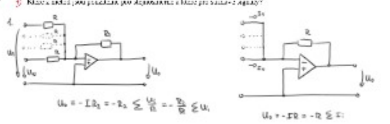
Předtermín

pondělí 8. ledna 2024 17:41

①

1. Převodník s OZ pro sčítání [illegible] elektrických veličin (U i I; zapojení, odvození vztahu pro výstupní napětí).
2. [illegible]
3. Které metody jsou používány pro stejnosměrné a které pro střídavé signály?

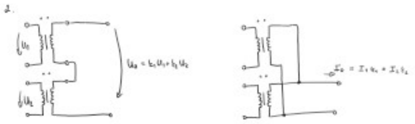
1.



$U_o = -I R_2 = -R_2 \sum \frac{U_i}{R} = -\frac{R_2}{R} \sum U_i$

$U_o = -\Sigma R = -R \sum I_i$

2.



$U_o = k_1 U_1 + k_2 U_2$

$I_o = I_1 k_1 + I_2 k_2$

3. ss. – operační zesilovače

stř. – transformátory

- Co je to standardní nejistota typu A a typu B?
- Jak se určuje a jak závisí na počtu měření nejistota typu A v případě přímých měření?
- Jak se v případě přímých měření většinou určuje nejistota typu B, je-li zadáno zadáno toleranční pásmo ±Δx?
- Co je to rozšířená nejistota?
- Jak určíte rozšířenou nejistotu nepřímého měření (obecně)?

1.6.1

Typ A – náhodná chyba, může vzniknout opakovaným měřením

Typ B – chyba vzniklá nepřesností přístrojů

1.6.2

$u_A(x) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$ v případě málo měření (n<10) je tato hodnota nespolehlivá

1.6.3.

Ručičkové přístroje: $u_B = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$ $\left(\Delta x = \frac{\delta_1}{100} x + \frac{\delta_2}{100} M \;/\; \Delta x = \frac{\delta}{100} X + N R \right)$

počet kvantovacích kroků – rozlišení přístroje

1.6.4.

$U(x) = k_r \cdot u_c(x)$ (koeficient rozšíření) → k_r zvyšuje pravděpodobnost, že hodnota leží v daném intervalu

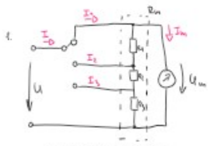
1.6.5

$u_y = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i}}$ $u = u_y \cdot k_r$

standardní nejistota vynásobím k_r

- Nakreslete schéma magnetoelektrického třírozsahového miliampérmetru.
  Stanovte hodnoty odporů bočníku dvourozsahového miliampérmetru pro proudy I_1 = xx mA a I_2 = x mA a magnetoelektrický systém xx mV/10 Ω.
- Vysvětlete princip magnetoelektrického ústrojí (stačí nákres s popisem) a odvoďte jeho pohybový moment.
- Pro jaký rozsah měření proudu je možné použít magnetoelektrické ústrojí doplněné bočníkem a jaký je řádově úbytek napětí na těchto ampérmetrech?

1.

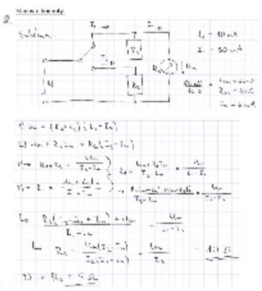


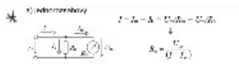
$U_m = (R_1 + R_2 + R_3)(I_1 - I_m)$

$U_m + R_1 I_m = (R_2 + R_3)(I_2 - I_m)$

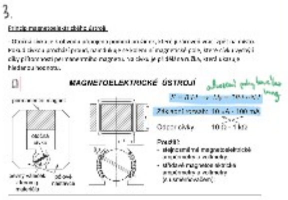
$U_m + (R_1 + R_2) I_m = R_3 (I_3 - I_m)$

2.





3.



4.

