

VÝUKOVÉ POMŮCKY V PRAXI UČITELE ODBORNÉHO VÝCVIKU

EDUCATIONAL AIDS IN THE PRACTICE OF A TEACHER OF TECHNICAL TRAINING

Jan DOLEŽEL

Resumé

Tato práce pojednává o výukových pomůckách v praxi učitele odborného výcviku. Na začátku je proveden krátký pohled do historie používání výukových pomůcek a jejich využívání obecně. Dále se práce zabývá výukovými pomůckami v odborné učebně elektrotechniky a přípravou učitele na výuku. V další kapitole je zmínka o specifických výukových pomůckách používaných při výuce elektrotechniky a je zmíněna bezpečnost při používání těchto pomůcek. Jedna kapitola se věnuje praktickému ověření výukové pomůcky pro vysvětlení kompenzace jalového výkonu při výuce na SPŠE v Plzni. Další kapitoly jsou věnovány dvěma výukovým pomůckám: kompenzaci jalového výkonu a diagnostice závad na asynchronním motoru. Je popsána výroba těchto pomůcek, jejich používání při výuce a didaktický cíl při jejich používání. V přílohách jsou fotografie zmiňovaných pomůcek a schémata jejich zapojení.

Abstract

The bachelor thesis deals with educational aids in the practice of a teacher of technical training. Introduction briefly summarizes history of utilization of teaching aids and their function in general. Teaching aids in a special classroom of electrical engineering are addressed in following sections together with teacher's preparation for the lessons. Next chapter mentions specific electrical teaching aids with emphasis on safety measures during their use. The following chapters are devoted to specific teaching aids serving for compensation of the wattless output and diagnostics of an asynchronous motor, respectively. Making of these educational aids, their utilization in the classroom and didactic purpose of their use are described into details. Snapshots of the teaching aids and their respective schematic diagrams are included in appendices.

ÚVOD

Pro svoji bakalářskou práci jsem si zvolil dvě výukové pomůcky z oblasti silnoproudé elektrotechniky. První se zabývá vysvětlením kompenzace jalového výkonu a druhá základní diagnostikou asynchronního motoru. K vytvoření první pomůcky mě vedla snaha co nejjednodušeji a přitom prakticky ověřit těžko představitelnou jalovou složku v obvodu s elektrickým asynchronním motorem. Druhá pomůcka slouží pro kontrolu a ověření pochopení určitých hodnot elektrických veličin, které mají bezprostřední vliv na správnou funkci asynchronního motoru. Kdo pochopí důležitost těchto naměřených hodnot a jejich vliv na správnou funkci asynchronního motoru, snadno dokáže využít těchto znalostí i při jiných aplikacích podobných motorických pohonů.

KOMPENZACE JALOVÉHO VÝKONU

Toto téma bývá ve výuce většinou zmiňováno pouze okrajově. Někteří učitelé si sami nejsou dostatečně jisti svým výkladem a případné otázky z řad žáků ho mohou velice zaskočit. Teoreticky se kompenzace vysvětluje pomocí grafického znázornění - jak vektory proudů svírají různé úhly podle provozního zatížení motoru a pod. Následně se vyvodí

závěry, že pokud je úhel "takový", je to v normě, pokud je "onaký", musíme kompenzovat. Je samozřejmé, že konkrétní hodnoty jalového proudu nemohu osahat ani očichat, ale mohu jej pomocí měřicích přístrojů co nejlépe přiblížit a prokázat.

KRÁTKÝ POHLED DO HISTORIE

Již roku 1894 se užívá vzorec pro výpočet výkonu střídavého proudu $P = U \times I \times \cos\varphi$ (uvádím současné písmenné označení, dříve se např. výkon značil N, proud J a napětí E). Že se elektrický výkon vlivem fázového posunu proudu oproti napětí snižuje, bylo známo již roku 1888. Fyzik Dolivo-Dobrovolský uvádí v roce 1891 pro tu část proudu, která se na výkonu nepodílí pojem "bezvattový proud" a o rok později přichází v Anglii Blakesley se Swinburnem na myšlenku kompenzovat fázový posun pomocí kondenzátoru. V roce 1913 se němečtí elektrotechnici dohodli, že newattovému výkonu budou říkat "Blindleistung" (slepý výkon, asi něco jako slepé střevo, které je v podstatě také k ničemu). Američané si zvolili jiné vyjádření - Power Factor - reaktivní výkon. Nejspíše asi jako protiváhu k aktivnímu výkonu. Na zasedání IEC v Norsku (Mezinárodní elektrotechnická komise) byl za jednotku jalového výkonu zvolen VAr (Volt-Ampere-reaktiv), který byl v posledních letech upraven na var. Myslím si, že pro představu, co znamená jalový výkon v elektrotechnice, toto malé dějinné ohlédnutí stačí.

