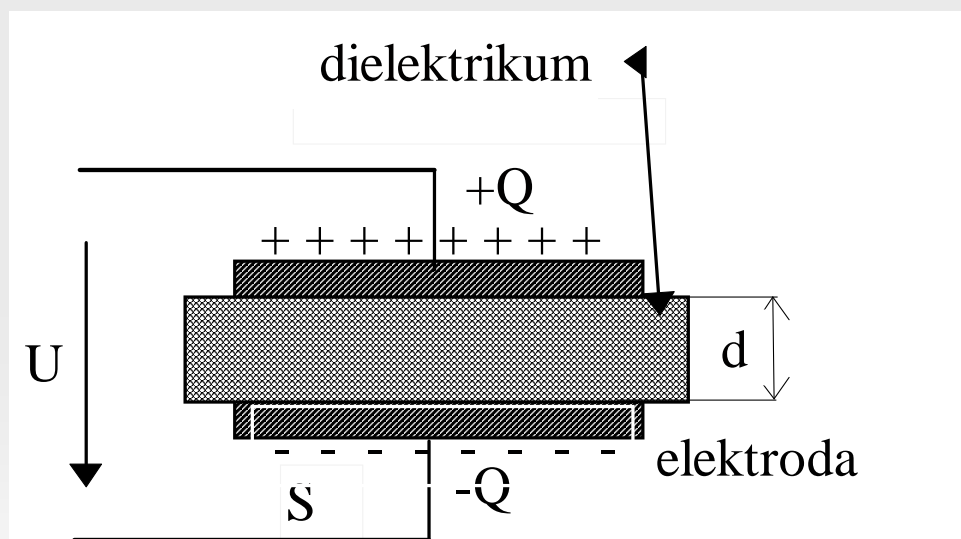


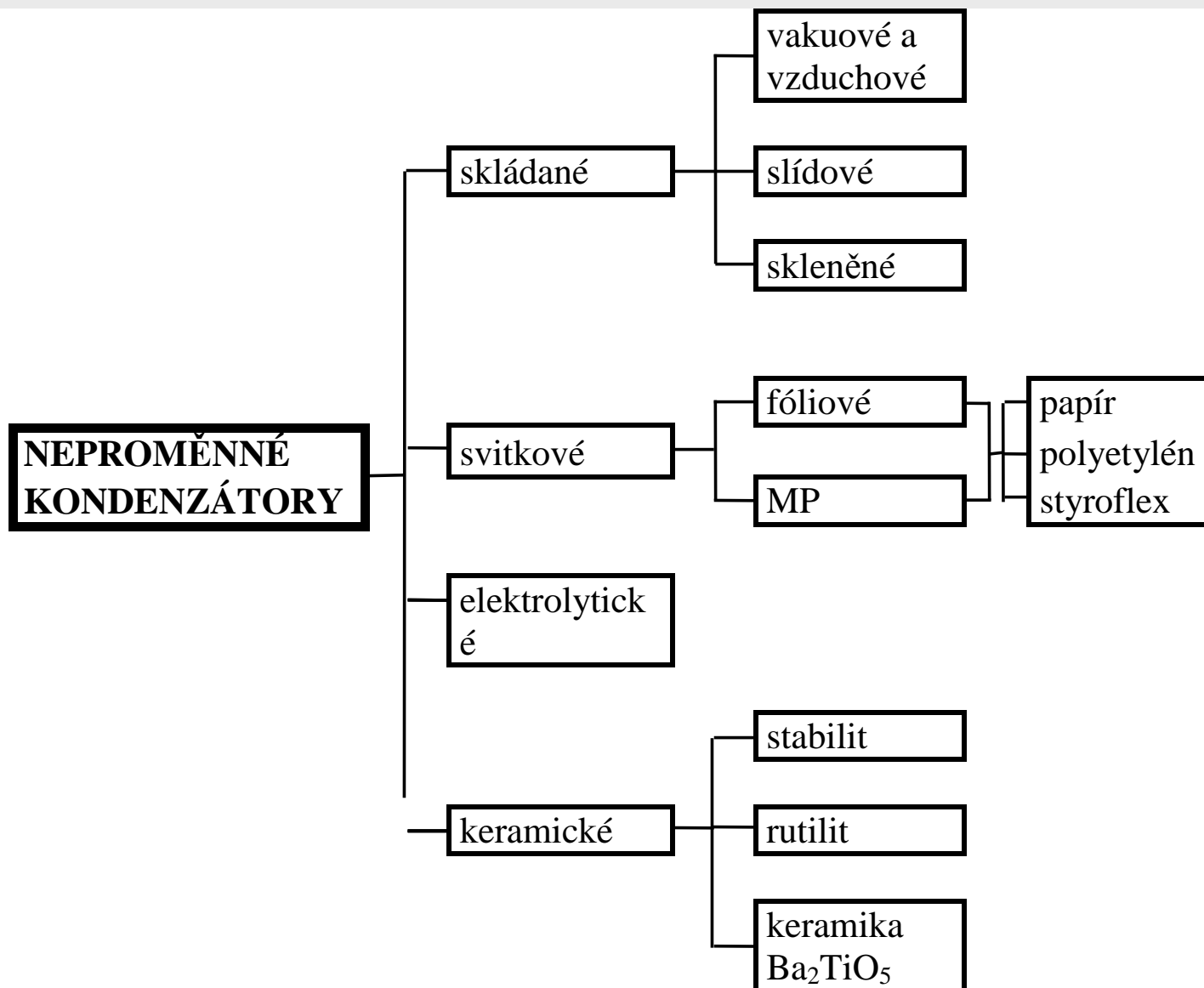
7. Kondenzátory

Kondenzátor (někdy nazývaný kapacitor) je součástka se zvýrazněnou funkční elektrickou **kapacitou**. Je vytvořen dvěma vodivými plochami - **elektrodami**, vzájemně oddělenými nevodivým **dielektrikem**.



Obr.2-11 Princip deskového kondenzátoru

Kondenzátory



7. Kondenzátory

Ideálním kondenzátorem má v ideálním případě protékat proud úměrný časové derivaci napětí na jeho svorkách, nezávisle na pracovních podmínkách a fyzikálních parametrech okolního prostředí.

V případě, že je ideální kondenzátor zapojen v obvodu střídavého proudu, je mezi jeho svorkovým napětím a protékajícím proudem fázový posun $\pi/2$, napětí je zpožděno za proudem.



Vlastnosti rezistoru lze popsat následujícími parametry :

- velikost kapacity (její jmenovitá hodnota a tolerance);
- teplotní závislost kapacity;
- napěťová závislost kapacity
- izolační odpor (zbytkový proud) kondenzátoru
- ztrátový činitel kondenzátoru
- kmitočtová závislost kapacity (impedance kondenzátoru)
- maximální provozní napětí kondenzátoru
- maximální provozní proud kondenzátorem
- maximální výkon kondenzátoru
- stárnutí kondenzátoru (časová změna parametru)

Základní pojmy

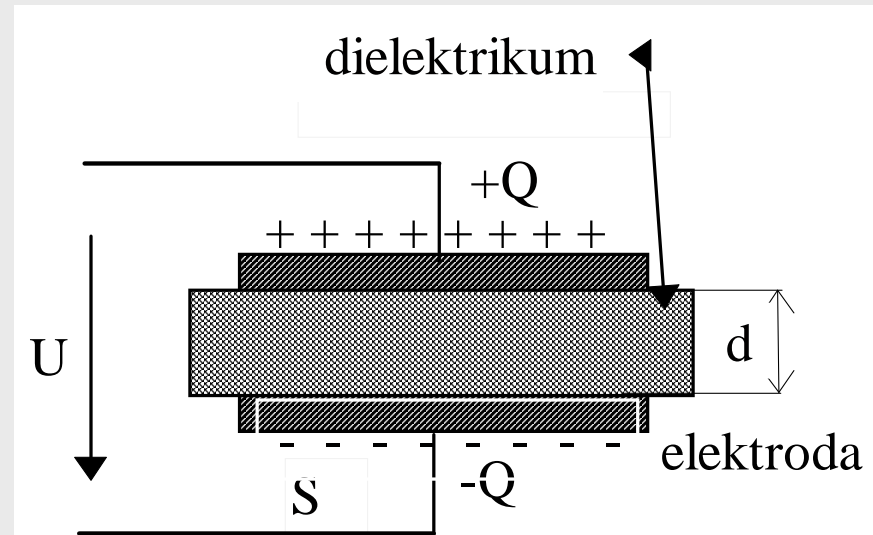
Schopnost kondenzátoru akumulovat elektrický náboj - **kapacita** je definována vztahem:

$$C = \frac{Q}{U} \quad [\text{F}; \text{C}, \text{V}]$$

Jednotkou kapacity je 1 Farad (F). Tato jednotka je značně veliká a v běžné elektro-technické praxi se používají jednotky menší: mF (milifarad) = 10^{-3} F, μF (mikrofarad) = 10^{-6} F, nF (nanofarad) = 10^{-9} F, pF (pikofarad) = 10^{-12} F.

Kapacitu deskového kondenzátoru určíme

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d} \quad [\text{F}; \text{F} / \text{m}, \text{m}^2, \text{m}]$$

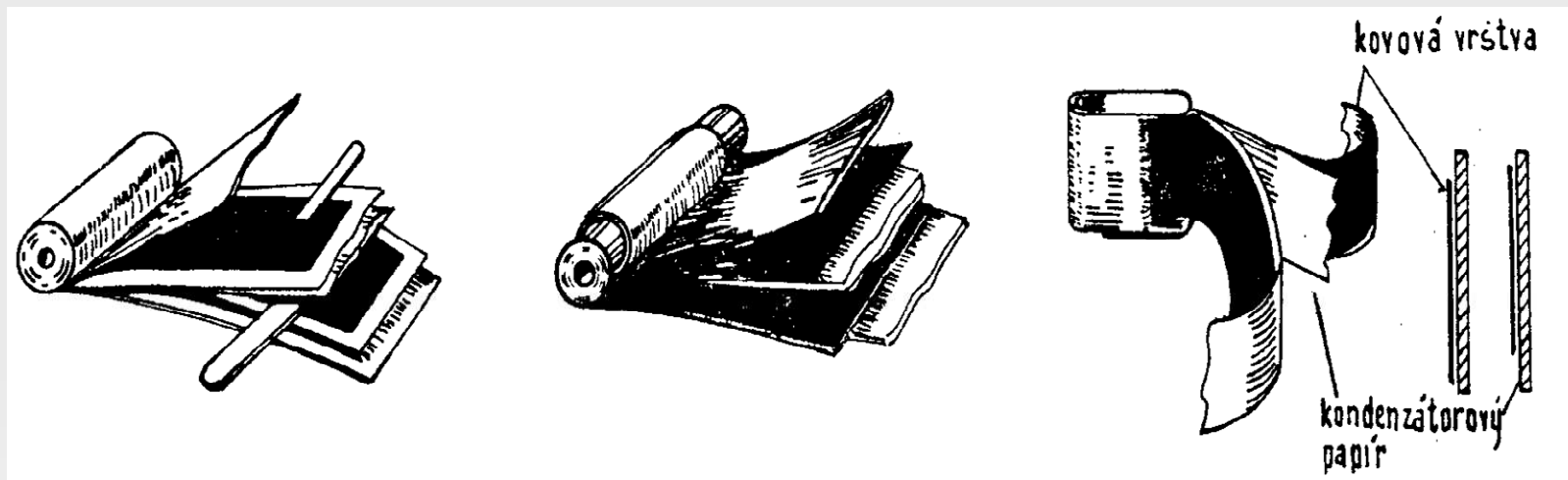


Obr.2-11 Princip deskového kondenzátoru

kde je ϵ_0 ... permitivita vakua ($\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$),
 ϵ_r ... relativní permitivita dielektrika,
 S ... plocha překrytí desek [m^2],
 d ... vzdálenost mezi deskami [m].

