



MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

Měření kapacity kondenzátoru, část 3-8-1

Výukový materiál

Číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0093

Šablona: III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Sada: 22

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_SPŠ-ELE-6-III2_E3_01



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NÁZEV DUM

Předmět: MĚŘENÍ

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Vít Krňávek

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace : Rozbor vlastností reálného kondenzátoru a způsobů měření jeho kapacity.

Klíčová slova: kapacita, náhradní zapojení, ztrátový činitel, admitance, můstková metoda, výchylková metoda, balistický galvanometr,

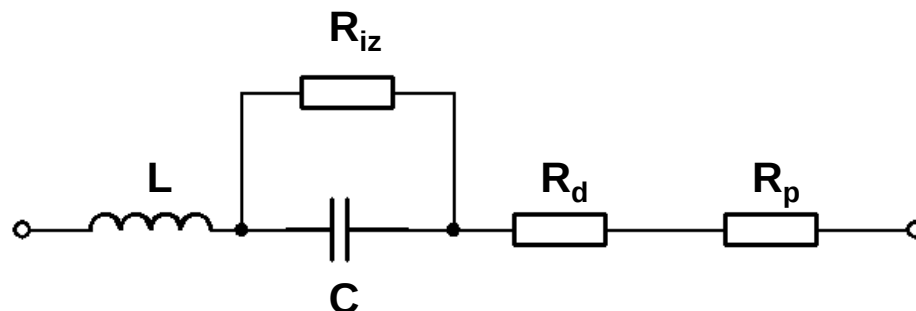
*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Vít Krňávek
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

POUŽITÉ ZDROJE

1. BEN - technická literatura. *Elektrotechnická měření*. Dotisk 1.vydání. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2003. 256 s. ISBN 80-7300-022-9.
2. HAASZ, Vladimír; SEDLÁČEK, Miloš. *ELEKTRICKÁ MĚŘENÍ, Přístroje a metody*. Dotisk 2. vydání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2005. 337 s. ISBN 80-01-02731-7.

Vlastnosti reálného kondenzátoru jsou dány použitým dielektrikem, provedením elektrod a přívodů. Kromě kapacity tak vykazuje kondenzátor i odpor v dielektriku a odpor elektrod včetně přívodů a jejich indukčnost. Tyto parazitní prvky jsou kmitočtově závislé.

Úplné náhradní zapojení reálného kondenzátoru vytváří obvod:



Kde: C ...kapacita kondenzátoru

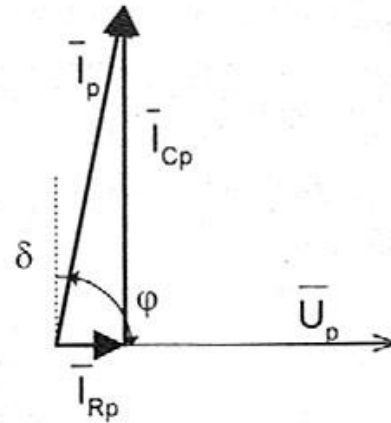
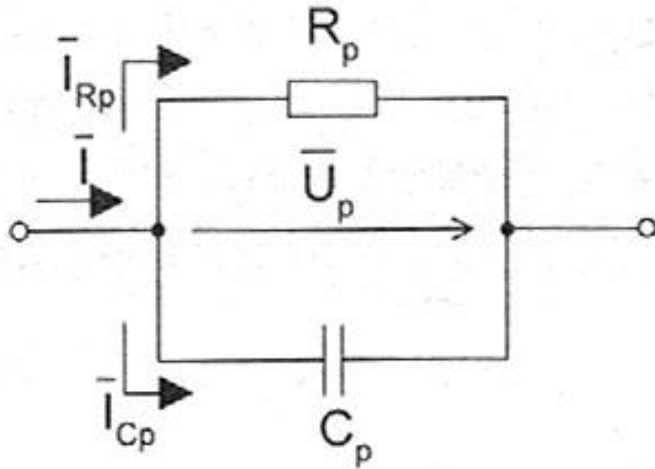
L ...indukčnost desek a přívodů

