

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra pedagogiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výukový modul elektrické pohony – příručka pro učitele

Teaching module electric drivers – manual for teachers

Tomáš Šebeň

Vedoucí práce: PhDr. Martin Čapek Adamec, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Učitelství praktického vyučování a odborného výcviku

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Výukový modul elektrické pohony – příručka pro učitele potvrzují, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzují, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Dolním Bousově 31.10.2024

Velmi rád bych poděkoval PhDr. Martinu Čapku Adamcovi, Ph.D., za vedení této práce a, také vstřícnost, a trpělivost. Dále bych chtěl také poděkovat všem členům pedagogického sboru Univerzity Karlovy, kteří mě provázeli studiem a byli mi nesmírnou oporou a přinášeli mi velmi cenné poznatky nejen pro sepsání této práce ale i pro další mé pedagogické působení.

ABSTRAKT

Cílem této práce je vytvořit příručku pro učitele výukového modulu elektrické pohony jakožto podpůrného materiálu. Je hlavně určena jako doplněk vytvořených podkladů používaných při výuce tématu elektrické pohony. Jejím dalším účelem je i podpora zastupujících kolegů V případě nepřítomnosti takzvaného kmenového učitele, který je výukou primárně pověřen. V práci jsou průběžně zobrazovány jednotlivé snímky prezentace používané při výuce a ty jsou doplněny o stručné poznámky k danému tématu. Toto je podpořeno i bohatou fotodokumentací z práce na konkrétních zařízeních. Dalším atributem jsou pak stručně popsána doporučení, která vycházejí z mé letité praxe ve výuce elektro oborů na našem středním odborném učilišti. Vlastní výukový modul je především zaměřen na rozšíření a zdokonalení praktických dovedností žáka. Součástí je i ukázka testu jehož úspěšné vypracování je nutnou podmínkou pro úspěšné absolvování kurzu

.

KLÍČOVÁ SLOVA

Metody výuky, zdroje výuky, elektrický proud, elektrické stroje, DC a AC elektrické motory a jejich fyzikální principy

ABSTRACT

The aim of this thesis is to create a teacher's guide for the educational module Electric drives as a supporting material. It is mainly intended as a supplement to the materials used in teaching the topic of electric drives. Another purpose is to support substitute colleagues in the absence of the so-called core teacher, who is primarily in charge of teaching. The individual slides of the presentation used in the classroom are continuously displayed in the thesis and these are supplemented with brief notes on the topic. This is also supported by rich photo documentation of work on specific devices. Another attribute is a brief description of recommendations based on my years of experience in teaching electrical disciplines at our secondary vocational school. The teaching module itself is primarily focused on expanding and improving the practical skills of the pupil. It also includes a demonstration of a test, the successful completion of which is a necessary condition for successful completion of the course

KEYWORDS

Teaching methods, teaching resources, electric current, electric machines, DC and AC electric motors and their physical principles

Obsah

Úvod	8
1 Teoretická část	9
1.1 Metody výuky	9
1.1.1 Činitelé pro volbu metody výuky	9
1.1.2 Slovní metody	11
1.1.3 Názorně demonstrační metody	12
1.1.4 Dovednostně praktické metody	13
1.1.5 Aktivizující metody	13
1.1.6 Komplexní výukové metody	15
1.2 Didaktická aktiva	16
1.2.1 Nemateriální aktiva	17
1.2.2 Materiální aktiva	17
2 Praktická část	20
2.1 Provozní řád laboratoře elektrických pohonů	20
2.1.1 Bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci	24
2.1.2 První pomoc při úrazu elektrickým proudem	25
2.2 Obsah modulu elektrické pohony	27
2.3 Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI	28
2.3.1 Základní jednotky SI	28
2.3.2 Předpony jednotek	28
2.3.3 Odvozené jednotky	29
2.3.4 Přijímané jednotky	30
2.4 Metrologický řád ŠKODA AUTO a.s.	31
2.5 Měření	32

2.6	Třífázová rozvodná soustava	33
2.6.1	Druhy sítí	34
2.6.2	Parametry	34
2.6.3	Sinusový průběh – vztahy mezi napětími.....	36
2.7	Fyzikální princip elektromotoru	38
2.7.1	Elektromagnetické pole	38
2.7.2	Magnetické pole a jeho veličiny	39
2.7.3	Flemingovo pravidlo levé ruky (motorové pravidlo)	42
2.7.4	Pravidlo pravé ruky (generátorové pravidlo).....	42
2.8	Jištění elektromotoru	43
2.9	Střídavé (AC) motory	44
2.9.1	Indukční 3F motor s kotvou na krátko	44
2.9.2	Indukční 3F motor s kotvou na krátko – konstrukce	46
2.9.3	Indukční 3F motor s kotvou na krátko – funkce.....	48
2.9.4	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-točivý moment	49
2.9.5	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-asynchronní otáčky	50
2.9.6	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-4 kvadrantový provoz	51
2.9.7	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-rozběh	52
2.9.8	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení motoru do Y	52
2.9.9	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení motoru do Δ	53
2.9.10	Indukční 3F motor s kotvou na krátko – přepínání Y/ Δ	54
2.9.11	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-diagnostika.....	55
2.9.12	Indukční 3F motor s kotvou na krátko-softstartér	63
2.9.13	Indukční 3F motor s kotvou na krátko – frekvenční měnič.....	63
2.9.14	3 F synchronní motor-popis.....	65

2.9.15	3 F synchronní motor – rozběh.....	66
2.9.16	3 F synchronní motor-řízení otáček, reverzace, brzdění	69
2.9.17	3 F synchronní motor – diagnostika	69
2.9.18	3 F synchronní motor – použití	70
2.10	Stejnoseměrné (DC) motory.....	73
2.10.1	Konstrukce a princip.....	Chyba! Záložka není definována.
2.10.2	Motor s cizím buzením	74
2.10.3	Derivační motor.....	77
2.10.4	Sériový motor	77
2.10.5	Kompaundní motor.....	78
2.10.6	Bezkartáčový stejnosměrný motor	78
2.11	Jednofázové motory.....	79
2.11.1	Univerzální motor.....	79
2.11.2	Motor se stíněným pólem	82
2.11.3	Motor s pomocnou fází.....	84
2.12	Lineární aktuátor.....	86
Závěr.....		87
Seznam použitých informačních zdrojů		88
Seznam příloh.....		89
Seznam obrázků.....		89

Úvod

Pracuji jako učitel odborného výcviku na Středním Odborném Učilišti Škoda Auto a.s. ve skupině Elektro a IT. Současně jsem také metodikem pro tematiku elektrické pohony. K mým pracovním povinnostem patří kromě výuky žáků i metodicky vést Výuku jako takovou v tematice elektrických pohonů. V rámci toho je nezbytně nutné zejména s ohledem na dynamicky se rozvíjející elektrotechnické obory získávat doplňovat a rozšiřovat portfolio podkladů pro výuku, a to zejména ve spolupráci s oborovou radou v oblasti elektroúdržby ve Škoda auto. Učitelství se již věnuji více než 20 let, a i po této době mě tato práce stále naplňuje a přináší nové výzvy. Učitelství máme v rodině, neboť mimo jiných členů naší rodiny můj otec působil ve svém pracovním věku jako učitel tělesné výchovy na Střední Průmyslové Škole v Mladé Boleslavi

Tato práce si za hlavní cíl klade vytvořit podpůrný materiál pro vyučujícího výukového modulu elektrické pohony které je součástí portfolia úzce odborně zaměřených modulů které povinně absolvují. Vznik těchto podkladů je iniciován zejména potřebou stručného průvodce celým výukovým modulem. Nejprve byla tedy vytvořena prezentace, která je jednou z příloh k této práci a používá se při výuce výš z výměnného tématu. Dalším neopomenutelným důvodem vzniku této práce je vytvoření podkladů i pro zastupující kolegy v případě potřeby suplování. Zároveň se sepsáním postupů výuky tohoto tématu otevřela obrovská možnost toto postupně doplňovat rozšiřovat a vylepšovat tak aby efekt výuky tohoto modulu byl, pokud možno co nejvyšší. Tvorba dalších výukových a ostatních podpůrných materiálů výuky , byť je časově velmi náročná mě zaujala a určitě chci pokračovat v jejich tvorbě.

1 Teoretická část

1.1 Metody výuky

Systematické jednání učitele je založeno na potřebě vést a řídit výukový proces, k čemuž jsou nejvhodnější výukové metody. Tyto metody nejsou izolované, ale tvoří hlavní pilíř mnoha faktorů a jsou nedílnou součástí edukačního procesu. Jedná se o způsoby, jakými učitel vysvětluje, ukazuje, přibližuje, upevňuje či opakuje učivo pro žáky. Volba metody výuky je ovlivněna mnoha faktory. „*Učením si žáci pod vedením učitele osvojují vědomosti, dovednosti, návyky, ale i postoje a rozvíjejí své schopnosti.*“ (Maňák, 2003) „*Učitel svou vyučovací činností (vyučováním) podněcuje, v souladu s výukovými cíli, odpovídající učební aktivity žáků.*“ (Maňák, 2003)

1.1.1 Faktory pro volbu metody výuky

- **Osobnost učitele jako klíčový faktor**

Jako jeden z hlavních faktorů bych vyzdvihl osobnost učitele. Právě na učiteli záleží, jakou metodu výuky zvolí. Každý učitel je jedinečná osobnost a při výuce upřednostňuje různé metody a postupy.

- **Osobnost žáka jako klíčový faktor**

Druhým faktorem, který bych zmínil, je osobnost žáka. Učitel musí při výběru vyučovací metody zohledňovat žákovy schopnosti, dovednosti, věk a další vlastnosti. Nejde však jen o jednotlivce, ale také o formální a neformální vztahy ve třídě nebo skupině, etnické a náboženské vyznání a další specifika třídy.

- **Cíle výuky**

Cíle výuky, které máme dosáhnout, jsou stejně důležité pro volbu metody výuky. Tyto cíle jsou úzce spjaty se školou a jejím zaměřením, studijním oborem, konkrétním předmětem a jeho tématy.

- **Prostředí výuky**

Dalším důležitým faktorem je prostředí, ve kterém se vzdělávací proces odehrává. To může zahrnovat třídu, odbornou učebnu, laboratoř, dílnu nebo reálná místa v praxi a při exkurzích. Nejedná se však pouze o samotné učební prostory; je třeba také zohlednit hlučnost okolí, technické vybavení a materiální prostředky výuky.

- **Čas jako faktor výuky**

Čas je dalším faktorem na podobné úrovni jako prostředí. Základní vyučovací jednotkou je obecně hodina, která trvá 45 minut. Nicméně čas lze přizpůsobit tématu nebo tematickému celku, což může znamenat delší výukové jednotky. Výjimkou je odborný výcvik na středních školách, kde základní vyučovací jednotkou bývá zpravidla jeden pracovní den, trvající až 7 hodin a 30 minut.

- **Velikost skupiny**

Počet žáků, kteří se účastní vzdělávacího procesu, je dalším faktorem při výběru metody výuky. Výuka může být individuální, v menších skupinkách o dvou až pěti žácích, ve větších skupinách od pěti do dvanácti žáků nebo v celé třídě s větším počtem žáků.

- **Účinnost výukových metod**

Při výběru výukové metody by měl učitel zohlednit její účinnost. Způsob učení totiž ovlivňuje míru zapamatování si učiva.

1.1.2 Slovní metody

Slovní metody jsou ty, které primárně využívají verbální komunikaci. Slovo "verbální" pochází z latinského "verbum", což znamená slovo a označuje řeč či jazyk.

- **Vyprávění**

Vyprávění je výuková metoda, při níž vypravěč sdílí své zkušenosti a zážitky s posluchači či jednotlivcem. Většina lidí ji zná z dob, kdy bylo běžné předávat informace pouze slovně, nebo z vyprávění pohádek a jiných příběhů. Touto metodou lze vyjádřit postoje a názory, využít fantazii a dodat příběhu dramatičnost.

- **Vysvětlování**

Vysvětlování patří mezi základní kompetence učitele, které je třeba neustále rozvíjet. Na rozdíl od vyprávění se vysvětlování zaměřuje na systematické a logické působení na žáky s cílem dosáhnout výukových cílů. V tomto procesu není prostor pro fantazii a postoje a stanoviska by měla být otevřená. Žák si musí osvojit a upevnit cíle výuky. Vysvětlování složitějších jevů by mělo postupovat logicky od jednoduchého k složitějšímu a od konkrétního k abstraktnímu, přičemž učitel musí neustále ověřovat, zda žák chápe a zvládl učivo. Je důležité také upravovat rychlost projevu (Maňák, 2003).

- **Přednáška**

Přednáška patří mezi vrcholné slovní dovednosti. Vyznačuje se podstatně delší dobou přednesu než vysvětlování, přičemž struktura logického, systematického a pečlivě připraveného tématu zůstává. Pro udržení pozornosti je důležité posluchače zaujmout a několikrát během přednesu i překvapit. Na rozdíl od jiných metod přednáška nevyžaduje zpětnou vazbu, i když není zakázána (Maňák, 2003).

- **Práce s textem**

Práce s textem je jednou ze starších, ale stále aktuálních metod. Zahrnuje učení z knížek, učebnic, encyklopedií, příruček, odborné literatury, a v dnešní době také z internetu a sociálních sítí. Hlavním cílem je zpracování informací z psaného textu a porozumění těmto informacím. U moderních médií je v první řadě důležité ověřování informací, následované jejich porozuměním a zpracováním (Maňák, 2003).

1.1.3 Názorně demonstrační metody

Tyto metody jsou založeny na principu názornosti, který využívá schopnost člověka vnímat všemi smysly a napodobovat (opičit se). Je vhodné připomenout Zlaté pravidlo pro učitele, které formuloval Jan Amos Komenský. „*Proto budiž učitelům zlatým pravidlem, aby všechno bylo předváděno všem smyslům, kolika možno. Totiž věci viditelné zraku, slyšitelné sluchu, vonné čichu, chutnatelné chuti a hmatatelné hmatu; a může-li něco být vnímáno najednou více smysly, budiž to předváděno více smyslům.*“ (Maňák, 2003).

- **Předvádění a pozorování**

Předvádění a pozorování je metoda starší než slovní metody, protože před vznikem řeči bylo nutné předávat znalosti a zkušenosti, podobně jako u primátů. Důležité je, aby předvádění nebylo pro žáky pouhým pasivním sledováním a pozorováním. Učitel musí žáky zaujmout, motivovat k přemýšlení a směřovat k dosažení výukových cílů během předvádění, demonstrací a ukázek (Maňák, 2003)

- **Instruktaž**

Instruktaž je metoda často využívaná v praktických činnostech, dílnách, laboratořích a podobně. Pro efektivní instruktaž je třeba spojit více činností dohromady. Učitel musí danou činnost předvádět, ukazovat a zároveň vysvětlovat a popisovat, co a jak se dělá, přičemž upozorňuje na různé jevy a souvislosti. Při instruktaži jsou zapojeny zrakové, sluchové, hmatové, čichové, chuťové a pohybové vjemy.

- **Práce s obrazem**

Práce s obrazem je metoda, kdy nelze pracovat s reálným objektem nebo modelem, a proto využíváme obraz pro vizualizaci. Nemusí jít jen o obrazy, ale také o fotografie, filmy a dnes jsou k dispozici i animace. V některých případech mohou být vhodná i různá schémata, výkresy a grafy.

1.1.4 Dovednostně - praktické metody

Dovednostně-praktické metody se zaměřují na rozvoj psychomotorických a motorických dovedností žáků. Zahrnují manipulační, technické, pracovní a praktické návyky a aktivity. Nejde však jen o manuální práce, které jsou důležité pro střední školy s technickým zaměřením, ale také o dovednosti sociálních interakcí, komunikace, psaní, kreslení, počítání nebo pohybovou dovednost. V současné době, kdy je stále více času tráveno ve virtuálním světě her a sociálních sítí jako Instagram a Facebook, mají žáci méně příležitostí k těmto aktivitám. Učitelé proto musí nejen rozvíjet tyto kompetence v žácích, ale často je i od základu učit.

- **Manipulování, laborování a experimentování**

Tyto metody jsou využívány již od dětství, kdy člověk zkoumá své okolí hmatem, chutí, rozebíráním věcí a zjišťováním, jak fungují. Manipulace je metoda, při níž se učíme zacházet s různými předměty a nástroji a rozvíjíme různé dovednosti. Patří sem také práce se stavebnicemi, kde žáci skládají a rozebírají různé předměty, výrobky a modely. Laborování se uplatňuje při fyzikálních, chemických a přírodních jevech, umožňujících provádění jednoduchých pokusů. Při těchto pokusech se žáci učí správné postupy, pozorování, zaznamenávání průběhu a výsledků, plánování a organizování, usuzování a dedukci. Experimentování je pokročilejší formou laborování, která zahrnuje vědecké pokusy. Na začátku experimentu je teoretická hypotéza, kterou se snažíme potvrdit nebo vyvrátit. Do experimentu záměrně zasahujeme, abychom nastavili nebo změnili parametry, takže pokus nejen sledujeme, ale řídíme (Maňák, 2003).

- **Produkční metody**

Produkční metody zahrnují činnosti, operace a postupy, jejichž výsledkem je produkt, výtvar nebo výkon. Tyto činnosti jsou převážně manuální, jako například kreslení, psaní, rýsování, pájení, modelování, šroubování a podobné aktivity. Zahrnují také pohyb celého těla, jako jsou tělovýchovné aktivity, pilování nebo práce na pozemku.

1.1.5 Aktivizující metody

Doposud diskutované metody jsou pasivní a neposkytují žákům dostatek prostoru pro aktivitu. Na počátku minulého století by ve školství pravděpodobně stačily, ale společenské

změny, technický pokrok, změny cílů ve školství a další faktory vytvořily potřebu vtáhnout žáky do výuky, přiblížit jim ji a učinit ji atraktivnější. Cílem je, aby se žáci aktivně zapojovali do výukových aktivit, hledali řešení problémů, s důrazem na myšlení, angažovali se v přípravě a organizaci výuky, zaměřovali se na vyhledávání, ověřování a výběr dostupných informací. Tyto aktivity rozvíjejí žákovu samostatnost, zodpovědnost, tvořivost a podporují chuť k vědě, což pozitivně ovlivňuje klima ve třídě (Maňák, 2003)

- **Řešení problému a heuristické metody**

Slovo "heurka" znamená v řečtině „objevil jsem“. Odtud pochází moderní odborný termín heuristická věda, která se věnuje poznávání, odhalování a objevování, tedy hledání řešení problému. Úkolem učitele je zapojit žáka do této činnosti představováním rozporů, kladením dotazů a seznamováním se se zajímavými situacemi a případy. Je nutné zvolit správnou obtížnost úkolu a dobře definovat cíl. Žáci pak sami nacházejí postupy, možnosti řešení a odpovědi na otázky, čímž dochází k osvojování poznatků a učení. Řešení problému má několik fází. První fází je identifikace, pojmenování, určení, vymezení a zacílení problému. Druhou fází je analýza, rozbor a rozdělení na známé a neznámé. Po analýze následuje hypotéza, kdy formulujeme různé možnosti cest, domněnek a řešení. Dalším krokem je verifikace, tedy získávání nových poznatků, informací a ověřování domněnek. Výsledkem je buď přijetí a tím ukončení procesu řešení problému, nebo odmítnutí a návrat k výběru jiné hypotézy a opakování verifikace, dokud nenajdeme správné řešení. Je důležité být objektivní, kritičtí, obezřetní a logičtí a nenechat se odradit prvními neúspěchy (Maňák, 2003).

- **Inscenační metody**

Inscenační metodu bychom mohli také nazvat metodou hraní rolí, ale nejde o metodu určenou pouze pro umělecky zaměřené školy. Tuto metodu lze použít na všech typech a úrovních škol, samozřejmě s přihlédnutím k mentální a věkové úrovni žáků. Zahrnuje zinscenování, simulaci nějakého děje, události nebo skutečnosti, ať už smyšlené, fiktivní nebo reálné. Daný děj mohou žáci několikrát přehrát, a změnou rysů postav, které hrají, se mění i výsledek. Je zajímavé pozorovat reakce „herců“ na vzniklou situaci nebo problém.

Inscenace má tři fáze: přípravnou, realizační a hodnotící. Je důležité poslední fázi neopomíjet a s žáky inscenaci co nejdříve po realizaci prodiskutovat a zhodnotit. Hodnocení může učitel provést sám nebo do něj zapojit i ostatní žáky, ale mělo by být provedeno pozitivně a citlivě (Maňák, 2003).

1.1.6 Komplexní výukové metody

Jedná se o ucelené a složité útvary, které kombinují předchozí výukové metody s dalšími formami, jako jsou organizační formy výuky, didaktické prostředky, prostory a praxe (životní situace) (Maňák, 2003).

- **Frontální výuka**

Mnoho lidí si pod pojmem frontální výuka představuje hlavně klasické uspořádání lavic ve třídě, což je mylné. Hlavními rysy frontální výuky jsou stejné cíle výuky, stejný čas na zadaný cíl a společná práce žáků ve třídě s dominantní úlohou učitele, který vede, řídí, usměrňuje a kontroluje veškerou činnost žáků. Hlavní verbální komunikace ve třídě probíhá směrem od učitele k žákům, jen s občasným, řízeným zpětným směrem od žáků k učiteli. Mezi žáky se komunikace a jiné aktivity podporují jen velmi omezeně, spíše se zakazují. Tento způsob výuky je velmi pasivní a nijak neaktivizuje žáky, což často vede k potlačování samostatného myšlení a jednání. Frontální způsob výuky je velmi starý, sahá až do období 2000 let před Kristem. Současné školství se s ohledem na výchovně vzdělávací cíle snaží frontální výuku co nejvíce omezit a nahradit ji jinými, aktivnějšími formami výuky (Maňák, 2003).

- **Skupinová a kooperativní výuka**

Rozdělením třídy do menších skupin po třech až pěti žácích ještě neznamena, že se jedná o skupinovou a kooperativní výuku, což je častý omyl učitelů. Je třeba dodržet další rysy. Hlavními rysy jsou kooperace mezi žáky, jejich vzájemná interakce, plánování postupů, vyhledávání informací a rozdělení dílčích činností a úkolů, tak aby každý cítil odpovědnost za společný výsledek. Při tomto způsobu výuky žáci nejen dosahují výukových cílů, ale také rozvíjejí sociální dovednosti, které jsou nezbytné pro život ve společnosti. Naučí se vést, rozhodovat, spolupracovat, podporovat, komunikovat, naslouchat, prosazovat své názory, cítit odpovědnost a umět s ní pracovat. Učitel má za úkol sledovat, jak si skupina vede nejen

z hlediska výsledků, ale také z hlediska sociálního, dělby práce a měl by průběžně žáky motivovat a povzbuzovat.