Pro jaký rozsah...:

Jednotky mA až jednotky A — jednotky μA – jed. A

úbytky napětí na bočníku cca 2V — úbytek napětí 50 ÷ 200 mV

- Napětí U_x = xxx V je změřeno:
a) číslicovým voltmetrem s rozsahem XX V a udanou chybou 0.XX % z měřené hodnoty + 0.X % z rozsahu.
b) číslicovým voltmetrem s rozsahem XX V, X-místným zobrazovačem a udanou chybou 0.X% z měř. h. + Y dig.
Určete rozšířenou nejistotu měření pro k_r = 2 pro oba případy.
- Co je a jak vzniká "sériové rušení" a "souhlasné rušení" u číslicových voltmetrů?

1.8.1

$U_x = 200V$

a) $M = 20V$ $\delta_1 = 0{,}5\%$ $\delta_2 = 0{,}2\%$ $k_r = 2$ $u_B = \frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{0{,}5}{100} \cdot 200 + \frac{0{,}2}{100} \cdot 20 \right)$

b) $M = 20V$, 4 míst., $\delta = 0{,}3\%$, ±3 dig. $k_r = 2$

$u_B = \frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{0{,}3}{100} \cdot 200 + 3 \cdot \frac{20}{2000} \right)$

1.8.2

Sériové rušení – můžeme si to představit jako zdroj rušivého signálu zapojený do série s měřenou veličinou

– vzniká galvanickou, el. nebo mag. vazbou převodního kabelu s okolím

Souhlasné rušení – působí na oba dva vstupy stejným způsobem

– vzniká vlivem rozdílné impedance svorek vůči zemi

②

Určete rozšířenou nejistotu měření pro k_r = 2 pro oba případy.
- Co je a jak vzniká "sériové rušení" a "souhlasné rušení" u číslicových voltmetrů?

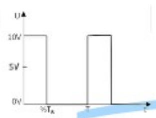
1.9

Průběh dle obr. Je měřen:

A. - magnetoelektrickým voltmetrem s usměrňovačem
B. - číslicovým voltmetrem s operačním usměrňovačem a s oddělovací kapacitou na vstupu.
C. - číslicovým voltmetrem s převodníkem pro měření skutečné efektivní hodnoty (true RMS)

Jaké budou údaje těchto přístrojů?

Jak jednoduše určit stejnosměrnou složku při zobrazení tohoto průběhu na osciloskopu?



- magnetoelektrickým voltmetrem s usměrňovačem – měří střední hodnotu
- číslicovým voltmetrem s operačním usměrňovačem a s oddělovací kapacitou na vstupu – oddělovací kapacita odfiltruje DC složku, operační usměrňovač udělá absolutní hodnotu, změří střední hodnotu a vynásobí 1,11
- číslicovým voltmetrem s převodníkem pro měření skutečné efektivní hodnoty (true RMS) – naměří hodnotu podle matematické definice
- Pro U = 10V a %T = 20%:
  - U1 = 2 V
  - U2 = 3,55 V
  - U3 = 4,47 V
- Jak jednoduše určit stejnosměrnou složku při zobrazení tohoto průběhu na osciloskopu? Přepnout na AC coupling a změřit o kolik V se signal posunul dolů

1. $U = \frac{1{,}11}{T} \int_0^{T_x} |u(t)| \, dt = \frac{1{,}11}{T} \int_0^{T_x} 10 \, dt = \frac{11{,}1}{T} \cdot T_x = \frac{11{,}1 \cdot T \cdot a}{T} = 11{,}1 a$ ($T_x = T \cdot a$; $a < 1$)

2. $U = \frac{1{,}11}{T} \int_0^{T} 5 \, dt = \frac{1{,}11}{T} \cdot 5T = 5{,}55$

3. $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{T_x} u^2(t) \, dt} = \sqrt{\frac{1}{T} 100 \cdot T_x} = \sqrt{100 a} = 10\sqrt{a}$ ($T_x = T \cdot a$, $a < 1$)

- Pro U = 10V a %T = 20%:
  - U1 = 2 V
  - U2 = 3,55 V
  - U3 = 4,47 V
- Jak jednoduše určit stejnosměrnou složku při zobrazení tohoto průběhu na osciloskopu?
  Přepnout na AC coupling a změřit o kolik V se signál posunul dolů

3. $U = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{T_x} u^2(t)\,dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\,100\cdot T_x} = \sqrt{100a} = 10\sqrt{a}$

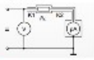
$T_x = T\cdot a\ ;\ a < 1$

3

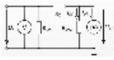
- Kdy je nutné považovat měřený odpor za velký?
- Nakreslete schéma zapojení pro měření velkých odporů Ohmovou metodou včetně stínění a zemění.
- Nakreslete náhradní schéma tohoto obvodu.
- Jak se projeví svodový odpor přívodních kabelů a za jakých podmínek se neuplatní?
- Jak lze eliminovat svodový odpor fixační podložky (zdůvodněte)?

