

## Spolehlivost a provozní vlastnosti kondenzátorů

Tímto článkem bychom rádi poskytli, zejména konstruktérům elektronických zařízení, více informací o konstrukci, elektrických a mechanických parametrech elektronických součástí, vlivu působení elektrického zatížení a klimatických vlivů na jejich životnost a provozní spolehlivost, o chování parametrů součástí během provozu a informativní údaje o spolehlivosti jednotlivých typů součástí tak, jak se je dosud podařilo získat praktickými laboratorními zkouškami v podnikové zkušebně.



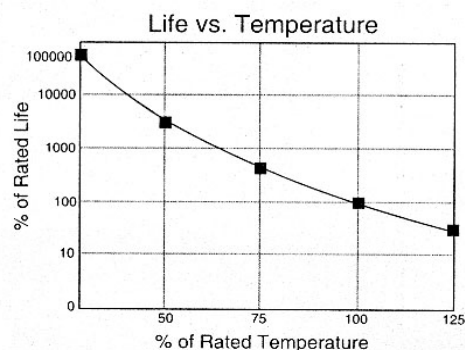
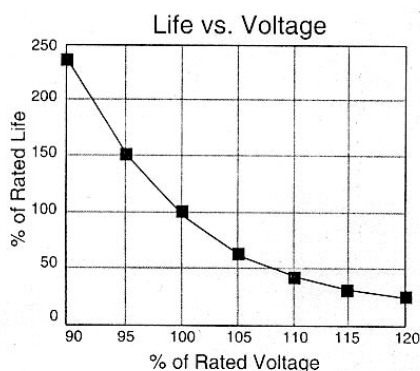
Věříme, že publikace těchto informací usnadní práci technikům a konstruktérům, kteří se budou moci lépe orientovat v technické dokumentaci a našem výrobním programu. Chceme tím přispět k lepší informovanosti konstruktérské a projektantské veřejnosti.

U některých součástí je zvýšené nebezpečí poškození při předmontážní manipulaci nebo při vlastní montáži, což může mít vliv na jejich budoucí provozní spolehlivost, zejména pokud jde o extrémní teplotní expozici při pájení, o nepřiměřené mechanické namáhání při montáži apod. Proto připomínáme také některá základní doporučení a zásady, jež by měly být v zájmu dosažení maximální spolehlivosti dodržovány.

Elektronické součástky, ale i vlastní postupy jejich výroby a technologie se neustále zdokonalují. Nové součástky a nová technologie nahrazují zastaralé typy. Údaje o spolehlivosti, které se publikují, jsou výsledkem dlouholetých zkoušek a měření. Mezitím však průběžně dochází k inovační obměně součástí i vlastní výrobní technologie. Proto pokládáme za potřebné upozornit, že skutečné aktuální parametry součástí se mohou lišit a jak nám potvrzují kontrolní zkoušky, kterými se průběžně monitoruje výrobní proces, jsou stále lepší, ale v žádném případě ne horší. Nové typy součástí, které se nyní vyrábějí, se rovněž podrobují dlouhodobým zkouškám. Nelze se však vyhnout zpoždění z důvodu dlouhého trvání zkoušek. Připomeňme si, že rok má 8 760 hodin. Zkouška 10 000 hodin trvá 417 dnů, to je zhruba 14 měsíců.

Zkouška 30 000 hodin trvá 1250 dnů, to je 41,5 měsíce, což je téměř 3,5 roku.

Proto jsou zkoušky spolehlivosti založeny převážně na teorii pravděpodobnosti a převážně i na tzv. zrychlených zkouškách. **Zkoušky spolehlivosti** resp. bezporuchovosti které naše firma prováděla a ve zkouškách pokračuje, se prováděly při teplotě 40°C při jmenovitém pracovním napětí, tedy při jmenovité elektrické zátěži po dobu 1000 až 30 000 hodin, nebo déle, jak to stanovila norma ČSN35 8001, čl.40 - Zkoušky spolehlivosti součástí pro elektroniku. Platnost této normy však skončila v roce 2000. Pro zachování kontinuity a komplexnosti těchto zkoušek jsme se rozhodli u dříve započatých dlouhodobých zkoušek pokračovat v souladu s touto normou i když zahraniční výrobci používají značně mírnější kritéria, především v tom, že se součástky zkoušejí při polovičním provozním napětí. Jak uvidíte dále, to zkoušku značně zmírňuje, jak ukazují následující grafy.



