

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA PEDAGOGIKY A PSYCHOLOGIE**

**Problematika a měření základních  
elektrotechnických veličin s užitím příslušných  
výukových metod při výuce odborných předmětů  
na střední škole**

**Bakalářská práce**

České Budějovice 2011

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Doc. RNDr. Vojtěch Stach, CSc.**

**Vypracoval:**

**Radek Boháč**

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a ze zdrojů uvedených v seznamu literatury, který je také součástí této práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č.11/1998 Sb. V platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným stanovením zákona č.111/1998 Sb. uveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 21. 3. 2011

.....  
Radek Boháč

## **Bibliografický záznam**

BOHÁČ, Radek. **Problematika a měření základních elektrotechnických veličin s užitím příslušných výukových metod při výuce odborných předmětů na střední škole:** bakalářská práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra pedagogiky a psychologie, 2010. 39 listů.

Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Vojtěch Stach, CSc.

## **Anotace**

Cílem této práce je výběr a specifikace základních výukových metod používaných v silnoproudé laboratoři při výuce odborného výcviku na střední škole. Základní metody pro měření elektrických veličin v silnoproudé laboratoři, základní rozdělení měřících přístrojů a vyhodnocení naměřených elektro veličin. Dále je zde specifikováno základní měření elektrických veličin, proud, napětí, výkon, odpor a kapacita.

## **Klíčová slova**

Elektrotechnika, elektrotechnické veličiny, schémata cad, napětí, voltmetr, proud, ampérmetr, činný výkon, jalový výkon, zdánlivý výkon, wattmetr, bočník, transformátor, odpor, kapacita, asynchronní motor, Aronovo zapojení.

## **Annotation**

The purpose of this thesis is selection and specification of basic teaching methods used in heavy current laboratory during vocational training education at secondary school. Basic methods for electrical values measurements in heavy-current laboratory, measuring instruments basic division and measured electrical values evaluation. Further, basic measurement of electrical values, current, voltage, power, resistance and capacity are specified here.

## **Keywords**

Electrotechnics, electrotechnical values, cad schemes, voltage, voltmeter, current, ampermeter, real power, reactive power, apparent power, wattmeter, shunt, transformer, resistance, capacity, asynchronous motor, Aron circuit.

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. RNDr. Vojtěchu Stachovi, CSc., za poskytnuté rady, cenné náměty a připomínky, které pomohly k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl také poděkovat panu RNDr. Pavlu Křížovi, Ph.D., za cenné rady ve fyzikálním praktiku.

# Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Rozdělení a druhy výukových metod .....</b>	<b>10</b>
2.1 Klasické výukové metody .....	10
2.1.1 Metoda slovní .....	10
2.1.2 Metody názorně demonstrační .....	10
2.1.3 Metody dovednostně praktické .....	10
2.2 Aktivizující výukové metody.....	11
2.3 Metody komplexní .....	11
2.4 Metoda rozhovoru .....	11
2.5 Metoda předvádění a pozorování.....	13
2.6 Metoda dovednostní.....	14
2.7 Experimentování, manipulování, laborování.....	15
2.8 Metody řešení problémů, metody heuristické .....	15
2.9 Skupinová metoda.....	16
2.10 Brainstorming .....	17
<b>3. VOLBA VÝUKOVÝCH METOD PRO VÝUKU V ELEKTROTECHNICE A V ODBORNÝCH PŘEDMĚTECH. ....</b>	<b>18</b>
3.1 Doporučený výběr výukových metod používaných v silnoproudé laboratoři .....	18
3.2 Metoda práce s textem.....	19
3.3 Metoda názorně demonstrační.....	19
3.4 Metoda individuální, samostatná práce žáků.....	19
3.5 Metoda podporovaná počítačem .....	20
3.6 Závěr k výukovým metodám.....	20
<b>4. ZÁKLADNÍ METODY PRO MĚŘENÍ ELEKTROTECHNICKÝCH VELIČIN.</b>	<b>21</b>

4.1 Měření elektrického napětí .....	21
4.1.1 Změna rozsahu voltmetru .....	22
4.1.2 Předřadným odporem .....	22
4.1.3 Měřícím transformátorem napětí.....	23
4.2 Měření elektrického proudu .....	23
4.2.1 Změna rozsahu ampérmetru.....	24
4.2.2 Bočníkem.....	25
4.2.3 Měřícím transformátorem proudu .....	25
4.3 MĚŘENÍ VÝKONU .....	26
4.3.1 Měření třífázového jalového výkonu na třífázovém asynchronním motoru s kotvou nakrátko.....	28
4.3.2 Měření třífázového výkonu metodou dvou wattmetrů (Aronovo zapojení) .....	29
4.4 MĚŘENÍ ODPORU.....	30
4.4.1 Měření odporu přímou metodou .....	30
4.4.2 Měření odporu nepřímou metodou .....	30
4.4.3 Můstkové měření odporu .....	31
4.5 MĚŘENÍ KAPACITY .....	32
4.5.1 Měření kapacity nepřímou metodou.....	32
4.5.2 Měření kapacity pomocí De Sautyho můstku.....	33
4.5.3 Měření kapacity – Wienův můstek .....	33
4.5.4 Měření kapacity – Scheringův můstek .....	34
4.6 CHYBY MĚŘENÍ .....	35
4.6.1 Chyba relativní a absolutní .....	35
4.6.2 Třída přesnosti.....	35
4.6.3 Chyby způsobené obsluhou.....	36
4.6.4 Chyby nahodilé .....	36

4.6.5 Chyby soustavné .....	36
4.6.6 Omyly .....	37
4.6.7 Ověřování měřících přístrojů.....	37
<b>5. ZÁVĚR.....</b>	<b>38</b>
<b>6. POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>39</b>
<b>7. PŘÍLOHY .....</b>	<b>40</b>



# 1. ÚVOD

Bakalářská práce vychází ze základních výukových metod a provádí výběr vhodných metod pro elektrotechnické měření při výuce v technických předmětech a v silnoproudé laboratoři. Problematika je zmapována pro výuku na střední odborné škole. Proto je nejdříve popsáno základní rozdělení a druhy výukových metod. Z nich je proveden výběr některých výukových metod vhodných pro měření elektrických veličin v silnoproudé laboratoři. Tyto výukové metody jsou popsány a rozpracovány na základě prostudované literatury [1].

V další části bakalářské práce jsou zpracovány základní metody pro měření elektrotechnických veličin, které jsou vhodné při aplikaci v silnoproudé laboratoři u odborných předmětech fyziky a elektrotechniky.

Doporučené výukové metody a jejich cíle jsou upřesněny a vybrány pro budoucí práci učitelů v elektrotechnice a pro práci v elektrolaboratoři.

Bakalářská práce je proto rozšířena o poznatky získané ve fyzikálním praktiku Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích o protokoly měření z tohoto praktika, které jsou zpracovány a jsou součástí bakalářské práce v příloze 7.

## **2. Rozdělení a druhy výukových metod**

### **2.1 Klasické výukové metody**

Výukové metody jsou základní součástí každého učitele. Každý učitel si musí zvolit tu správnou cestu k dosažení svých vytýčených výukových cílů.

Ze všeho nejdříve si musí učitel rozhodnout, co bude cílem jeho výuky. Učitel si musí uvědomit, co nového má žák v jeho hodině získat a co je pro žáka největším přínosem. Když učitel vytváří výukové cíle, je třeba si uvědomit, co v minulých hodinách bylo probráno, co je třeba zopakovat a ke kterému učivu je potřeba se vrátit. Samozřejmě je potřeba také vycházet ze školních vzdělávacích programů. Cíl výuky musí být určen jednoznačně. Neznamená to, že každá výuková metoda, která je použita, je v daném případě vybraná jako ta nejúčinnější [1, s. 53].

#### **2.1.1 Metoda slovní**

Vyprávění

Vysvětlování

Přednáška

Práce s textem

Rozhovor

#### **2.1.2 Metody názorně demonstrační**

Instruktaž

Práce s obrazem

Předvádění a pozorování

#### **2.1.3 Metody dovednostně praktické**

Produkční metody

Napodobování

Experimentování, manipulování, laborování

Vytváření dovedností

## **2.2 Aktivizující výukové metody**

Metody inscenační

Metody diskusní

Didaktické hry

Metody situační

Metody řešení problémů, metody heuristické

## **2.3 Metody komplexní**

Skupinová výuka

Individuální výuka

Frontální výuka

Projektová výuka

Výuka podporovaná počítačem

Televizní výuka

Brainstorming

Výuka kritického myšlení

Samostatná, individuální výuka

Výuka otevřeného učení

Partnerská výuka

## **2.4 Metoda rozhovoru**

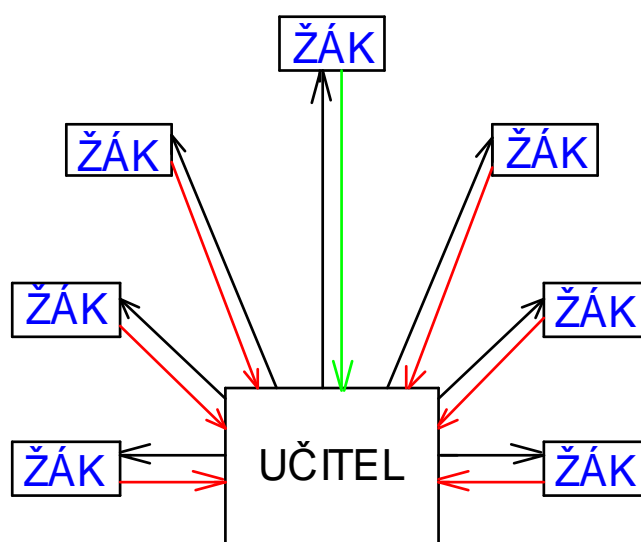
Tato metoda využívá verbální komunikaci založenou na rozhovoru nejméně dvou a více osob. Nejčastěji jde o rozhovor učitel – žák nebo učitel – více žáků. Zde musí mít učitel předem připravené otázky k problematice nebo tématu, které právě probírají a musí být předem stanoven výukový cíl. Během celého rozhovoru má vedoucí roli učitel, který také zodpovídá za celý průběh rozhovoru. Velice důležitá, a někdy také hodně složitá, je tvorba vzájemné důvěry a porozumění. Každý rozhovor je důležitý pro učitele, protože z rozhovoru se dá poznat, jak jsou na tom žáci s učivem a kde mají jaké mezery. V každém rozhovoru by měla být povolena debata, diskuse a doplňování [1, s. 69].