Právě tato skutečnost o těžké "uchopitelnosti" jalového výkonu mě vedla k myšlence ukázat pomocí měřicích přístrojů na tuto skutečnost. Pokud zatěžuji vedení jalovým výkonem, teče určitá velikost proudu přírodním vedením. Pokud jalový výkon vykompenzuji pomocí kondenzátorů, proud mezi induktivní zátěží způsobující fázový posun mezi proudem a napětím klesá, přírodní vedení je odlehčeno, proud mezi induktivní zátěží a kompenzací zůstává stejný. A právě toto umí představovaná pomůcka. Samozřejmě se dá použít pro mnohem více různých měřicích úloh. Ale o tom pojednám níže.

POPIS POMŮCKY

Tato pomůcka byla vyrobena z běžně dostupných komponentů, ale svým provedením není vyrobena "profesionálně", ale takřikajíc "na koleně, po domácku". Nosná konstrukce přístrojů je vyrobena z perforovaných úhelníků, části laminátových podlahových desek a rozvaděčových perforovaných plechů pro uchycení přístrojů. Přírodní, vývodní a meziobvodové svorky jsou osazeny na pertinaxovém pásu. Jako zdroj jalové energie je použit starý motor 380V/0,75kW, který je opatřen mechanickou brzdou vyrobenou z brzdového bubnu předního kola motocyklu JAWA 50. Toto je nejstručnější nástin vzhledu pomůcky. Nyní ale podrobněji.

Obecná konstrukce

Čelní panel je zhotovený z laminátových odřezků plovoucí podlahy. Obsahuje hlavní vypínač, signálku zapnutého stavu, ampérmetr vřazený do přírodního vedení, fázoměr a tlačítkové ovladače pro: motor zapnuto, vykompenzování, překompenzování. Nad tlačítkovými ovladači jsou osazeny signálky. Na perforovaném rozvaděčovém panelu jsou umístěny tyto přístroje: jistič ovládání, motorový spouštěč pro motor s brzdou, pojistky pro odjištění kondenzátorů a 3 stykače - motor, vykompenzování a překompenzování. V obvodu motoru je vřazena nadproudová ochrana dimenzovaná na jmenovitý proud motoru. V nejspodnější části je osazen pertinaxový pás se svorkami pro přívod 3x400V/230V, meziobvodové svorky pro možné připojení externích ampérmetrů, watmetru, případně klešťového fázoměru a vývodní svorky pro připojení motoru s brzdou.

V zadní části panelu jsou osazeny přístrojové pojistky pro předřadník fázoměru, svorka proudového obvodu měření a kompenzační kondenzátory. Veškeré propoje panelu, motoru s brzdou a přívodu je možné realizovat běžnými měřicími (laboratorními) vodiči ukončenými typizovanými banánky.

Motor je uložen na ocelové konstrukci společně s brzdou ovládanou brzdícím mechanismem pomocí šroubu. Rotující části jsou z důvodu bezpečnosti pod ochranným plastovým průhledným krytem.

VÝVOJ POMŮCKY A JEJÍ VÝROBA

Když je všechno hotovo, tak to působí dojmem, že vyrobit výše uvedenou pomůcku je snadné.

V podstatě to snadné je, ale ... Takových ale by mohlo být nespočet. Zřejmě největším problémem bylo vyřešit nějaký motorický pohon, který by bylo možné přibrzďovat podle potřeby až do úplného zastavení. Dá se sehnat motorická elektronická brzda s plynulou regulací brzdného účinku.