**Zrychlené zkoušky** se provádějí podle čl. 43 výše citované normy v podmínkách, které zrychlují výskyt poruch aniž se tím změní mechanismus, podle něhož k poruchám dochází, např. zvýšením pracovní teploty až na horní přípustnou hranici teplotní kategorie součástky, zvýšeným elektrickým zatížením a kombinací obou. K tomuto lze využít informativní grafy, které dobře naznačují vliv pracovního napětí a teploty na životnost kondenzátorů a dají se použít **zejména** při zrychlených zkouškách. Tak například zvýšení provozní teploty z doporučených +40°C na +85°C působí zhruba stejně, jako prodloužení zkoušky z 10 000 hodin na zhruba 35 000 hodin.

**Vlivu zvýšené teploty a zvýšeného napětí** se využívá při tzv. zrychlených zkouškách. Např. podle normy ČSN EN 60252 pro zkoušení motorových kondenzátorů odpovídá trvanlivosti 10 000 hodin při normální teplotě a jmenovitém napětí zkouška 2000 hodin při teplotě +85°C a napětí 1,25 x jmenovité napětí, nebo 1000 hodin při napětí 1,35 x jmenovité napětí. Podobně stanoví podmínky pro zkoušky bezpečnostních kondenzátorů norma ČSN EN 132 400 1000 hodin při teplotě +85°C a napětí 1,25 x jmenovitá hodnota. Z toho vyplývá, že kondenzátor, který za normálních podmínek spolehlivě pracuje nejméně po dobu 10 000 hodin, bude při teplotě +85°C pracovat podstatně kratší dobu. Je velmi důležité, aby si konstruktér při navrhování elektronických obvodů tyto skutečnosti uvědomil a vyvaroval se tomu, aby kondenzátory byly umístěny v blízkosti jiných součástek s vysokou povrchovou provozní teplotou, což by vedlo k podstatnému snížení trvanlivosti a spolehlivosti zařízení.

Jakost součástek je dána především jejich konstrukcí a výrobní technologií, ale i fyzikálními, elektrickými a mechanickými vlastnostmi použitých materiálů. S tím souvisí i jejich spolehlivost resp. bezporuchovost v provozních podmínkách. Životnost a provozní spolehlivost je ovlivněna řadou dalších činitelů, které má v rukách především konstruktér více či méně vhodnými provozními podmínkami, ve kterých součástka pracuje. Je to především teplota okolí součástky, provozní napětí, impulsní zatížení, teplotní resp. klimatické šoky apod.

Problematice spolehlivosti je věnována velká pozornost nejen ze strany výrobců, ale především konstruktérů a projektantů elektronických zařízení, nejen v obraném průmyslu, ale zejména průmyslové elektroniky a automobilového průmyslu a naší snahou je k tomu co nejvíce přispět především poznatky a zkušenostmi z dlouhodobých zkoušek

### **Připomeňme si ještě několik pojmů z oboru spolehlivosti součástek:**

**Spolehlivost** je souhrn vlastností součástek, které určují jejich schopnost plnit požadovanou funkci v daných provozních podmínkách.

**Bezporuchovost** je schopnost součástky plnit bez poruchy požadovanou funkci v podmínkách provozu.

**Životnost** je vlastnost součástky vyjádřená časovým úsekem po který je součástka schopna plnit požadovanou funkci než dosáhne kritického stavu, který charakterizuje její technické „dožití“. Tím se rozumí zejména změna důležitých parametrů součástky v provozních podmínkách, které by znemožnily správnou funkci elektronického obvodu, ve kterém součástka pracuje.

**Skladovatelnost** je schopnost výrobku zachovat si bezporuchový stav po stanovenou skladovací dobu.

**Porucha** je úplná nebo částečná ztráta provozních vlastností součástky

**Porucha katastrofická** je úplná ztráta provozních schopností součástky

**Porucha parametrická** je změna jednoho nebo více parametrů součástky přesahující stanovený limit

**Časná porucha** je porucha vzniklá v počátečním období používání součástky

**Náhodná porucha** je porucha vzniklá v období optimálního používání součástek

Porucha dožitím je porucha vzniklá jako projev stárnutí součástky v konečné fázi její životnosti

**Intenzita poruch** vyjadřuje poměr počtu poruch na časovou jednotku k počtu nezávadných součástek v daném čase provozu (zkoušky). Jeli tedy počet nezávadných součástek na začátku libovolného časového intervalu  $n(t)$  a na jeho konci  $n(t + \Delta t)$ , pak je intenzita poruch  $\lambda(t)$  dána vztahem

$$\lambda(t) = \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \cdot t}$$

Kde  $\Delta t$  = délka sledovaného časového intervalu.