Nejběžnějším příkladem je, když učitel položí otázku (obr. 1a), ale odpověď požaduje pouze od jednoho žáka, (viz barevné provedení obrázku). Další otázky vždy postupně

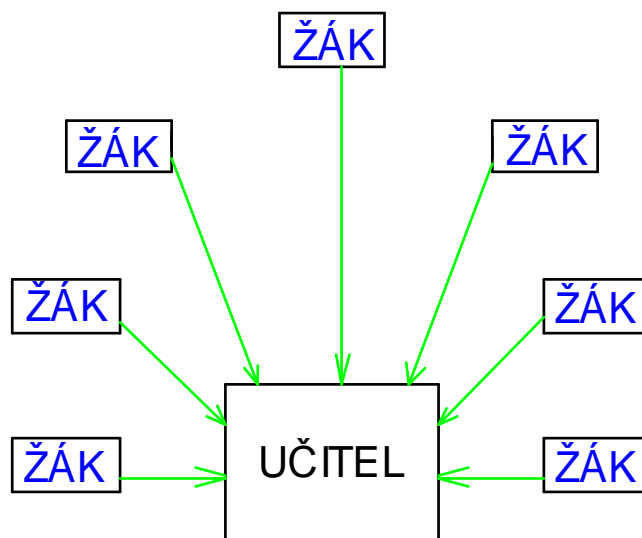
doplňují další žáci. Mnohem větší zájem nastane, (obr. 1b) jestliže učitel vytvoří zájem u většího počtu žáků. Nejvýznamnější je však případ (obr. 1c), když učitel vyvolá mezi žáky výměnu názorů a snaží se navodit diskusi mezi žáky. Učitel prvnímu žákovi položí otázku, ten otázku sdělí žákovi dalšímu a ostatní o otázce diskutují. Od posledního žáka se odpověď dostane zpět k učiteli.

Předpoklady efektivního rozhovoru: - aktivní naslouchání

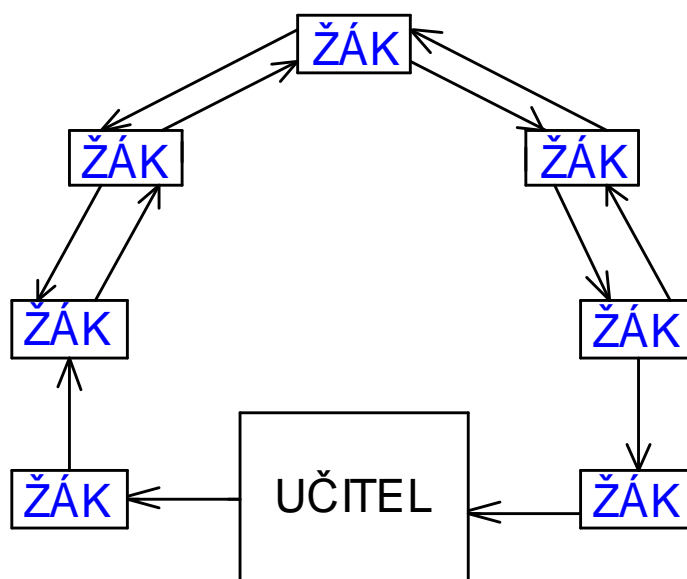
- vnímání
- sokratický rozhovor
- heuristický rozhovor
- dialog
- řízený rozhovor
- žákovský rozhovor



obr. 1a Možné uspořádání učebny při metodě rozhovoru



obr. 1b Možné uspořádání učebny při metodě rozhovoru



obr. 1c Možné uspořádání učebny při metodě rozhovoru

## 2.5 Metoda předvádění a pozorování

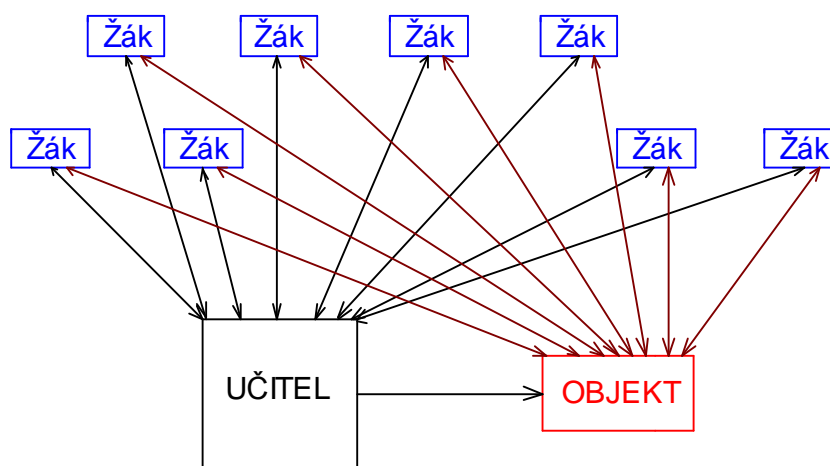
Jedna z nejdůležitějších částí předvádění je, aby učitel zvolil správný objekt, předmět, který chce předvádět. Dále je velmi důležité, aby žáci pochopili, co jim učitel chce předvést a aby si sami vytvořili svou vlastní představu o předváděném předmětu. Velkou součástí předvádění je také pozorování, které vlastně doprovází samotné předvádění, ale nemusí vždy být tyto metody použity společně. V posledních letech vlivem stále dokonalejší techniky, je složitý i výběr pomůcek, které se pro předvádění

mohou použít. Například obrázky, knihy, radiomagnetofon, meotar, interaktivní tabule a právě hlavně počítač, kde je možné použít celou řadu programů. Tuto metodu je důležité rozvrhnout do správného časového úseku a zvolit správné tempo. Předvádění nemusí provádět jen učitel, ale mohou zde figurovat i samotní žáci. Je také potřeba si uvědomit zda učivo bylo správně pochopeno. Po ukončení předvádění, by měl učitel celé učivo shrnout a žáci by měli vznést dotazy. Učitel musí celou probranou látku doplnit [1, s. 78].

Metoda předvádění, napomáhá žákům vnímat procesy, kterých se účastnili během pozorování. Je také důležité, aby učitel, žáci a objekt byli vhodně rozmístěni (obr. 2).

Předpoklady úspěšného předvádění: - vhodný výběr objektů

- význam slovního doprovodu
- správná volba pomůcek
- správné načasování
- správné výukové tempo



obr. 2 Ukázka jak uspořádat učebnu při metodě předvádění a pozorování

## 2.6 Metoda dovednostní

Vytváření dovedností je velmi složitý proces. Dovednosti se vytvářejí vždy postupem času, kde velmi hraje roli praktická zkušenost, kterou žák právě získává postupně a má také možnost se nad nimi zamyslet a postupně celou problematiku celé činnosti pochopit a zároveň vše pořád zdokonalovat [1, s. 92].

## **2.7 Experimentování, manipulování, laborování**

### **Experimentování:**

Učitelství experiment je vlastně druh předvádění. Žákovský experiment, je možné si samostatně zkoušet a objevovat různé jevy. Aby žáci mohli provádět různě náročné experimenty, je nutné získat mnoho dovedností. Patří sem například práce s přístroji, měření, práce s různými materiály. Experimentování je proces, který je potřeba provádět vždy od nejjednodušších experimentů ke složitějším a postupně je na sebe navazovat [1, s. 99].

### **Manipulování:**

Tato metoda pomáhá poznávat hlavně prostředí a zařízení, ve kterém se žák pohybuje a získává zde důležité informace. Žáci jsou sami přímo vtahováni do určitých problémů, které si chtějí sami vyzkoušet. Do této metody patří různé zařízení stavebnicového typu, pomocí kterého žáci mohou demonstrovat jednoduché i složité operace [1, s. 99].

### **Laborování:**

V některých oborech (fyzika, chemie, elektrotechnika) je velmi důležité laborování. Někteří žáci mají tuto metodu výuky za velmi důležitou. Žáci se zde snaží podle zadaného úkolu různé průběhy prací různě rozebírat, zkoumají jejich problematiku a možnosti. Při laborování obvykle probíhá výuka skupinově a v rámci možností učebny (laboratoře). Žáci se mohou rozdělit na jednotlivá pracoviště. V laboratořích žáci vypočítávají a zpracovávají různé hodnoty, zaznamenávají jejich průběh, sestavují grafy, tabulky a schémata, vytvářejí různé protokoly, do kterých zapisují zadání a vytvářejí své vlastní vyhodnocení [1, s. 99].

## **2.8 Metody řešení problémů, metody heuristické**

HEURISTIKA, z řeckého heurika = já jsem objevil, já jsem našel.

Heuristika je věda, která se zabývá tvorbou myšlení a způsobem řešení problémů. Pomocí této výuky se snaží učitel, aby žáci získali odpovědnost, samostatnost, důkladnost, aby dokázali řešit složité operace. Tyto heuristické metody se snaží o to, aby žáci byli motivováni, měli zájem získávat potřebné důležité vědomosti, znalosti,

dovednosti a aby byli schopni rozvíjet své myšlenkové schopnosti. Tato metoda je některými učiteli hodně podporována a využívána v dnešní výuce, ale neznamená to, že je nahrazena nad ostatními metodami. Je však velmi časově náročná a je vhodná pro starší a zkušené učitele [1, s. 113].

## **2.9 Skupinová metoda**

U této metody je velmi důležitá činnost učitele. Jeho prvním cílem je rozdělit žáky ve třídě do několika skupin. Pro skupinovou práci v elektrolaboratoři, mohou být použity cíle, které musí vycházet ze specifických podmínek této laboratoře.

Žáky lze rozdělit podle několika kritérií. Učitel žákům musí rozdělit úkoly. Nejčastěji to bývá, že každá skupina má úplně jiný úkol. Dbá na spolupráci žáků mezi sebou ve skupině a klade důraz na aktivitu žáků. Činnost žáků spočívá ve spolupráci při řešení zadaného úkolu, je zde kladen důraz na rozvoj komunikace mezi žáky. Skupinovou výuku lze samozřejmě provádět s ohledem na možnosti učitele (počet žáků ve třídě, pomůcky, místo, čas a jiné). Skupinovou metodu rozdělujeme do tří základních fází:

Přípravná fáze – zde si učitel připravuje zadávání a rozdělování úloh.

Realizační fáze – samostatná práce jednotlivých skupin a vypracování zadaných úkolů.

Prezentační fáze – kontrola a prezentace výsledků zadaných úkolů jednotlivých skupin.

