# Normály elektrických veličin

- Normály elektrických veličin (etalony) jsou zvláště přesné přístroje, které realizují základní elektrotechnické jednotky.
- nesmí se měnit s časem, s teplotou ani při různém dovoleném zatížení
- používají se ke kontrole a cejchování laboratorních měřících přístrojů

Základní mezinárodní normály jsou uloženy v Paříži. Od nich jsou odvozeny státní normály, které jsou uloženy v metrologických ústavech.

# Rozdělení normálů

- Normály elektrického napětí
- Normály  odporu
- Normály  kapacity
- Normály vlastní a vzájemné indukčnosti
- Proměnné normály

# Státní etalon stejnosměrného el. napětí

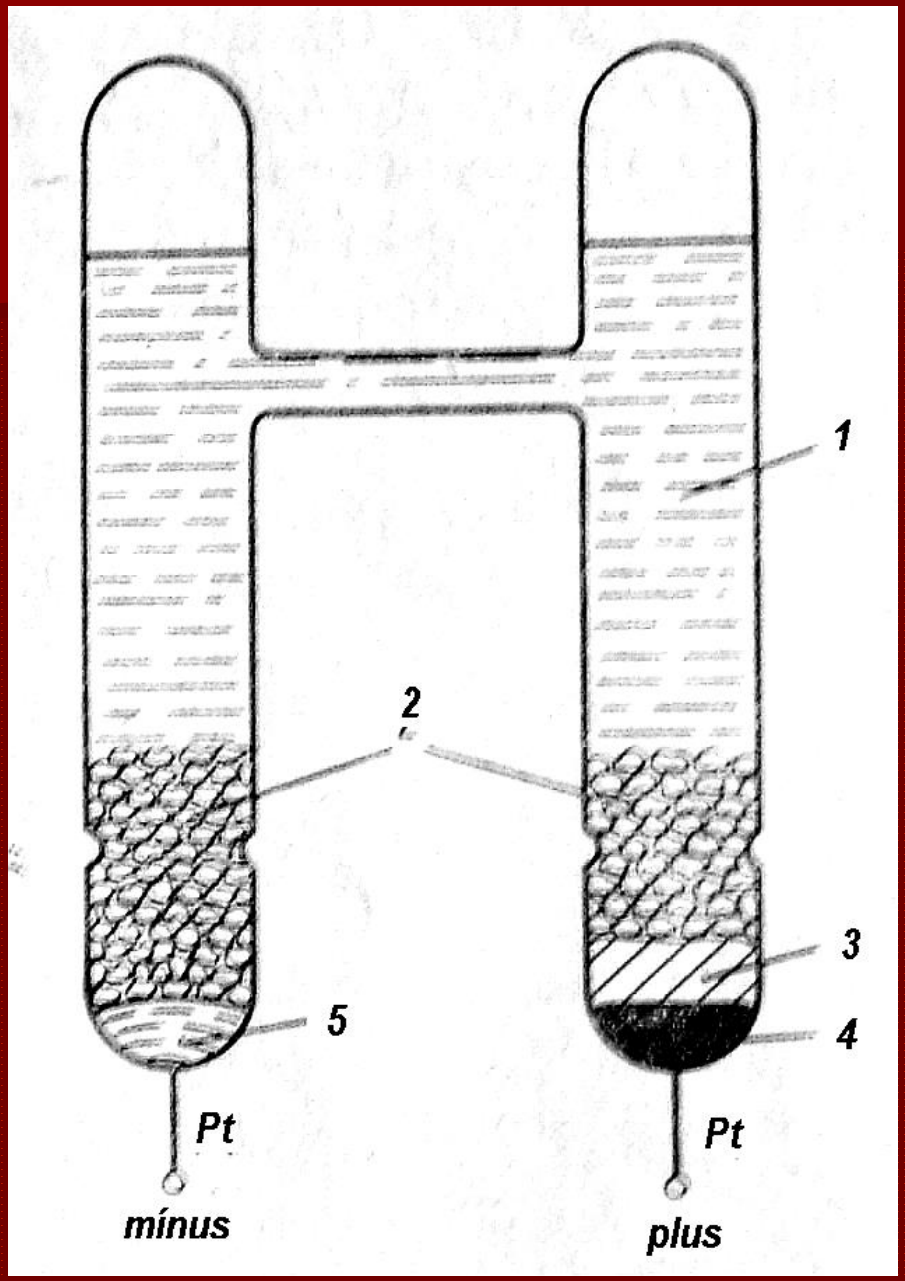
Kvantový etalon ss napětí v ČMI

Složení:

- vakuová nádoba s chladicím zařízením a Josephsonovým čipem
- Osciloskop
- Mikrovlnný čítač
- řídící zdroj spolu s řízeným zdrojem napětí pro Gunnovu diodu (zdroj mikrovln)
- sada zenerových referencí (nejsou na obrázku)
- řídící počítač (není na obr.

