

# Az elektrolitkondenzátorok alkalmazási területei és új típusai

KOVÁCS GYULA—MÁRAI GYÖRGY  
Mechanikai Művek



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk ismerteti az elektrolitkondenzátorok alkalmazásával kapcsolatos fontosabb tudnivalókat, felhívja a szakemberek figyelmét az előforduló problémákra. Rövid áttekintést ad a fejlesztés alatt levő új típusokról és felhasználási területeikről.

A passzív elektronikai alkatrészek funkcionálisan kiemelkedő fontosságú típusait képviselik a különböző áramkörökben elterjedten alkalmazott elektrolitkondenzátorok. Az egyéb típusokhoz képest rendkívül nagy térfogat-kapacitásuk miatt más kondenzátorokkal nem helyettesíthetők. Elterjedt alkalmazásuk miatt villamos paramétereik nagy mértékben befolyásolják a különböző berendezések és készülékek minőségét. Ezért rendkívüli fontosságú az alkalmazott elektrolitkondenzátorok fontosabb paramétereinek abszolút értéke és stabilitása.

A hazai és nemzetközi gyakorlatban ma is a leggyakoribb az alumíniumfóliás, poláros elektrolitkondenzátorok gyártása és alkalmazása, amelyeknél az egyik fegyverzet a nagy tisztaságú alumíniumfólia, a felületén létrehozott oxidréteg a dielektrikum és szivópapírba felitatott folyékony elektrolit a másik fegyverzet. Az utóbbihoz az áram hozzávezetést a villamos veszteségek csökkentése érdekében vékony alumíniumfólia — katód fólia — biztosítja. Alumínium helyett természetesen más hasonló tulajdonságú fémeket is lehet alkalmazni, a legnagyobb jelentőségű ezek közül a tantál és a nióbiom. A fenti felépítésű elektrolitkondenzátorok a legolcsóbb fajlagos költségű és a legkisebb fajlagos térfogatú kondenzátorok, a megvalósítható kapacitástartomány ma (0,1...—) 1—...150 000 (—...1 000 000),  $\mu\text{F}$ -ig terjed. Ezen alapvető előnyök mellett számos, a fizikai működésből, ill. a gyakorlati felépítésből következő hátrányos tulajdonságukat, így más kondenzátorokhoz képest számottevő veszteségüket, átvezetési áramukat, kis frekvenciatartományukat, paramétereik jelentős hőfokfüggését is figyelembe kell venni.

Az első, „nedves” elektrolitkondenzátorok, melyek még nem tartalmaztak kondenzátorpapírt, csupán anód fóliát és elektrolitot, 60 éve jelentek meg [1]. Mintegy három évtizede kezdtek színtereit anódú, ill. félvezető katódú „szilárd” (akkor általában tantál) elektrolitkondenzátorokat gyártani. A fejlődés a paraméterek állandó javulásában, a méretek és a fajlagos költségek csökkentésében, ill. a megvalósított

## KOVÁCS GYULA

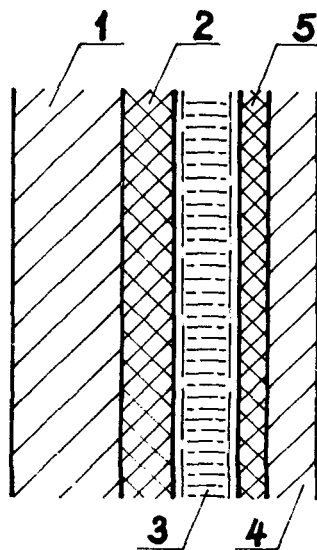
1954-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. Először a REMIX-ben dolgozott fejlesztőként, 1957 óta a Mechanikai Műveknél tölt be vezető beosztásokat. Szűkebb szakmai területe az

elektrolitkondenzátorok fejlesztése és gyártása. Ebben a témakörben ért el jelentős eredményeket, tartott előadásokat és jelentek meg szakmai cikkei. A vállalati HTE szervezet titkára és az országos elnökség választott tagja.

legnagyobb kapacitásérték növekedésében is megmutatkozik.

