

Meno:

Trieda:

Laboratórne cvičenie
Štúdium javov v RC, resp. RL obvode

Úlohy:

1. Zistiť ako sa správa kondenzátor spojený do série s rezistorom pripojený k zdroju jednosmerného napätia
 - a. Určiť časovú konštantu obvodu
2. Zistiť ako sa správa cievka pripojená k zdroju jednosmerného napätia

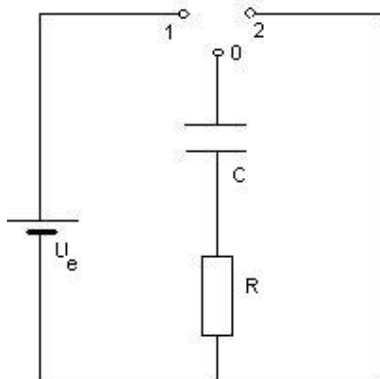
Pomôcky:

počítač s meracím panelom CoachLab II, program COACH6, zdroj jednosmerného napätia (do 10 V), senzor elektrického prúdu, kondenzátory 5-10mF, odporová dekáda 80Ω až 200Ω , spínače, dvojprepínač spojovacie vodiče, cievky na jadre

Aktivita 1 Prechodové javy v RC obvode

Fyzikálny princíp:

a) Nabíjanie kondenzátora s kapacitou C cez odpor R:
Pri nabíjaní kondenzátora je kľúč v polohe 1 (obr. 1).



Obr.1

Podľa II. Kirchhoffovho zákona v každom okamihu nabíjania platí:

$$U_e - U_C = RI, \quad (1)$$

kde $U_C = Q/C$ je napätie a Q je náboj na doskách kondenzátora, pričom platí:

$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dU_C}{dt}. \quad (2)$$

Dosadením do rovnice (1) dostávame

Obr.1

$$U_e - U_C = RC \frac{dU_C}{dt}. \quad (3)$$

Táto rovnica vedie k riešeniu diferenciálnej rovnice, z ktorej pre napätie U_C vyplynie vzťah:

$$U_C = U_e (1 - e^{-t/RC}), \quad (4)$$

teda napätie na doskách kondenzátora s časom postupne rastie a asymptoticky sa blíži k elektromotorickému napätiu zdroja. Pre nabíjací prúd platí:

$$I = C \frac{dU_C}{dt} = \frac{U_e}{R} e^{-t/RC}, \quad (5)$$

z čoho plynie, že nabíjací prúd má najväčšiu hodnotu na začiatku a potom asymptoticky klesá k nule.

b) Vybíjanie kondenzátora s kapacitou C cez odpor R:

Predpokladajme, že kondenzátor je elektricky nabitý a prepnieme kľúč z polohy 1 do polohy 2. Nabitý kondenzátor má funkciu zdroja elektromotorického napätia. Okruhom začne pretekať prúd I a kondenzátor sa vybíja. Podľa II. Kirchhoffovho zákona v každom okamihu vybíjania platí:

$$U_C = RI, \quad (6)$$

pričom $U_C = Q/C$ a prúd $I = -dQ/dt$, lebo Q je náboj na doskách kondenzátora a prúd vzniká v dôsledku úbytku náboja na doskách kondenzátora. Úpravou vzťahu (6) dostávame:

$$U_C = -RC \frac{dU_C}{dt}. \quad (7)$$

Táto rovnica vedie k riešeniu diferenciálnej rovnice, z ktorej pre napätie U_C vyplynie vzťah:

$$U_C = U_0 e^{-t/RC}, \quad (8)$$

pričom U_0 je napätie na doskách kondenzátora v čase $t=0s$. V procese vybíjania sa napätie na kondenzátore exponenciálne znižuje a asymptoticky sa blíži k nule. Pre vybíjací prúd platí vzťah:

$$I = -C \frac{dU_c}{dt} = \frac{U_0}{R} e^{-t/RC}. \quad (9)$$

Čas, za ktorý pri týchto procesoch klesne prúd e -krát ($e=2.71$) oproti maximálnej hodnote, ktorú má v čase $t=0s$, nazývame časovou konštantou τ . Za čas τ klesne prúd z hodnoty I_0 na hodnotu $I=I_0/e$. Zo vzťahu:

$$I = \frac{U_0}{R} e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC} \quad (10)$$

je zrejmé, že sa to stane v čase $\tau=RC$.