# Normály napětí

- Westonův normálový článek (dávná historie)
  1. galvanický článek s nasyceným roztokem– 1,01865V při teplotě 20°C
  2. galvanický článek s nenasyceným roztokem– 1,0190V při teplotě 20°C
- V současnosti se pro běžné použití využívají tzv. referenční zdroje vytvořené na základě:
  1. teplotně kompenzované ZD
  2. termostatované ZD
  3. teplotně kompenzovaného přechodu B-E




# Westonův normálový článek

1. Nasycený roztok $CdSO_4$
2. Krystaly $CdSO_4$
3. $Hg_2SO_4$
4. Rtuť
5. Amalgam Cd-Hg

Síran kademnatý $CdSO_4$
Síran rtuťnatý $Hg_2SO_4$

# Normály odporu

- Požadavky na normály odporu pro ss proud
  1. časová stálost
  2. minimální teplotní závislost – manganin
  3. malé termoelektrické napětí proti mědi
- Navíc pro normály odporu pro střídavý proud
  1. Malá vlastní kapacita a indukčnost

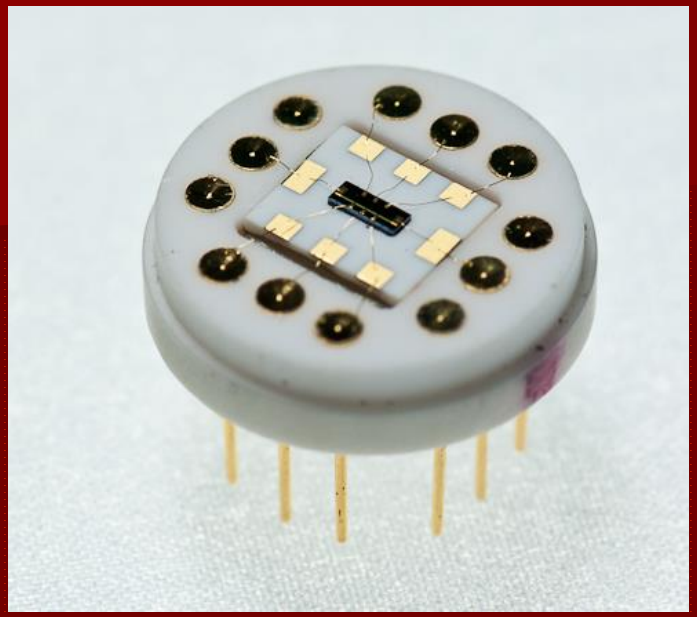
<u>Vlastnosti</u>

Zatížitelnost normálových odporů 1W na vzduchu a 3W v olejové nebo petrolejové lázni

Rozsah $10^{-5} - 10^{9}$ , přesnost 0,0001 až 0,05%

Pro omezení přechodového odporu se vyrábí jako čtyřsvorkové

# Primární etalon odporu



- Etalon odporu založený na principu kvantového Hallova jevu (QHE-Quantum Hall Effect)
- Dosažitelná přesnost: $1 \cdot 10{-}8$

Detail moderního čipu kvantového etalonu odporu

Princip: Při teplotě blízké absolutní nule a současně při působení vysoké indukce (~1 T až 10 T) lze na 2D polovodiči naměřit intervaly, kdy podélný odpor klesá k nule a příčný odpor nabývá celočíselných násobků (nebo dílů) tzv. von Klitzingovy konstanty. Na typu polovodičového materiálu nezáleží. Důležitá je velikost B.

