

Elektronické systémy

Pavol Galajda, KEMT, FEI, TUKE
Pavol.Galajda@tuke.sk

Základné vlastnosti, parametre, aplikácia pasívnych a polovodičových prvkov, modely prvkov a ich využitie pri analýze a syntéze jednoduchých elektronických obvodov.

Elektronikou rozumieme odvetvie fyziky, ktoré sa zaoberá vedením elektrického prúdu a príbuznými javmi v tuhých látkach - kovoch, polovodičoch, dielektrikách, v kvapalinách a v ionizovaných plynch. Do elektroniky ďalej zahŕňame časť techniky, ktorá sa zaoberá využitím týchto javov pri návrhu a konštrukcii elektronických prvkov a obvodov.

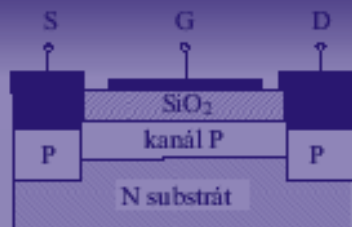
Rozvoj techniky sa začal v druhej polovici 19. storočia. Hlavná pozornosť sa vtedy zameriava na mechanizmy vedenia elektrického prúdu v zriedených plynch. Toto štúdium viedlo k objavu katódových lúčov (1859). Ďalší výskum ukázal, že katódové lúče sú rýchlo sa pohybujúce záporne nabité častice, ktoré sa začali približne od roku 1900 nazývať **elektrónmi**.

I keď v prvej etape elektroniky dominovali vákuové elektrónky, rozvíjali sa postupne aj elektronické prvky z tuhých látok.

Dôležitým medzníkom v polovodičovej elektronike bol objav tranzistora. Koncom roku 1947 to bol hrotový tranzistor, ktorý objavil J. Barden a W. H. Brattain. V priebehu ďalších mesiacov W. Shockley sformuloval koncepciu **plošného tranzistora** s využitím vlastností **priechodov PN** (pri jeho činnosti sa vyžadujú obidva druhy nosičov náboja - elektróny a diery a preto patrí medzi **bipolárne súčiastky**). Nie je bez zaujímavosti, že hrotový a plošný tranzistor sa objavili ako dôsledok experimentov, cieľom ktorých bolo získať **unipolárne súčiastky**. Keďže tieto súčiastky využívajú efekt poľa, nazývajú sa **tranzistory ovládané elektrickým poľom** a označujú sa FET (Field Effect Transistor).

Spoločne s **integráciou** pokračovala aj **miniaturizácia** súčiastok a polovodičová technika vyúsťila tak do svojej súčasnej etapy - **mikroelektroniky**. Polovodičové súčiastky a obvody okrem špeciálnych aplikácií (napr. obrazovky) nahradili elektrónky.

Ale o tom až neskôr...



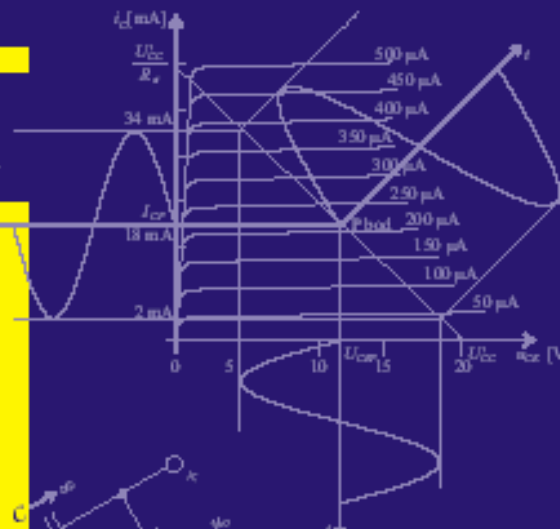
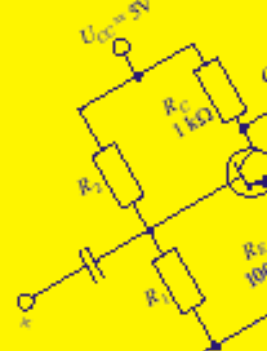
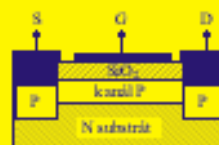
ISBN 80-89061-51-6



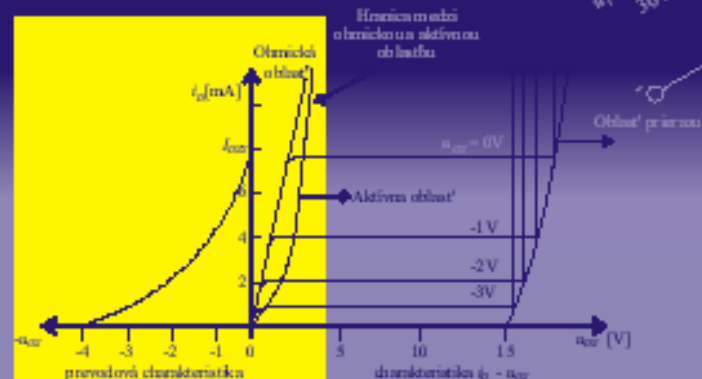
Elektronické prvky

Galajda - Lukáč

Pavol Galajda
Rastislav Lukáč



Elektronické prvky



Prečo práve S.O.S Electronic

Široký výber sortimentu,
prispôbený Vašim požiadavkám...

Viac ako 7000 typov súčiastok
priamo na našom sklade...

Rýchle dodávky
tovaru...

Vždy máme pre Vás
prípravené niečo novšie...

Skúsme Vaše poradenstvo,
vyskúšajte náš personál,
kvalitné služby...

Kvalitné služby pre Vás
- ISO certifikát...



ISBN 80-89061-59-1



9 788089 161594



Novinky, zaujímavosti, anekdoty...

Komplexné informácie...

4 x ročne časopis...

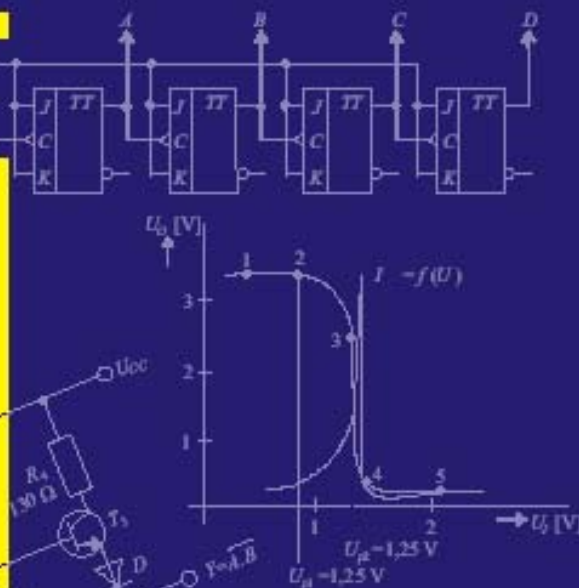
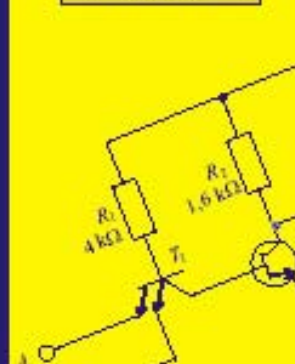
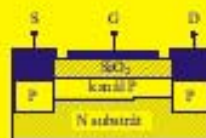
www.soselectronic.sk

S.O.S. electronic, Záhradská 12, 04001 Košice, tel. 051/623 40 00-6, fax, 051/623 40 07, e-mail: info@sos.sk



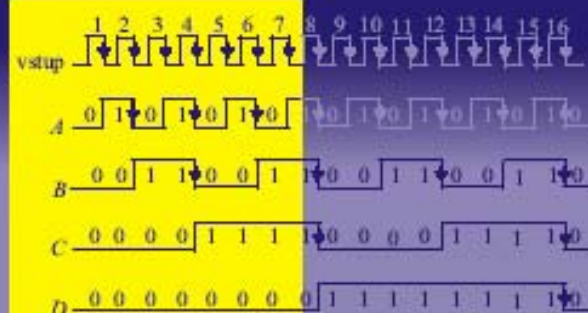
Elektronické obvody

Pavol Galajda
Rastislav Lukáč



Elektronické obvody

Galajda - Lukáč



2.1 Rezistory

- 2.1.1 *Konštrukcia rezistorov*
- 2.1.2 *Lineárne rezistory*
 - 2.1.2.1 Základné vlastnosti lineárnych rezistorov
 - 2.1.2.2 Druhy lineárnych rezistorov
- 2.1.3 *Nastaviteľné rezistory - potenciometre*
 - 2.1.3.1 Usporiadanie nastaviteľných rezistorov
 - 2.1.3.2 Základné vlastnosti a parametre potenciometrov

2.1.2.2 Druhy lineárnych rezistorov

Pevné lineárne rezistory sa vyrábajú s ohľadom na danú aplikáciu a dosiahnuteľné optimálne hodnoty parametrov.

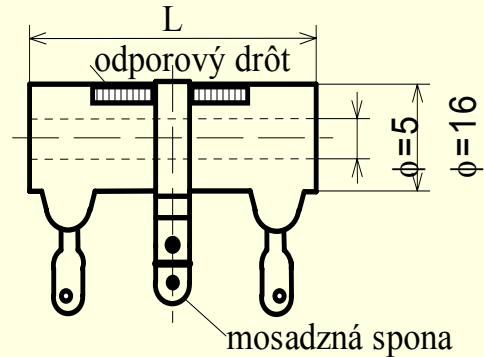
- *Rezistory pre všeobecné použitie*
- *Stabilné rezistory*
- *Miniatúrne rezistory*
- *Vysokoohmové rezistory*
- *Vysokonapäťové rezistory*
- *Rezistory s potlačenou indukčnosťou*

2.1.3 Nastaviteľné rezistory - potenciometre

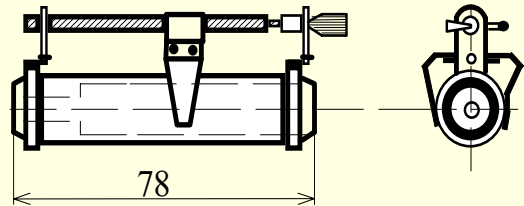
Do skupiny nastaviteľných rezistorov môžeme zaradiť skupinu tzv.:

- *meniteľných* alebo tiež *nastaviteľných* rezistorov,
- rôzne varianty plynulo nastaviteľných rezistorov, určených na nastavenie požadovaných úrovní napätia, obyčajne bez podstatného prúdového zaťaženia, ktoré nazývame *potenciometre*.

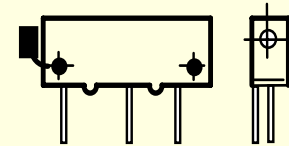
2.1.3.1 Usporiadanie nastaviteľných rezistorov



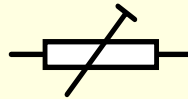
a) drôtový
(typu TR 556; 10W; 10Ω až $2,7k\Omega$)



b) drôtový regulačný
(typu TR 621; 10Ω až $16k\Omega$; 6 až 15W)

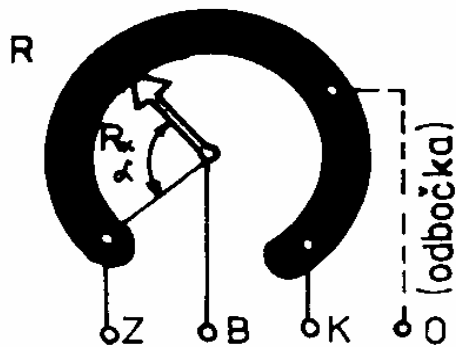


c) regulačný v puzdre z plastickej hmoty
(typu: WK 679 11)

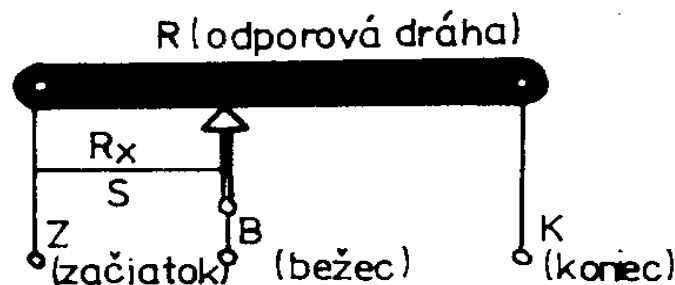


d) schematická značka

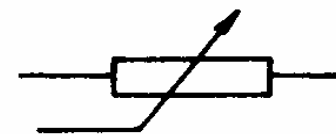
- Charakteristické vlastnosti a parametre nastaviteľných rezistorov sú v podstate zhodné ako pri skupine pevných lineárnych rezistorov.