A Mechanikai Művek 1958 óta gyárt elektrolitkondenzátorokat. A szelepfém nagy tisztaságú alumíniumfólia, elektrolitja pedig szivópapírba felitatott folyadék. A fegyverzetek tekercselten helyezkednek el; egy elemi kondenzátorrész az 1. ábrán látható.

Ez az elrendezés kondenzátorként használható abban az esetben, ha az oxidált alumíniumfólia potenciálja pozitív az elektrolithoz képest. Helytelen polaritású bekötés esetén a két fegyverzet között folyó nagy áram tönkreteszi az oxidréteget és ezzel a kon-



H982-1

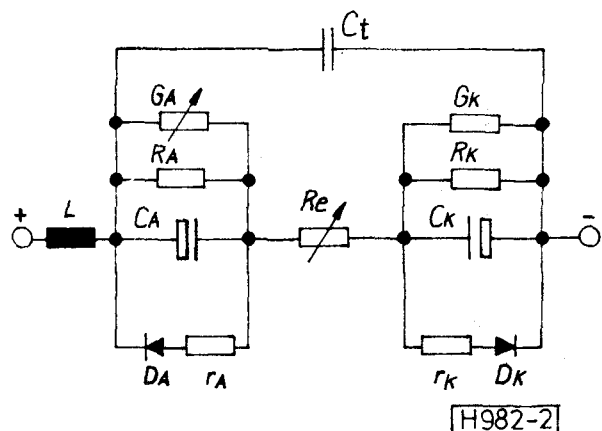
1. ábra. Az elektrolitkondenzátor elvi felépítése

- 1 oxidált (anód-) fólia
- 2 oxidréteg
- 3 elektrolittal átitatott papír
- 4 „katód”-fólia
- 5 légoxid-réteg

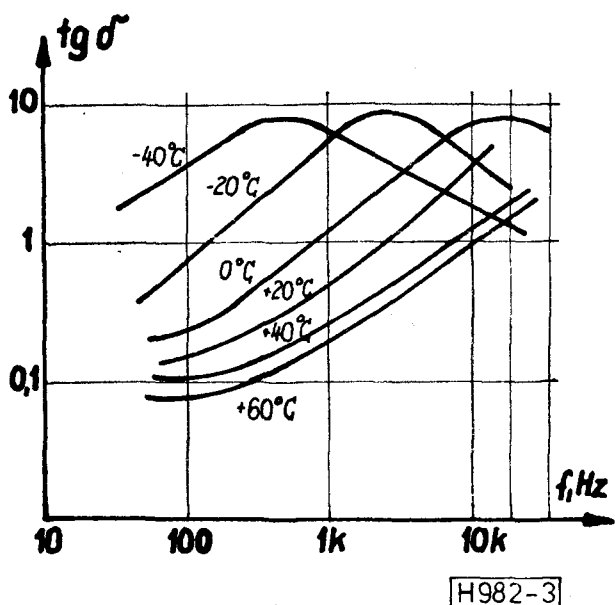
Beérkezett: 1984. VI. 6. ( $\Delta$ )

denzátort. Ha a nagy áram folyását úgy akadályozzuk meg, hogy az áram-hozzávezető fólia helyére is oxidált alumíniumfóliát teszünk, akkor ún. bipoláris elektrolitkondenzátor áll elő. A fóliás, alumínium elektrolitkondenzátorok egy lehetséges, és a valós viszonyokat általában jól modellező helyettesítő képe a 2. ábra szerinti. Az egyes elemek a következőképpen értelmezhetők:

$C_A$  az anódfólián kialakított, és  $p-n$  átmenetként záro irányban előfeszített oxidréteg kapacitása. (Az oxidréteg vastagsága voltonként 1,3 nm [2], dielektromos állandója pedig 7 és 8 közötti.)  $C_K$  a katódfólián mindenkor jelen levő légoxidréteg kapacitása, melynek az elektrolitkondenzátor eredő kapacitását csökkentő hatását a katódfólia maratásával lehet korlátozni.  $R_A$  és  $R_K$  képviselik a váltakozó áram hatására az oxidrétegben fellépő dielektromos veszteségeket.  $G_A$  és  $G_K$  az elektrolitkondenzátor polaritáshelyes bekötése mellett folyó, időben változó és erősen hőfokfüggő átvezetési áramát modellezzik, amelyet elsősorban a fólia felületén megjelenő idegenfém-szenyvezők miatt oxidréteg-hibahelyek okoznak és nagyságrendje  $nA - mA$  közötti.