# Státní etalon odporu

*Systém QHR2010*
*(převzato z:www.cmi.cz)*

- Státní etalon stejnosměrného elektrického odporu ČR
- Umístění: ČMI Praha (od r. 2008

Součásti etalonu:

- Měřicí systém CRYOGENIC QHR 2010 s kryostatem se supravodivým magnetem s polovodičovou strukturou z PTB a kryogenním proudovým komparátorem (CCC).
- Automatický poměrový odporový most MI 6010 Q (Quant Ω).
- Sada klasických etalonů jm. hodnot 1 Ω, 100 Ω, 10 kΩ

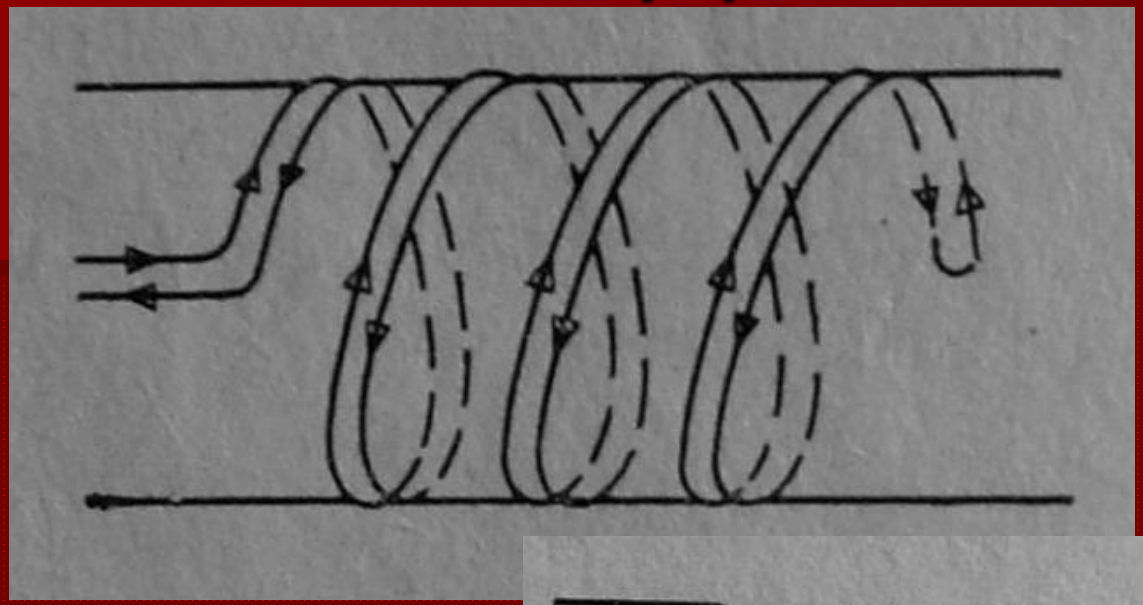
# Normál na stejnosměrný proud

# Normál odporu na stejnosměrný proud

Pro udržení přesnosti

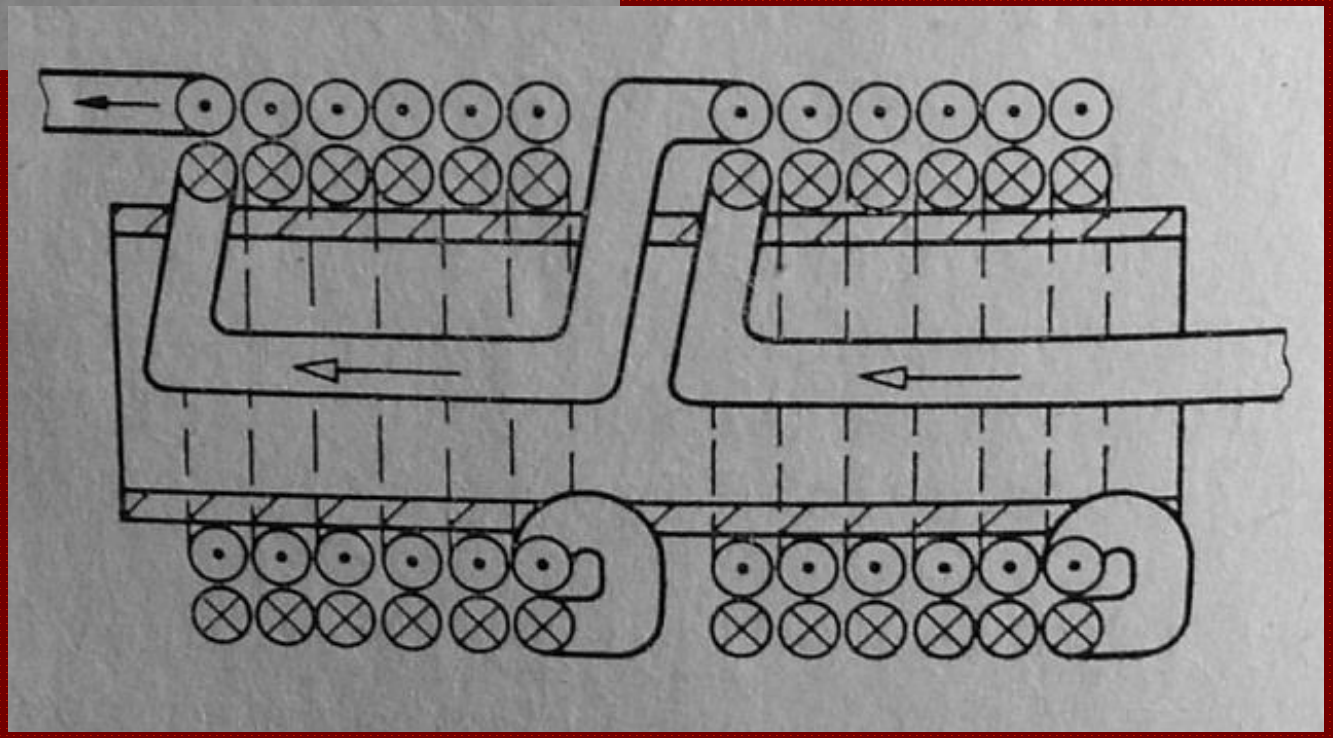
- co nejméně zatěžovat
- chránit před otřesy,pády a nárazy
- udržovat v prostředí se stálou vlhkostí