Postup:

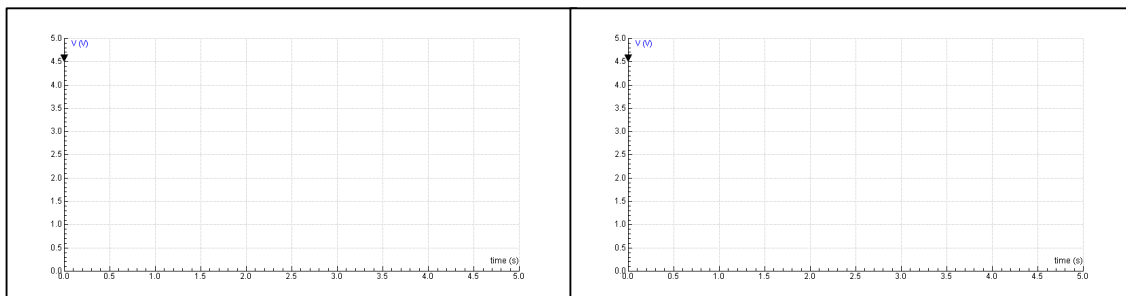
1. Otvorte súbor „*RC obvod*“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte novú úlohu. Na kanál 3, resp. 4 vložte voltmeter *CMA* 0..5V, resp. *CMA* -10..10V a na kanál 1 vložte senzor elektrického prúdu. Dobu merania nastavte na 5 sekúnd a sondu elektrického prúdu pripojte na 1. kanál meracieho panela. Vytvorte graf závislosti napätia na kovovom vodiči na čase $U = f(t)$ a graf závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom od času $I = f(t)$. Nastavte vhodné spúšťacie podmienky.
2. Zostavte elektrický obvod podľa schémy (obr.1).
3. Na zdroji jednosmerného napätia nastavte napätie napr. $U_e = 5V$.
4. Stlačením zeleného tlačidla **START** spustíte meranie. Prepínač pri nabíjaní kondenzátora prepnite do polohy 1, pri vybíjaní kondenzátora prepnite vypínač do polohy 2.

Otázky a úlohy:

1. Do pripraveného grafu závislosti napätia na doskách kondenzátora $U=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri **nabíjaní kondenzátora**.

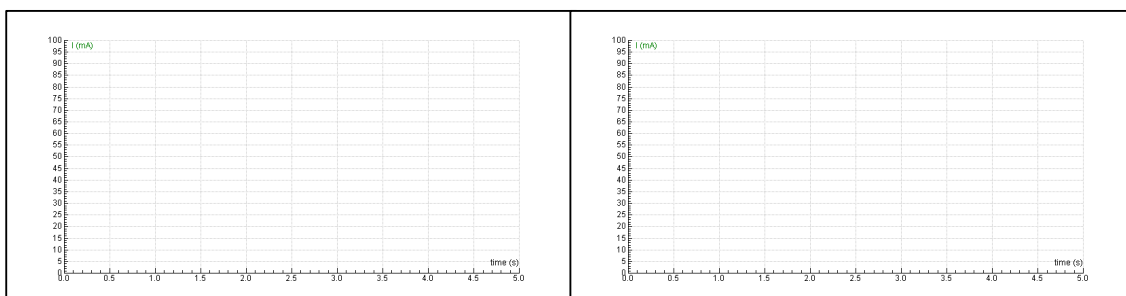
PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



2. Ako sa mení napätie na doskách kondenzátora pri jeho nabíjaní?

3. Do pripraveného grafu závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom $I=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri nabíjaní kondenzátora.