Předpoklady skupinové výuky:

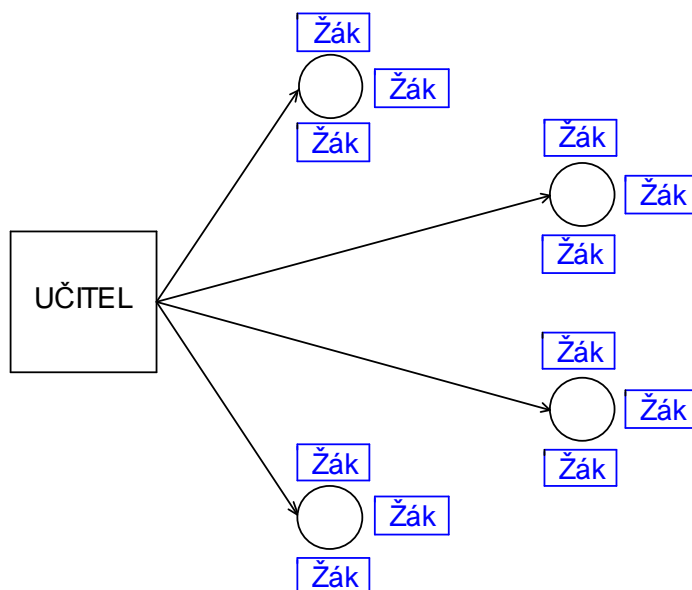
- spolupráce žáků
- dělba práce žáků při řešení úlohy
- shoda názorů mezi žáky
- napomáhat si mezi sebou
- odpovědnost žáků za výsledek
- tolerance mezi žáky
- pružnost žáků (flexibilita)

Hodnocení výsledků skupinové výuky:

- podle výkonnosti
- podle vztahů mezi žáky
- podle zájmu žáků
- podle znalostí [1, s. 137]

Velmi důležité je rozmístění učebny (obr. 3), a rozmístění žáků tak, aby všichni měli dostatečný prostor.





obr. 3 Možnost, jak uspořádat třídu (učebnu) při skupinové výuce

## 2.10 Brainstorming

Tato výuková metoda je anglickým slovem. V českém překladu znamená brainstorming „bouři mozků“ nebo „útok“ na mozek, na myšlení [1, s. 164]. Podstata brainstormingu spočívá ve uplatnění co nejvíce myšlenek a zjištění, do jaké míry jsou dobré či nikoliv. Tyto myšlenky a nápady musí být navrženy ve velmi krátkém čase. Nejlépe je vhodné zvolit pro vhodné problémy klíčová slova: Navrhněte! Vymyslete! Jakým způsobem? Proč? Jak? Jak by to mohlo být?

Obecná pravidla brainstormingu: [1, s. 164].

Směřovaná pozornost na co možná nejvíce vymyšlených nápadů

Všechny myšlenky a nápady je potřeba písemně zaznamenat

Je umožněna absolutní volnost nápadů

Motivace při inspirování a vytváření nápadů

Není dovolena žádná kritika nápadů

Postup při brainstormingu: [1, s. 165].

Zveřejnění a zopakování všech pravidel brainstormingu

Hodnocení nápadů

Zapisování nápadů

Produkce nápadů

### **3. VOLBA VÝUKOVÝCH METOD PRO VÝUKU V ELEKTROTECHNICE A V ODBORNÝCH PŘEDMĚTECH.**

Vycházíme zde z výukových metod uvedených v předchozí kapitole č. 2 v teoretické části. Důležitým krokem bylo velmi důkladně tyto metody sestudovat a zvolit vybrané správné výukové metody, kterými je vlastní výuka prováděna. Správná volba výukových metod napomáhá při tvorbě příprav. Rovněž napomáhá žákovi snadněji se vnést do probraného učiva. Je proto potřeba, tyto výukové metody pro výuku elektrotechniky a odborných předmětů vhodně rozpracovat, roztrždit a použít dle specifické problematiky v elektrolaboratoři.

Proto je nejprve třeba brát v úvahu následující aspekty:

Cíle a úkoly výuky

Obsah právě probíraného učiva

Úroveň fyzických a psychologických schopností jednotlivých žáků

Momentální vybavenost učebny

Délka praxe a zkušenosti učitele

Počet hodin na danou látku, nebo probírané téma

Počet žáků ve skupině nebo ve třídě

#### ***3.1 Doporučený výběr výukových metod používaných v silnoproudé laboratoři***

Metoda práce s textem

Metoda dovednostně praktická

Metoda pozorování a předvádění

Metoda laborování, manipulování, experimentování

Metoda vytváření dovedností

Metoda podporovaná počítačem

Tyto výukové metody jsou při výuce v elektrotechnice nejvíce používány. Nelze přesně určit, kterou metodou je dobré vždy začít. Ne každá metoda je samozřejmě dobrá pro právě probíranou látku nebo téma [1].

### **3.2 Metoda práce s textem**

Práce s textem je v elektrotechnice a odborných předmětech nedílnou součástí tohoto oboru. Práce s textem je na začátku považována hlavně jako práce s učebnicí, ve které mají žáci zpracované elektroschémata. S těmito schémata dále postupně pracují a musí je zvládnout vytvořit samostatně do sešitů. Velice se osvědčilo, že každý žák musí sešit předložit při zkoušení, když chce být klasifikován. Za určitých podmínek je žákům dovoleno při zkoušení nahlédnout do sešitu. Vždy o všech chybách a nedostatcích všichni společně diskutujeme, aby se žáci příště těchto problémů vyvarovali [1, s. 64].

### **3.3 Metoda názorně demonstrační**

Tato metoda je spolu s metodou prakticko dovednostní v silnoproudé laboratoři používaná NEJVÍCE A NEJČASTĚJI.

Veškeré probrané učivo, které žáci probrali ve škole teoreticky nebo při výuce odborného výcviku na úvod nového učiva, je důležité se všemi žáky znovu projít a prodiskutovat. Na předem vytvořeném a připraveném pracovišti je žákům zapojení zapojeno vysvětleno. Takto předem připravených pracovišť může být v elektrolaboratoři několik. Podle prováděcí vyhlášky z roku 2010, může být při výuce žáků, kteří studují v oboru silnoproud pouze 7 ve skupině a v oboru slaboproud jen 10 ve skupině. Tito žáci po názorné demonstraci postupně zapojují jednotlivé pracoviště, kde jsou nasimulované konkrétní příklady a zapojení na jednotlivá témata. Když se žáci postupně tyto pracoviště naučí a zvládnou je zapojit, jsou jim nasimulovány různé závady, které se zase postupně učí odstraňovat [1, s. 76].

### **3.4 Metoda individuální, samostatná práce žáků**

Samostatná práce je velmi důležitá. Při této práci žáci samostatně zapojují a svým úsilím si zvyšují své poznatky. Je důležité, aby se každý žák konkrétní věci učil samostatně. Snaží se získat způsob, kterým si určují, jak mají různé druhy prací provádět a řešit. Určují si své tempo práce a snaží se být ke své práci zodpovědní [1, s. 31].

### **3.5 Metoda podporovaná počítačem**

Za velký pokrok se v poslední době považuje výuka pomocí počítačů. Tato technika, která se velmi rychle rozvíjí, nám umožňuje pomocí počítačů řešit a zvládat velmi složité úlohy. Výuka pomocí počítačů je již spíše nutností. Využívá se především při prezentování výukových programů. K počítači je také možné připojit některá nepostradatelná přídatná zařízení jako tiskárna, kopírovací zařízení, skener, různá hlasová zařízení, interaktivní tabule, různá paměťová zařízení, na kterých si žáci mohou odnášet a do školy přinášet i vypracované úlohy a úkoly. Nedílnou součástí výuky je internet, pomocí kterého si žáci vyhledávají a zpracovávají na informační síti obrovské množství informací. Nejen pro žáky, ale také pro učitele je k dispozici elektronická pošta (E-mail), pomocí které dochází k velmi rychlé spolupráci mezi učiteli, mezi učiteli a žáky, mezi učiteli a rodiče, ale i mezi školami. Jestliže pomůže učitel vyřešit žákům prvopočáteční začátečnické kroky, pak se žákům otevírá nový prostor pro získávání celosvětových informací. Každý učitel má tak velkou možnost vnést do výuky velký obzor didaktických pomůcek a informací. Do výuky měření elektroveličin je práce s počítačem přímo předepsána ze školních vzdělávacích programů. Žáci se nejprve naučí pracovat se základním programem SCHEMAT CAD, který je přímo určen pro tvorbu a výuku elektroschémat, který dále používají pro zpracování protokolů o elektrotechnickém měření ve kterém mimo zadání, popisu práce a výpočtu vytváří také schéma zapojení právě pomocí programu SCHEMATA CAD. (viz příloha strana 40) [1, s. 186].

### **3.6 Závěr k výukovým metodám**

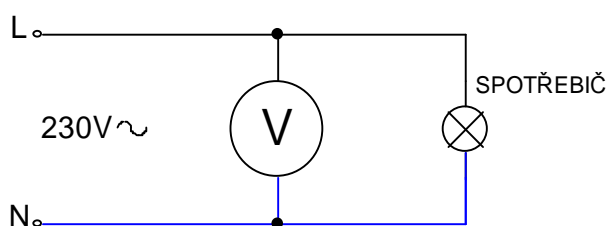
Každý učitel si podle svého vyučujícího předmětu musí zvolit své výukové metody. Rozhodně by tyto výukové metody neměli být vybrané náhodou, ale měli by být přímo cílené. Velkou roli zde hraje celá řada aspektů (hlavně počet žáků ve třídě, skupině, schopnost učitele, vybavenost učebny a jiné). Učitel je vždy ten, kdo řídí vyučovací hodinu. Jestli učitel zvolil tu správnou výukovou metodu, nelze určit vždy hned, ale je to otázka několika týdnů možná měsíců. Postupem času a získávání důležitých zkušeností si učitel vždy správné výukové metody pro svůj předmět vždy sám vytřídí a zvolí ty správné.

## 4. ZÁKLADNÍ METODY PRO MĚŘENÍ ELEKTROTECHNICKÝCH VELIČIN

Vycházíme z výše uvedených vybraných výukových metod a zejména a přednostně z rozpracované metody názorně demonstrační a metod viz strana 18. V praxi potom z toho vyplývá užití metody pro měření přímé a nepřímé. Tyto metody jsou nadále podrobně rozpracovány. Tyto metody měříme buď měřicími přístroji, nebo pomocí měřících můstků. Všechny metody měření jsou závislé na měřeném předmětu a hlavně na elektrické veličině, kterou chceme měřit.

### 4.1 Měření elektrického napětí

Pro měření elektrického napětí používáme voltmetr (obr. 5). Tento měřicí přístroj se vždy zapojuje paralelně ke spotřebiči, na kterém se měření provádí (obr. 4). Pro správné měření a přesnost voltmetru musí mít tento měřicí přístroj vždy co největší vnitřní odpor, alespoň  $1000\ \Omega / 1V$ .



obr. 4 Schéma zapojení a měření elektrického napětí



obr. 5 Analogové voltmetry

Pokud nevíme, jaké je napětí v měřeném obvodu, na voltmetru vždy nastavujeme největší rozsah a v případě potřeby tento rozsah snižujeme [5, s. 83].