Požadujeme-li velkou hodnotou kapacity, nevystačíme zpravidla s jednoduchou konstrukcí **deskového kondenzátoru**.

Ohebná čili flexibilní dielektrika (papírové a termoplastové fólie) umožňují výrobu kondenzátorů **svitkových**,



zatímco v případě křehkých dielektrik (např. sklo, slída) je nutno vyrábět kondenzátory **skládané** (z paralelně spojených kondenzátorů s nižšími kapacitami).

Mezi základní parametry určující vlastnosti kondenzátorů patří:

Jmenovitá hodnota kapacity C_N [pF, nF, μ F, mF], je udávána výrobcem na tělese kondenzátoru zavedeným systémem značení číselným nebo barevným kódem. Hodnoty kapacit jsou vyráběny v geometrických řadách E6, E12, E24 obdobných jako u rezistorů.

Dovolená odchylka od jmenovité hodnoty bývá (20; 10; 5; 2; 1; 0,5)%.

Elektrická pevnost kondenzátoru je určena jmenovitým napětím U_N , což je přípustná hodnota trvale přiloženého stejnosměrného napětí. Výrobce přitom zkouší kondenzátory na vyšší, tzv. zkušební napětí a ověřuje průrazné napětí. Vzhledem ke správné činnosti musíme v daném obvodu zaručit, aby nebylo překročeno stanovené špičkové napětí.

Izolační odpor R_{iz} [$M\Omega$] je dán poměrem U_N / I_Z kde I_Z je izolační proud. R_{iz} je parametr uváděný převážně jen pro elektrolytické kondenzátory.

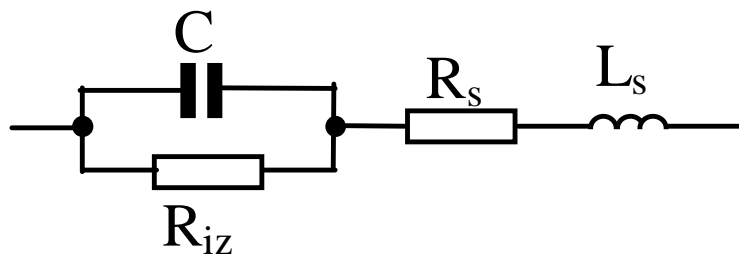
U kondenzátorů se dále udává řada provozních a mechanických vlastností,

např.

- *obor pracovních teplot [$^{\circ}C$],*
- *maximální přípustná relativní vlhkost [%],*
- *maximální tlak [MPa],*
- *činitel poruchovosti λ [%/1000 h],*
- *odolnost proti otřesům atd.*

Frekvenční vlastnosti a ztráty v kondenzátoru

a) úplné náhradní schéma



C - kapacita kondenzátoru

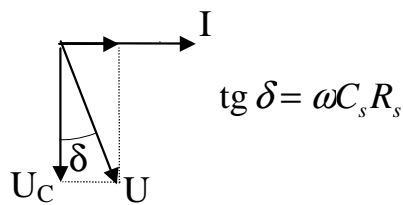
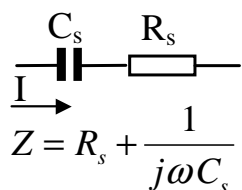
R_{iz} - izolační odpor

R_s - ztráty v dielektriku

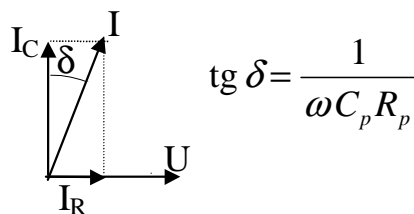
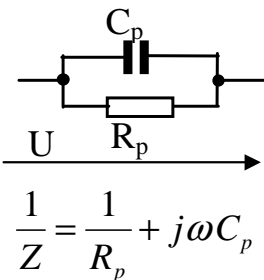
L_s - sériová indukčnost

Chování kondenzátoru v obvodech střídavého proudu a napětí je možno popsat **náhradním schematem**, které obsahuje realizovanou kapacitu C , izolační odpor dielektrika a tedy ztráty způsobené vodivostní složkou proudu vyjádřené celkovým odporem R_{iz} , ztráty polarizací dielektrika závislé na frekvenci a vyjádřené sériovým odporem R_s a indukčnost přívodů a elektrod vyjádřenou sériovou indukčností L_s .

b) sériové



c) paralelní



V ideálním kondenzátoru protékající proud předbíhá vůči přiloženému AC napětí o $\pi/2$, u reálných kondenzátorů se tento úhel zmenší vlivem činné složky na odporu **R_s** nebo **R_p** o tzv. ztrátový úhel δ .

Ztráty v reálném kondenzátoru vyjadřujeme tzv. **ztrátovým činitelem** $\text{tg } \delta$. U kvalitních kondenzátorů nabývá hodnot řádu 10^{-4} , u méně kvalitních může být až 10^{-2} , u velkokapacitních až 10^{-1} . Ztrátový činitel závisí na teplotě a kmitočtu, případně i na napětí.

Někdy se též udává **činitel jakosti (kvality)** $Q = \frac{1}{\text{tg } \delta}$.

Teplotní součinitel kapacity TKC vyjadřuje relativní změnu kapacity při změně teploty o 1 °C. Je definován obdobně jako u rezistorů:

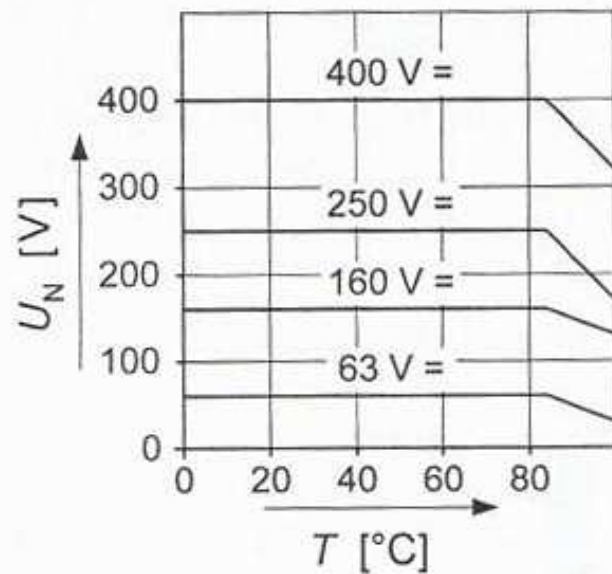
$$TKC = \frac{1}{C} \cdot \frac{\Delta C}{\Delta \vartheta} \cdot 100 \quad [%.^{\circ}\text{C}^{-1}].$$

Teplotní součinitel tg δ vyjadřuje relativní změnu ztrátového činitele při změně teploty o 1 °C

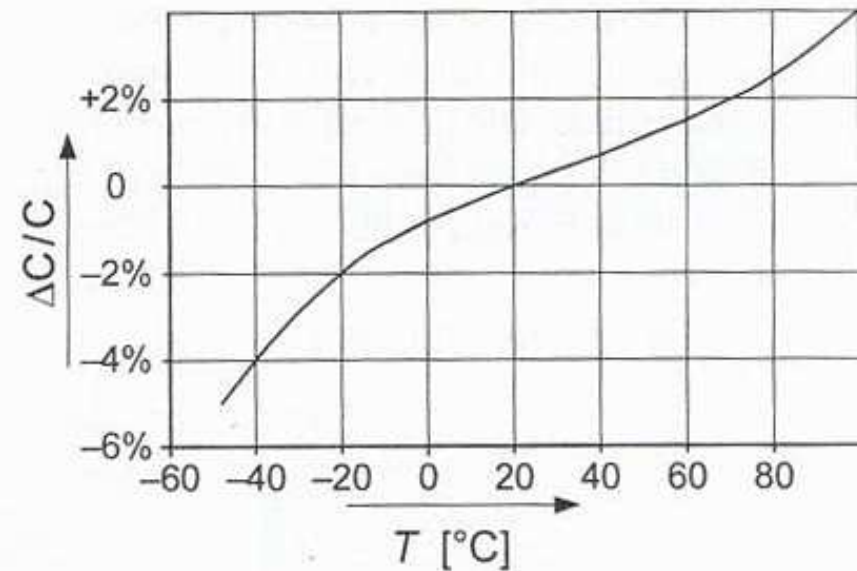
$$TKtg\delta = \frac{1}{tg\delta} \cdot \frac{\Delta tg\delta}{\Delta \vartheta} \cdot 100 \quad [%.^{\circ}\text{C}^{-1}]$$

