

Vývoj hliníkových elektrolytických kondenzátorů na bázi vody

[DPS 3/2019](#) | [Součástky - články](#)

Autor: Christian Kasper, Rutronik Elektronische Bauelemente

Hliníkové elektrolytické kondenzátory s elektrolytem na bázi vody nemají od známé kauzy „ničitel životnosti stolních počítačů“ dobrý image. Neprávem, protože dnes splňují důležité požadavky v moderní elektronice – a nabízejí nové alternativy elektrolytů ve formě polymerových hybridních typů.

V časných letech po roce 2000 byly elektrolytické kondenzátory na bázi vody často vyráběny s nesprávnou směsí inhibitorů nebo pasivátorů. Výsledkem byly elektrolytické kondenzátory s otevřeným ventilem, vytlačenou gumovou zátkou nebo explozí úplně zničené součásti – takzvaná „kondenzátorová kazítka“. Tyto problémy se dnes již nevyskytují. Abychom pochopili výhody těchto kondenzátorů a jejich využití pro moderní elektroniku, musíme mít základní znalosti o této součástce.

Jak funguje elektrolytický kondenzátor?

Ve srovnání s ostatními technologiemi kondenzátorů má hliníkový elektrolytický kondenzátor velkou výhodu: velkou kapacitu na minimálním konstrukčním prostoru při atraktivním poměru ceny a výkonu. Navíc není citlivý na přepětí, což je v technické specifikaci doloženo rázovým napětím. Nevýhodou je jeho zásadně vyšší impedance, vysychání v průběhu doby, silný nárůst impedance při nízkých teplotách a závislost na provozní teplotě. Tato je určena danými parametry součástky, které jsou zase definované podle použitého elektrolytu.



*Obr. 1 Elektrolytický kondenzátor s otevřeným ventilem a unikajícím elektrolytem
(zdroj: Shutterstock – Roman Pyshchuk)*

Elektrolytický kondenzátor s tekutým elektrolytem (angl. e-cap) je v podstatě tvořen dvěma proužky hliníkové fólie, které odděluje separační papír. Anodová fólie je elektrochemicky naleptaná, aby se zvětšil její povrch. Přiložením napětí (formováním) vznikne na povrchu velmi tenká vrstva oxidu hlinitého, která funguje jako dielektrikum. Tekutý nebo pevný elektrolyt tvoří

katodu, která je přes druhou hliníkovou fólii kontaktovaná směrem ven. Obě hliníkové fólie jsou na určeném místě opatřeny kontakty a potom zavínuty se separačním papírem do svitku a pro impregnaci napuštěny tekutým elektrolytem. Pouzdro kondenzátoru s napuštěným svitkem nakonec uzavře gumová zátka. Stitching, použitý elektrolyt a separační papír v podstatě již při konstrukci kondenzátoru určují pozdější ESR (Equivalent Series Resistance = ekvivalentní sériový odpor).

Porovnání elektrolytů

V elektrolytických kondenzátorech se nyní používají různé tekuté elektrolyty. Elektrolyty obsahující etylenglykol (EG) nebo kyselinu boritou se používají převážně u středně- až vysokonapěťových elektrolytických kondenzátorů při teplotě do 85 °C. Podíl vody v elektrolytu je zde cca 5–20 %, pomocí inhibitorů (chemických zpomalovačů) se zbrzdí agresivita vody vůči vrstvě oxidu hlinitého.

Organické elektrolyty, jako dimethylformamidy (DMF), γ -butyrolaktony (GBL) a dimethylacetamidy (DMA), umožňují velký teplotní rozsah od –55 až po 150 °C. Vykazují stabilní parametry, jako nízké samovybíjecí proudy, a dobré dlouhodobé vlastnosti a umožňují tak dlouhé provozní doby. Jejich obsah vody je mimořádně nízký.

Obsah vody u vodních elektrolytů může činit až 70 %. Tato vysoká koncentrace má následující výhody: Voda s permitivitou (dielektrickou vodivostí) $\epsilon = 81$ má vynikající vlastnost, a to vázat na sebe velmi mnoho iontů soli. To má za následek vynikající vodivost, což se projeví v mimořádně nízkém ESR. Naproti tomu lze také realizovat výrazně vyšší maximální dovolené proudy (ripple current) než u původních, téměř bezvodých elektrolytů. Navíc jsou díky vysokému obsahu vody podstatně nižší materiálové náklady na elektrolytickou náplň. Nicméně mají také závažnou nevýhodu, protože voda při přímém kontaktu s hliníkem reaguje hydratací. Ovšem hliník chrání stabilní vrstva oxidu hlinitého. Aby se i při poškození této vrstvy, např. při výrobě nebo při delším skladování, zabránilo hydrataci, resp. korozi, přidávají se do elektrolytu inhibitory nebo pasivátory. Pokud se tento krok neprovede, může se při kontaktu vody s hliníkem vytvářet hodně tepla a plynu (vodíku). Kondenzátory se značně poškodí a v extrémním případě mohou rovněž explodovat.