- **Individuální a individualizovaná výuka, samostatná práce žáků**

Existuje velký rozdíl mezi individuální výukou žáka a individuální prací žáka. Individuální práce žáka, neboli samostatná práce, zahrnuje činnosti, které žák vykonává sám během frontální výuky, jako jsou psaní, počítání, kreslení nebo cvičení. Samostatná práce je zadána všem žákům současně a každý pracuje individuálně bez pomoci ostatních, ale pod vedením, pokyny, kontrolou a hodnocením učitele. Při samostatné práci má žák možnost vyvinout vlastní aktivitu, iniciativu a určit si tempo a postup, aby splnil úkoly a požadavky učitele v daném čase. Čím složitější a časově náročnější úkol je, tím více prostoru má žák pro získávání nových poznatků a zdokonalování se. Individuální výuka znamená výuku jednoho žáka jedním učitelem, například při výuce na hudební nástroj nebo doučování. Individualizovaná výuka je přizpůsobena specificky jednomu žákovi podle jeho možností a rychlosti učení. Učitel zde není hlavním aktérem, ale pouze žáka vede a určuje cíle, kterých má dosáhnout. Výukové cíle a časová dotace se mohou lišit pro každého žáka zvlášť. Žák si sám vyhledává, zpracovává a osvojuje učivo, přičemž učitel mu poskytuje rady a směřování, ale ne určuje cestu. Nakonec učitel přezkouší dosažené znalosti žáka.

1.2 Didaktické prostředky

Didaktické prostředky jsou výukové materiály, věci, metody a jevy, které slouží učitelům a žákům při výuce a tvoří její nedílnou součást. Většina z nás si v této souvislosti vybaví pomůcky, které jsme vidali během hodin, jako lidskou kostru, vycpaná zvířata, kameny, velké posuvné pravítko, mapy, obrázky a další věci, které nám byly ukazovány při výkladu. To však není úplný výčet prostředků – patří sem také učebnice, sešity, výukové metody a formy, zkrátka vše, co může zlepšit, zefektivnit a zkvalitnit výuku a lépe přiblížit látku žákům. Didaktické prostředky lze rozdělit do dvou základních skupin: nemateriální a materiální.

1.2.1 Nemateriální prostředky

Do nemateriální skupiny prostředků patří to, na co si nelze sáhnout, co není věcí, ale přesto se významně podílí na zkvalitnění vyučovacího procesu. Jedním slovem je to organizace vyučovacího procesu.

- **Organizační formy výuky**

Organizační formy výuky zahrnují uspořádání činností učitele a žáků a prostředí, ve kterém se výuka uskutečňuje. První pohled se zaměřuje na to, s kým a jak pracujeme. To znamená, že nás zajímá, zda učíme celou třídu, menší skupiny, dvojice nebo jde o individuální výuku. Může se jednat také o výuku individualizovanou, diferencovanou, týmovou či otevřené vyučování. Patří sem i časové dotace, ať už jde o klasickou vyučovací hodinu (45 minut), nebo vyučování rozvržené do modulů s různou časovou dotací, či o vyučovací den, jak tomu bývá u odborného a praktického výcviku. Dále sem patří postupy výuky jednotlivých témat, když je třída rozdělena do několika menších skupin. Výuka pak může probíhat souběžně, střídavě nebo následně. Je třeba také zmínit koordinaci teorie a praxe.

Druhý pohled se zaměřuje na prostředí, kde se výuka odehrává, ať už ve škole či mimo ni. Ve škole to mohou být klasické třídy, ale také speciální třídy upravené pro jeden cíl, jako například jazykové třídy, počítačové učebny, různé laboratoře a tělocvičny. Na středních odborných školách nesmíme zapomenout na dílny, kde probíhá praktické vyučování. Výuka může také probíhat mimo školní budovu, například na sportovním hřišti, v přírodě na lyžařském výcviku, sportovním kurzu nebo při různých jiných projektech. Další možnosti jsou reálná místa v různých průmyslových firmách, restauracích, kadeřnictvích a jiných zařízeních, kde žáci středních škol při odborné praxi nabírají zkušenosti. Posledním místem výuky je domov žáka, ať už při učení, psaní úkolů nebo při distanční výuce (Čadílek, 2005)

1.2.2 Materiální prostředky

pakliže o nemateriálních prostředcích tvrdím, že to jsou prostředky, na které si nelze sáhnout, pak materiální prostředky budou ty, na které lze sáhnout. Patří tedy do skupiny hmatatelných věcí, které se úzce podílejí na vyučovacím procesu

- **Učební pomůcky**

Učební pomůcky jsou prostředky těsně spjaté s obsahem výuky, které ji podporují, znázorňují a usnadňují žákům porozumění probírané látce. Patří sem originální předměty a reálné skutečnosti, jako jsou různé minerály, rostliny, vycpaná zvířata, chemické, fyzikální nebo biologické pokusy, hotové výrobky, malé stroje a přístroje či jiné názorné předměty, například hudební nástroje. Další podskupinou učebních pomůcek jsou předměty, které zobrazují nebo znázorňují předměty a skutečnosti. Jsou to modely těles z matematiky, jako jehlan, kvádr, krychle atd., ale také mapy, obrazy a výukové animace. Třetí podskupinou učebních pomůcek jsou všechny druhy textů, jako učebnice, pracovní sešity, tabulky, sbírky úloh, odborné časopisy, literatura, skripta a testy. Následuje podskupina multimediální, do které patří televizní pořady, videa, audio nahrávky a výukové programy. Další podskupinou můžeme nazvat speciální pomůcky, kam patří nářadí pro tělesnou výchovu nebo manuální činnosti v dílnách, kuchyni, laboratoři a podobně

- **Technické výukové prostředky**

Technické výukové prostředky jsou prostředky používané během výuky, které však nesouvisí přímo s probíraným tématem, látkou nebo učivem. Patří sem hlavně vybavení učeben, laboratoří a dílen. Jsou to lavice, stoly, židle, koberce, výzdoba, nástěnky, ale také tabule, magnetické tabule, interaktivní tabule, projektory, počítače, kopírky, tiskárny, ukazovátka, třídní knihy, fixy, křídly, propisky, magnetofony, CD přehrávače, televizory a podobné věci.

- **Vybavení žáka**

Stejně jako učitel potřebuje k výuce technické výukové prostředky, stejně tak potřebuje svoje prostředky žák. Jak jinak by si mohl dělat poznámky, vypracovávat zadání nebo pracovat v dílnách? K tomu všemu musí být vybaven psacími potřebami, rýsovacími pomůckami, kreslicími potřebami, nebo mít kalkulačku, notebook, pracovní oděv a podobně.

- **Výukové prostory**

Výukové prostory jsou úzce spjaty s technickým vybavením, protože bez rozdílného vybavení by byly všechny učebny stejné. Díky vybavení rozlišujeme různé druhy učeben, ale nejde jen o vybavení, ale také o uspořádání a velikost. Klasické učebny jsou většinou dimenzovány na maximální počet žáků ve třídě, tedy 30, a lavice jsou uspořádány v řadách.

Oproti tomu jazykové učebny bývají dimenzovány na menší počet žáků, od 10 do 15, a lavice jsou uspořádány do písmene U. U dalších učeben už nebudu rozebírat, pro kolik jsou určeny žáků a jak je v nich uspořádán nábytek, protože to může výrazně lišit mezi jednotlivými školami. Jsou zde také odborné učebny, počítačové učebny, laboratoře, dílny, tělocvičny, přednáškové sály, dramatické sály a jiné specializované prostory.

2 Praktická část

2.1 Provozní řád laboratoře elektrických pohonů

Jednou z prvních věcí při zahájení výukového modulu elektrické pohony je seznámit žáky s provozním řádem laboratoře elektrických pohonů a zásadami bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, a to s ohledem na elektrická zařízení a práci s rotujícími hmotami. Dále je zapotřebí zopakovat zásady první pomoci při úrazu elektrickým proudem. Toto úvodní školení vyučující zapíše do třídní knihy a do zápisníku Bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Níže je uveden standard, který používáme v našem Středním odborném učilišti

SIMPLY CLEVER

ŠKODA



Bezpečnost práce v laboratoři elektrických pohonů

SOUs Škoda Auto a.s.

Obrázek 1 Úvodní školení BOZP



Obecná ustanovení

Platí ustanovení školního řádu SOUs a pracovního řádu ŠKODA auto a.s. v souladu s:

- OS 841 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
- OS 163 Zásady požární ochrany
- OS 162 Ochrana majetku
- OS 681 Dopravně provozní řád

Pravidla první pomoci při úrazu elektrickým proudem

Obrázek 2 Úvodní školení BOZP



Účastník výukového modulu je povinen:

- › řídit se pokyny učitele
- › znát bezpečnostní systém laboratoře a jeho užití v případě ohrožení nebo úrazu
- › hlavní vypínače energií a manipulace s nimi
 - ovladače TOTAL STOP, STOP (**červené hříbky**)
 - únikové cesty
 - umístění hasicí techniky (**vedle umyvadla**)
- › dodržovat obecné zásady bezpečnosti práce a ochrany zdraví
- › poskytnout pomoc při vzniku úrazu nebo ohrožení
 - **lékárnička první pomoci vedle projekční plochy (o materiál požádat učitele)**
- › používat předepsané osobní ochranné pracovní prostředky
- › pohybovat se ve vymezeném prostoru
- › pracovat jen na určeném zařízení
- › dbát na pořádek v laboratoři elektrických pohonů

ihned informovat učitele o závadách vzniklých v průběhu výuky

Obrázek 3 Úvodní školení BOZP

**Účastník výukového modulu má zakázáno:**

- manipulovat s prostředky zajišťujícími bezpečnost práce mimo případy ohrožení nebo úrazu
- poškozovat vybavení laboratoře elektrických pohonů
- používání jiných paměťových medií (diskety, CD-ROM atd.) než ta které jsou součástí úloh a cvičení

Obrázek 4 Úvodní školení BOZP



Laboratoř elektrických pohonů

- ❖ Ve zvýšené míře dbát zásad práce s elektrickým zařízením a práce na zařízení pod proudem
- ❖ K zapojování elektrických obvodů používat jen k tomu určených vodičů
- ❖ Nejdříve odpojit spotřebiče od zdrojů nebo zdroje vypnout
- ❖ Je zakázáno bez vědomí učitele vyměňovat vadné jistící elementy (pojistky, jističe)
- ❖ Vždy připojit ochranné vodiče (u zařízení NN)
- ❖ Je nutné zakrývat pohybující se části elektromotorů
- ❖ Ověřovat funkčnost měřicích přístrojů – voltmetr, ohmmetr, ...

Souhlas učitele pro:

- vstup a opuštění laboratoře (pracoviště)
- odstraňování zábran a dalších prvků bezpečnosti práce
- manipulaci se zdroji energií
- vstup nebo jiné zasahování do pracovních prostorů strojů
- k zahájení práce na zařízení, s přístrojem atd.
- připojení zařízení na všechny zdroje energií
- zasahování do SW řídicích systémů strojů i osobních počítačů
- zasahování do SW strojů a zařízení (blokování, řídicí algoritmy) pokud není součástí úlohy
- manipulaci se stroji, přístroji, učebními pomůckami (PC, tablety, mobilní telefony), které nejsou přímo nutné pro řešení zadané úlohy.

Obrázek 5 Úvodní školení BOZP

2.1.1 Bezpečnost práce a ochrana zdraví při práci

S žáky je nanejvýš účelné a potřebné formou diskuse projít znalosti, které již získaly v předmětech základy elektrotechniky a odborný výcvik. Zejména je třeba upozornit na práci na zařízeních s životu nebezpečným napětím a dále pak na práci s rotujícími hmotami, například hřídele pohonu, kde v případě nerespektování bezpečnostních zásad to znamená provozu bez krytu hřídelů a spojek může dojít k velmi bolestivým až devastujícím zraněním, pokud dojde kontaktu těchto částí například s rukou žáka za běhu stroje.

Na obrázku 6 (níž) je fotografie krytu spojky mezi motorem a brzdou. Provoz je možný výhradně a pouze s kompletním zakrytíváním. Bezpečnostní systém pracoviště v případě sejmutí krytu okamžitě motor zastaví. Ovšem nelze zcela vyloučit vynalézavost mladistvých kteří si s tímto blokováním provozu dokážou poradit. Proto je potřebné být neustále obezřetný a detailně kontrolovat co žáci dělají. V žádném případě netolerovat spuštění motoru bez předchozího výslovného souhlasu učitele.



Obrázek 6 Kryt spojky mezi motorem a brzdou

2.1.2 První pomoc při úrazu elektrickým proudem

Pokud je někdo svědkem úrazu elektrickým proudem ať již přímým anebo přijde až když k úrazu došlo je potřeba jednat především rychle ale rozvážně. V první řadě dostat postiženého z dosahu účinku proudu. To můžu učinit několika způsoby. Pokud lze přívod elektrického proudu vypnout učiním tak, pokud nelze tak nějakým nevodivým předmětem například dřevěnou násadou od smetáku dostanu postiženého z dosahu elektrického proudu, a to tím že mu část těla která je v kontaktu s elektrickým zařízením pod proudem dostanu do bezpečné vzdálenosti. V žádném případě se postiženého nedotýkám holýma rukama pokud je v dosahu elektrického proudu.

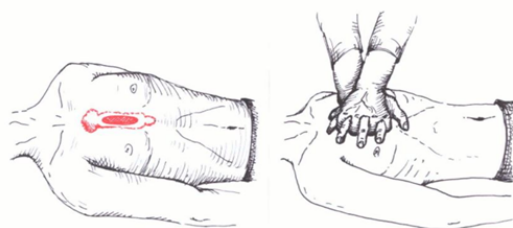
Jako další krok zjistím, zdali je postižený při vědomí a dýchá, pokud ne zahájím bezodkladnou resuscitaci a přivolám lékařskou pomoc. Pokud je u postiženého 2 a více lidí je situace daleko snazší.

I když postižený vlivem úrazu elektrickým proudem neztratil vědomí v každém případě je bezpodmínečně nutné dopravit jej k lékaři.

První pomoc

První pomoc (rychle – klidně – rozvážně)

Zavolej pomoc (nebýt na to sám)
Eliminuj rizika (vypni, has, větrej)
Kontrola vědomí, dýchání a zranění
Záklon hlavy pro uvolnění dýchacích cest
Nepřímá masáž srdce (100 - 120/min, 4-5 cm hluboko)
Neohroz sám sebe na životě !



9 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeň, 19.1.2022

Obrázek 7 První pomoc (Snímek 9)

Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Živá část – za běžných okolností pod napětím

Izolace – odstranění pouze zničením, pro trvalé provozní napětí
Krytí IP 2X
Zábrana – brání nahodilému (neúmyslnému) dotyku
Poloha – umístění mimo dosah při normálním užívání
Doplňková ochrana
Proudový chránič (0,2s, 30mA)
Doplňková izolace (izol. koberec, izol. rukavice)

Neživá část - za běžných okolností bez napětí

Pospojování
Použití zařízení třídy II (izol. odpor běžně 7M Ω , mechanická odolnost)
Samočinné odpojení od zdroje (jistící prvky)
Elektrickým oddělením (transformátor)

Ochrana malým napětím

SELV
PELV



10 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeň, 19.1.2022

Obrázek 8 Ochrana před úrazem el. proudem (Snímek 10)

Obecně platí a zkušenosti z praxe to i potvrzují že i velký proud působící na tělo Po krátkou dobu nemusí ještě nutně znamenat vážné poranění a nebo smrt. Naopak i relativně malý

proud typicky do hodnoty cirká 30 miliampér může způsobit vážné poranění pokud působí delší dobu. Osoby s nemocemi srdce nebo pokud mají implantován kardiostimulátor, když jsou na úraz elektrickým proudem podstatně náchylnější. Se znalostmi zásad první pomoci při úrazu elektrickým proudem přicházejí žáci již z předmětu Základy elektrotechniky a Odborný výcvik. Je tedy nanejvýš vhodné formou diskuze tuto tematiku znovu, a to i několikrát během kurzu připomenout.

V další části již můžeme přistoupit k jednotlivým kapitolám modulu – kurzu elektrické pohony.

2.2 Obsah kurzu elektrické pohony

Obsah modulu elektrické pohony

ELEKTRICKÉ POHONY

Obsah kurzu

- Fyzikální jednotky, metrologie
- Fyzikální princip elektromotoru, magnetický obvod, 4Q režim
- Konstrukce motoru, magnetický obvod motoru
- Parametry elektromotoru, charakteristiky, rozběh, jištění
- Diagnostika elektromotoru – izolační odpory, stav vinutí, sběrací systém
- Třířázový indukční motor – funkce, zapojení, diagnostika
- Motor nakrátko – konstrukce, vinutí, zapojení, řízení (rozběh, otáčky)
- Synchronní třířázový motor
- Jednofázové AC motory s pomocnou fází, univerzální motor
- DC motory – konstrukce, zapojení, užití
- Krokový motor
- Praktické cvičení a měření – průběžně u jednotlivých kapitol
- Závěr kurzu – písemný test znalostí

Obrázek 9 Obsah kurzu (Snímek2)

2.3 Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI

Protože pokud něco v elektrotechnice nezměříme tak vlastně nevíme, jaké poměry ve zkoumaném nebo diagnostikované elektrické obvodu nebo zařízení panují. V dalším projdeme soustavu jednotek SI jako základ definice jednotek nejen pro technické účely.

2.3.1 Základní jednotky SI

Zde se mi velmi osvědčila metoda soutěže, kdy žáci na předem připravený papír napíší základní jednotky soustavy SI, jejich definici a poté si společně výsledky vyhodnotíme a zrekapitulujeme správnost odpovědí.

Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI

Základní jednotky SI

Název	Symbol	Značka	Význam, definice
metr	m	l	délka, vzdálenost
kilogram	kg	m	hmotnost
sekunda	s	t	čas
ampér	A	i	elektrický proud
termodynamická teplota	K	u	teplota (Kelvin), stupeň , 0 K = -273,16 °C
látkové množství	mol	mol	mol
svítivost	cd	cd	kandela

Obrázek 10 Základní jednotky SI (Snímek 3)

2.3.2 Předpony jednotek

Vhodná volba předpony jednotky je neméně důležitá. Správnou volbou zestručníme zápis hodnot a tím zvýšíme přehlednost. Pokud je násobek základní jednotky větší než 1 používáme faktory které odpovídají jednotlivým předponám s kladným exponentem. Pokud je násobek základní jednotky nižší než 1 používáme faktory se záporným exponentem. Znázorněno na obrázku číslo 11. V elektrotechnice výlučně používáme pouze předpony uvedené, níž tedy ty odstupňované s krokem exponentu po 3. Jiné předpony například centi(V) nebo deci(V), které jsou tolerovány v jiných oborech nesmíme použít.

Příklad:

$$1\ 000\ \text{V} = 1\ \text{kV} = 1 \cdot 10^3\ \text{V}$$

Příklad zápisu velikosti napětí z technické praxe:

22/0,4 kV primární/sekundární napětí distribučního transformátoru (VN/NN)

Toto ovládat je velmi důležité proto doporučuji ověřit úroveň znalostí u žáků. Předpony v rozsahu násobků do 10^{12} -tera anebo dílů do 10^{-12} piko jsou postačující a také nejčastěji používané pro běžnou elektrotechnickou praxi.

Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI

Předpony jednotek

Faktor	Předpona	Značka	Faktor	Předpona	Značka
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yokto	y

Obrázek 11 Předpony jednotek (Snímek4)

2.3.3 Odvozené jednotky

Odvozené jednotky jako jsou zejména výkon napětí kapacita elektrický odpor frekvence a další jsou v oboru elektrických pohonů naprosto nezbytné. Jejich přehled je na obrázku číslo 12 níže.

Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI

Odvozené jednotky

Název	Symbol	Značka	Význam, definice
teplota	°C	u,t	stupeň Celsia
rovinný úhel	rad	rad	radián (57,3 úhlového stupně, 1°= 1/360 kruhu)
frekvence	Hz	f	Hertz (kmity za sec)
síla	N	F	Newton (uvede těleso do pohybu)
práce, energie	J	A	Joule
výkon	W	P	Watt
elektrická práce, energie	Ws	A	Watssekunda = J
elektrické napětí	V	U	Volt
kapacita	F	C	Farad (kondenzátor)
indukčnost	H	L	Henry (cívka)
světelný tok	lm	lm	Lumen (candela na prostorový úhel)
osvětlení	lx	lx	Lux (tok na plochu)
elektrický odpor	Ω	R	Ohm (vlastnost materiálu vést el. proud)
magnetická indukce	T (G)		Tesla (1T = 10 000 G = Gaus)
kroutící (ohybový) moment	Nm	M	Newton metr

5 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeň, 19.1.2022

Obrázek 12 Odvozené jednotky (Snímek 5)

2.3.4 Přijímané jednotky

Další kategorií jsou takzvané přijímané jednotky, respektive jejich předpony.

Příklady:

$$0,2 \text{ kg} = 20 \text{ dkg}$$

$$0,01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

$$0,3 \text{ l} = 3 \text{ cl}$$

Obecně doporučuji převody jednotek u žáků důkladně zopakovat. Je to jedna z oblastí kde velmi často chybují. V elektrotechnické praxi to může způsobit vážné problémy poruchu případně až destrukci zařízení nebo zranění osoby která se zařízením pracuje. Další neméně významným aspektem je pak vhodná volba měřícího rozsahu měřícího přístroje. A jako další aspekt pak uvedu elektrotechnické výpočty, kde si musím předpony jednotek takzvaně srovnat abych dospěl ke správným výsledkům z pohledu řádu čísel.

Fyzikální jednotky – soustava jednotek SI

Přijímané jednotky

Název	Symbol	Značka	Význam, definice
tuna	t	m	hmotnost (1000 kg)
dekagram	dkg	m	hmotnost (0,1 kg)
decilitr	dcl	V	objem
centimetr	cm	l	délka
minuta	min	t	čas
dioptrie	dioptrie		optická mohutnost
atmosfera	atm	p	tlak (kpcm ⁻²)
hektar	ha	S	plocha (10 000 m ²)

6 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 13 Přijímané jednotky (Snímek 6)

2.4 Metrologický řád ŠKODA AUTO a.s.

Podle legislativy je každá firma povinná mít vypracovaný AV praxi uplatňovaný metrologický řád. Jednoduše řečeno ten stanoví, co jak a čím měřit. Používaná měřidla podléhají pravidelné (re)kalibraci dle požadavků výrobce. Měřidla bez platného kalibračního certifikátu nesmím v žádném případě použít.

Metrologický řád ŠKODA AUTO a.s.

Metrologie se zabývá jednotností a správností měření.

Organizační norma č. ON.1.018

- Závazný pro všechny zaměstnance ŠKODA AUTO.
- Pokyny k měření a jejich postupy



7 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Sebeň, 19.1.2022

Obrázek 14 Metrologický řád ŠKODA AUTO a.s. (Snímek 7)

2.5 Měření

Správné postupy měření zejména elektrických veličin mají žáci před účastí na tomto modulu již zažitou. Týká se to hlavně volby správného rozsahu měření vzhledem k měřené hodnotě elektrické veličiny například napětí. To platí u přístrojů s ruční nebo poloautomatickou volbou rozsahu měření. U automatických přístrojů už stačí zvolit pouze měřenou veličinu. Velmi důležité je s žáky zopakovat si konfiguraci měřícího přístroje pro měření zejména napětí a proudů. Například případě že ampérmetr připojím k měřenému obvodu paralelně hrozí jeho poškození minimálně je vybaven jistícím prvkem. Většinou jím bývá tavná pojistka. Pro měření proudů se v silnoproudé elektrotechnice používá téměř výhradně ne 20 dní forma to je bez rozpojení elektrického obvodu. Přístrojem, který to umožňuje je klešťový ampérmetr. Ten v případě že určen pro měření pouze střídavých proudů má jako snímač elektrického proudu transformátor který funguje na principu elektromagnetické indukce, neboť proud se periodicky mění v čase.