Stojí ale několik desítek tisíc korun. Tato varianta byla zavržena hned v samém zárodku. Bylo zřejmé, že nastane vývoj vlastního brzdícího zařízení. Při pohledu na staré kolo z pionýra Jawa mě napadla právě tato možnost, která nakonec doznala realizace. Bylo nutné vyřešit uchycení brzdového bubnu na ložisko, uchycení tzv. reakce brzdy a v neposlední řadě plynulou regulaci brzdění motoru. Použitý pákový mechanismus se zdá po dohotovení snadný, ale teprve při výrobě bylo jasné, že je zapotřebí více kloubových míst, než jsem předpokládal. Nakonec se podařilo vše dotáhnout do zdárného konce a brzda splnila moje představy. Nevýhodou tohoto způsobu je opotřebovávání brzdového obložení a poměrně slušné tepelné účinky při delším brzdění. Ale pro výukové účely je tato nevýhoda v podstatě zanedbatelná.

Vlastní elektrické zapojení se také jeví jako snadné - ve skutečnosti je - ale bylo nutné jej vymyslet tak, aby bylo použitelné právě při výuce, aby bylo možné vřazovat do určitých míst obvodu různé měřicí přístroje podle požadovaného měření. Instalovat spoustu měřicích přístrojů do panelu mi nepřipadalo z didaktických důvodů vhodné. Při připojování externích měřicích přístrojů si žáci ještě více osvojí způsoby zapojování přístrojů a nutí je to trochu více přemýšlet nad tím co právě dělají a proč to tak dělají. Pomocná ruka učitele je i zde nutná a určitý pedagogický přístup umocní poznatky žáků. Svorky jsou dostatečně přehledně popsány a v případě jejich nevyužití jsou propojeny jednoduchými babánkovými propoji. Možné varianty měřicích úloh uvádím ve stati 5.1.3 Používání pomůcky při výuce.

Celkově byla pomůcka koncipována pro možné přenášení a i váha jednotlivých komponentů je pro učitele nebo žáky v normě pro přenosné spotřebiče.

POUŽÍVÁNÍ POMŮCKY PŘI VÝUCE

Pomůcka je koncipována tak, že neobsahuje veškeré měřicí přístroje nutné pro předvedení základní úlohy, tj. kompenzace jalového výkonu. V podstatě se jedná o jeden měřicí přístroj - ampermetr - který by mohl být vřazený přímo u výstupních svorek do okruhu měření proudu motoru. Ale tím by se dal další prostor pro pasivitu žáka, který by se stal pouze divákem při "divadelním představení učitele". Pomůcka nabízí možnost použít měřicí přístroj - ampermetr - jak stolní laboratorní, tak klešťový. Žák má možnost vyzkoušet si obě možnosti, případně použít oba dva přístroje najednou. To záleží hlavně na učiteli, na jeho odborném přístupu a v neposlední řadě na jeho zaujetí pro takovou výuku. Také je možné provádět současně i měření klešťovým fázoměrem např. PK 231, na kterém se žák může

naučit rozlišovat jalový proud kapacitní nebo induktivní. Právě možnost této pomůcky - plynule regulovat zatížení motoru od běhu naprázdno až do skutečného přetížení - umožňuje učitelům vysvětlovat různé průběhy proudu a $\cos \varphi$ v závislosti na zatížení motoru. Je možné některé hodnoty změřit, dosadit je do příslušného vzorce a vypočtený výsledek ověřit přeměřeními na přípravku. Jedná se především o základní měřicí úlohy:

- měření výkonu
- měření účinníku $\cos \varphi$
- měření proudu
- vybavení nadproudové ochrany v čase
- měření a výpočet odebrané energie (elektrická práce)

Samozřejmě je možné vytvářet nejrůznější měřicí úlohy také v oblasti nejzákladnější diagnostiky motoru v provozních podmínkách, např. chod motoru při výpadku jedné fáze a následné vybavení nadproudové ochrany. Také je možné - díky svorkám pro připojování vnějších přístrojů - vřadit do obvodu motoru např. proudové relé spínající při průchodu proudu určité velikosti další přístroje, jako je stykač a pod. Může se tak provést zapojení používající se v praxi např. zapnutí motoru odsávače pilin až po spuštění hlavního motoru hoblovky a pod. Možností je spousta, velice záleží na fantazii a zkušenostech vyučujícího.