# Normály pro střídavý proud



## Bifilární vinutí

od 0.1 do 100 Ohmů
s přesností 0.1%



## Chaperonovo vinutí

odpory nad
100 Ohmů

# Státní etalon elektrické kapacity

- je tvořen sadou křemenných vysoce stabilních etalonů kapacity uzavřených hermeticky v dusíkové atmosféře umístěné v olejové termostatizované lázni (stabilita ± 0,005°C)
- ultrapřesný kapacitní můstek (kalibruje se pomocí etalonu)
- Multimetr pro měření teploty

# Normály elektrické kapacity

- kapacita nezávislá na vlivech okolí,napětí mezi elektrodami a kmitočtu
- dielektrikum má být co nejdokonalejší (malé dielektrické ztráty a velký izolační odpor)

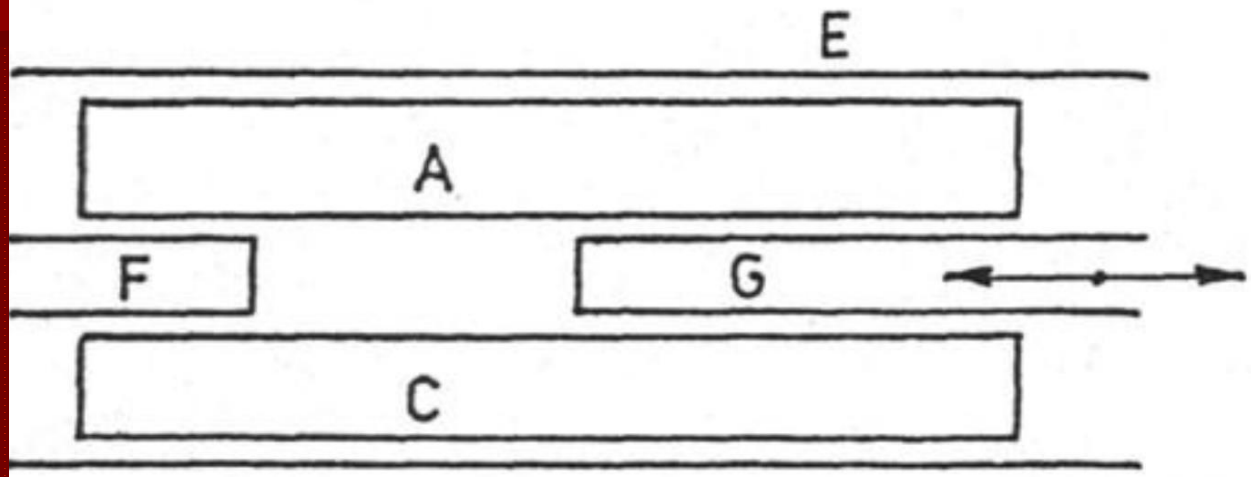
Normály dělíme na :