3.1.1.

3.1.2.



3.1.3



3.1.4.

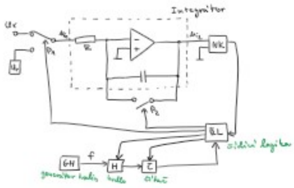
paralelně ke zdroji U se neuplatní

paralelně k pA-metru, když $U_{pA} \to 0$, neuplatní se, jinak $I_{sv} = \frac{U_{pA}}{R_{sv}}$

3.1.5 – Připojení 1 konce rezistoru ke stínění (obdobně jako u kapacitního standardu)

2. A/C a Č/A převodníky

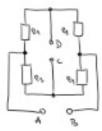
Nakreslete schéma zapojení A/C převodníku s dvoutaktní integrací a odvoďte vztah pro [illegible] (4 b.)



$u_{i(t)} = \frac{1}{RC}\int U_x\,dt = \frac{1}{RC}U_x t$

- Nakreslete schéma Wheatstonova můstku a odvoďte vztah pro napětí na jeho měřící diagonále.
- Odvoďte závislost tohoto napětí na změně odporu ΔR pro nevyvážený wheatstonův můstek napájený ze zdroje napětí pro $R_1 = R_0 + \Delta R$, $R_2 = R_3 = R_4 = R_0$. V jakém případě lze nelinearitu převodníku ΔR → U zanedbat?
- Jak lze zvýšit citlivost můstku použitím většího počtu senzorů (schéma)?

1.

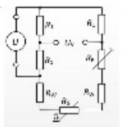


$U_{CD} = U_{AB}\left(\frac{R_1}{R_1+R_2} - \frac{R_3}{R_3+R_4}\right)$

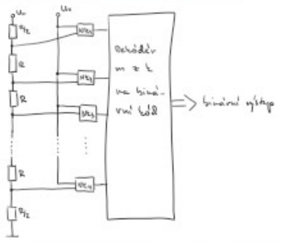
2. $R_1 = R_0 + \Delta R$ $\quad R_2 = R_3 = R_4 = R_0$

zanedbat lze pro $\Delta R \ll 2R_0$

3.



2. A/C a Č/A převodníky [illegible]



b) 8 bitů, doba převodu 0,1 – 10 ns

použití: osciloskopy s číslicovou pamětí, souřadnicové radio a televize [illegible]

1. Nakreslete zapojení převodníku odpor → napětí pro měření **středních** odporů.
2. Odvoďte vztah definující převod za předpokladu použití **ideální** OZ.
3. Vypočtěte hodnotu měřeného odporu a rozšířenou nejistotu měření $k_r = 2$, je-li dáno: R_0 = X kΩ ± X Ω; U_1 = X V ± X mV; U_2 = -X,xxx V; výstupní napětí U_2 je měřeno číslicovým voltmetrem s rozsahem XX V s danou chybou 0.X % z údaje + 0.XX % z rozsahu.
4. Jaké vlastnosti **reálného** OZ se mohou v tomto případě negativně projevit?

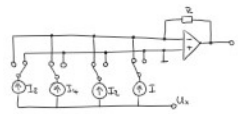
1. Měření odporu
a) Nakreslete zapojení převodníku R/U s operačním zesilovačem pro měření středních odporů (1,5 b)
b) Odvoďte vztah pro měřený odpor R_x z výstupního napětí (1 b)
c) Odvoďte vztah pro určení nejistoty [illegible] (2,5 b)

c) $u_{R_x(c)} = \sqrt{\sum\left(\frac{\partial R_x}{\partial ..}\,u..\right)^2}$

$u_{R_N} = \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\delta R_N}{100}\cdot R_N$ $\qquad u_{U_r} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{\delta U_r}{100}\cdot U_r$

2. A/C a Č/A převodníky

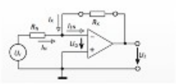
Nakreslete schéma zapojení Č/A převodníku s váhovanými proudy a stručně vysvětlete jeho princip (1 b.)



zabezpečuje transformaci informace vyjádřenou v číslicové formě na analogové napětí

1.