**Konfidenční úroveň určení intenzity poruch.** Empirický odhad intenzity poruch ve smyslu výše uvedeného vztahu umožňuje získat jednu-bodovou hodnotu. Intenzitu poruch je však nutno považovat za veličinu náhodně proměnnou a tedy vypočtená hodnota není dostatečně přesným vyjádřením této veličiny. Pro větší jistotu odhadujeme tedy intenzitu poruch v určitém intervalu  $\lambda_d$  (dolní mez intervalu) až  $\lambda_h$  (horní mez intervalu). Šířka tohoto intervalu je dána pravděpodobností  $s$  jakou bude intenzita poruch v intervalu ležet nebo bude alespoň menší než nejhorší případ  $\lambda_h$ . Interval omezený oběma hranicemi  $\lambda_d$  a  $\lambda_h$  se nazývá oboustranný, v druhém případě, kdy je omezený pouze  $\lambda_h$ , jednostranný konfidenční interval. Nejpoužívanější hodnotou konfidenční pravděpodobnosti – úrovní – je 60% a 90%, tzn. Že uvnitř daného konfidenčního intervalu bude posuzovaná intenzita poruch ležet s pravděpodobností 60% nebo 90%. Kromě velikosti konfidenční úrovně je třeba věnovat pozornost charakteru konfidenčního intervalu – je-li oboustranný nebo jednostranný.

U jednostranného při konfidenční úrovni 60% (90%) je pravděpodobnost, že hodnota intenzity poruch překročí nejhorší hranici  $\lambda_h$  ve 40% (10%) případů. U oboustranného tomu bude pouze ve 20% (5%). Způsob stanovení konfidenčních hranic je uveden v následujících statích.

**Zkoušky bezporuchovosti** jsou zkoušky dlouhodobého charakteru ověřující bezporuchovost a stabilitu parametrů zkoušeného typu pro daný časový úsek za daných provozních podmínek. Údaje o spolehlivosti elektronických součástek byly získávány dlouhodobými praktickými zkouškami, prováděnými na rozsáhlých souborech součástek z produkce bývalé firmy

TESLA Ostrava, které jsme měli k dispozici a návazně průběžně z produkce naší firmy po dobu zhruba patnácti let. Převážná většina těchto zkoušek jsou zkoušky bezporuchovosti ve smyslu normy ČSN 35 8001 prováděné na souborech 5000 až 15 000 součástek typových představitelů. Zkoušky se provádějí při teplotě +40°C při jmenovitém elektrickém zatížení, jmenovitým pracovním napětím. V některých případech byly údaje stanoveny ze zrychlených zkoušek při vyšší teplotě okolí a zvýšeném provozním napětí.

Trvání zkoušek je minimálně 1000 hodin, v některých případech až 30 000 hodin. Kontrolní měření je prováděno obvykle po 48, 100, 500, 1000, 5000, 10 000, 15 000, 20 000 hodinách, atd., není to však nutné, ale je to vhodné pro přehled, jak se součástka při zkouškách chová. Rozsah výběru a trvání zkoušky se řídí tím, jakou úroveň intenzity poruch je třeba na daném souboru ověřit.

**Tabulka č. 1** uvádí počty prvků, které je potřebné použít pro ověření různých úrovní intenzity poruch při trvání zkoušky 1000 a 10 000 hodin pro různý počet poruch, které se vyskytnou, při oboustranném konfidenčním intervalu 90%.

Volba těchto podmínek vycházela především z požadavků na provozní spolehlivost na nejvyšší úrovni, jak vyžadoval obranný a automobilový průmysl.

Počet součástí potřebných pro odhad dané úrovně intenzity poruch při trvání zkoušek 1000 a 10 000 hodin a platí pro exponenciální rozložení a konfidenční úroveň 90%.