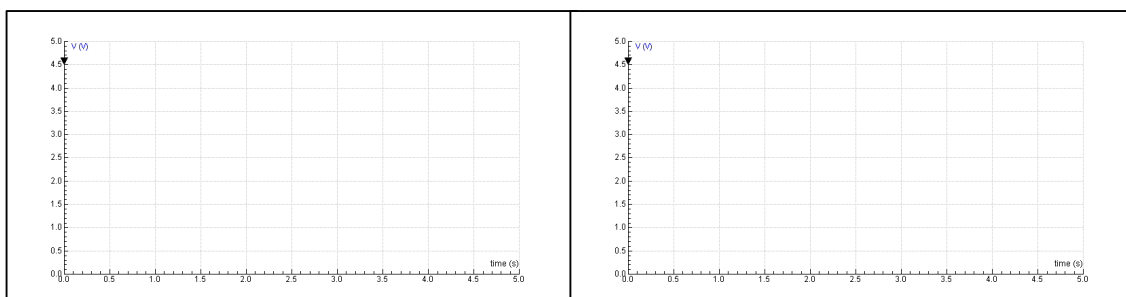


4. Ako sa mení elektrický prúd s časom v obvode pri nabíjaní kondenzátora?

5. Do pripraveného grafu závislosti napätia na doskách kondenzátora $U=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri **vybíjaní kondenzátora** cez odpor.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK

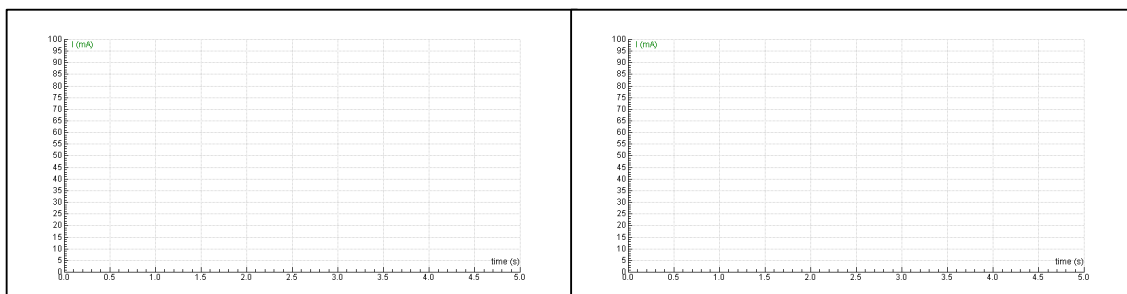


6. Ako sa mení napätie na doskách kondenzátora pri jeho vybíjaní cez odpor?

7. Do pripraveného grafu závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom $I=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri vybíjaní kondenzátora.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



8. Ako sa mení elektrický prúd s časom v obvode pri vybíjaní kondenzátora?

9. Z grafu závislosti napätia na doskách kondenzátora od času určte časovú konštantu obvodu.

Napätie na začiatku:

čas:

37% z napätia na začiatku:

čas:

časová konštanta:

10. Graf závislosti napätia na doskách kondenzátora od času fitujte vhodnou funkciou. Zapíšte typ funkcie a hodnoty konštánt.

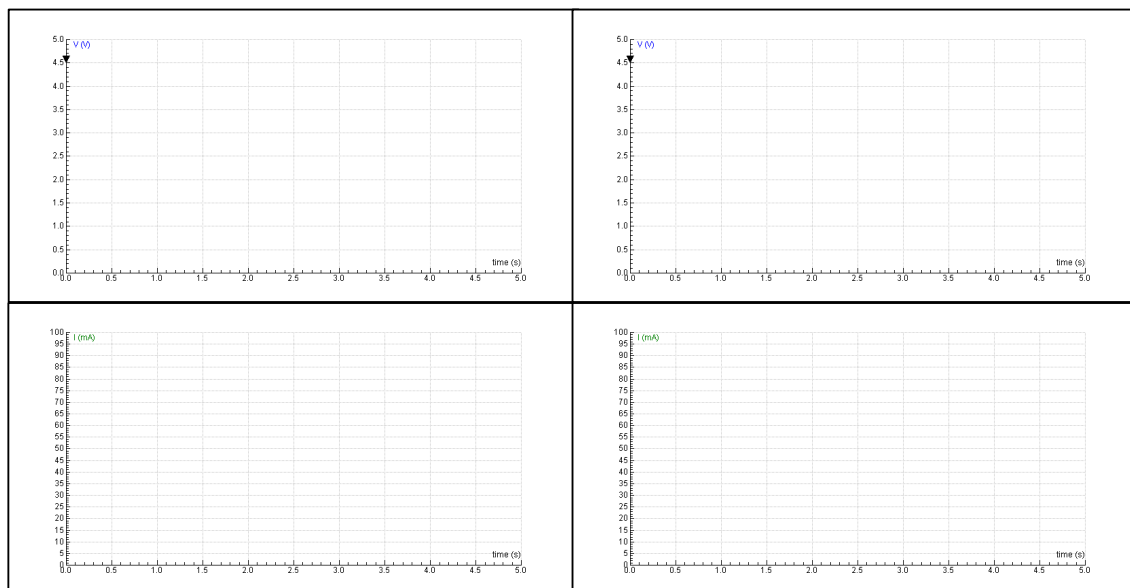
$f(x)=$

11. Na základe funkcie, ktorou ste fitovali graf závislosti napätia na doskách kondenzátora od času určte časovú konštantu obvodu. Porovnajte túto hodnotu s časovou konštantou vypočítanou z odporu, resp. kapacity kondenzátora.