Převodník R → U („střední" odpory)



2. $I_N = -I_x$

$\frac{U_r}{R_N} = -\frac{U_2}{R_x}$

$R_x = -\frac{U_2}{U_1}R_N$

4. napěťová nesymetrie, vstupní klidové proudy

- Kdy považujeme z hlediska měření odpor za **malý** a jaké rušivé vlivy je třeba respektovat?
- Nakreslete zapojení převodníku odpor → napětí pro měření malých odporů.
- Odvoďte vztah definující převod.
- Vypočtěte hodnotu měřeného odporu a rozšířenou nejistotu měření pro $k_r = 2$, je-li dáno: (obdobně jako výše)

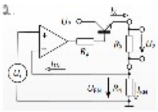
1. (i odporový teploměr s odporem 100 Ω je nutné považovat za „malý", je-li připojen např. přes dlouhé vedení a polovodičový přepínač měřicích míst)

Malý odpor = velikost odporů přívodů a přechodových odporů je srovnatelná s nejistotou měření

(rušivé vlivy – na kontaktech vzniká el. motorické U → komutace proudu)

⇒ eliminace odporů přívodů a přechodových odporů – čtyřsvorkové připojení

2.



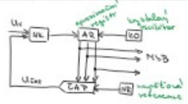
3. $U_r = U_{RN}$

$\frac{U_2}{R_x} = \frac{U_{RN}}{R_N} \to R_x = \frac{U_2}{U_r}R_N$

4. $u_{R_x} = \sqrt{\sum\left(\frac{\partial R_x}{\partial ..}\,u..\right)^2}$ $\qquad u_{R_N} = \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\frac{\delta R_N}{100}\cdot R_N$ $\qquad u_{U_r} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{\delta U_r}{100}\cdot U_r$

2. A/C a Č/A převodníky

[illegible]



→ algoritmus zpracování: postupná aproximace

→ jednoduché, rychlé

→ porovnává vstupní napětí s hodnotou zpětnovazebního U

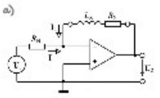
→ výstup se mění než je rozdíl napětí minimální

- Vysvětlete princip měření indukčnosti a ztrátového odporu cívek (schéma, odvození vztahů pro výpočet L_x a R_x) následujícími metodami:

a) převodník Z → U;

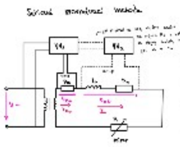
b) sériová srovnávací metoda (alespoň výchozí vztah pro odvození).

a)

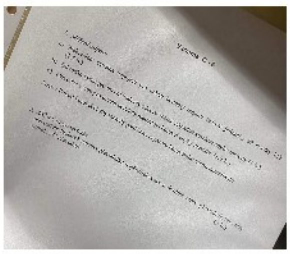


b) $\frac{\hat{U}_x}{R_x + j\omega L_x} = \frac{\hat{U}_{RN}}{R_N} \to (R_x + j\omega L_x) = \frac{\hat{U}_x}{\hat{U}_{RN}}\hat{R}_N$

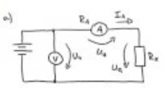
b) Sériová srovnávací metoda



\+ testy semestr



a)

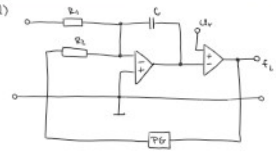


b) $R_x = \frac{U_V}{I_A}$; $R_A \neq 0 \to A_m = R_A$

korekce: $R_x = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V}{I_A} - R_A$

c) $u_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_A}u_{U_V}\right)^2 + \left(-\frac{U_V}{I_A^2}u_{I_A}\right)^2}$

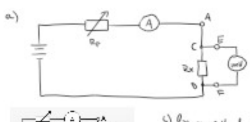
1)



1. Měření odporu

[illegible]

a)



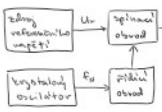
b) $R_x = \frac{U_x}{U_N}R_N$

c) lze omezit dvojím měřením při komutaci proudu, kdy úbytek napětí na "R" bude mít opačnou polaritu

2. A/C a Č/A převodníky

Nakreslete blokové schéma zapojení Č/A převodníku s PWM [illegible] (používaného typicky v kalibrátorech) včetně časových průběhů napětí za výstupy jednotlivých bloků a odvoďte vztah pro výstupní napětí

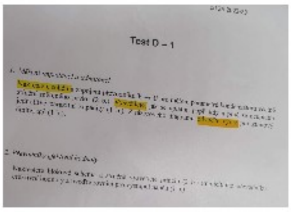
(3 b.)