Pro pasivní součástky se zpravidla počítá s výskytem dvou poruch. Z tabulky je zřejmá náročnost zkoušek zejména při ověřování intenzity poruch nižší než  $10^{-6}$ /hod.

Pro odhad intenzity poruch je rozhodující součin provozních hodin a počtu provozovaných součástí – v praxi běžně nazývaný „počet součástkohodin“.

Je tedy možno stejného počtu součástkohodin dosáhnout dvojím způsobem.

Jednak velkým počtem součástí pracujících relativně krátkou dobu, nebo menším počtem součástí provozovaných dlouhou dobu. Tabulka č. 1 udává do jisté míry optimální podmínky pro praktické ověřování.

Třída spolehlivosti dle ČSN 35 8001	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Intenzita poruch ( $h^{-1}$ )	$1.10^{-4}$	$3.10^{-5}$	$1.10^{-5}$	$3.10^{-6}$	$1.10^{-6}$	$3.10^{-7}$	$1.10^{-7}$	$3.10^{-8}$	$1.10^{-8}$
Zkušební doba (h)	1000			10 000					
Počet poruch	Počet zkoušených součástí (ks)								
0	23	73	231	73	231	730	2310	7300	23100
1	39	126	390	126	390	1260	3900	12600	39000
2	53	170	533	170	533	1700	5330	17000	53300
3	67	214	668	214	668	2140	6680	21400	66800
4	80	254	798	254	798	2540	7980	25400	79800
5	93	295	927	295	927	2950	9270	29500	92700
6	105	336	1054	336	1054	3360	10540	33600	105400
7	118	375	1178	375	1178	3750	11780	37500	117800
8	130	420	1300	420	1300	4200	13000	42000	130000
9	142	460	1421	460	1421	4600	14210	46000	142100
10	154	510	1541	510	1541	5100	15410	51000	154000

### Odhad intenzity poruch a stanovení horní a dolní hranice oboustranného konfidenčního intervalu

Nejvhodnějším a též nejběžněji používaným parametrem vyjadřujícím spolehlivost součástí je intenzita poruch.

Její bodový odhad lze stanovit dle vzorce:

$$\lambda = \frac{r}{T} \quad [h^{-1}]$$

kde r = zjištěný počet poruch v průběhu zkoušky

T = celková akumulovaná provozní doba (počet součástkohodin)

již lze vyjádřit jako:

$$T = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_z \quad [h]$$

T = kde  $t_i$  = doba do poruchy i-tého vzorku z výběru

$t_z$  = trvání zkoušky

n = počet zkoušených vzorků na počátku zkoušky

Jestliže při zkoušce dojde k vyřazení některých prvků (v počtu k) z jiných důvodů než pro poruchu (např. následkem vadné manipulace, vadného zkušebního zařízení apod.), nelze tyto prvky započítávat k počtu prvků porušených a celková kumulovaná provozní doba bude pak:

$$T = \sum_{j=1}^{r+k} t_j + (n-r-k)t_z \quad [h]$$

Hranice konfidenčního intervalu intenzity poruch se stanoví následovně:

$$\text{horní hranice } \lambda_h = \lambda \cdot k_1 \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

$$\text{dolní hranice } \lambda_d = \lambda \cdot k_2 \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

Koeficienty  $k_1$  a  $k_2$  jsou v tabulce č. 2. Jejich hodnota se liší v závislosti na počtu poruch a na konfidenční úrovni. Tabulka č.2 udává koeficienty  $k_1$  a  $k_2$  pro konfidenční úrovně 90%, 80% a 60%.

Nevyskytne-li se v průběhu zkoušky žádná porucha, pak lze stanovit pouze horní hranici konfidenčního intervalu, která bude:

$$\text{pro 90%-ní konfidenční úroveň: } \lambda_h = \frac{3}{T} \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

$$\text{pro 80%-ní konfidenční úroveň: } \lambda_h = \frac{2,3}{T} \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

$$\text{pro 60%-ní konfidenční úroveň: } \lambda_h = \frac{1,6}{T} \text{ [h}^{-1}\text{]}$$