Příklad charakteristik polyetylentereftalátového kondenzátoru

ZÁVISLOST JMENOVITÉHO
NAPĚTÍ NA TEPLOTĚ

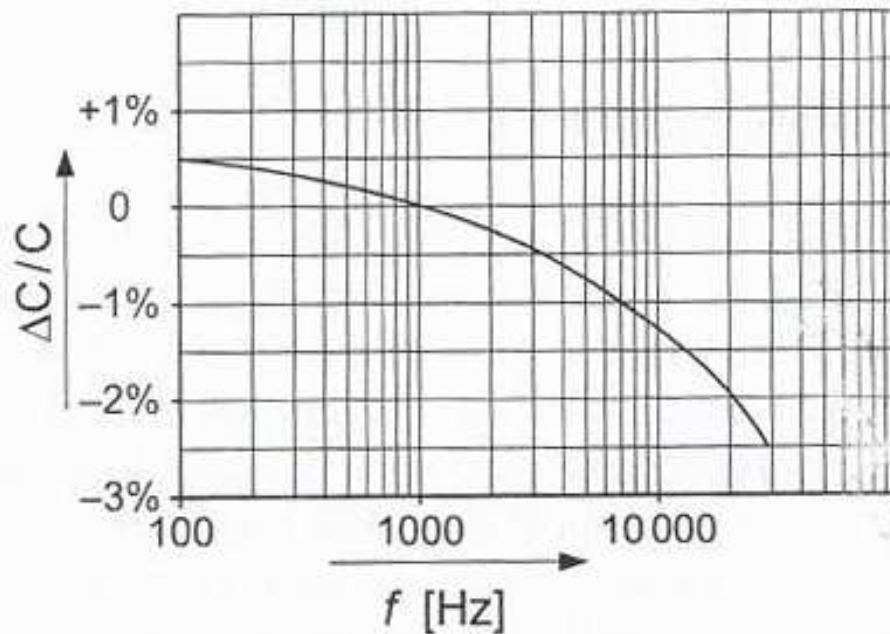


ZÁVISLOST ZMĚNY KAPACITY
KONDENZÁTORU NA TEPLOTĚ

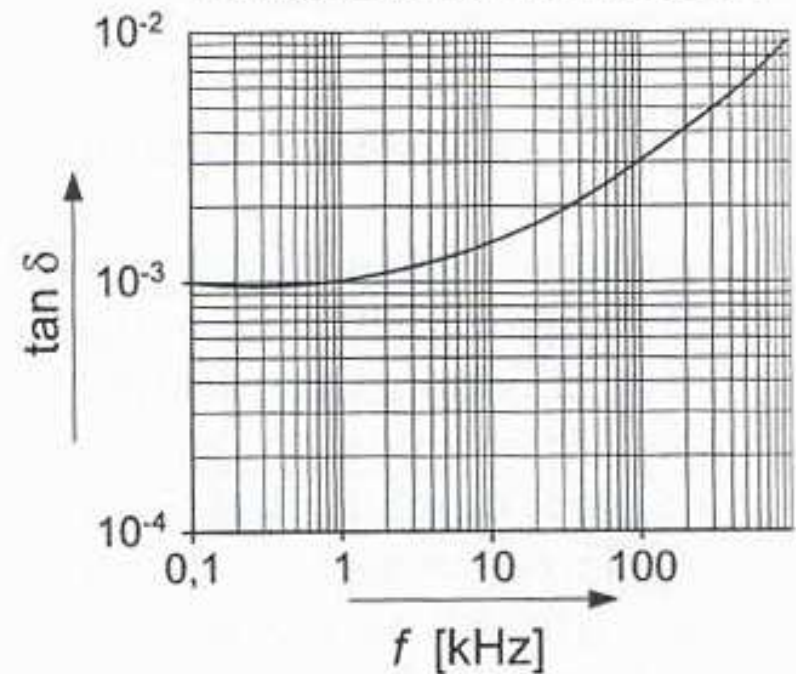


Příklad charakteristik polyetylentereftalátového kondenzátoru

ZÁVISLOST ZMĚNY KAPACITY
KONDENZÁTORU NA KMITOČTU



ZÁVISLOST ZTRÁTOVÉHO
ČINITELE NA KMITOČTU

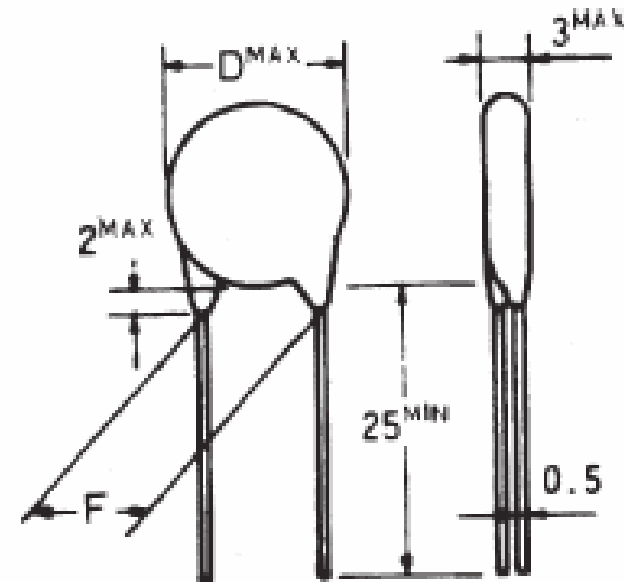


Př. Kondenzátoru z katalogového listu

Keramické kondenzátory

Technické údaje:

Pracovní teplota: -25 až +85 °C
Skladovací teplota: -40 až +85 °C
Pracovní napětí: 50 V
Balení: 2000 ks
Min. odběr z velkoobchodu 50 ks

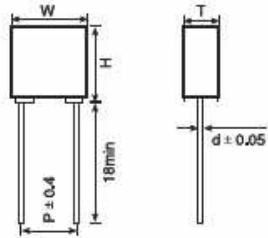


Keramické kondenzátory 50 V

BAB

Typ	Sklad. číslo	MC	Dielektr.	Tolerance	Dmax	F (± 1)
CKS 1P0/50V	120-119	1,50	NPO	$\pm 0,5$ pF	5 mm	5 mm
CKS 1P2/50V	120-120	1.50	NPO	± 0.5 pF	5 mm	5 mm

■ Outline Drawing



■ Features

- High dv/dt ability and small size due to stacked construction

■ Specifications

Reference Standard	GB7332 (IEC 60384-2)		
Climatic Category	55/100/56		
Rated Temperature	85°C		
Operating Temperature Range	-55°C~105°C (+85°C to +105°C: decreasing factor 1.25% per °C for V _R (DC))		
Rated Voltage	50/63V, 100V, 250V, 400V, 500V, 630V		
Capacitance Range	0.0010 μF~1.5 μF		
Capacitance Tolerance	±5%(J), ±10%(K), ±20%(M)		
Voltage Proof	I: 1.6U _R (5s) II: 1.4U _R (5s)		
Dissipation Factor	Frequency	C _R < 0.1 μF	C _R > 0.1 μF
	1kHz	< 1.0%	< 1.0%
	10kHz	< 1.5%	< 1.5%
	100kHz	< 3.0%	—
Insulation Resistance	U _R >100V	> 30 000MΩ, C _R < 0.33μF (20°C, 100V, 1min)	
	U _R <100V	> 15 000MΩ, C _R < 0.33μF > 5 000s, C _R > 0.33μF (20°C, 10V, 1min)	
Maximum Pulse Rise Time (dv/dt): If the working voltage (U) is lower than the rated voltage (U _R), the capacitor can be worked at a higher dv/dt. In this case, the maximum allowed dv/dt is obtained by multiplying the right value with U _R /U.	U _R (V)	dv/dt(V/μs)	
	50/63	250	
	100	300	
	250	400	
	400	600	
	500	700	
630	800		

■ Dimensions (mm)

(Capacitor Thickness)T	< 3.5	> 3.5
(Lead Wire Dia) d ± 0.05	0.5	0.6
(Dimension Tolerance: W,H,T)	± 0.2	± 0.4

Pattern I

Capacity (μF)	50/63VDC			100VDC			250VDC			400VDC			500VDC			630VDC		
	W	H	T	W	H	T	W	H	T	W	H	T	W	H	T	W	H	T
0.0010	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5
0.0012	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5
0.0015	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5
0.0018	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5
0.0022	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5
0.0027	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5
0.0033	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	7.5	3.5
0.0039	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	7.5	3.5
0.0047	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5
0.0056	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5
0.0068	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5	7.2	9.5	4.5
0.0082	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5	7.2	9.5	4.5
0.010	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5	7.2	10.0	5.0
0.012	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0
0.015	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0
0.018	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0			
0.022	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0			
0.027	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0			
0.033	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	11.0	6.0						
0.039	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	11.0	6.0						
0.047	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0						
0.056	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5									
0.068	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5									
0.082	7.2	6.5	2.5	7.2	6.5	2.5	7.2	10.0	5.0									
0.10	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	7.2	10.0	5.0									
0.12	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0									
0.15	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0									
0.18	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5												
0.22	7.2	7.5	3.5	7.2	10.0	5.0												
0.27	7.2	9.5	4.5	7.2	10.0	5.0												
0.33	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0												
0.39	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0												
0.47	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0												
0.56	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0												
0.68	7.2	11.0	6.0															
0.82	7.2	11.0	6.0															
1.0	7.2	11.0	6.0															

Pattern II

Capacity (μF)	50/63VDC			100VDC			Capacity (μF)	50/63VDC			100VDC		
	W	H	T	W	H	T		W	H	T	W	H	T
0.10				7.2	6.5	2.5	0.39	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5
0.12				7.2	6.5	2.5	0.47	7.2	7.5	3.5	7.2	10.0	5.0
0.15	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	0.56	7.2	9.5	4.5	7.2	10.0	5.0
0.18	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	0.68	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0
0.22	7.2	6.5	2.5	7.2	7.5	3.5	0.82	7.2	9.5	4.5	7.2	11.0	6.0
0.27	7.2	6.5	2.5	7.2	9.5	4.5	1.0	7.2	10.0	5.0	7.2	11.0	6.0
0.33	7.2	7.5	3.5	7.2	9.5	4.5	1.5	7.2	11.0	6.0			

■ Features

- High dv/dt ability and small size due to stacked construction

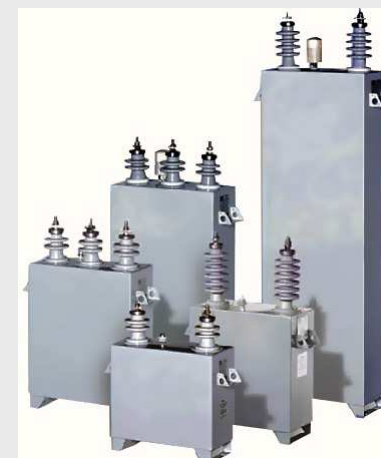
■ Specifications

Reference Standard	GB7332 (IEC 60384-2)		
Climatic Category	55/100/56		
Rated Temperature	85℃		
Operating Temperature Range	-55℃~105℃ (+85℃ to +105℃: decreasing factor 1.25% per ℃ for V_R (DC))		
Rated Voltage	50/63V、100V、250V、400V、500V、630V		
Capacitance Range	0.0010 μ F~1.5 μ F		
Capacitance Tolerance	\pm 5%(J), \pm 10%(K), \pm 20%(M)		
Voltage Proof	I: 1.6 U_R (5s) II: 1.4 U_R (5s)		
Dissipation Factor	Frequency	$C_R < 0.1 \mu$ F	$C_R > 0.1 \mu$ F
	1kHz	< 1.0%	< 1.0%
	10kHz	< 1.5%	< 1.5%
	100kHz	< 3.0%	—
Insulation Resistance	$U_R > 100V$	> 30 000M Ω , $C_R < 0.33\mu$ F (20℃, 100V, 1min)	
	$U_R < 100V$	> 15 000M Ω , $C_R < 0.33\mu$ F > 5 000s, $C_R > 0.33\mu$ F (20℃, 10V, 1min)	
Maximum Pulse Rise Time (dv/dt): If the working voltage (U) is lower than the rated voltage (U_R),the capacitor can be worked at a higher dv/dt.In this case, the maximum allowed dv/dt is obtain by multiplying the right value with U_R/U .	U_R (V)	dv/dt(V/ μ s)	
	50/63	250	
	100	300	
	250	400	
	400	600	
	500	700	
	630	800	