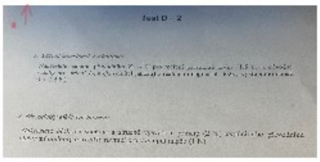


$U_0 = U_r\frac{T_A}{T_N} = U_r\frac{X}{N}$; kde $T_A = \frac{X}{f_N}$; $T_N = \frac{N}{f_N}$

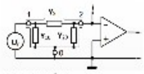
(X – číslo, které převádíme na napětí; N – rozsah převodníku)

4



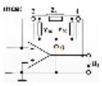


1.



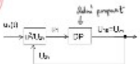
Y_{1E} – nezatěžuje U_1
Y_{2E} – není na něm měřené napětí
Y_{12} – uplatní se

+ uzemnění



Y_{1E} || U_1
Y_{2E} nezatěžuje U_2
na Y_{2E} nulové U
Z_x se uplatní

2.



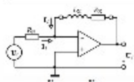
$$U_{10} = \frac{1}{T}\int_0^T u_2 dt = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{u_1^2}{U_{2V}} dt = U_{2V}$$

$$U_{2V}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T u_1^2 dt$$

- převodník měření na crest faktoru
= činitel výkyvu $k_v = \frac{U_{max}}{U_{RMS}}$

(a na činiteli plnění $k_p = \frac{U_{RMS}}{U_{max}} = k_v^{-1}$)

1.



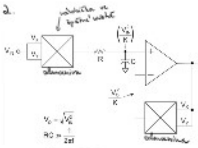
$$Q_x = \frac{Im\{\hat{U}_2\}}{Re\{\hat{U}_2\}}$$

$$I_1 = I_2 \rightarrow \frac{U_1}{R_0} = -\frac{U_2}{(R_X + j\omega L_X)}$$

$$(R_X + j\omega L_X) = -\frac{U_2}{U_1} R_0$$

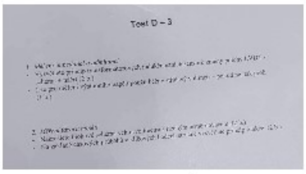
$$R_X = -\frac{Re\{U_2\}}{U_1} R_0; \quad L_X = -\frac{Im\{U_2\}}{\omega U_1} R_0$$

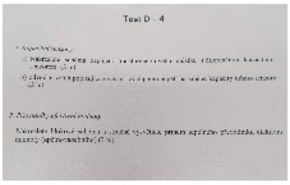
2.

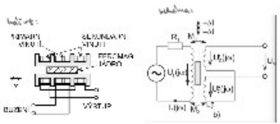


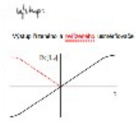
výhoda: široké frekv. pásmo (do 100 MHz)
nevýhoda: crest faktor 4,5
omezený dynamický rozsah vstupního napětí

$$U_x = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_x^2(t)\, dt}$$

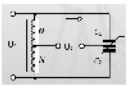






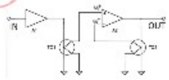


LVDT – přesně měří malé změny vzdálenosti i směr na základě U a fázového posunu (kvadrant)



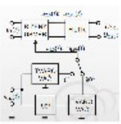
$$U_2 = \frac{U_1}{2} - U_1 \frac{1/j\omega C_1}{1/j\omega C_1 + 1/j\omega C_2} = U_1\left(\frac{1}{2} - \frac{C_2}{C_1 + C_2}\right) = U_1 \frac{1}{2}\left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}\right)$$

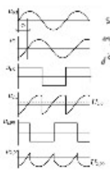
2.



TC_1 snímá vstupní signál
TC_2 dodává napětí na U^-, aby bylo stejné jako na U^+
A_2 nastavuje output tak, aby TC_2 byl stejně ohřívaný jako TC_1

2.