DIDAKTICKÝ CÍL PŘI POUŽÍVÁNÍ TÉTO POMŮCKY

Cílem je pochopení kompenzace jalového výkonu. Když se bude o něm mluvit, když se bude muset řešit (v praxi se jedná zpravidla o řešení v rámci energetiky většího provozu), elektrikář znalý problematiky nebude pouze pasivně přihlížet, ale může se také zapojit do práce. Pochopení problému kompenzace je také důležité při údržbě a opravách kompenzačních rozvaděčů. Také při seřizování kompenzačního zařízení lze uplatnit pochopené téma kompenzace včetně souvislostí propojených přístrojů. Neméně důležitá je také možnost provádět na pomůcce různá měření, kterými si může žák sám ověřit svoje znalosti právě v této dost opomíjené oblasti, kterou kompenzace jalového výkonu bezesporu je. Po absolvování základních měření jej určitě napadnou další otázky, na které může dostat odpověď v podobě dalších možných měřicích úloh, jako např.: Jak se chová měření odběru elektrické energie při velkém a nebo naopak při malém účinníku $\cos \varphi$? Mohu si ověřit naměřené hodnoty také výpočtem při dosazení známých naměřených hodnot do příslušných vzorců? Jaké dopady může mít překom - penzování elektrického elektromotoru? Co způsobuje fázový posun $\cos \varphi$? Jak se mění $\cos \varphi$ se zatížením motoru? Co je to výkon činný, zdánlivý a jalový? Proč se má ke stroji instalovat motor jen takového výkonu, aby byl při své činnosti zatížen jmenovitým proudem? Toto vše se dá ověřit na této jednoduché pomůcce a záleží především na zkušenostech učitele a jeho nadšení pro danou problematiku.

DIAGNOSTIKA ZÁVAD NA ASYNCHRONNÍM MOTORU

Pojem diagnostika závad na asynchronním motoru je velice široký. Na toto téma by mohla být vypracována samostatná odborná práce. Závady mohou být nejrůznějšího charakteru. Základní diagnostiku závad lze rozdělit na závady mechanického rázu a závady elektrické. Nás budou zajímat především závady elektrické způsobované poklesem izolačního odporu vinutí motoru, mezifázové zkraty ve vinutí motoru a možné závady nakrátko v jednotlivých fázích vinutí elektromotoru.

Právě tyto závady se nejvíce vyskytují při provozu elektromotorů. Jak ale toto téma zpřístupnit těm, kteří teprve nasávají vědomosti o funkcích a provozních stavech elektromotorů. Záměrně uvádím diagnostiku závad na asynchronním motoru, protože chci

alespoň trochu zúžit veliký rozsah tohoto tématu. Při diagnostice - vyhledávání závad - hraje velkou roli zkušenost a znalost problematiky.

Elektrotechnik při vyhledávání závady se mnohdy podobá lékaři, který se snaží správně a co nejpřesněji diagnostikovat pacientovy potíže, odhalit příčinu nemoci a určit správnou a efektivní léčbu. Lékař prohlédne pacienta - elektrotechnik prohlédne motor, lékař změří pacientovi tlak a teplotu, elektrotechnik změří izolační odpory a případné nadměrné oteplení. Lékař provede odběr krve a z laboratorního rozboru může určit příčinu nemoci, elektrotechnik demontuje propoje na svorkovnici, případně vyjme celou svorkovnici z motoru a proměří jednotlivá vinutí, zjistí jejich "zdravé" hodnoty nebo "nemocné" hodnoty. Neodpovídající ohmické odpory jednotlivých skupin cívek vinutí, velmi malý izolační odpor vinutí mezi fázemi nebo mezi vinutími a kostrou motoru, propálená svorkovnice mezi jednotlivými svorníky nebo na kostru motoru. Potom může vyslovit závěr opírající se o diagnostické údaje. Lékař určí nemoc - elektrotechnik určí poškození motoru. Někdy může být léčba snadná - např. výměna prohořelé svorkovnice, jindy se jedná o "exitus" a pacient - motor - musí buďto do šrotu (podle míry poškození) nebo na operační sál. Tím je navijárna motorů, kde se vyoperují vadné vnitřnosti - vinutí a nahradí se novým. Podávám to s trochou humoru, ale vím, že žáky takové podání mnohem více zaujme a lépe si zapamatují jednotlivé základní kroky při prvním diagnostikování závady. Největší roli při vyhledávání závady hraje zkušenost, kterou žák - nebo začínající elektrotechnik - nemá. Proto jsem sestrojil poměrně jednoduchou pomůcku pro vyhledávání závad na elektrickém motoru, na které se dají tato témata vysvětlovat i vyzkoušet a zda přednesené také bylo pochopeno.

