

RAZVOJ SMPS ELKO S Poudarkom na Izbiri Njegovih sestavnih delov

Josipina Černetič
ISKRA Elektroliti, Mokronog, Slovenija

Ključne besede: kondenzatorji elektronski, priključki radialni, SMPS napajalniki komutacijski, ESR upornost serijska ekvivalentna, elektroliti kemijski, vrelišče visoko, napetost enosmerna, tok izmenični, temperature visoke, frekvence visoke, obremenitve visoke, doba trajanja

Povzetek: Nove napajalnike izdelujejo v stikalni tehniki (SMPS), temu morajo biti prilagojeni tudi elektronski sestavni deli. Cilj našega dela je razviti elektrolitske kondenzatorje (ELKO), ki ustrezajo uporabi v stikalnih napajalnikih (SMPS ELKO) in jih v Iskri, tovarni Elektroliti tudi proizvajati. Dodatne zahteve za SMPS ELKO so predvsem dovoljena visoka obremenitev z enosmerni napetosti superponiranim izmeničnim tokom (Ief) in možnost delovanja pri frekvencah do prek 500KHz. V članku so opisani vplivi delovnega elektrolita in anodne folije na višino ESR in na segrevanje ELKO zaradi priključitve določenega Ief. Za ugotovitev intenzivnosti segrevanja ELKO smo merili temperaturo na ohišju ELKO. Prikazana je odvisnost med ESR in višino Ief, ki segreje ohišje ELKO za 1°C. Omenili smo problem ESR elektrolitov, ki vsebujejo gama-butirolakton.

SMPS Electrolytic Capacitors Developments Aim to Select Their Constituent Parts

Key words: electrolytic capacitors, radial connections, SMPS, switch mode power supply, ESR, equivalent series resistance, chemical electrolyts, high boiling point, dc voltage, AC current, high temperatures, high frequencies, high loading, lifetime

Abstract: New series of power supplies are produced as switch mode power supplies (SMPS), therefore all contained electronic parts must suit to new requirements.

The aim of our work is to develop and to produce SMPS electrolytic capacitors in ISKRA ELEKTROLITI factory. Extra requirement for SMPS capacitors is mainly allowed high load with ripple current and ability to operate by frequencies above 500KHz. In present article are described influences of working electrolytes and anode foil on ESR height and heating of capacitors caused by load with Ief. We had been measuring temperature on surface (case) of capacitors to find out temperature changes. Chart is showing dependence between ESR and Ief which heats the surface of capacitors for 1°C to 3°C. We have mentioned the problem of resistance of electrolytes which contain gamma-butyrolacton.

1. UVOD

V letu 1990 je bila na Japonskem celotna produkcija kondenzatorjev 119 bilijonov kosov, od tega 26 bilijonov kosov aluminijevih elektrolitskih kondenzatorjev (v nadaljevanju ELKO). Poleg tega je opazen trend povečevanja porabe teh elektronskih sestavnih delov, kajti njihova uporaba se širi na nova področja: v procesno kontrolo, avtomatizacijo obratov, avtomatizacijo uradov, informacijsko tehniko, zabavno elektroniko itd. /1/

Kritična enota, ki dobavlja moč celi napravi, je napajalnik. Čedalje več proizvajajo napajalnike, ki uporabljajo stikalni sistem. Ti napajalniki se imenujejo (switch-mode power supply, v nadaljevanju SMPS). Ti napajalniki so mnogo učinkovitejši od prejšnjih. Ugotovili pa so, da je napajalnik lahko precej manjši in s tem cenejši, če deluje na visoki frekvenci. V bližnji prihodnosti zanimive frekvence so v območju od 200 KHz do prek 500 KHz. Ker je eden od sestavnih delov SMPS tudi ELKO, velja zanj enaka zahteva in sicer da mora biti sposoben dobro delovati v območju visokih frekvenc s precejšnjimi enosmerni napetosti superponiranimi izmeničnimi tokovi. /2/

Običajnim ELKO začeta pri visokih frekvencah ekvivalentna serijska upornost (v nadaljevanju ESR) in impe-

danca naraščati, kar onemogoča dobro delovanje SMPS. Zato razvijamo tudi v tovarni Elektroliti nove ELKO, ki bodo izpolnjevali velike zahteve za delovanje v stikalnih napajalnikih. To nalogo sofinancira tudi MZT, prvi rezultati tega dela so opisani v tem prispevku.