2. ábra. Az elektrolitkondenzátor helyettesítő képe



3. ábra. Az elektrolitkondenzátor impedancia-abszolút értékének frekvencia-függése (10  $\mu F$  63 V, 25/085/56)



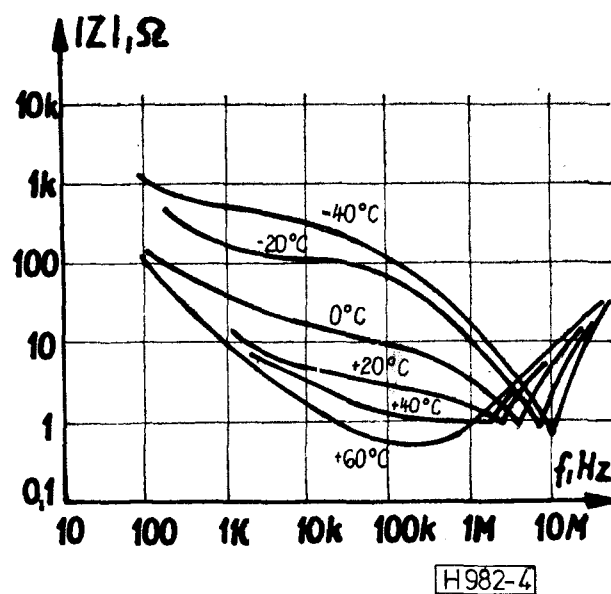
MÁRAI GYÖRGY

1965-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán, és azóta a Mechanikai Műveknél dolgozik. Fő szakmai területe az elektrolitkondenzátorok fejlesztése és gyártása. Ezzel kapcsolatban több szakmai előadást tartott. Jelenleg a vállalat elektromos műszaki osztályának vezetője.

$D_A$  és  $D_K$  az anód- és katódfólia oxidrétegét reprezentáló diódák.  $r_A$  és  $r_K$  az oxidréteg-diódák nyitó irányú ellenállásai.  $L$  a kondenzátortekeres és a ki-vezetők inuktivitása.  $R_e$  az elektrolit erősen hőfokfüggő és az elkőpapír által megnövelt ellenállása, amely a mindenkori veszteségi tényező determináns összetevője.

Az elektrolitkondenzátorok váltakozó áramú viselkedése a  $|Z|$  és  $\text{tg } \delta$  frekvenciafüggvényekkel jól jellemezhető a 3. és 4. ábra alapján. A 3. ábra első szakasza kapacitív,  $|Z| = 1/\omega C$  szerint eső, a második a hőfokfüggő elektrolit által meghatározott rezisztív, a harmadik pedig induktív viselkedést mutat. A második és a harmadik szakaszt az elektrolitkondenzátor  $\omega = \frac{1}{LC_A}$  saját rezonancia-frekvenciája választja el.

A veszteségi tényezőt a soros  $R_s$  és párhuzamos  $R_p$  veszteségi ellenállásokkal a  $\text{tg } \delta = R_s \omega C + \frac{1}{R_p \omega C}$  összefüggés szerint írhatjuk le. A 4. ábra a veszteségi tényező emelkedő jellegét mutatja, így 50 Hz felett  $R_s$  lesz a domináns abban. Alacsonyabb hőmérsékleten a párhuzamos veszteségű  $C_i$  válik meghatározóvá.



4. ábra. Az elektrolitkondenzátor veszteségi tényezőjének frekvencia-függése (10  $\mu F$  63 V, 25/085/56)

Számos alkalmazáshoz kielégítő pontosságú leírást ad az egyszerű soros RC-helyettesítő kép, melyből az egyenértékű soros ellenállás:  $R_{ESR} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\omega C}$ .