Měření

Měření je objektivní nástroj pro ověření kvalitativních a množstevních parametrů

Kontrola měřidel:

Technický stav
Poškození, opotřebení, znečištění
Nezávadnost funkce
Přezkoušení správnosti



Nejistota měření (chyba):

Vždy přítomná
Rozdíl naměřené a skutečné hodnoty
Nejistoty se vždy minimalizují
Přezkoušení správnosti

Zdroje nejistoty měření:

Způsob připojení měřicího přístroje	Chyba rozsahu přístroje
Zvolená metoda měření	Chyba zobrazení přístroje
Odečet hodnot z přístroje	Chyba z naměřené hodnoty
Rušení v prostředí přístroje	

Obrázek 15 Měření (Snímek 8)

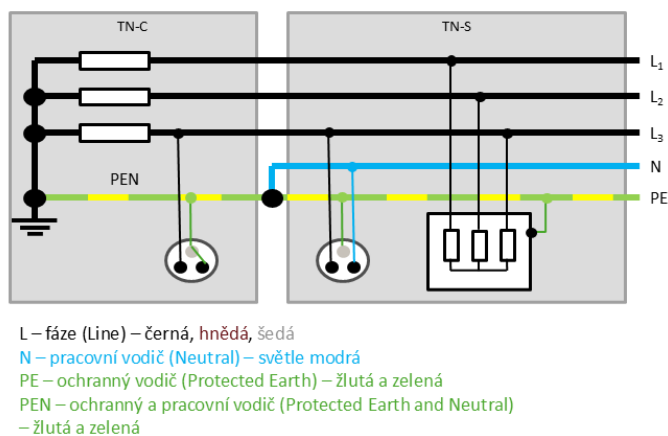
2.6 Třífázová rozvodná soustava

V této části si s žáky zopakujeme Základní parametry nejpoužívanějších 2 sítí kterými jsou takzvané sítě TN. O této problematice již mají dostatek znalostí z předmětů Základy elektrotechniky a Odborný výcvik.

2.6.1 Druhy sítí

Třífázová rozvodná soustava

Druhy sítí a parametry



11 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeň, 19.1.2022

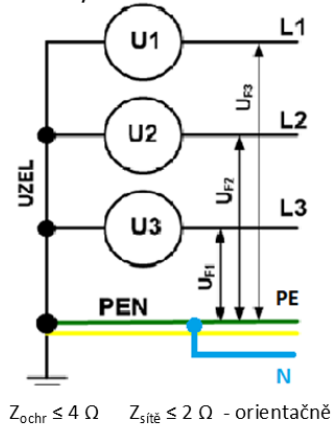
Obrázek 16 Druhy sítí (Snímek 11)

2.6.2 Parametry

Rovněž parametry sítí žáci již znají z předmětu základy elektrotechniky a odborný výcvik takže potřeba tuto tematiku s nimi pouze zopakovat. O vztah mezi efektivní a vrcholovým napětím můžu zhruba odhadnout tak že hodnotu efektivního napětí vynásobím koeficientem 1,5. Dospěju sice k vyšší hodnotě, než by odpovídalo ale je to lepší než opak. Je zapotřebí žákům připomenout že právě tomuto napětí tedy vrcholovému musí odolat pracovní izolace elektrických zařízení tedy i našich elektromotorů. Jako pomůcku jsem si je připravil graf v excelu, který zobrazuje okamžité hodnoty napětí všech tří fází během 1 otáčky-360°. Ve zdrojové tabulce je i dobře vidět že součet okamžitých hodnot napětí všech tří fází je roven 0. To platí i o proudech. Výřez z tabulky je úmyslně do úhlu 30° neboť je dobře vidět maximální vrcholová hodnota fázového napětí která činí cirká 325 voltů

Třífázová rozvodná soustava

Parametry



$$U_S = \sqrt{3} U_F$$

U_f – fázové napětí

L-N (L-PE, L-PEN)

$U_f = 230 \text{ V}$

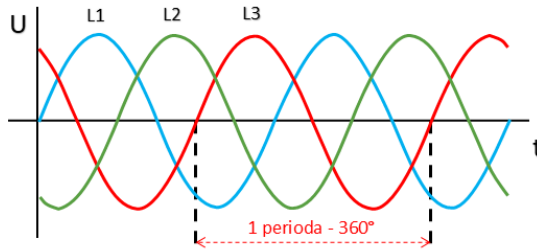
$U_{fmax} = \sqrt{2} * 230 = 325 \text{ V}$

U_s – sdružené napětí

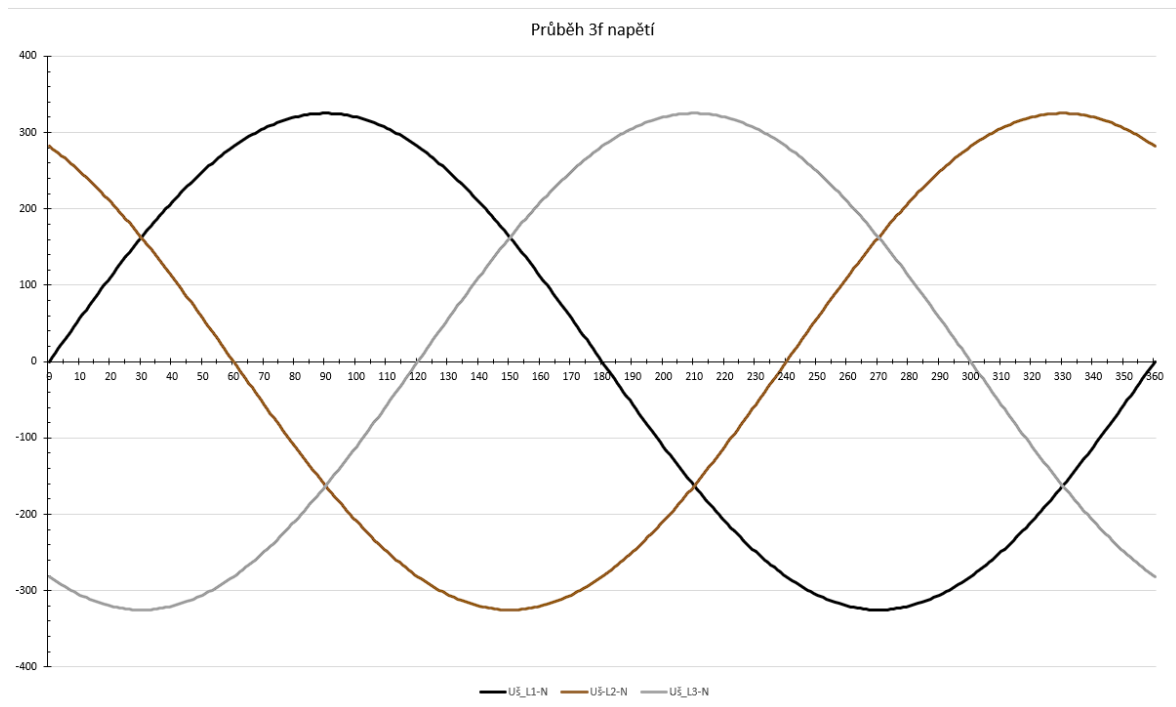
L_1-L_2 (L_1-L_3 nebo L_2-L_3)

$U_s = 400 \text{ V}$

$U_{smax} = \sqrt{2} * 400 = 565 \text{ V}$



Obrázek 17 Parametry 3f soustavy (Snímek 12)



Obrázek 18 Průběh 3 F napětí – jedna otáčka -. Graf

L1	L2	L3	Uš_L1-N	Uš-L2-N	Uš_L3-N	U_L1-L2-L3
0	120	240	0,00	281,65	-281,65	0,00
1	121	241	5,68	278,77	-284,44	0,00
2	122	242	11,35	275,80	-287,15	0,00
3	123	243	17,02	272,75	-289,77	0,00
4	124	244	22,69	269,62	-292,31	0,00
5	125	245	28,34	266,40	-294,75	0,00
6	126	246	33,99	263,11	-297,10	0,00
7	127	247	39,63	259,73	-299,37	0,00
8	128	248	45,26	256,28	-301,54	0,00
9	129	249	50,88	252,74	-303,62	0,00
10	130	250	56,47	249,13	-305,61	0,00
11	131	251	62,05	245,45	-307,50	0,00
12	132	252	67,62	241,69	-309,30	0,00
13	133	253	73,16	237,85	-311,01	0,00
14	134	254	78,68	233,94	-312,62	0,00
15	135	255	84,17	229,97	-314,14	0,00
16	136	256	89,64	225,92	-315,56	0,00
17	137	257	95,09	221,80	-316,88	0,00
18	138	258	100,50	217,61	-318,11	0,00
19	139	259	105,88	213,36	-319,24	0,00
20	140	260	111,23	209,05	-320,28	0,00
21	141	261	116,55	204,67	-321,22	0,00
22	142	262	121,83	200,23	-322,05	0,00
23	143	263	127,07	195,72	-322,80	0,00
24	144	264	132,28	191,16	-323,44	0,00
25	145	265	137,44	186,54	-323,98	0,00
26	146	266	142,57	181,86	-324,43	0,00
27	147	267	147,65	177,13	-324,77	0,00
28	148	268	152,68	172,34	-325,02	0,00
29	149	269	157,67	167,50	-325,17	0,00
30	150	270	162,61	162,61	-325,22	0,00

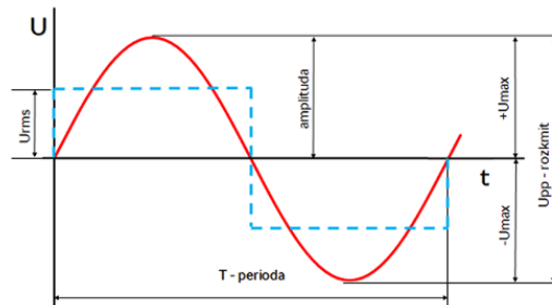
Obrázek 19 Zdroj dat pro graf průběhu napětí – do napětí - do U_MIN

2.6.3 Sinusový průběh – vztahy mezi napětími

Zde stojí za zmínku připomenout hlavně to že v silnoproudé elektrotechnice se uvádí efektivní hodnota napětí pokud není uvedeno jinak. Důležité je také vztah mezi frekvencí a periodou střídavého napětí Řada žáků nezná kmitočet střídavého napětí v naší rozvodné síti který činí jak známo 50 Hz. A s výpočtem doby periody 1 kmitu síťového napětí (20 ms) mají též problémy.

Třífázová rozvodná soustava

Pro sinusový průběh platí:



$$U_{RMS} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{max} = \sqrt{2} U_{RMS}$$

$$U_{pp} = U_{max} + |-U_{max}|$$

Sinusový průběh AC proudu (napětí) - RMS (efektivní hodnota)

$$f = \frac{1}{T} \quad (Hz) \quad T = \frac{1}{f} \quad (s)$$

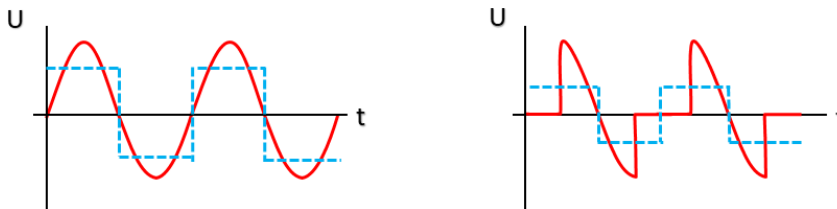
T perioda = čas trvání kmitu (s)

f frekvence (kmitočety) = počet kmitů za 1s

Obrázek 20 Vztahy mezi napětími a frekvencí a periodou (Snímek 13)

Třífázová rozvodná soustava

Pro sinusový průběh platí:



RMS (efektivní hodnota) – stejné tepelné účinky (výkon) jako stejná DC hodnota

TRMS (skutečná efektivní hodnota) – měřeno vzorkováním u nesusinových průběhů

Střední hodnota – stejné chemické účinky jako stejná hodnota DC

Obrázek 21 Sinusové a nesusinové průběhy (Snímek 14)

2.7 Fyzikální princip elektromotoru

Fyzikální princip elektromotoru je založen na vzájemném působení interakci 2 elektromagnetických polí, a to stojící části nepohybující se zvané stator a pohybující se částí obvykle rotující zvané rotor nebo též kotva. Zajímavé je zavést s žáky diskusi na téma proč se pořád motor točí. Musím konstatovat, že většinou je napadne správně že pole statoru a rotoru jsou už vůči sobě velikostně a časově posunutá jinak řečeno motor je konstruován tak že pole rotoru se snaží doběhnout pole statoru ale díky jejich posunu co do intenzity a času se mu to nikdy nepodaří. Rád se pak ptám a co by se stalo, kdyby se síly vyrovnaly. Odpověď zní přestalo by se nám to točit. Takový příměr ze života, který většina lidí zná. Máme lano na každém konci 2 mládenci A o to lano se přetahují. Chvilku je la no na 1 straně pak zase na 2 ale nakonec silnější zvítězí. Čili celý komplet se posouvá směrem, kde je větší síla nemluvě o tom, když na 1 straně 1 z dvojice odpadne. To je velmi zjednodušené, pro představu však zcela postačující.

2.7.1 Elektromagnetické pole

Fyzikální princip elektromotoru

Elektromagnetické pole

Statické

- Vytvořeno průchodem DC proudu indukčností(vodičem).
- Pole má trvale určenu polaritu – póly (S a J)
- Statické magnetické pole vytváří i **permanentní** (trvalý) magnet.

Dynamické

- Vytvořeno průchodem AC proudu indukčností.
- Pole má proměnnou polaritu i silové účinky odpovídající časové změně budícího proudu.

Magnetizační proud

- Elektrický proud vodiči (obvodem)

Magnetické materiály

- Působí na ně magnetické pole ve formě přitažlivé nebo odpudivé síly.
- Pozitivně ovlivňují parametry magnetické pole – zesilují, koncentrují do daného prostoru.

Obrázek 22 Elektromagnetické pole (Snímek 15)

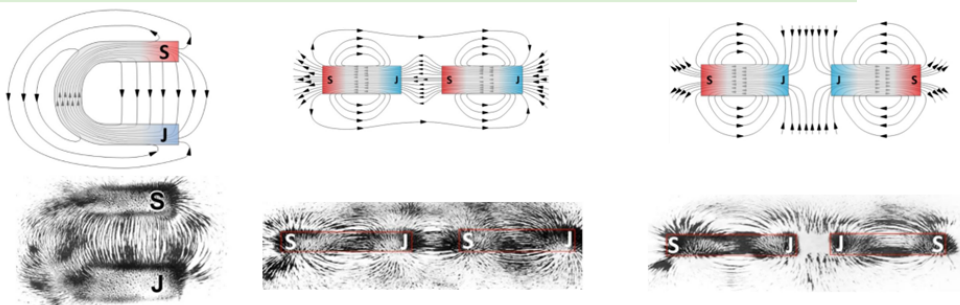
2.7.2 Magnetické pole a jeho veličiny

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Magnetická pole

Dvě (i více) magnetická pole na sebe působí silou přitažlivou nebo odpuzivou.
Silové působení magnetických polí - Souhlasné póly se odpuzují, nesouhlasné póly se přitahují.
Je-li jedno pole pohyblivé nebo buzeno AC proudem jsou silové účinky dynamické.



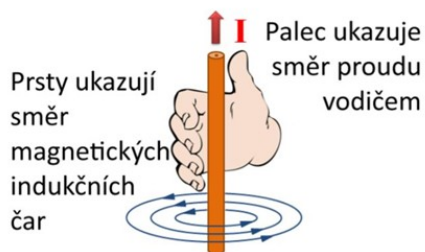
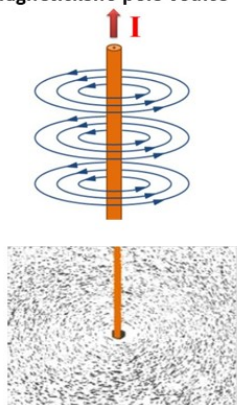
16 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebec, 19.1.2022

Obrázek 23 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 16)

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Magnetického pole vodiče



Pravidlo pravé ruky

Vodič uchopíme pravou rukou.
Palec ukazuje směr proudu ve vodiči (od plus k minus).
Ohnuté prsty obepínající vodič ukazují směr magnetických siločar.

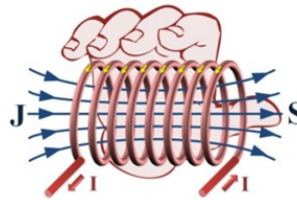
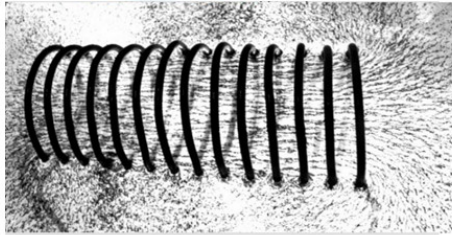
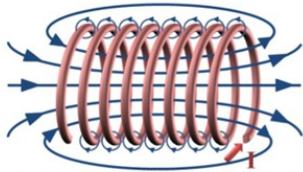
17 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebec, 19.1.2022

Obrázek 24 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 17)

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Magnetického pole cívky



Cívku uchopíme pravou rukou. Ohnuté prsty obepínající cívku ukazují směr proudu v cívce, palec ukazuje směr magnetických siločar.

18 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 25 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 18)

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Intenzita magnetického pole

- Je dána velikostí magnetického napětí na jednotku délky siločáry. $H = \frac{Um}{l}$ (A/m)
- Čím je siločára delší, tím menší bude intenzita a také menší silové působení.

Magnetická indukce

- Magnetická indukce vyjadřuje míru magnetické energie tělesa nebo magnetickou energii mezi póly magnetu.
- Teoreticky se každá látka zmagnetuje v závislosti na vlastních magnetických vlastnostech a energii.
- $B = \mu H$ (T) nebo (G) $1T = 10000 G$

Poměrná permeabilita

- Materiálová konstanta vyjadřuje magnetické vlastnosti látek ve vztahu k vakuu. $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$
- Permeabilita je analogií měrného odporu v elektrickém obvodu.

19 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 26 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 19)

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Magnetický tok Φ (Weber)

Magnetické pole můžeme chápat jako obdobu elektrického pole.

Magnetické napětí tvořené průchodem proudu vodičem vybudí v okolním prostředí magnetický tok ve formě siločar.

Celkové množství siločar procházejících danou plochou kolmou na siločáry (neboli magnetický tok touto plochou) můžeme určit z hustoty siločar, neboli z magnetické indukce. $\Phi = \mathbf{B} / \mathbf{S}$ (T/m²).

Reluktance - magnetický odpor

Je soubor vlastností materiálů, ze kterých se skládá magnetický obvod a kterými prochází

magnetický tok Φ (vyvolaný mag. Indukcí a intenzitou mag. Pole.

$R_m = \frac{l}{\mu S}$, Magnetický odpor dán rozměry materiálu (průřez S, délka l) a jeho magnetických vlastností (μ_0).

R_m je analogií elektrického odporu v elektrickém obvodu.

Reluktance je **zdrojem ztrát** magnetické energie.

Hopkinsonův zákon

Obdoba Ohmova zákona $\Phi = F_m / R_m$.

Hopkinsonův zákon popisuje vzájemný vztah magnetických veličin.

20

Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 27 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 20)

Fyzikální princip elektromotoru

Magnetické pole a jeho veličiny

Magnetický tok Φ (Weber)

Magnetické pole můžeme chápat jako obdobu elektrického pole.

Magnetické napětí tvořené průchodem proudu vodičem vybudí v okolním prostředí magnetický tok ve formě siločar.

Celkové množství siločar procházejících danou plochou kolmou na siločáry (neboli magnetický tok touto plochou) můžeme určit z hustoty siločar, neboli z magnetické indukce. $\Phi = \mathbf{B} / \mathbf{S}$ (T/m²).

Reluktance - magnetický odpor

Je soubor vlastností materiálů, ze kterých se skládá magnetický obvod a kterými prochází

magnetický tok Φ (vyvolaný mag. Indukcí a intenzitou mag. Pole.

$R_m = \frac{l}{\mu S}$, Magnetický odpor dán rozměry materiálu (průřez S, délka l) a jeho magnetických vlastností (μ_0).

R_m je analogií elektrického odporu v elektrickém obvodu.

Reluktance je **zdrojem ztrát** magnetické energie.

Hopkinsonův zákon

Obdoba Ohmova zákona $\Phi = F_m / R_m$.

Hopkinsonův zákon popisuje vzájemný vztah magnetických veličin.