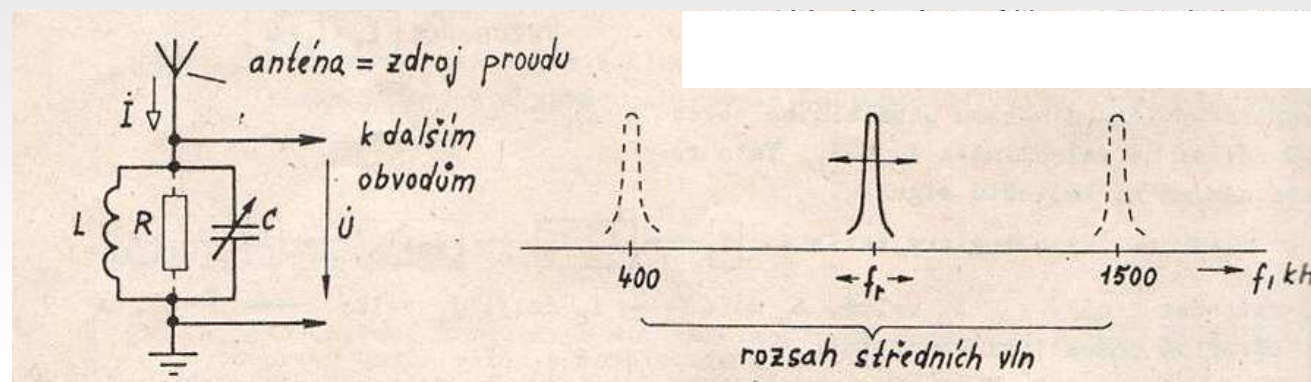
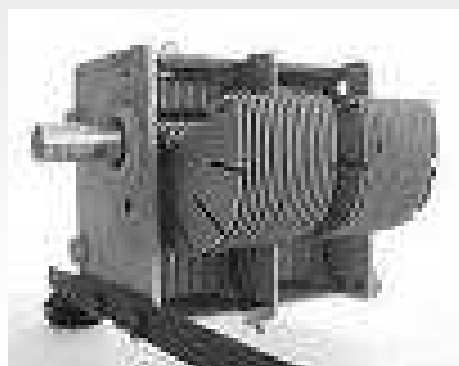
7. Kondenzátory

Podle provedení rozlišujeme kondenzátory:

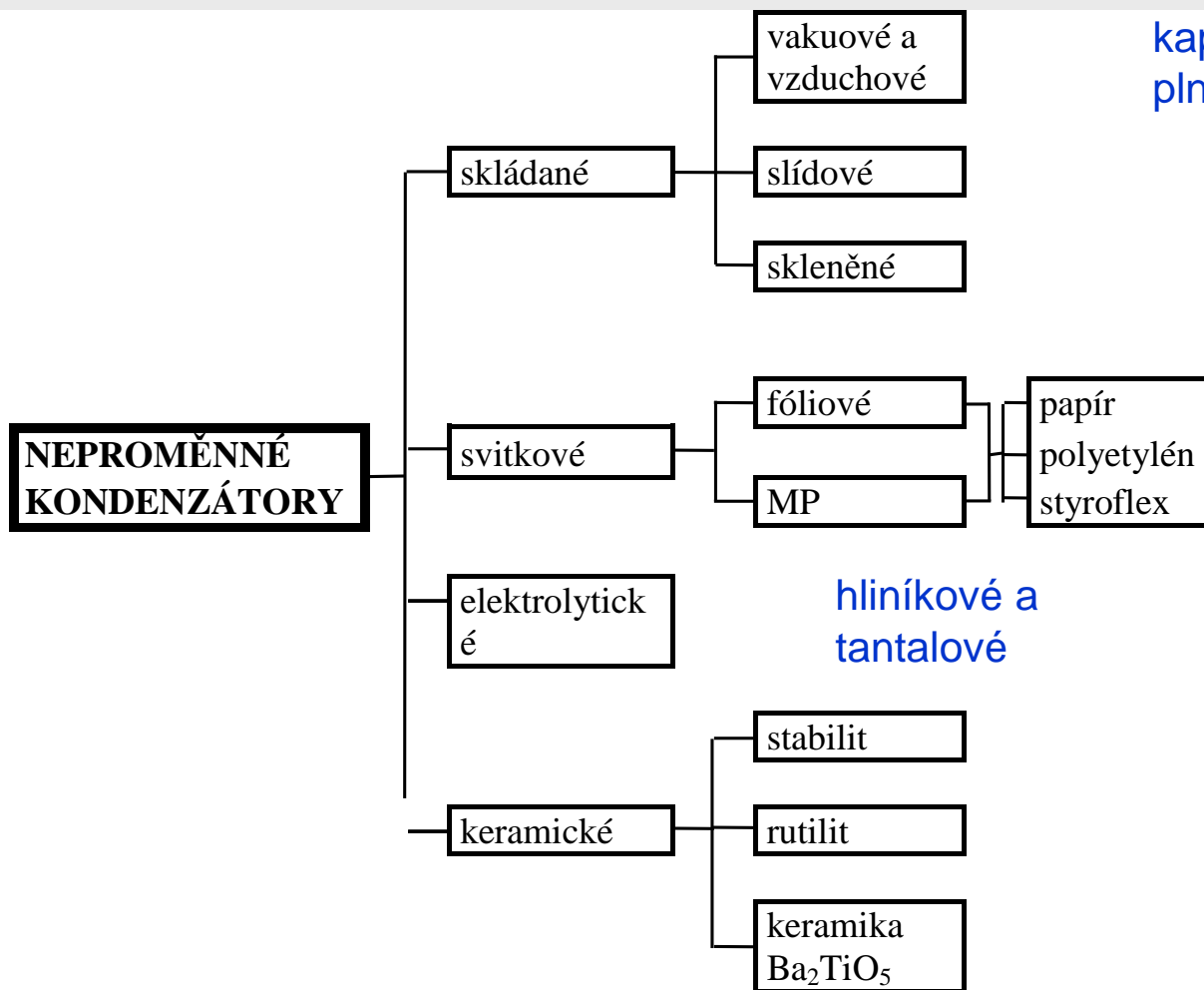
- pevné (s neproměnnou kapacitou)



- a s proměnnou kapacitou (ladicí a doladovací)



Kondenzátory pro použití jako elektronické součástky jsou vyráběny v mnoha druzích



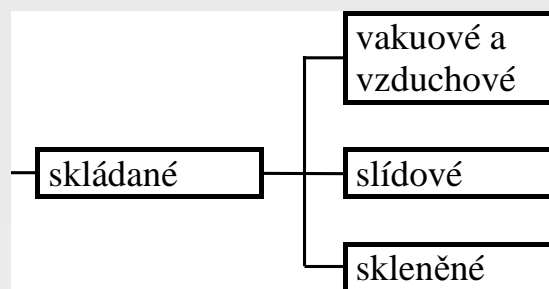
kapacity např. vakuové, olejové, plněné stlačeným plynem)

s dielektrikem z plastových fólií, papírové, zvláštní

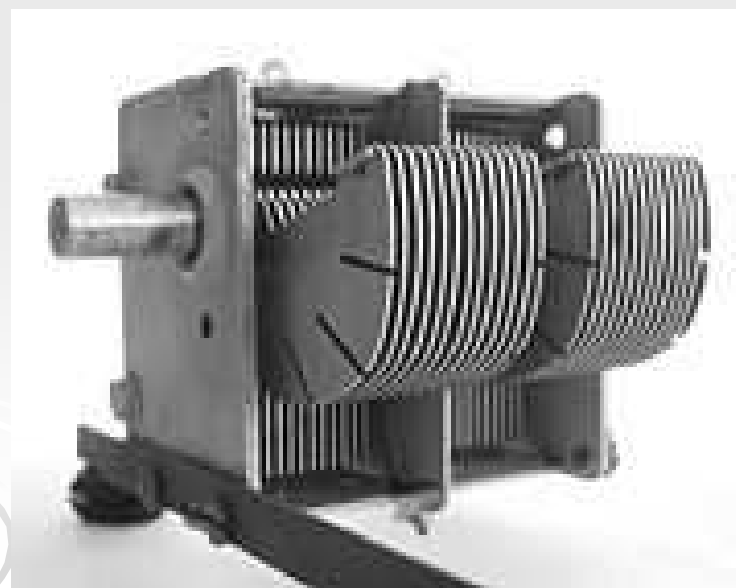
hliníkové a tantalové

Kondenzátory VZDUCHOVÉ pro použití příliš malá kapacita, dnes se již nepoužívají,

Je nejstarší typ proměnného kondenzátoru. Má dvě hlavní součásti: *rotor* a *stator*. Na rotoru i statoru jsou umístěny desky které se otáčením zasouvají a vysouvají do sebe. Tím se mění aktivní **S** desek a současně i **C**. Jako dielektrikum je použit vzduch, někdy můžeme najít i polystyren, olej nebo jiné látky.



kapacitory např. vakuové, olejové, plněné stlačeným plynem)



např. vakuové se používají pro vysoká napětí

Slídivé kondenzátory mají velmi dobré vlastnosti, malé ztráty, časovou i teplotní stabilitu, nelze je tvarovat (jsou příliš velké)

MICA 22P/500V
GES 054 139 78
Slídivý kondenzátor
22pF/500V, +/-5%

MICA 33P/500V
GES 054 139 79
Slídivý kondenzátor
33pF/500V, +/-5%

MICA 47P/500V
GES 054 139 80
Slídivý kondenzátor
47pF/500V, +/-5%

MICA 150P/500V
GES 054 139 85
Slídivý kondenzátor
150pF/500V, +/-5%

MICA 220P/500V
GES 054 139 86
Slídivý kondenzátor
220pF/500V, +/-5%

MICA 250P/500V
GES 054 139 86
Slídivý kondenzátor
250pF/500V, +/-5%

Vložit do koše
1 kus

MC/kus: 6,80 Kč až 8,50 Kč

Dostupnost: nepotvrzeno, na vyžádání

Vložit do koše
1 kus

MC/kus: 7,76 Kč až 9,70 Kč

Dostupnost: nepotvrzeno, na vyžádání

Vložit do koše
1 kus

MC/kus: 10,60 Kč až 13,20 Kč

Dostupnost: nepotvrzeno, na vyžádání

Vložit do koše
1 kus

MC/kus: 10,90 Kč až 13,60 Kč

Dostupnost: nepotvrzeno, na vyžádání

Strana: 1 2

a jsou vhodné pro **vf techniku**, kde vystačíme s kapacitami

$(10^0 - 10^4)$ pF.

Mají malé ztráty ($tg \delta = 4 \cdot 10^{-4}$ až $3,5 \cdot 10^{-3}$) a **velký izolační odpor**.

Parametry málo závisí na frekvenci !!!