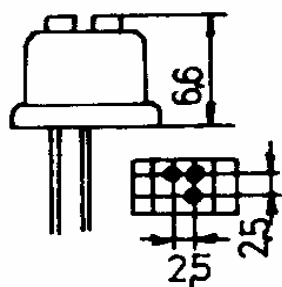
a) princíp otočného potenciometra



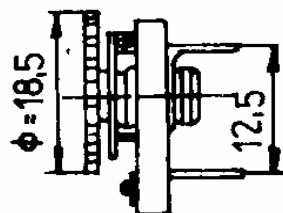
b) princíp usporiadania posuvného potenciometra



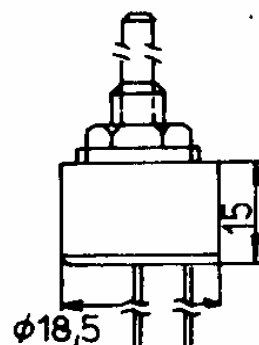
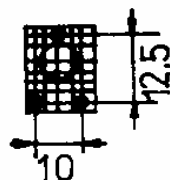
c) schématická značka potenciometra



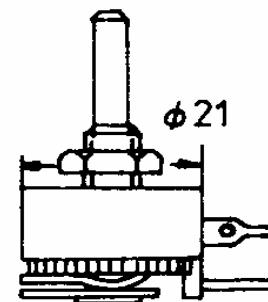
d) odporový trimer keramický, cermetový (TP 095)



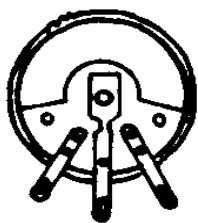
e) odporový trimer keramický, lakový (TP 018)



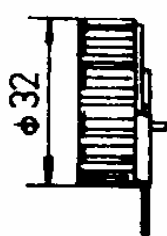
f) vrstvomý cermetový potenciometer tesný (TP 190)



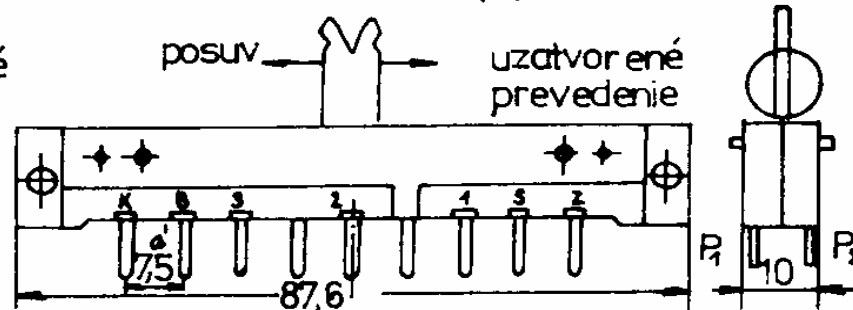
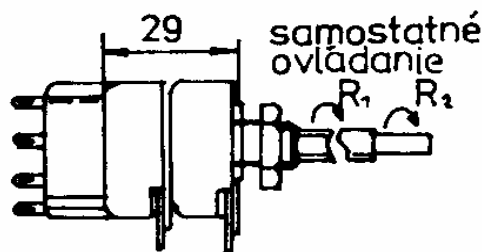
g) drôtový TP 680; 0,5W



h) vrstvomý potenciometer gombikový (TP320)



i) vrstvomý potenciometer dvojitý (TP286 b)



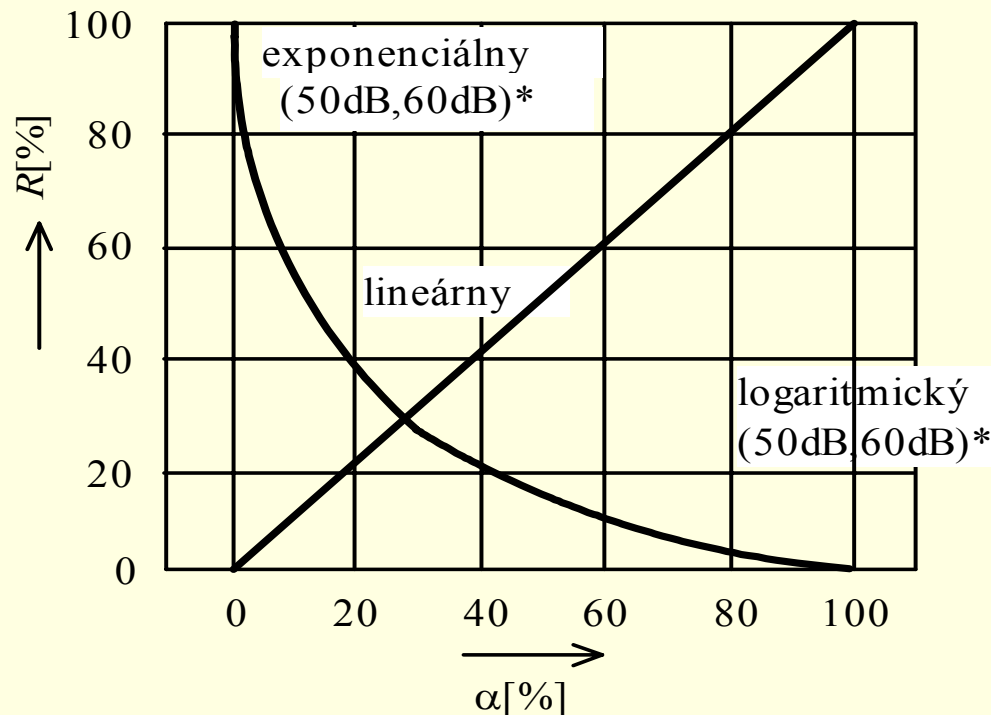
j) posuvný dvojitý tandemový potenciometer s odbočkami (1,2,3) a tienéním S. (TP 655)

Príklady usporiadania potenciometrov

2.1.3.2 Základné vlastnosti a parametre potenciometrov

Charakteristiky a parametre sa čiastočne líšia od údajov pre pevné rezistory.

- *Menovitá hodnota odporu R_N* , vyrábajú sa s hodnotami v typických radoch E6 a E12, alebo netypických podľa normy výrobcu (napr. 100Ω ; 250Ω ; 500Ω ; $1k\Omega$; $2,5k\Omega$ až $5M\Omega$).
- *Priebeh odporovej dráhy* v závislosti od uhla natočenia α alebo posunu bežca. Základné typy priebehu odporovej dráhy sú uvedené na Obr.



$$* 50\text{dB} = 20 \log \frac{u_2(\alpha_{\max})}{u_2(\alpha_{\min})}$$

2.1.3.2 Základné vlastnosti a parametre potenciometrov

- *Prevádzkové zaťaženie P_N [W]* prípadne prúdová zaťažiteľnosť potenciometrov je obyčajne malá (s výnimkou niektorých drôtových potenciometrov) a udáva sa podobne ako pri pevných rezistoroch.

Pri potenciometroch sa ďalej uvádza rad konštrukčných, montážnych, klimatických a iných vlastností.

- Z dynamických vlastností potenciometrov sa okrem šumu, podobne ako pri pevných rezistoroch, uvádza tzv. *šelest zberača*. Šelest sa udáva ako pomer striedavého napätia medzi zberačom a krajným vývodom odporovej dráhy pri pohybe bežca a jednosmerného napätia na zaťaženom potenciometri. Pri najčastejšie používaných vrstvových potenciometroch nepresahuje šelest hodnotu 2,5 mV/V.

2.2 Nelineárne rezistory

- 2.2.1 *Termistory*
- 2.2.2 *Varistory*

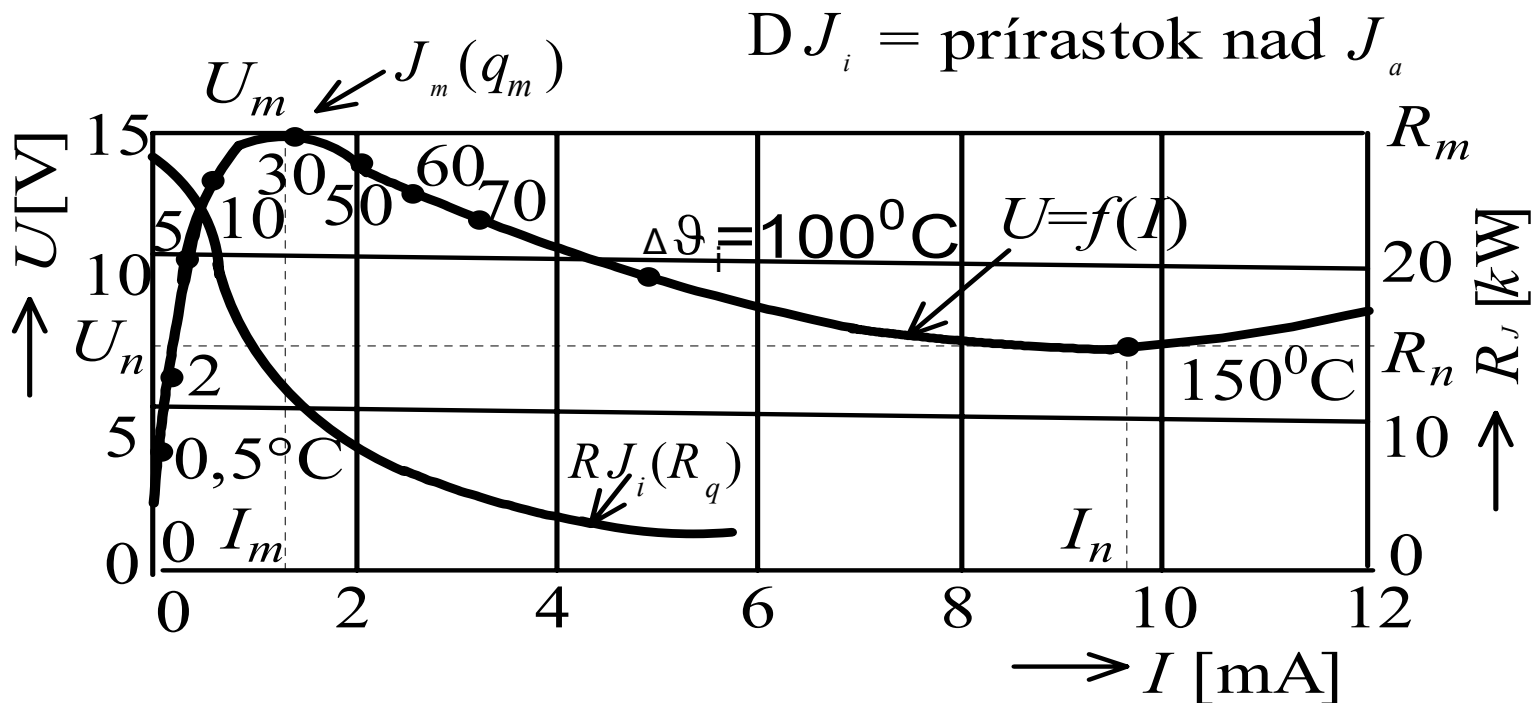
2.2.1 *Termistory*

Termistor (TERMal resISTOR - teplotne závislý odpor) je polovodičová súčiastka, pri ktorej sa využíva veľká závislosť odporu od teploty so:

- *záporným (**termistory**) alebo*
- *kladným (**pozistory**) súčiniteľom odporu.*