12. Ako ovplyvní zmena parametrov (odporu, kapacity kondenzátora) obvodu nameraný priebeh? Vysvetlite.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



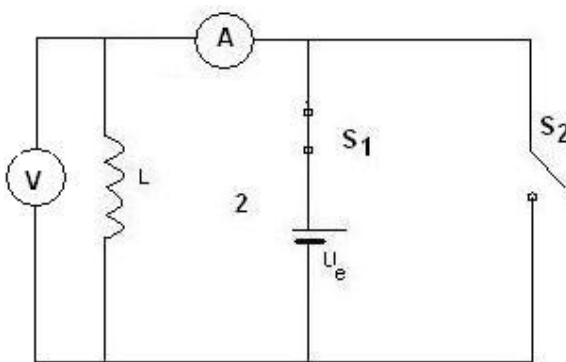
Aktivita 2 Prechodové javy v RL obvode

Fyzikálny princíp:

Keď cievkou prechádza časovo premenný prúd, mení sa s časom magnetické pole cievky aj magnetický indukčný tok, ktorý cievka v sebe tvorí a v cievke sa indukuje elektromotorické napätie. Tento jav sa volá vlastná indukcia.

Magnetický indukčný tok cievkou, ktorá je v prostredí s konštantnou relatívnou permeabilitou, je priamo úmerný prúdu v cievke podľa vzťahu $\phi = LI$. Keď sa prúd v cievke zmení za dobu Δt o ΔI , zmení sa indukčný tok cievkou o $\Delta\phi = L\Delta I$, pričom L je indukčnosť cievky, ktorá závisí od permeability prostredia, počtu závitov a geometrie cievky. Pre elektromotorické napätie indukované v cievke platí:

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}. \quad (1)$$



obr. 1

Čo sa deje pri zapnutí a vypnutí spínača (obr. 1)?

a) Pri zapnutí spínača S1 (S2 vypnutý): Prúd v obvode sa zväčšuje ($\Delta I > 0A$), v cievke sa indukuje záporné elektromotorické napätie podľa vzťahu (1). Prúd v obvode je daný podielom celkového elektromotorického napätia a celkového odporu obvodu:

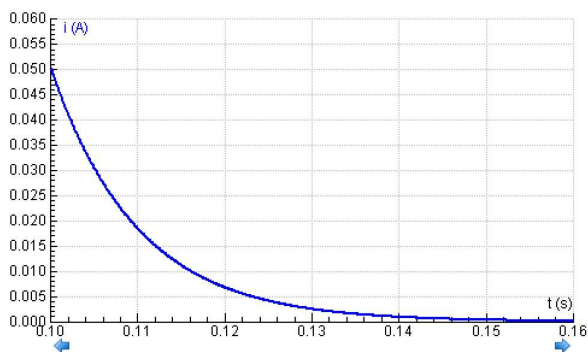
$$I = \frac{U_e + U_i}{R} = \frac{U_e - L \frac{dI}{dt}}{R}. \quad (2)$$

V čase zapnutia vypínača $t=t_0$ je prúd $I=0A$ a zo vzťahu (2) vyplýva, že $U_i = -U_e$. V čase $t > t_0$ sa prúd pomaly zväčšuje a znižuje sa veľkosť záporného indukovaného napätia. Po istom čase prúd dosiahne ustálenú hodnotu.