Hodnoty intenzity poruch udáváme v oboustranném konfidenčním intervalu s konfidenční úrovní 90%. Udávané hodnoty intenzity poruch pro jednotlivé typy součástek jsou převážně hodnoty kumulované. To znamená, že jde o hodnoty vypočtené na základě výsledků několika zkoušek typových představitelů, jejichž akumulované provozní doby se sečtou a z těchto veličin se stanoví výsledný údaj. Ve všech případech je nutno prezentované údaje považovat pouze za informativní, které jsou postupně upřesňovány jak pro stávající typy součástek, tak pro nové typy, které se vyvíjejí. Za informativní je třeba považovat i připojené grafy znázorňující rozptyl změn parametrů součástek. Jejich účelem není exaktní vyjádření změn, ale poskytnutí představy, jaký charakter mají změny parametrů součástek a tedy s čím je třeba v průběhu jejich provozu počítat.

**Tabulka 2** Koeficienty pro stanovení mezí oboustranného konfidenčního intervalu.

Konfidenční úroveň	90%		80%		60%	
	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$
Počet poruch r						
1	4,744	0,0515	3,890	0,1055	3,000	0,2230
2	3,148	0,1780	2,650	0,265	2,140	0,4125
3	2,585	0,273	2,233	0,367	1,833	0,5117
4	2,288	0,342	2,000	0,436	1,675	0,5738
5	2,103	0,394	1,850	0,487	1,580	0,6180
6	1,974	0,436	1,758	0,525	1,517	0,6508
7	1,878	0,469	1,678	0,556	1,464	0,6764
8	1,804	0,498	1,625	0,582	1,425	0,7000
9	1,745	0,522	1,578	0,606	1,389	0,7166
10	1,696	0,543	1,540	0,620	1,365	0,7300
12	1,620	0,577	1,483	0,654	1,325	0,7542
14	1,560	0,600	1,439	0,675	1,296	0,7714
16	1,520	0,630	1,403	0,697	1,272	0,7844
18	1,480	0,650	1,375	0,711	1,253	0,7972
20	1,450	0,660	1,352	0,727	1,237	0,8075
30	1,360	0,720	1,277	0,775	1,185	0,8433
40	1,300	0,760				
50	1,270	0,780				

r = počet poruch

$k_1$  = koeficient pro horní hranici konfidenčního intervalu

$k_2$  = koeficient pro dolní hranici konfidenčního intervalu

Dalším informativním údajem je **opravný součinitel intenzity poruch k**. Je možno jej použít tehdy, je-li předpokládaný režim provozu jiný, než pro který byl známý odhad intenzity poruch stanoven. Žádaný odhad intenzity poruch se pak stanoví ze vzorce:

$$\lambda_s = \lambda \cdot k$$

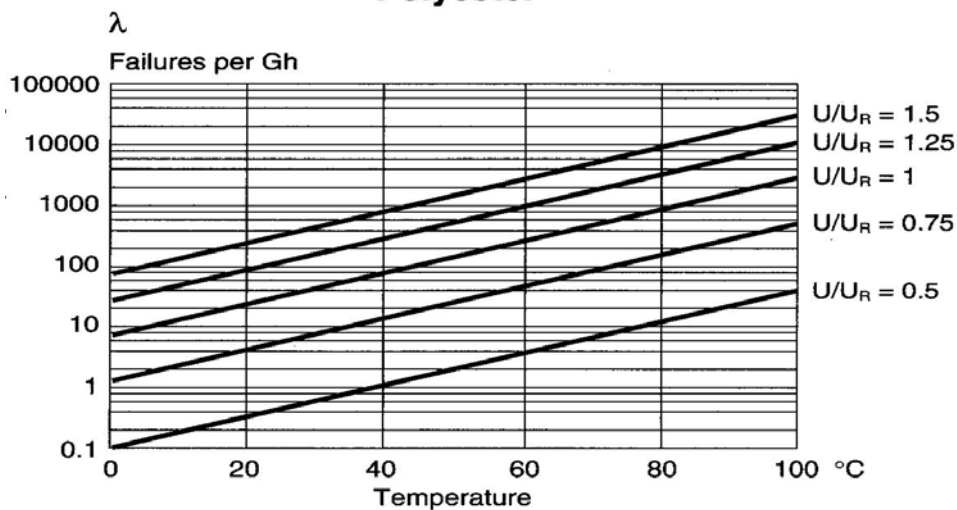
kde  $\lambda_s$  = žádaný odhad intenzity poruch