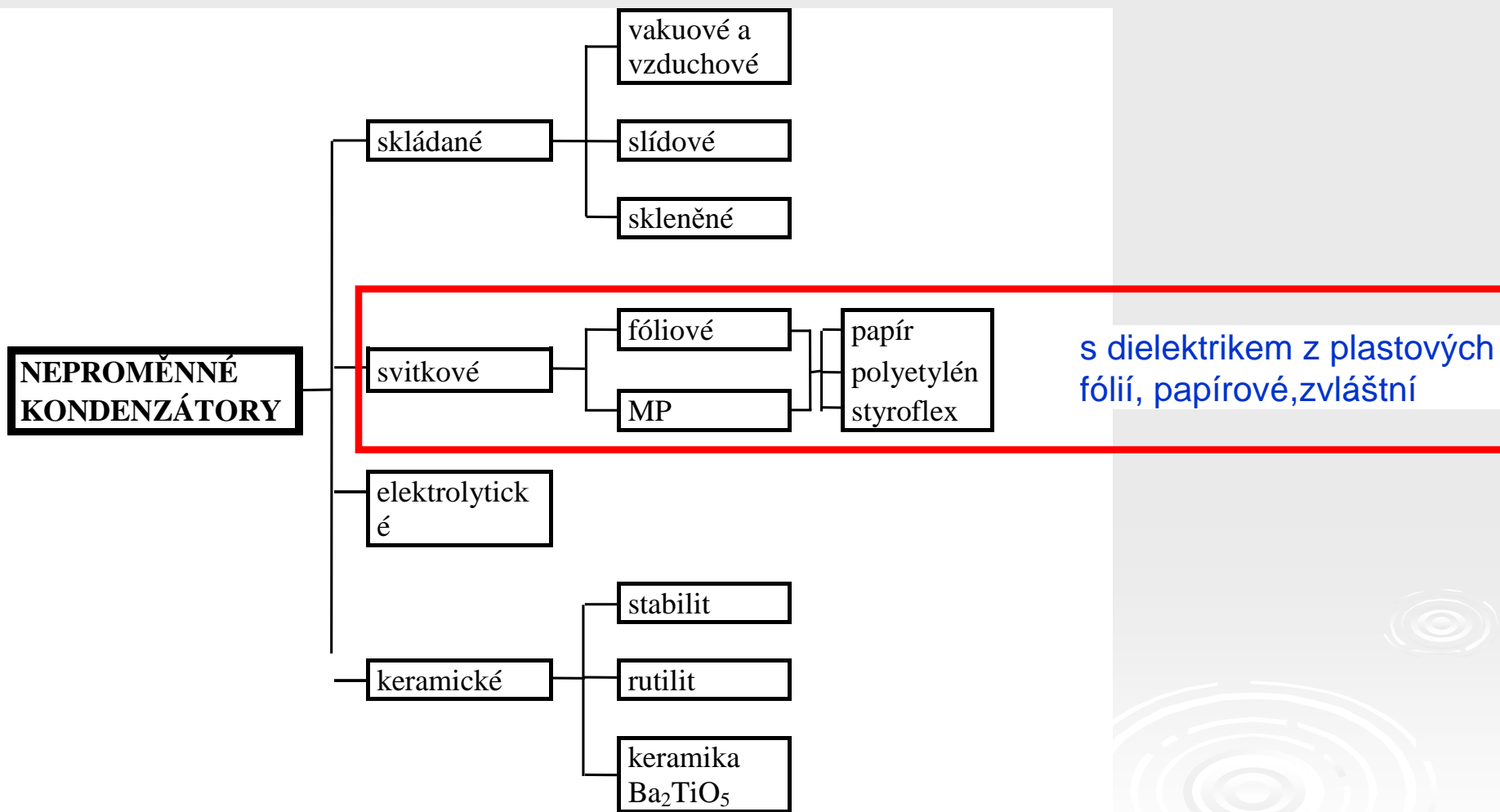
Slídivé kondenzátory jsou sestaveny z jedné nebo více postříbřených jakostních slídivých destiček. Elektrody jsou napařeny na tenké destičky z jakostní slídy (výborné dielektrikum), spojeny paralelně pro požadovanou kapacitu.

Někdy jsou vyráběny s odkrytou napařenou vrstvou stříbrné elektrody, jejímž částečným odškrabáním lze přesně dostavit požadovanou kapacitu (C_N se snižuje), většinou jsou však zalisovány v pouzdru z nízko-ztrátové plastické hmoty.

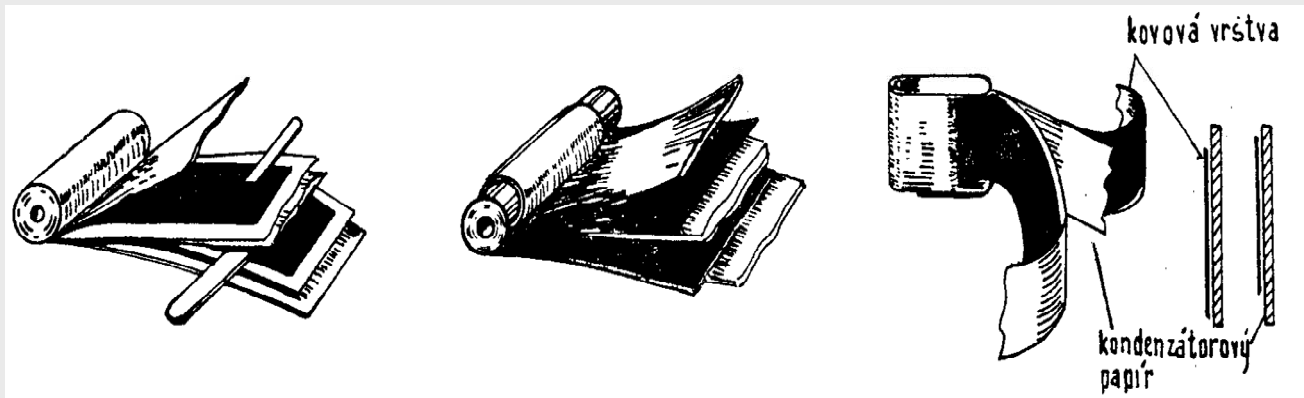


Pro zvláštní aplikace jsou použita kovová hermetizovaná pouzdra se skleněnými průchodkami.

Kondenzátory pro použití jako elektronické součástky jsou vyráběny v mnoha druzích



Svitkové mají malou odolnost vůči vysokému napětí, ,
vyrábějí se do 1uF



Svitkový (papír)
odrušovací

Jsou tvořeny dlouhými pásy fólie dielektrika s proloženými kovovými fóliemi nebo napařenými kovovými vrstvami svinutými zpravidla do tvaru válečku. Kapacita a další vlastnosti jsou pak dány celkovou aktivní plochou kovových elektrod a vlastnostmi dielektrika. Vyrábějí se v rozsahu kapacit (10^2 až 10^6) pF a **vyznačují se obecně velkou vlastní indukčností!!!**

Svitkové s papírovým dielektrikem jsou

tvořeny dvěma hliníkovými fóliemi, oddělenými speciálním kondenzátorovým papírem

Svitkové kondenzátory **PAPÍROVÉ** mají dielektrikum z kvalitního impregnovaného papíru. Elektrody tvoří hliníková folie s vývody a jsou svinuty do válce. ,

Dále, tzv. **METALIZOVANÉ** (MP - Metalizovaný Papír), kde je hliník nahrazen pokovením folie z obou stran, Je tedy dosaženo vyšší měrné kapacity napařením tenké vrstvy nízkotavného kovu (např. Zn-Ag, 340 °C) na základní fólii z kondenzátorového papíru. Sníží se tím podstatně rozměry, hmotnost i výrobní cena kondenzátoru. Přitom se dosáhne též jistých regeneračních schopností kondenzátoru při průrazu papírové folie. Vyznačují se větší odolností proti průrazu napěťovými špičkami.

Svitkové s plastickou fólií místo

kondenzátorového papíru používají tenkou izolační fólii z nepolárních nebo slabě polárních termoplastů (polyester, polystyren, terylén, teflon apod.). Vyznačují se velkou elektrickou pevností, malým ztrátovým činitelem, velkým izolačním odporem, nestálou kapacitou vzhledem k teplotě

Polystyrénové kondenzátory jsou vhodné pro měřicí techniku a vf techniku, zvláště v tzv. bezindukční úpravě Vzhledem k mikroskopickým trhlinkám fólie nejsou vhodné pro impulsní obvody.

Mají záporný **TKC** $(-75 \text{ až } 150) \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, ztrátový činitel **tg** $\delta = (5 \cdot 10^{-4} \text{ až } 1 \cdot 10^{-3})$ v rozsahu **f** = 10^2 až 10^6 Hz, mají velký izolační odpor **R_{iz}**. Nevýhodou je malá teplotní odolnost (do 70 °C).



Polypropylenový svitkový
vf. technika, odrušovací



Foliový
akumulační

Svitkové s plastickou fólií

Terylénové kondenzátory nebo obdobné **polyesterové** mají vlastnosti obdobné papírovým kondenzátorům, vzhledem k dosažitelné kapacitě a $\text{tg } \delta < 1,5 \cdot 10^{-2}$. Mají velký izolační odpor **$R_{iz} > 10^{10} \Omega$** . Jejich výhodou je široký rozsah pracovních teplot (-75 až +150) °C.

Teflonové kondenzátory patří mezi méně používané součástky vzhledem ke značné ceně. Mají malou změnu **C** a **$\text{tg } \delta$** v širokém oboru pracovních teplot (-70 až +200) °C a v širokém oboru frekvencí řádově do 101 MHz. Jsou vhodné především pro vyšší výkony a pro im-pulsové obvody.

Výkonové kompenzační

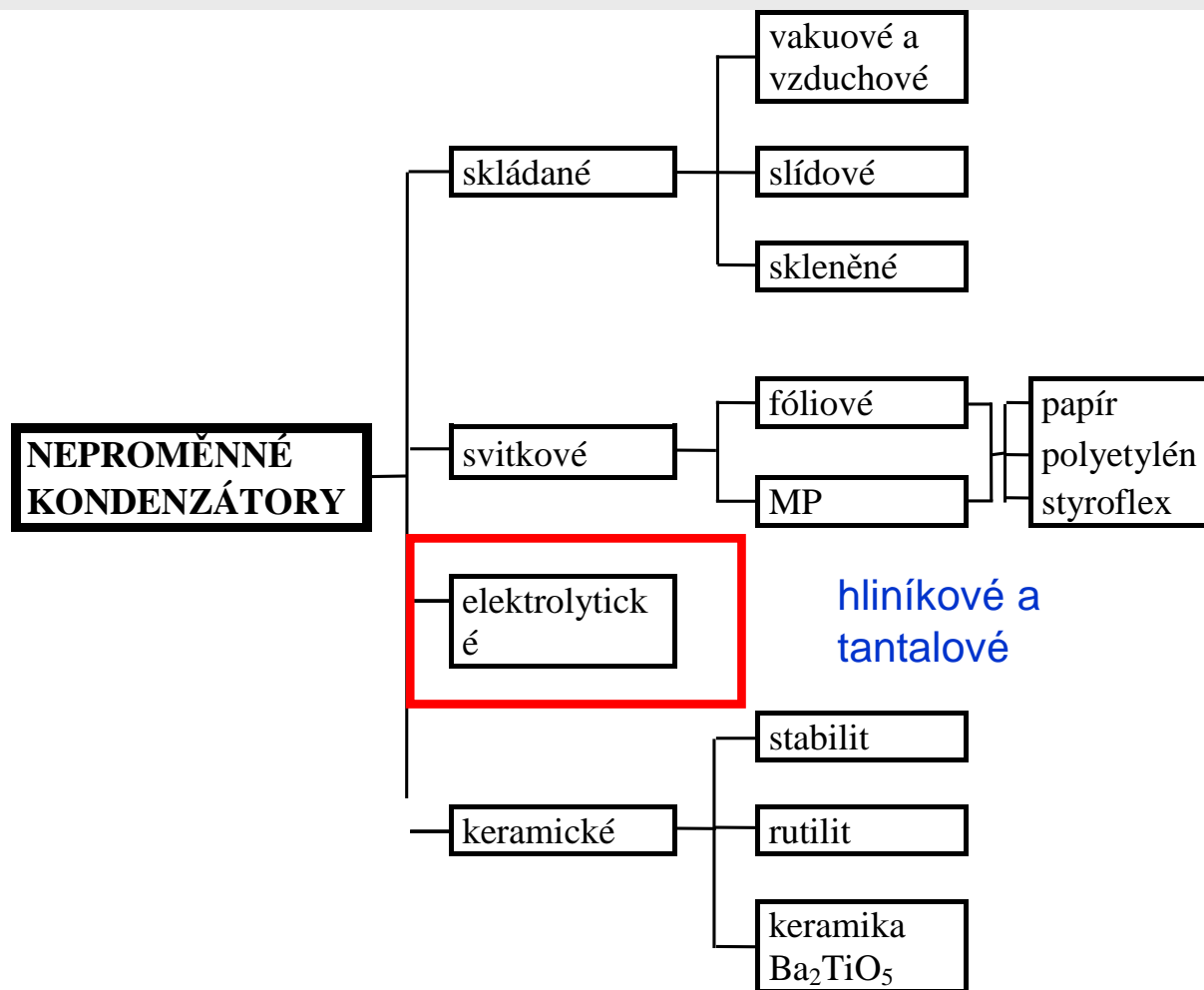
Polypropylenová folie zalitá v rostlinném oleji