R_{iz} ...izolační odpor dielektrika

R_d ...představuje ztráty v dielektriku

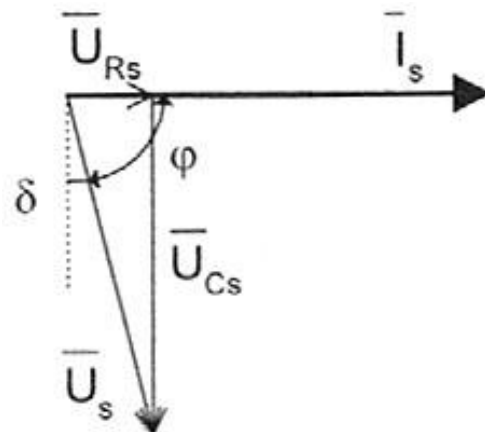
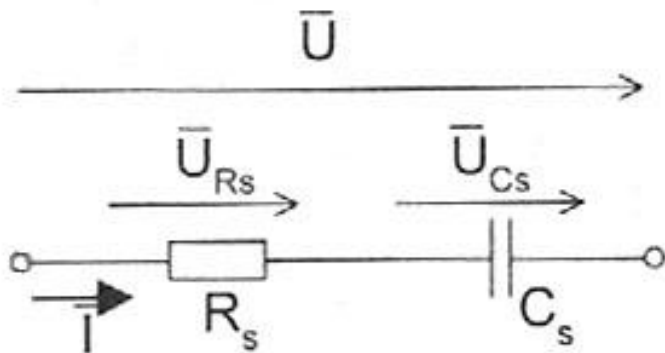
R_p ...odpor přívodů a elektrod

Při výpočtech obvodů s kondenzátory a nižších kmitočtech je používán jeho zjednodušený model s paralelně nebo sériově zapojeným rezistorem.



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{\frac{U}{R_P}}{\frac{1}{\omega \cdot C_P}} = \frac{1}{\omega \cdot C_P \cdot R_P}$$

tgδ - se nazývá **ztrátový činitel** a je to poměr činného výkonu ztraceného v kondenzátoru k jalovému výkonu při harmonickém napětí daného kmitočtu.



$$\operatorname{tg} \delta = \frac{U_R}{U_C} = \frac{R_S \cdot I}{\frac{I}{\omega \cdot C_S}} = \omega \cdot C_S \cdot R_S$$

Výrobci kondenzátorů udávají ztrátový činitel pro určitý kmitočet. Čím je jeho velikost menší, tím je kondenzátor kvalitnější.

Průchodem střídavého proudu kondenzátorem vznikají ztráty, které jsou dány:

- ztrátami na odporech přívodů a elektrod
- ztrátami v použitém dielektriku
- ztrátami v izolační povrchové vrstvě

MĚŘENÍ KAPACITY KONDENZÁTORŮ

Kapacitu kondenzátoru je možné měřit:

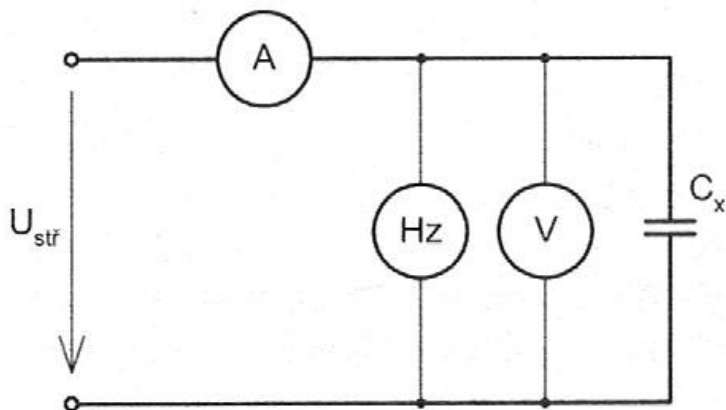
a) Výchylkovými metodami

- **voltmetrem a ampérmetrem (Ohmova metoda)**
- **balistickým galvanometrem**
- **třemi ampérmetry**
- **měřiči kapacity (analogové nebo číslicové)**