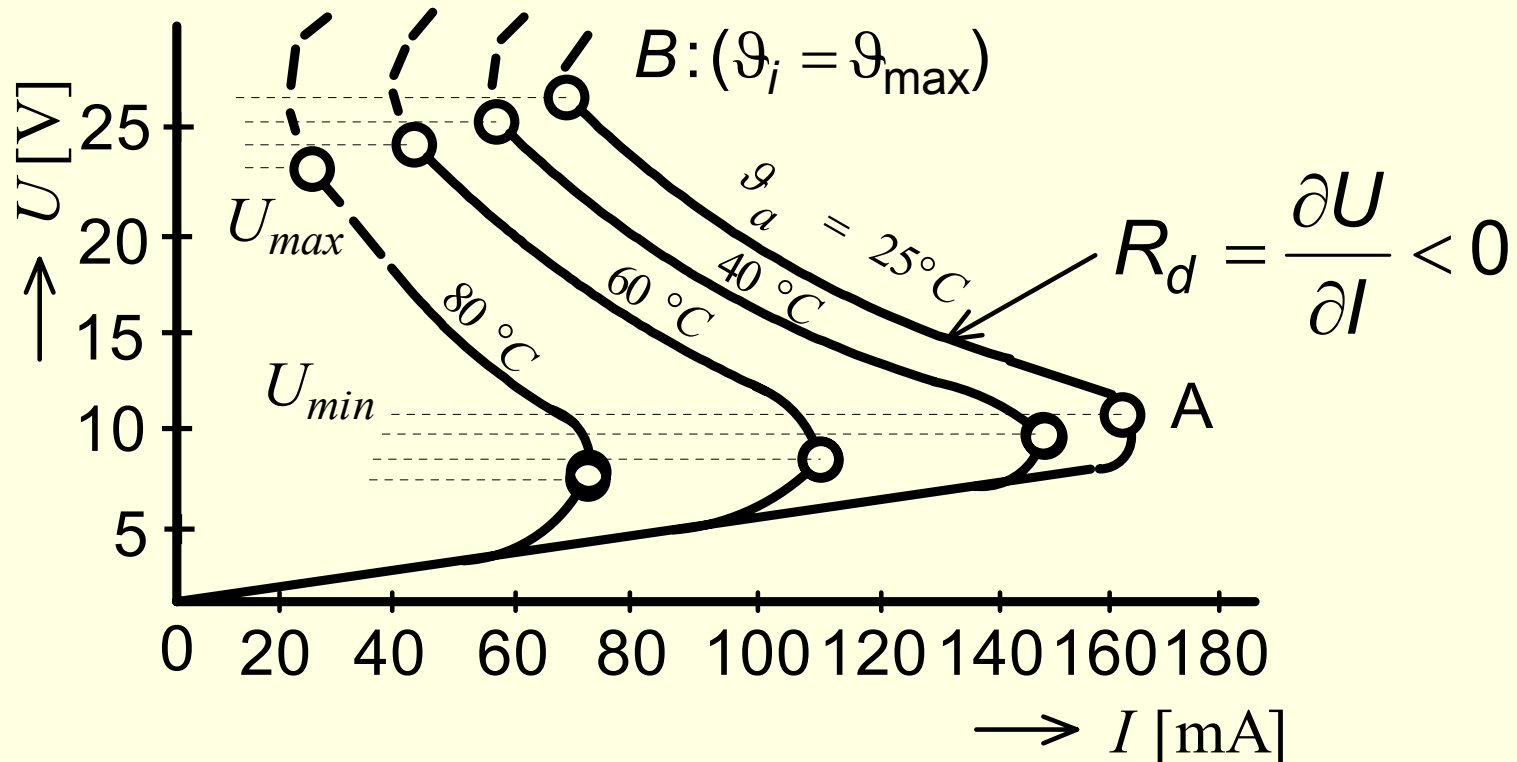
2.2.1 *Termistory*

- *Termistory NTC (Negative Thermal Coefficient) - negastory sa vyrábajú z polykryštalickej kysličníkov kovov (Ni, Mn, Co, Fe, Ti) a ich činnosť je založená na tepelnom vybudení nosičov prúdu (odpor s rastom teploty klesá). Základné vlastnosti termistora možno opísať priebehom V-A charakteristiky napr. na Obr.*



2.2.1 Thermistory

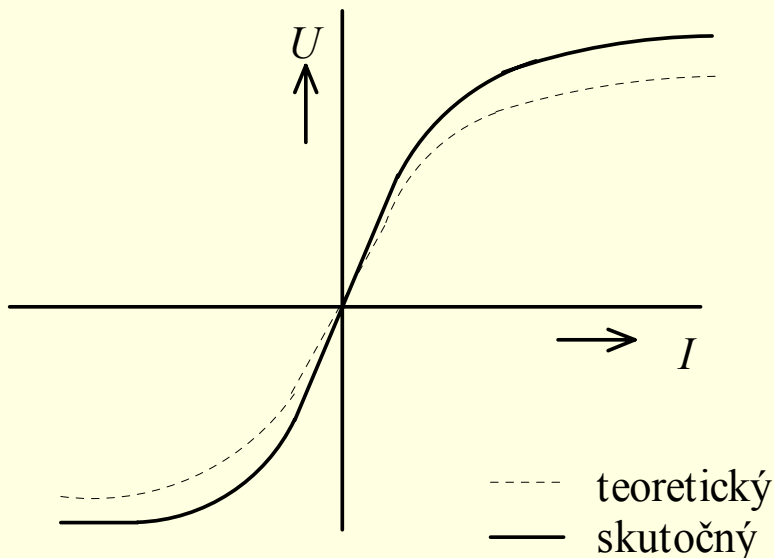
- Pozistory** označované PTC (Positive Thermal Coefficient) sú vyrábané na báze polovodičových feroelektrických materiálov. Základné vlastnosti a použitie pozistorov vyplývajú z ich typického priebehu V - A charakteristiky uvedenej na Obr. Vhodnou voľbou materiálu sa dajú získať pozistory, ktorých odpor narastá v určitom rozsahu teploty až o niekoľko rádov.



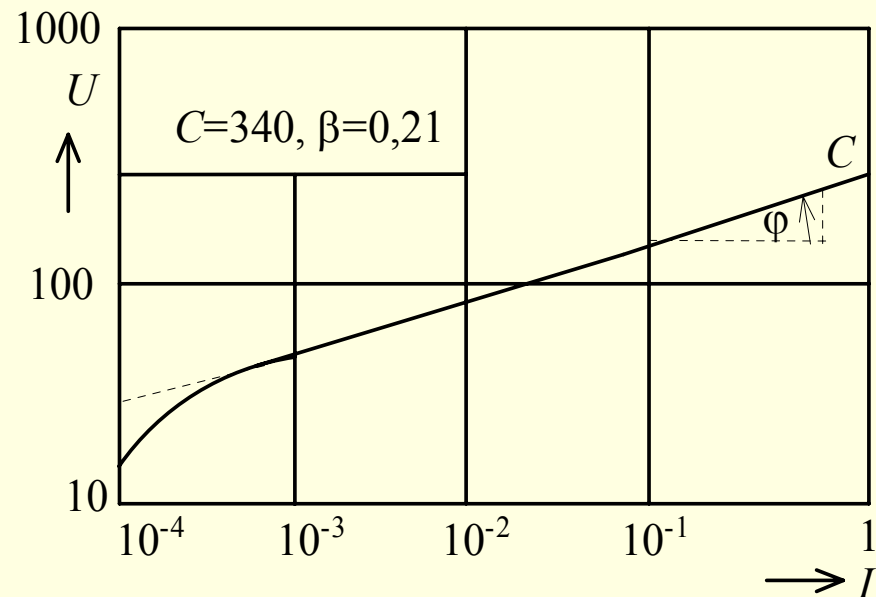
2.2.2 Varistory

- Varistory** sú polovodičové napät'ovo závislé rezistory, ktorých charakteristika je symetrická (Obr.). Vlastnosť nelineárnej charakteristiky sa dá opísať *činiteľom nonlinearity*, ako pomer dynamického a statického odporu :

$$\alpha = \frac{R}{r} = \frac{U}{I} \frac{dI}{dU}$$



a)



b)

2.3 Kondenzátory

- 2.3.1 *Základné vlastnosti kondenzátorov*
- 2.3.2 *Rozdelenie kondenzátorov a ich základné vlastnosti*
- 2.3.3 *Nastaviteľné kondenzátory*

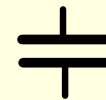
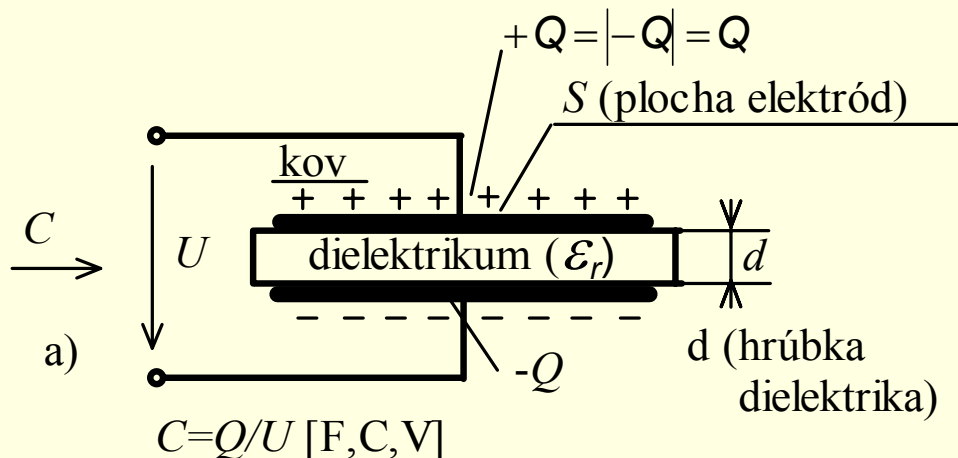
2.3 Kondenzátory

*Kondenzátory sú diskrétne súčiastky elektronických zariadení, ktoré funkčne realizujú prvky so sústredenou hodnotou elektrickej kapacity, t.j. **kapacitory**. Základná vlastnosť, t.j. kapacita kondenzátorov vyplýva z principiálneho usporiadania podľa Obr.*

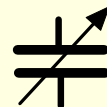
2.3 Kondenzátory

Kapacita kondenzátora C [F] je daná veľkosťou vzájomne sa prekrývajúcich plôch S [m²] kovových elektród, vlastnosťami použitého dielektrika, ktoré je určené hlavne relatívnou permitivitou ϵ_r (permitivita vákua ϵ_0) a hrúbkou dielektrika d [m], podľa vzťahu:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$



b) pevné
 $C = \text{konst.}$



c) nastaviteľné
 $C = f(S; d, \epsilon_r)$

2.3 Kondenzátory

Zo vzťahu vidíme, že sa dajú realizovať kondenzátory pevné, pri ktorých parametre ϵ_r , S a d budú prakticky konštantné a teda aj $C = \text{konšt.}$

*V prípade, že parametre ϵ_r , S alebo d sa budú môcť meniť, dostaneme skupinu **nastaviteľných kondenzátorov**.*

Najčastejšie sa využíva zmena S , v niektorých prípadoch však tiež zmena d , prípadne aj ϵ_r .

2.3 Kondenzátory

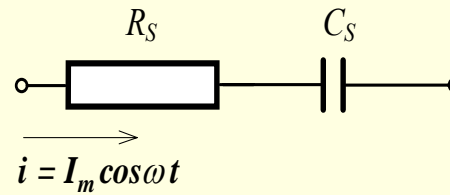
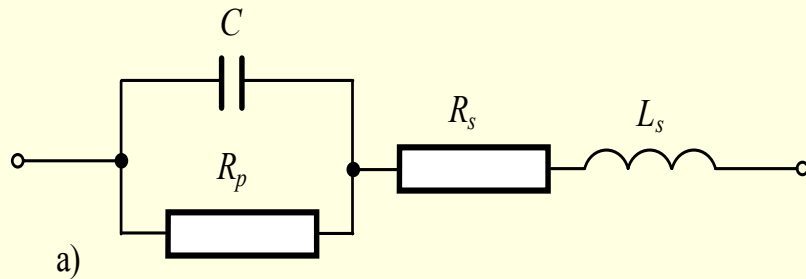
Kapacita kondenzátorov, daná v dôsledku polarizácie dielektrika a schopnosti zhromažďovať elektrický náboj Q po priložení napätia U na elektródy ($C=Q(U)$), je závislá od konštrukčného usporiadania a od použitého materiálu dielektrika.