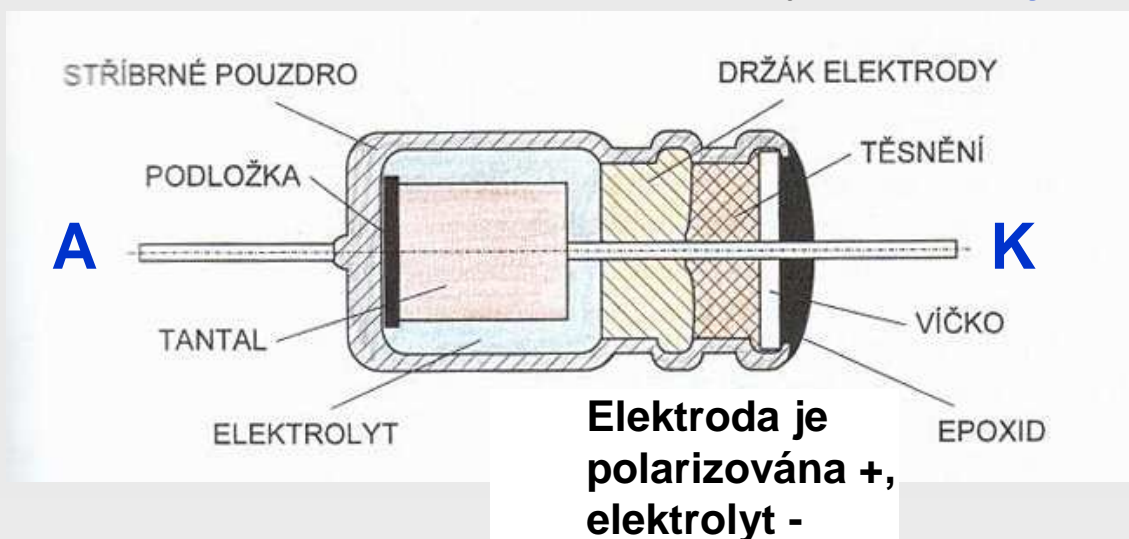
Vysokonapětové
metalizované polyesterové fólie



Kondenzátory pro použití jako elektronické součástky jsou vyráběny v mnoha druzích



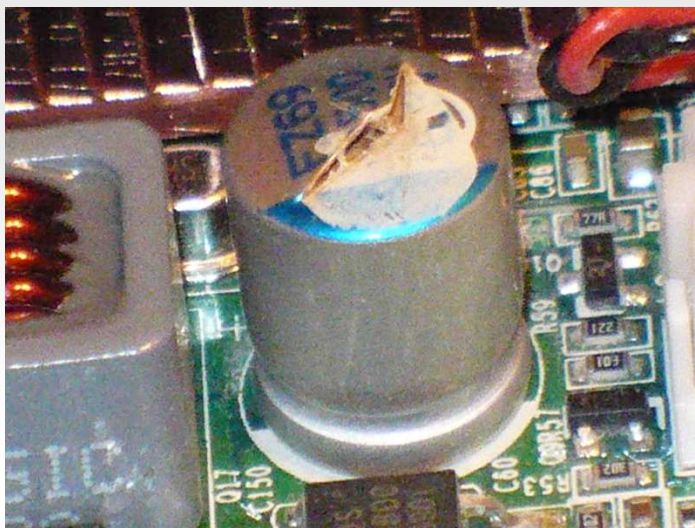
Elektrolytické kondenzátory od klasických kondenzátoru se liší elektrolytický, že jednu elektrodu (katodu) nevytvoří kovový polep, ale vodivý elektrolyt. Mají **dielektrikum** z velmi **tenké** kysličníkové vrstvy, vytvořené na povrchu hliníkové nebo tantalové elektrody - **anody**. **Proto velká kapacita!!!**



Katodu tvoří elektrolyt spolu s kovovým pouzdrém sloužícím jako vnější vývod. **Elektrolyt bývá ve formě pasty, kapalný nebo suchý.** Přívod k němu tvoří buď katodová fólie (u **hliníkových** kondenzátoru) nebo kovový obal či grafitový povlak u kondenzátoru **tantalových**.

Dielektrikum tvoří oxidová vrstva (Al_2O_3 pozn. není dokonalý izolant), která se vytvoří oxidací anodové elektrody působením elektrického proudu, je-li elektroda obklopena vhodným elektrolytem.

Při provozu musí být připojeno stejnosměrné polarizační napětí s kladným pólem na anodě, které doplňuje (formuje) kysličníkovou vrstvu. Při napětí opačné polarity klesá tloušťka kysličníkové vrstvy a roste její vodivost až do zničení kondenzátoru velkým proudem. Přepólování má za následek tak velký vývin plynu uvnitř, že může dojít k explozi.



Následky

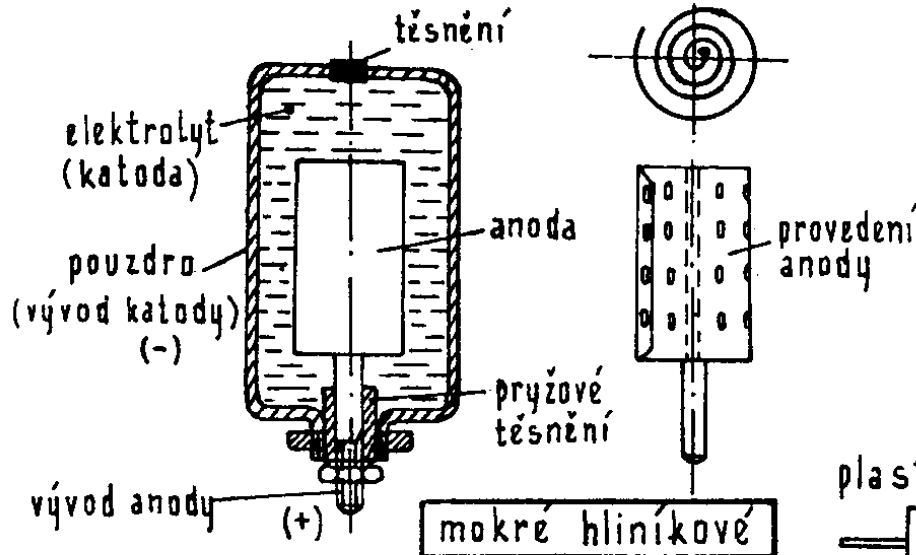




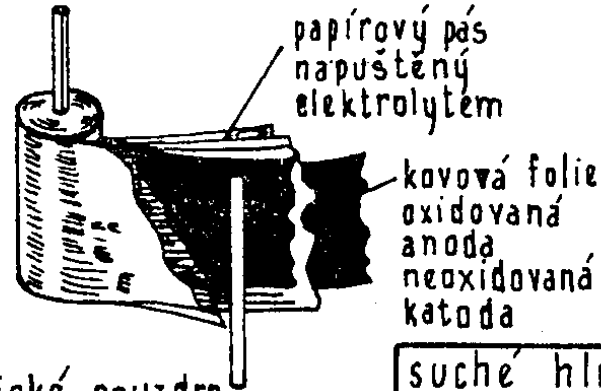
hliníkový



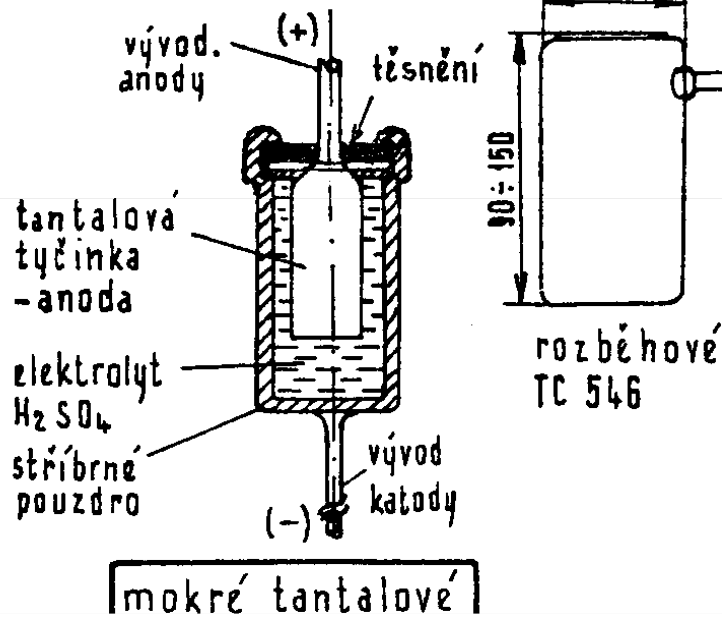
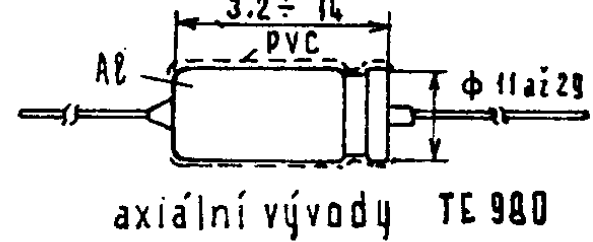
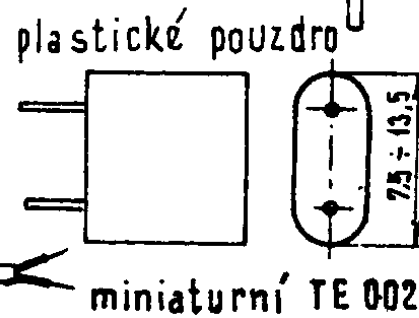
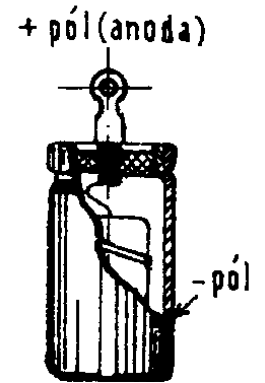
tantalový



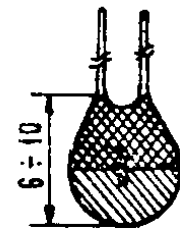
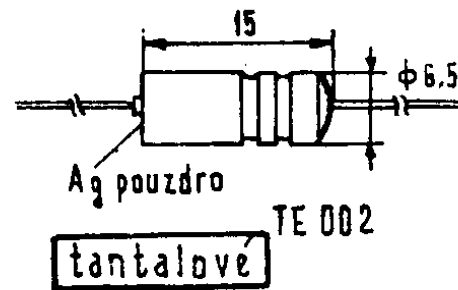
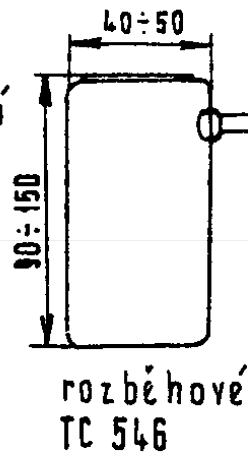
mokrý hliníkový



suché hliníkové



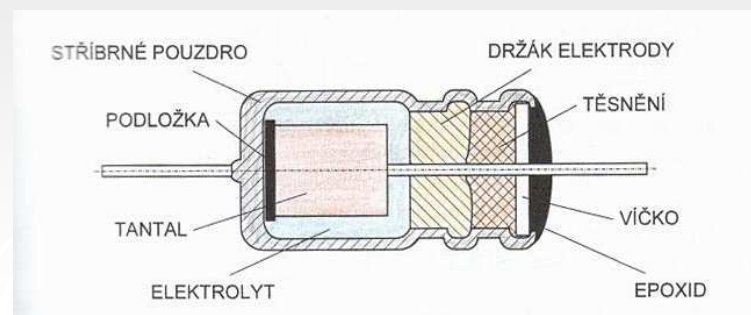
mokrý tantalový



Elektrolytické kondenzátory

Důležitým provozním parametrem elektrolytických kondenzátorů je tzv. **zbytkový proud**, který kondenzátorem protéká i při delším připojení na stejnosměrné napětí. Jeho hodnotu lze považovat za měřítko kvality kondenzátoru.