20

Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

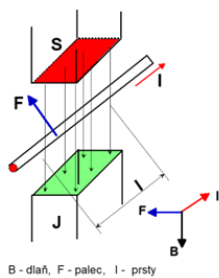
Obrázek 28 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 21)

2.7.3 Flemingovo pravidlo levé ruky (motorové pravidlo)

Fyzikální princip elektromotoru

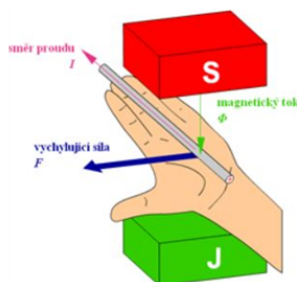
Flemingovo pravidlo levé ruky (motorové pravidlo)

- Nastavíme-li levou ruku tak, aby indukční čáry magnetického pole vstupovaly od severního pólu kolmo do dlaně a natažené prsty ukazovaly směr proudu ve vodiči, pak vztyčený palec ukazuje směr síly F vychylující vodič
- Síla působící na vodič je rovna součinu mag. indukce, protékajícím proudu a délce vodiče, na který působí mag. indukce



a. silové účinky na vodič
směr síly - pravidlo levé ruky

$$F = BIl$$



22 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebest, 19.1.2022

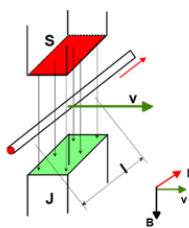
Obrázek 29 Flemingovo pravidlo levé ruky (motorové pravidlo) (Snímek 22)

2.7.4 Pravidlo pravé ruky (generátorové pravidlo)

Fyzikální princip elektromotoru

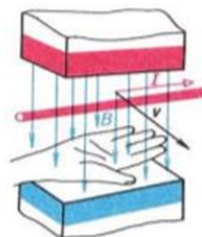
Pravidlo pravé ruky (generátorové pravidlo)

- Velikost induk. napětí je rovna součinu mag. indukce, délce vodiče v mag. poli, a rychlosti pohybu vodiče v mag. poli
- Položíme-li pravou ruku dlaní k vodiči tak, aby indukční čáry vstupovaly do dlaně a odvrácený palec ukazoval směr pohybu vodiče, pak směr proudu ve vodiči je od hřbetu ruky k napjatým prstům. (Princip činnosti dynam - indukované napětí).
- Opět se potvrzuje tvrzení, že indukované napětí působí proti změně, která ji vyvolala.



b. indukční zákon
směr proudu - pravidlo pravé ruky

$$U_i = Blv$$



23 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebest, 19.1.2022

Obrázek 30 Pravidlo pravé ruky (generátorové pravidlo) (Snímek 23)

2.8 Jištění elektromotoru

Jištění elektromotorů je velmi důležitá věc. Je třeba zdůraznit že jističí prvky jako jsou jističe případně pojistky chrání především vedení. To je jejich hlavním úkolem. Pro jištění elektromotoru potřebujeme ještě další ochranný prvek proti nadproudu. Ten je v případě použití tavných pojistek realizován pomocí přídavného přístroje takzvaného tepelného relé které reaguje na nadproud. V případě překročení nastavené hodnoty dojde k vybavení tohoto prvku a motor je automaticky odpojen. Modernější způsob je používání kombinovaných přístrojů, a to zejména jističů s charakteristikou M. Ty odpovídají citlivostí zkratové spouště jističi charakteristiky D ovšem tepelná část (spoušť) se dá nastavit pomocí příslušného nastavovacího prvku. Správnou hodnotu vybavovacího proudu nastavíme dle štítkových údajů motoru. Orientačně lze odhadnout při napájení sdruženým napětím 400 voltů v případě třífázového indukčního motoru že optimální hodnota proudu je přibližně dvojnásobek výkonu motoru v kilowattech

Příklad:

výkon motoru = 1 kW doporučený proud = 2 A (platí pro 3F indukční motor s kotvou nakrátko)

Jištění elektromotoru

Dimenzování přívodních vodičů a jisticích prvků patří k základním činnostem při instalaci motoru. Tyto dva spolu těsně související kroky vychází z:

příkon motoru - je výrazně větší než štítkový parametr výkonu motoru (mechanický) výkon **stupně rozběhu**
soudobosti chodu

Tavná pojistka

ochrana před zkratem
Přetížení vyhodnocuje nedostatečně

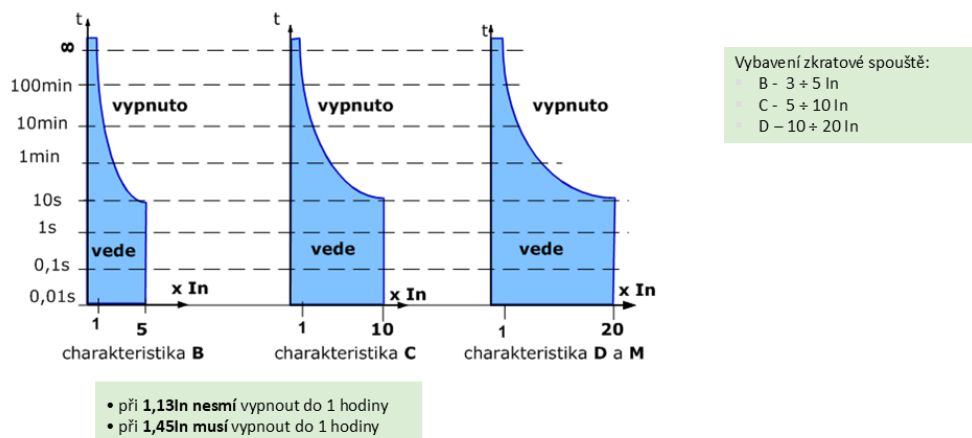
Jistič (elektromagnetický):

tepelná část (bimetal) – ochrana proti přetížení (nadproud)
elektromagnet – zkratová ochrana



Obrázek 31 Jištění elektromotoru (Snímek 24)

Jištění elektromotoru



25 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebera, 19.1.2022

Obrázek 32 Jištění elektromotoru – vypínací charakteristiky jističů (Snímek 25)

2.9 Střídavé (AC) motory

Střídavé motory zejména pak indukční třífázový motor s kotvou na krátko patří k těm nejpoužívanějším. Je to dáno především tím že jejich konstrukce za jejich zhruba 100 padesátiletou kariéru dospěla téměř k dokonalosti. Jsou konstrukčně relativně jednoduché a zejména velmi spolehlivé v provozu a vynikají vysokou energetickou účinností a dlouhou životností. V dalším se budeme věnovat především právě 3fázovému indukčnímu motoru s kotvou nakrátko. V naší laboratoři elektrických pohonů máme velmi zdařile provedený řez tímto motorem, takže si jej lze podrobně prozkoumat

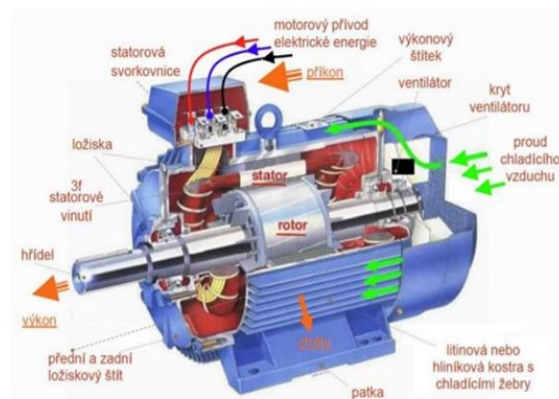
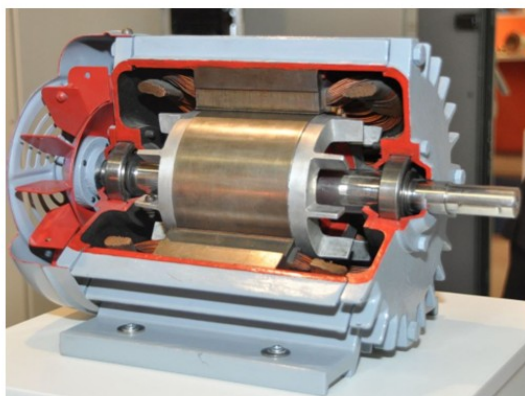
2.9.1 Indukční 3F motor s kotvou na krátko

Při zkoumání tohoto motoru se velmi často mj.žáků ptám, proč si myslí, že jsou tyče které tvoří takzvanou klec která je součástí kotvy nakrátko poněkud šikmo. Většinou je napadne to, že v tom bude důvod jediný, a to, aby chod motoru byl hladší prostý vibrací a nadměrného hluku což je správně. Důležité je rovněž poznamenat že tento motor funguje na třífázový střídavý proud, který ve statorovém vinutí vytváří elektromagnetické pole. Protože intenzita elektromagnetické pole u každé ze 3 fází, respektive fázových vinutí cívek se mění v čase ve směru osy cívky musí se ještě něco stát aby se pole otáčelo po obvodu kruhu. Díky tomu že pole jsou časově posunuta o třetinu kruhu tedy o 120° a stejně jsou i konstrukčně

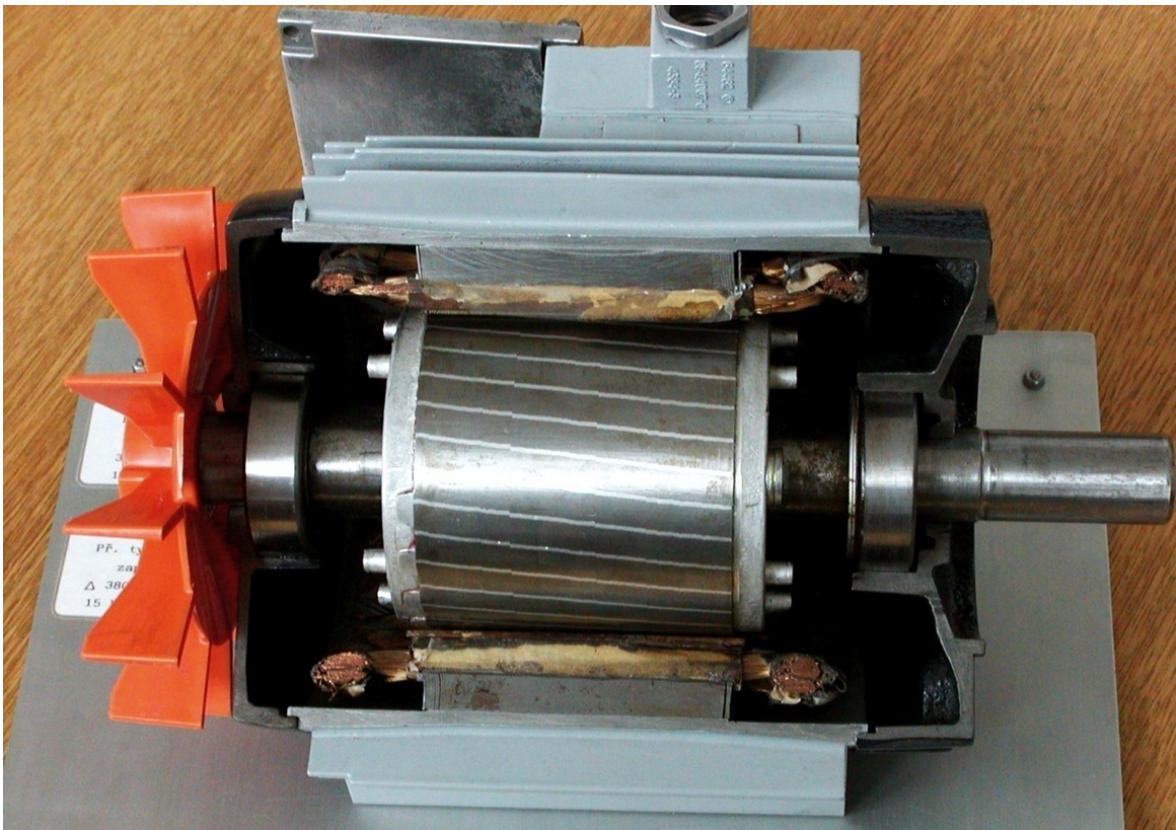
uspořádaný cívky ve statorovém vinutí motoru dochází k jejich vektorovému součtu a tím vzniku elektromagnetického točivého pole. A v naší laboratoři elektrických pohonů disponujeme mimo jiné řezem třířázového indukčního motoru s kotvou nakrátko. Na obrázku 34 je fotografie našeho motoru z naší laboratoře. Protože tento typ motoru je nosným tématem našeho výukového modulu věnujeme mu proto velkou pozornost. Osvědčila se mi časová dotace zhruba 10 vyučovacích hodin. Velmi účelné je s žáky diskutovat nad jednotlivými konstrukčními detaily tohoto motoru. Pro další práci tedy většinou v elektro údržbách v naší firmě je velmi důležité znát velmi detailně z čeho se tento motor skládá a zároveň si při tom, když si konstrukci motoru probíráme poukazujeme na možná slabá, a naopak silná místa této konstrukce. V další části až přistoupíme k testování samotného motoru se budeme seznamovat i s provozními vlastnostmi a projevem typických poruch které si budeme také simulovat. Motory máme upraveny tak že nám umožní simulovat elektrické závady O těch se podrobněji zmíním až v části diagnostika motoru. Začneme konstrukcí motoru v následující kapitole.

Střídavé (AC) motory

Indukční třířázový motor s kotvou na krátko



Obrázek 33 Indukční 3F motor s kotvou na krátko (Snímek 26)



Obrázek 34 Řez 3F indukčním motorem s kotvou na krátko v naší laboratoři

2.9.2 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – konstrukce

Na obrázku číslo 34 je fotografie řezu našeho motoru. Protože naši žáci se již s konstrukcí motoru seznámili v rámci teoretické výuky v předmětu základy elektrotechniky a pak dále v rámci praktické výuky v předmětu odborný výcvik základní informace o motoru už by měli vědět. Nicméně s řezem jako takovým se zatím nesetkali viděli motor pouze jako celek a provedli pouze základní 2 konfigurace co se týká možností připojení k rozvodné síti. To jest zapojení do hvězdy a do trojúhelníku. My si zde toto následně probereme velmi podrobně se všemi náležitostmi které k tomu přísluší a řeknu také žákům vždy na co se třeba dát pozor aby motor správně fungoval a abych ho hlavně nepoškodil nebo dokonce nezničil nevhodným zapojením. Jak je z fotografie je patrné motor má 2 hlavní části jak již bylo zmíněno i dříve a to je vnější nepohyblivou část stator a vnitřní pohyblivou část většinou rotující u klasických motorů která se nazývá rotor nebo to je škoda kotva. Stator je součástí pláště jednotlivé části jsou popsány na obrázku a je velmi účelné a potřebné žákům popsat a

hlavně ukázat na našem motoru proto jej máme přímo v řezu. Stator je součástí pláště motoru, ve kterém jsou uložena vinutí a tady chci ve statoru které tvoří třífázové vinutí cívek je více než jak by si člověk myslel, že stačí pouze 2 a ty jsou vnitřně pospojovány a potom jejich začátky označené indexy 1 a konce označené indexy 2 jsou vyvedeny na svorkovnici motoru. Aby bylo elektromagnetické pole dostatečně intenzivní jsou cívky opatřeny jádrem, která jsou skládána s navzájem izolovaných ocelových plechů s příměsí křemíku takzvaných dynamoplechů. Z elektrického hlediska stator tvoří primární vinutí transformátoru. Rotor který je u tohoto typu motoru tvořen pokud se vodičů týká respektive vinutí z tyčí, které jsou na obou koncích spojeny do 1 potenciálu kruhy. Protože závit, kterou tvoří tyč je velmi krátký a tvoří jakoby klec říká se tomuto typu rotoru také klecová kotva a i z toho vznikl název kotva nakrátko. Opět z důvodů, aby byla intenzita elektromagnetického pole vyšší, když jsou mezi tyčemi naskládány navzájem izolované plechy tvořící jádro cívek. Rotor je elektricky napájen díky elektromagnetické indukci a tvoří z elektrického hlediska sekundární vinutí transformátoru.

Zde se mi velmi osvědčilo diskutovat s žáky o tom jaké to má výhody. Velmi často přijdou na to, že vlastně k rotoru nemusím přivádět napájení prostřednictvím nějakého sběracího mechanismu který je zdrojem velmi častých poruch u jiných typů motoru o kterých budeme mluvit dále. Pak je ještě velmi zajímavé že když jsou ty tyče krátké a z velkého průřezu materiálu, jak to bude s napěťovými a proudovými poměry. Dost často žáci správně odpoví že tam bude malé napětí ale velké proudy. Ty velké proudy jsou tam zejména z důvodu vytvoření intenzivního elektromagnetického pole. Zajímavý dotaz je na konstrukci ventilátoru, který ofukováním pláště motoru případně jeho profukování čili vzduch proudí vnitřkem motoru jej chladí. Zde už je úspěšnost trošku menší důvod je jediný, a to ten že motor se může točit oběma směry otáčení takzvaně reverzovat a tato konstrukce zajišťuje proudění vzduchu vždy jedním směrem, a to nasáváním přes kryt ventilátoru který je perforovaný a výdechem na 2 straně kudy potom vhání chladící vzduch na a nebo do motoru. Neméně důležitým tématem je to se může mechanicky na motoru porouchat. Tak opět žáky zase napadne že to jsou zejména ložiska, která se časem opotřebí což se projeví zvýšením jejich zahřívání hlučnosti a vibrací při chodu motoru. Výsledek je že pokud je tento motor provozován předepsaných mezích zejména se zatěžování týká je velmi spolehlivý a s dlouhou životností

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Konstrukce

Stator

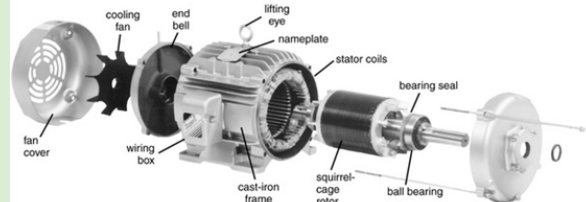
- 3 elektricky vzájemně oddělené cívky s vývody na svorkovnici
- Svorkovnice pro zapojení motoru a jeho připojení ke zdroji energie
- Statorové plechy – zesilující dynamické magnetické pole cívek
- Ložiska – pro uložení rotoru
- Kryt ventilátoru – nutný pro vlastní chlazení motoru
- Bimetalový rozpínací prvek – signalizace přehřátí
- Štítek s parametry motoru

Možné doplňky

- Elektromagnetická brzda
- PT100 – termistor pro odečítání aktuální teploty motoru
- Inkrementální i absolutní snímač, resolver – snímání rychlosti a polohy rotoru
- Převodovka

Rotor

- Rotorová klec – vinutí na krátko (do zkratu)
- Rotorové plechy vzájemně izolované – zesilující magnetické pole rotoru
- Ventilátor – vlastní chlazení motoru



27 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 35 Konstrukce 3F indukčního motoru s kotvou na krátko (Snímek 27)

2.9.3 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – funkce

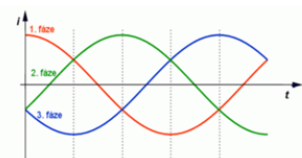
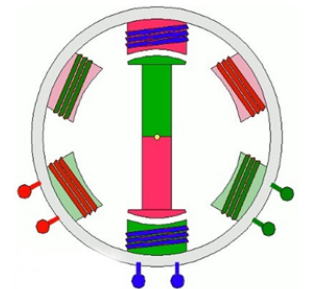
Funkce motoru my jsme si již probrali v předchozí kapitole víceméně tyto 2 kapitoly, byť jsou odděleny se navzájem prolínají.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Funkce

Stator

- Statorové vinutí – primární vinutí
- Proud cívkou tvoří magnetické pole
- Magnetické pole se otáčí a sílí dle směru a velikosti proudu
- Dvoupólovému motoru stačí k otočení magnetického pole o 360° jedna celá sinusovka
- Magnetický obvod - dynamoplechy



28 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 36 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-funkce statoru (Snímek 28)

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Funkce

Rotor

Rotorové vinutí – sekundární vinutí

V každé jedné části vinutí rotoru se indukují napětí díky nejbližšímu poli ve statoru

Díky konstrukci na krátko začne rotorem téct proud a tvořit se magnetické pole

To se děje se zpožděním a celkově tedy se skluzem

Magnetický obvod – dynamoplechy



29 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebest, 19.1.2022

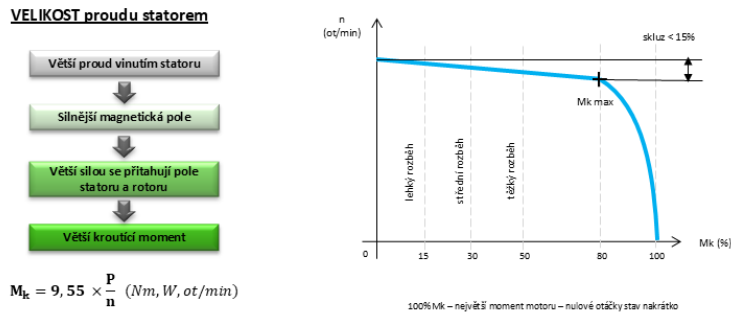
Obrázek 37 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-funkce rotoru (Snímek 29)

2.9.4 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-točivý moment

Mezi významné vlastnosti indukčního a třífázového motoru s kotvou nakrátko patří jeho velký točivý moment. To je rovněž velmi důležité téma neboť proč to má vazbu na to jaký proud nám motor odebírá zejména při jeho rozběhu. Zde je potřeba zdůraznit že je přímá úměra mezi točivým momentem jinak řečeno jakou má sílu motor abychom to žákům lépe přiblížili a odebíraným proudem. Platí zde to, že čím větší motor tím větší točivý moment vyvine, ale potřebuje podstatně větší proud a jeho rozběh trvá delší dobu. Problematice rozběhu motoru zejména rozběhovými proudům se budeme věnovat o kousek dále.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Asynchronní otáčky a kroutící moment



30 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebest, 19.1.2022

Obrázek 38 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-točivý moment, rozběh (Snímek 30)

2.9.5 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-asynchronní otáčky

Motor je takzvaně asynchronní. Dobré je žáků se zeptat co si pod tím představují. Protože pojem asynchronní znají i z jiných oborů například z výpočetní techniky. Není jim tento pojem zcela cizí. Takže velmi záhy se dozvíme že rotor se točí o něco pomaleji, než odpovídá rychlosti otáčení točivého elektromagnetického pole statoru. A čím je to způsobeno? To už bývá poněkud horší většinou na to žáci nepřijdou. Důvod je v tom že rotor získává napájení pomocí elektromagnetické indukce a než se naindukuje v tyčích rotoru napětí začne procházet proud a poté se vytvoří elektromagnetické pole rotoru takto chvíli trvá. Tomuto rozdílu otáček mezi točivým polem statoru a skutečnými otáčkami rotoru se říká skluz ten typicky bývá 5 až 15% v závislosti na konstrukci motoru. Synchronní otáčky tedy otáčky pole statoru jsou dány frekvencí střídavého napájecího proudu a počtem pólů respektive pólových dvojic. Vinutí každé z fází je rozděleno do několika sekcí, které jsou potom pospojovány a vyvedeny jako celek na svorkovnici motoru. Podle tabulky níže je patrné že čím víc se Paulů tím se motor pomaleji otáčí. Velmi vhodné je dotázat se žáků na jiný počet pólů, než je uvedena v příkladu abychom si ověřili že problematiku ovládají.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Asynchronní otáčky

FREKVENCE proudu statoru

- U 2-pólového motoru - 1 pólou dvojicí (3 statorové cívky) stačí jedna sinusovka pro celé otočení rotoru
- Záleží tedy především na rychlosti (frekvenci) sinusového průběhu
- U více pólových motorů se rychlost dělí počtem pólových dvojic, čím více pólů, tím otáčky klesají

při $f = 50\text{Hz}$
2 pólové dvojice

$$n_{\text{synch}} = \frac{60 \times 50}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ ot/min}$$

$$n_{\text{synch}} = \frac{60 \times f}{p} \left(\frac{\text{ot}}{\text{min}}, \text{Hz, pól. dvojice} \right)$$

Skuz motoru
Rozdíl mezi točivým magnetickým polem statoru (teoretické synchronní otáčky) a skutečnými otáčkami rotoru
Skuz se zvětšuje se zátěží motoru – potřebný čas k vytvoření silnějšího magnetického pole v rotoru

počet pólů	2p	2	4	6	8	10	12	14	16
Počet pol. dvojic	p	1	2	3	4	5	6	7	8
synchrnní otáčky	$n_s [\text{min}^{-1}]$	3000	1500	1000	750	600	500	428.6	375

Obrázek 39 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-asynchronní otáčky (Snímek 31)

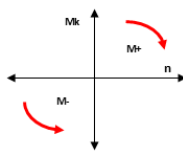
2.9.6 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-4 kvadrantový provoz

Zde je potřeba zdůraznit že čtyřkové grantový provoz se praktikuje především ve spojení s frekvenčním měničem neboť pokud motorem brzdíme můžeme díky frekvenčnímu měniči velice účinně vracet elektrickou energii zpět to napájecího systému.