$\lambda$  = známý odhad intenzity poruch pro základní režim

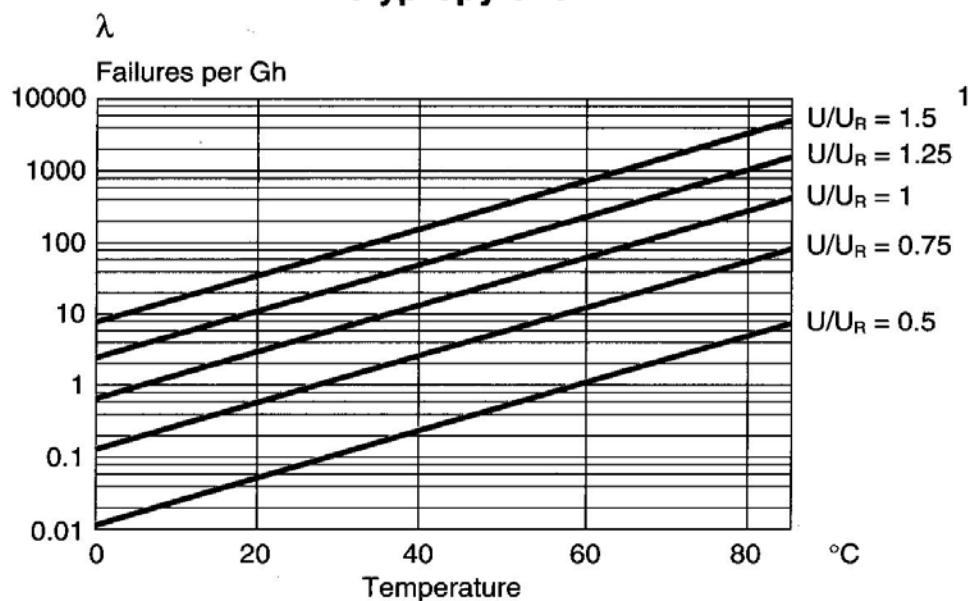
k = opravný součinitel

Opravný součinitel k je uváděn graficky jako závislost na teplotě okolí a na násobku jmenovitého elektrického zatížení. Jmenovité elektrické zatížení k = 1 je jmenovitá hodnota pracovního napětí při teplotě okolí normálního prostředí dle ČSN IEC 60068-1.

### Failure rates vs. temperature and voltage Polyester



### Failure rates vs. temperature and voltage Polypropylene



Informativní hodnoty opravného součinitele vycházejí zpravidla z výsledků zrychlených zkoušek spolehlivosti, jež byly provedeny na základních typových představitelích součástek a byly konfrontovány s dostupnými prameny v odborné literatuře. Norma ČSN 35 8001 stanoví třídění součástek dle úrovně intenzity poruch do tříd spolehlivosti dle následující tabulky č. 3.

**Tab. 3**

Třída spolehlivosti	Intenzita poruch [h <sup>-1</sup> ]
1	1.10 <sup>-2</sup>
2	3.10 <sup>-3</sup>
3	1.10 <sup>-3</sup>
4	3.10 <sup>-4</sup>
5	1.10 <sup>-4</sup>
6	3.10 <sup>-5</sup>
7	1.10 <sup>-5</sup>
8	3.10 <sup>-6</sup>
9	1.10 <sup>-6</sup>
10	3.10 <sup>-7</sup>
11	1.10 <sup>-7</sup>
12	3.10 <sup>-8</sup>
13	1.10 <sup>-8</sup>
14	3.10 <sup>-9</sup>
15	1.10 <sup>-9</sup>

Spolu s odhadem intenzity poruch se uvádí i informativní údaj o třídě spolehlivosti.

**Provozní spolehlivost** součástek může být do značné míry ovlivněna nejen jejich vlastnostmi, jak jsme uvedli výše, ale i dalšími okolnostmi, jako vhodnost jejich volby pro danou aplikaci a umístění v zařízení ale i péče při předmontážní manipulaci a vlastní podmínky montáže.

### **Doporučení pro použití a montáž součástek v přístrojích**

Pasivní součástky jsou určeny pro přístroje či zařízení sloužící v rozmanitých oborech elektroniky a elektrotechniky. Při jejich výběru, musí mít konstruktéři pečlivě posoudit podmínky, v nichž bude zařízení, nebo přístroj používán. Tyto pracovní podmínky a vlivy mohou být někdy i navzájem zcela protichůdné.