b) Můstkovými metodami

- **můstky s ručním vyvažováním**
- **automaticky vyvažované můstky RLCG**

Měření kapacity voltmetrem a ampérmetrem



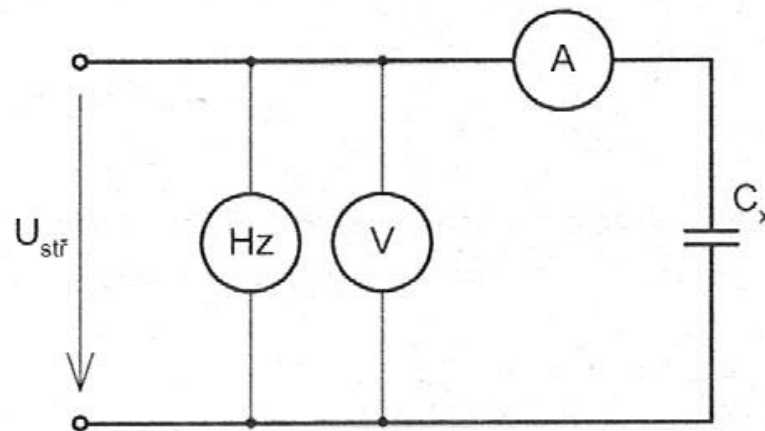
měření velkých kapacit

$$X_C = \frac{U}{I}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C_X = \frac{I}{2\pi f U}$$

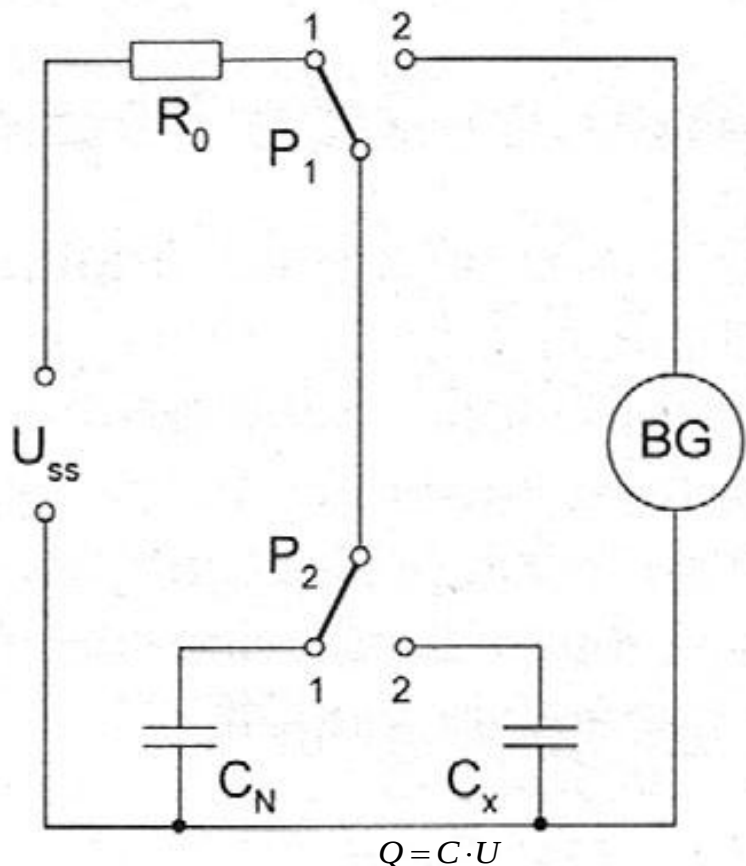
$$C_h \approx \frac{1}{\omega \sqrt{R_A \cdot R_V}}$$