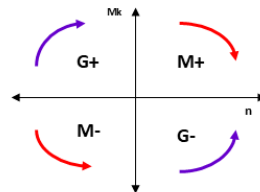
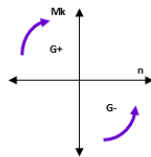
Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Elektrický točivý stroj - 4 kvadrantový provoz

Funkce motoru
Elektrická energie → pohybová energie
Motor se může otáčet na jednu či druhou stranu
Reverzace se provede prohozením libovolných dvou fází na vstupu motoru



Funkce generátoru
Pohybová energie → elektrická energie
Generování energie lze provádět v obou dvou směrech otáčení stroje
Pohyb ze zajišťován vnější silou
Asynchronní stroj generuje energii pouze při stálém připojení ke zdroji elektrické energie, kdy se využívá zbytkový magnetismus a čas demagnetizace vinutí rotoru
Synchronní stroje využívají k tvorbě magnetických pólů v rotoru permanentních magnetů a/nebo elektromagnetu (vinutí s vyvedením na svorky)



Obrázek 40 Indukční 3F motor s kotvou na krátko 4 kvadrantový provoz (Snímek 32)

2.9.7 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-rozběh

Kritickou fází je rozběh motoru. V motoru se musí nejprve vytvořit elektromagnetické točivé pole a zejména musí překonat mechanické odpory. Neméně důležitým aspektem je zachování hybnosti. Z elektrického hlediska se v okamžiku připojení motoru ke zdroji napětí projeví pouze činný odpor vinutí, proto rozběhové proudy dosahují typicky 10 až 20 proudu jmenovitého. Opět diskutujeme se žáky ověříme, co o problematice vědí, neboť to je velmi důležité a bývá to zdrojem dost častých problémů, pokud to není dobře ošetřeno. Když už motor běží chová se cívka jako v obvodu střídavého proudu a uplatní se její impedance takzvaný zdánlivý odpor který je desetkrát až dvacetkrát vyšší než odpor činný. Tento nepříznivý jev se dá kompenzovat a my si v rámci tohoto kurzu ukážeme 2 základní způsoby jeho eliminace. Předtím je vhodné ukázat žákům a zejména nechat si je to důkladně vyzkoušet zapojení motoru do hvězdy a trojúhelníku. Motor budou mít na brzdě a tak mohou sledovat závislost odebíraného proudu motorem na mechanickém zatížení motoru.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Rozběh motoru

Pro rozpočítání rotoru je zapotřebí více energie než pro jeho udržení v pohybu

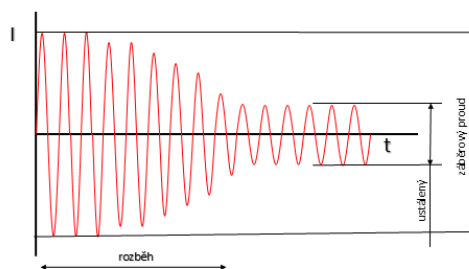
- Zachování hybnosti
- Větší mechanický odpor
- Větší záběrný (počáteční) proud – i několikanásobně větší než ustálený proud
- Dle výkonu motoru a charakteru zátěže může rozběh trvat 0,1s až minuty

Jištění

- Musí být dimenzováno na tyto proudy a časy
- Jističe typu C nebo D s delší vypínací charakteristikou

Omezení záběrných proudů

- Rozběh na prázdko – bez zátěže
- Přepnutím zapojení Y- Δ
- Použitím softstartéru
- Použitím frekvenčního měniče



Obrázek 41 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-rozběh (Snímek 33)

2.9.8 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení motoru do Y

Dle napěťového dimenzování cívek motoru jej lze provozovat v zapojení do hvězdy nebo do trojúhelníku. Nejprve si ukážeme často používané zejména u motorů menších typů typicky do cca 3 kW a to do hvězdy. Do hvězdy proto takže konce cívek označené indexem

2 když jsou spojeny do 1 bodu a 2 volné konce cívek s indexem 1 jsou připojeny k jednotlivým fázím napájecí sítě. Zde jsou cívky napájeny napětím 230 V tedy fázovým. Třífázový motor pro svoji činnost nepotřebuje přivést nulový vodič vystačí si pouze s vodiči fázovými, protože vinutí bývají stejná co do elektrických vlastností s odchylkou u moderních motorů do cca 5% A tudíž i proudy ve všech 3 fázích jsou prakticky shodné. A otázka na žáky: proč si to myslíte? Správná odpověď je že se jedná o symetrické zatížení všech tří fází. Případné odchylky v praxi skutečně jsou a jsou způsobeny drobnými odchylkami v odporech vinutí a odchylkami ve velikosti napájecího napětí v jednotlivých fázích. Úkolem pro žáky bude toto na skutečné motoru změřit předtím se ale podíváme na 2 zapojení, a to je zapojení do trojúhelníku

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Zapojení motoru – Y

Y - hvězda

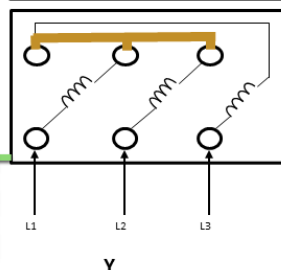
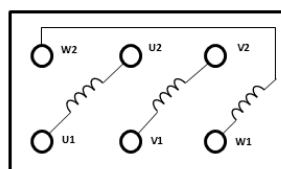
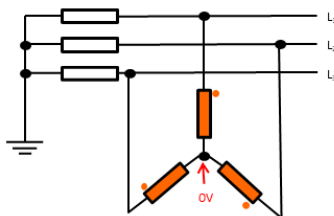
- Na každém vinutí je 230V
- Lze použít pro rozběhy díky nižším proudům
- Motory do výkonu 3kW

$$P_{\Delta} = 3P_Y$$

$$I_{\Delta} = 3I_Y$$

$$R_Y = R_1 + R_1 = 2R_1$$

$$I_Y = \frac{U_{sdr}}{2R_1}$$



Obrázek 42 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení do Y (Snímek 34)

2.9.9 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení motoru do Δ

Druhá možnost zapojení satorového vinutí motoru je do trojúhelníku. Zde se začátek jedné cívky připojí na konec druhé a fáze se pak připojí na tyto spojky. Zde jsou cívky napájeny napětím 400 V tedy sdrúženým. V tomto zapojení jsou výkon i odebíraný proud motoru trojnásobné oproti zapojení ve hvězdě. Motor ovšem musí mít cívky jednotlivých fázových vinutí dimenzovány napětí 400 V. Zapojení do trojúhelníku se využívá u výkonnějších motorů a je zapotřebí omezit jejich záběrový proud. Toto si ukážeme dále.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

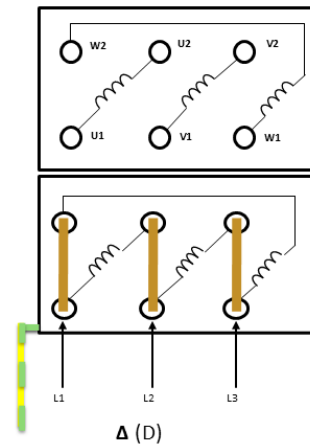
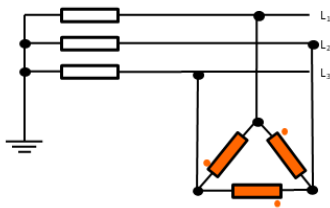
Zapojení motoru – Δ

Δ (D) - trojúhelník

- Na každém vinutí je 400V
- Větší proudy umožňují větší kroutící moment motoru

$$R_{\Delta} = \frac{R_1(R_1 + R_1)}{R_1 + R_1 + R_1} = \frac{2R_1}{3} \quad I_{\Delta} = 3I_Y \quad P_{\Delta} = 3P_Y$$

$$I_{\Delta} = \frac{3U_{adr}}{2R_1}$$



35 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebel, 19.1.2022

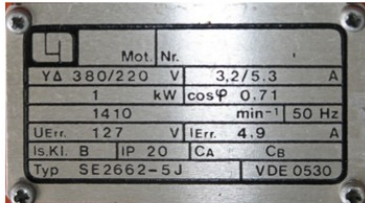
Obrázek 43 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení do Δ (Snímek 35)

2.9.10 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – přepínání Y/ Δ

Naše motory mají vynutí dimenzována na sdružené napětí tedy 400 V. Nechávám žáky motory zapojovat do hvězdy a do trojúhelníku a vyzkoušet, jak se chovají. Jde především o to, jaké proudy odebírají při jmenovitém zatížení a jaký točivý moment jsou schopné vyvinout při jmenovitých otáčkách. Velmi důležité je žákům vysvětlit, jak zjistím ze štítkových údajů na motoru, na jaké napětí jsou dimenzovány cívky a z toho odvodit v jakém zapojení jej mohou provozovat. Motory mohou být samozřejmě trvale zapojeny buďto do hvězdy anebo do trojúhelníku. Jak je dobře patrné z předchozích 2 snímků vývody cívek jsou uspořádány tak aby pokud konce s indexem 2 spojím propojkami do jednoho bodu pak mi volné konce zbydou pro připojení napájecího napětí. V tomto zapojení je motor konfigurován to hvězdy. Pokud propojky zapojím svisle pak spojím konec jedné cívky se začátkem sousední cívky myšleno fáze a pokud přivedu napájecí napětí opět na první konce cívek získám zapojení do trojúhelníku. Pro snížení rozběhového proudu a omezení mechanického rázu můžu motor přepínat z hvězdy do trojúhelníku. Podmínkou je, aby cívky byly dimenzovány na napětí 400 V jinak se motor po velmi krátké době provozu zničí poškozením vinutí cívek velkým proudem. To je velmi důležité. Níže je podklad pro vysvětlení této problematiky.

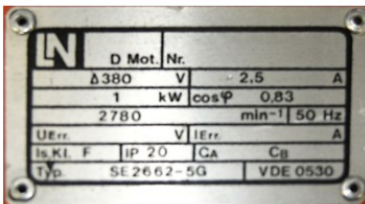
Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Zapojení motoru – Y- Δ



Motor Δ/Y 230/400 V (Y/ Δ 400/230 V)

- **Nelze bez zničení zapojit do Δ .**
- každá z cívek je připojena na $U_s = 400 \text{ V} \rightarrow$ velký proud zničí vinutí.



Δ/Y 400/690 V (Y/ Δ 690/400 V) nebo Δ 400 V.

- Motor má štítový výkon a odebírá odpovídající proud I .
- Zapojení motoru do Y
- Na sériovém spojení dvojice cívek je napětí 400 V, obvodem prochází proud $I_y = I_\Delta/3$ a motor má třetinový výkon.
- Pro zapojení tohoto motoru do Y se jmenovitým výkonem by muselo být v síti napětí $U = \sqrt{3} \cdot 400 = 690 \text{ V}$.

36 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 44 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-přepínání Y/ Δ (Snímek 36)

2.9.11 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-diagnostika

Velmi důležité je pokud se motor chová nestandardně nebo se přestane točit zjistit v jakém elektrickém stavu se nacházejí vinutí statoru a zjistit není li na motoru mechanická závada.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Diagnostika

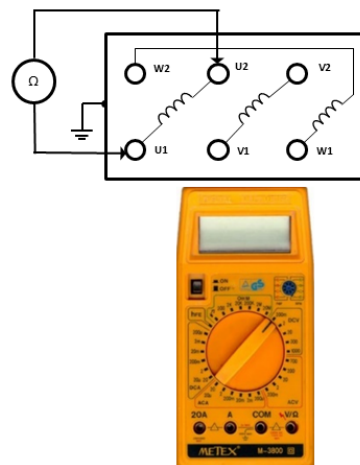
Ohmmetr

Neporušenost vinutí
Mezizávitový zkrat

Dle výkonu motoru se jedná o odpor 0,1 Ω – desítky Ω
Odpor všech cívek musí být stejný ($\pm 10\%$)

! Neměříme „propísknutím“ – při hodnotách desítek ohmů již akustická signalizace nereaguje

Měření všech odporů děláme vždy na odpojeném zařízení



37 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 45 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-ohmmetr (Snímek 37)

Běžným ohmmetrem mohu zjistit neporušenost vinutí. Postupně změřím všechna 3 vinutí a jejich odpor by se měl jen mírně lišit typicky zhruba do 10%. V případě že některá z cívek vykazuje nekonečný odpor je zcela jistě přerušena no pak pokud vykazuje velmi malý odpor může na ni být takzvaný mezi závitový zkrat nebo může být zkracována zcela. V každém případě takový motor není schopen provozu musím ho ihned odstavit. Další velmi důležitý parametr je izolační stav vinutí. Vinutí musí být navzájem izolována což zjistím měřicím přístrojem pro měření velkých odporů takzvaný megmetem. Zde už si tedy s obyčejným ohmmetrem nevystačím. A teď se zeptám žáků proč. Musím říct že většinou to nikoho nenapadne. Důvod je ten že pro ověření izolačního stavu vinutí je zapotřebí podstatně vyšší napětí. Totiž závity vinutí cívek jsou opatřeny izolací tvořenou izolačním lakem a ten se vlivem tepla nebo mechanického poškození může částečně porušit. Protože motor je v prostředí tedy většinou s normálním vzduchem a ten má elektrickou pevnost zhruba 1000 V/1mm tak dojde k přeskočení výboje na což přístroj zareaguje vykazáním nižší hodnoty odporu. Měřicí napětí které je stejnosměrné je zhruba dvakrát vyšší než napětí vrcholové. Což při napětí 400 V jehož vrcholová hodnota je zhruba 565 V činí 1000 V zkušební napětí. Na měřený odpor by měl být co nejvyšší. Za dobrou hodnotu se považuje odpor alespoň 20 MΩ.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Diagnostika

Megmet (megaohmmeter)

Izolační odpor proti chráněné části
Izolační odpor mezi vinutími

Zkušební napětí zhruba 2x vyšší než U_{max} na zařízení

Příčiny poruch vinutí, izolace a klece

Dlouhodobé proudové přetěžování
Časté opakované zatěžování a následné ochlazování (rozpinavost mědi a laku)

Mechanické zadření – nečistoty (malá vzduchová mezera mezi statorem a rotorem)

Zadřený či poškozený ventilátor (žádné vlastní chlazení)

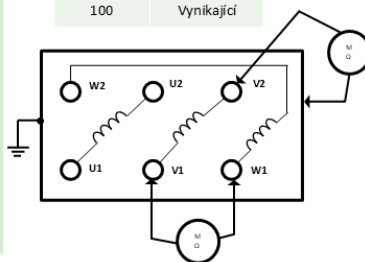
Opotřebování ložisek (vnější síly na hřídeli a otřesy)

Prasklá klec

Méně častá závada – neměřitelná

Měření všech odporů provádíme na odpojeném zařízení !!!

Izolační odpor (MΩ)	Izolační úroveň
<2	Špatný
2-5	Kritický
5-10	Abnormální
10-50	Dobrý
50-100	Velmi dobře
100	Vynikající



Obrázek 46 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-Megmet (Snímek 38)

Na obrázku 47 je tabulka se zkušebními napětími dle normy.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Diagnostika

Provozní napětí AC (V)	Zkušební napětí (V)	Druh spotřebiče
24	50	malé napětí
48	100	malé napětí
110	250	nízké napětí
230	500	jednofázové
400	1000	třífázové

Chování motoru nakrátko:

- Vypnutí jedné fáze za chodu – snížení výkonu, hluk
- Vypnutí jedné fáze při rozběhu – motor se neroztočí !!!
- Vypnutí dvou fází – motor se neroztočí nebo zastaví
- Záběrový (rozběhový) proud – $10 + 20 \times$ větší než proud jmenovitý. Stejná hodnota jako proud nakrátko - motor zabrzděn

Pro síťová napětí musí mít normou stanovenou minimální hodnotu $R_i \geq 20M\Omega$

Mechanické závady:

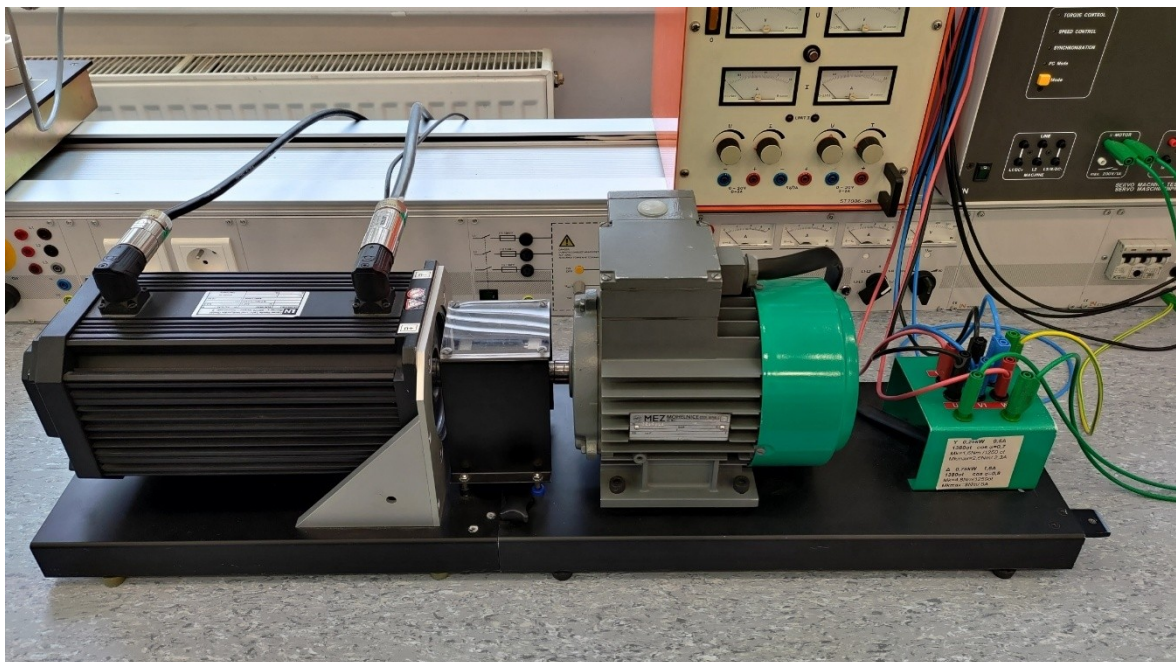
- Kryt svorkovnice
- Patky
- Příruba
- Ventilátor
- Ložiska
- Vyvážení
- Povolené/nedotažené šrouby



39 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šeberl, 19.1.2022

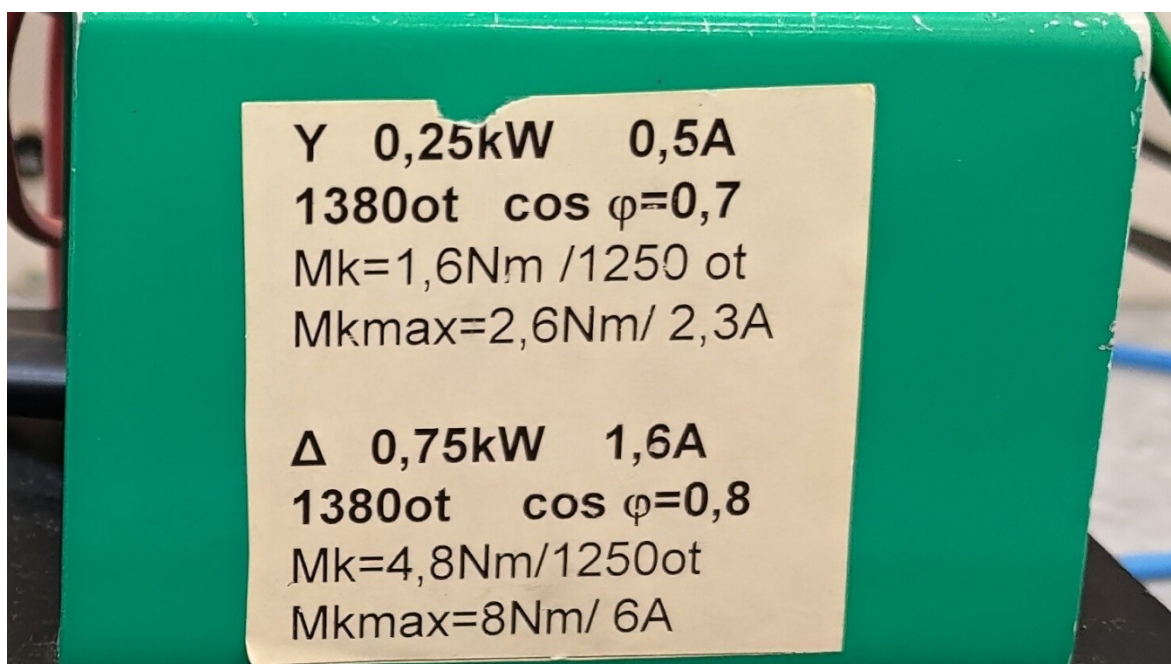
Obrázek 47 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-zkušební U (Snímek 39)

Na obrázku, níž vidíme komplet brzdy a motoru. Sestavu provozujeme vždy se zakrytou spojkou a prostřednictvím zelených vodičů připojeného kontrolního obvodu. Ten v případě přehřátí motoru což je kontrolováno bimetalovým spínačem anebo po sejmutí krytu spojky což je zaručeno kolíky v základně krytu obvod přeruší a brzda i motor jsou zastaveny.



Obrázek 48 Indukční 3F motor s kotvou na krátko na brzď

Základní údaje motoru už jsou uvedeny na papírovém štítku a úkol pro žáky–ověřte to.