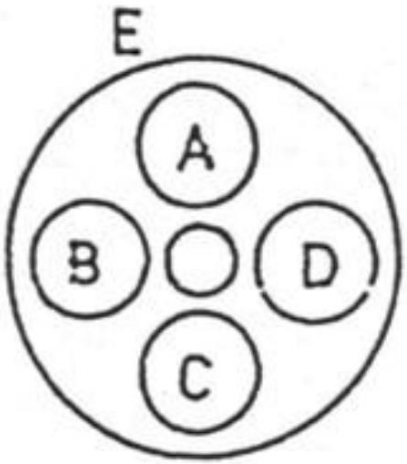
- primární – kapacita se vypočítá z rozměrů
- sekundární – kapacita se zjistí měřením

1. vzduchové – nejčastěji deskové
2. se stlačeným plynem – velká stálost, téměř bezeztrátové
3. s pevným dielektrikem – keramické, slídové, styroflexové

# Primární normál elektrické kapacity

kapacita je určena z rozměrů kond. výpočtem




$$\Delta c = \Delta l \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\ln 2}{\pi}$$

$\varepsilon_0$ je permitivita vakua

Konstanta $\varepsilon_0 \cdot \frac{\ln 2}{\pi}$ je **1,953 549 043 pF/m**

E je stínící kryt

A, B, C, D jsou hlavní elektrody etalonu tvaru kruhových válců

F a G jsou stínící elektrody

# Normály elektrické kapacity

# Normály vlastní a vzájemné indukčnosti

Primární etalony lze sice teoreticky stanovit výpočtem z rozměrů, ale určují se porovnáváním impedance cívky s impedancí etalonu kapacity měřením na střídavém můstku

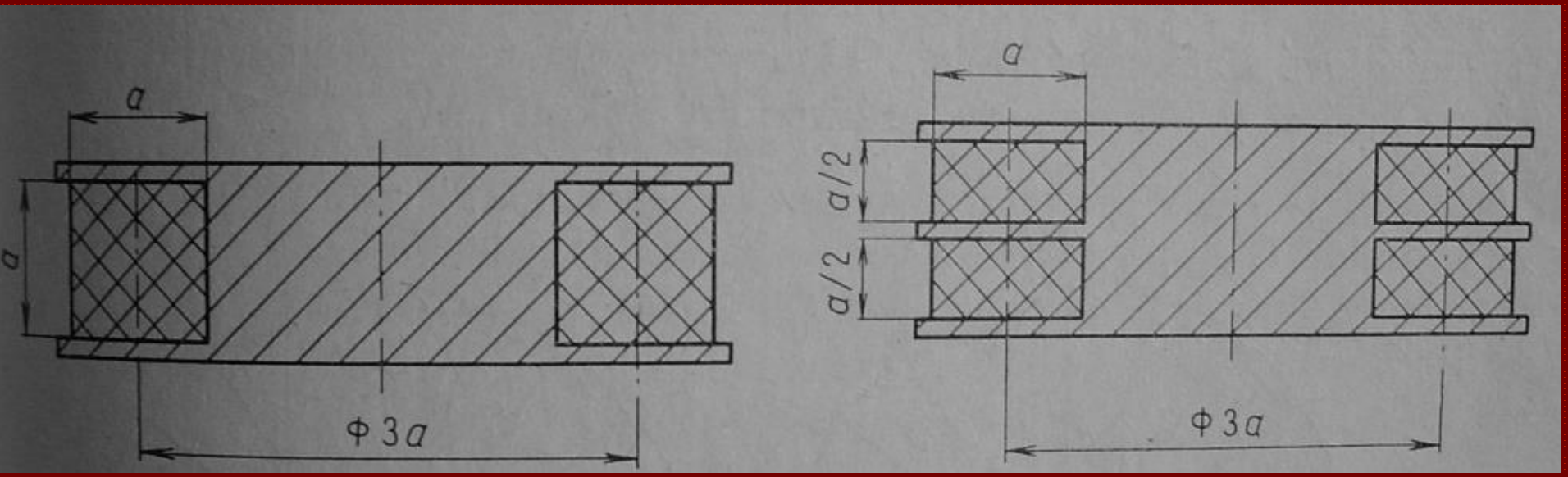
Sekundární etalon indukčnosti od firmy IET LABS, INC

