



Experimenty s interaktivní stavebnicí
a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu

9E. Usměrnění střídavého proudu

M. Jílek & T. Feltl



EVROPSKÝ SOCIÁLNÍ FOND
PRAHA & EU: INVESTUJEME DO VAŠÍ
BUDOUCNOSTI

Tyto materiály vznikly v rámci projektu OPPA č. CZ.2.17/3.1.00/36080,
Experimenty s interaktivní stavebnicí a bádáním fyzikálních dějů do nitra automobilu.

- **A. Jednocestné usměrnění** **9E-A-01**
 - Úvod 9E-A-02
 - Co budeme potřebovat? 9E-A-03
 - Příprava a sestavení experimentu 9E-A-04
 - Provedení experimentu – záznam dat 9E-A-05
 - Analýza naměřené závislosti – teorie 9E-A-06
 - Jednocestné usměrnění při vyšší frekvenci – úkoly 9E-A-07
- **B. Dvoucestné usměrnění** **9E-B-01**
 - Úvod 9E-B-02
 - Co budeme potřebovat? 9E-B-03
 - Příprava a sestavení experimentu 9E-B-04
 - Postup práce – záznam dat 9E-B-05
 - Analýza naměřené závislosti – úkoly 9E-B-06
- **C. Vyhlazení usměrněného proudu** **9E-C-01**
 - Úvod a teorie 9E-C-02
 - Co budeme potřebovat? 9E-C-03
 - Příprava a sestavení experimentu 9E-C-04
 - Postup práce – záznam dat 9E-C-05
 - Analýza naměřené závislosti – úkoly 9E-C-06
- **Závěr** **9E-Z-01**
- **Použité materiály a zdroje informací** **9E-I-01**
- **Metodické komentáře** **9E-M-01**



A. Jednocestné usměrnění



Úvod

Alternátor automobilu vyrábí **střídavý proud** stejně jako alternátory v elektrárnách dodávající elektrickou energii do rozvodné sítě. K **napájení elektronických obvodů** a **zařízení** v automobilu je však **potřeba proud stejnosměrný**.

Přeměnu střídavého proudu na stejnosměrný umožňuje zařízení nazvané **usměrňovač**. Toto zařízení využívá známé vlastnosti polovodičových **diod**, které propouštějí proud pouze jedním (propustným) směrem, v opačném, závěrném směru jimi elektrický proud neprochází.

V prvním experimentu vyzkoušíme, jak **ovlivňuje průběh střídavého proudu** jedna **dioda** zapojená do obvodu.



Foto: [morgueFile](https://morguefile.com) free photo archive (morguefile.com)

V prvním experimentu vyzkoušíme, jak **ovlivňuje průběh střídavého proudu jedna dioda zapojená do obvodu.**

Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- univerzální měřicí rozhraní 850
- malou žárovku (například 6 V)
- usměrňovací polovodičovou diodu
- propojovací vodiče



Příprava a sestavení experimentu

1. Senzor napětí připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Sestavíme elektrický obvod podle schématu A (bez diody), jako zdroj přitom využijeme výstup generátoru měřicího rozhraní.

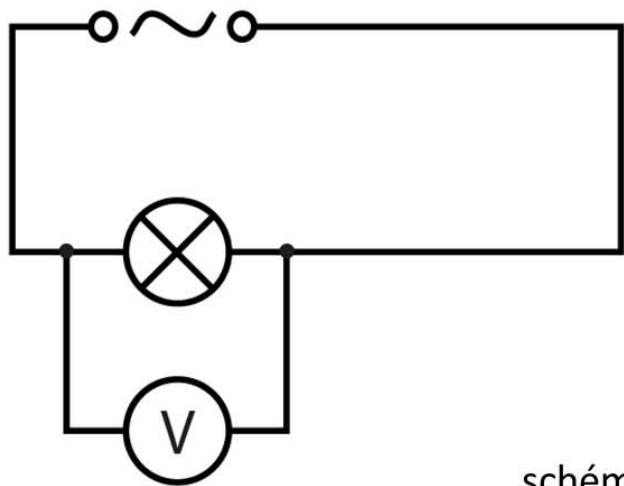
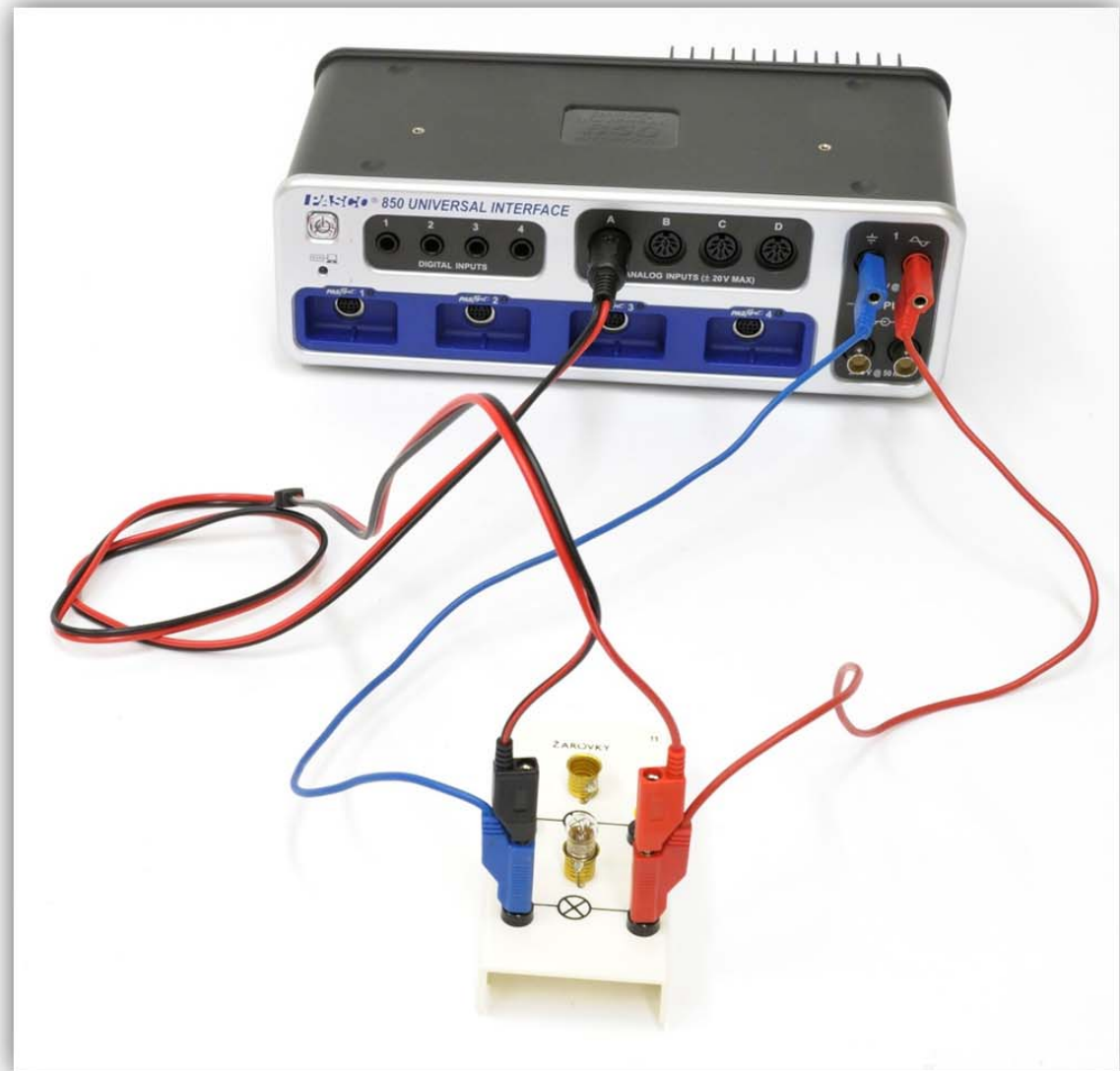


schéma A



Provedení experimentu – záznam dat

1. Spustíme měření a sledujeme svit žárovky současně s časovým průběhem napětí, který se zobrazuje v grafu. Měření se po deseti sekundách automaticky ukončí.
2. Do série se žárovkou zapojíme diodu (podle schématu B) a opakujeme měření. Opět sledujeme svit žárovky a měřený průběh napětí na žárovce

