

# DIAGNOSTICS OF ELECTROLYTIC CAPACITORS

**Ondrej Malinčík**

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xmalin24@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Boušek

E-mail: bousek@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The aim of my work is to introduce problematics of electrolytic capacitors in electronic devices. Today, electrolytic capacitors are one of the most common causes of failures in consumer electronics or measuring and industry devices. I would like to suggest some methods of their diagnostics and realize suitable measure device.

**Keywords:** electrolytic, capacitor, esr, leakage

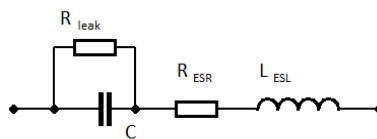
## 1. ÚVOD

Elektrolytické kondenzátory sú v poslednom čase jednou z najčastejších príčin porúch predovšetkým spotrebnej, v menšej miere aj meracej a priemyselnej elektroniky. Reálny kondenzátor má rozdiel od svojho ideálneho modelu ďalšie nezanedbateľné parametre a taktiež nežiadúce vlastnosti, ktoré treba v závislosti od nasadenia kondenzátoru brať do úvahy.

## 2. VLASTNOSTI REÁLNEHO ELEKTROLYTICKÉHO KONDENZÁTORU

Medzi vlastnosti reálneho elektrolytického kondenzátoru možno určite zaradiť:

- Kapacita
- Ekvivalentný sériový odpor (ESR)
- Zvodový prúd – možno predstaviť ako prúd unikajúci cez  $R_{leak}$
- Indukčnosť – je súčasťou ESR



**Obrázek 1:** Model reálneho kondenzátora

### 2.1. PROBLÉMY A ICH PRÍČINY

Častým problémom je úbytok ich kapacity, ktorý je spôsobený časovou degradáciou, netesnením pryžovej zátky, omnoho častejšie však teplotným namáhaním. Elektrolyt vysychá a znižuje sa mu schopnosť viesť prúd, inak povedané, znižuje sa jeho aktívna plocha. Ďalšou možnou príčinou úbytku kapacity je rozpúšťanie dielektrickej vrstvy  $Al_2O_3$  v dlhodobom stave bez napätia, ktoré môže ďalej viesť až k poškodeniu elektród a ich privodov.

Avšak nemenej dôležitejším a veľmi často zanedbaným faktorom je ekvivalentný sériový odpor kondenzátoru (ESR). Ide o impedanciu, ktorá je v modeli zaradená v sérii s kondenzátorom. V praxi spôsobuje ESR svojou reálnou zložkou joulové straty tepla vedením prúdu a tým ohrev kondenzátoru. Týmto ohrevom dochádza k degradácii (vysychaniu) elektrolytu – a k úbytku kapa-

city s ďalším zvyšovaním ESR. ESR je závislé od ohmického odporu samotného materiálu elektród alebo elektrolytu, od indukčnosti samotnej konštrukcie, ale taktiež aj frekvencie v obvode kde je kondenzátor použitý.

### 3. MERANIE KAPACITY A ESR

#### 3.1. KAPACITA

Existuje viacero možných metód merania kapacity. Tie sa navzájom líšia svojou presnosťou, náročnosťou realizácie alebo cenou, hmotnosťou a rozmermi zariadenia ktoré danú metódu využíva. Prakticky realizovaný merač kapacity/ESR využíva tzv. nábojovú metódu. Princípom je nabíjanie skúmaného kondenzátora konštantným prúdom a následným zmeraním času nabíjania. Kapacita kondenzátora sa vypočíta na základe vzťahu:

