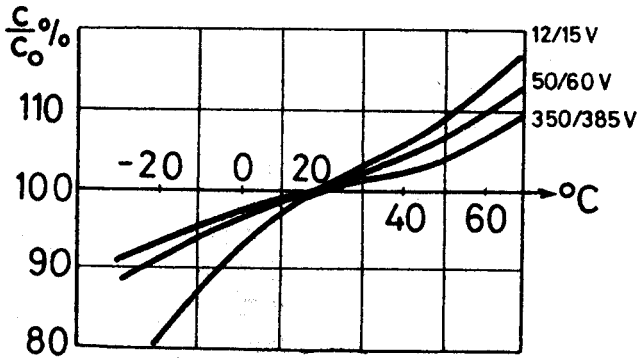
2-17. ábra
Az átvezetési áram idő-függése



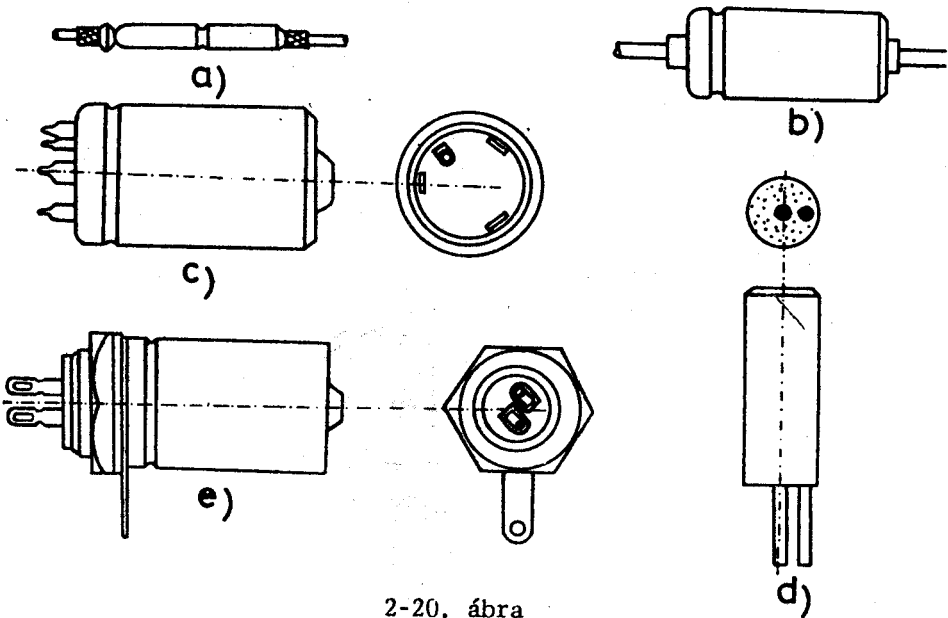
2-18. ábra
Az elektrolit kondenzátor átvezetési árama a kondenzátorra kapcsolt egyenfeszültség függvényében

szültség 10%-át kapcsoljuk a kondenzátorra, majd ezt a feszültséget 30-60 perc alatt emeljük a névleges feszültségig. A tantál sokkal ellenállóbb a savakkal szemben, mint az alumínium, így hosszabb tárolás után is formálás nélkül alkalmazható.

Az elektrolitkondenzátorok veszteségi tényezője elég nagy, $2 \dots 5 \cdot 10^{-2}$ értékek között mozog és erősen hőfokfüggő. Jelentős értékű a hőfoktényezőjük is, mint az a 2-19. ábrán látható.



2-19. ábra
Elektrolit kondenzátorok kapacitás változása a hőmérséklet függvényében



2-20. ábra

Elektrolit kondenzátor típusok:

- a) kisfeszültségű, miniatúr, önhordó kivitelben, b) kisfeszültségű, csökkentett méretű, hegesztett kivezetőkkel, önhordó kivitelben, c) kisfeszültségű, nyomtatott huzalozáshoz, d) kis átvezetési áramu, nyomtatott áramkörökhöz, e) nagyfeszültségű, kettős kapacitású, csökkentett méretű, központos felerősítésű

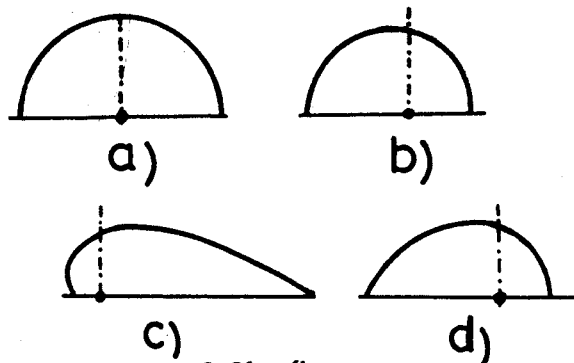
A forgalomban levő elektrolitkondenzátorok névleges kapacitása néhány tized μF -tól néhány tizezer μF -ig tart. Névleges feszültségük is széles határok között változik: 3/4...450/500 V között gyártják hazánkban (az első szám a névleges feszültséget, a második a csúcshőfeszültséget jelenti).