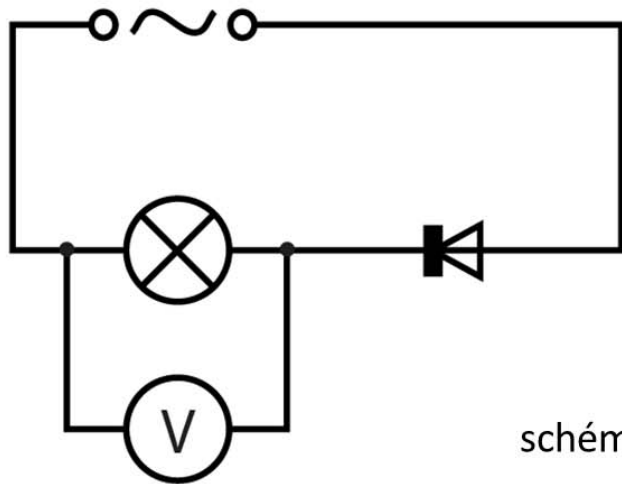
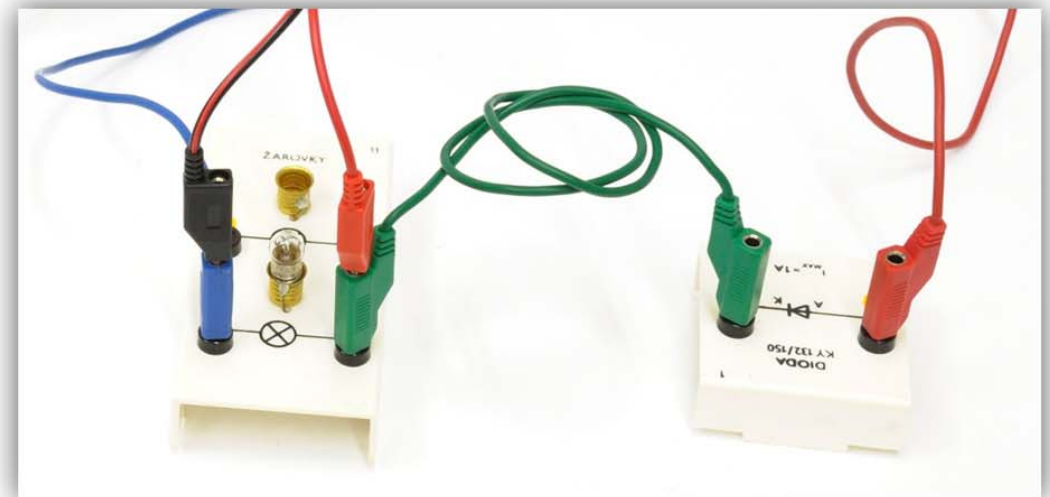
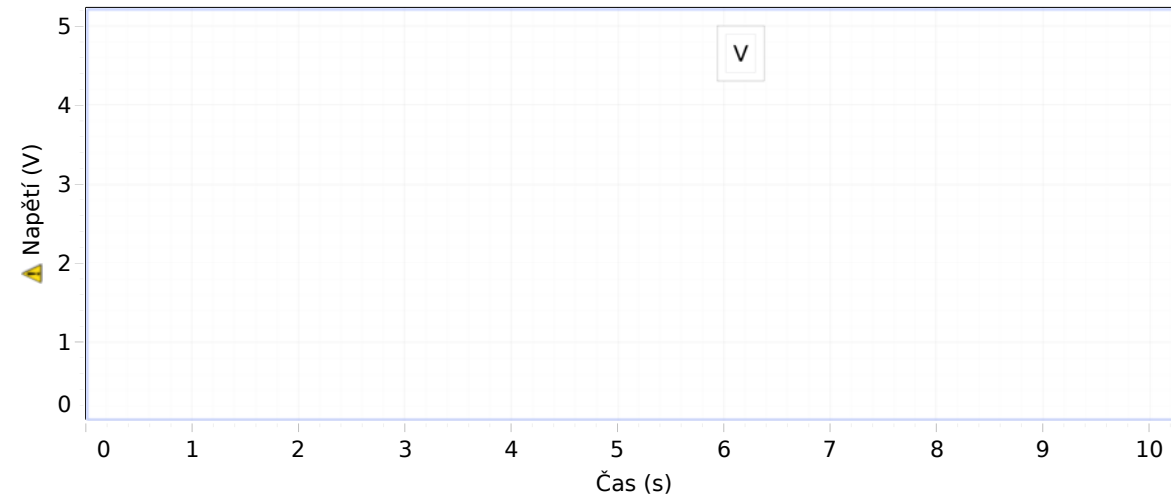