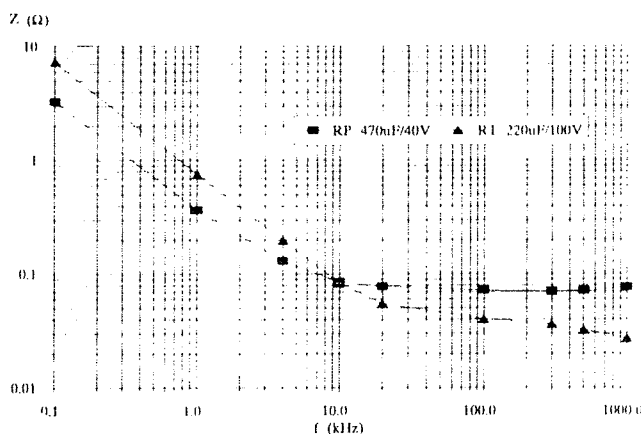
2. IMPEDANCA, ESR IN SUPERPONIRAN IZMENIČNI TOK

Dodatne zahteve za ELKO, ki je primeren za vgradnjo v SMPS, so naslednje:

1. nizka ESR in impedanca
2. visoko vrelišče elektrolita
3. dolga življenska doba pri visoki temperaturi
4. dopustna visoka obremenitev s superponiranim izmeničnim tokom pri visokih frekvencah

Impedanco sestavljajo kapacitivni, ohmski in induktivni upor:

$$Z = \sqrt{ESR^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$



Slika 1: Frekvenčna odvisnost impedance

kar je predstavljeno na sliki 1.

Pri nizkih frekvencah (cca 100Hz) je močno prevladujoča kapacitivna upornost:

$$Z \approx Z_1 = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Pri srednjih frekvencah (cca 10⁴Hz) je prevladujoča ohmska upornost:

$$Z \approx Z_2 = ESR$$

Pri visokih frekvencah (> 1·10⁶ Hz) je prevladujoča induktivna upornost:

$$Z \approx Z_3 = \omega \cdot L$$

Iz povedanega sledi, da je v za nas zanimivem frekvenčnem območju prevladujoča ohmska upornost. Vplivi na ohmsko upornost so razvidni iz naslednje enačbe (3):

$$ESR = r \cdot R_E \cdot d/2F$$

r - upornostni faktor

R_E - upornost delovnega elektrolita

d - debelina papirja

F - površina anodne folije

Ohmsko upornost torej lahko zmanjšamo z zmanjšanjem upornosti elektrolita, s tanjšim in manj gostim papirjem in z uporabo manj jedkane folije.

Nizek ESR ELKO in visoko vrelišče delovnega elektrolita sta potrebna zato, da ELKO lahko obremenimo z visokim enosmerni napetosti superponiranim izmeničnim tokom (v nadaljevanju I_{ef}). Za prikaz parametrov, ki vplivajo na višino dovoljenega I_{ef}, navajamo enačbo iz standarda DIN 41240:

$$I_{ef} = \sqrt{K \cdot S \cdot ESR}$$

I_{ef} - maksimalno dovoljen izmenični tok pri 100Hz, 40°C (A)

K - faktor, odvisen od površine ELKO

S - površina ELKO (cm²)

ESR - ekvivalentna serijska upornost (Ω)

Ta izračun velja za temperaturo ELKO 40°C. Če želimo priključiti ELKO na višjo temperaturo, ustrezno zmanjšamo I_{ef}, glede na to, za koliko °C dopustimo segrevanje ELKO zaradi priključitve I_{ef} pri določeni temperaturi okolice. Torej, na višino maksimalno dovoljenega I_{ef} vplivajo ESR, velikost ELKO in dovoljeno segrevanje ELKO zaradi priključitve I_{ef}.