Samozřejmostí je dobrá teoretická příprava na požadovaná měření s vysvětlením základních požadavků na provozuschopnost motorů a seznámení se základními požadavky na měřící přístroje pro měření jak izolačního odporu, tak měření ohmického odporu jednotlivých cívek.

POPIS POMŮCKY

Pomůcka je vyrobena z běžně dostupných materiálů. Základnu tvoří deska z lamina síly 20mm, na které je osazen malý elektromotor 3x400V/180W, přípojovací zdířky umístěné ve tvaru svorkovnice motoru a malá plastová skříňka s přepínači, kterými je možné volit jednotlivá měření - jednotlivé poruchy motoru. Lze volit mezi poruchovými stavy a bezporuchovými stavy. Celkem jsou osazeny čtyři přepínače. Přepínač A slouží k volbě mezi bezporuchovým stavem motoru a volbou různých hodnot izolačního odporu -Riz. Přepínačem B je možné zvolit bezporuchový stav motoru nebo různé hodnoty ohmického odporu jednotlivých cívek (fází) motoru. Přepínač C a přepínač D mají každý dvanáct poloh, kterými je možné měnit hodnoty odporů. Přepínačem C měníme hodnoty izolačního odporu motoru a přepínačem D měníme tři hodnoty izolačního odporu a devět hodnot ohmického odporu cívek (fází) motoru. Všechny učitelem nastavené hodnoty se odměřují na přístrojových svorkách umístěných vedle motoru ve tvaru skutečné svorkovnice motoru. Víčko svorkovnice motoru (armatury) je provedeno z plexiskla, aby žák měl jasnou představu o skutečném rozmístění svorek svorkovnice motoru. Učitel má k dispozici zalaminovaný list s hodnotami nastavitelnými jednotlivými přepínači (označení listu NASTAVENÍ HODNOT PRO DIAGNOSTIKU ELEKTROMOTORU - viz. Příloha k BP). Žák obdrží při výuce list formátu A4 - označení listu MĚŘENÍ NA ELEKTRICKÉM MOTORU - viz. Příloha k BP, který obsahuje: jméno žáka, datum, třídu, zadání úkolu, hodnoty motoru udané v bezporuchovém stavu. Do připravené tabulky učitel uvede kódování, které nastavil na jednotlivých přepínačích (např. A1 - B2 - C6 - D1). Je zřejmé, že když učitel nastaví např. na přepínači B polohu 2 (motor O.K.), tak nastavení jakékoliv polohy na přepínači D zůstává bez odezvy,

polohy přepínače nemohou ovlivnit žádnou hodnotu elektromotoru. Na listu je připravená tabulka pro doplnění naměřených hodnot izolačního odporu a ohmického odporu jednotlivých cívek (fází). Jako poslední je uveden rámeček, ve kterém má žák stanovit na základě zjištěných hodnot diagnózu motoru a jednoduchý jednoznačný závěr. Je rovněž vyhrazeno okénko pro ohodnocení žákovy práce učitelem odborného výcviku.

VÝVOJ POMŮCKY A JEJÍ VÝROBA

Také tato jednoduchá pomůcka vznikla z potřeby naučit se provádět měření na elektromotoru. Ze zkušenosti - z praxe - jsem poznal, že spousta i letitých elektrikářů si nedovede správně poradit s určením, zda motor je v pořádku nebo vykazuje nějakou závadu. Máme spoustu závad, některé jsou snadno odstranitelné, jiné nikoliv. Proto mě vedla snaha vnést do diagnostikování závady trochu světla. Snadnější je procvičit si a vysvětlit si jednotlivé závady v podmínkách učebny, než v praxi. Pokud žák pochopí, jakým způsobem má provádět základní měření motoru, poradí si s ním i ve složitějších podmínkách v reálném provozu (prach, špína, nepřístupnost k motoru, odměření přímo v rozvodně, pokud to nelze snadno provést přímo u motoru a pod.).

Když jsem poznal, jakým způsobem se běžně vyučuje praktické měření na motoru - myslím tím základní zjištění hodnot izolačního odporu a odporu jednotlivých cívek (fází) motoru, tak mě - jako praktika s třicetiletou praxí - velice udivilo, že žáci provádějí stále dokola měření na novém, naprosto "zdravém" elektromotoru. Učitel jenom doplní, že v případě poruchy se mohou jednotlivé hodnoty lišit (jak moc a v jakém reálném rozsahu se žáci ale nedozví).