měření malých kapacit



C_h – hraniční kapacita

Měření kapacity balistickým galvanometrem



$$Q = \int_0^{t_1} i dt$$

$$Q = k_b \cdot \alpha_{\max}$$

k_b - balistická konstanta galvanometru

$\alpha_{\max}$ - první (největší) výkyv bal. galvanometru

$$Q_N = C_N \cdot U_1 = k_b \cdot \alpha_N$$

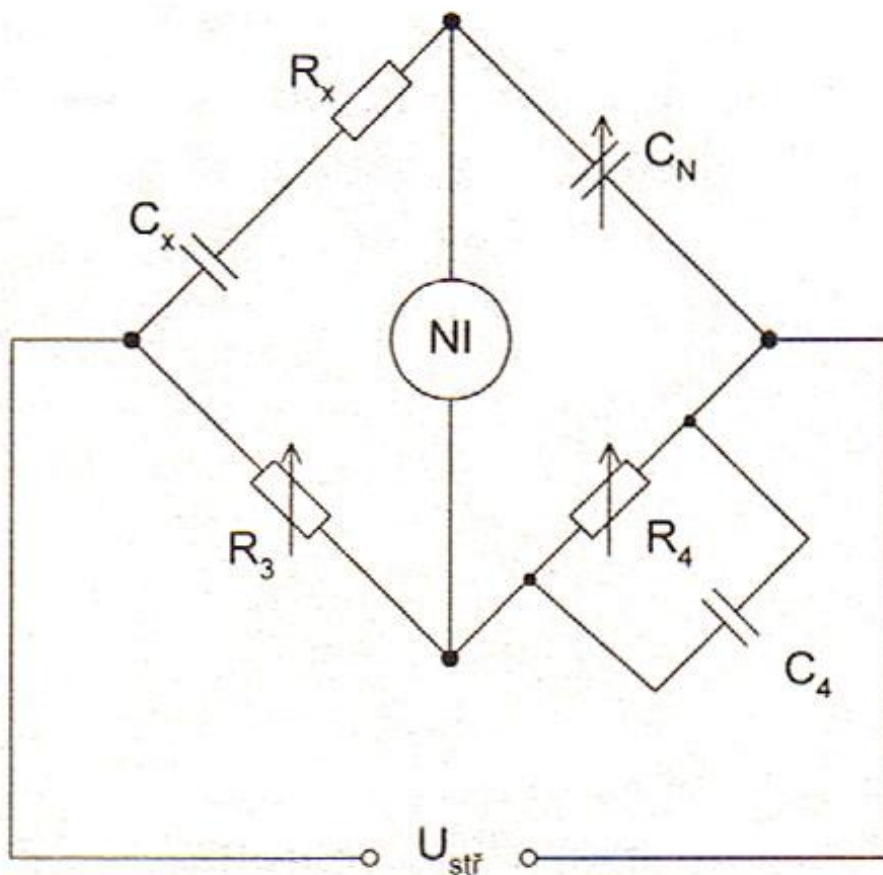
$$Q_X = C_X \cdot U_2 = k_b \cdot \alpha_X$$

$$\frac{C_X U_2}{C_N U_1} = \frac{k_b \alpha_X}{k_b \alpha_N} \Rightarrow C_X = C_N \frac{U_1 \alpha_X}{U_2 \alpha_N}$$

$$C_X = C_N \frac{\alpha_X}{\alpha_N}$$

Můstková metoda měření kapacity

Scheringův můstek



$$\bar{Z}_X \cdot \bar{Z}_4 = \bar{Z}_2 \cdot \bar{Z}_3$$

$$\left(R_X + \frac{1}{j\omega C_X} \right) \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_4} + j\omega C_4} = R_3 \cdot \frac{1}{j\omega C_N}$$

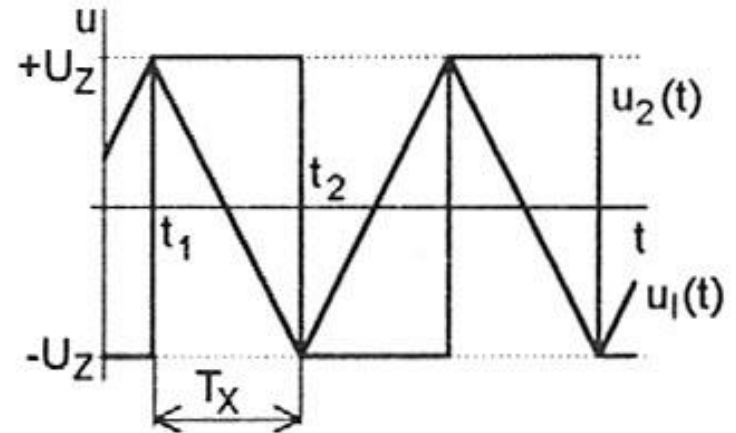
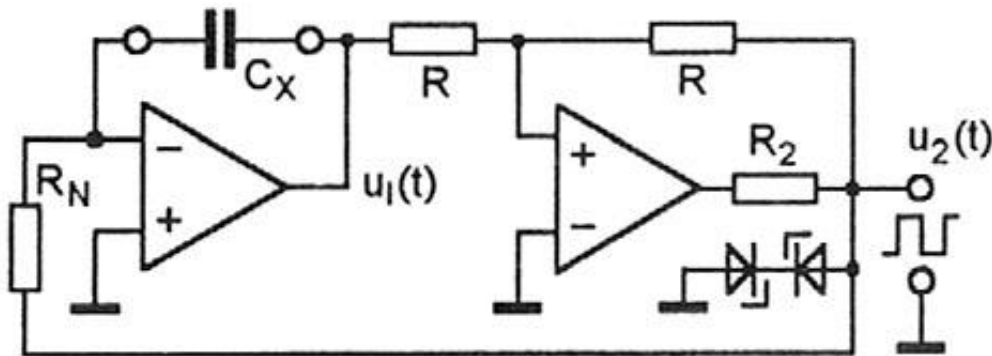
$$R_X = R_3 \frac{C_4}{C_N} \quad C_X = C_N \frac{R_4}{R_3}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \omega R_X C_X = \omega C_4 R_4$$