Veľkosť kapacity na jednotku objemu a väčšina ďalších elektrických vlastností kondenzátora je daná hrúbkou a vlastnosťami použitého materiálu dielektrika.

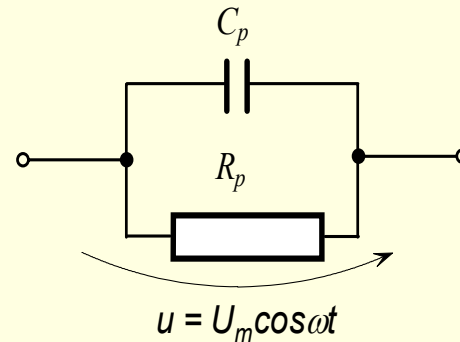
2.3.1 *Základné vlastnosti kondenzátorov*

- Kondenzátory sa vo väčšine prípadov používajú v elektrických obvodoch so striedavými (premennými) zložkami prúdov a napätí.
- Chovanie kondenzátorov v týchto obvodoch opíšeme pomocou náhradného obvodu so sústredenými parametrami.
- Realizovanú kapacitu kondenzátora označíme C . Konečný odpor dielektrika a tým aj straty v kondenzátore spôsobené jeho polarizáciou, a teda závislé od frekvencie, vyjadríme odporom R_s v sérii s kapacitou C .
- Pri vyšších frekvenciách sa môže prejaviť indukčnosť prívodov aj usporiadania elektród (napr. pri zvitkových kondenzátoroch), ktorú vyjadríme do série zapojenou indukčnosťou L_s . Na vývodoch kondenzátora nameráme jeho impedanciu $Z(\omega)$, ktorá je všeobecne závislá od frekvencie prenášaného signálu.

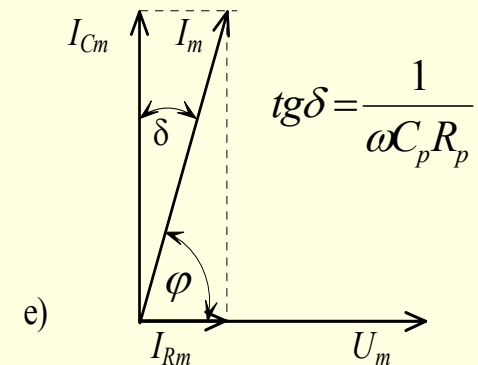
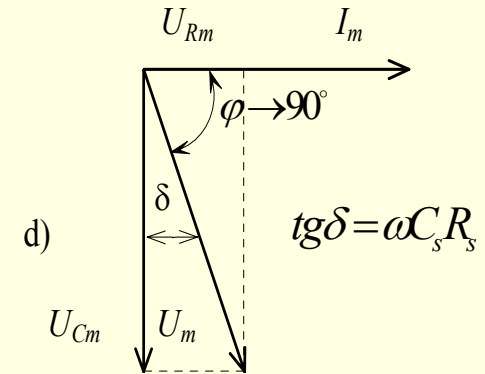
a) Náhradná schéma kondenzátora, b) zjednodušený sériový náhradný obvod, c) zjednodušený paralelný náhradný obvod, d, e) vektorové diagramy v harmonickom ustálenom stave



b) sériová
 $Z = R_s + 1/j\omega C_s$



c) paralelná
 $1/Z = 1/R_p + j\omega C_p$



a) náhradná schéma

C - kapacita kondenzátora

R_s - odpor prívodov a elektród

R_p - straty v dielektriku a izolačný odpor

L_s - indukčnosť prívodov a elektród

$$Z(\omega) = \operatorname{Re}\{Z(\omega)\} + j\operatorname{Im}\{Z(\omega)\}$$

$$\tan \delta = \operatorname{Re}\{Z(\omega)\} / \operatorname{Im}\{Z(\omega)\}$$

Základné vlastnosti kondenzátorov sa udávajú nasledujúcimi parametrami:

- *Stratový činiteľ* $\text{tg}\delta$, sa udáva *činiteľ kvality* Q , čo je reciproká hodnota $\text{tg}\delta$
- *Frekvenčné vlastnosti* kondenzátorov vyjadrujú závislosti parametrov C , $\text{tg}\delta$ a celkovej impedancie Z od frekvencie.
- *Menovitá hodnota kapacity* C_N [pF, nF, μ F] sa udáva na telese kondenzátora, stanoveným spôsobom označenia písmenovým alebo farebným kódom. Hodnoty kapacity kondenzátorov sa vyrábajú v geometrických radoch E6, E12, E24, prípadne v radoch uvádzaných v normách výrobcov. Dovoľené odchýlky menovitých hodnôt kapacít vyrábaných druhov a typov kondenzátorov sú obyčajne $\pm (20, 10, 5, 2, 1, 0,5) \%$.
- *Elektrická pevnosť kondenzátora* je predovšetkým určená menovitým napätím (U_N), ktoré predstavuje prípustnú hodnotu trvalo priloženého jednosmerného napätia.
- *Izolačný odpor* R_{iz} [$M\Omega$]
- *Teplotné závislosti* - Teplotný súčiniteľ kapacity T_{KC}

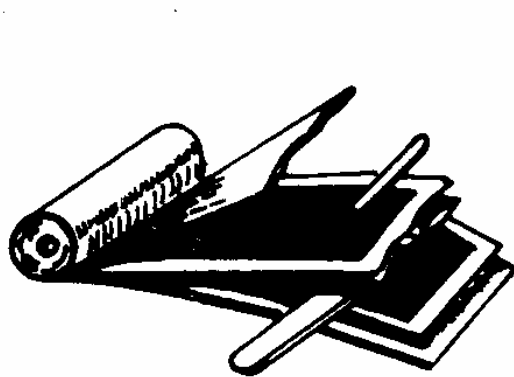
$$T_{KC} = \frac{1}{C_{ga}} \frac{\Delta C}{\Delta \vartheta}$$

2.3.2 Rozdelenie kondenzátorov a ich základné vlastnosti

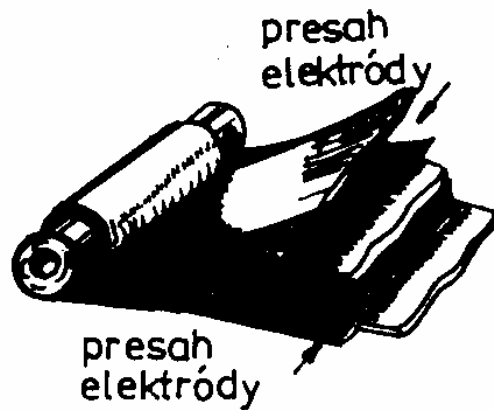
- **Vlastnosti kondenzátorov**, a tým aj ich určenie pre aplikáciu v elektronických zariadeniach, vyplývajú predovšetkým z **vlastností použitého materiálu dielektrika**. Použitému dielektriku sa prevažne podriaďuje aj **konštrukčné prevedenie kondenzátora**.
- Základné triedenie kondenzátorov potom možno urobiť podľa:
 - **použitého materiálu dielektrika** a
 - **zodpovedajúceho konštrukčného usporiadania**.

2.3.2 Rozdelenie kondenzátorov a ich základné vlastnosti

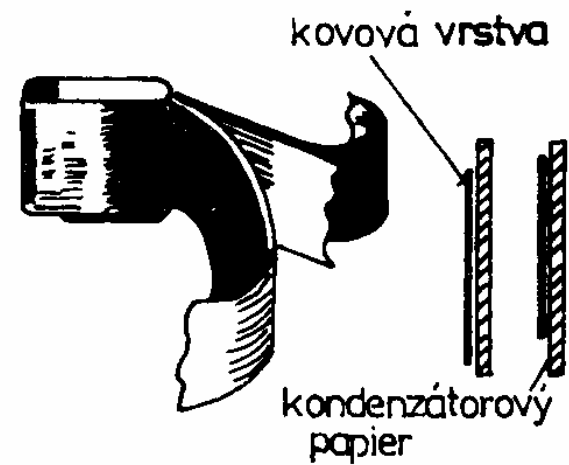
- *Vákuové a vzduchové kondenzátory*
- *Sludové kondenzátory*
- *Zvitkové kondenzátory:*
 - *Zvitkové kondenzátory papierové*



a) bežné



b) s obmedzenou indukčnosťou

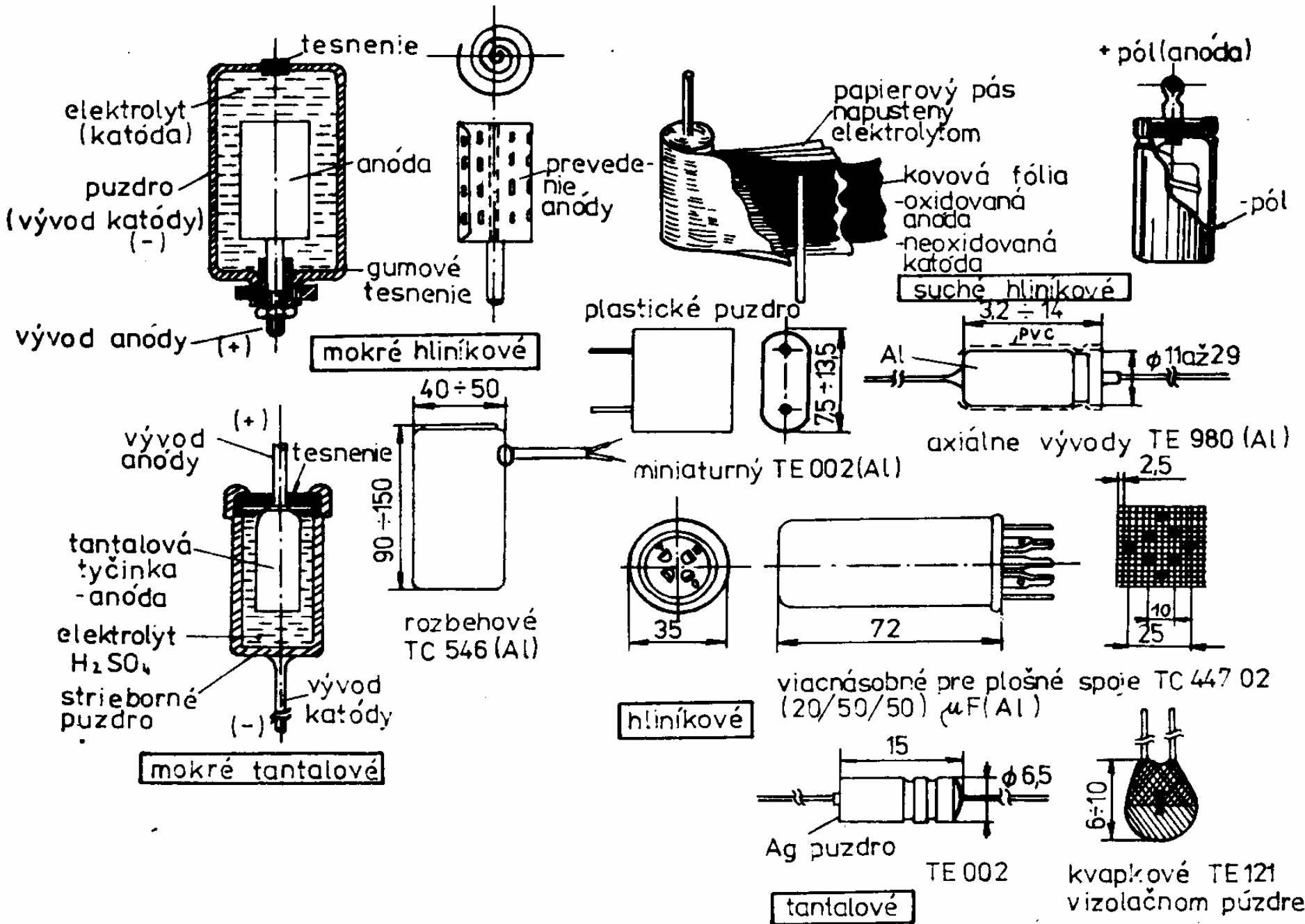


2.3.2 Rozdelenie kondenzátorov a ich základné vlastnosti

- *Zvitkové kondenzátory:*
 - *MP kondenzátory (metalizovaný papier)*
 - *Zvitkové kondenzátory s fóliou z plastických hmôt*
 - *Polystyrénové kondenzátory*
 - *Terylénové kondenzátory*
 - *Teflónové kondenzátory*
- *Keramické kondenzátory*
 - *Kondenzátory typu I*
 - *Kondenzátory typu II*
 - *Kondenzátory typu III*