#### 4.1.1 Změna rozsahu voltmetru

1. Předřadným odporem (do série)  $R_p = R_v \cdot (n - 1), n = \frac{U_v}{U_p}$  [3, s. 59].
2. Měřícím transformátorem napětí ( $X / 100V, M - N, m - n$ ) [3, s. 60].
3. Kondenzátorovým nebo odporovým děličem napětí (pouze u voltmetrů elektrostatických).

$R_p$  - odpor předřadného odporu

$R_v$  - odpor měřícího přístroje (voltmetru)

$U_v$  - rozsah voltmetru

$U_p$  - napětí přístroje při plné výchylce

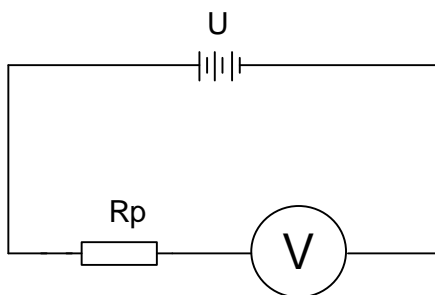
$M, N$  - označené svorky primární strany napěťového transformátoru

$m, n$  - označené svorky sekundární strany napěťového transformátoru

$X / 100V$  - převod napěťového transformátoru (př.  $500 / 5 =$  převod 100)

#### 4.1.2 Předřadným odporem

U tohoto zapojení se rezistor  $R_p$  zapojuje vždy do série k měřicímu přístroji (obr. 6).

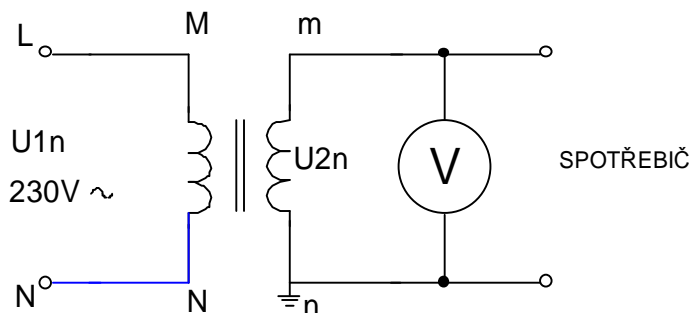


$R_p$  – předřadný odpor

obr. 6 Schéma zapojení měření napětí s předřadným odporem

### 4.1.3 Měřicím transformátorem napětí

Toto zapojení je určeno k měření střídavých napětí, která jsou vyšší než 1KV nebo u obvodu, které jsou galvanicky oddělené (obr. 7).



obr. 7 Schéma zapojení měřicího transformátoru napětí

$U_{1n}$  – jmenovité napětí primární strany transformátoru

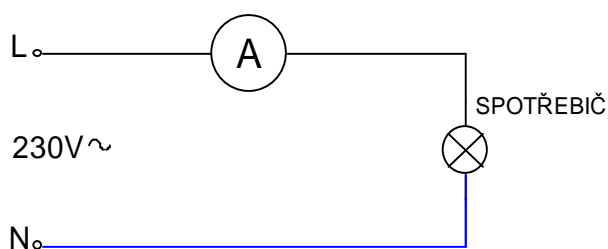
$U_{2n}$  – jmenovité napětí sekundární strany transformátoru

M, N – označené svorky primární strany napěťového transformátoru

m, n – označené svorky sekundární strany napěťového transformátoru

### 4.2 Měření elektrického proudu

Pro měření elektrického proudu používáme ampérmetr (obr. 9). Ampérmetr se vždy zapojuje do série se spotřebičem, na kterém měření provádíme (obr. 8). Pro přesné měření, musí mít tento měřicí přístroj co nejmenší vnitřní odpor. Pro správné a bezpečné měření vždy na ampérmetru nastavujeme nejvyšší rozsah a dle potřeby tento rozsah snižujeme [5, s. 95].



Obr. 8 Schéma zapojení a měření elektrického proudu



obr. 9 Analogové ampérmetry

#### 4.2.1 Změna rozsahu ampérmetru

1. Bočníkem (paralelně)  $R_b = \frac{R_p}{(n-1)}$ ,  $n = \frac{I_a}{I_p}$  [3, s. 61].
2. Měřícím transformátorem proudu ( $X / 5A, K - L, k - l$ ) [3, s. 62].
3. Odbočkami z proudové cívky

$R_b$  - odpor bočníku

$R_p$  - odpor měřícího přístroje (ampérmetru)

$I_a$  - rozsah ampérmetru

$I_p$  - proud přístroje při plné výchylce

$K, L$  - označené svorky primární strany proudového transformátoru

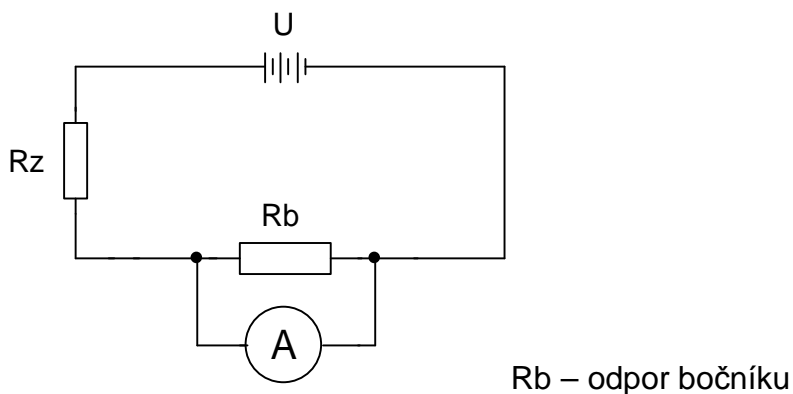
$k, l$  - označené svorky sekundární strany transformátoru

$X / 5A$  - převod proudového transformátoru (př.  $50/5 =$  převod 10)



### 4.2.2 Bočníkem

U tohoto zapojení se vždy ampérmetr zapojuje paralelně k rezistoru  $R_b$  (obr. 10).

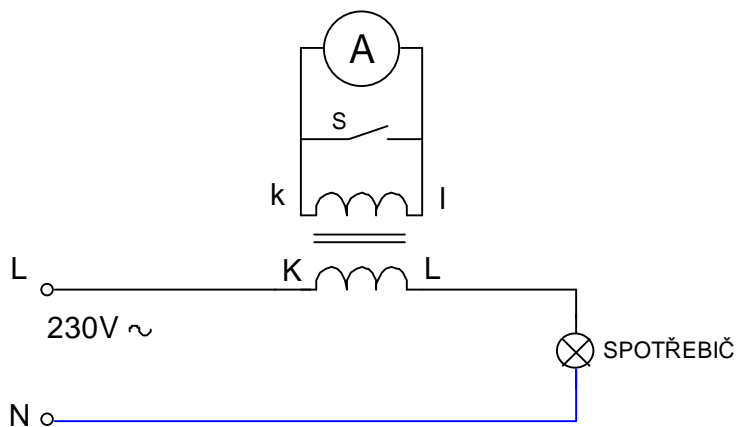


obr. 10 Schéma zapojení měření proudu s bočníkem

### 4.2.3 Měřicím transformátorem proudu

Toto zapojení je určené pro měření velkých střídavých proudů (obr. 11). Převod transformátoru je vždy na štítku s údaji a je vyjádřen vztahem  $X/5A$ . Jestliže je použit měřicí transformátor proudu, je vždy nutné naměřenou hodnotu na ampérmetru vynásobit převodem transformátoru.

Měřicí transformátor proudu se také používá u velmi často používaných klešťových ampérmetrů, které pracují na principu elektromagnetické indukce (obr. 12). Výhodou těchto měřicích přístrojů je, že při tomto měření nemusíme vůbec měřený obvod rozpojovat.



Obr. 11 Schéma zapojení měřicího transformátoru proudu

K, L – označení svorky primární strany proudového transformátoru

k, l – označené svorky sekundární strany napěťového transformátoru



obr. 12 Měřicí transformátory proudu, klešťový ampérmetr

### 4.3 MĚŘENÍ VÝKONU

Pro měření výkonu používáme WATTMETR (obr. 15). Měření elektrického výkonu dělíme na výkon střídavého a výkon stejnosměrného proudu. Výkon střídavého proudu pak dále dělíme na jednofázový a třífázový. Jednofázový výkon měříme jako činný, třífázový měříme jako jalový a jako zdánlivý [9].

Pro činný výkon platí vztah:  $P_{\check{c}} = U \cdot I \cdot \cos \varphi$  [2, s. 137].

Pro jalový výkon platí vztah:  $P_j = U \cdot I \cdot \sin \varphi$  [2, s. 137].

Pro zdánlivý výkon platí vztah:  $S = \sqrt{P_{\check{c}}^2 + P_j^2}$

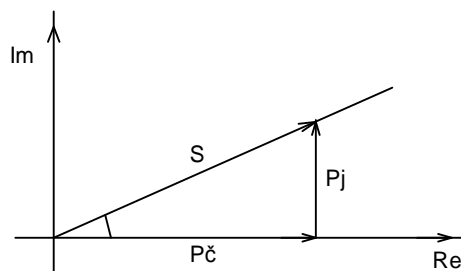
$P_{\check{c}}$  - výkon činný,  $\cos \varphi = \frac{P_{\check{c}}}{S}$

$P_j$  - výkon jalový,  $\sin \varphi = \frac{P_j}{S}$

$S$  - zdánlivý výkon,  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_{\check{c}}}{P_j} = \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi}$

