

Vybíjecí křivka kondenzátoru

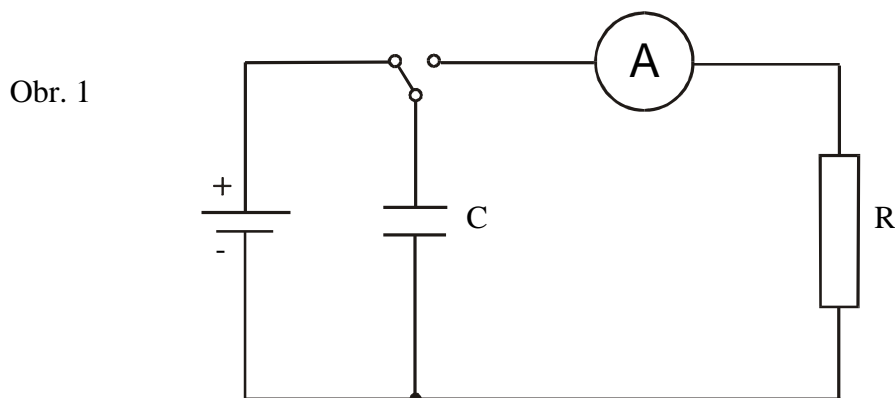
Pomůcky: Systém ISES, moduly: ampérmetr, capacity-meter, kondenzátor na destičce, regulovatelný zdroj elektrického napětí (např. PS – 302A), přepínač, sada rezistorů, 6 spojovacích vodičů, soubory: **vybij1.imc**, **vybij2.imc**.

Úkoly:

- 1) Porovnat vybíjecí křivky téhož kondenzátoru pro rezistory 500 Ω, 1 kΩ, 2 kΩ.
- 2) Určit kapacitu kondenzátoru z náboje a napětí.
- 3) Určit kapacitu kondenzátoru aproximací vybíjecí křivky.
- 4) Určit kapacitu kondenzátoru capacity-metrem.

Teorie:

Měření budeme provádět podle obr. 1.

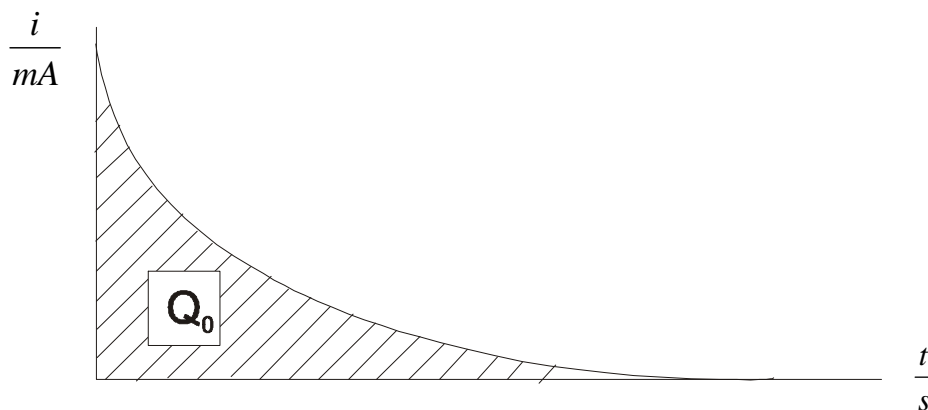


Při přepnutí do pravé polohy se kondenzátor odpojí od zdroje a vybíjí se přes připojený rezistor. Proud klesá exponenciálně podle rovnice

$$i = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}, \dots\dots(1) \quad \text{kde} \quad I_0 = \frac{U_0}{R} \dots\dots(2)$$

Napětí U_0 je počáteční napětí, na které se nabije kondenzátor.

V grafu: „Závislost proudu na čase“ lze počáteční náboj kondenzátoru Q_0 určit jako plochu pod vybíjecí křivkou, tedy integrací $Q_0 = \int_0^{\infty} i dt$. Pro kapacitu kondenzátoru pak platí $C = \frac{Q_0}{U_0} \dots\dots(3)$.



Vybíjecí křivka kondenzátoru

Nastavení: *vybij1.imc*: čas 0,08 s, 1000 Hz, trigger 0 mA až 10 mA s náběžnou hranou na hladině 1, panel č.1 – graf $I=f(t)$ proud I od 0 mA do 10 mA
vybij2.imc: trigger 0 mA až 10 mA s náběžnou hranou na hladině 3, panel č.1 – graf $I=f(t)$ proud I od 0 mA do 10 mA

Provedení:


1. úkol: Na modulu **ampérmetr** nastavíme rozsah **10 mA** s nulou na kraji a zasuneme do **kanálu A**. Obvod zapojíme podle obr. 1 s rezistorem 500 Ω . **Pozor na polaritu ampérmetru!** Učitel'ský počítač musí být spuštěný. Poklepáním na „Software G“ si zpřístupníme potřebné soubory a spustíme ISES. Založíme nový experiment a načteme do konfigurace „*vybij1.imc*“.