$$C = I \frac{t_2 - t_1}{U_2 - U_1}$$

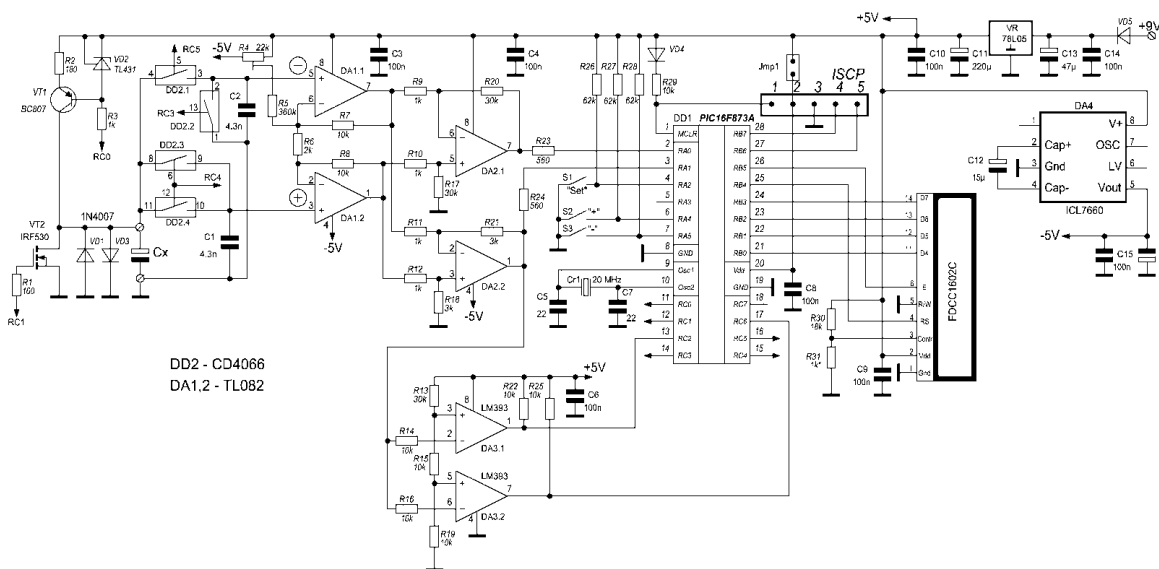
Metóda je nenáročná na realizáciu z cenového a konštrukčného hľadiska, avšak treba brať do úvahy pomerne veľkú nepresnosť pri príliš malých kapacitách (pre dané zapojenie možno čakať chybu až 10% pri kapacitách <math>10\mu\text{F}</math>). Zapojenie je teda vhodné pre nenáročné merania kde sa očakávajú veľké odchýlky kapacít od jeho katalogových hodnôt.

#### 3.2. ESR

Meranie ESR najčastejšie prebieha pod veľmi nízkym napätím (rády mV) na vyššej frekvencii (rády kHz). Toto napätie sa sa priloží na vývody kondenzátora a na základe prechádzajúceho prúdu sa vyhodnotí ESR. Nižšie uvedený merač používa modifikovanú metódu, pri ktorej sa meraný kondenzátor nabije konštantným prúdom a následne nechá vybiť. Vybíjanie vyvolá úbytok napätia ktorý priamo závisí od ESR kondenzátora. Možno vyjadriť ako:

$$ESR = \frac{U_2 - U_1}{I}$$

### 4. PRAKTICKÁ KONŠTRUKCIA – MERAČ KAPACITY + ESR



Obrázek 2: Schéma zapojenia merača.

Pre vlastnú potrebu som sa rozhodol k skonštruovaniu merača schopného merať kapacitu aj ESR v čo najširšom rozsahu. Ako vhodné sa mi videlo zapojenie ruského autora Olega Ginta, ktorý zostrojil merač požadovaných vlastností s využitím programovateľného mikrokontroléru rodiny PIC a zobrazením na LCD displej rozmerov 16x2. Podľa informácií dostupných z ruského prekladu stránky s publikovaným zapojením sa jedná o merač nie veľkej presnosti, avšak vzhľadom na svoju jednoduchosť, cenovú dostupnosť súčiastok a nenáročnosť vyhotovenia som sa rozhodl pre jeho skonštruovanie a otestovanie. Rozsah merania kapacity je v rozmedzí 1  $\mu\text{F}$  – 150 000  $\mu\text{F}$ , ESR meria max. do 10  $\Omega$ . Prístroj je možné napájať z 9V batérie.