Néhány elektrolitkondenzátor-típust a 2-20. ábrán mutatunk be.

2-3. Légszigetelésű kondenzátorok

A híradástechnikában, elektronikus mérőműszerekben gyakran kerülnek felhasználásra a légszigetelésű változtatható kapacitású kondenzátorok (forgókondenzátorok). Kapacitásuk igen széles frekvenciatartományban frekvenciafüggetlen, veszteségük és szórt inuktivitásuk pedig igen kicsi. Gondos kivitel esetén 1%-nál pontosabban hitelesíthetők.

A forgókondenzátort álló és forgórész alkotja. Mind az állórész, mind a forgórész egymástól bizonyos távolságra elhelyezett lemezek sorozatából áll, a tengely elforgatásával a forgórész lemezei az állórész lemezei közé kerülnek be. A lemezalak megfelelő kialakításával elérhető, hogy a beforgatás szögétől függő kapacitásérték meghatározott függvény szerint változzék. A négy leggyakrabban alkalmazott lemezalakot és a hozzájuk tartozó kapacitás függvényt a 2-21. és 2-22. ábra mutatja be.



2-21. ábra

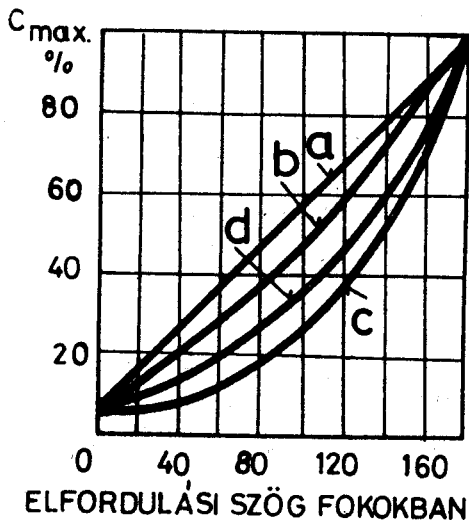
Különböző forgókondenzátor-lemezalakok

Az a) ábrának megfelelő félkör alakú forgórész esetében az elfordulás szögével lineárisan változó kapacitásmenetet kapunk. Legfontosabb alkalmazási területe a méréstechnikában van.

A b) ábrán látható lemezalak esetében a hullámhossz változik az elforgatás szögével arányosan (rezgőkörknél a hullámhossz a \sqrt{LC} -vel arányos). Hullámmérőkben használják.

Annak érdekében, hogy a rádiókészülékek skáláján az állomások lehetőleg egyenletesen legyenek elosztva, az un. frekvencia-lineáris kondenzátorokat alkalmazzák. Mivel a frekvencia $1/\sqrt{LC}$ -vel arányos, ezért a beforgatás szögének is ezzel kell arányosnak lennie, azaz $C \sim 1/\alpha^2$ (c) ábra).

Gyakran alkalmazzák - főleg kettős forgókondenzátoroknál - az exponenciális karakterisztikájú kondenzátorokat (d) ábra), mivel a rezgőkörök együttfutása akkor is biztosítható, ha az egyes kötegek kezdeti szöggel el vannak forgatva. A légszigetelésű kondenzátorok kezdeti kapacitása (kiforgatott helyzetben) néhány pF, míg maximális értéke 400...500 pF. Miniatur kivételben is gyártják.



2-22. ábra
Beforgatás szögével változó kapacitás különböző lemezalaknál

2-4. Vákuum- és gázszigetelésű kondenzátorok

Speciális célokra (pl. adó berendezések nagyfrekvenciás rezgőköréhez) olyan kondenzátorokat készítenek, amelyekben a dielektrikum ill. a szigetelő anyag szerepét vákuum vagy nagynyomású semleges gáz tölti be. Veszteségi tényezőjük kicsi, átütési feszültségük és stabilitásuk igen nagy. 500 pF alatt elsősorban a vákuumkondenzátorokat, 1-10 nF között pedig a gázöltésű kondenzátorokat gyártják.