Zdroj napětí zatím nezapínáme ! Nyní požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení !

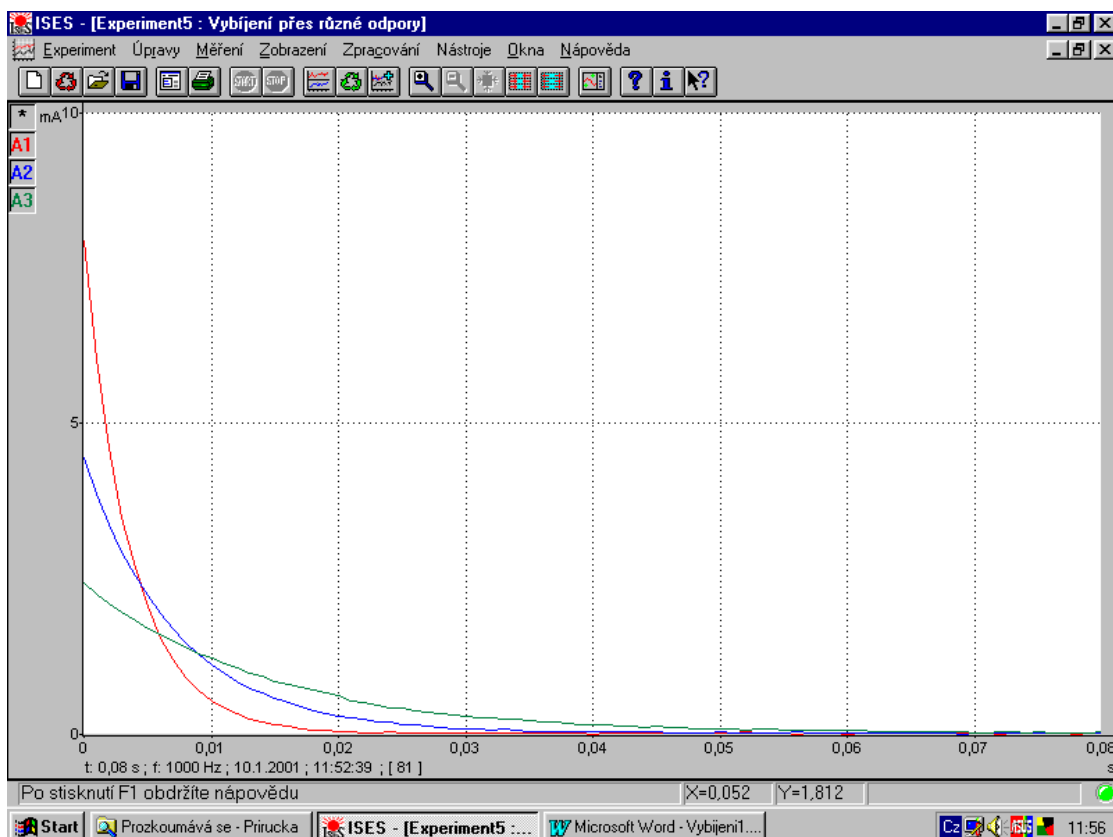
Napětí zdroje nastavíme na **5 V** a spustíme měření.



Bezprostředně po spuštění měření se nic neděje, protože je nastaven tzv. TRIGGER. To znamená že počítač čeká na překročení určité úrovně proudu, aby začal měřit.

Přepínač dáme do levé polohy (viz obr. 1), čímž se nabije kondenzátor, a po přepnutí do pravé polohy


se vybije přes připojený rezistor. Zaměníme-li rezistor za 1 k Ω a 2 k Ω a přidáme-li měření  do stejného grafu, měli bychom dostat podobný obrázek:

Všechny vybíjecí křivky jsou exponenciální funkce, jaké jsou ale jejich odlišnosti?