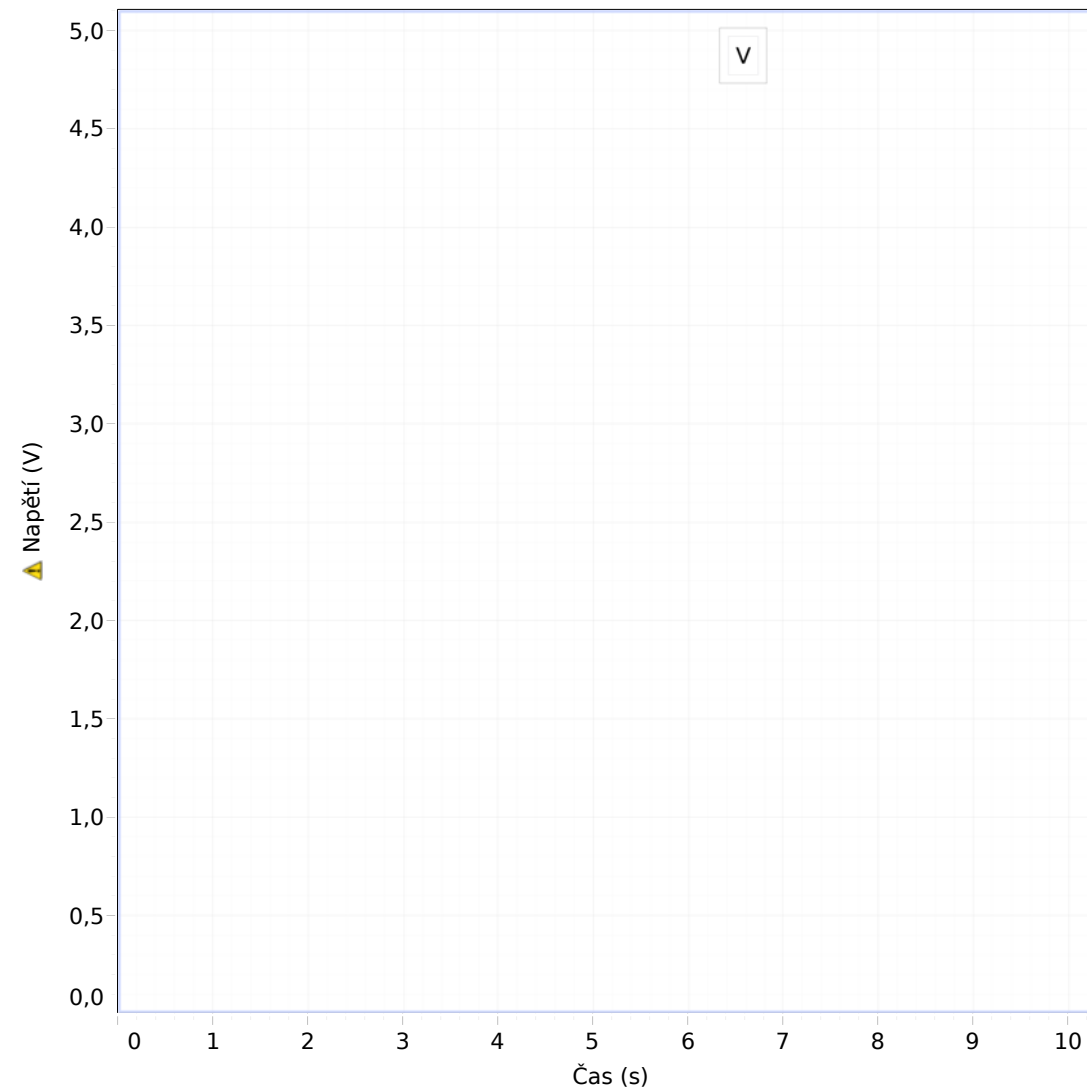
schéma B



Analýza naměřené závislosti – teorie

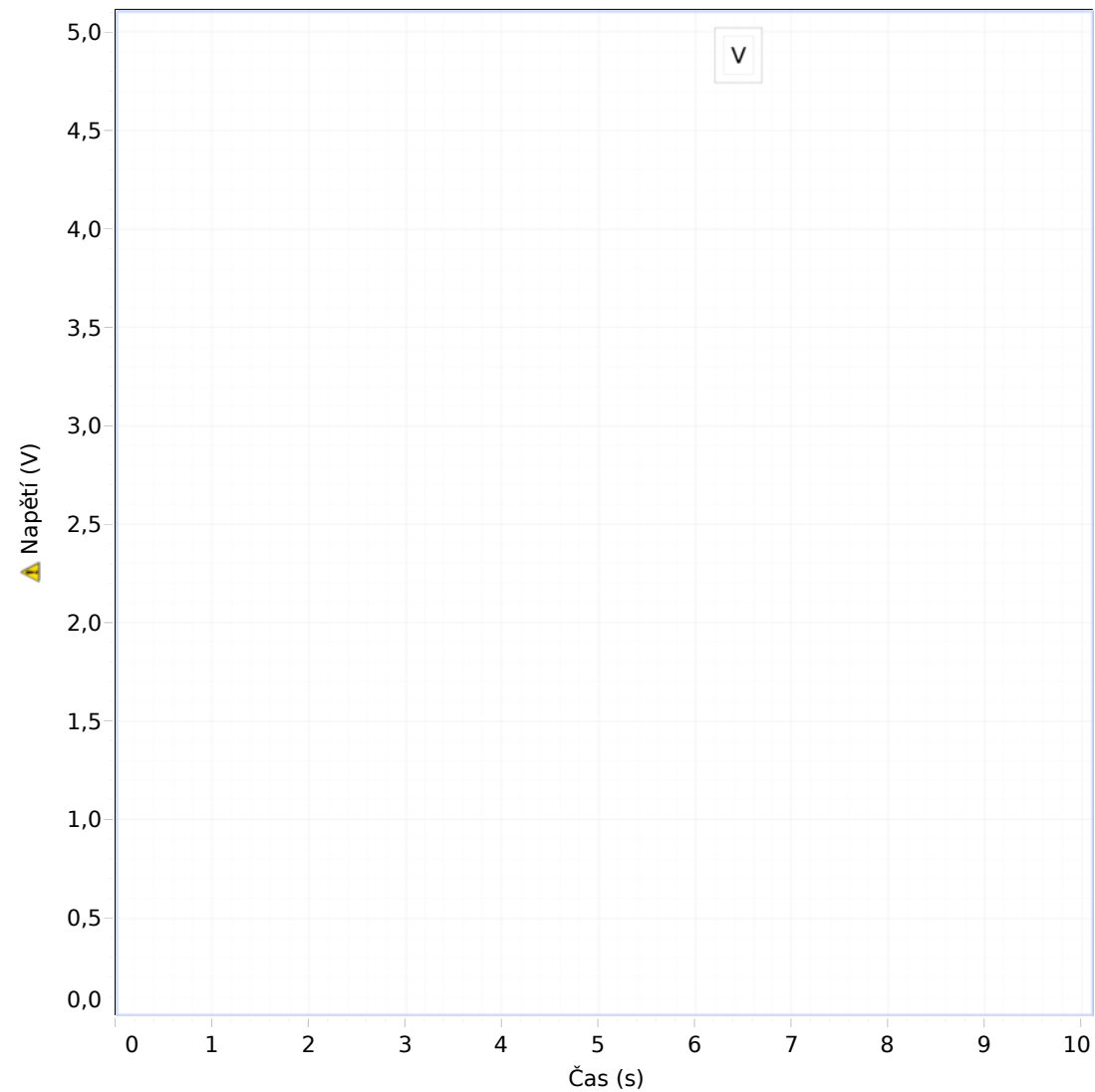
První naměřená závislost (bez diody) představuje klasický průběh střídavého napětí. Díky nízké frekvenci střídavého proudu ze zdroje můžeme pozorovat, jak se žárovka postupně rozsvěcí a zhasíná. Frekvence blikání žárovky je přitom dvakrát větší než frekvence použitého střídavého proudu – žárovka svítí nejvíce v maximu kladné půlperrody i v maximu záporné půlperrody, kdy teče proud opačným směrem. Při přechodu mezi kladnou a zápornou půlperiodou, kdy se mění směr proudu, je napětí nulové a žárovka nesvítí.

Po zapojení polovodičové diody do obvodu sledujeme odlišný průběh takzvaně jednocestně usměrněného střídavého proudu. Na místě záporných půlperiod je nyní napětí nulové. Můžeme pozorovat, že žárovka se v souladu s tímto průběhem rozsvěcí pouze v kladných půlperiodách, kdy je dioda zapojena v propustném směru. Kromě toho vidíme, že maximální napětí je o něco menší než při zapojení žárovky bez diody, což je dáno nutností překonat prahové napětí diody v propustném směru.



Jednocestné usměrnění při vyšší frekvenci – úkoly

1. Zopakujte obě měření (bez zapojené diody i s diodou) při vyšší nastavené frekvenci střídavého proudu zdroje (například nastavených 100 Hz).
2. Sledujte svit žárovky a pokuste se vysvětlit, co kromě vlivu prahového napětí diody způsobuje rozdíly v jeho intenzitě při zapojení bez diody a s diodou.
3. Určete také rozdíl maximálního napětí při zapojení bez diody a s diodou a porovnejte tuto hodnotu s vyhledanou hodnotou prahového napětí použité diody.



B. Dvoucestné usměrnění

Úvod

V případě usměrnění střídavého proudu jedinou diodou využíváme energii zdroje pouze polovinu doby každé periody. Celkový výkon takto usměrněného proudu je proto poloviční oproti původnímu neusměrněnému střídavému proudu. Vhodným **zapojením čtyř diod** však můžeme dosáhnout toho, že záporné půlperiody střídavého proudu změníme na kladné, takže proud poteče pouze jedním směrem a jeho **celkový výkon** přitom **zůstane zachován**. K popsanému účelu se nejčastěji používá takzvané **Graetzovo zapojení**.