Pomůcku jsem záměrně koncipoval tak, aby měření se dala snadno provádět. Kdo měří motory v reálných podmínkách tak ví, že je mnohdy problematické uchytit měřicí svorky nebo hroty na svorkách elektromotoru. Proto jsem umístil měřicí svorky vedle motoru a ve stejném uspořádání, jako jsou uspořádány svorky na svorkovnici motoru. Žák může připojovat měřicí šňůry zakončené jak banánky, tak vidličkami nebo hroty. V podstatě lze použít při měření libovolný měřicí přístroj splňující podmínky pro požadovaná měření. Aby bylo možné seznámit žáky s označením na svorkovnici v reálu, je hliníkové víčko nahrazeno průhledným plexisklem.

Volbu jednotlivých měřených hodnot jsem situoval do malé plastové krabičky. Měl jsem trochu problém s místem, ale nakonec jsem vymyslel osazení jednotlivých součástek na cuprextitu uvnitř krabičky. V podstatě se jednalo pouze o odpory, které jsou na desce zapájeny a pomocí slaných vodičů propojeny s přepínači.

Pomůcku jsem vyrobil se záměrem výuky v beznapěťovém stavu, i když by bylo možné připojit motor na napětí 3x400V při správné volbě jednotlivých přepínačů. Přednostně je ale počítáno s použitím bez externího napájení, protože vlastní provoz motoru není nutnou podmínkou určení správné diagnostiky elektromotoru.

POUŽÍVÁNÍ POMŮCKY PŘI VÝUCE

Na této pomůcce lze provádět tyto měřicí úlohy:

Měření izolačního odporu motoru (jednotlivé cívky /fáze/ na kostru, mezi sebou)

Dostatečně velký izolační odpor motoru je základní podmínkou jeho provozuschopnosti. Měříme izolační odpor mezi vinutím motoru a kostrou (železem) a izolační odpor jednotlivých cívek (skupin cívek) motoru mezi sebou. Základní požadavky pro měření: Přístroj musí měřit napětím 500V ss a proudem min.1mA.

Měření ohmického odporu jednotlivých cívek /fází/

Každá cívka (v našem případě fáze) vinutí motoru musí mít stejný ohmický odpor. Někdy jsou rozdíly v hodnotách jednotlivých fází dány způsobem vinutí (např. polohové vinutí má malé rozdíly ohmického odporu oproti soustřednému vinutí). Tato skutečnost může být objasněna žákům právě v souvislosti s měřením ohmického odporu jednotlivých cívek.

Odměření motoru v zapojení Y nebo D (hvězda nebo trojúhelník)

Na těchto úlohách má učitel možnost vysvětlit, jakým způsobem lze přeměřit motor, který má na svorkovnici propojeny svorky do trojúhelníku nebo do hvězdy. Zpravidla se jedná o motor, který je těžko přístupný, např. vysoko nebo ve stroji.

Naučit se najít konce a začátky vinutí (jednotlivých cívek)

Tato měřicí úloha patří mezi těžší, náročnější na pochopení pro žáky. Aby motor byl schopen správného provozu, je nutné, aby na svorkovnici byly správně připojeny začátky a konce jednotlivých cívek vinutí (jednotlivých fází). Uvedu pouze jednu metodu, která se mi jeví přijatelnou a poměrně snadno pochopitelnou. Použijeme pro ni jednoduchý přípravek složený ze šesti vodičů zakončenými banánky a připojenými do stávající svorkovnice výukové pomůcky.

Přípravek umožňuje provádět jednoduché měření a snadnou manipulaci s vodiči při vyhledávání začátků a konců jednotlivých cívek (fází) vinutí motoru.

Metoda pro ověření správnosti zapojení začátků a konců vinutí motoru na svorkovnici

Uvádím jednotlivé kroky této metody:

- a) Pomocí okružové zkoušečky nebo ohmetru najdeme jednotlivé cívky (fáze) motoru
- b) Libovolně si určíme jednu fázi jako první a její dva vývody si označíme - jeden vývod si určíme jako začátek - U1 a druhý vývod jako konec - U2.
- c) Vývod, který jsme si označili jako U2 spojíme s jedním vývodem druhé fáze. K tomuto seriovému zapojení cívek připojíme střídavé napětí, zpravidla postačuje do 24V (podle odporu jednotlivých cívek motoru - u motoru malého výkonu cca 180W se to projevuje dosti malou výchytkou na měřicím přístroji).
- d) Na zbývající - třetí fázi - změříme voltmetrem napětí. Naměříme-li na vývodech třetí fáze napětí, potom označíme napájený vývod druhé fáze koncem vinutí - V2 a druhý vývod - propoj s U2 - začátkem vinutí V1. Nenaměříme-li na vývodech třetí fáze napětí, bude označení vývodů fáze V obrácené.
- e) Při určování začátku a konce třetí fáze postupujeme podobně. Cívku první fáze propojíme s cívkou třetí fáze a další postup zůstává stejný.