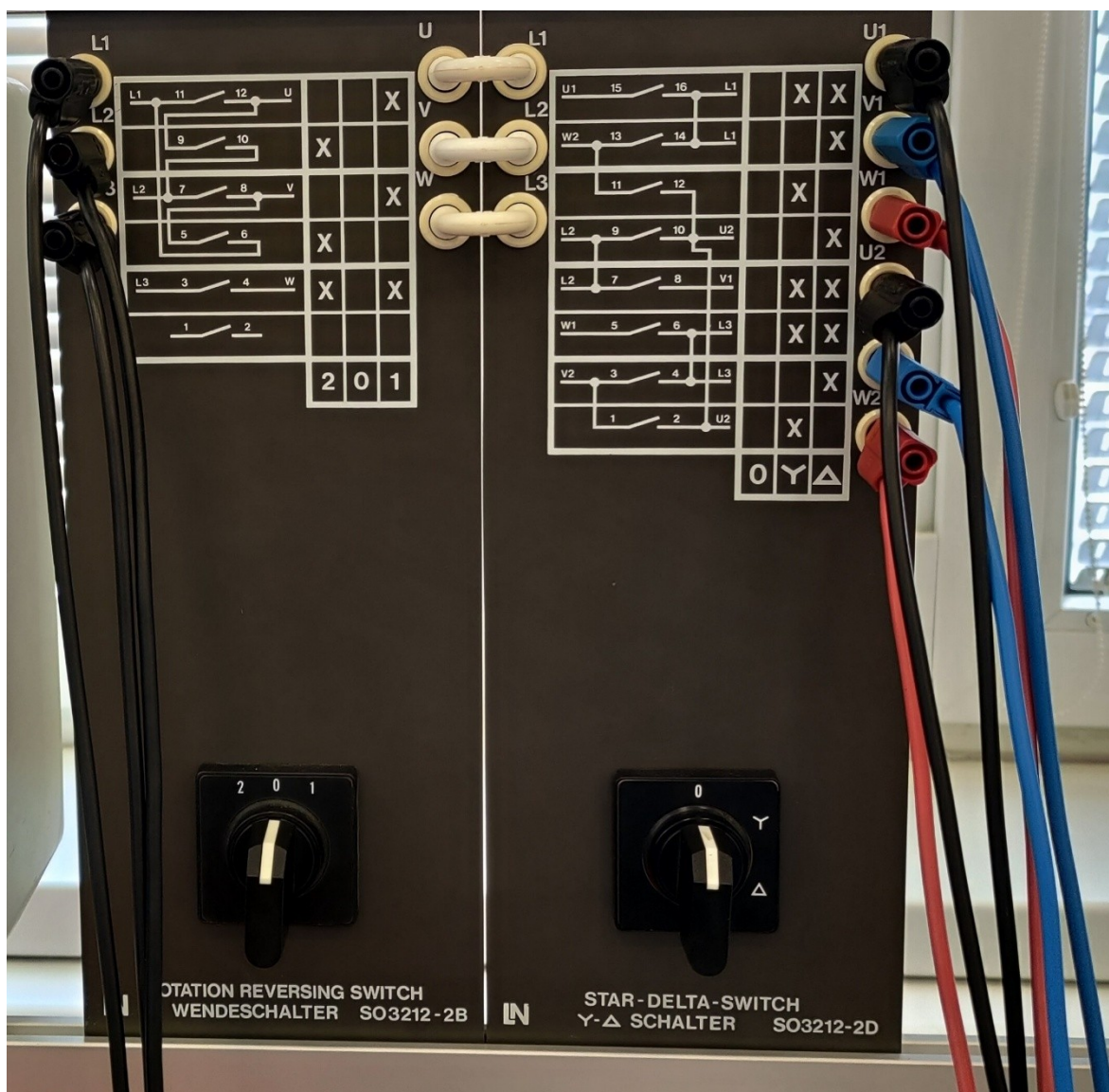


Obrázek 49 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – štítkové údaje

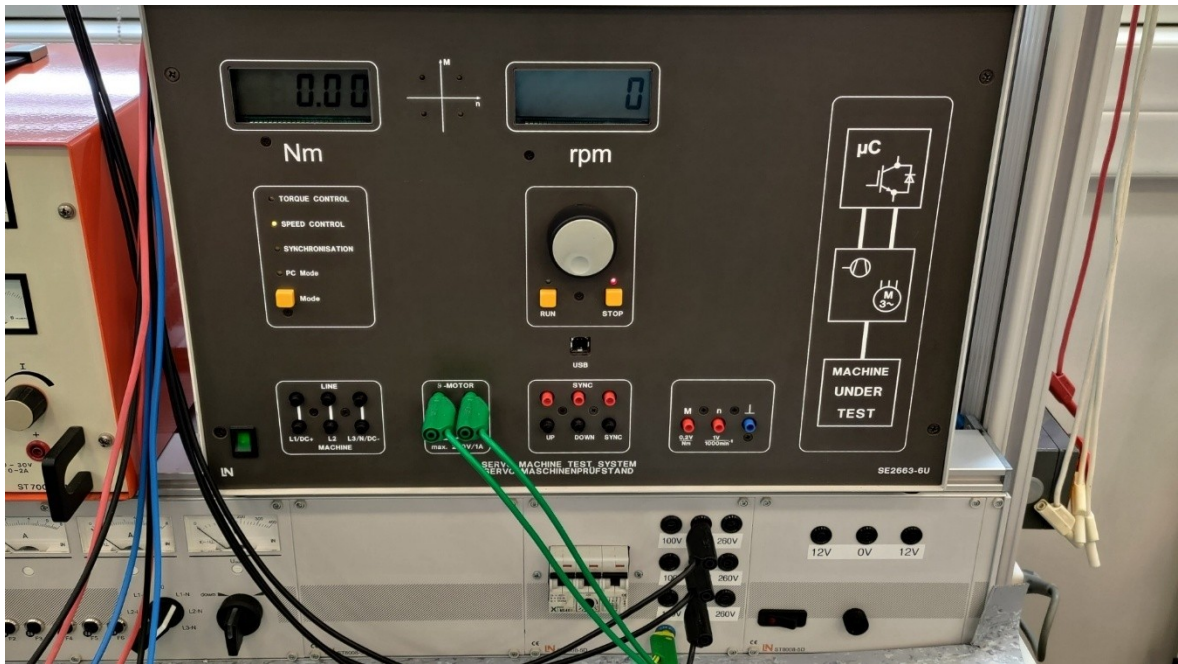
Aby přepínání motoru, respektive změna konfigurace asi ho vjezdy do trojúhelníku byla komfortní je motor napájen ze sestavy dvou přepínačů.

První zleva je reverzační přepínač, který umožňuje změnu smyslu otáčení motoru, která se o třífázového asynchronního motoru s kotvou nakrátko zkráceně nazývaného, jak již bylo několikrát uvedeno indukční motor provádí prohozením libovolných dvou fází.

Druhý zleva je přepínač hvězda trojúhelník, který umožňuje rozběh motoru do hvězdy a poté jejich přepnout do trojúhelníku tak aby mohl odevzdávat jmenovitý výkon. Jak vidíte motor je malého výkonu což pro naše účely dobře vyhovuje a eliminuje se tím riziko mechanických škod. Toto experimentování je pro žáky velmi atraktivní ve většině skupin, takže žáci měří jednotlivé motory a porovnávají, zdali parametry, které naměřili jsou v souladu s těmi uvedenými na štítku. Jak uvidíme dál ne vždy tomu, tak je což nám otvírá prostor pro diskusi, co je toho příčinou. Ve většině případů žáci přijdou na to, že motory už mají něco naběháno a napětí v síti nemusí být přesně 400 voltů na které jsou motory určeny. Další příčinou je samozřejmě tolerance přístrojů, které jsou pro měření parametrů používány. Toto považuji za velmi účelné a žáky to samozřejmě baví, neboť si mohou motory dobře prozkoušet.



Obrázek 50 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-reverzační a Y/D přepínače



Obrázek 51 Brzda – dynamometr – ovládací panel

Otáčky nezatíženého motoru, kde jsou otáčky téměř rovny synchronním otáčkám točivého pole statoru (1500).



Obrázek 52 Brzda – otáčky nezatíženého 3F indukčního motoru s kotvou na krátko

Jmenovité otáčky motoru a točivý moment který je schopen vyvinout v zapojení do hvězdy.



Obrázek 53 Brzda – otáčky zatíženého 3F indukčního motoru s kotvou na krátko v Y

Fázové proudy nezatíženého motoru ve hvězdě. Jak je vidět mírně se liší vlivem tolerancí.



Obrázek 54 Fázové proudy nezatíženého 3F indukčního motoru s kotvou nakrátko v Y

Fázové proudy při výpadku jedné z fází za chodu ve hvězdě. Motor má hlučný chod a vibruje. Po zastavení se při opětovném spuštění většinou již neroztočí.



Obrázek 55 Fázové proudy nezatíženého 3F indukčního motoru s kotvou nakrátko v Y - výpadek jedné fáze

Fázové proudy nezatíženého motoru ve trojúhelníku.



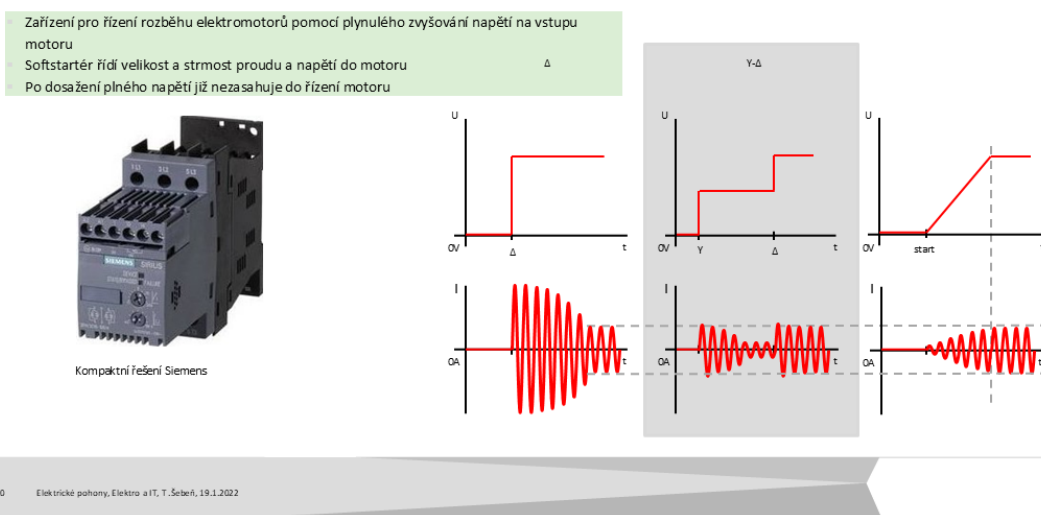
Obrázek 56 Brzda – otáčky zatíženého 3F indukčního motoru s kotvou na krátko v D

2.9.12 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-softstartér

Na dalším snímku je znázorněná eliminace závěrového proudu pomocí zařízení zvaného softstartér. Zajímavé je zase diskuze s žáky co to vlastně dělá. K mému velkému potěšení je většinou napadne že softstartér omezí proud při zapnutí motoru a postupně jej zvyšuje až do jmenovitého. Je zároveň i dobře vidět že pokud motor rovnou zapnu zapojení do trojúhelníku následuje velký proudový ráz. Částečně to mohu eliminovat přepínáním za hvězdy do trojúhelníku proudový náraz je sice menší ale opakuje se dvakrát.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Řízení motoru – Softstartér



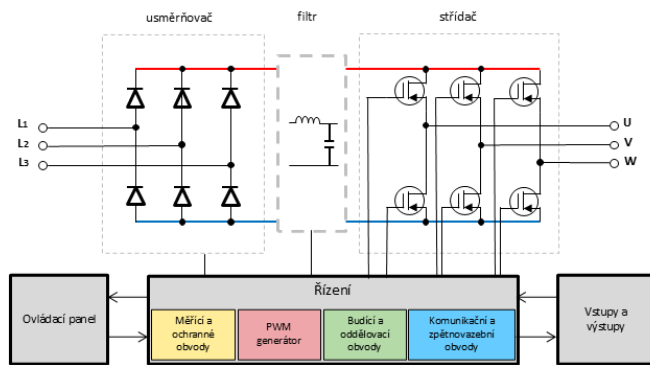
Obrázek 57 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-softstartér (Snímek 40)

2.9.13 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – frekvenční měnič

Na závěr části, kdy se zabýváme indukční třífázovým motorem s kotvou nakrátko motor napájíme frekvenčním měničem. To je nejpokročilejší možný způsob řízení rozběhu ale nejen jeho motoru, neboť frekvenčním měničem mohu regulovat otáčky v širokém rozsahu a zhruba od 10% jmenovitých otáček už je motor schopen vyvinout jmenovitý výkon a točivý moment. Je to dáno způsobem modulace výstupního proudu. Na tento modul navazuje další, který se věnuje detailně frekvenčním měničům.

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

Řízení motoru – Frekvenční měnič



Frekvenční měniče si vždy vstupní AC napětí usměrní

- 3 f frekvenční měnič – cca 570 V
- 1 f frekvenční měnič – cca 325 V
- Připojení na DC zdroj – napětí akumulátoru (cca stovky voltů)

Usměrněné napětí pak spíná dle technických a uživatelských omezení

0,1 – 1000 Hz ($f > 590$ Hz je omezeno nařízením EU)

Dle složitosti (vybavení a ceny) měniče

- Množství nastavitelných parametrů
- Programování uživatelských aplikací
- Diagnostika měniče i motoru
- Doplňky a rozšíření – sběrnice, vstupy/výstupy, ovládací panely
- Různé výkonové verze

41 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 58 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-frekvenční měnič (Snímek 41)

Indukční třífázový motor s kotvou na krátko

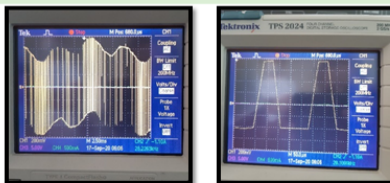
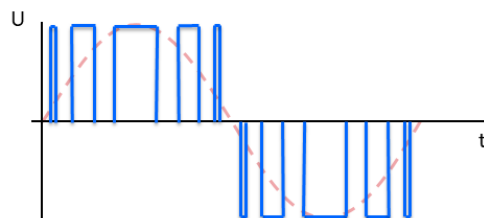
Frekvenční měnič - PWM

Na výstupu každé fáze frekvenčního měniče je sled napětových impulzů jejichž **výkon a frekvence** odpovídá stejné hodnotě požadovaného sinusového průběhu

- Impulzy stejného napětí s různou šířkou
- Regulace výkonu (šíře impulzů)
- Regulace frekvence (rychlost změny polarity impulzů)
- Výkonově (teplotně) méně náročné na řízení (tranzistor zce la otevřen/zavřen)
- Frekvence PWM je reálně v řádech kHz
- PWM je zdrojem vysokofrekvenčního rušení

U frekvenčních měničů tedy rozeznáváme **DVĚ** frekvence

Frekvence PWM (stovky až tisíce Hz)
Výsledná frekvence magnetického pole statoru (jednotky až stovky Hz)



Záznam osciloskopu

Typ FM:
MOVIDRIVE B

PWM frekvence: 4kHz

42 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 59 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-frekvenční měnič (Snímek 42)

Na obrázcích 58 a 59 je vidět způsob modulace výstupního proudu a napětí frekvenčním měničem.

2.9.14 3 F synchronní motor-popis

Vzhledem k vývoji výkonové elektroniky nabývá synchronní motor stále na větším významu. Je to proto mimo jiné že má větší účinnost než motor asynchronní a dokáže daleko lépe rekuperovat tedy vracet elektrickou energii zpět do zdroje. To vše ve spojení s frekvenčním měničem. My si předvedeme synchronní motor v režimu napájení z elektrické sítě kdy nebudeme mít možnost řídit otáčky motoru, ale řídit točivý moment který je schopen vyvinout budeme schopni. To nám zajistí změna budícího a proudu.

Třífázový synchronní motor

Popis:

Synchronní motor má otáčky hřídele stejné, jako je točivé pole ve statoru.

Stator je napájen z třífázové sítě, stejně jako u asynchronních motorů

Rotor se od asynchronního liší – místo klecového vinutí je v rotoru navinut elektromagnet, který je buzený stejnosměrným proudem.

Rotor se natáčí vždy ve směru magnetického toku rotoru.

$$n_{\text{synch}} = \frac{60 \times f}{p} \left(\frac{\text{ot}}{\text{min}}, \text{Hz, pól. dvojice} \right)$$



Obrázek 60 3F synchronní motor-popis (Snímek 43)

Třífázový synchronní motor

Popis:

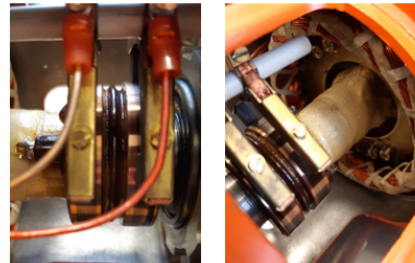
Elektromagnet je napájen buď přímo přes sběrné kroužky, nebo má pomocné vinutí a usměrňovač přímo na hřídeli motoru.

Kroužky - ze slitin mědi s hladkým povrchem jsou izolovaně nalisovány na hřídeli rotoru a představují pouze pohyblivý přívod proudu do rotoru.

Největší napětí je v cívice, které je nejbližší magnetický pól rotoru.

Synchronní motor na rozdíl od asynchronního nereaguje na zvýšený moment na hřídeli snížením otáček, ale pouze natočením magnetického pole rotoru vůči magnetickému poli statoru.

Při přetížení se může motor zastavit (magnetické pole statoru rotoru ujede) a už se samovolně neroztočí.



42 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebel, 19.1.2022

Obrázek 61 3F synchronní motor-popis (Snímek 44)

Synchronní třífázový motor

Princip:

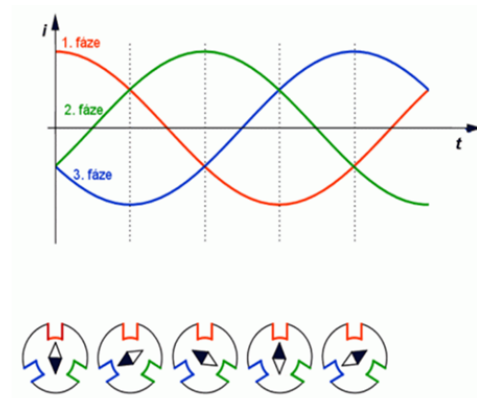
Cívky statoru jsou vzájemně posunuty o 120° , což je dáno fázovým posunem jednotlivých fází v síti, který je také 120° .

Stejnoseměrný proud procházející vinutím rotoru vybudí sinusové magnetické pole ve vzduchové mezeře.

Síločáry vystupují ze severního pólu elektromagnetu rotoru a uzavírají se přes magnetický obvod statoru do jižního pólu rotoru.

Při otáčení rotorem otáčkami n_1 se magnetické pole rotoru otáčí stejnou rychlostí a síločáry protínající cívky statoru indukují v cívkách elektrické napětí.

Největší napětí je v cívce, které je nejbližší magnetický pól rotoru.



43 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebel, 19.1.2022

Obrázek 62 3F synchronní motor-princip (Snímek 45)

2.9.15 3 F synchronní motor – rozběh

Rozběh synchronního motoru budeme realizovat jako takzvaný asynchronní. Ke statorového vinutí připojíme síťové napětí zkracujeme vývody rotoru a motor spustíme. Tento rozběh je poměrně drsný. Motor při celkem intenzivně vibruje. Po nabuzení rotoru je jeho chod již

hladký. Hlavní rozdíl oproti motoru a synchronnímu je ten že rotor se točí synchronními otáčkami do té doby, než motor momentově přetížíme. V tom okamžiku se motor zastaví nebo rotor jakoby poskakuje motor začne vibrovat a je nutné jej okamžitě zastavit.

Synchronní třífázový motor

Rozběh synchronního motoru

Nevýhodou synchronního motoru je, že se neroztočí při přímém připojení na síť.
Magnetické pole statoru jakoby rotoru ujede.
Střídání magnetických pólů statoru a rotoru je tak rychlé, že se nevyvolá silový účinek.

Pomocný asynchronní motor

Pomocí asynchronního motoru roztočíme synchronní motor.
Pod synchronní otáčky: $95 \div 97\%$ synchronních otáček motoru.
Na hřídeli synchronního motoru musí být malá zátěž.
Po dosažení pod synchronních otáček se připojí na síť nabuzený synchronní motor a vypne se pomocný motor.

Obrázek 63 3F synchronní motor-rozběh (Snímek 46)

Na obrázku 65 je potom ukázka konfigurace motoru a brzdy při zkoumání chování třífázového synchronního motoru. Dnes existují synchronní motory které mají místo vinuté kotvy tuto složenou z permanentních magnetů což zjednodušuje konstrukci není zapotřebí sběrací ústrojí v tomto případě kartáče a sběrací kroužky takže ubyde jedna z problematických a poruchových částí motoru. Tento motor ovšem můžeme provozovat pouze ve spojení s frekvenčním měničem. Ten zajistí hladký rozběh motoru regulaci otáček v širokém rozsahu a velmi pokročilou rekuperaci. Motor je schopen generovat proud i při velmi nízkých otáčkách při brzdění kdy funguje jako generátor. Na našem klasickém motoru si předvedeme motor ve funkci generátoru. Toto je pro žáky velmi atraktivní záležitost.

Synchronní třífázový motor

Rozeběh synchronního motoru

Asynchronní rozběh - pouze motor naprázdno!!!

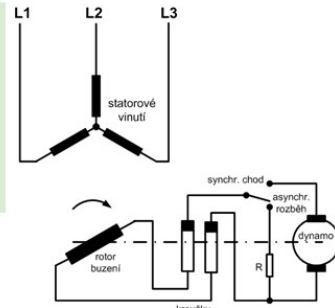
Synchronní motor se zapojí jako motor nakrátko zkratováním budicího vinutí pomocí odporu.

Vznikne jednoduchá kotva nakrátko asynchronního motoru.

Dosažení pod synchronních otáček - odstraní zkratování budicího vinutí

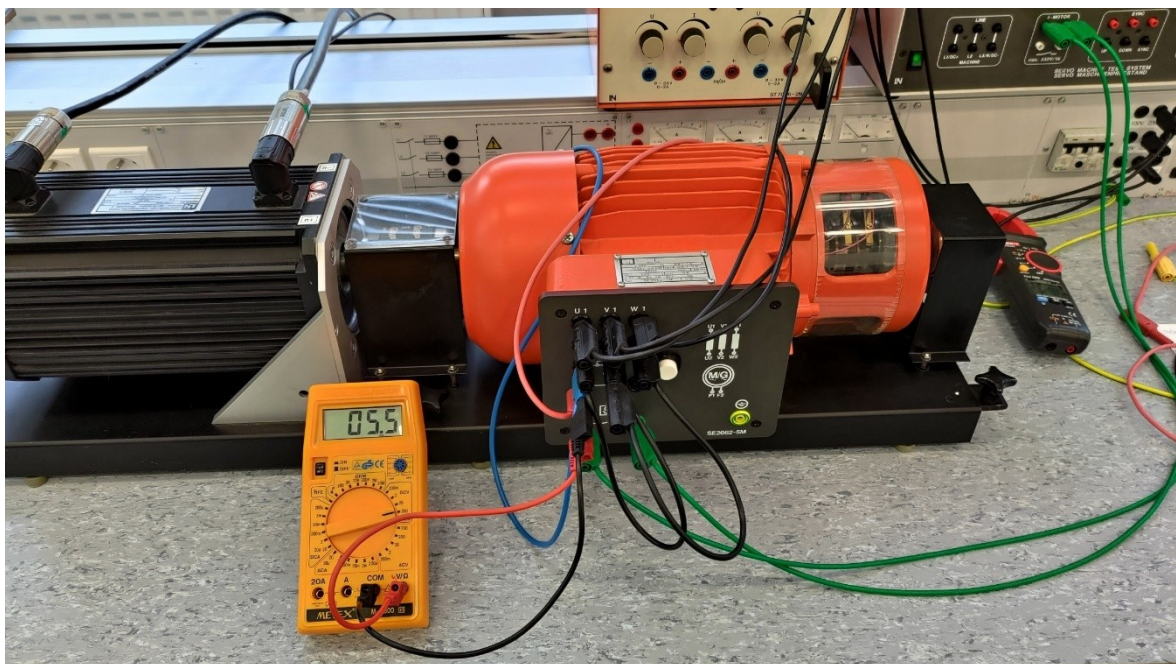
Nabuzení motoru a připojení na síť

Motor můžeme postupně zatížit



45 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šeberš, 19.1.2022

Obrázek 64 3F synchronní motor-asynchronní rozběh (Snímek 47)



Obrázek 65 3F synchronní motor-kontrola budicího napětí – rozběh

Synchronní třífázový motor

Rozběh synchronního motoru

Kmitočtový rozběh

- Stator je napájen z třífázového zdroje proměnného kmitočtu počínaje od $f=0$.
- Střídání magnetických polí statoru a nabuzeného rotoru je dostatečně pomalé, vytvoří se dostatečně velké sílové reakce mezi magnetickými póly potřebné pro uvedení synchronního motoru do chodu.
- Po dokončení rozběhu je motor napájen proudem požadovaného kmitočtu
- Pro rozběh se používá frekvenční měnič



46 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 66 3F synchronní motor-kmitočtový rozběh (Snímek 48)

2.9.16 3 F synchronní motor-řízení otáček, reverzace, brzdění

Synchronní třífázový motor

Řízení otáček - Pouze kmitočtově – frekvenčním měničem

Reverzace – Záměnou dvou fází při zastaveném motoru – nebezpečí velkých proudových nárazů.