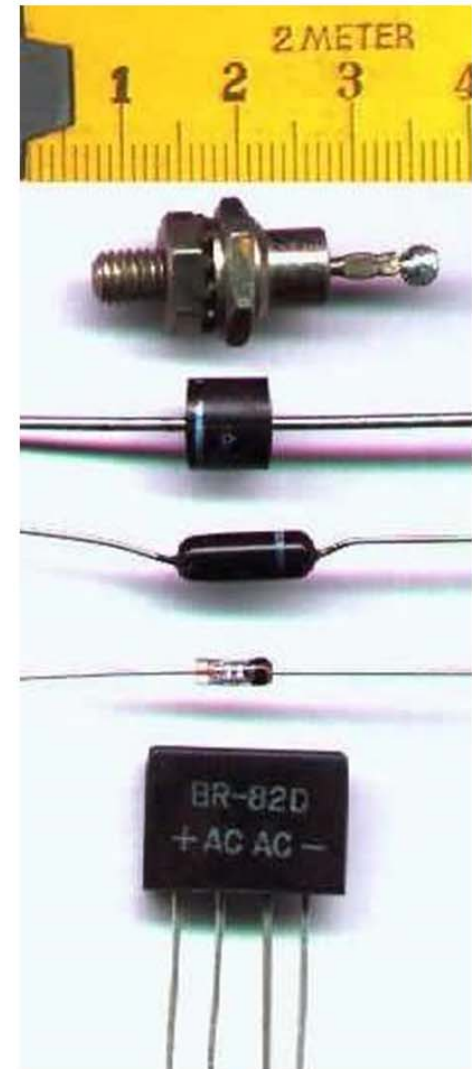


Foto: [Wikipedia \(wikipedia.org\)](https://www.wikipedia.org)

Funkci Graetzova zapojení čtyř diod v obvodu se střídavým proudem si **vyzkoušíme** v následujícím experimentu.

Funkci Graetzova zapojení čtyř diod v obvodu se střídavým proudem si **vyzkoušíme** v následujícím experimentu.

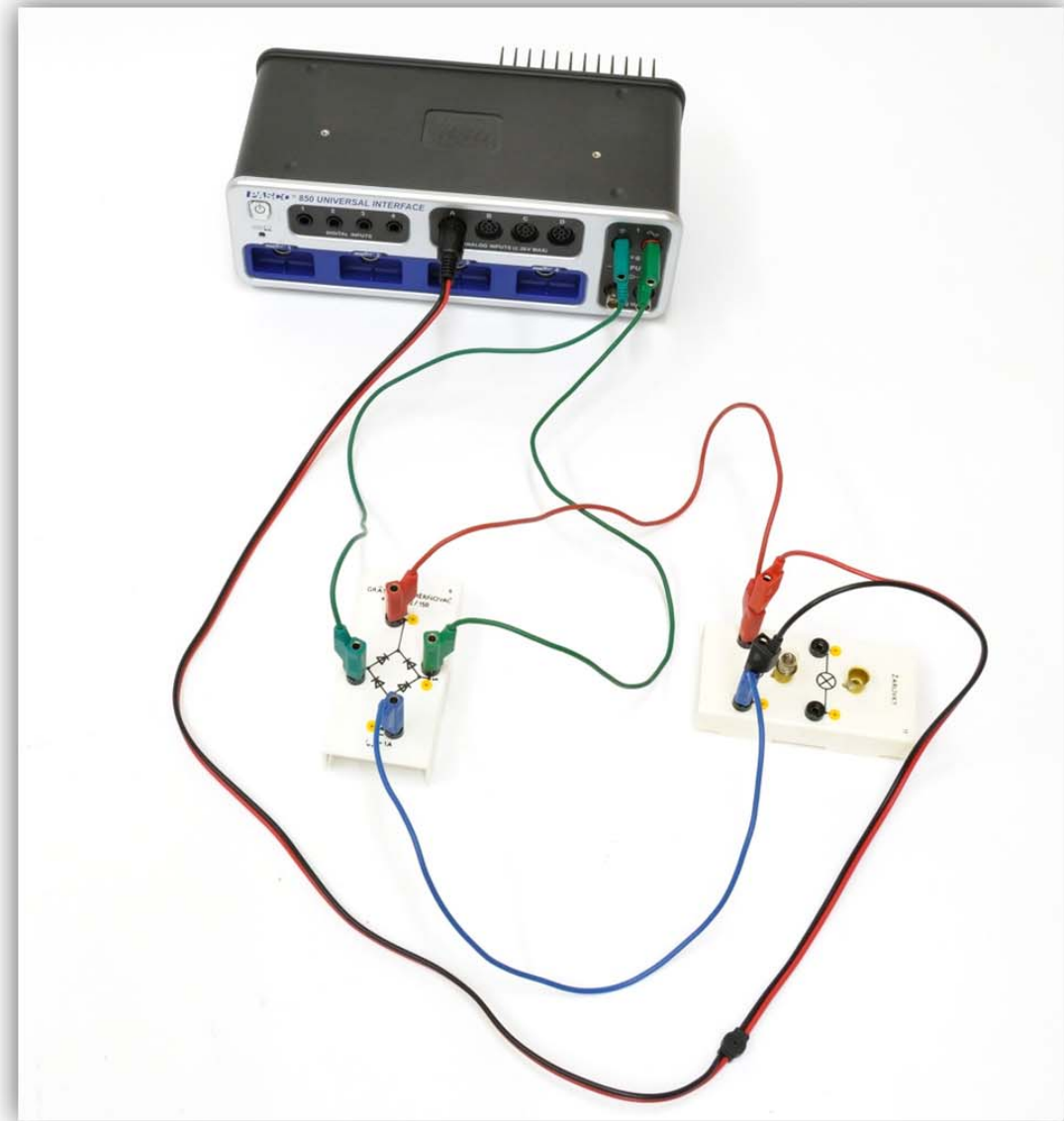
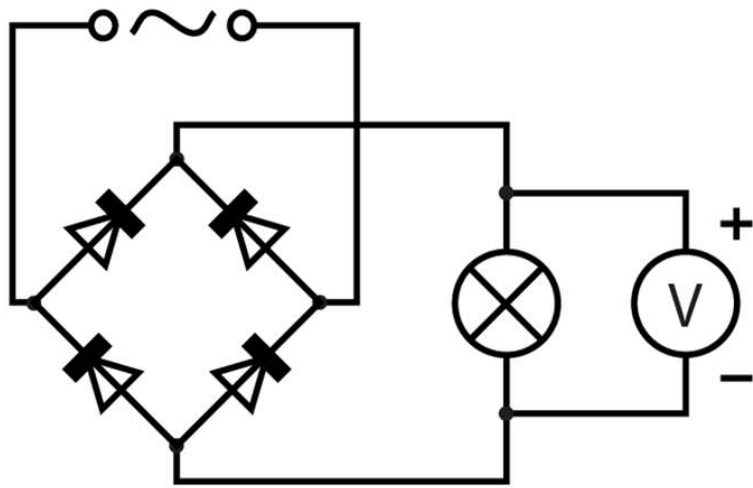
Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- univerzální měřicí rozhraní 850
- malou žárovku (například 6 V)
- čtyři usměrňovací diody v Graetzově zapojení (případně čtyři samostatné diody)
- propojovací vodiče