3. EKPERIMENTALNI DEL

Glede na velik vpliv delovnega elektrolita na parametre ELKO smo največ časa posvetili prav razvoju in izbiri le-tega. Kot impregnante smo uporabili 5 elektrolitov, ki imajo naslednje osnovne komponente in parametre:

Oznaka	Setava	R ₃₀ (Ωcm)	T _{vrel} (°C)
1	TMAP, γ-butirolakton	100	> 150
2	maleinat, m. formamid	130	>150
3	adipat, et.glikol (1)	135	122
4	zmes soli, et.glikol	240	135
5	adipat, et.glikol(2)	95	115

R₃₀ - specifična upornost delovnega elektrolita

T_{vrel} - vrelišče delovnega elektrolita

Kot je razvidno iz sestave, imajo elektroliti različna topila in prevodne soli. Iz literature nam je znano dejstvo, da topilo bistveno vpliva na permeabilnost papirja in s tem na prevodnostne karakteristike ELKO. V te elektrolite smo impregnirali radialne ELKO različnih vrednosti in dimenzij. Za ELKO enakih vrednosti smo uporabili različno predformirane ali različno jedkane folije. Glede papirja nismo eksperimentirali ampak smo uporabili naše izkušnje in vse vzorce navili z nam dostopnim najboljšim papirjem.

Vzorci ELKO:

ELKO	U _{pf} (V)	d _{xl} ELKO
150µF/10V	16	8x11
150µF/10V	22	8x11
100µF/40V	70	10x15
100µF/40V	49	10x15

U_{pf} - predformirana napetost uporabljene anodne folije

d_{xl} - dimenzije ELKO v mm

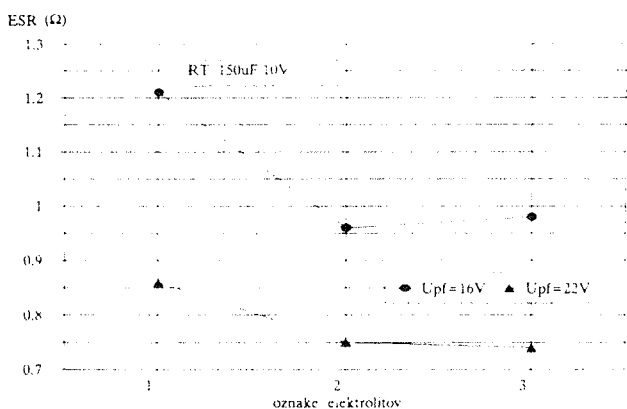
Začetne meritve ESR so razvidne iz slik 2 in 3.

Za ugotavljanje obremenljivosti naših ELKO z I_{ef} smo merili segrevanje ELKO zaradi priključitve I_{ef} . Preizkus smo izvršili v komori, termostatisirani na $+105^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

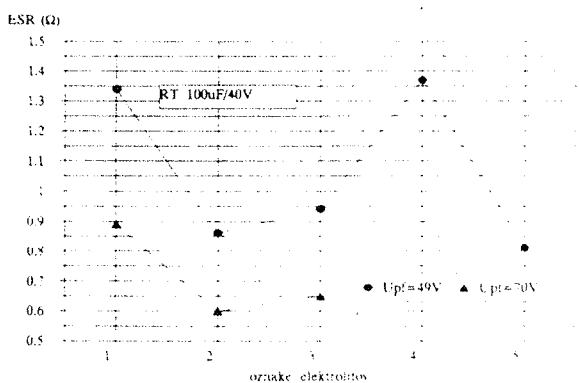
Segrevanje kondenzatorja smo merili s pomočjo posebnega merilnega sistema, na ohišje ELKO smo pritrtili merilno sondo. Registrirali smo tokove, ki so segreti površino ELKO za 1°C in 3°C .

4. REZULTATI

Odvisnost ESR od vrste elektrolita in predformirne napetosti anodne folije je prikazana na slikah 3 in 4.



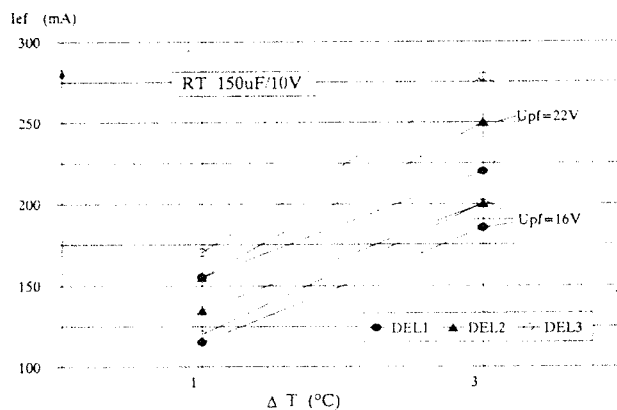
Slika 2: ESR v odvisnosti od vrste elektrolita in višine