Průchod zbytkového proudu je potřebný pro udržování a regeneraci dostatečné tloušťky dielektrické oxidové vrstvy. Pokud se delší dobou nepoužívají, je nutné je ***zformátovat*** opakovaným nabitím a vybitím. Při formátování se částečně obnoví rozpuštěná izolační vrstva.



Elektrolytické kondenzátory

Anodová elektroda je buď z hliníkové nebo tantalové fólie. Její povrch je před oxidací zvláštním postupem leptán, takže se dosahuje několikanásobného zvětšení povrchu.



Anodová a katodová fólie jsou od sebe odděleny speciálním papírem velké nasáklivosti, který slouží jako zásobník elektrolytu, a dále zabraňuje zkratu mezi anodou a katodou a zaručuje i nutnou napěťovou pevnost.

Důležitou funkcí elektrolytu je (kromě zabezpečení kontaktu s dielektrikem ze strany katody) také regenerace oxidové vrstvy (je zdrojem potřebného kyslíku).

Hliníkové elektrolytické kondenzátory

mají typicky velkou hodnotu měrné kapacity,
ale také velký **ztrátový činitel** a **teplotní závislost**

Pozn. C s teplotou vzrůstá, $\operatorname{tg} \delta$ klesá a s teplotou roste i hodnota zbytkového proudu I_z .

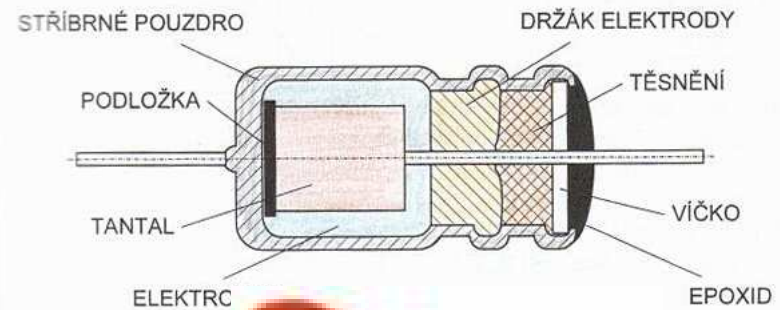
Hliníkové elektrolytické kondenzátory s anodou z **Al** o čistotě 99,99% a elektrolytem z roztoku **kyseliny borité** a **čpavku** s **přísadou mrazuvzdorného etylénglykolu**.

V suché formě je elektrolyt nasáklý do pórovitého papíru vloženého mezi oxidovanou fólii anody (oxidace značně zvyšuje aktivní plochu anody) a neoxidovanou fólii katody.

Měrná kapacita je nepřímo úměrná jmenovitému napětí (max. $10^2 \div 10^3$ V), $\operatorname{tg} \delta = (2 \div 10) \cdot 10^{-2}$. Jsou vhodné pro **filtraci v napájecích obvodech** a v **nf obvodech do 10^4 Hz**. Stárnutí se projevuje zejména růstem I_z .

Tantalové kond.

mají v porovnání s hliníkovými menší rozměry, menší ztráty při vyšších kmitočtech, lepší časovou i teplotní stabilitu kapacity; mají však nižší povolené napětí. Předností tantalových kondenzátorů je vyšší stabilita parametrů již od $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, možnost použití až do 10^2 kHz , jistou nevýhodou jsou nižší hodnoty provozních napětí (řádově 10^1 V).



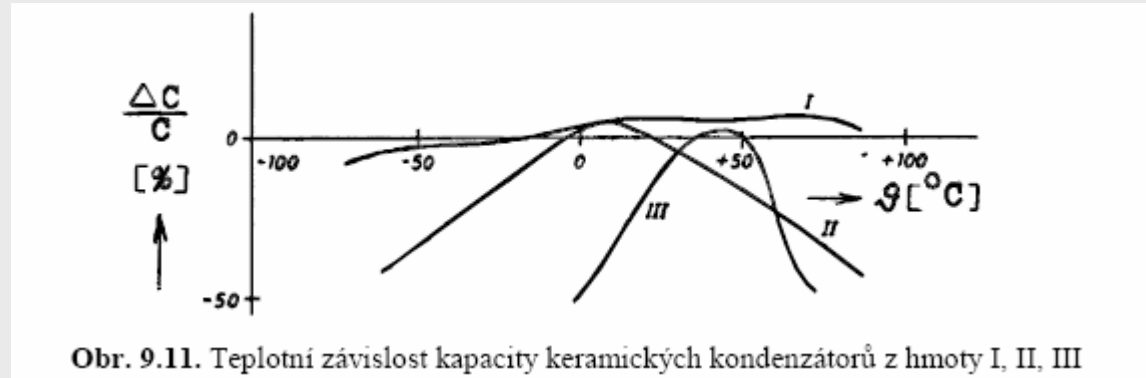
Tantalové elektrolytické kondenzátory jsou též vyráběny jako mokré a suché. Anodu mokrých kondenzátorů tvoří váleček ze sintrovaného (pro zvětšení aktivní plochy o 10÷50%) tantalu. Elektrolytem je kyselina sírová (H_2SO_4) ve stříbrném kalíšku, který tvoří katodu a současně plášť kondenzátoru.

U suchých kondenzátorů je tantalová anoda pokryta kyslíčnickem manganičitým (MnO_2), na něj je pak nanесena vrstva uhlíku a stříbra jako katoda. Celek je zalit do plastické hmoty.

Závěr k Elektrolytickým kondenzátorům

1. Většinou se přemostují keramickým kondenzátorem kvůli setrvačnosti elektrolytu, keramický sbírá napěťové špičky.
2. Málo přesné (+-20%), jen řada E6
3. Časem vysychají
4. Mají poměrně velkou kapacitu
5. Parazitní indukčnost velmi malá!!!!
6. Malý odpor R a tedy velký svodový proud (nežádoucí)
7. **Tantal** zlepší životnost
8. Je menší
9. Je choulostivý na špičky
10. Zlepší stabilitu

Keramické kondenzátory mají dielektrikum ze speciální keramiky s velkou permitivitou a malými dielektrickými ztrátami (obecně se označují jako hmota I, II a III).



Keramická hmota je ve tvaru fólií, destiček nebo trubiček. Na povrchu jsou napařeny elektrody, na které jsou připájeny vývody. Povrch je chráněn vrstvou tmelu.



keramický
vf. technika, odrušovací

Keramické kondenzátory se vyrábějí lisováním, sušením a vypálením předem připravených keramických směsí. Před finálním vypálením se na povrch dielektrika nanáší stříbrná vrstva elektrod.

Hotové kondenzátory mají parametry odpovídající vlastnostem použitého druhu keramiky a v podstatě je lze rozdělit do tří typů:

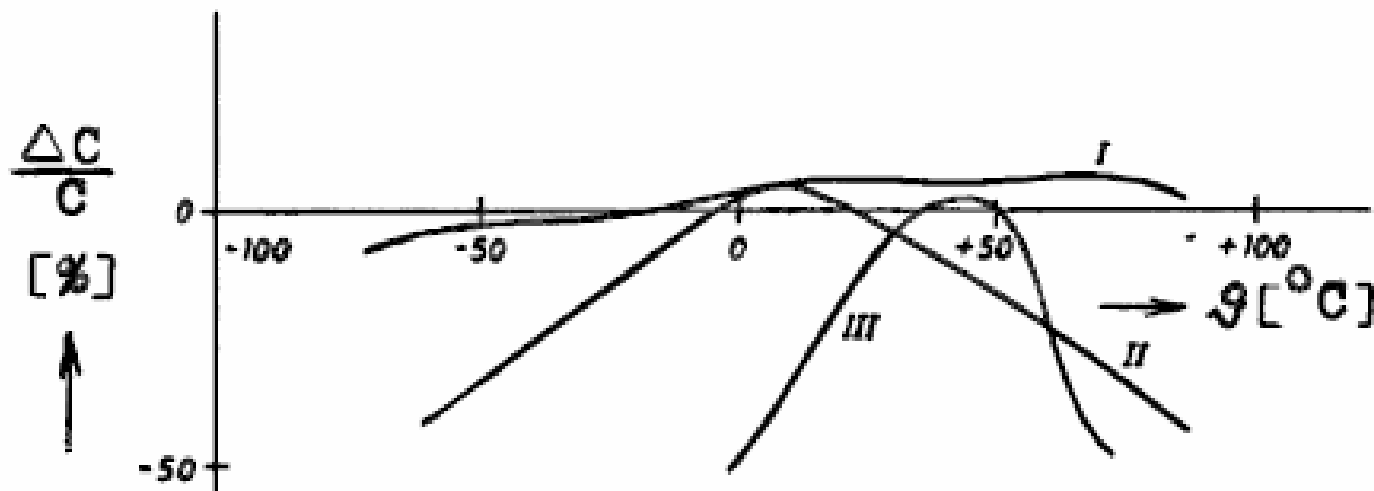
Kondenzátory typu I z hmot porcelánových a stealitových s malou permitivitou ($\epsilon_r=3\div 5$) nebo z hmot rutilových, jejichž základ tvoří kysličník titaničitý TiO_2 a které mají vysokou permitivitu ($\epsilon_r=80\div 140$). Tyto kondenzátory jsou stabilní s definovanou lineární teplotní závislostí kapacity, jsou vhodné pro **vf aplikace** a pro účely **teplotní kompenzace**. Obvyklé firemní označení takových kondenzátorů je **Stabilit**.

Kondenzátory typu II jsou vhodné jako vazební a blokovací. Jejich kapacita je značně teplotně závislá. Pro dosažení vysoké permitivity ($\epsilon_r \approx 10^3$) se u nich používá materiálů s feroelektrickými vlastnostmi, především na bázi titaničitanu barnatého BaTiO_3 , běžně označovaných jako **Permitit 2000 a 6000**.