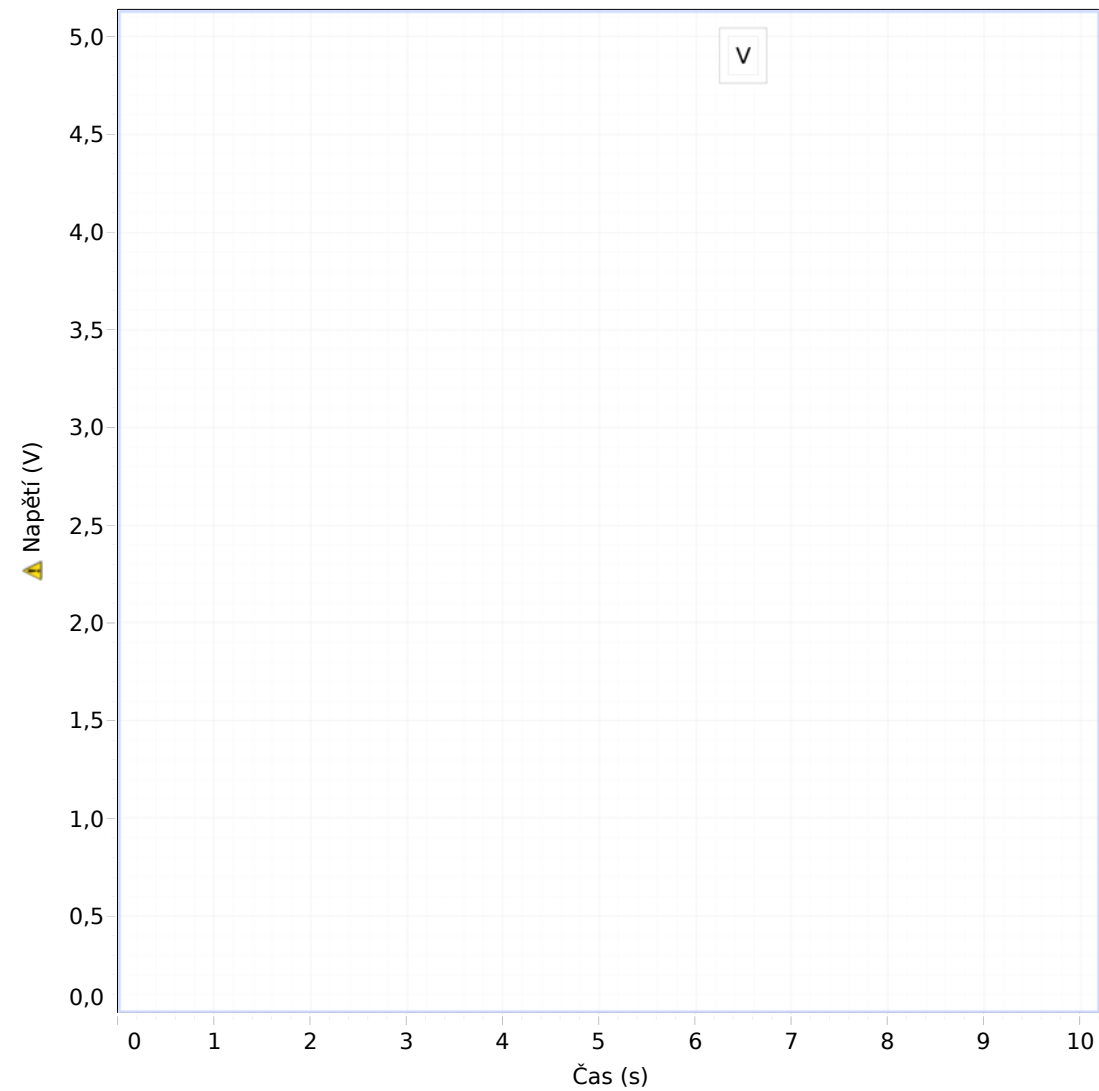
Příprava a sestavení experimentu

1. Senzor napětí připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Sestavíme elektrický obvod se čtyřmi diodami v Graetzově zapojení podle schématu, jako zdroj přitom využijeme výstup generátoru měřicího rozhraní.



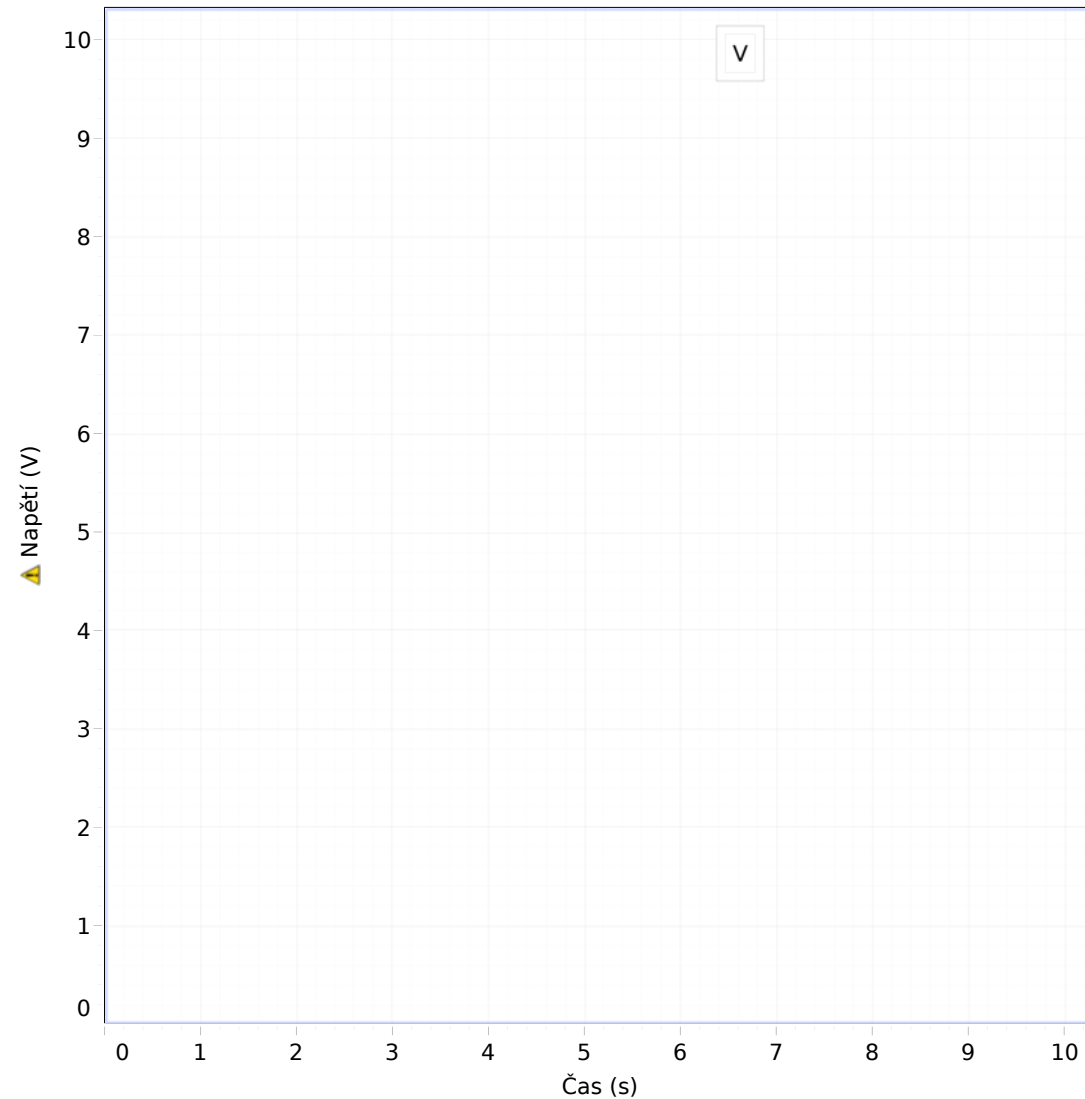
Postup práce – záznam dat

1. Spustíme měření a sledujeme svit žárovky. Během měření, které se po deseti sekundách automaticky ukončí, se v grafu zaznamenává průběh napětí na žárovce.
2. Měření zopakujeme s tím, že žárovku připojíme přímo ke zdroji (bez zapojených diod), opět sledujeme svit žárovky.



Analýza naměřené závislosti - úkoly

1. V naměřených závislostech zvětšete tahem za vodorovnou osu časovou škálu tak, aby bylo vidět jednotlivé periody střídavého proudu a porovnejte průběhy naměřené s diodami a bez diod.
2. Na základě schématu Graetzova zapojení čtyř diod se pokuste vysvětlit podobu naměřeného průběhu napětí na žárovce s diodami.
3. Porovnejte změnu svitu žárovky bez diod a s diodami se změnou svitu v předchozím experimentu s jednocestným usměrněním, vysvětlete rozdíl.
4. Určete rozdíl maximálního napětí na žárovce připojené ke zdroji bez diod a s diodami v Graetzově zapojení a pokuste se vysvětlit velikost tohoto rozdílu.