2.3.2 Rozdelenie kondenzátorov a ich základné vlastnosti

- *Elektrolytické kondenzátory- podľa úpravy elektrolytu (tekutý alebo polotuhý stav) tieto kondenzátory rozdeľujeme na:*
 - *mokrú alebo*
 - *suchú (polosuchú)*
 - *hliníkové elektrolytické kondenzátory*
 - *tantalové elektrolytické kondenzátory*

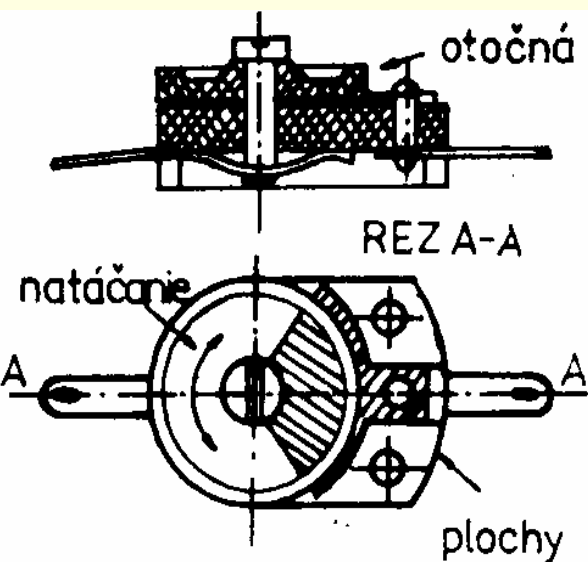


Príklady prevedenia elektrolytických kondenzátorov

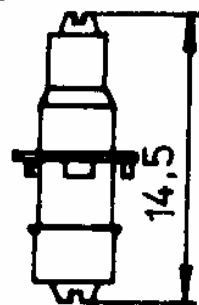
2.3.3 *Nastaviteľné kondenzátory*

- Pri nastaviteľných kondenzátoroch sa dá v určitom rozsahu meniť veľkosť kapacity.
- Podľa účelu, na ktorý zmena kapacity slúži, ich môžeme rozdeliť na *dolad'ovacie*, pri ktorých sa dá dosiahnuť menšia zmena kapacity s menej presne definovaným priebehom, a na *ladiace*, ktoré sú určené predovšetkým na ladenie rezonančných obvodov s presne definovaným priebehom kapacity v závislosti od mechanizmu nastavenia.
- Zmena kapacity sa dosahuje zmenou geometrického usporiadania kondenzátora, najčastejšie zmenou polohy dosiek rotora voči statoru, alebo vzájomne zasúvateľných elektród.

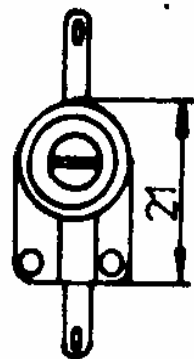
2.3.3 *Nastaviteľné kondenzátory-* *Príklady usporiadania **dolaďovacích** kondenzátorov*



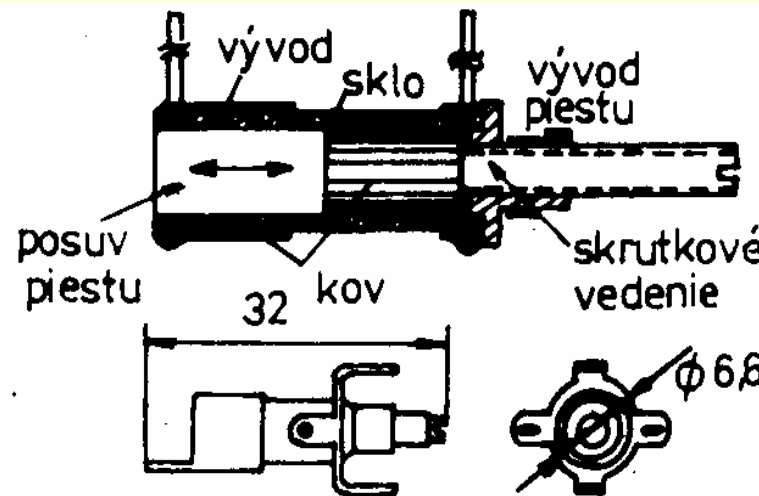
a) keramické



trubičkový
pre vkv
(axiálne nast.)
SK 720 02



plochý
rotačné
nastavenie
TK 804



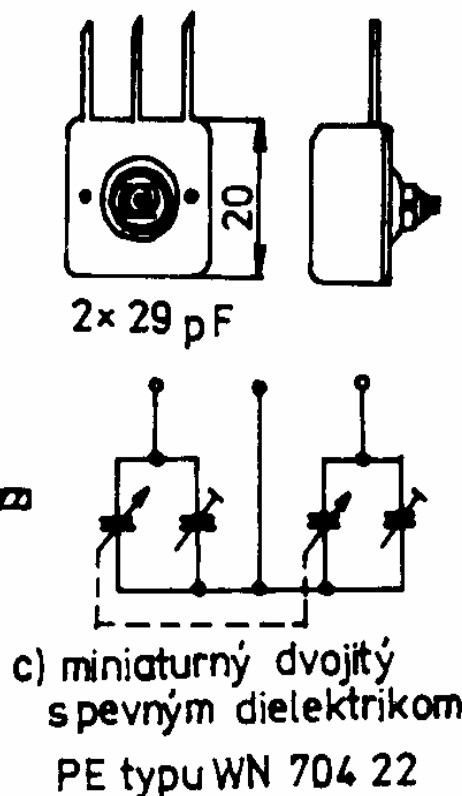
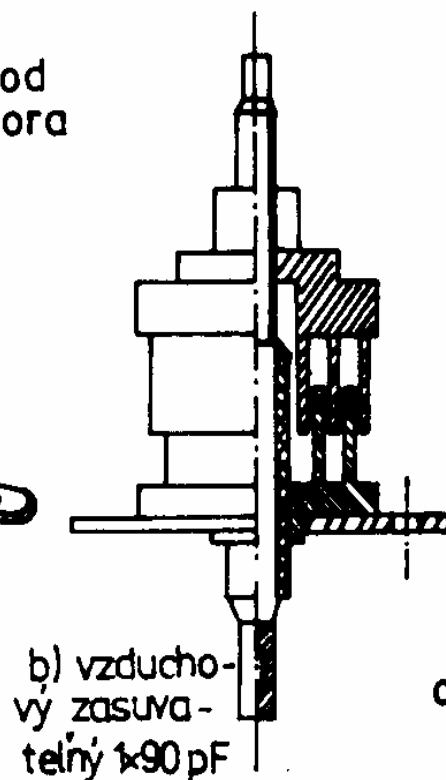
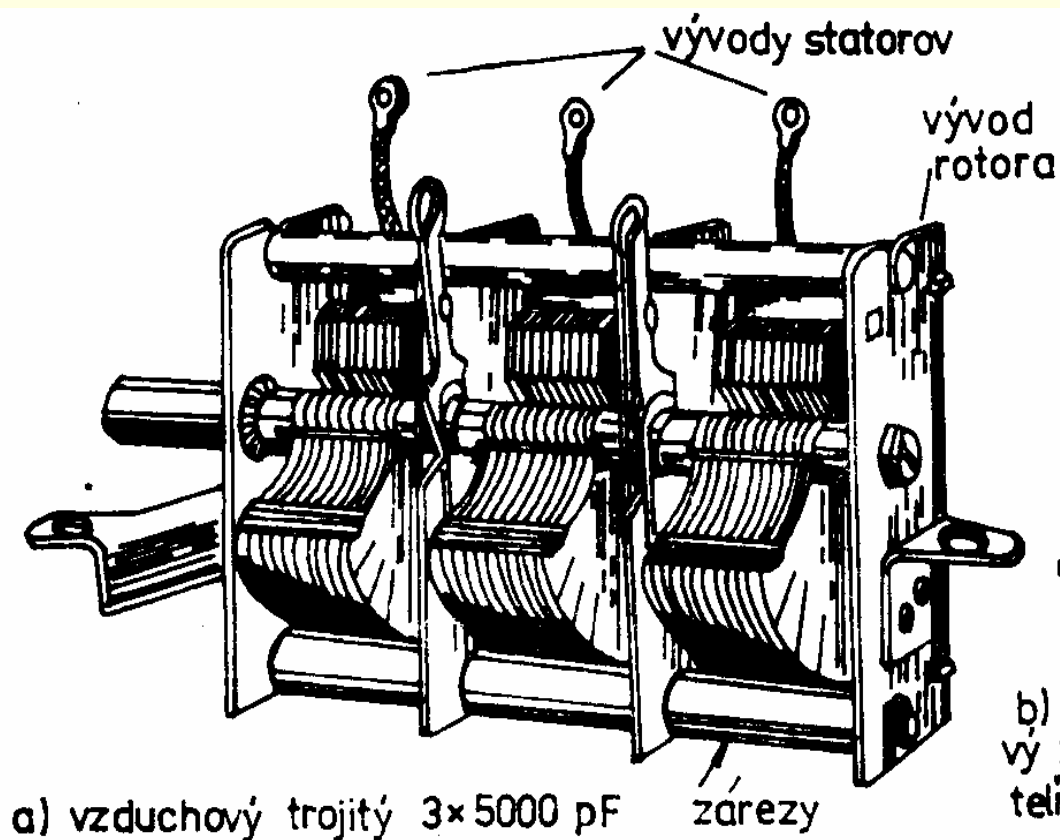
b) sklenené



WK 701 22

2.3.3 *Nastavitelné kondenzátory-*

*Príklady usporiadania **ladiacich** kondenzátorov*



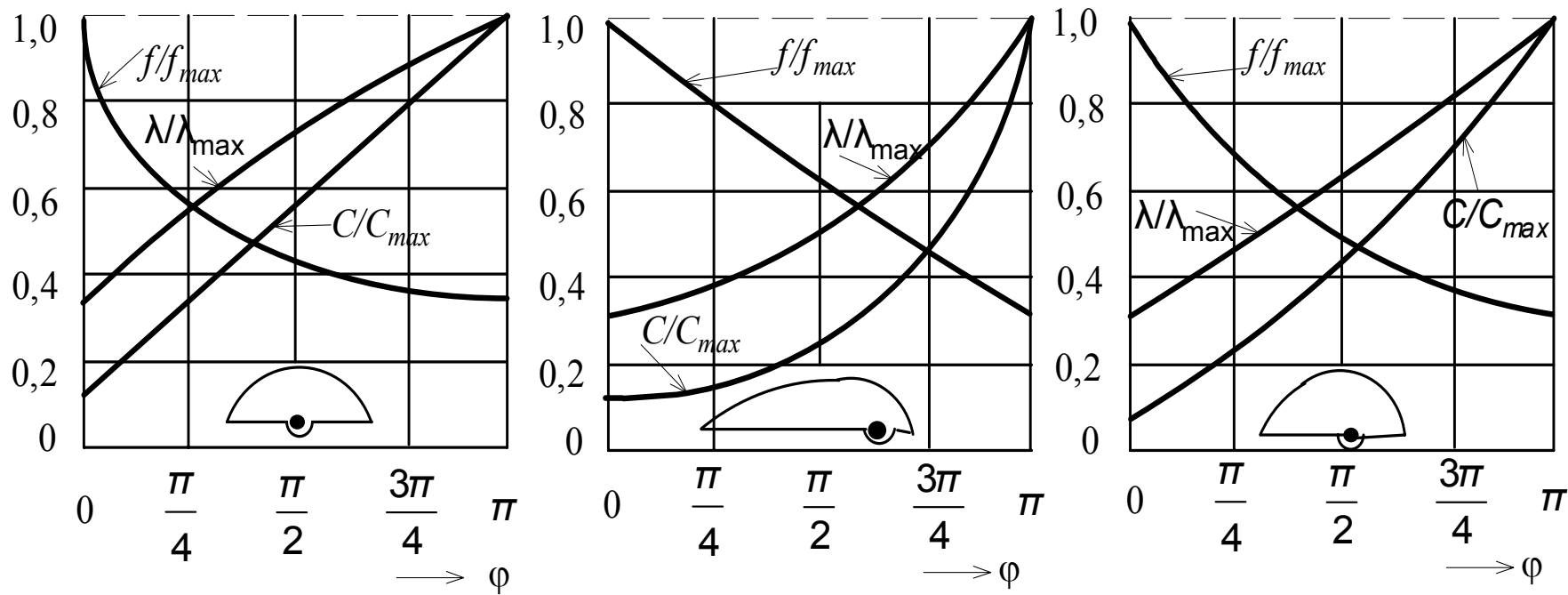
2.3.3 *Nastavitel'né kondenzátory*

I. Dolad'ovacie kondenzátory umožňujú doladenie (dostavenie) kapacity elektronických obvodov.

II. Ladiace (otočné) nastaviteľné kondenzátory umožňujú plynulé nastavenie ľubovoľnej hodnoty definovaného priebehu kapacity.