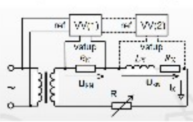
sleduje časový průběh signálu a určuje jeho fázový posun

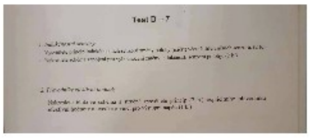
Filtr odstraní střídavé složky a propustí jen ss
Tvarovačem tvoří obdélník
Vstupující u_1 → vynásobím obdélník se sin.
Výsledný signál nese info

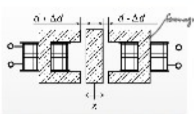
$$U_{2,0} = \frac{2}{\pi} U_m \cdot \cos\varphi = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{ef} \cdot \cos\varphi$$

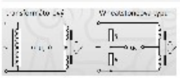
$$U_{2,90} = \frac{2}{\pi} U_m \cdot \sin\varphi = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{ef} \cdot \sin\varphi$$

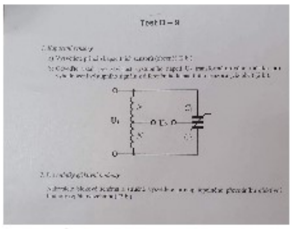
Při velkých I se budí velké mag. pole a v RLC může vzniknout rezonance











$$U_2 = \frac{U_1}{2} - U_1 \frac{1/j\omega C_1}{1/j\omega C_1 + 1/j\omega C_2} = U_1\left(\frac{1}{2} - \frac{C_1}{C_1 + C_2}\right) = U_1 \frac{1}{2}\left(\frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}\right)$$

Změna kapacity v okolí povrchu senzoru při dotyku. Senzory vytváří el. pole a měří změnu kapacity

5

Pro měření maximální hodnoty indukce střídavého magnetického pole neharmonického průběhu se vytvořte tyto měřicí cívky.
- Odvoďte vztah pro výpočet maximální hodnoty indukce z indukovaného napětí
- Jaký typ voltmetru použijete pro měření indukovaného napětí a proč?
- Jaká je v prostoru cívky o průřezu XX cm se XXX závity hodnota B… střídavého magnetického pole, je-li při kmitočtu základní harmonické 50 Hz údaj použitého voltmetru X mV? $U_{sws} = U_{ef} / 1{,}11$
- Vypočítejte hodnotu H_m…
- Jaké podmínky musí být splněny, aby nedošlo k metodické chybě? odstínění od okolních, stejné podmínky měření

5.6.1

$$u_i(t) = \frac{d\Phi_i(t)}{dt} \qquad U_{sws} = \frac{2}{T}\int_{t_1}^{t_1+\frac{T}{2}} u_i\, dt = \frac{2}{T}\int_{-\Phi_m}^{+\Phi_m} d\Phi = \frac{4\Phi_m}{T} = 4\Phi_m \cdot f$$

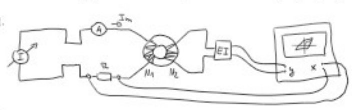
$$B_m = \frac{U_{sws}}{4fSN} \qquad H_m = \frac{U_{sws}}{\mu_0 \cdot 4fSN}$$

5.6.2

mikrovoltmetr se TRMS

- Nakreslete zapojení vhodné pro měření statistické hysterezní smyčky na uzavřeném vzorku (se zápisem na souřadnicovém zapisovači).
- Odvoďte potřebné vztahy pro výpočet B_m a H_m (případně měřítka na osách).
- Nakreslete schéma zapojení elektronického integrátoru a odvoďte vztah pro jeho výstupní napětí $u_2(t)$.

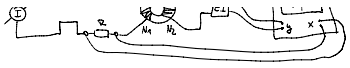
1.



2. $B_m = \frac{U_{max}}{4fSN}$

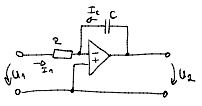
$H_m = \frac{B_m}{\mu_0}$

3.



$H_{sr} = \frac{B_{sr}}{\mu_0}$

3.



$I_1 = -I_c$

$$\frac{U_1}{R} = -C\frac{dU_2}{dt}$$

$$U_2(t) = \frac{1}{C}\int_0^{t_1} i_c(t)\,dt + U_2(t_0)$$