C. Vyhlazení usměrněného proudu

Úvod a teorie

Dvoucestně usměrněný střídavý proud sice teče pouze jedním směrem, ale zdaleka se ještě nepodobá konstantnímu stejnosměrnému proudu. V předchozím experimentu jsme mohli pozorovat, že velikost **napětí** dvoucestně **usměrněného proudu** se **neustále mění** mezi nulou a maximální hodnotou. Aby se takto usměrněný proud podobal proudu stejnosměrnému, **je potřeba ho** takzvaně **vyhladit**. Základní součástí vyhlazovacích filtrů, které se k tomuto účelu používají, je kondenzátor.

V posledním experimentu si předvedeme, jakým způsobem a do jaké míry **ovlivňuje** průběh usměrněného napětí **kondenzátor připojený k výstupu usměrňovače**.

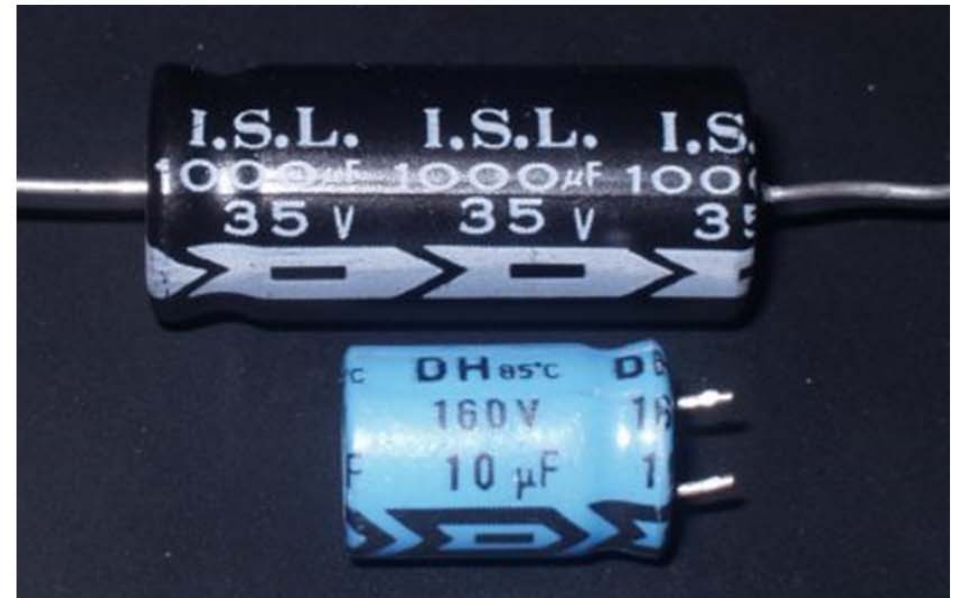
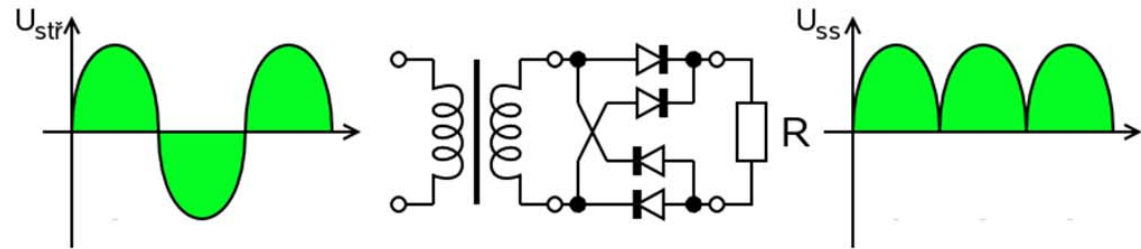


Foto: [Wikipedia \(wikipedia.org\)](https://www.wikipedia.org)

V následujícím experimentu se pokusíme prozkoumat, jak závisí **velikost napětí** na **odebíraném proudu** u různých galvanických článků a co tento pokles způsobuje.

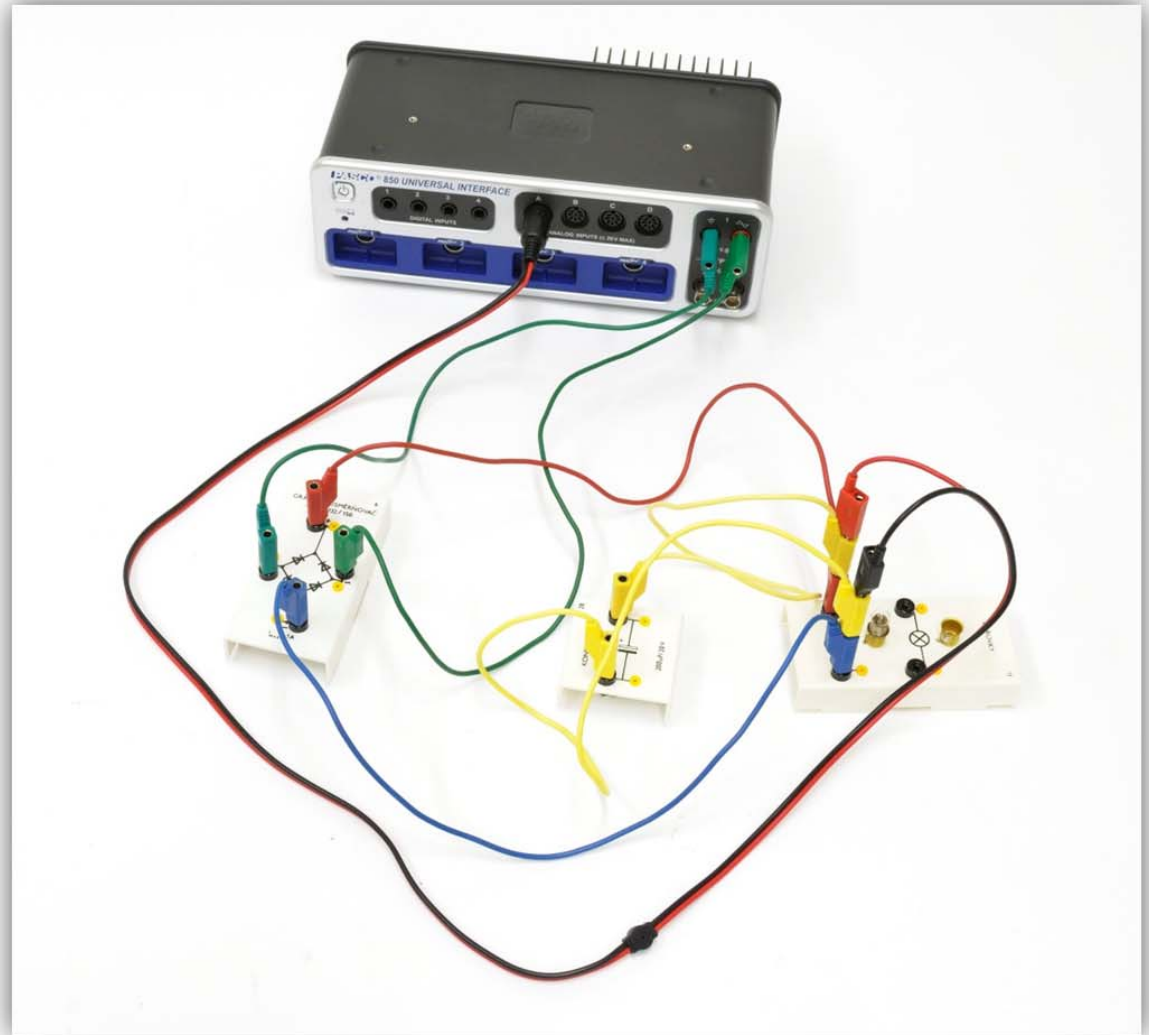
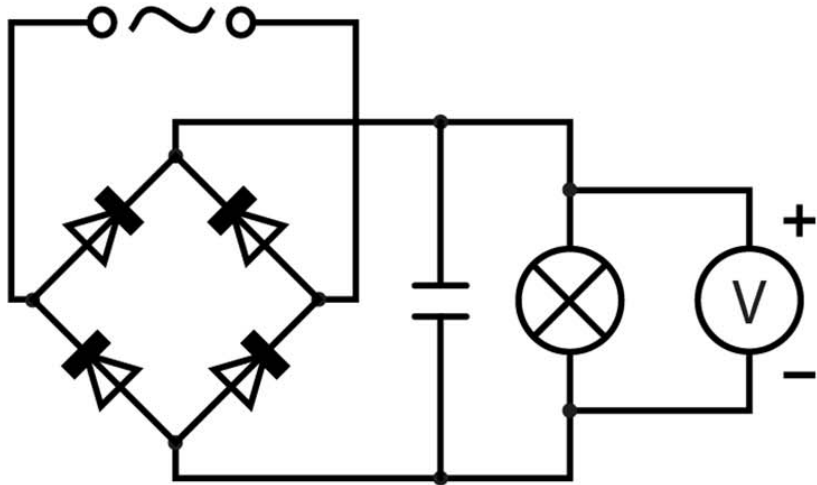
Co budeme potřebovat?