- *Ladiace nastaviteľné kondenzátory s lineárnym priebehom kapacity*
- Pre rádiotechniku sa používajú ladiace kondenzátory s priebehom kapacity zodpovedajúcim v rezonančnom LC obvode nastaveniu **frekvencie**, alebo **vlnovej dĺžky**
 - *s lineárnym priebehom frekvencie,*
 - *s lineárnym priebehom vlnovej dĺžky.*

2.3.3 *Nastavitel'né kondenzátory*



2.4 Cievky a transformátory

- 2.4.1 *Rozdelenie cievok*
- 2.4.2 *Charakteristické vlastnosti*
 - 2.4.2.1 Cievky s malými indukčnosťami
 - 2.4.2.2 Vinutia vzduchových cievok malých indukčností
 - 2.4.2.3 Cievkové telieska vzduchových cievok
 - 2.4.2.4 Magnetické jadrá cievok
- 2.4.3 *Tlmivky*
- 2.4.4 *Transformátory*

2.4 Cievky a transformátory

Každý pohybujúci sa nosič náboja v oblasti nerelativistických rýchlostí vytvára vo svojom okolí magnetické pole, rovnako ako každý vodič, ktorým prechádza elektrický prúd.

Intenzita tohoto poľa sa môže zväčšiť vplyvom materiálov s veľkou permeabilitou, ktoré sú umiestnené v blízkosti.

Induktívne vlastnosti súčiastky alebo vodiča sa vyznačujú dvoma podstatnými znakmi:

- ideálna cievka (induktor) môže slúžiť ako zásobník len magnetickej energie, ak ňou prechádza elektrický prúd;
- cievka, ktorou prechádza elektrický prúd má vždy vplyv na okolitý priestor.

Indukčnosť je definovaná vzťahom:

$$L = \frac{\text{spriahnutý magnetický tok}}{\text{prechádzajúci elektrický prúd}} = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi_m}{I}$$

2.4 Cievky a transformátory - Vzt'ahy medzi indukčnosťami dvoch cievok

Zapojenie cievok	bez väzby (veľká vzdialenosť)	s väzbou (malá vzdialenosť)
sériové	$L_s = L_1 + L_2$ $\operatorname{tg}\delta_s = \frac{L_1 \cdot \operatorname{tg}\delta_1 + L_2 \operatorname{tg}\delta_2}{L_1 + L_2}$	$L = L_1 + L_2 \pm 2M$
paralelné	$L_p = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$ $\operatorname{tg}\delta_p = \frac{L_1 \cdot \operatorname{tg}\delta_2 + L_2 \operatorname{tg}\delta_1}{L_1 + L_2}$	$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \pm 2M}$

Pretože cievka má vplyv na okolitý priestor, ovplyvňujú sa cievky vzájomne. Veličina **M** sa nazýva vzájomná indukčnosť. Závisí od geometrického usporiadania obidvoch cievok.

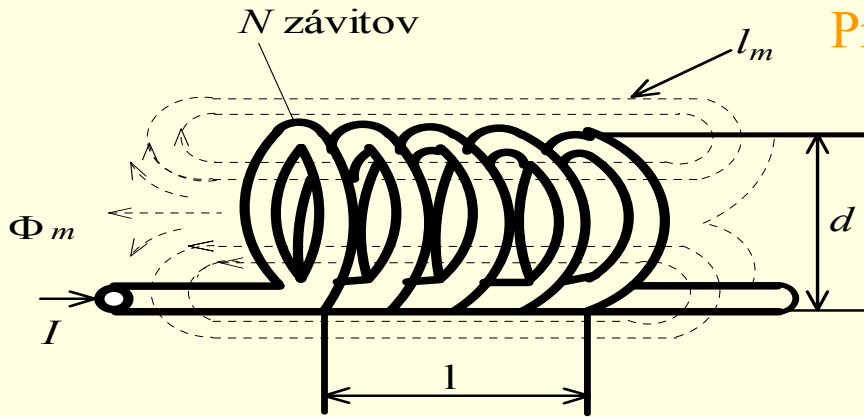
2.4 Cievky a transformátory

Ak preteká elektrický prúd vodičom stočeným do závitov cievky, sústreďujú sa jeho magnetické účinky do malého priestoru cievky, ktorá tak realizuje požadovanú indukčnosť.

Pre indukčnosť cievky potom platí vzťah:

$$L = N \frac{\Phi_m}{I} = \frac{N \cdot G_m N \cdot I}{I} = G_m N^2 = \mu_0 \mu_r \frac{S}{l_m} N^2$$

Princípy usporiadania cievok a transformátorov

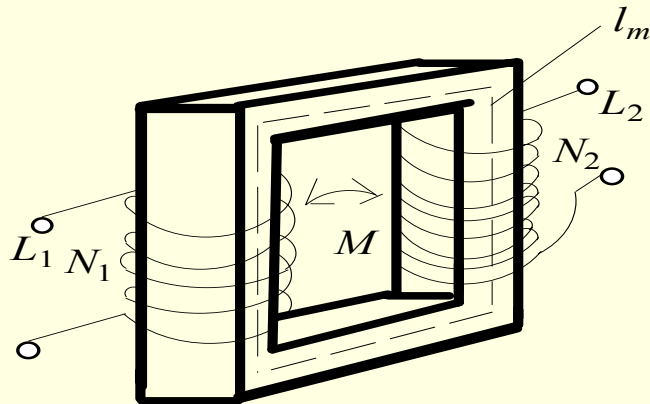


a) $L = N\Phi_m / I, L = G_m \quad N^2 = K \frac{d}{l} N^2$

(K =koeficient, konšt)

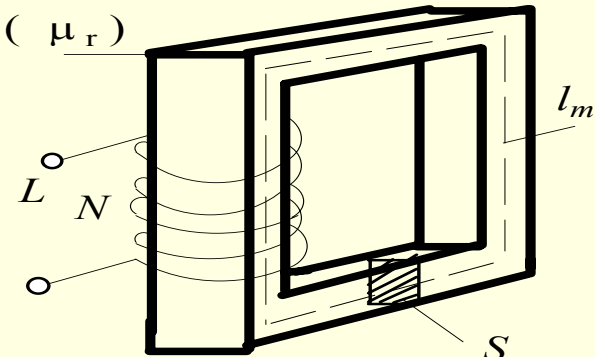
d =priemer závitov

l =dĺžka závitov

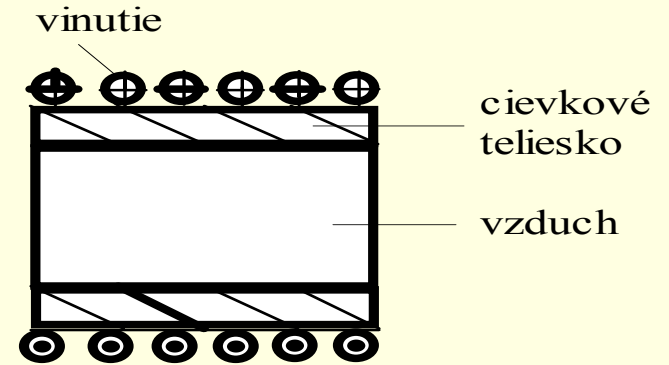


e) transformátor

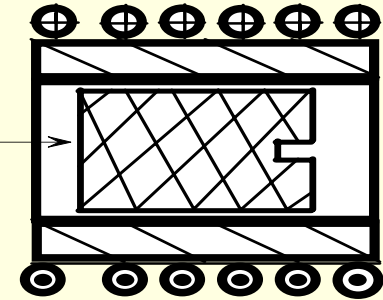
jadro uzavretého
mg. obvodu (μ_r)



d) tlmivka



b) vzduchová cievka



c) vzduchová cievka
s magn.jadrom

2.4.1 *Rozdelenie cievok*

Cievky môžeme deliť podľa nasledujúcich kritérií:

1. Podľa použitia:

- Cievky pre ladiace obvody a filtre.
- Tlmivky sieťové, nf alebo vf.

2. Podľa veľkosti magnetickej permeability jadra:

- Vzduchové cievky
- Cievky s magnetickým jadrom s
 - otvoreným magnetickým obvodom
 - polouzavretým
 - uzavretým magnetickým obvodom

3. Podľa druhu vinutia:

- Cievky s vrstvovým vinutím.
- Cievky s bezkapacitným vinutím:
 - Cievky krížovo vinuté.
 - Cievky s hrádzovým alebo pyramídovým vinutím.
 - Cievky s vinutím v sekciách.

2.4.1 *Rozdelenie cievok*

Cievky môžeme deliť podľa nasledujúcich kritérií:

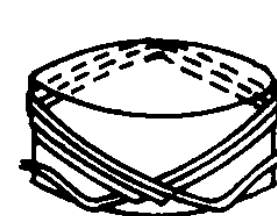
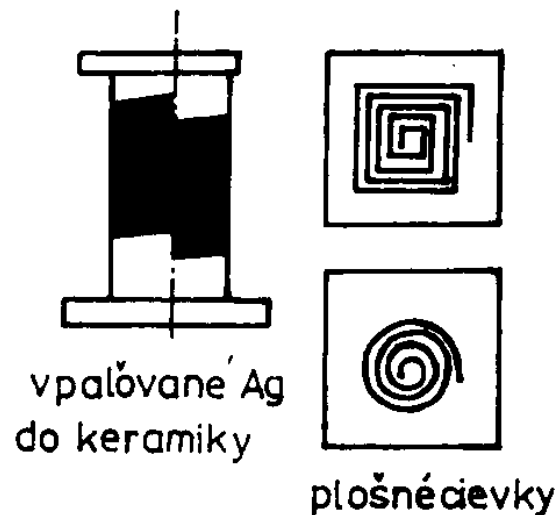
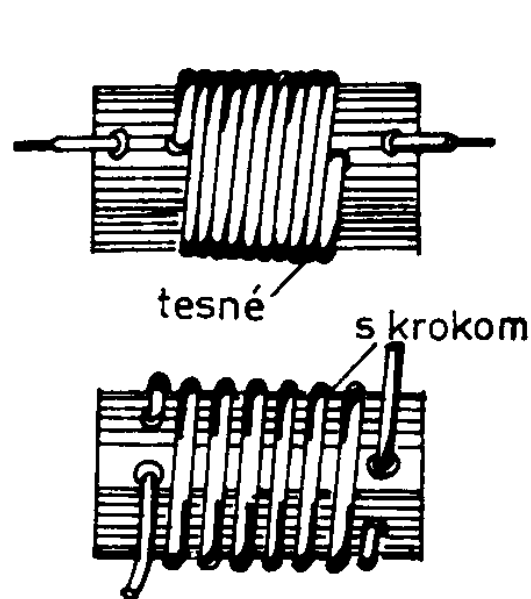
4. Podľa pracovnej frekvencie:

- Nízkofrekvenčné (tlmivky, nf a sieťové transformátory)
- Vysokofrekvenčné (pre dlhé, stredné, krátke a veľmi krátke vlny).