Pôvodný prístroj je realizovaný na jednostrannej doske plošného spoja, kde autor zamýšľal vedenie niektorých ciest drôtovými prepojkami, rovnako ako drôtovým vedením zemnenia. Uvedený plošný spoj som však doplnil a dané prepojky realizoval ako druhú stranu plošného spoja, výsledkom je obojstranný plošný spoj a nie je nutná dodatočná úprava drôtovými prepojkami.

#### 4.1. MERANIE A PRESNOSŤ

Prístroj bolo nutné samozrejme otestovať a porovnať s hodnotami nameranými na laboratórnom prístroji, ktoré môžeme s danou presnosťou považovať za referenčné. K tomuto účelu poslážil RLCG most Tesla BM595 na pracovisku UTEE.

Meraný kondenzátor	10 $\mu\text{F}$ 35V	22 $\mu\text{F}$ 35V	47 $\mu\text{F}$ 35V	100 $\mu\text{F}$ 35V	2200 $\mu\text{F}$ 35V
BM595	8,41 $\mu\text{F}$	19,186 $\mu\text{F}$	31,54 $\mu\text{F}$	96,03 $\mu\text{F}$	1946 $\mu\text{F}$
	2,46 $\Omega$	2,310 $\Omega$	1,898 $\Omega$	0,1845 $\Omega$	0,042 $\Omega$
Merač	7,1 $\mu\text{F}$	18 $\mu\text{F}$	30 $\mu\text{F}$	98 $\mu\text{F}$	2000 $\mu\text{F}$
	0,689 $\Omega$	0,948 $\Omega$	0,724 $\Omega$	0,310 $\Omega$	0,062 $\Omega$
Odchýlky (%)	18,4	6,5	5,1	2	2,7
	357	243	262	68	47

**Tabulka 1:** Namerané kapacity a ESR

Z tabuľky možno zhrnúť očakávanú nepresnosť pri meraní nižších kapacít. Možno zovšeobecniť, že presnosť sa zvyšuje pri meraní vyšších kapacít.

Meranie ESR je však zaťažené systematickou chybou (>100%) spôsobenou pravdepodobne nevhodnou meracou metódou. Z merania ESR teda možno len vyhodnotiť stav dobrý/zlý.

## 5. ZÁVER

Zostrojený prístroj sa javí ako veľmi užitočná pomôcka pri hľadaní poruchy v zariadení, kde predpokladáme vadný kondenzátor, alebo pri vyhodnocovaní stavu dlhodobo nepoužitých kondenzátorov. Zariadenie je však viacmenej použiteľné len pre meranie kapacity a hodnotu nameraného ESR treba brať len orientačne. Napriek tomu som s prístrojom veľmi spokojný vzhľadom na jeho jednoduchosť a nízke výrobné náklady. Zastupuje rozsah merania kapacity, ktorý na multimetoch nižšej cenovej kategórie nie je dostupný (<20  $\mu\text{F}$ ). Mojim ďalším cieľom vychádzajúcim zo skúseností nadobudnutých pri stavbe zariadenia by mala byť konštrukcia dokonalejšieho merača, hlavne ESR, ktorý by som rád doplnil meraním Tg $\delta$ .

## LITERATÚRA

- [1] MALANÍK, Leoš. ALDAX [online]. 2005 [cit. 2011-03-02]. Elektrolytické kondenzátory. Dostupné z WWW: <<http://www.aldax.cz/index.php?tab=3&myordnum=&userid=&show=elyty>>.
- [2] GINT, Oleg. Форум про радио [online]. 2006 [cit. 2011-03-02]. Измеритель С и ESR. Dostupné z WWW: <<http://pro-radio.ru/measure/3288/>>.