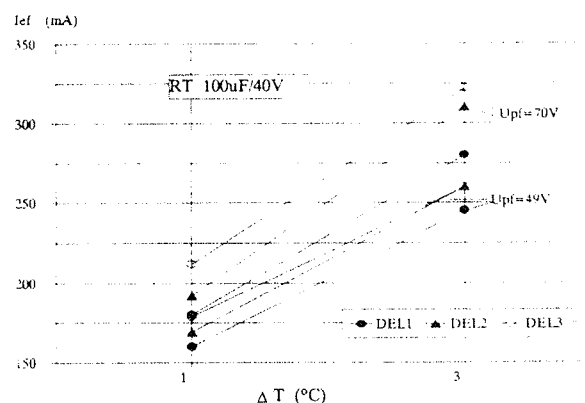
Slika 3: ESR v odvisnosti od vrste elektrolita in višine predformirne napetosti anodne folije

Če primerjamo upornosti elektrolitov z ESR ustreznih ELKO vidimo, da dobimo glede na R_{30} nesorazmerno visok ESR pri elektrolitu 1, ki vsebuje kot topilo gama-butirilakton. Japonci ta problem rešujejo s posebno vrsto papirja.

V naslednjih diagramih prikazujemo segrevanje ELKO v odvisnosti od višine priključenega I_{ef} ,



Slika 4: Segretje površine ELKO v odvisnosti od priključenega I_{ef}



Slika 5: Segretje površine ELKO v odvisnosti od priključenega I_{ef}

Temperatura komore = $+150^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$

Merilna frekvenca = 50Hz

S slik 4 in 5 je razviden velik vpliv elektrolita in uporabljene folije na intenzivnost segrevanja kondenzatorja ob priključitvi na I_{ef} . Višina dovoljenega I_{ef} , ki segreje površino ELKO za 1°C ali 3°C , je v obratnem sorazmerju z ESR ELKO. Zanimivo pa je, da ELKO z elektrolitom 3 dovoljuje višjo obremenitev z I_{ef} za enako segretje površine kot ELKO z elektrolitom 2. Elektrolit 3 je klasični glikol-adipatni elektrolit, elektrolit 2 pa brezvodni elektrolit, topilo je metilformamid.

5. POVZETEK IN ZAKLJUČEK

Naši rezultati kažejo na to, da so sestavni deli ELKO, kot sta folija in papir, prirojena klasičnim glikol-adipatnim ali glikol-boratnim elektrolitom. Pri brezvodnih elektrolitih nastopi problem specifični upornosti elektrolita nesorazmerno visok ESR ELKO. Rešitev tega problema je v novih materialih, predvsem v tem elektrolitnem prilagojenem papirju. Klasični glikolni elektroliti imajo tudi to veliko pomanjkljivost, da imajo prenizko vrelišče za doseganje velikih I_{ef} pri temperaturi $+105^{\circ}\text{C}$ ali več. Brezvodni elektroliti imajo visoka vrelišča, zato lahko dopustimo višje segrevanje ELKO. Poleg tega so pri teh

temperaturah časovno zelo stabilni in mnogo manj korozivni kot glikolni elektroliti. Naši preliminarni preizkusi življenske dobe ELKO z elektrolitom 1 so te dobre lastnosti potrdili.

Literatura:

/1/ Shodo Noda, List of Techniques Expands for Small, Sturdy capacitors, Jee, sept 1991, str. 94-97

/2/ Takumi Nakata, Long-Life, Low-Impedance Aluminum Electrolytic Capacitors Overcome Many Problems, JEE, April 1989, swtr. 46-49

/3/ K.H.Thiesbürger, Der Elektrolyt-Kondensator, 1982

mag. Josipina Černetič, dipl.ing.
ISKRA ELEKTROLITI
Mokronog
Razvojni oddelek
Tržaška 2
61000 LJUBLJANA
tel. + 386 61 213 716

Prispelo (Arrived): 25.04.94

Sprejeto (Accepted): 24.05.94