Brzdění

- generátorový režim** - nabuzený motor se odpojí od sítě a vhodným R se po odpojení buzení zkratuje jeho budicí vinutí nebo **rekuperace**.
- odbuzení (postupné)** odlehčeného motoru a jeho odpojení od sítě.

Neodlehčený synchronní motor se nesmí odbudit!!

Setrvačná hmota vyvolá generátorový stav

47 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 67 3F synchronní motor-řízení otáček, reverzace, brzdění (Snímek 49)

2.9.17 3 F synchronní motor – diagnostika

Statorové vinutí třífázového synchronního motoru se diagnostikuje stejně jako o motoru a synchronního. Toto je dobré žákům vysvětlit.

Synchronní třífázový motor

Diagnostika

- Izolační stav statorových fázových vinutí proti chráněné části
- Izolační stav statorových fázových vinutí navzájem – nutno rozpojit cívky vinutí!
- Mezizávitový zkrat statorových vinutí
- Mezizávitový zkrat budících vinutí
- Odpor vinutí fází i buzení
- Kroužky rotoru
- Komutátor budícího dynama
- Izolační stavy a úplnosti vinutí dynama
- Stav budícího systému (transformátor, usměrňovač a jejich ovládání)

48 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 68 3F synchronní motor-diagnostika (Snímek 50)

2.9.18 3 F synchronní motor – použití

Synchronní třífázový motor

Použití:

- Konstantní otáčky v širokém rozsahu zatížení – turbokompresory, čerpadla, ventilátory
- Malá četnost startu a reverzace
- Synchronní motory malých výkonů 100 W až jednotky kW se používají v automatizační technice k pohonu obráběcích strojů
- Řízení je výhradně s využitím frekvenčního měniče
- Kompenzace $\cos\phi$ rozvodné soustavy – doplňková funkce

49 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

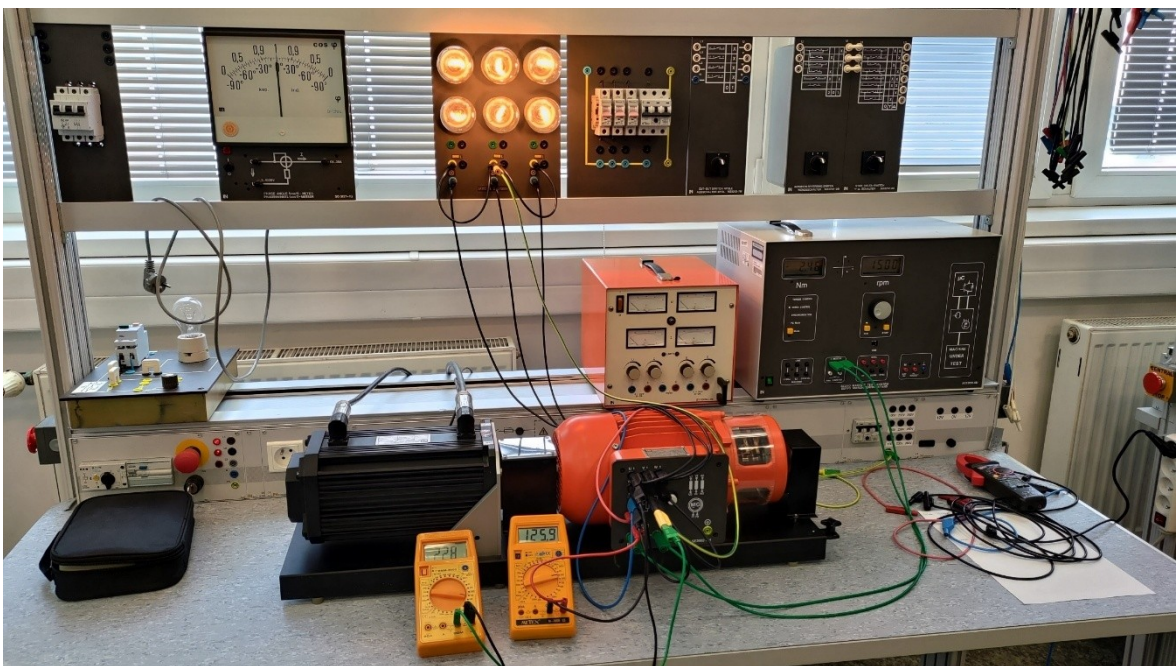
Obrázek 69 3F synchronní motor-použití (Snímek 51)

2.9.19 3 F synchronní motor jako generátor

Na obrázcích 71 – 73 jsou fotografie z našeho experimentování se synchronním motorem v konfiguraci jako generátor.



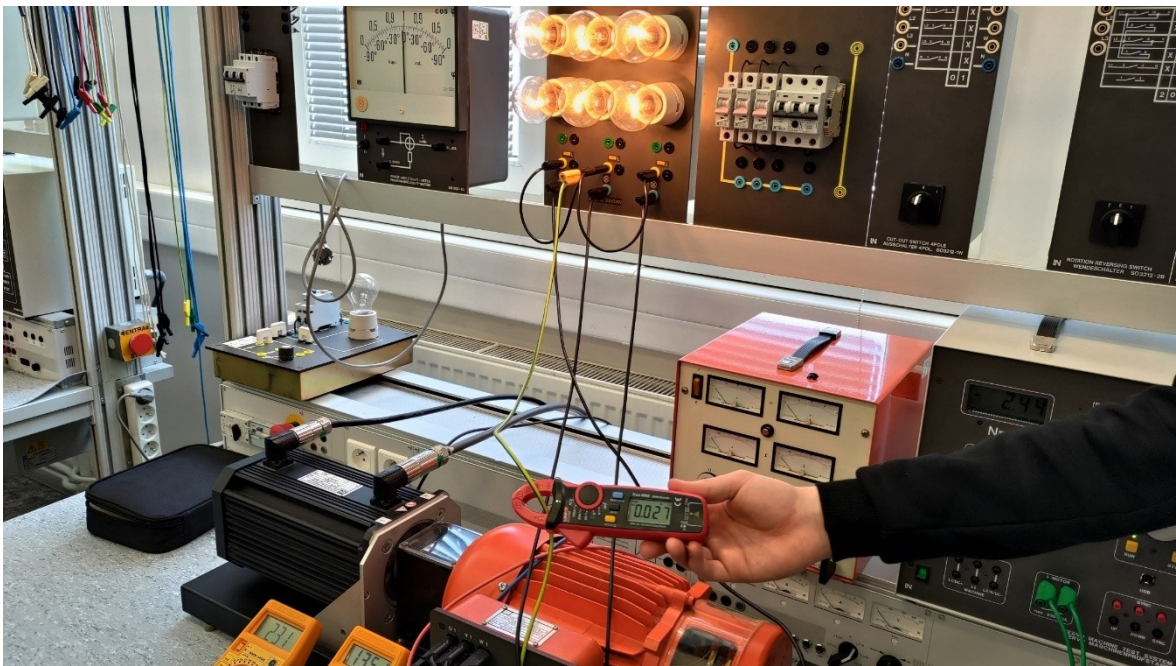
Obrázek 70 3F synchronní motor-generátor-kontrola budícího a výstupního napětí



Obrázek 71 3F synchronní motor-generátor - zátěž R -zapojení



Obrázek 72 3F synchronní motor-generátor-symetrická zátěž-fázové proudy



Obrázek 73 3F synchronní motor-generátor-symetrická zátěž-proud vodičem N

Na tomto se dá krásně demonstrovat symetrické zatížení třífázové napájecí soustavy kde jak vidíme středem zdroje a spotřebiče tedy nulovým vodičem prochází pouze malý proud způsobený drobnou nesymetrií vinutí generátoru a zátěže.

2.10 Stejnoseměrné (DC) motory

Sláva stejnosměrných motorů se pomalu chýlí ke konci. V nových aplikacích se již nevyskytují a díky legislativě EU ani nemohou. Nicméně svou historickou úlohu splnili bezvadně i s přihlédnutím k tomu že byly na světě dříve než motory na střídavý proud. My si ukážeme provoz tohoto typu motoru pouze v konfiguraci cize buzeného stroje, neboť to je nejpokročilejší možná konfigurace. Stejnoseměrné motory mají výhodu v širokém rozsahu regulace otáček a výkonu který se provádí jednoduše omezením napájecích proudů. Jako každý elektromotor je složen ze statoru a rotoru neboli kotvy. U tohoto typu motoru musím zajistit napájení statoru i rotoru. K rotoru se přivádí napájení prostřednictvím sběracího ústrojí tvořeného komutátorem tedy mechanickým přepínačem ze stávajícího navzájem izolovaných kontaktních plošek na které pak dosedají držáček umístěné kartáče, které jsou většinou z grafitu. To se samozřejmě opotřebovává produkuje množství jemného vodivého prachu, a tudíž je to zdrojem častých poruch. Proto se musí stav tohoto ústrojí pravidelně kontrolovat.

Stejnoseměrné (DC) motory

Konstrukce a princip

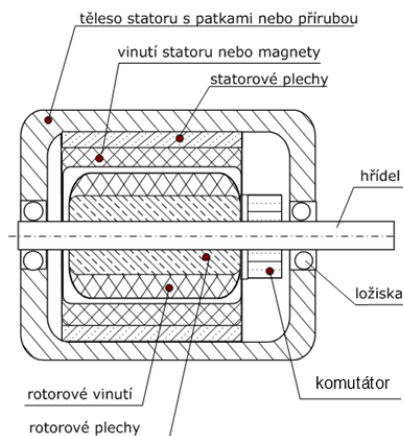
Motor je složen ze dvou hlavních částí:
Vnější nepohybující se část – **stator**
jehož součástí jsou patky nebo příruba pro uchycení motoru, ložiskové štíty a nástavba pro umístění a zakrytí svorkovnice
Vnitřní pohyblivá část – **rotor**, který je uložen v ložiskách, přenos hnacích sil pak zabezpečuje hřídel

Princip elektromotoru

Interakce (vzájemné působení) dvojice magnetických polí
Pole rotoru
Pole statoru

Magnetický obvod motoru

je složen z:
Magnetického obvodu statoru
Magnetického obvodu rotoru
Soustavy vzduchových mezer



Obrázek 74 Stejnoseměrné (DC) motory-konstrukce a princip (Snímek 52)

Stejnoseměrné (DC) motory

Stator

Permanenní magnety – jeden nebo několik párů permanentních magnetů spolu s magnetickými nástavci vytváří část magnetického obvodu motoru. Magnetický obvod statoru je soubor magnetických pólů - střídají se S - J.

Vinutí –cívky (elektromagnety) – jedna nebo soustava cívek, které spolu s feromagnetickým jádrem vytváří soubor elektromagnetů. Cívky jsou izolovaně uloženy v podélných drážkách nebo na jednoduchých pólech statoru.

Cívky jsou elektricky zapojeny tak, aby tvořily střídající se póly magnetů. Zapojení cívek je až na několik výjimek pevně dáno konkrétním určením motoru, změna zapojení je prakticky vyloučena.

Vinutí jako celek je zapojeno na odpovídající svorkovnici, která pak umožňuje připojení motoru na rozvodnou síť nebo příslušné řídicí systémy.

Magnetický obvod statoru - složen z navzájem izolovaných plechů tzv. dynamoplechy (Fe s přísadou Si a dalších prvků) které vynikají úzkou hysterzní smyčkou. Svazek plechů s vinutím je nalisován do kostry statoru.



53 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeř, 19.1.2022

Obrázek 75 Stejnoseměrné (DC) motory-stator (Snímek 53)

Stejnoseměrné (DC) motory

Rotor

Je tvořen:

- Hřídelí s ložisky
- Magnetickým obvodem - svazek plechů nalisovaných na hřídel.
- Vinutím - v podélných drážkách rotoru.
- Pro rotor se též vžil označení kotva.

Proud do vinutí rotoru je přiváděn pomocí kontaktních systémů (sběrače), který sestává z komutátoru (přepínače) a kartáčů (uhlíků)



54 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeř, 19.1.2022

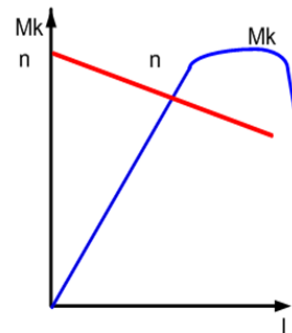
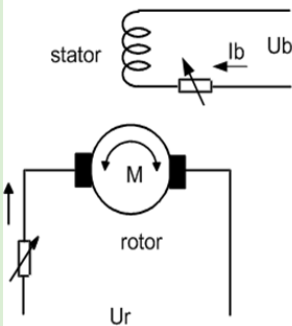
Obrázek 76 Stejnoseměrné (DC) motory-rotor (Snímek 54)

2.10.1 Motor s cizím buzením

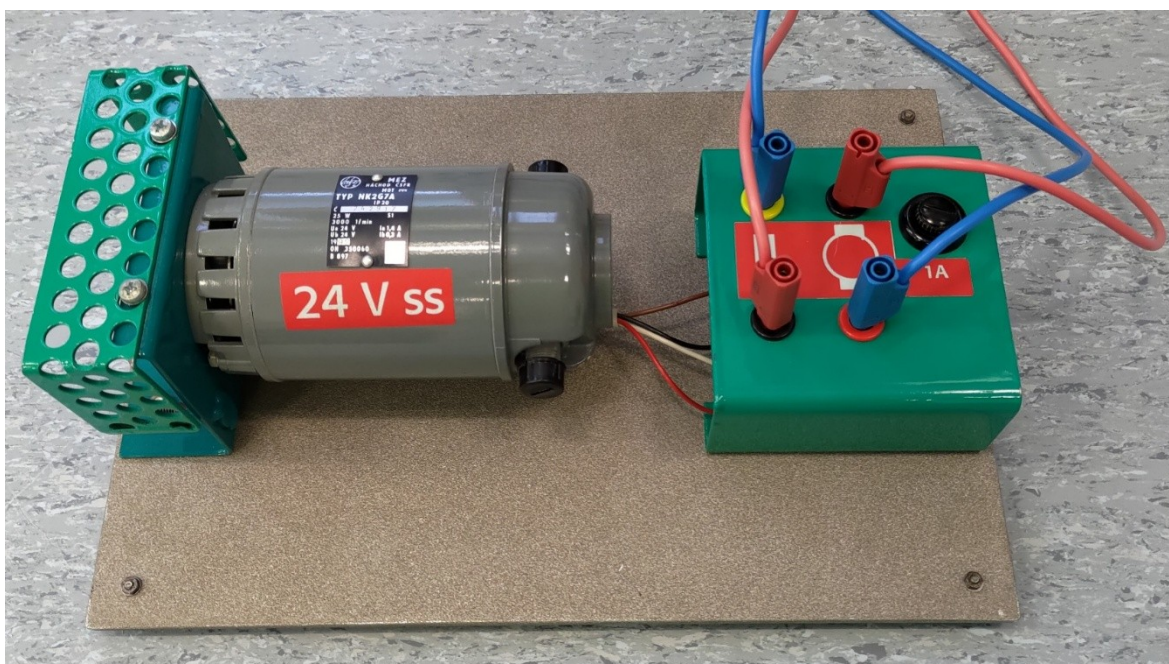
Na obrázcích 78–80 je konfigurace motoru. Žáci si vyzkouší regulaci otáček motoru a jeho reverzaci.

Motor s cizím buzením

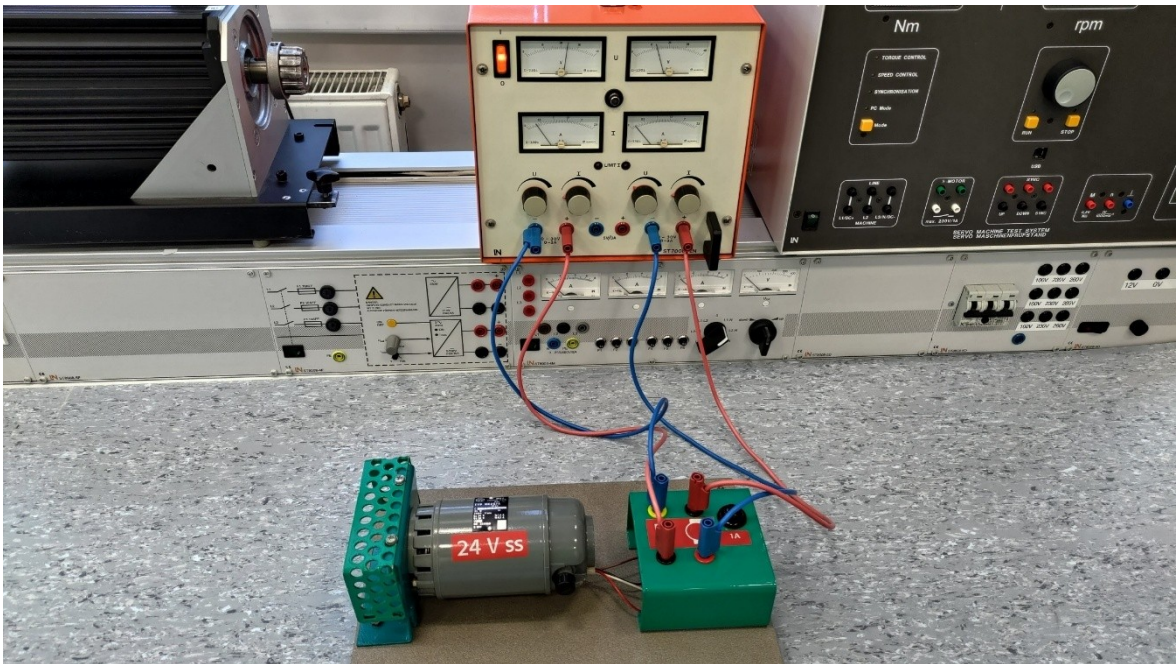
Permanentní magnet nahrazen elektromagnetem →
 budící vinutí
 Budící vinutí – malý I_b * velký n $H \rightarrow B$
 Dva napájecí nezávislé zdroje
Řízení otáček – I_b menší $I_b \rightarrow$ větší n (motor se
 nesmí odbudit $n \rightarrow \infty$)
Řízení M_k – proud I_r , ovlivňuje výrazně i I_b
Reverzace – změna polarity napájení U_b nebo U_r
Brzdění – generátorový režim do R nebo rekuperace,
 (buzení odpojit po zastavení motoru)
Použití – CNC stroje (ne nadlouho)
Výkon – 10 W ÷ 1 000 kW
Napětí – 100 ÷ 1 500 V
Závady:
 Vinutí kotvy a buzení
 Komutátor, kartáče
 ložiska



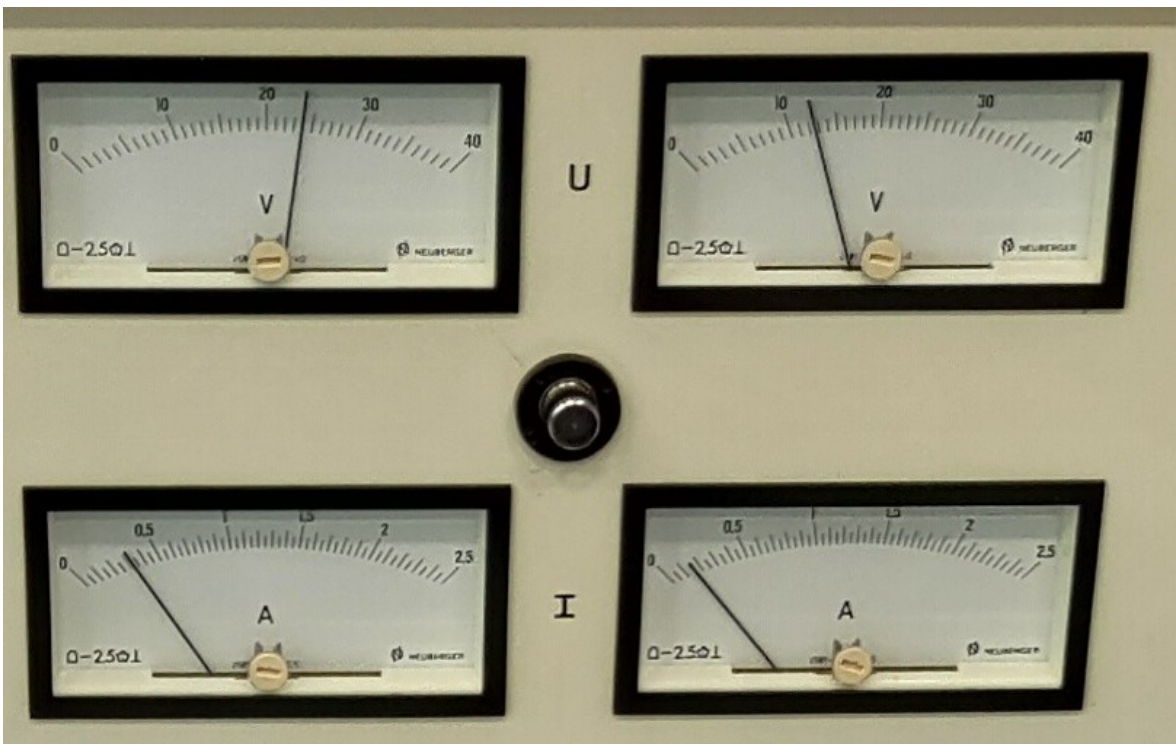
Obrázek 77 Motor s cizím buzením (Snímek 55)



Obrázek 78 DC motor-cize buzený – připojení vinutí



Obrázek 79 DC motor-cize buzený – připojení napájecího zdroje



Obrázek 80 DC motor-cize buzený – nastavení napájecího zdroje – rozběh

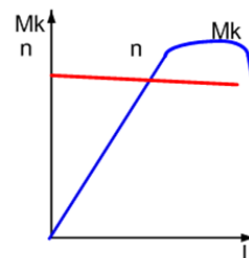
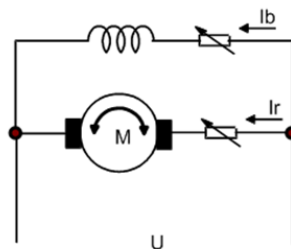
2.10.2 Derivační motor

Pro vyzkoušení tohoto typu motoru je žákům poskytnout přiměřený časový prostor

Derivační motor

Derivační – paralelní

- jeden napájecí zdroj
- Buzení a kotva paralelně (R - řízení n a M_k)
- **Řízení otáček:** Napájecí proud (napětí) nebo I_b
- **Řízení M_k :** Napájecí proud (napětí) nebo I_r
- **Reverzace:** U standardního motoru nelze (polarita I_r nebo I_b)
- **Brzdění** generátorový režim protiproudem
- **Použití:** Vyskytuje se výjimečně
- **Napájení:** 6 V ÷ 600 V
- **Výkon:** 10 W ÷ 30 kW
- **Závady:** Jako u motoru s cizím buzením



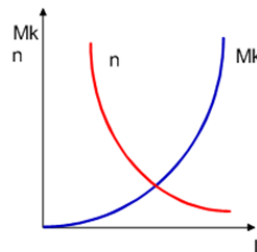
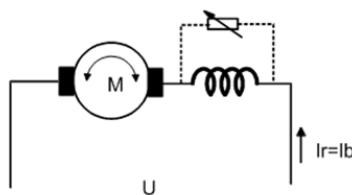
56 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 81 Derivační motor (Snímek 56)

2.10.3 Sériový motor

Sériový motor

- Motor nelze provozovat naprázdno $n \rightarrow \infty$
- $I_r = I_b$ velké proudy buzením, nesnadné řízení
- **Otáčky a M_k :** Velikost I (odporem u buzení)
- **Reverzace:** Změna polaritý proudu I_b nebo I_r . Běžně nelze
- **Použití:** Trakční motor – řízení napětím, startér,
- **Výkon:** 500 W ÷ 1 000 kW
- **Napětí:** 12 V ÷ 1 500 V
- **Závady:**
 - Izolace vinutí
 - Přerušení a závítové zkratky
 - Komutátor a kartáče



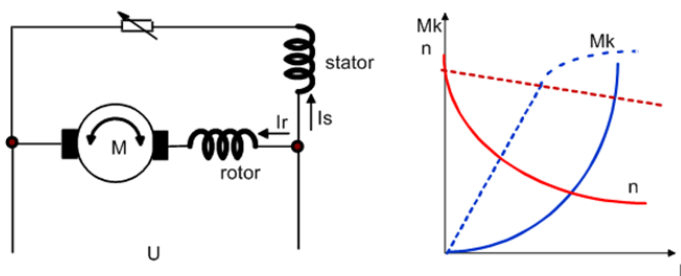
57 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 82 Sériový motor (Snímek 57)

2.10.4 Kompaundní motor

Kompaundní motor

- Kompaundní – smíšený = sériově-paralelní
- Chování určuje poměr sériové a derivační složky
- **Motor plně nahrazen motory AC nebo řízeným motorem s cizím buzením**



58 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebec, 19.1.2022

Obrázek 83 Kompaundní motor (Snímek 58)

2.10.5 Bezkartáčový stejnosměrný motor

Bezkartáčový stejnosměrné motorčky malých výkonů se i nadále používají. Jednou z aplikací jsou motorčky ventilátorů například v systému chlazení osobního počítače.