Od 1μH do 10H
Akreditovaná kalibrace dle ISO-17025 do 1KHz
Toroidní jádro eliptického průřezu
Cena od $3,940.00 do $5,626.00

# Normály vlastní a vzájemné indukčnosti

- malý činný odpor a vlastní kapacita
- nezávislost na procházejícím proudu a kmitočtu

**Sekundární etalony indukčnosti** tvoří jednovrstvé cívky na kostře keramiky nebo křemičitého skla.



# Normál vlastní indukčnosti

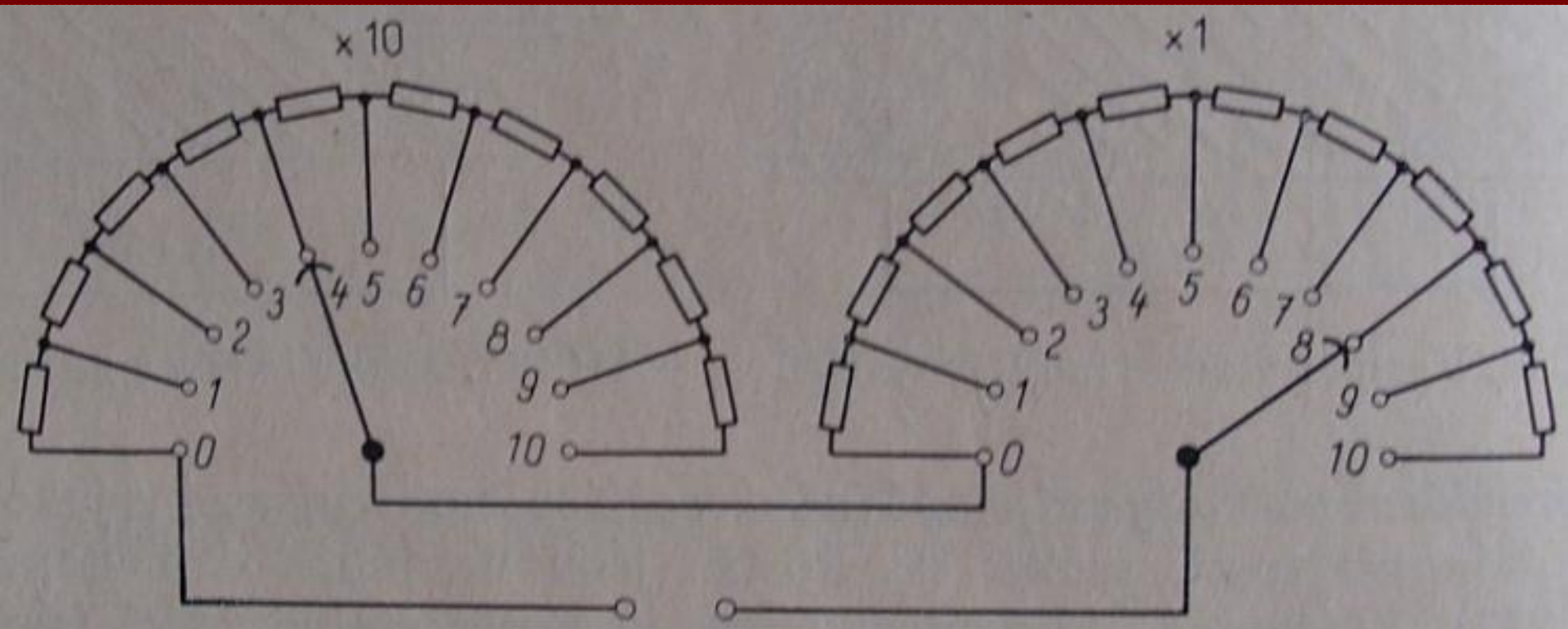
# Proměnné normály

- odporové dekády (sádky) – stupňovitě proměnné odpory
- kapacitní sádky a přesné otočné kondenzátory
- indukčnostní sádky a cívky s plynule proměnnou indukčností tzv. variometry