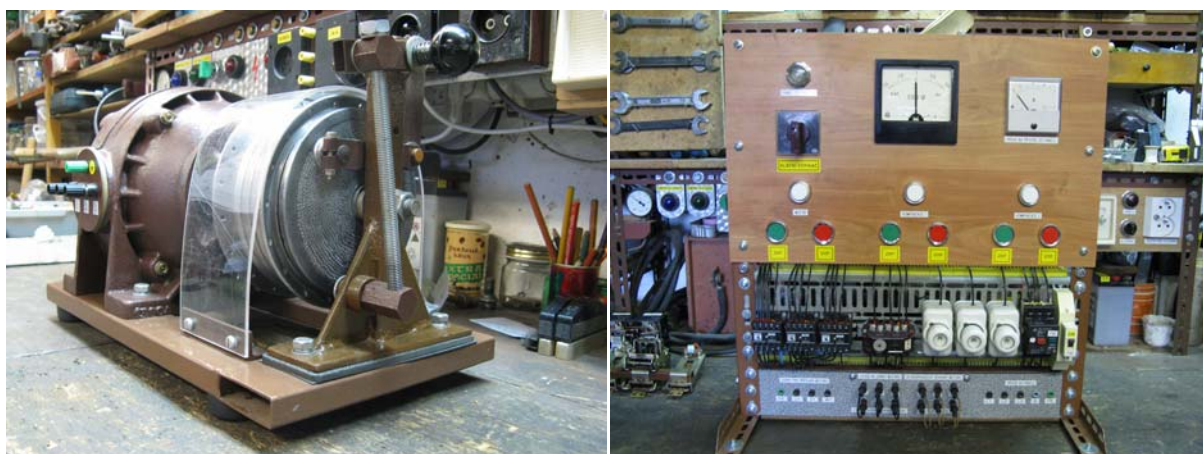
Výše uvedené měřicí úlohy dávají učiteli spoustu možností seznámit žáky s různými druhy motorů a jak výše uvedená měření na těchto motorech aplikovat.

ZÁVĚR

Elektický motor je stále nejvíce zastoupenou pohonnou jednotkou v různých strojích a zařízeních. Proto si myslím, že umět správně určit, zda motor je v pořádku nebo vykazuje

poruchové hodnoty, je velice důležité. I když je dnes mnoho elektromotorů zcela netypického provedení, stále je nejvíce zastoupen asynchronní elektromotor s kotvou na krátko nebo s kotvou vinutou. Žák, který si osvojí základní dovednosti v oblasti diagnostiky elektromotorů může tím posílit vlastní sebevědomí a získat určitou míru sebejistoty při nástupu do praxe. V každém případě zde platí výrok A.V. Suvorova, který řekl: Těžko na cvičišti - lehký na bojišti. Vždyť práce elektromotora v terénu je mnohem těžší než práce žáka při osvojování si vědomostí v teple školní třídy. A navíc mnohdy bude sám stát před rozhodnutím, zda je motor v pořádku nebo ne navíc sledovaný svým okolím.

PŘÍLOHA – FOTOGRAFIE POMŮCKY



LITERATURA

- HOLAN, E.: Jiskra, která dobyla světa. Praha: Karel Synek. 1936
- MIKEŠ, J., EFMERTOVÁ, M.: Elektřina na dlani. Praha: MILPO MEDIA, 2008, ISBN 978-80-87040-08-9
- MIKEŠ, J.: Elektrotechnická měření pro montéry. Praha: SNTL, 1969
- ROUBÍČEK, O.: Elektrické motory a pohony. Praha: BEN, 2004, ISBN 80-7300-092-X
- BEN.: Elektrotechnická měření. Praha: BEN - technická literatura, 2002, ISBN 80-7300-022-

Kontaktní adresa

Jan Doležel, KMT FPE ZČU, email: dolezel.jenda@email.cz