Ve spotřební elektronice se při poruše pasivních součástek obvykle nejedná o žádné velké problémy a nehrozí ani vznik velkých škod. Pasivní elektronické součástky mohou být běžné jakosti i s maximálními tolerancemi hodnot, ale důraz je zpravidla kladen na nízkou cenu.

Přístroje a zařízení investiční elektroniky jsou charakterizovány podstatně menším objemem výroby a mohou mít jednoúčelové nebo víceúčelové užití. Funkční parametry a jejich vztah k ceně nabývají složitějšího významu. Užití pasivních součástek bude závislé na individuálním posouzení požadavků, které budou na přístroje kladeny. Tato výrobní sféra se již neobejde bez součástek o vysoké jakosti, s definovanou intenzitou poruch a s úzkým tolerančním rozptylem hodnot, i když také pasivní součástky běžné jakosti budou v neexponovaných obvodech čteně používány.

Elektronické přístroje a zařízení speciální techniky se vyznačují vysokými požadavky na provozní spolehlivost, přičemž mohou být požadovány špičkové funkční parametry. Kladou se zde obvykle značné nároky na klimatickou odolnost v širokém teplotním rozmezí a na mechanickou odolnost.

Při volbě pasivních součástek do elektronických přístrojů a zařízení je třeba dodržovat zásadní všeobecně platná doporučení:

1. Klimatická odolnost součástek musí dosahovat alespoň téže kategorie jako odolnost kompletovaného zařízení, nejsou-li v něm provedena ochranná opatření, hermetizace apod.
2. Je třeba věnovat pozornost garantovaným změnám volených typů součástek v jednotlivých expozicích zaručovaných příslušnými technickými podmínkami, normami nebo specifikacemi.
3. Miniaturizace zařízení, jíž je dosaženo za ceny maximálního zatěžování součástek při jejich velmi těsné montáži, může mít za následek snížení jeho spolehlivosti i trvanlivosti.
4. Náležitá pozornost musí být věnována rozmístění součástek, aby nedocházelo k jejich vzájemnému ovlivňování vyzářeným teplem nebo nebyly nadměrně ohřívány jinými zdroji tepla, součástkami s vysokou povrchovou provozní teplotou.

Budou-li dodrženy všechny podmínky správného výběru a volby součástek, je třeba dále zaručit, aby nevhodnou manipulací a montáží nedošlo k jejich narušení nebo poškození dříve, než bude hotový výrobek uveden do provozu.

Doporučení pro montáž se rozhodně doporučuje považovat za pravidla, jejichž ignorování může vyvolat zhoršení parametrů nebo i snížení životnosti součástek.

### **Doporučená pravidla pro správnou montáž součástek**

#### **Pájení:**

Z hlediska zajištění dobré spolehlivosti je třeba dbát, aby součástka byla při pájení co nejméně namáhána, tzn. aby pájení bylo prováděno při minimální možné pájecí teplotě a pájené místo bylo co nejdále od tělesa součástky. Je třeba, aby konstruktér přihlížel k ustanovení o pájení v technických specifikacích, kde pro konkrétní typy jsou uvedeny příslušné zásady. Při pájení do plošných spojů, zejména při pájení vlnou, je vedle zajištění co nejmenšího tepelného namáhání třeba dbát i nato, aby součástky nebyly narušovány agresivními pájecími prostředky. Nedoporučuje se zkracovat vývody na nejmenší možnou míru, neboť přenos tepla mezi vlnou a součástkou s velmi krátkými vývody by mohl součástku narušit.

Ve všech případech montáže se smí pro pájení použít jen neutrální pryskyřičné tavidlo, nejlépe čistá kalafuna nebo její roztok v alkoholu. Aplikace kyselinových past nebo jiných přípravků s agresivními účinky je zásadně nepřípustná.