Az elektrolitkondenzátorok határadatait (épp úgy, mint más elektronikai alkatrészekét is) az előforduló szélsőséges üzemeltetési körülmények között is be kell tartani. Ezért, ahol a méretek azt megengedik, célszerű egy lépcsővel magasabb feszültségű kondenzátort választani és a hőforrásoktól távol elhelyezni. Különös gondot kell fordítani az adatlapokon megadott maximális váltakozó áramra, ill. legnagyobb felületi hőmérsékletre. Az elkóra ténylegesen rákapcsolható egyenfeszültségre az  $\widehat{U} < U_E \leq U_n - \widehat{U}$  egyenlőtlenség ad korlátokat, ahol:

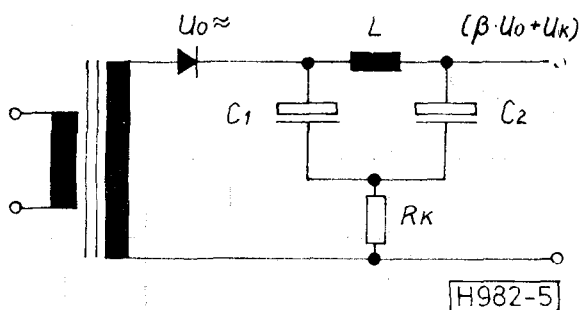
$U_n$  = névleges feszültség,

$U_E$  = az elkóra ténylegesen rákapcsolható egyenfeszültség és

$U$  = a szuperponált váltakozó feszültség csúcserőértéke.

A leggyakrabban alkalmazott üzemeltetési módok a következők:

1. Pufferüzemben a névlegest megközelítő egyenfeszültségre szuperponált váltakozó feszültséget a kondenzátoron átfolyó nagyszintű, gyakran a határértéket megközelítő váltakozó áram. Ilyen, a tápegység egyenirányítójára kapcsolt elkónál különösen kell ügyelni, hogy egyrészt kondenzátorra adott egyenfeszültség feleljen meg az előbbieken felírt egyenlőtlenségnek, másrészt több kapacitású kondenzátor esetén figyelembe kell venni a közös katód-kivezető 10 mΩ nagyságrendű ellenállása által okozott csatolást. Ha  $\beta \cdot U_0 \leq U_K$ , akkor pufferkondenzátorként ne alkalmazzuk több kapacitású elkó valamely részkapacitását (5. ábra).



5. ábra. Többkapacitású elektrolitkondenzátor közös katód-kivezetőjének  $R_K$  ellenállása, mint transzfer impedancia

2. A szűrő- és csatoló-kondenzátorok széles frekvenciasávban, de alacsony szintű váltakozó áramú igénybevétellel üzemelnek; olykor más, indukciószegény kondenzátorokkal párhuzamos kapcsolásban.

3. A kapcsolóüzemű tápegységek kimenő oldali kondenzátorai több feladatot látnak el. Szűrnek a kimenő feszültséget, melyre nagyfrekvenciás váltakozó áram szuperponálódott, stabilizálják a kimenőfeszültséget a gyors terhelésváltozásokkal szemben, és ki-

szűrik a kapcsolóüzem által keltett kis- és középfrekvenciás zavarfeszültséget.

4. Energiatárolásra használják a villanófényberendezések, hegesztőgépek stb. elektrolitkondenzátorait. Ezek kizárólag mart katóddal és nagy áramimpulzust, valamint melegeledést elviselő különleges konstrukcióban készíthetők. Az energiátárolási célú alkalmazások egyik speciális esete a rövid idejű hálózati feszültségkimaradások elkóban tárolt energiával való áthidalása, korszerű félvezető tárolók adatvédelme céljából [3].

5. A hangsugárzóknál előfeszítés nélkül alkalmazott elektrolitkondenzátorokat magas szintű váltakozó áram terheli széles frekvenciasávban. Bipoláris kivétel szükséges, mely azonban helyettesíthető két, katódjaikkal össze- (sorba) kötött, azonos névleges kapacitású, de polarizált elkóval.

6. Az egyfázisú villamos motorok motorindító elektrolitkondenzátorait előfeszítés nélkül terheli magasszintű váltakozó áram diszkrét frekvencián. A bekapcsolási időt és a bekapcsolások számát a jelentős saját hőtermelés miatt korlátozni kell.