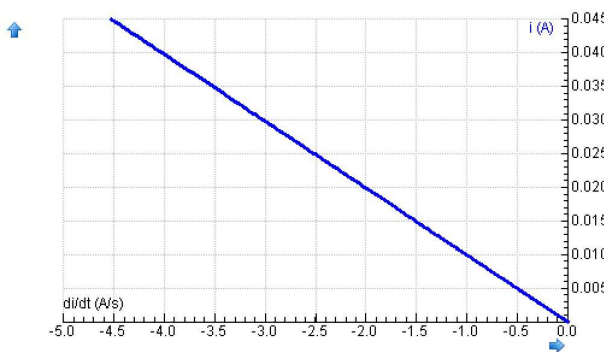
b) Pri vypnutí, resp. zapnutí spínača S2: Prúd začne prudko klesať ($\Delta I < 0$) a v cievke sa indukuje kladné elektromotorické napätie, ktoré môže mnohonásobne prevýšiť elektromotorické napätie zdroja U_e . V čase vypnutia $U_e=0V$, preto úpravou vzťahu (2) dostávame:

$$I = -\frac{L}{R} \frac{dI}{dt}. \quad (3)$$

Vidíme, že I lineárne závisí od $-dI/dt$, pričom $L/R = \text{tg } \alpha$ je smernica danej závislosti.



obr. 2



obr. 3

Postup:

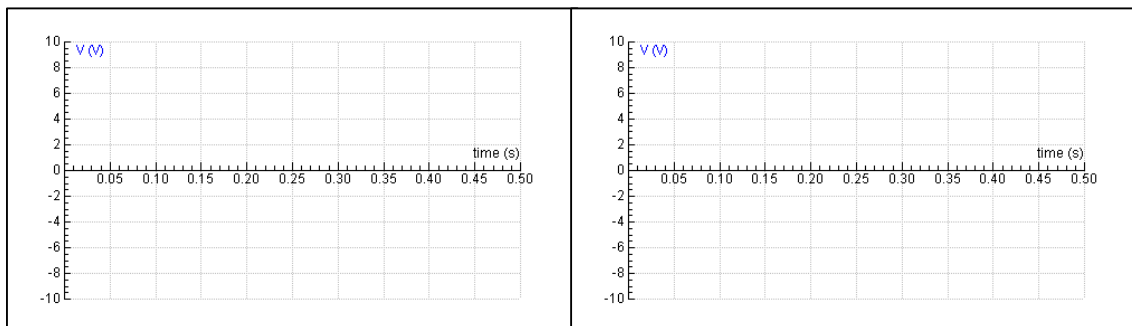
- Otvorte súbor „*RL obvod*“. Pokiaľ súbor k dispozícii nemáte, pripravte novú úlohu. Na kanál 3, resp. 4 vložte voltmeter CMA 0..5 V, resp. CMA -10..10 V a na kanál 1 vložte senzor elektrického prúdu. Použite senzor s rozsahom -5A, 5A. Dobu merania nastavte na 5s (resp.1s) a sondu elektrického prúdu pripojte na 1. kanál meracieho panela. Vytvorte graf závislosti napätia na cievke od času $U = f(t)$ a graf závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom od času $I = f(t)$. Nastavte vhodné spúšťacie podmienky.
- Zostavte elektrický obvod podľa schémy (obr.1), pričom cievka je umiestnená na uzavretom U jadre.
- Na zdroji jednosmerného napätia nastavte napätie napr. $U_e = 5$ V.
- Stlačením zeleného tlačidla START spustíte meranie, pričom spínač S1 je zatvorený a spínač S2 je otvorený. Počas zvolenej doby merania zapnete spínač S2 a následne ho vypnete.
- Cievku umiestnite na krátke jadro, zmenšíte dobu merania na 1s a nasnímajte prechodový jav len počas zapnutia spínača S2. Meranie opakujte v prípade cievky na uzavretom U jadre.
- Po ukončení merania oba spínače vypnite.

Otázky a úlohy:

- Do pripraveného grafu závislosti napätia na cievke $U=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri **otvorenom spínači S2 a jeho následnom zapnutí a vypnutí**.

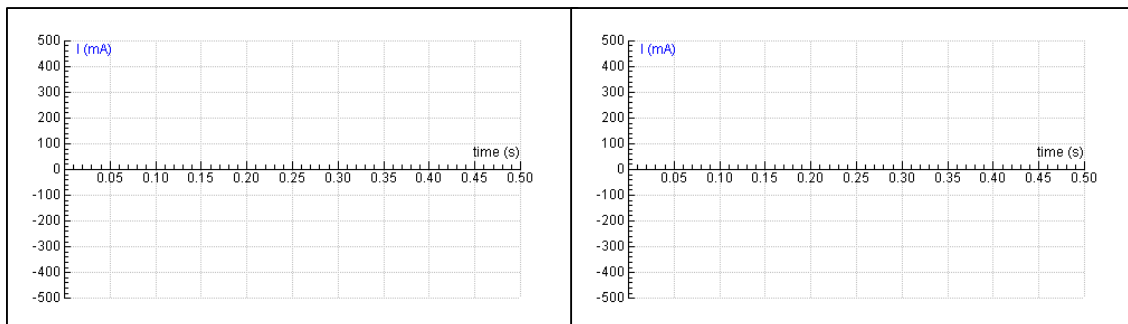
PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



- Ako sa mení napätie na cievke?