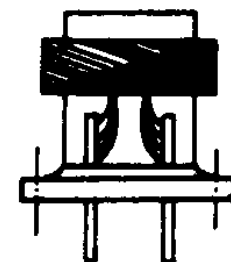
5. Podľa tvaru:

- valcová cievka,
- toroidná cievka,
- plochá špirála.

Druhy vinutí cievok

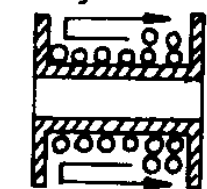


princíp vinutia

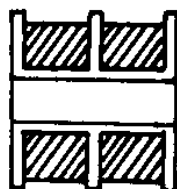


cievka s vf lankom

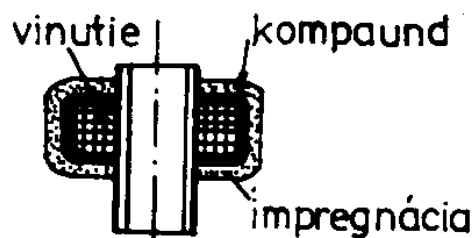
a) jednovrstvové vinutia



valcové

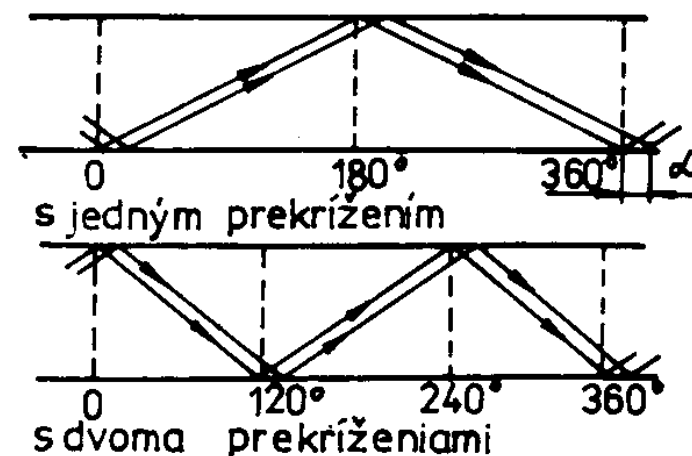


v sekciách



stabilná cievka

b) viacvrstvové vinutia cievok



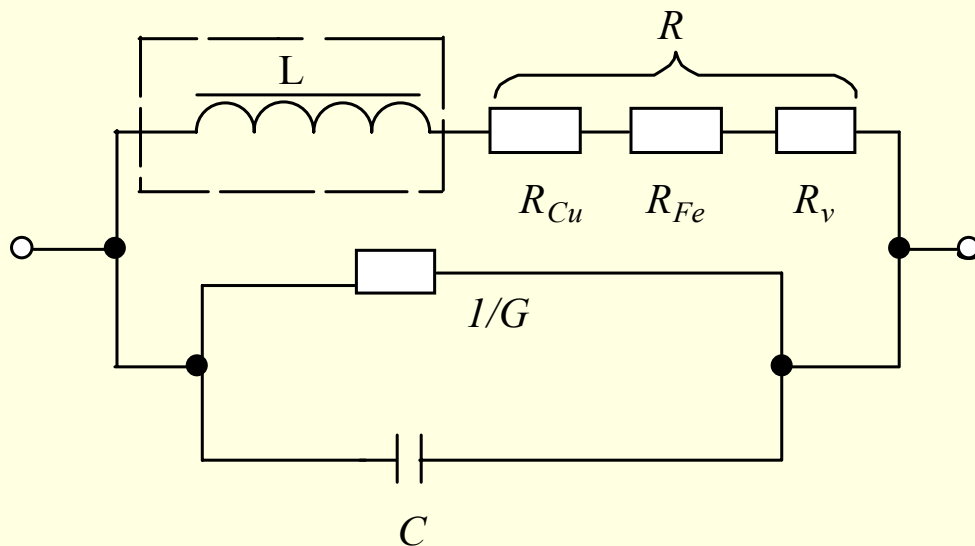
c) krížové vinutia

2.4.2 *Charakteristické vlastnosti*

2.4.2.1 Cievky s malými indukčnosťami

- Pri ideálnej cievke, t.j. bezstratovom dvoj póle "induktore", prebieha nezávisle od frekvencie napätie prúd o $\pi/2$. Reálnu cievku so stratami a kapacitou, kde posun napätia pred prúdom je menší ako $\pi/2$, môžeme pre frekvencie nižšie, ako je jej rezonančná uhlová frekvencia ω_r opísať prvkami náhradnej schémy podľa Obr.

Náhradná schéma cievky



L - vlastná indukčnosť cievky

R_V - straty vírivými prúdmi v magn. obvode

R_{Cu} - straty vo vodičoch

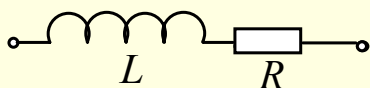
R_{Fe} - hysterézne straty v magn. obvode

C - vlastná kapacita cievky

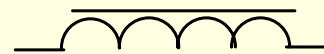
$1/G$ - straty v dielektriku a vyžarovaním cievky (rozptylom)

a) prvky náhradnej schémy cievky

Schematické značky



b) zjednodušená náhradná schéma cievky

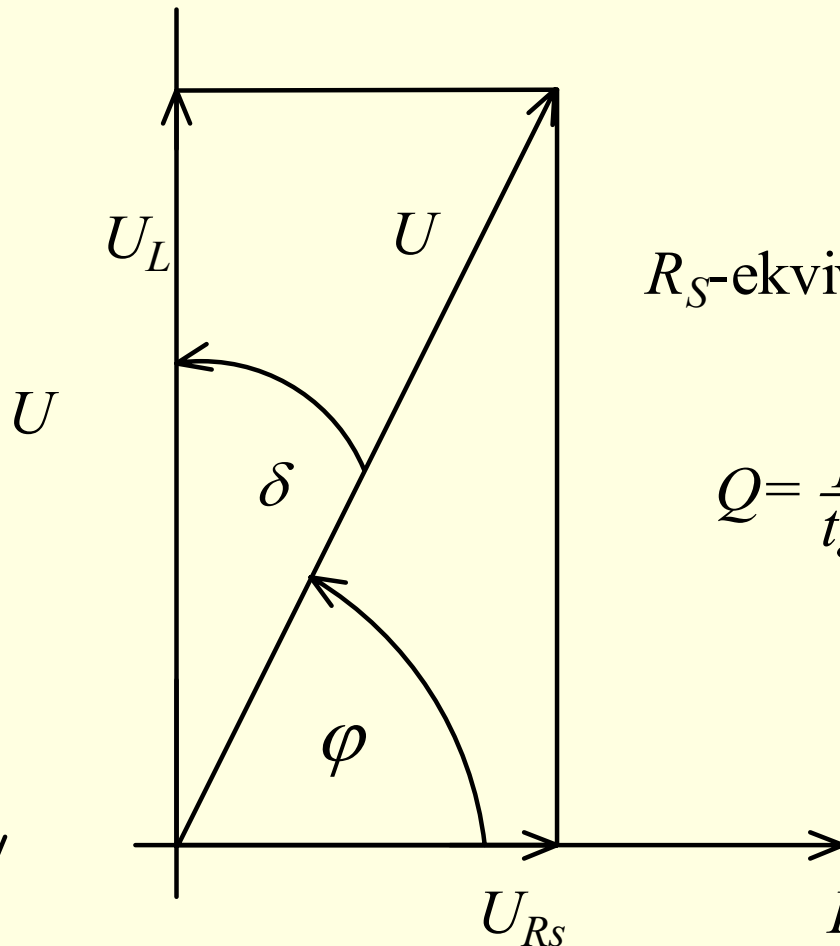
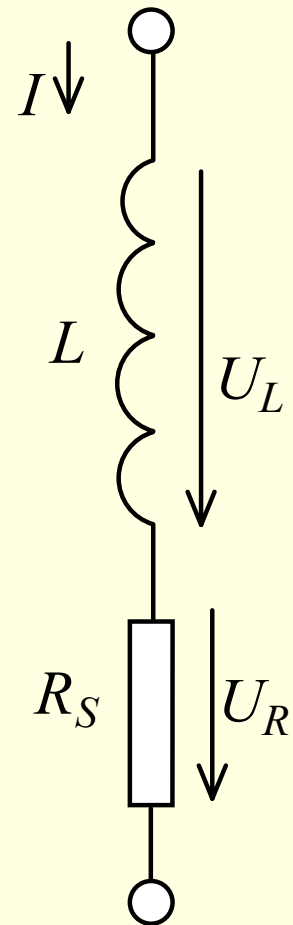


cievka s magnetickým jadrom
(vzduchová cievka s magn.jadrom)

Cievka so stratami

a) náhradná schéma, b) fázový diagram

Mierou strát cievky je *stratový činitel* $\operatorname{tg}\delta$.



R_S -ekvivalentný stratový odpor

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg}\delta} = \frac{\omega L}{R_s}$$

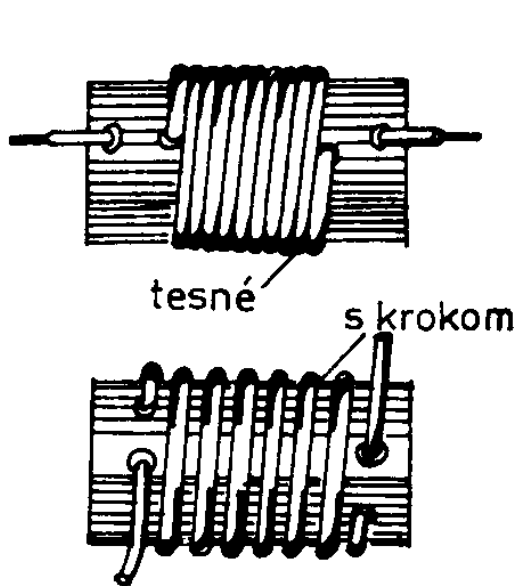
2.4.2 Charakteristické vlastnosti

2.4.2.2 Vinutia vzduchových cievok malých indukčností

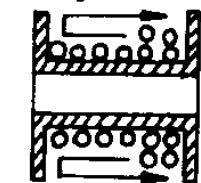
- Cievky sa zhotovujú navíjaním vodičov na cievkové teliesko alebo do formy pri samonosných cievkach.
- Technikou plošných spojov alebo vákuovým naparovaním na izolačnú podložku sa vyrábajú plošné cievky, napr. v tvare špirály.
- *Jednovrstvové valcové vinutia* sa vinú závit vedľa závit v tzv. *tesnom vinutí*, alebo na zníženie kapacity s konštantnou alebo nastaviteľnou vzdialenosťou tzv. *krokom*, aj keď na úkor rozmeru cievky. Pre výkonové obvody sa cievky vinú ako samonosné (Cu, Ag), alebo sa zhotovujú vpaľovaním strieborných vodivých dráh do keramických teliesok.
- *Plošné jednovrstvové vinutia* umožňujú zmenšenie rozmerov a automatizovanú výrobu.
- *Viacvrstvové vinutia*