A Mechanikai Művek elektrolitkondenzátor-választékának adatait katalógus tartalmazza [4, 5]. Vállalatunknál több új gyártmánycsalád kifejlesztésén dolgozunk.

Kapcsolóüzemű tápegység-elkónk a jelenlegi extranagykapacitású típusokhoz képest több előnyös tulajdonságot mutat. A tekercs kivezetőinek megnövelt száma és keresztmetszete az ohmos veszteségeket, elhelyezésük optimalizálása az induktivitást csökkenti. Az új fedélképzés a nagytömegű tekercs rögzítését javítja, míg a fémház belső kialakítása ugyanezt a célt, de a tekercs és a környezet közötti hőellenállás csökkentését is szolgálja.

Hangfrekvenciás elektrolitkondenzátorunk huzalos mininyák kivitelű lesz. A ma szokásos, többnyire 10 W nagyságrendű csatornánkénti kimenőteljesítmény a hangfrekvenciás elkóval szemben a minél nagyobb váltakozó áram megengedését teszi indokolttá. A kondenzátor saját melegeledését a fólia-papirelektrolit rendszertől függő veszteségi tényező és az átfolyó áram, valamint a konstrukció és a környezet kapcsolatától függő hőellenállás határozzák meg. A valamely  $\omega_2 = 2\pi f_2$  magasabb frekvencián mérhető  $\operatorname{tg} \delta_2$ -ből és az  $\omega_1 = 2\pi f_1$  vonatkoztatási frekvencián mérhető  $\operatorname{tg} \delta_1$ -ből az  $f_2$ -nél megengedhető váltakozó áram

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{f_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_1}{f_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2}} \text{ iesz,}$$

ahol  $I_1$  a szokásosan  $f_1 = 50$ , vagy 100 Hz-re megadott legnagyobb váltakozó áram.

A hangfrekvenciás elkó megengedett legnagyobb teljesítménydisszipációját az adott sávban belüli sztochasztikusan változó frekvenciák miatt célszerű a fémház hőmérsékletének korlátozásával meghatározni. A legkedvezőtlenebb villamos terhelés és +40 °C környezeti hőmérséklet mellett a fémház legmelegebb pontja legfeljebb +50 °C-ra melegekedhet. Ez a hőlépcső mintegy 20 mW/cm<sup>2</sup> teljesítményleadásnak felel meg.

Motorindító elektrolitkondenzátor kifejlesztése van folyamatban, kettős fémházas kivitelben, kábeles csatlakozással és bilincses felerősítéssel. További céljaink többek között az  $\varnothing 16-20$  mm-es nagykapacitású önhordó család korszerűsítése, hőfokhatárának kibővítése, a CE 1004 kisfeszültségű, mininyák elkő  $-55/+85$  °C-os változatának kifejlesztése, a CE 1074 extranagykapacitású elkő  $-40/+85$  °C-os és korszerűsített változatának kifejlesztése.

A tervezett fejlesztési és gyártási program megvalósítása biztosítja a hazai igények színvonalas kielégítését, céljait tekintve megfelel a nemzetközi követelményeknek.

- [1] Prof. Dr.-Ing. A. Güntherschulze und Dr.-Ing. H. Betz: Elektrolytkondensatoren, Technischer Verlag Herbert Cram/Berlin W35, 1952.
- [2] Dr. G. Hahn: Beitrag zum Abbau von Ventiloxidschichten auf Aluminium- und Tantaloberflächen, Acta Technica Hung., 1964, 4. kötet, 443–453. oldal.
- [3] Spannungsversorgung aus Elektrolytkondensatoren bei Netzausfall, Funk-Technik, 1982, 37. kötet 72–73. oldal.
- [4] Elektrolitkondenzátor-katalógus, Mechanikai Művek, Budapest, 1980.
- [5] MM-adatlap: Kisfeszültségű huzalos, szigetelt elektrolitkondenzátor nyomtatott áramkörhöz CE 1004 Elektromodul tájékoztató, Budapest, 1982, XVI. évfolyam 6. szám, 19–20. oldal.