3. Do pripraveného grafu závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom $I=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti pri **otvorenom spínači S2 a jeho následnom zapnutí a vypnutí**.



4. Ako sa mení elektrický prúd s časom v obvode?

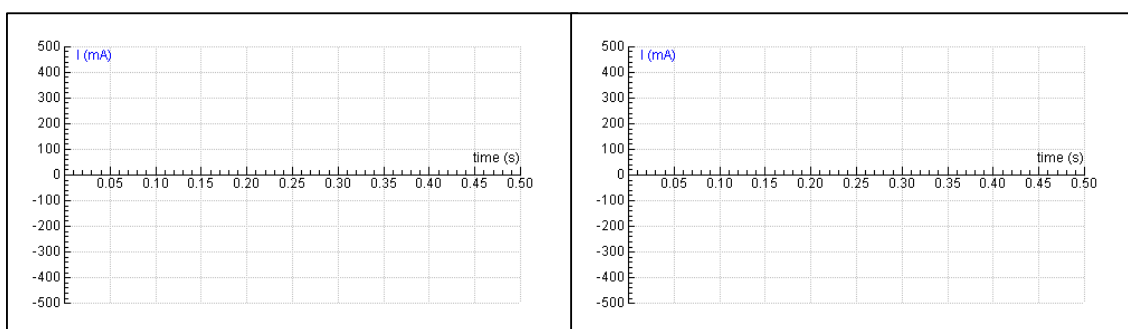
5. Meraním na grafe $I=f(t)$ určte časovú konštantu.

$$I_{\max} = \quad t_1 =$$

$$0,37 I_{\max} = \quad t_2 =$$

$$\tau =$$

6. Do pripraveného grafu závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho obvodom $I=f(t)$ zakreslite svoju predpoveď o priebehu sledovanej závislosti **pri otvorenom spínači S2a jeho následnom zapnutí**.



7. Ako sa mení elektrický prúd s časom v obvode?

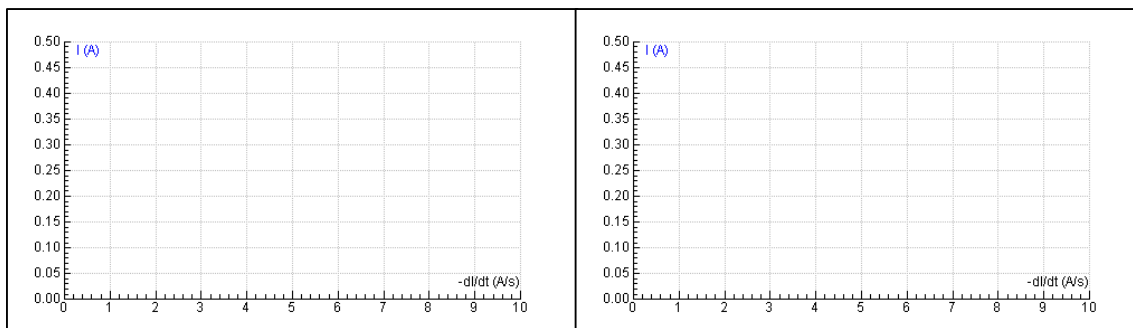
8. Určte časovú konštantu obvodu

$$I_{\max} = \quad t_1 =$$

$$0,37 I_{\max} = \quad t_2 =$$

$$\tau =$$

9. Do pripraveného grafu zakreslite svoju predpoveď o priebehu závislosti $I=f(-dI/dt)$. Graf závislosti $I=f(-dI/dt)$ zobrazte a výsledok porovnajte s predpoveďou.



10. Z grafu závislosti $I=f(-dI/dt)$ určte indukčnosť cievky.

Záver