$U$  - napětí

$I$  - proud

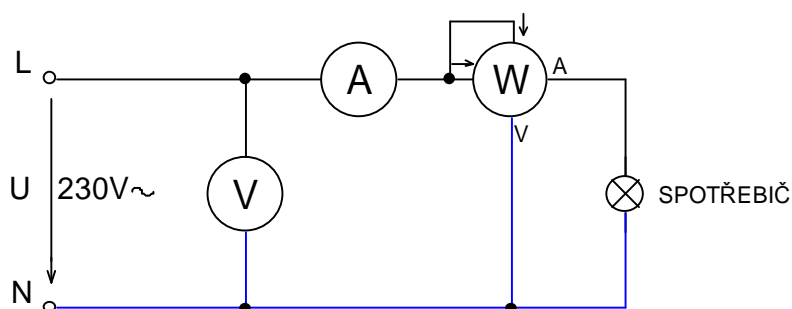


obr. 13 Fázorový diagram pro objasnění zdánlivého výkonu

Im – imaginární složka

Re – reálná složka

Wattmetr je speciální měřicí přístroj, který se skládá ze dvou cívek. Proudové a napěťové. Proudová cívka, stejně tak jako u ampérmetru, se vždy zapojuje sériově a napěťová tak, jako u voltmetru vždy paralelně a to na spotřebiči, na kterém se měření provádí (obr. 14). Proudové cívky jsou na měřicím přístroji evidentně větší než cívky napěťové. Začátky obou cívek jsou vždy označeny šipkami (jako vstup) a vývody z cívek jsou označeny u starších měřicích přístrojů tečkou, u novějších měřicích přístrojů vždy písmenem měřené veličiny „A“, „V“. Je také potřeba spočítat konstantu wattmetru ( $k_w$ ). Tu spočítáme, když vydělíme rozsah napěťové cívky počtem dílků na stupnici a vynásobíme rozsah proudové cívky. Tuto hodnotu vynásobíme naměřenou hodnotou na měřicím přístroji a získáme výkon spotřebiče [9].



obr. 14 Schéma měření činného výkonu jednofázového střídavého proudu

Vztah pro výpočet jednofázového činného výkonu:  $P_{\check{c}} = k_w \cdot a$

$k_w$  - konstanta wattmetru

$a$  – naměřená hodnota na wattmetru

→ - začátek proudové a napěťové cívky na wattmetru

A - odvod proudové cívky na wattmetru

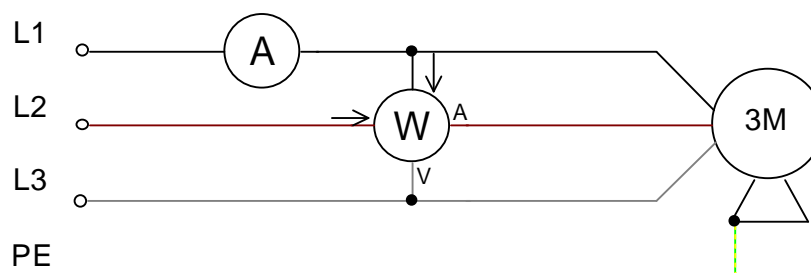
V - odvod napěťové cívky na wattmetru



obr. 15 Analogové wattmetry, zapojení napětí, proudu a činného výkonu

#### 4.3.1 Měření třífázového jalového výkonu na třífázovém asynchronním motoru s kotvou nakrátko.

U tohoto zapojení je podmínka, že na jalovém wattmetru musí být zapojeny všechny tři fáze (obr. 16). Nejlépe lze měření provést na souměrné soustavě (stejně napětí ve všech třech fázích) [5 s. 180].

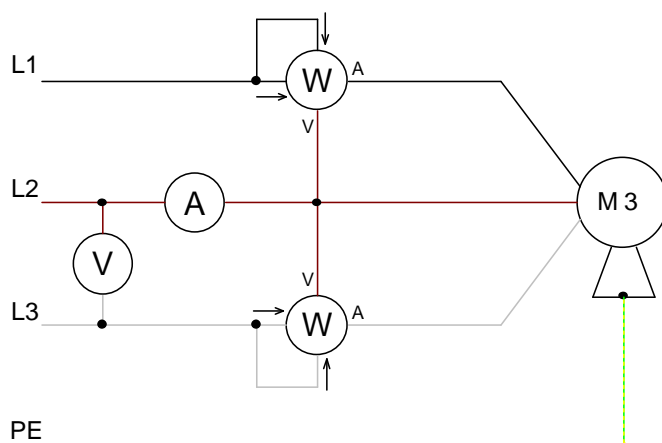


obr. 16 Schéma zapojení jalového wattmetru

Vztah pro výpočet jalového výkonu:  $P_j = kw \cdot a \cdot \sqrt{3} \text{ [VAr]}$  [6 s. 39].

### 4.3.2 Měření třífázového výkonu metodou dvou wattmetrů (Aronovo zapojení)

Toto zapojení je od předchozích zapojení velmi odlišné. Do obvodu se zapojují dva wattmetry, které jsou konstrukčně vždy stejné (obr. 17). Ani jeden z wattmetrů není však zapojen jako činný ale ani jako jalový. Na každém z wattmetrů však musí být sdružené napětí (400V), ale vždy jednu fázi mají na odvodu napěťové cívky oba dva wattmetry společnou (obr. 18). Podle speciálního pravidla se musí určit wattmetr č. 1 a wattmetr č. 2. Při výpočtu se pak dosadí obě naměřené hodnoty a spočítají činný a jalový výkon.



obr. 17 Schéma měření výkonu pomocí dvou wattmetrů (Aronovo zapojení)



obr. 18 Měření výkonu pomocí dvou wattmetrů (Aronovo zapojení)

Vzorečky pro výpočet činného a jalového výkonu při měření výkonu pomocí dvou wattmetrů:  $P_{\check{c}} = (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot kw$ ,  $P_j = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot kw \cdot \sqrt{3}$  [4, s. 42].

$P_c$  = výkon činný

$P_j$  = výkon jalový

$\alpha_1$  = naměřená hodnota na wattmetru č. 1 (vyšší)

$\alpha_2$  = naměřená hodnota na wattmetru č. 2 (nižší)

$k_w$  = konstanta wattmetrů

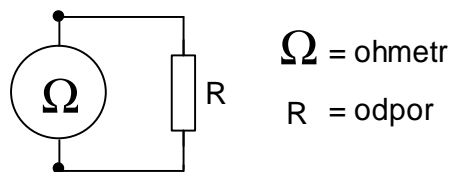
## 4.4 MĚŘENÍ ODPORU

Měření elektrického odporu lze provést více metodami [5 s. 111].

1. Měření odporu přímou metodou
2. Měření odporu nepřímou metodou
3. Měření měřícími můstky

### 4.4.1 Měření odporu přímou metodou

Pro měření odporu přímou metodou používáme ohmetr, který je připojen k měřenému odporu vždy paralelně (obr. 19).

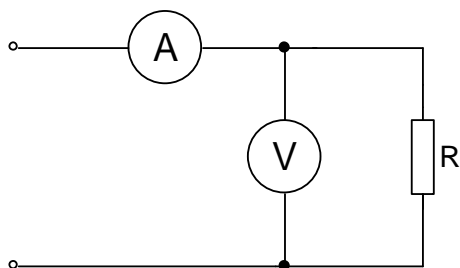


obr. 19 Schéma měření odporu přímou metodou

### 4.4.2 Měření odporu nepřímou metodou

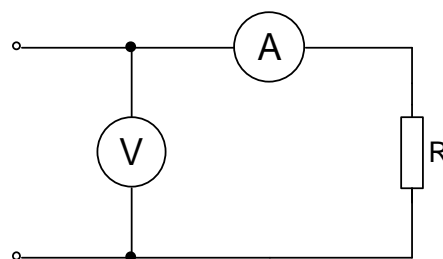
U tohoto měření je velmi důležité vědět přibližnou hodnotu měřeného odporu, protože zde rozlišujeme měření malých a velkých odporů. Je potřeba zvolit správné zapojení, abychom tak snížili chybu při měření [5 s. 112].

Malé odpory – přibližně do  $100\ \Omega$  musí být zapojen první ampérmetr (do série) a jako druhý voltmetr (paralelně). K měřenému odporu a u velkých odporů nad  $100\ \Omega$ , musí být měřicí přístroje zapojeny opačně (obr. 20).



obr. 20 Měření malých odporů,

R – měřený odpor



měření velkých odporů

Výpočet odporu je po naměření základních elektrických veličin (proudu a napětí) vypočítán podle Ohmova zákona:  $R = \frac{U}{I}$  [3, s. 6].

$R$  - odpor

$U$  = napětí

$I$  = proud

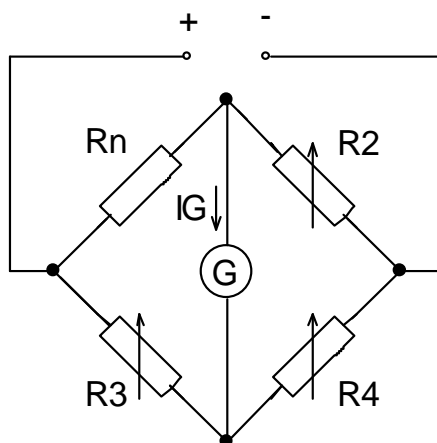
#### 4.4.3 Můstkové měření odporu

Pro měření odporu pomocí můstku lze provést dva typy měření:

1. Wheatstoneův můstek
2. Thomsonův můstek

Wheatstoneův podle anglického vědce Charles Wheatstone.

Toto zapojení je jedno z nejpřesnějších metod měření odporu. Můžeme zde dosáhnout měření až s přesností 0,01% [3 s. 69].



obr. 21 Zapojení Wheatstoneova můstku

Rovnice pro výpočet odporu pomocí Wheatstoneova můstku:

$$R_n \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 \qquad R_n = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} \quad [3, \text{s. } 69].$$

$R_n$  = neznámý (počítaný) odpor

$R_2, R_3, R_4$  = odpory

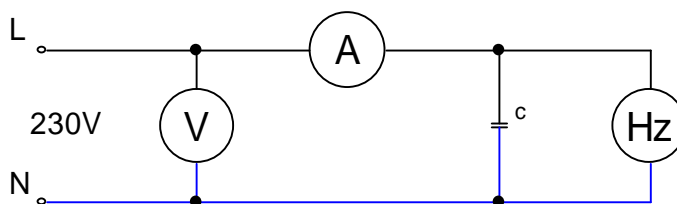
$G$  = galvanoměr

## 4.5 MĚŘENÍ KAPACITY

1. Měření kapacity nepřímou metodou
2. Měření kapacity pomocí můstku:
  - a) Sautyho můstek
  - b) Wienův můstek
  - c) Scheringův můstek

### 4.5.1 Měření kapacity nepřímou metodou

Měření kapacity je podobné jako měření odporu Ohmovou metodou. Je zde třeba také odlišit měření velkých a malých kapacit kondenzátorů (obr. 22).



obr. 22 Schéma měření kapacity nepřímou metodou



Pro výpočet kapacity nepřímou metodou můžeme použít dva vzorce:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot xc} \quad \text{nebo} \quad C = \frac{I \cdot 10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U}, \quad xc = \frac{U}{I} \quad [5, \text{s. } 142].$$

$C$  = kapacita

$f$  = frekvence (50Hz)

$xc$  = kapacitní reaktance

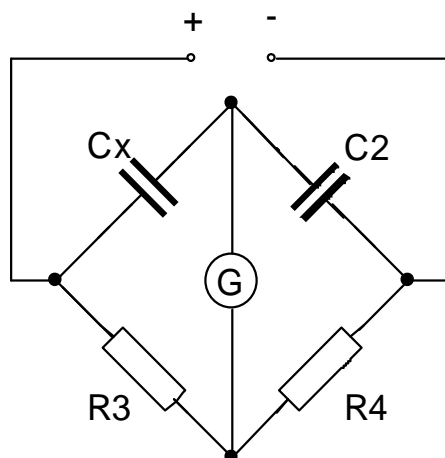
#### 4.5.2 Měření kapacity pomocí De Sautyho můstku

V praxi je použití tohoto můstku dost problematické, takže se téměř nepoužívá [5 s. 145].