Kondenzátory typu III mají velkou měrnou kapacitu danou použitím feroelektrické polovodičové keramiky. Dielektrikum je zde tvořeno strukturou polovodič - izolant. Obě fáze mají zpravidla velmi podobné chemické složení, bývají na bázi titaničitanu barnatého. Polovodičová zrna velikosti desítek μm jsou obalena, mechanicky spojena, avšak elektricky od sebe oddělena velmi tenkou vrstvičkou izolantu o tloušťce menší než je průměr zrn.

Proto je **měrná kapacita** kondenzátorů typu III **značná**, bývá v mezích $(0,05 \text{ až } 1) \mu\text{F}/\text{cm}^3$, velmi se však mění s teplotou. Kondenzátory **mají značné ztráty** ($\text{tg } \delta = 0,3 \text{ až } 0,5$), další nevýhodou je **nízké provozní napětí**.

Keramické kondenzátory



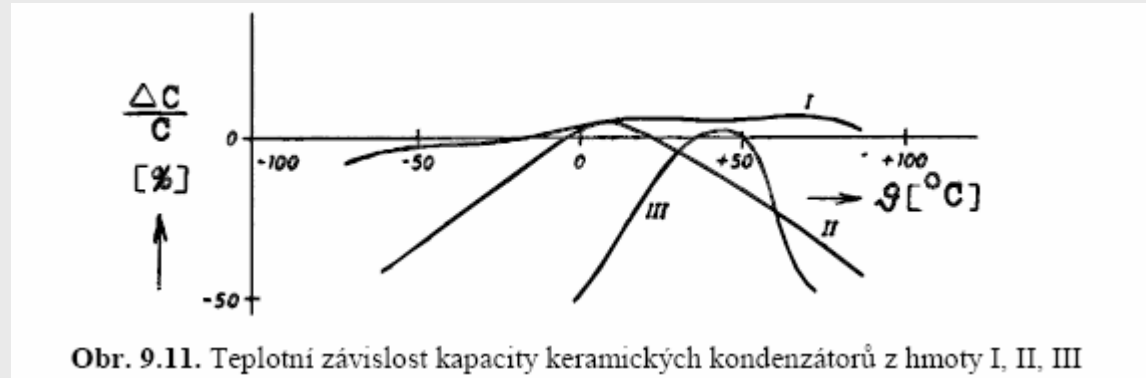
Obr. 9.11. Teplotní závislost kapacity keramických kondenzátorů z hmoty I, II, III



keramický
vf. technika, odrušovací

*Závěr: teplotně stálé a nahradily
slídové kondenzátory, nemohou se
vyrábět velké hodnoty pro VF*

Keramické kondenzátory mají dielektrikum ze speciální keramiky s velkou permitivitou a malými dielektrickými ztrátami (obecně se označují jako hmota I, II a III).



Keramická hmota je ve tvaru fólií, destiček nebo trubiček. Na povrchu jsou napařeny elektrody, na které jsou připájeny vývody. Povrch je chráněn vrstvou tmelu.



keramický
vf. technika, odrušovací

Ukázky použití - Kondenzátory

Fotografický blesk - nahromaděná elektrická energie v kondenzátoru se v krátkém časovém okamžiku vybije a způsobí silný světelný záblesk.

Stabilizační prvek v elektrických obvodech - paralelním zapojením do elektrického obvodu lze dosáhnout vyhlazení napěťových špiček, a tím rovnoměrnějšího průběhu elektrického proudu.

Odstranění stejnosměrné složky elektrického proudu - větví s kondenzátorem nemůže projít stejnosměrný elektrický proud, ale střídavý proud ano.

Odrušovací kondenzátor je nedílnou součástí všech elektrospotřebičů. Používá se samostatně nebo v kombinaci s tlumivkami. Omezuje rušení vzniklé spínáním nebo rozpojováním elektrického obvodu pod napětím.

Ladicí součástka v přijímači - změnou kapacity v oscilačním obvodu přijímače se vlastní frekvence obvodu vyrovná vnější frekvenci a dojde k rezonanci, tj. k zesílení přijímaného signálu.

Ukázky použití - Kondenzátory

Počítačová paměť - paměť složená z velkého množství miniaturních kondenzátorů je schopna uchovat informaci ve formě 0 a 1 (0 = není náboj, 1 = je náboj).

Defibrilátor - přístroj používaný v lékařství k provádění elektrických šoků při zástavě srdce, kdy velké množství náboje projde během krátké doby přes srdeční sval a může tak obnovit srdeční činnost.

Časovače - většina generátorů střídavého signálu využívá kondenzátory jako součástky, jejichž střídavé nabíjení a vybíjení určuje periodu kmitů.



Značení součástek

znak	název	rozměr	exponent	vzniklo z
G	giga	1 000 000 000	10^9	gigas - obr
M	mega	1 000 000	10^6	megas - veliký
k	kilo	1 000	10^3	chilioi - tisíc
-	----	1	10^0	---
m	mili	0,001	10^{-3}	<i>mille</i> - tisíc
μ	mikro	0,000 001	10^{-6}	mikros - malý
n	nano	0,000 000 001	10^{-9}	<i>nano</i> - trpaslík
p	piko	0,000 000 000 001	10^{-12}	<i>piccolo</i> - maličký

Je třeba si dát pozor na značení **M** není 10^6 ale **(100M = 100 μ F)**, tedy je možnost chyby při čtení i při přepisu.



Na snímku je keramický kondenzátor s hodnotou 10 a exponentem 4. Kapacita je tedy $10 \times 10^4 = 10 \times 10\ 000 = 10\ 000\ 000\ \text{pF} = 100\ \text{nF}$

Značení součástek

Elektrolytické kondenzátory:

Označují se kapacitou a napětím na které jsou určeny.

Např. 47 10V znamená $47\mu\text{F}$ na 10 V

Používá se značení z kódu a třech číslic. Kód označuje napětí, dvě číslice velikost a poslední číslice exponent.

A476 znamená: A je označení velikosti napětí, 47 je číslo a 6 exponent. Proto: $47 \times 10^6 = 47 \times 1000000 = 47000000 = 47\mu\text{F}$.
Napětí se určí podle následující tabulky. Kladný vývod je označen znaménkem + nebo pruhem.

symbol	e	G	J	A	C	D	E	V	H
napětí [V]	2,5	4,0	6,3	10	16	20	25	35	50

Značení součástek

Elektrolytické kondenzátory

Kondenzátory elektrolytické – low ESR

Kondenzátory elektrolytické – low ESR							BFE
Typ	Skl. č.	MC	RM	D×L (mm)	ESR	proud	teplota
E10M/63VI	123-445	3,00	RM5	5×11	1,9 Ω	105 mA	105 °C
E100M/25VI	123-442	5,10	RM5	8×12	0,35 Ω	300 mA	105 °C
E100M/50VI	123-443	7,50	RM5	8×20	0,17 Ω	475 mA	105 °C
E100M/63VI	123-444	15,70	RM5	10×20	0,14 Ω	630 mA	105 °C
E E100M/450VIM	123-435	155,00	RM10	22×40	0,87 Ω		
E E220M/450VIM	123-436	175,00	RM10	22×40	0,87 Ω		105 °C
E E330M/250VIM	123-329	90,00	RM10	30×25	1,005 Ω		-25..+85 °C
E E330M/400VIM	123-437	223,00	RM10	30×40	0,32 Ω		85 °C
E E470M/400VIM	123-438	406,00	RM10	35×45	0,24 Ω		105 °C
E1000M/25VI	123-441	24,80	RM5	13×25	0,41 Ω	1,43 A	
E1000M/50VI	123-440	46,50	RM5	16×3	0,36 Ω	1,88 A	
E E1000M/100VIM	123-439	65,50	RM10	30×25	0,33 Ω		85 °C
E2200M/25VI	123-381	35,30	RM5	13×40	0,036 Ω	2,39 A	-55..+105 °C
E E2200M/40VIM	123-340	60,00	RM10	22×25	0,92 Ω	532 mA	-40..+85 °C
E4700M/63VIM	123-308	109,00	RM10	30×30	0,106 Ω	1,78 μA	-40..+85 °C
E22000M/25V	123-326	94,50	snap-in	35×55	0,033 Ω	2,39 A	-40..+85 °C

Kondenzátory elektrolytické SMD

Kondenzátory tantalové 10 V						BGB
Typ	Sklad. číslo	MC	RM (mm)	H (mm)	D (mm)	
CT 3M3/10V	122-014	2,50	2,54	7,00	4,50	
CT 4M7/10V RM5	122-130	3,00	5,00			
CT 6M8/10V	122-054	3,50	2,54	8,50	5,00	
CT 10M/10V	122-026	3,50	2,54	8,50	5,00	
CT 22M/10V	122-034	4,50	2,54	9,00	5,50	
CT 33M/10V	122-038	7,00	2,54	10,00	6,00	
CT 47M/10V	122-042	7,00	2,54	10,50	6,00	
CT 47M/10V-RM5	122-090	8,50	5,00			
CT 100M/10V	122-060	21,00	5,08	15,50	9,00	
CT 220M/10V	122-058	35,00	5,08	17,50	11,00	

Kondenzátory tantalové 16 V						BGC
Typ	Sklad. číslo	MC	RM (mm)	H (mm)	D (mm)	
CT 1M/16V	122-056	3,00	2,54	7,00	4,50	
CT 2M2/16V	122-011	3,00	2,54	7,00	4,50	
CT 3M3/16V	122-015	3,00	2,54	7,00	4,50	
CT 4M7/16V	122-018	3,50	2,54	8,50	5,00	
CT 4M7/16V RM5	122-131	3,50	5			
CT 6M8/16V	122-022	4,00	2,54	8,5	5	
CT 10M/16V	122-027	3,50	2,54	9	5	
CT 15M/16V	122-031	4,50	2,54	10	6	
CT 22M/16V	122-035	6,00	2,54	10	6	
CT 33M/16V	122-039	9,00	2,54	10,5	6	
CT 47M/16V	122-043	11,00	5,08	13	7,5	
CT 100M/16V	122-046	22,00	5,08	15,5	9	

Značení součástek

Keramické kondenzátory.

Je u nich zase jiný způsob značení. Popis se skládá z označení výrobce (není povinné), kódu označujícího hodnotu a exponentu. Kódy hodnot jsou v tabulce:



kód	hodnota	kód	hodnota	kód	hodnota	kód	hodnota
A	1,0	J	2,2	S	4,7	a	2,5
B	1,1	K	2,4	T	5,1	b	3,5
C	1,2	L	2,7	U	5,6	d	4
D	1,3	M	3,0	V	6,2	e	4,5
E	1,5	N	3,3	W	6,8	f	5,0
F	1,6	P	3,6	X	7,5	m	6,0
G	1,8	Q	3,9	Y	8,2	n	7,0
H	2,0	R	4,3	Z	9,1	t	8,0
						y	9,0

$$10 \times 10^4 = 10 \times 10\,000 = 10\,000 \text{ pF} = 100 \text{ nF}$$

Pokud bude zápis J3,

znamená to: $2,2 \times 10^3 = 2,2 \times 1\,000 = 2\,200 \text{ pF} = 2\text{n}2$. Zápis ve tvaru KJ3 má v prvním znaku symbol výrobce. V tomto případě je to KEMET a hodnota kondenzátoru je opět 2 200 pF.