- senzor napětí
- univerzální měřicí rozhraní 850
- malou žárovku (například 6 V)
- čtyři usměrňovací diody v Graetzově zapojení (případně čtyři samostatné diody)
- dva různé elektrolytické kondenzátory alespoň na 20 V (například 200 μF a 500 μF)
- propojovací vodiče



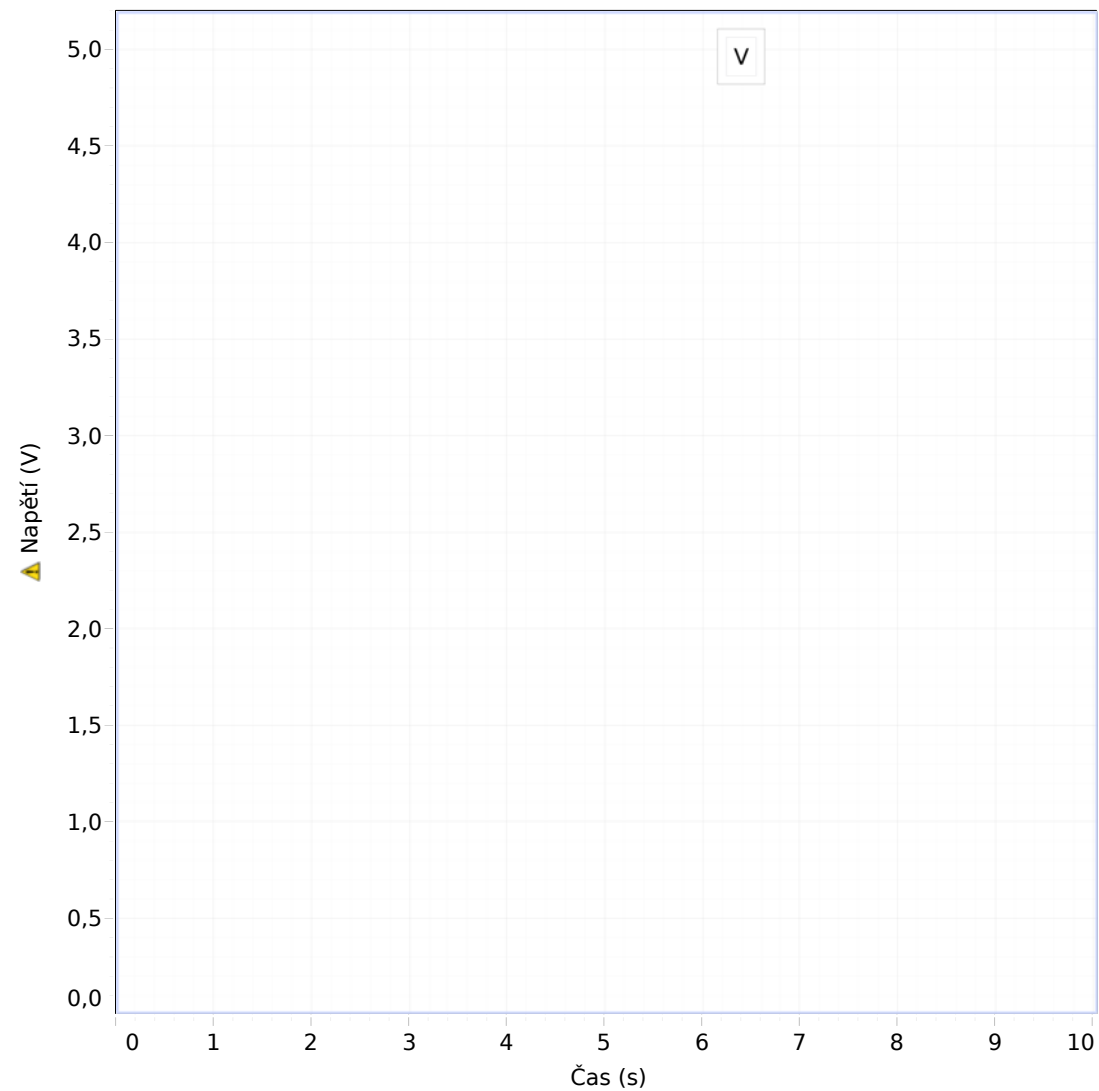
Příprava a sestavení experimentu

1. Senzor napětí připojíme k měřicímu rozhraní propojenému s počítačem.
2. Podle schématu sestavíme elektrický obvod se čtyřmi diodami v Graetzově zapojení a kondenzátorem s nižší kapacitou připojeným paralelně k žárovce, jako zdroj přitom využijeme výstup generátoru měřicího rozhraní.