# Odporová dekáda

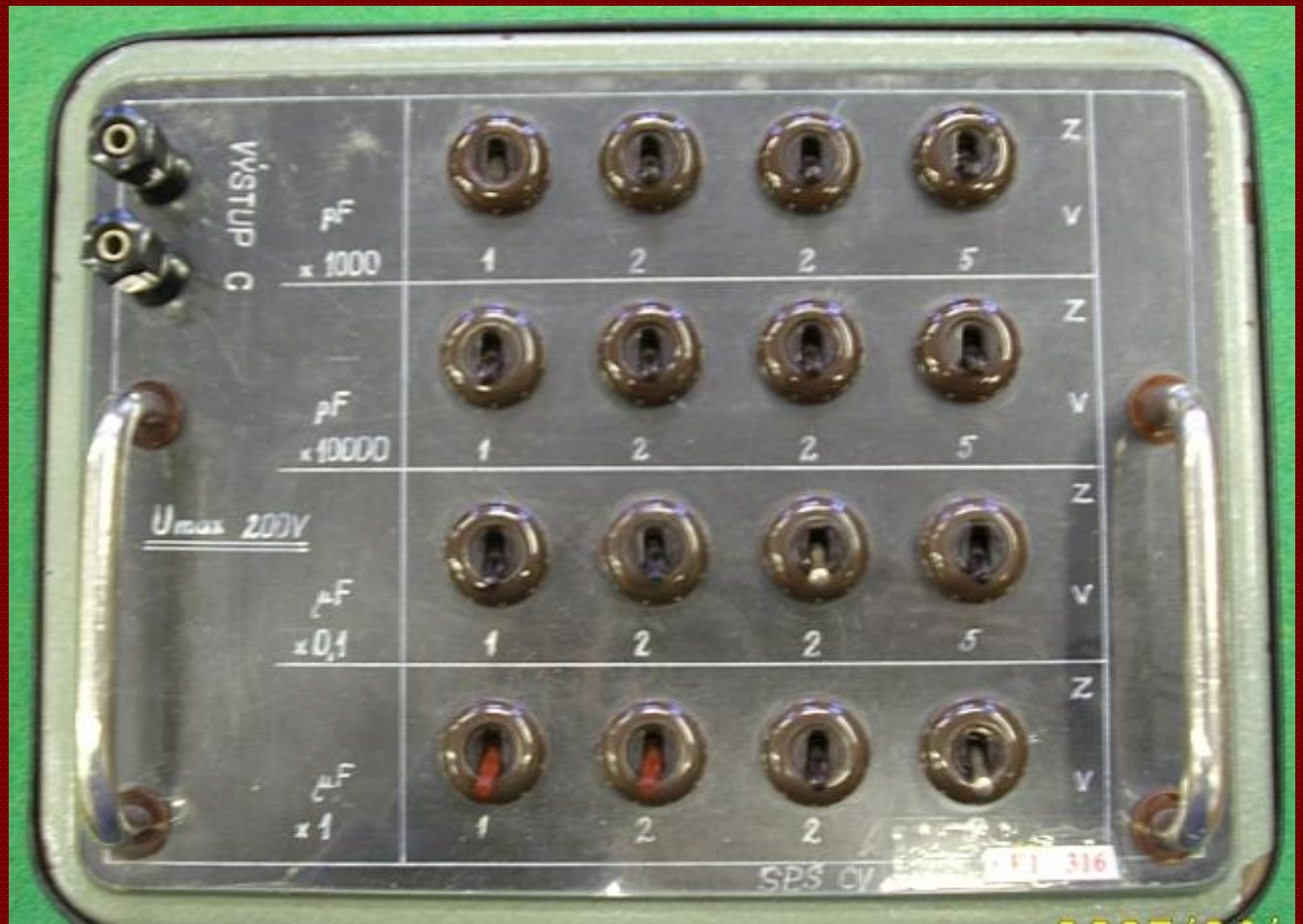
XL6, L110 – šestidekádové určené pro ss i střídavý proud

- mají mít co nejmenší přechodové odpory přepínačů
- pozor na dovolené zatížení jednotlivých stupňů