Používá se rovněž k měření ztrátového činitele a permitivity izolačních materiálů:

$$\epsilon_r = \frac{C_P}{C_0}$$

Převodník kapacita - čas

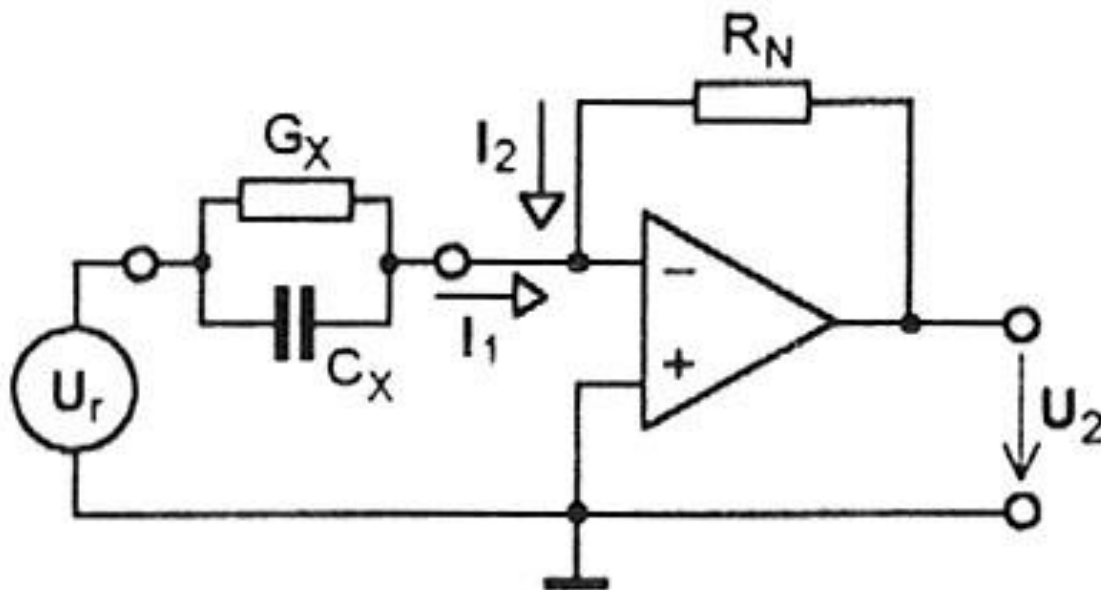


$$u_1(t) = -\frac{1}{R_N C_X} \int_0^t (-U_Z) dt + k_1$$

Pro časový interval T_X , který lze snadno změřit čítačem, platí: $T_X = 2R_N C_X$

$$C_X = \frac{T_X}{2R_N}$$

Převodník admittance na fázor napětí



$$U_2 = -G_X \cdot R_N \cdot U_1 - j \cdot \omega \cdot C_X \cdot R_N \cdot U_1$$

$$G_X \approx \operatorname{Re}\{U_2\} \qquad C_X \approx \operatorname{Im}\{U_2\}$$

Reálná a imaginární složky se změří vektorovým voltmetrem.