Obr. 2 Dnešní hliníkové elektrolytické kondenzátory jsou moderními součástkami

Dokonce se ještě dnes ve specifikacích součástek uvádí upozornění, aby se v žádném případě nepoužívaly elektrolytické kondenzátory na bázi vody. Tento údaj však není specifikován, např. maximálním přípustným podílem vody. Kromě toho je negativní účinek již eliminován přidáváním aditiv, takže kondenzátory se výborně hodí i pro aplikace s dlouhou životností nebo vysokým zatížením. Elektrolyty s vyšším podílem vody se často vyskytují mezi dnes známými nízkoimpedančními typy (low ESR) s vysokou zatížitelností maximálním dovoleným proudem a

životností minimálně 10 000 hodin při teplotě 105 °C.

Speciální hybridní typ s polymerem

Pokud není hlavním cílem pouze kapacita, ale velmi nízké ESR, lze tekutý elektrolyt zčásti nebo i kompletně nahradit vodivým polymerem. Tyto hybridní typy jsou kompletně certifikované AECQ200. Kombinují tekutý elektrolyt bez obsahu vody s vysokou vodivostí pevného polymeru. K tomuto účelu se tekutý elektrolyt také zčásti vyrábí na polymerové bázi. Vrstva oxidu hlinitého a protilehlá katodová fólie jsou potaženy vodivým polymerem, který je později v kondenzátoru v pevném skupenství. Vysoká vodivost polymeru značně zlepšuje přechodový odpor z oxidu hlinitého k tekutému elektrolytu a ke katodové fólii.

Výsledek: Velmi nízké ESR a možnost vyšších maximálních dovolených proudů (ripple current). Díky lepšímu ESR se snižuje vlastní zahřívání při provozu, díky pevnému polymeru je nižší podíl tekutých součástí, které mohou vysychat. Proto hybridní elektrolytické kondenzátory vykazují zřetelně vyšší základní životnost než standardní nízkoimpedanční varianty na bázi vody. Pro odhad životnosti při různých teplotách platí stejně jako u standardního typu jako hrubá směrná hodnota Arrheniův vztah (teplota -10 °C = dvojitá životnost).

Při dimenzování hybridních kondenzátorů v obvodu je důležité zejména jejich chování ohledně životnosti, frekvence a průběhu teplot, které se díky novým elektrolytům zcela liší od dosavadních. Zatímco ESR u elektrolytického kondenzátoru v oblasti záporných teplot a během jeho životnosti stoupá, u hybridních typů se chová naprosto stabilně. U hybridních kondenzátorů rovněž neplatí silná závislost kapacity na frekvenci, do 100 kHz nedochází k téměř žádné změně. Naopak u elektrolytického kondenzátoru nastane již při 20 kHz propad kapacity o dobrých 40 %.

Při dimenzování obvodu s hybridními kondenzátory tak lze značně snížit celkovou nominální kapacitu, a přesto zlepšit jejich efektivitu. Možná je i miniaturizace, protože hybridní technologie umožňuje vyšší maximální dovolené proudy (ripple current) na menším konstrukčním typu.

Tuhé polymery s vylepšenými vlastnostmi

Kdo chce zcela eliminovat tekutou složku, může sáhnout po elektrolytických kondenzátorech s tuhým polymerem. Tekutá složka je zde nahrazena tuhým, vodivým polymerem. Výsledkem je ještě lepší ESR a maximální dovolený proud (ripple current) a nemůže docházet k vysychání. Životnost lze zhruba uvést jako vztah teplota -20 °C = 10násobná životnost.

Nevýhodou je cena, podstatně vyšší samovybíjecí proud a citlivost vůči vlhkosti. Jelikož pevný polymer přitahuje vlhkost, dodávají se součástky v suchém balení, po jehož otevření se při zpracování musí dodržovat přísné požadavky. Tyto typy jsou proto jen ve výjimečných případech k dostání s certifikátem AECQ200. U této technologie se navíc musí vždy rozhodovat mezi napětím a kapacitou při daném konstrukčním typu. Kvůli tuhému elektrolytu nelze dosáhnout stejně dobré směsi, která je možná u elektrolytických kondenzátorů nebo u hybridního typu.

Kromě toho je u tuhých typů výraznější zbytkový proud než u hybridních typů, protože zde chybí volný kyslík pro vlastní regeneraci výrobně podmíněných závad v dielektriku. Tekutý elektrolyt u hybridního typu obsahuje kyslík, který umožňuje vlastní regeneraci a udržuje zbytkový proud na úrovni standardních elektrolytických kondenzátorů. Pevný elektrolyt se navíc nedostane úplně do každého póru zdrsňené hliníkové fólie. To se negativně projeví na dosažitelné kapacitě a současně

se zvýší samovybíjecí proud. Co se týká stability frekvence, teploty a životnosti, jsou elektrolytické kondenzátory s tuhým polymerem na stejné úrovni jako hybridní kondenzátory.

Shrnutí

Při stále rostoucích požadavcích na ESR, konstrukční tvar, dlouhodobou stabilitu a cenu jsou elektrolytické kondenzátory nepostradatelné. Hliníkové kondenzátory s elektrolytem na bázi vody podstatně zlepšily své vlastnosti, alternativou při požadavku na ještě lepší parametry jsou polymerové typy. Dobrý kompromis mezi výkonem, spolehlivostí a cenou představují zejména hybridní varianty, které jsou výrobci neustále dále vyvíjeny. S ohledem na miniaturizaci a efektivitu nabízejí nové možnosti při dimenzování obvodů.