2.4.2 Charakteristické vlastnosti

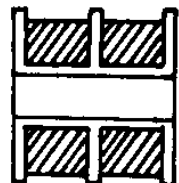
2.4.2.2 Vinutia vzduchových cievok malých indukčností



a) jednovrstvové vinutia

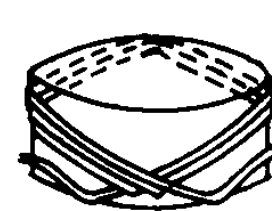
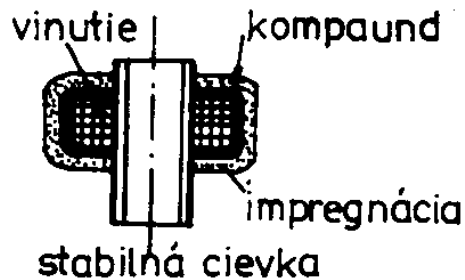
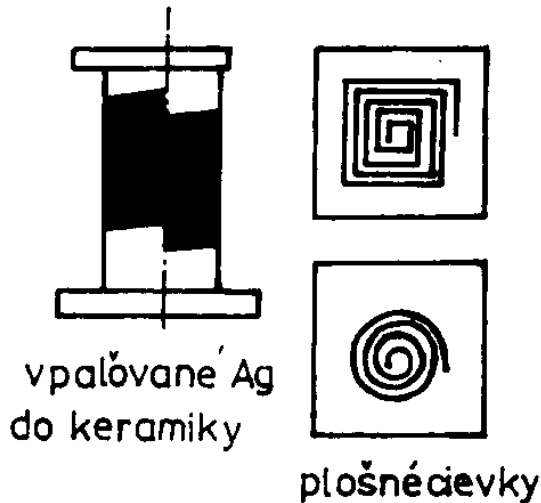


valcové

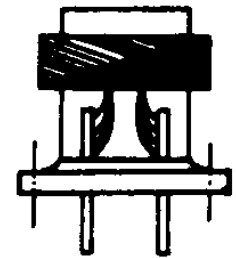


v sekciách

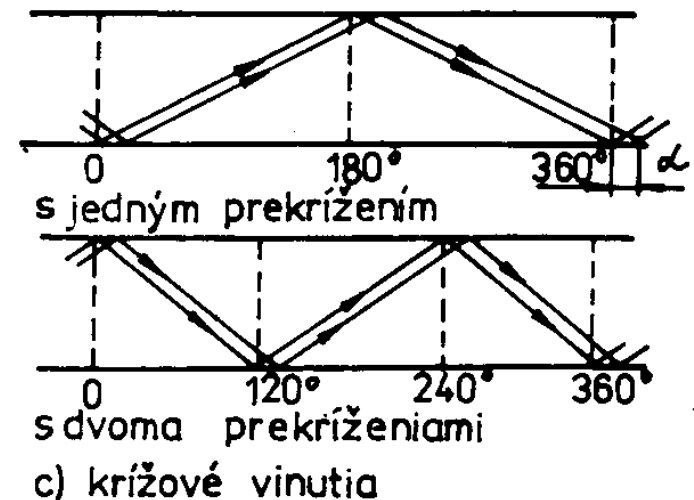
b) viacvrstvové vinutia cievok



princíp vinutia



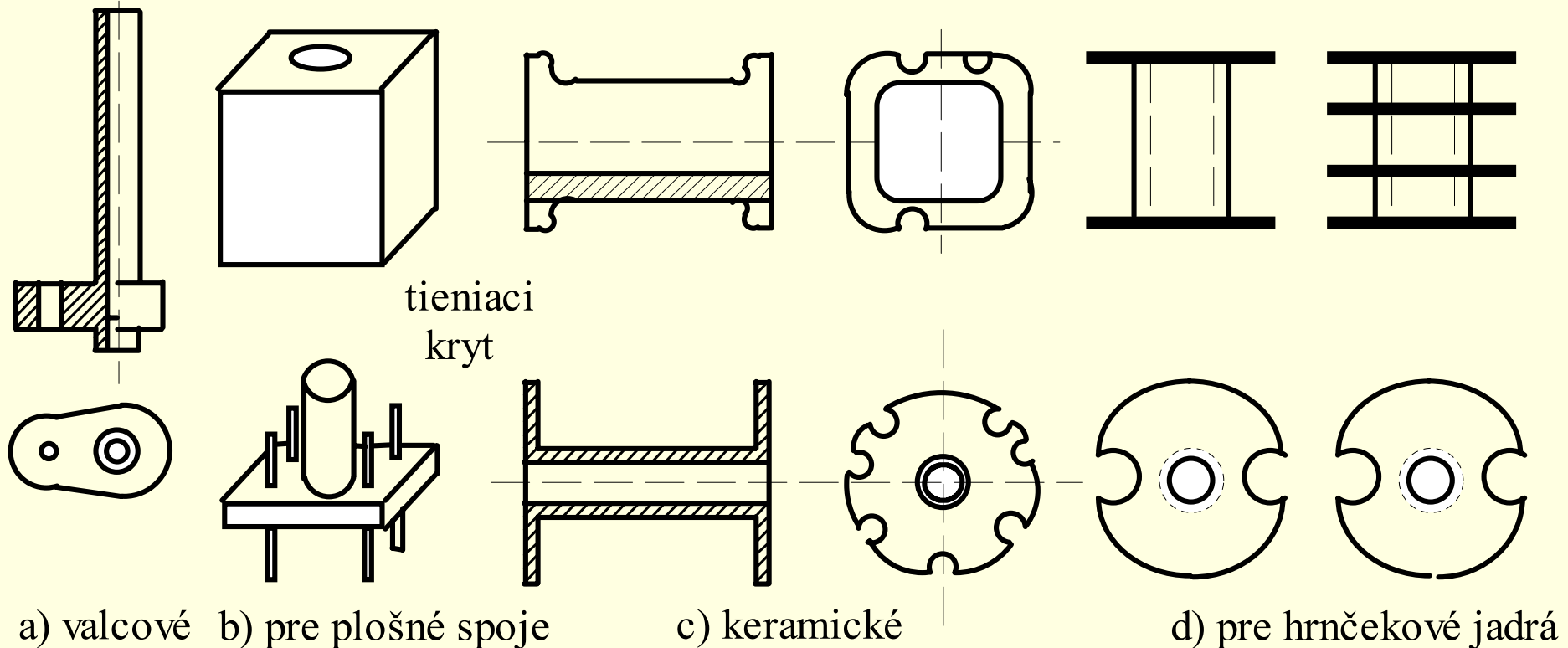
cievka s vŕ lankom



2.4.2 Charakteristické vlastnosti

2.4.2.3 Cievkové telieska vzduchových cievok

Cievkové telieska zabezpečujú **mechanickú pevnosť vinutia**, umožňujú **pripevnenie cievok**, **prichytenie vývodov vinutia**, **vedenie jadier** a **prichytenie tieniacich krytov cievok**. Musia mať dobré elektrické vlastnosti izolantu a súčasne aj dobré mechanické vlastnosti.

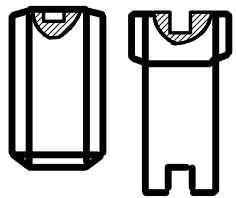


2.4.2 Charakteristické vlastnosti

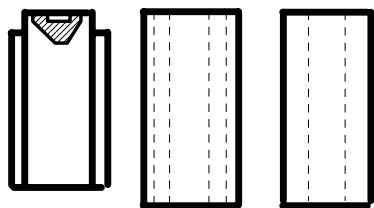
2.4.2.4 Magnetické jadrá cievok

Magnetické jadrá zvyšujú magnetickú vodivosť magnetického obvodu cievky. Tým sa dosiahne zvýšenie indukčnosti cievok, súčasne však musíme uvažovať vplyv strát v magnetickom jadre. Straty v jadre sa skladajú zo strát **hysteréznych**, závislých od použitého magneticky mäkkého materiálu a zo strát **vírivými prúdmi**, závislých od štruktúry materiálu jadra. Najčastejšie sa používajú práškové železové alebo feritové jadrá.

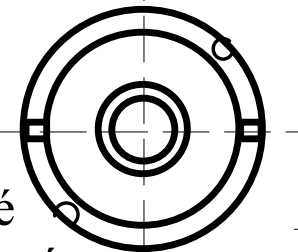
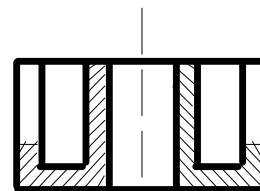
železné:



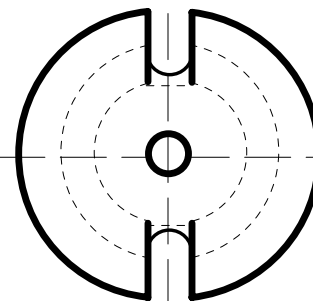
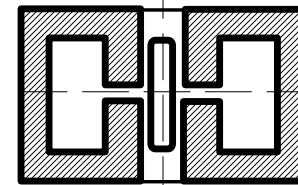
feritové:



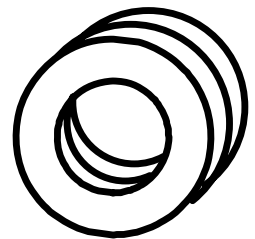
a) dolad'ovacie: 1. striekané 2. lisované
3.,4. skrutkové 5. trubičkové



b) hrnčekové
železné



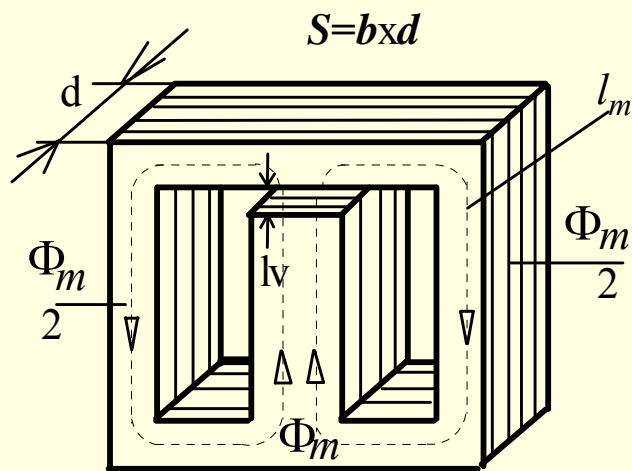
c) hrnčekové
feritové



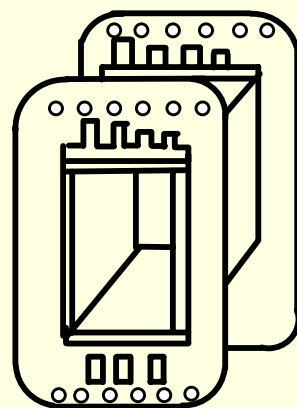
d) toroidné

2.4.3 Tlmivky

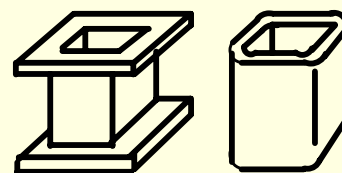
Tlmivky sú cievky na obmedzenie striedavých prúdov. Ich konštrukcia sa líši v závislosti od frekvencie. *Sieťové tlmivky* sú navíjané na kostre s jadrom z transformátorových plechov so vzduchovou medzerou 1 - 2 mm. Ich indukčnosť je rádovo v jednotkách Henry. *Nízkočfrekvenčné tlmivky* sú najčastejšie vinuté na kostičkách s hrnčekovým feritovým jadrom. Ich indukčnosť je 10 ÷ 100 mH. *Vysokočfrekvenčné tlmivky* sú vinuté na keramickom teliesku krížovým vinutím v niekoľkých sekciách (5 ÷ 50 mH). *VHF tlmivky* sú tvorené priamym vodičom, na ktorom je navlečená feritová hrubostenná trubička.



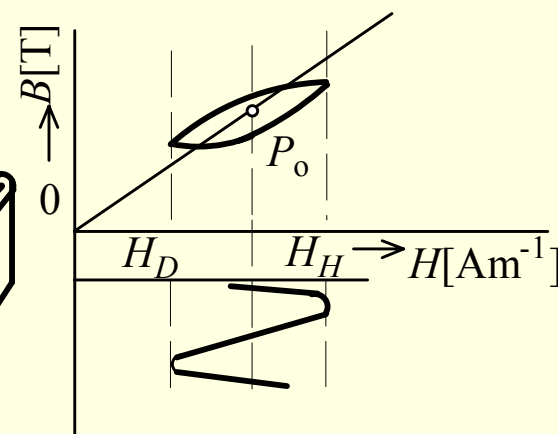
a) magnetický obvod



b) cievkové telieska



lepené



c) princíp predmagnetizácie

2.4.4 *Transformátory*