Pro výpočet kapacity pomocí De Sautyho můstku (obr. 23) platí vztah:

$$Cx = C2 \cdot \frac{R4}{R3} \quad [5, \text{s. } 145].$$

$Cx$  - měřená (neznámá kapacita)



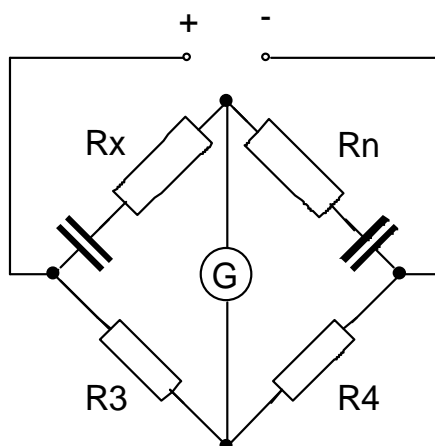
obr. 23 Zapojení - De Sautyho můstek

#### 4.5.3 Měření kapacity – Wienův můstek

Pro přesnější výpočet kapacity kondenzátoru lze použít Wienův můstek (obr. 24). Při správném měření zapojení můstku, můžeme dosáhnout velmi kvalitní hodnoty s tolerancí chyby až 0,1% [5 s. 146].

Pro výpočet tohoto můstku můžeme použít vztah:

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_4}{R_3} \quad [5, \text{ s. } 146].$$



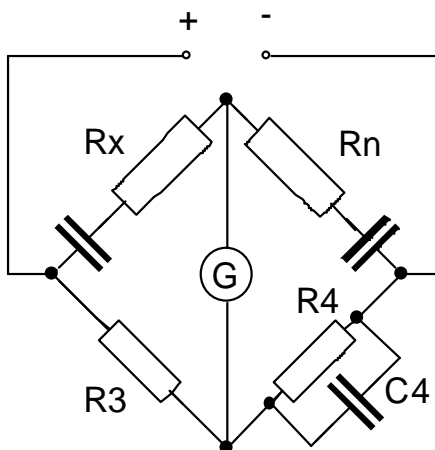
obr. 24 Zapojení - Wienův můstek

#### 4.5.4 Měření kapacity – Scheringův můstek

Toto měření můstku (obr. 25) lze použít pouze pro měření kapacity. Tento můstek se pro měření kapacity používá nejčastěji ze všech můstků. Můžeme zde dosáhnout, při správném použití, toleranci chyby měření až 0,1% [5 s. 147].

Pro Scheringův můstek platí vztah:

$$C_x = C_n \cdot \frac{R_4}{R_3} \quad [5, \text{ s. } 148].$$



obr. 25 Zapojení - Scheringův můstek

## 4.6 CHYBY MĚŘENÍ

Pro měření elektrických veličin je určena celá řada měřících přístrojů. Chyby měření jsou nepostradatelnou složkou výuky v odborných předmětech, kde jsou podrobně teoreticky rozpracovány.

Tyto znalosti jsou přínosem pro konkrétní práci v elektrolaboratoři, kde se pak žáci naučí hlavně dobře pracovat s měřícími přístroji v elektrolaboratoři. V případě některých chyb si celá měření zopakují. Proto je důležité připomenout chyby měření na začátku každého zadaného úkolu při měření [8].

### 4.6.1 Chyba relativní a absolutní

Chyba relativní – je velikost chyby absolutní vůči hodnotě skutečné.

Relativní chyba se udává v % a je dána vztahem:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{X_s} \cdot 100[\%] \quad [3, \text{s. } 55].$$

$\delta x$  = relativní chyba

$\Delta x$  = absolutní chyba

$X_s$  = hodnota skutečná

Chyba absolutní – je rozdíl mezi hodnotou naměřenou a hodnotou skutečnou.

Absolutní chyba se udává v jednotkách měřené elektroveličiny a je dána vztahem:

$$\Delta x = X_n - X_s \quad [3, \text{s. } 55].$$

$\Delta x$  = absolutní chyba

$X_n$  = hodnota naměřená

$X_s$  = hodnota skutečná

### 4.6.2 Třída přesnosti

Je soubor všech chyb měřícího přístroje. Má-li měřící přístroj třídu přesnosti, je tím vyjádřena jeho celková relativní chyba, která se udává v % (tab. 1). Hodnota třídy přesnosti je dána přímo normou ČSN.

Číselná řada třídy přesnosti je 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5; [2 s. 25].

Třída přesnosti	Naměřená chyba s tolerancí + , -
0,1	0,10%
0,2	0,20%
0,5	0,50%
1	1%
1,5	1,50%
2,5	2,50%
5	5%

tab. 1 Číselná a procentuální řada třídy přesnosti

Třída přesnosti 0,1; 0,2; 0,5; se používá pro velmi přesné měřicí přístroje.

Třída přesnosti 1; 1,5; 2,5; 5; se používá pro provozní přístroje.

Třída přesnosti je dána vztahem:

$$\delta p = \frac{|\Delta m|}{X_r} \cdot 100[\%] \quad [3, \text{s. } 55].$$

$\Delta m$  = maximální absolutní chyba přístroje

$X_r$  = měřicí rozsah přístroje

#### 4.6.3 Chyby způsobené obsluhou

Tyto chyby nastanou, když obsluha zvolí nevhodný typ měřicího přístroje, nevhodný rozsah měřicího přístroje, když metoda pro měření nebyla správně zvolena, naměřená hodnota byla nesprávně odečtena ze stupnice měřicího přístroje nebo nebyla nastavena mechanická nula na měřicím přístroji [8].

#### 4.6.4 Chyby nahodilé

Jsou chyby, které se vyskytují nepravidelně. Těmto chybám lze částečně zamezit několika násobným a opakovaným měřením. Příčina těchto chyb je neznámá [8].

#### 4.6.5 Chyby soustavné

Tyto chyby patří k těm, které se vyskytují téměř pravidelně. Většinou se jedná o nepřesnost měřicích přístrojů [3 s. 55].

#### **4.6.6 Omyly**

Jsou způsobeny osobou, která měření provádí. Vznikají nevhodným osvětlením, nepozorností, únavou a různými okolními vlivy [3 s. 55].

#### **4.6.7 Ověřování měřících přístrojů**

Ověřování měřících přístrojů je stav, při kterém se zjišťuje, jestli měřící přístroj splňuje danou třídu přesnosti. Každý měřící přístroj by měl podléhat kontrole, podle toho, kde a v jakém prostředí je používán, nejméně jednou za dva roky. Pro přesnější měřící přístroje a pro přesnější měření ( v laboratořích) alespoň jednou za rok [8].

## 5. ZÁVĚR

Po důkladném prostudování dostupné literatury o výukových metodách, jsme tyto metody rozřídili a vybrali metody zejména používané v silnoproudé elektrolaboratoři a při výuce odborných předmětů. Měření v silnoproudé laboratoři sleduje především přípravu studentů pro jejich budoucí praxi a při zajištění maximálních bezpečnostních podmínek.

Pro výhled a zefektivnění práce se studenty v silnoproudé elektrolaboratoři, jsem absolvoval měření elektrických veličin ve fyzikálním praktiku na katedře fyziky Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (viz příloha s. 45). Zde byly získány velmi cenné poznatky, které budou přeneseny do výuky v silnoproudé elektrolaboratoři a do výuky odborných předmětů na střední škole. Jde hlavně o rozšíření a zkvalitnění témat této bakalářské práce, které jsou na střední škole vyučovány.

Závěrem je možné říci, že práce splnila vytýčené cíle, tj. na základě prostudované literatury rozpracovat příslušné výukové metody do konkrétních podmínek výuky v silnoproudé laboratoři. Tyto zkušenosti vyústily v doplnění školního vzdělávacího programu.

## 6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Maňák, J., Švec, V.: Výukové metody. Brno: Paido, 2003.
- [2] Fiala, M., Vrožina, M., Hercik, J.: Elektrotechnická měření I, Praha: SNTL 1984.
- [3] Bodláková, R., Donát, J.: Základy elektrotechniky, měření elektrických veličin, projekt ESAC 2006.
- [4] Bohdal, J., Staněk, J a kol. Dílenská příručka učebních oborů elektro, ISŠE elektrotechnická – COP Hluboká nad Vltavou.
- [5] Elektrotechnická měření.: BEN Technická literatura
- [6] Bohdal, J., Boháč, R.: Elektrické stroje točivé a transformátory, projekt ESAC 2006.
- [7] Klaus, Tkotz a kol.: Příručka elektrotechnika, Europa – Sobotáles cz. Praha 2002.
- [8] Horák, Z., Krupka, F., Šindelář, V.: Technická fyzika, Praha: SNTL 1960.
- [9] Fetter, F.:Přehled silnoproudé elektrotechniky, Praha: SNTL 1957

## 7. PŘÍLOHY

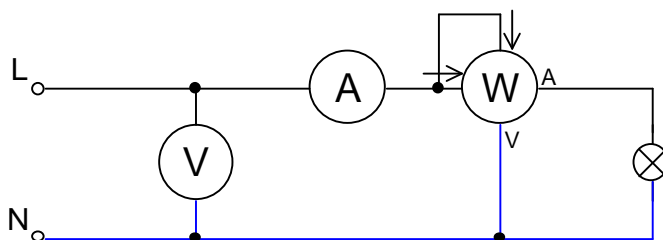
Střední odborná škola elektronická-COP Hluboká nad Vltavou

### Protokol O ELEKTROTECHNICKÉM MĚŘENÍ O LABORATORNÍM CVIČENÍ

Provedl: Adam Bartuška	Datum: 11. 1. 2011	Číslo: 3	Poř.č.žáka: 2	Třída: EL 2A
Kontroloval: R. Boháč	Datum: 12. 1. 2011			

**Cíl měření:** Zapojte, změřte a spočítejte fázové napětí, proud a činný výkon na jednofázovém spotřebiči. Vytvořte schéma zapojení.