#### **Mechanické upevňování součástek v přístrojích**

se provádí obvyklými způsoby. Drobné součástky nebo součástky s malou hmotností se upevňují samonosně připájením vývodů do otvorů plošných spojů. Je však třeba zajistit takovou polohu součástky, aby její tělísko nebylo po zapájení přívodů namáháno mechanickým pnutím a nedotýkalo se jiných, zejména vodivých částí přístroje nebo jiných součástek. Je nutno vyloučit jakákoliv mechanická poškození při zkracování a tvarování vývodů a vlastní montáži součástky. Součástky rozměrnější a s větší hmotností se upevňují pomocí přichytek, jež jsou buď součástí pouzdra prvku, nebo se dodávají samostatně. Nedoporučuje se pájet vývodní očka součástek přímo na různé pevné pájecí kontakty a využívat je tak současně k upevnění součástky v přístroji. Mohlo by dojít k jejich vylomení



### **Rozmíst'ování součástek v přístrojích**

je nutno provádět velmi pečlivě s ohledem na tepelné mikroklíma. Je nutno uvážit přenos tepla ze součástek s vysokou provozní povrchovou teplotou, jako výkonové tranzistory, transformátory, cívký relé, výkonové odpory apod. Vhodným rozmístěním, účinným větráním se samovolnou nebo nucenou cirkulací vzduchu je třeba zajistit optimální provozní podmínky.

### **Odolnost součástek vůči klimatickým a mechanickým vlivům**

Jedním ze základních požadavků na vlastnosti součástek pro elektroniku je rovněž stabilita parametrů při působení klimatických vlivů, mráz, teplo, vysoká vlhkost vzduchu.

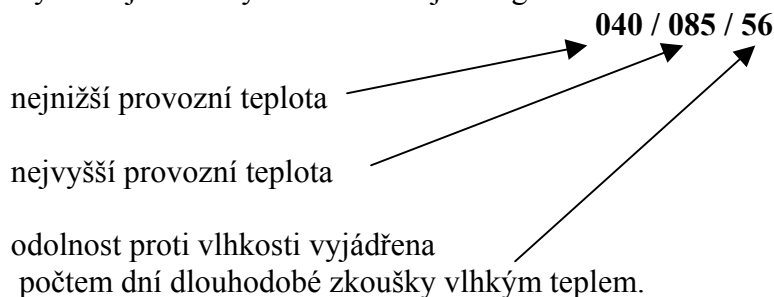
Aby bylo možno rozlišit vlastnosti součástek z těchto hledisek a podle toho rozhodnout, zda se určitý typ součástky hodí či nehodí pro daný obvod s přihlédnutím k podmínkám, ve kterých tento obvod bude pracovat, jsou stanoveny jednotné zkoušky, jimiž se odolnost součástek proti klimatickým vlivům ověřuje.

Tyto zkoušky jsou standardizovány a shrnuty v normě ČSN EN 60068-2 Základní zkoušky vlivu prostředí. Označování klimatické odolnosti a zkušební metody a postupy jsou shodné s mezinárodní normou IEC 60068

Provozní zkušenosti ukazují, že při správné volbě součástek nedochází v provozu k poruchám ani v prostředí se ztíženými klimatickými podmínkami.

Součástky se rozdělují do kategorií dle své klimatické odolnosti. Tato kategorie je vyjádřena skupinou tří čísel oddělených lomnou čarou. Uvádí se v technické dokumentaci každého typu součástky.

Význam jednotlivých čísel v údajích kategorie klimatické odolnosti



Provozní teplotou je zde míněna teplota prostředí, v němž součástka pracuje. Je tedy třeba zejména u nejvyšší provozní teploty vzít v úvahu i vnitřní oteplení prostoru zařízení, t.j. mikroklíma v bezprostředním okolí součástky.

Normalizované stupně odolnosti vůči vlhku a počtem dní zkoušky vlhkem 04, 10, 21, 56.

Všechny typy součástek, které vyrábíme, podléhají pravidelnému ověřování typovými a kontrolními zkouškami, jimiž se prokazuje, zda dosahují předepsaných vlastností. Rozsah a způsob provádění zkoušek je stanoven příslušnou kmenovou normou a parametry vlastních zkoušek citovanou normou ČSN EN 60068-2.

V Ostravě 1.9.2005

Ing. Karel Vyoral

Literatura:

- 1.Odpory a kondenzátory, provozní vlastnosti, TESLA Lanškroun, 1976
- 2.Film capacitors, Quality terms and definitions, Vishay Roederstein, rev. 05
- 3.Film capacitors, General information, Reliability, EVOX RIFA, 2005