# Kapacitní sádky

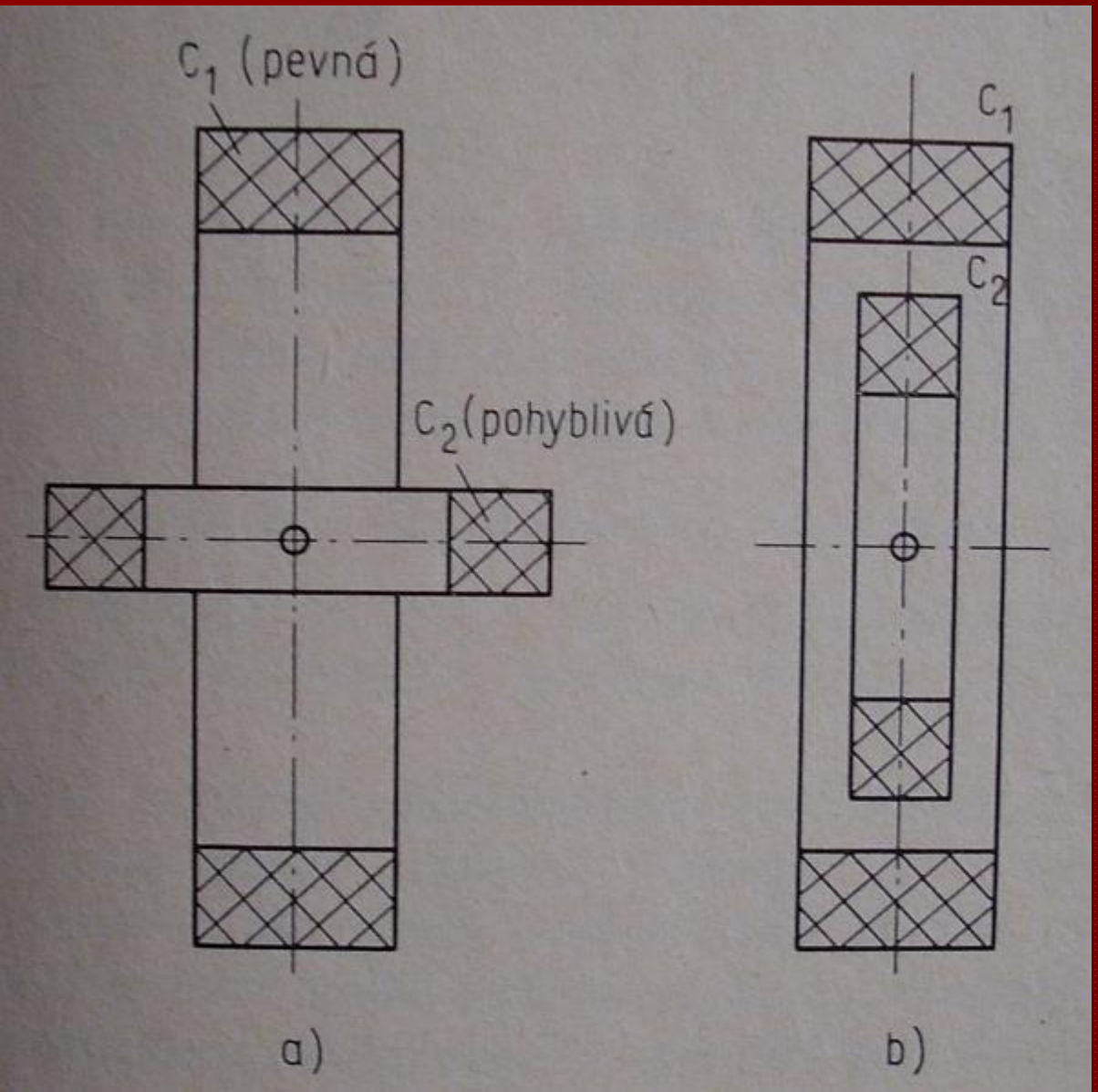
- Kapacity odstupňovány v poměru
  1:2:2:5 nebo 1:2:3:4



# Kapacitní dekáda

# Plynule proměnná kapacita

# Plynule proměnná indukčnost - variometr




Výsledná indukčnost

- Lv=L1+L2

b)

Lv=L1+L2±2M