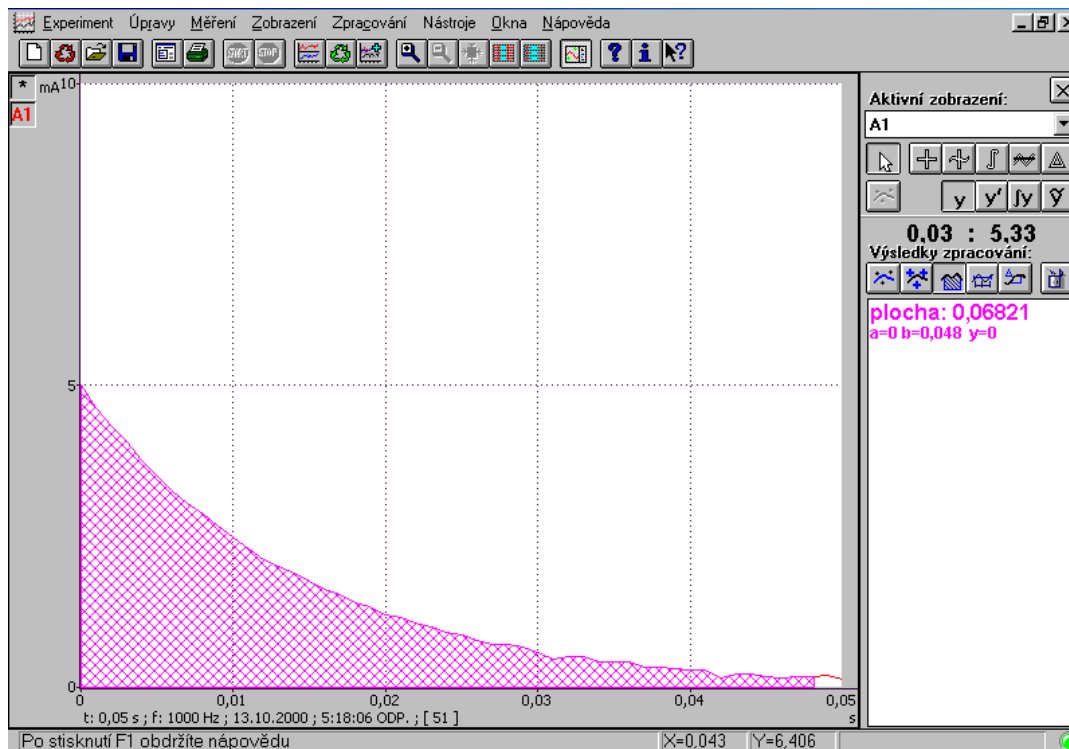


2.,3. úkol: Napětí zdroje zvýšíme na 10 V, načteme „*vybij2.imc*“ zopakujeme měření pro rezistor 1 k Ω . Graf si můžeme upravit lupou  a ve zpracování  si najdeme tlačítko pro určitý integrál





. Po stisknutí se kurzor nad plochou grafu změní na znak integrálu  a zaměřovací křížek.

Ten umístíme do počátku [0; 0], stiskneme levé tlačítko myši a přetáhneme jej po časové ose na konec. Vyšrafuje se vybraná plocha pod křivkou a v pravém okně se objeví velikost plochy:



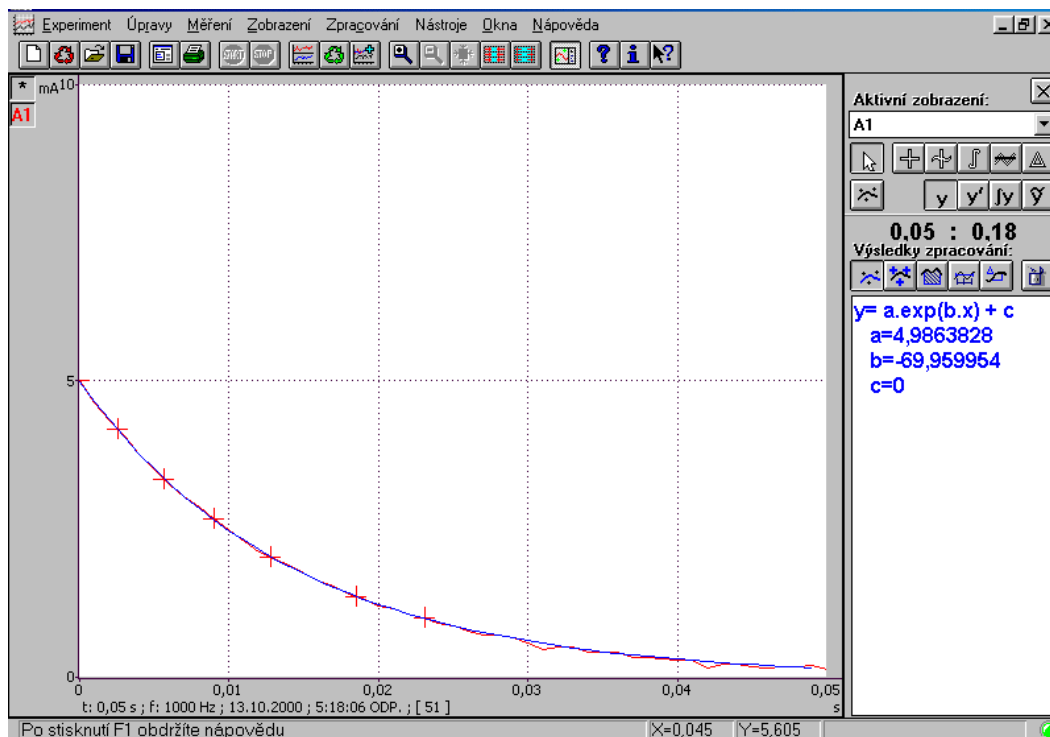
Protože proud je v grafu v miliampérech a čas v sekundách, je náboj Q_0 (určený plochou) v milicoulombech. Převedeme jej na mikrocoulomby a zapíšeme do tabulky č. 1.