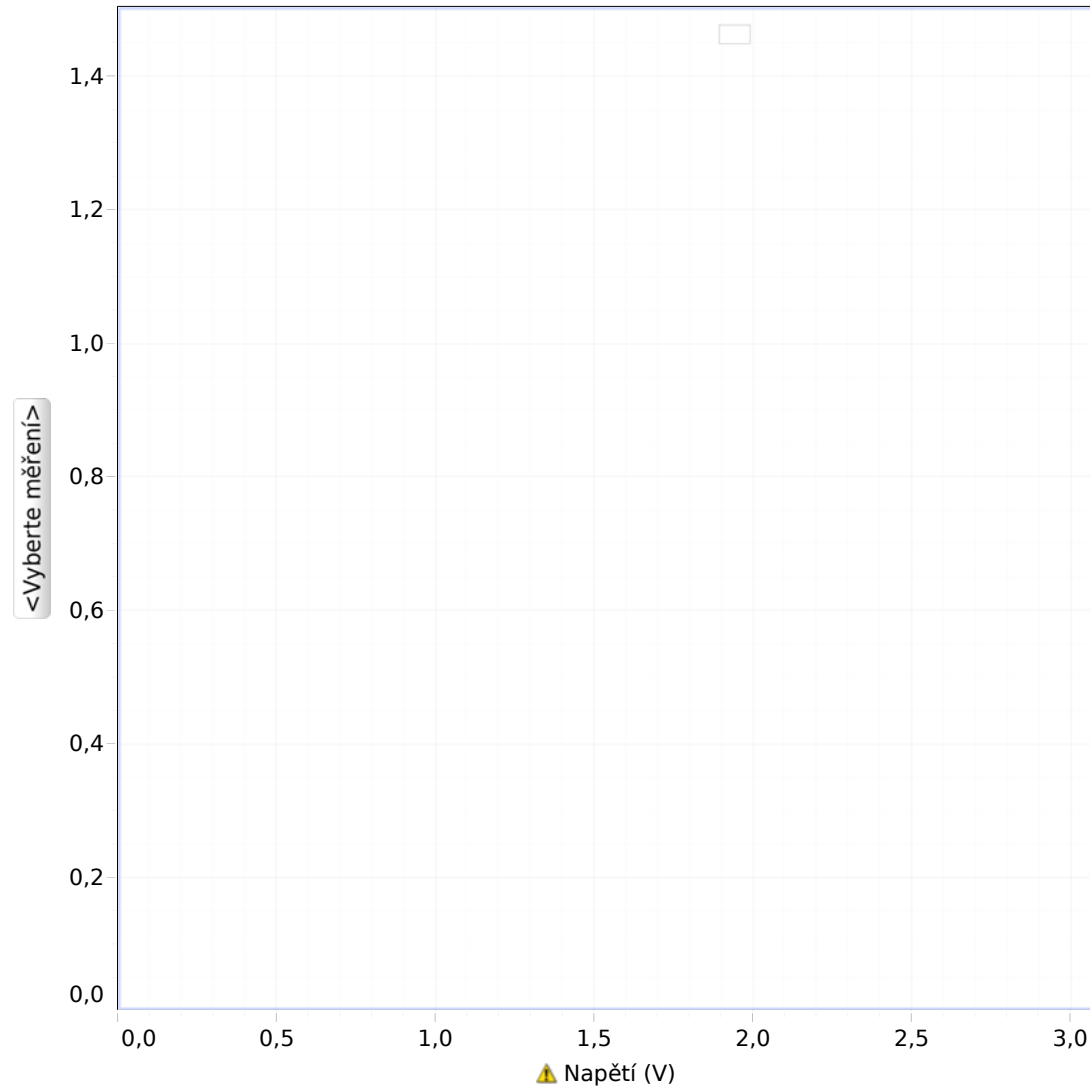
Postup práce – záznam dat

1. Spustíme měření, které se po deseti sekundách automaticky ukončí.
2. Zaznamenanou časovou závislost napětí na žárovce zvětšíme tahem za vodorovnou osu tak, abychom viděli průběh jednotlivých period střídavého proudu.



Analýza naměřené závislosti - úkoly

1. Pokuste se vysvětlit pozorovaný průběh napětí na žárovce způsobený připojením kondenzátoru v porovnání s průběhem dvoucestně usměrněného proudu z předchozího experimentu (bez kondenzátoru).
2. Zopakujte měření s druhým kondenzátorem o vyšší kapacitě a vysvětlete rozdíl v pozorovaném průběhu napětí na žárovce.

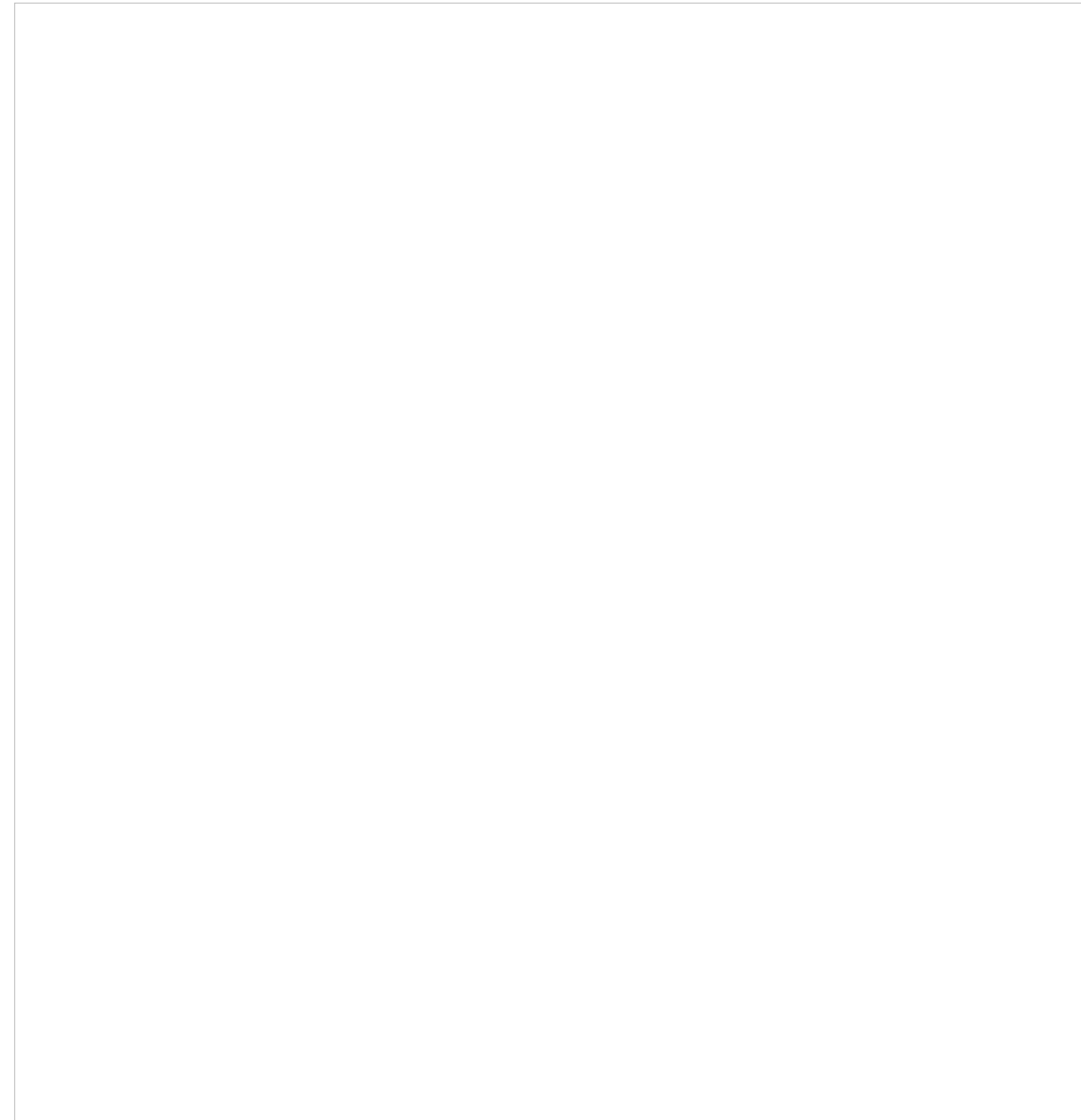


Závěr

Pokuste se vysvětlit, jaké jsou výhody a nevýhody jednocestně a dvoucestně usměrněného střídavého proudu.

Jakým způsobem lze dosáhnout kvalitnějšího vyhlazení střídavého proudu?

Vyjmenujte několik různých příkladů, kde se můžeme v praxi setkat s využitím usměrňovačů.



Použité materiály a další informační zdroje

SVOBODA, Emanuel a kol. *Přehled středoškolské fyziky*.

Praha: SPN, 1991. ISBN 80-04-22435-0.

MIKULČÁK, J., KLIMEŠ, B., ŠIROKÝ, J., ŠŮLA, V., ZEMÁNEK, F.

Matematické fyzikální a chemické tabulky pro střední školy.

Praha: Prometheus, 2002. ISBN 80-85849-84-4.

Použité fotografie z externích zdrojů:

morgueFile free photo archive (morguefile.com)

Wikipedia (wikipedia.org)

Metodické poznámky

- Střídavý proud o nízké frekvenci je v úvodním experimentu použit z toho důvodu, aby byla na rozsvěcení a zhasínání dobře patrná souvislost časového průběhu střídavého proudu s jeho okamžitým výkonem. Při použití vyšší frekvence, kdy blikání žárovky přestane být pozorovatelné, můžeme naopak sledovat pomocí svitu průměrný výkon střídavého proudu a jeho změny při jednocestném a dvoucestném usměrnění.
- Vyšší frekvence střídavého proudu je potom potřeba také při jeho vyhlazování. Změnou frekvence střídavého proudu (v nastavení generátoru, který je součástí měřicího rozhraní 850) můžeme demonstrovat, že při nižších frekvencích se připojený kondenzátor mezi jednotlivými maximy stíhá více vybíjet a výsledný průběh proudu není tak vyhlazený jako při vyšších použitých frekvencích.