#### Schéma zapojení:



**Použité měřicí přístroje:** Laboratorní ampérmetr – Metra Blansko v.č. 159684

Laboratorní voltmetr - Metra Blansko v.č. 187357

Laboratorní wattmetr – Metra Blansko v.č. 126957

**Pomocné měřicí přístroje:** -----

**Měřený předmět:** Žárovka 500 W.

**Zdroj:** Síťové napětí, 50Hz.

**Naměřené hodnoty:** Napětí (U) 229V

Proud (I) 2,19A

Wýkon (P) 490W



**Popis měření a závěr:** Nejdříve jsem si nakreslil obvod zadaného úkolu. Potom jsem si zvolil správné měřicí přístroje, zapojil je podle nakresleného schématu. Po zkontrolování jsem do obvodu přivedl napětí a spočítal všechny požadované elektro veličiny.

Příklad č.1 - zpracování protokolu o měření proudu, napětí a činného výkonu a na jednofázovém spotřebiči a výpočet jejich veličin.

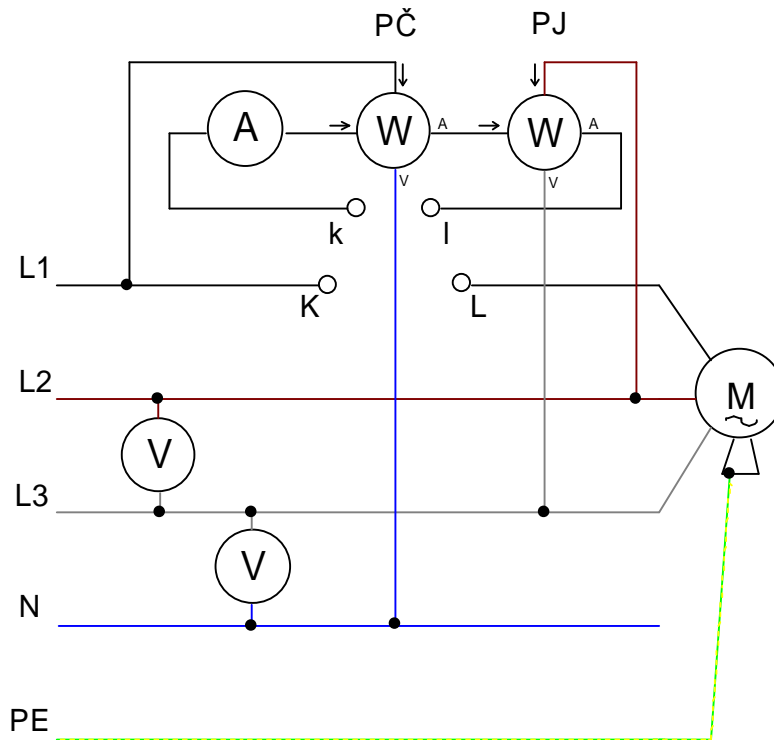
Při měření protokolů o elektrotechnickém měření o laboratorním cvičení, je použito a pracováno s fázovým a sdruženým napětím.

## Protokol O ELEKTROTECHNICKÉM MĚŘENÍ O LABORATORNÍM CVIČENÍ

Provedl: Jan Zahrádka	Datum: 4. 2. 2011	Číslo:4	Poř.č.žáka:28	Třída: MS 3
Kontroloval: R.Boháč	Datum:7. 2. 2011			

**Cíl měření:** Namalujte a podle schématu zapojte zapojení měření proudu, činného a jalového výkonu nepřímou metodou přes měřicí transformátor proudu, fázové a sdružené napětí na třífázovém asynchronním motoru s kotvou na krátko.

**Schéma zapojení:**



**Použité měřicí přístroje:** Laboratorní voltmetr Metra Blansko v.č. 258973

Laboratorní voltmetr Metra Blansko v.č. 279641

Laboratorní ampérmetr Metra Blansko v.č. 369258

Laboratorní wattmetr Metra Blansko v.č 298357

Laboratorní wattmetr Metra Blansko v.č 298356

**Pomocné měřicí přístroje:** Laboratorní měřicí transformátor proudu s převodem 7/1.

**Měřený předmět:** Třífázový asynchronní motor s kotvou na krátko v.č. 9982413

**Zdroj:** Síťové sdružené napětí.

**Naměřeno:** Fázové napětí 228V

Sdružené napětí 405V

Proud 2.99A

Činný výkon  $98W * 7(\text{převod transformátoru}) = 686W$

Jalový výkon  $288W * 7(\text{převod transformátoru}) = 2016W$

**Popis měření a závěr:** Po namalování schéma jsem si vybral správné měřicí přístroje a vhodný měřicí transformátor proudu se správným převodem. Potom jsem celý obvod zapojil a nechal si ho zkontrolovat. Po kontrole bylo zapojení uvedeno do provozu, odečteny a spočítány naměřené hodnoty které jsem zanesl do protokolu o měření. Po vypnutí jsem celý obvod rozebral a uvedl pracoviště do původního stavu a následně dopracoval protokol.

Příklad č.2 - zpracování protokolu o měření proudu, činného a jalového výkonu nepřímou metodou přes měřicí transformátor proudu, měření fázového a sdruženého napětí na třífázovém asynchronním motoru s kotvou nakrátko a výpočet jejich veličin.

**Protokol o elektrotechnickém měření**

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**Pedagogická fakulta**

**Fyzikální praktikum**

Měření odporů substituční metodou a můstkovou metodou

Vyučující: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D

Jméno studenta: Radek Boháč

Obor: UOP 3ročník

Ak.rok: LS 2010/2011

## 1. Úkol

Změřte dané rezistory substituční metodou, můstkovou metodou s odporovým drátem a můstkovou metodou pomocí můstku.

## 2. Použité pomůcky

- 1) Zdroj elektrického napětí 5V, 12V
- 2) Měřené rezistory o velikosti:  
R1 = 5.1 Ω  
R2 = 10 Ω  
R3 = 20 Ω  
R4 = 51 Ω
- 3) Digitální multimetr
- 4) Odporová dekáda
- 5) Můstek
- 6) Potenciometr
- 7) Přepínač
- 8) Odporový drát

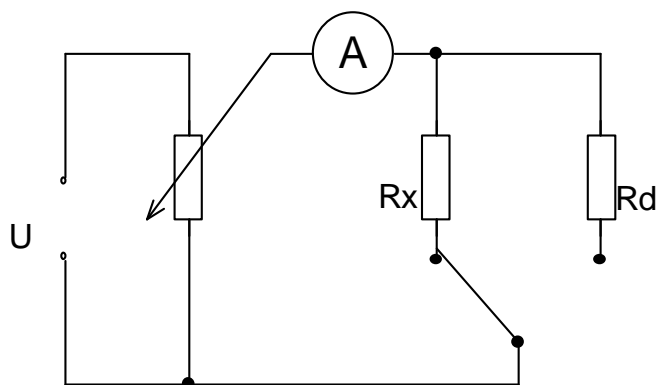
## 3. Teoretická část

Výsledný odpor jednoduše spočítáme podle Ohmova zákona podle vztahu

$I = \frac{U}{R}$ , kde I je proud procházející měřeným odporem a U je napětí na tomto odporu.

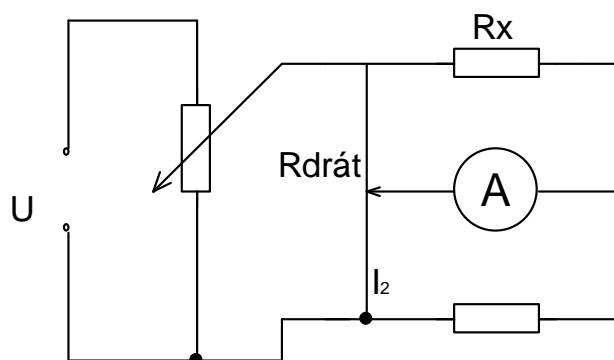
## 4. Postup měření

Metoda substituční:



Pro měření substituční metodou jsme použily Ohmův zákon a postupujeme tak, že pomocí přepínače připojíme neznámý rezistor  $R_x$  a pomocí potenciometru nastavíme určitou hodnotu proudu. Pomocí odporové dekády, na které nastavujeme různé hodnoty odporu, aby hodnota proudu byla co nejbližší proudu který protékal neznámým odporem  $R_x$ . Pomocí odporové dekády tak zjistíme neznámou hodnotu měřeného odporu  $R_x$ .

Metoda můstková:



Pomocí můstku můžeme také změřit neznámý rezistor. Platí zde, že pokud je na galvanoměru nulový náboj (na ampérmetru nulový proud, tak poměry odporů ve větvích naproti sobě jsou stejné. Pro toto schéma, kde je použit odporový drát o délce

$$l = 1\text{m}, \text{ vypočítáme neznámý odpor ze vztahu: } R_x = \frac{I_1}{I_2} \cdot R_d$$

## 5. Naměřené, vypočítané a zpracované hodnoty

Měření odporu můstkovou metodou (délka odporového drátu 1m.

číslo měření	$R_d \ \Omega$	$R_x \ \Omega$	$l_1 \text{ mm}$	$l_2 \text{ mm}$
1	5	6,2	548	448
2	10	12,4	551	447
3	20	22,2	510	484
4	51	52,5	505	489

### Měření odporu pomocí substituční metody

č.měření	I1 mA	Rd $\Omega$	I2 mA	Rd $\Omega$	I3 mA	Rd $\Omega$	I4 mA	Rd $\Omega$
1	207	5,34	205	9,68	202	20,88	203	52,48
2	180	5,56	190	9,72	190	20,86	193	52,50
3	177	5,6	182	9,78	183	20,82	182	52,51
4	165	5,74	173	9,63	170	20,82	173	52,44
5	154	5,73	163	9,6	162	20,98	161	52,46
6	143	5,76	152	9,59	151	21,0	150	52,40
7	133	5,75	142	9,57	141	21,14	142	52,34
8	126	5,7	131	9,55	130	21,20	133	52,40
9	117	5,63	120	9,62	120	21,25	121	52,6
10	108	5,57	108	9,63	110	21,17	108	52,58

### Měření odporu pomocí můstku

poměr	Rx1 $\Omega$	Rd $\Omega$	Rx2 $\Omega$	Rd $\Omega$	Rx3 $\Omega$	Rd $\Omega$	Rx4 $\Omega$	Rd $\Omega$
1:1	5,1	4,6	10	10,2	20	21	51	48,2
1:10	5,1	5,42	10	10,16	20	21,5	51	52,6
1:100	5,1	5,5	10	10,30	20	21,6	51	52,7