Nástrojem  vymažeme výsledek integrování, zvolíme klouzavý odečet  a určíme do tabulky č. 1 počáteční proud I_0 . Podle rovnice (2) lze určit U_0 a podle rovnice (3) kapacitu C_{int} .

Na vybíjecí křivku umístíme asi 8 bodů (nevolit proud menší než 0,5 mA) a necháme počítač

aproximovat  exponenciální funkci $y = a \cdot e^{bx} + c$

V pravém okně jsou koeficienty a , b , c a do grafu se proložila vypočtená exponenciála. Pokud vypočtená křivka příliš nesplývá s naměřeným grafem, vymažeme body a zvolíme nové, až se shoda zlepší (viz následující graf):



Koeficient b zapíšeme do tabulky č. 1. Ze znalosti koeficientu b a odporu R vypočteme kapacitu C_{apr} (viz rovnice (1)).



Zvolíme nahrazení experimentu červenými šipkami a celý postup opakujeme pro rezistory předepsané v tabulce č. 1 – některé odpory se musejí vytvořit jako kombinace.

4. úkol: Zrušíme zcela zapojení, odpojíme zdroj napětí a zasuneme do kanálu A capacity-meter. Kapacitu nyní změříme přímo a zapíšeme do protokolu.

Zkrácená verze

- Na modulu **ampérmetr** nastavíme rozsah **10 mA** s nulou na kraji a zasuneme do **kanálu A**. **Pozor na polaritu ampérmetru!**
- Zapojíme obvod podle obr. 1, odpor má hodnotu **500 Ω**. **Zdroj nezapínat!**
- Poklepáním na „Software G“ si zpřístupníme potřebné soubory a spustíme ISES.
- Založíme nový experiment a do konfigurace načteme **vybij1.imc** .
- **Požádáme vyučujícího o kontrolu zapojení !**
- Nastavíme napětí zdroje na **5 V**, nabijeme kondenzátor a sepne vybíjení.
- Přidáme pokusy pro odpory **1 kΩ** a **2 kΩ**.
- Načteme. **vybij2.imc** zapojíme odpor **1 kΩ**, napětí zdroje upravíme na **10 V**.
- Provedeme vybití a z grafu určíme:
 - integrací plochu (Q_0)
 - počáteční proud I_0
 - z 8 bodů křivky ($I > 0,5$ mA) provedeme aproximaci exponenciálou a určíme parametr b .
- Zopakujeme postup pro předepsané odpory.
- Zcela zrušíme zapojení, zasuneme do kanálu A capacity-meter a určíme kapacitu kondenzátoru přímo.

Protokol

Název: Vybíjecí křivka kondenzátoru

Pomůcky:

Teorie:

Vypracování:

2), 3)

Tabulka č 1: Kapacita určená integrací a aproximací

$\frac{R}{k\Omega}$	1,0	1,5	2,0	2,5
$\frac{Q_0}{\mu C}$...,..	...,..	...,..	...,..
$\frac{I_0}{mA}$...,..	...,..	...,..	...,..
$\frac{U_0}{V}$...,..	...,..	...,..	...,..
$\frac{b}{s^{-1}}$...,..	...,..	...,..	...,..
$\frac{C_{int}}{\mu F}$...,..	...,..	...,..	...,..
$\frac{C_{apr}}{\mu F}$...,..	...,..	...,..	...,..

Kapacita určená integrací: $C_{int} = (..., \pm ...) \mu F$ $\delta C_{int} = .. \%$

Kapacita určená aproximací: $C_{apr} = (..., \pm ...) \mu F$ $\delta C_{apr} = .. \%$

4) Kapacita určená capacity-metrem: $C = ..., \mu F$

Závěr: Kvalitativně vyhodnotíme průběhy vybíjecích křivek při změně vybíjecího odporu. Zapišeme kapacity určené všemi třemi metodami, porovnáme, jak se shodují, diskutujeme možné chyby jednotlivých metod.