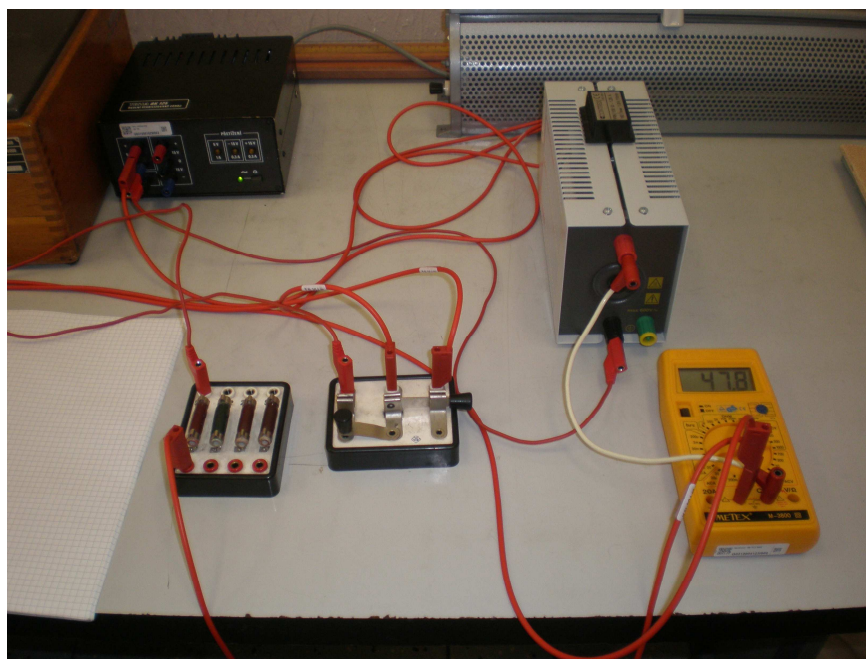
## 6. Diskuse

Zjistili jsme, že naměřené a vypočítané hodnoty se téměř neliší od hodnot které uvádí výrobce na štítku. Odpor na měřených rezistorech se lišil řádově v rozmezí 2 – 10% při měření metodou substituční. Při měření můstkovou metodou pomocí odporového drátu, jsme provedli pouze jedno měření. Zde se nám vypočítané hodnoty liší řádově v rozmezí 3 – 20%. Samozřejmě nejpřesnější měření bylo pomocí můstku, kde se nám hodnoty liší řádově do 6%.

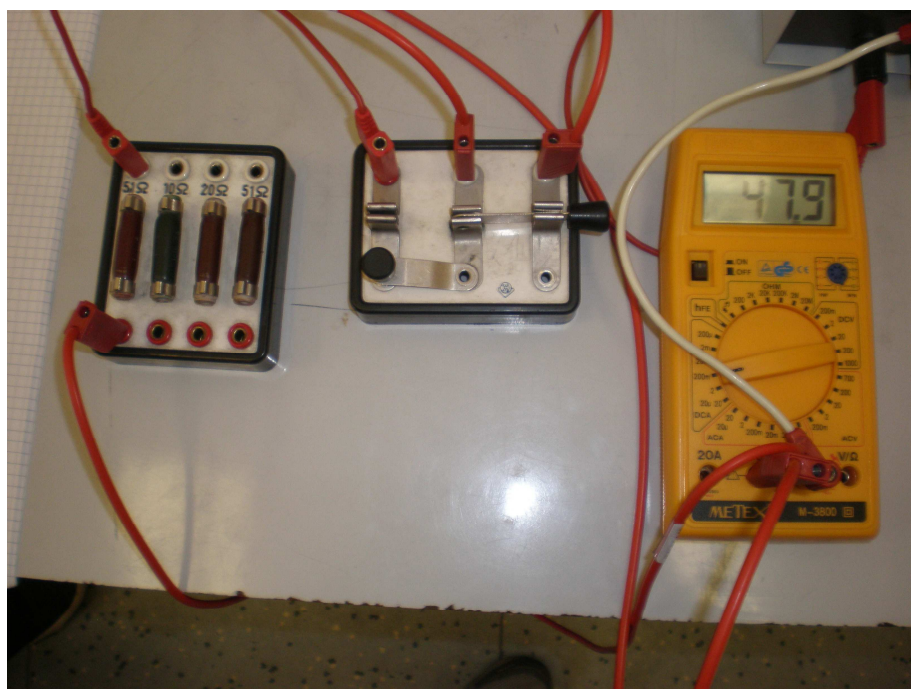
Chyba byla pravděpodobně způsobena velmi hrubou stupnicí na odporové dekádě. Také proud který protékal nebyl konstantní

## 7. Závěr

Podle zadání jsme naměřili všechny zadané metody a spočítali hodnoty které jsme zanesli do tabulek.



Obrázek 1a - ukázka z fyzikálního praktika z katedry fyziky Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Měření odporové kaskády.



Obrázek 1b – ukázka z fyzikálního praktika z katedry fyziky Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Měření odporové kaskády.



**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**Pedagogická fakulta**

**Fyzikální praktikum**  
Měření kapacity kondenzátorů přímou metodou

Vyučující: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D  
Jméno studenta: Radek Boháč  
Obor: UOP 3ročník  
Ak.rok: LS 2010/2011

## 1. Úkol

1.1 Změřte kapacitu dvou kondenzátorů Ohmovou metodou.

1.2 Změřte kapacitu dvou kondenzátorů Ohmovou metodou sériově zapojených.

1.3 Změřte kapacitu dvou kondenzátorů Ohmovou metodou paralelně zapojených.

## 2. Pomůcky

Zdroj: napětí 6 – 20V

Digitální multimetr 2ks

Proměnný odpor o velikosti 100 Ω

Čtyři kondenzátory neznámé velikosti

## 3. Teorie

### Ohmova metoda

Pomocí multimetrů (jeden jako voltmetr, druhý jako ampérmetr) je zapojíme dle obrázku a úbytek napětí a proudu obvodem protékající.

Pro výsledný výpočet kapacity použijeme vztah:  $C_x = \frac{I}{\omega \cdot U} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U}$

### Sériové zapojení kondenzátorů

U zapojení sériového zapojení dvou kondenzátorů, použijeme vztah pro výpočet:

$$C = \frac{(C1 \cdot C2)}{(C1 + C2)}$$

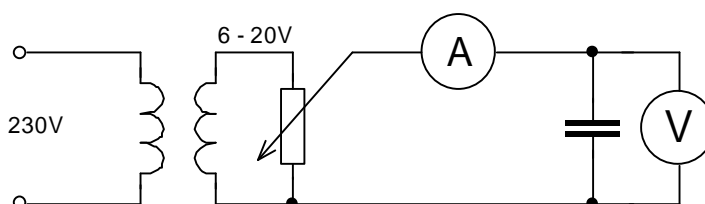
### Paralelní řazení kondenzátorů

Pro zapojení a výpočet dvou kondenzátorů v našem případě platí vztah:

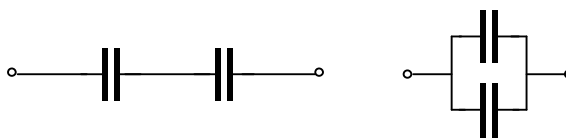
$$C = C1 + C2$$

## 4. Schéma zapojení

### Měření Ohmovou metodou



## Sériové a paralelní zapojení kondenzátorů



### 5. Postup měření

Podle obrázku měření Ohmovou metodou provedeme zapojení. Pomocí potenciometru měníme proměnný odpor. Naměřené a spočítané hodnoty podle vzorců zapíšeme do tabulky.

### 6. Naměřené a vypočítané hodnoty

C1

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]		I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	0,25	0,83	0,856	1	6,25	2,49	8,069
2	0,85	2,30	1,112	2	8,82	3,51	8,062
3	1,37	4,11	1,079	3	10,5	4,2	8,057
4	2,05	5,97	1,081	4	12,44	4,95	8,048
5	2,39	7,13	1,077	5	14,33	5,88	8,079
6	2,90	8,7	1,077	6	17,06	7,61	8,068
7	3,14	9,52	1,078	7	19,18	8,88	8,044
8	3,72	11,31	1,082	8	22,1	10,31	8,059
9	4,01	12,30	1,083	9	25,95	11,76	8,054
10	4,49	13,42	1,079	10	30,0	11,91	8,058

C2

C3

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]		I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	0,27	0,85	0,956	1	0,25	0,89	0,952
2	0,81	2,6	0,955	2	0,82	2,95	0,945
3	1,28	4,35	0,941	3	1,3	4,6	0,934
4	1,82	5	0,932	4	1,69	5,95	0,931
5	2,09	7,18	0,928	5	1,99	6,88	0,931
6	2,3	8,06	0,926	6	2,36	8,19	0,936
7	2,7	9,56	0,925	7	2,89	9,88	0,933
8	3,18	10,96	0,954	8	3,16	10,59	0,945
9	3,59	12,52	0,926	9	3,64	12,55	0,938
10	4,09	14,15	0,932	10	4,05	13,91	0,946

C4

### Zapojení dvou kondenzátorů (sériové)

#### Sériové zapojení C3, C4

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	0,12	0,84	0,478
2	0,44	3,09	0,472
3	0,69	5,17	0,474
4	1	6,91	0,468
5	1,11	7,86	0,462
6	1,29	9,14	0,464
7	1,51	10,33	0,464
8	1,69	11,82	0,465
9	1,82	12,78	0,462
10	1,99	13,86	0,461

#### Sériové zapojení C1, C2

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	0,27	1,89	0,464
2	0,92	2,96	0,961
3	1,37	7,6	0,558
4	1,69	5,65	0,939
5	1,98	6,87	0,949
6	2,39	8,09	0,949
7	2,88	9,98	0,947
8	3,48	11,59	0,949
9	3,92	12,85	0,948
10	4,25	13,98	0,950

### Zapojení dvou kondenzátorů (paralelní)

#### Paralelní zapojení C3, C4

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	0,89	1,55	1,860
2	1,79	3,03	1,860
3	2,32	4,12	1,854
4	2,90	5	1,857
5	3,69	6,55	1,856
6	4,27	7,34	1,849
7	4,72	8,0	1,861
8	5,81	10,06	1,857
9	7,14	12,12	1,855
10	8,01	14,05	1,855

#### Paralelní zapojení C1, C2

	I [mA]	U [V]	C [ $\mu F$ ]
1	1,40	0,59	9,129
2	5,99	2,15	9,125
3	8,77	3,1	9,149
4	10,68	3,81	9,173
5	12,68	4,35	9,148
6	14,2	5	9,178
7	16,32	5,8	9,158
8	17,96	6,39	9,148
9	20,00	6,78	9,162
10	23,48	8,01	9,149

## 7. Závěr

Podle hodnot z tabulek, jsme zjistili, že všemi metodami se hodnoty měřených kondenzátorů liší pouze nepatrně.