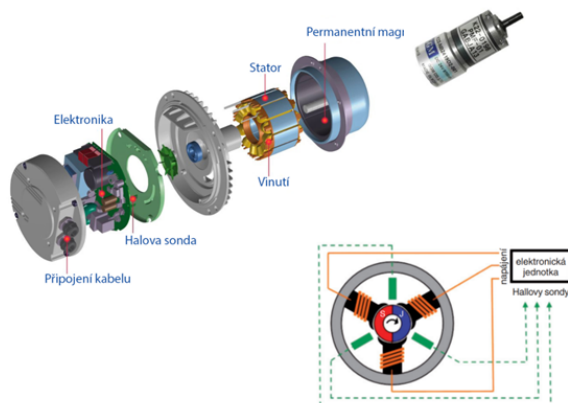
Bezkartáčový stejnosměrný motor – Brushless DC electric motor

DC motor - elektronicky komutovaný stejnosměrný motor

Typ synchronního stejnosměrného motoru
BL motor nebo **BLDC motor** - **elektronicky komutovaný motor**
Místo komutátoru je střídač vytvářející pulzy do cívek statoru tak, aby se motor otáčel - vytváří točivé magnetické pole
Rotor tvoří permanentní magnety
Halovy sondy pro detekci pozice rotoru
BLDC motory jsou na jednofázové, dvoufázové a třífázové konfiguraci
K funkci potřebují řízení (integrované nebo externí)

Vlastnosti:

Vysoká životnost díky elektronické komutaci
Velká účinnost
Široký rozsah regulace otáček
Bezúdržbový provoz
Kompaktní design a minimální rozměry
Nízká hlučnost a vibrace
Nízká spotřeba
Vhodné pro napájení z baterie



59 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebec, 19.1.2022

Obrázek 84 Bezkartáčový stejnosměrný motor (Snímek 59)

2.11 Jednofázové motory

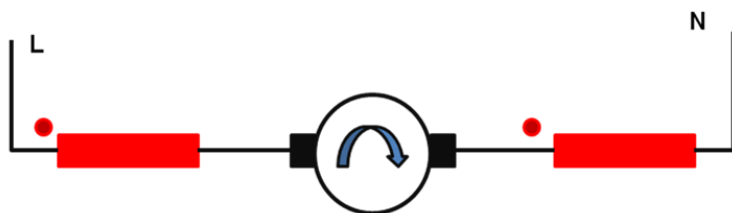
2.11.1 Univerzální motor

Univerzální motory se používají v malých především domácích spotřebičích jako jsou vysavače fény, ale například firma Elektrolux je stále používá ve svých automatických pračkách. Dále je nalezneme v ručním nářadí jako jsou například vrtačky ruční frézky a další drobné spotřebiče. Tyto motory mají tu výhodu, že jsou schopné být napájeny střídavým i stejnosměrným proudem. Principiálně se jedná o sériový motor. Motor je schopen se roztočit do vysokých otáček typicky až 20 000 otáček za minutu. Pozornost je třeba věnovat polaritě budícího vinutí. To je rozděleno do dvou částí mezi, které je připojen rotor. Tyto motory jsou zdrojem intenzivního elektromagnetického rušení které je způsobeno díky tomu, že motor je napájen střídavým proudem a mezi vinutími statoru a rotoru vzniká takzvaný transformační efekt který generuje napěťové a proudové pulzy velké intenzity. Motor musí být tedy vybaven odrušovacími filtry které ovšem po čase vlivem degradace součástek zejména kondenzátorů ztrácejí svou účinnost. Rušení může být tak intenzivní, že znemožní provoz komunikačních přístrojů jako jsou například mobilní telefony. O příjmu rozhlasového a televizního vysílání ani nemluvě.

Jednofázové motory

Univerzální motor

- Nejrozšířenější mezi jednofázovými motory
- Napájen může být DC i AC proudem.
- Při zapojení na AC el. napětí slouží komutátor jako usměrňovač.
- Při zapojení na DC el. napětí slouží komutátor jako střídač.
- Použití ve většině ručního nářadí a spotřebičích (vrtačky, brusky, vysavače)
- Výkon 20 – 2000 W
- Zdrojem elektromagnetického rušení.



60 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebel, 19.1.2022

Obrázek 85 Univerzální motor (Snímek 60)

Jednofázové (AC) motory

Univerzální motor

- **Reverzace**
 - Změnou orientace proudu rotorem.
 - Změnou orientace proudu statorového vinutí – změna smyslu vinutí statoru
- **Řízení otáček**
 - Velikostí proudu (napětí)
 - Tyristorový nebo triakový regulátor
- **Diagnostika**
 - **Izolační stav** vinutí statoru i rotoru proti chráněné části (500V/20MΩ)
 - **Mezizávitový zkrat** vinutí rotoru a statoru
 - **Odpor vinutí** – závisí na výkonu motoru
 - **Zapojení vinutí** – smysl sériově zapojených vinutí statoru
 - **Komutátor** – stav lamel a sběracího zařízení (uhlíky)

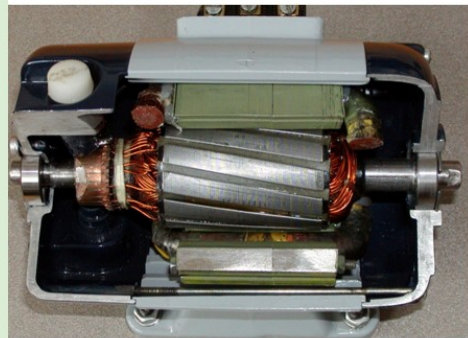
61 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 86 Univerzální motor-provoz (Snímek 61)

Jednofázové motory

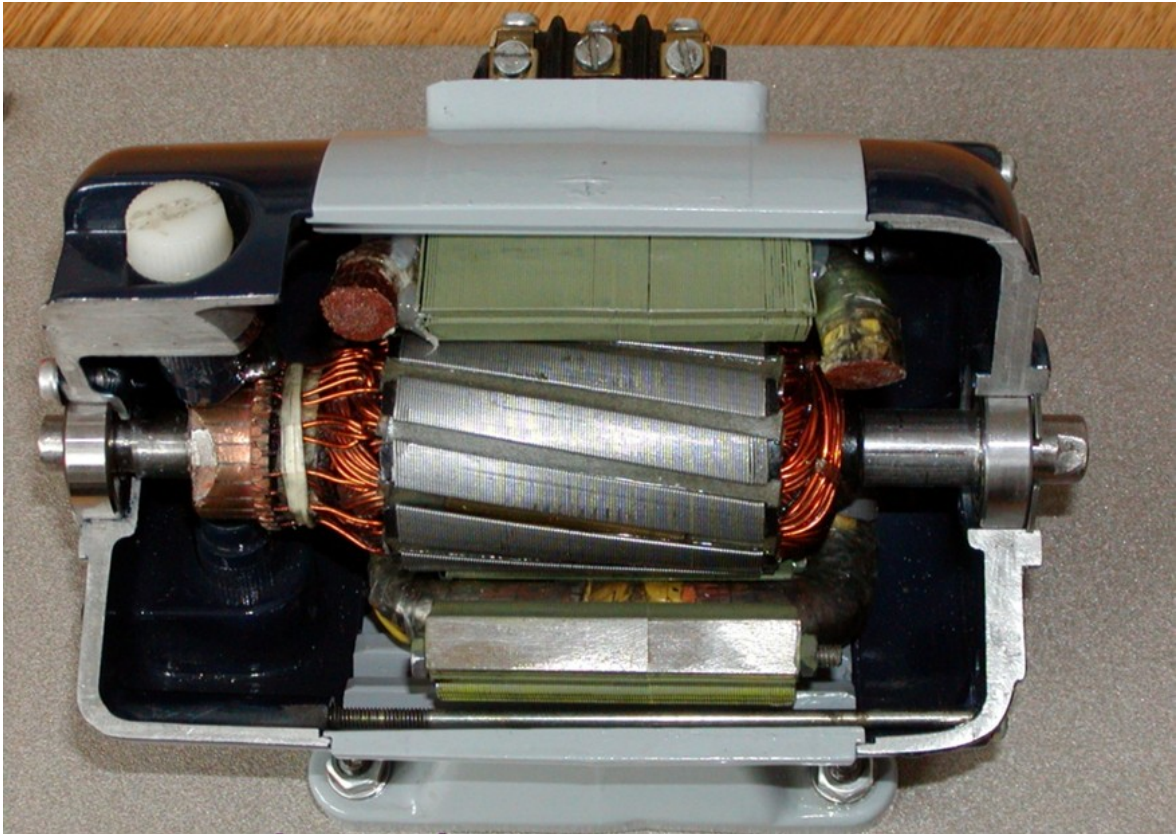
Univerzální motor

- Stator**
Dvě vinutí na pólových nástavcích - vyniklé póly.
Vinutí vytváří jeden magnetický pár.
Cívky jsou zapojeny v sérii i s rotorem, tak aby vytvořily magnetické póly.
Magnetický obvod - dynamoplechy.
- Rotor**
Cívky jsou uloženy v podélných drážkách rotoru.
Vývody cívky jsou připojeny na lamely komutátoru.
Počet pólu rotoru (lamel komutátoru) určuje maximální otáčky motoru.
Magnetický obvod - dynamoplechy.
- Komutátor**
Je složen z **lamel** podélných k ose rotoru.
Jednotlivé lamely jsou navzájem izolované a izolovaně namontované na rotoru.
Pracuje jako přepínač, který zajišťuje správnou orientaci proudu do rotorového vinutí.
Přepíná proud pouze do jedné cívky, která má z hlediska maximální síly na hřídeli optimální polohu vůči statoru.
Funkci spínání vzniká na komutátoru (cívkách) vysoké napětí a tím oblouk (opalování) vlivem elektromagnetické indukce.



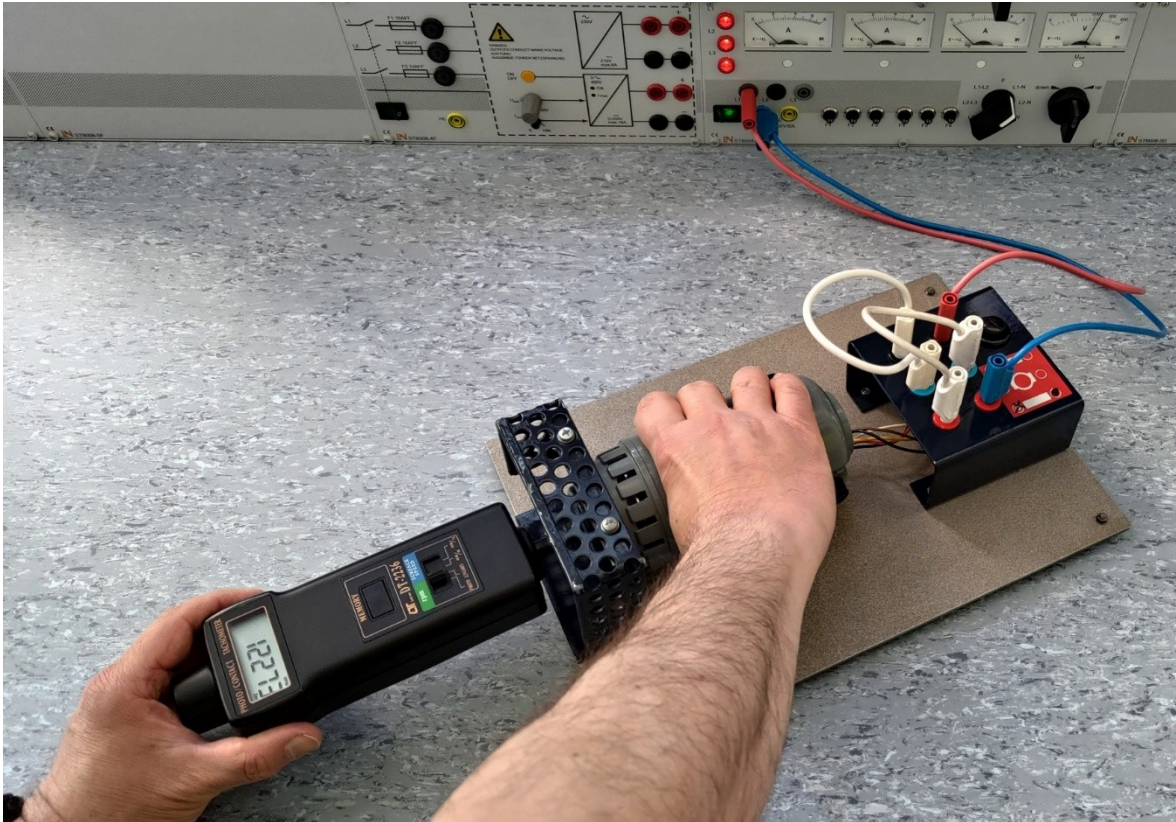
62 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebeš, 19.1.2022

Obrázek 87 Univerzální motor-popis, konstrukce (Snímek 62)



Obrázek 88 Univerzální motor-řez motorem

Pro žáky je samozřejmě testování univerzálního motorku velmi atraktivní, neboť dosahujeme vysokých otáček jako vidíte na následující fotografii a je to doprovázeno poměrně intenzivním hlukem zejména pak typické pištění které je způsobeno vibracemi kartáčů na rychle se otáčejícím komutátoru. Dochází tam k nárazům hran lamel a kartáče, a to je původcem charakteristického zvuku těchto motorů. Zde musíme být velmi opatrní mít žáky pod neustálým dohledem a měření otáček musí provádět pouze učitel. Provádí se totiž takzvaným kontaktním otáčkoměrem, kdy se hřídel otáčkoměru prostřednictvím gumového nástavce nechává unášet rotujícím setrvačником namontovaným na hřídeli motoru. Jak je vidět na fotografii na obrázku 89 malý univerzální motorek se za ohlušujícího hluku ochotně roztočil na téměř 12 300 otáček za minutu. Pro žáky je atraktivní soutěžit v tom komu se bude motorek točit rychleji. Učitel na snímku v tomto případě já měřím otáčky univerzálního motorku. Žáci postupně zvyšují napájecí napětí až do jmenovitého na hodnotu 230 V střídavých.



Obrázek 89 Univerzální motor – měření otáček

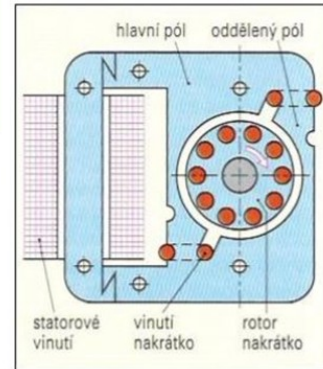
2.11.2 Motor se stíněným pólem

jako poslední typ motorku si představíme asynchronní motorek se pólem. Tento typ motorku se stále používá jako velmi levná varianta pro pohon v nenáročných aplikacích jako jsou například ventilátory. Výhodou je relativně jednoduchá konstrukce a vysoká provozní spolehlivost a životnost.

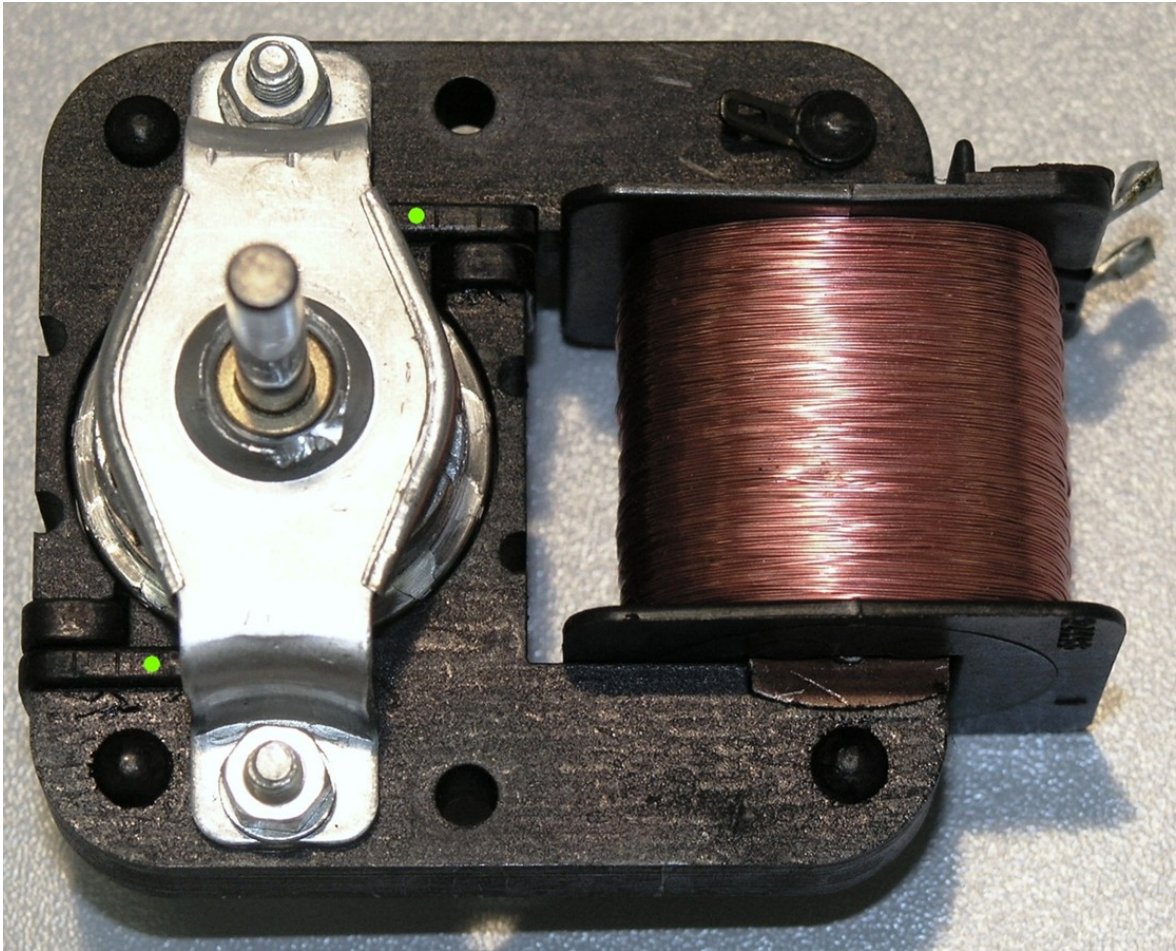
Jednofázové motory

Motor se stíněným pólem

- Vytváří točivé magnetické pole úpravou magnetického obvodu – stíněným pólem.
- Stíněný pól se vytváří závitem nakrátko na části magnetického pólu statoru.
- **Hlavní a stíněné póly jsou dva** navzájem posunuty o 180° v magnetickém prostoru.
- Motory se stíněným pólem se používají pro velmi jednoduché pohony – ventilátor.
- **Rychloběžný – asynchronní, 2 póly, 300 W**
- **Pomaloběžný - synchronní, 10-16 pólů, 1-3 W**



Obrázek 90 Jednofázový motor se stíněným pólem (Snímek 63)



Obrázek 91 Jednofázový motor se stíněným pólem – foto

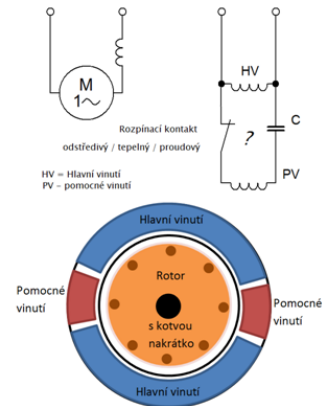
2.11.3 Motor s pomocnou fází

Tento typ motoru našel své uplatnění v aplikacích jako je například pohon čerpadla malého ventilátoru. Dříve se dost používal například v pračkách a chladničkách. Žáci si opět mohli tento motor vyzkoušet a zjistit ještě že se chová pokud se týká závislosti otáček na zatížení prakticky stejně jako asynchronní motor třífázový

Jednofázové motory

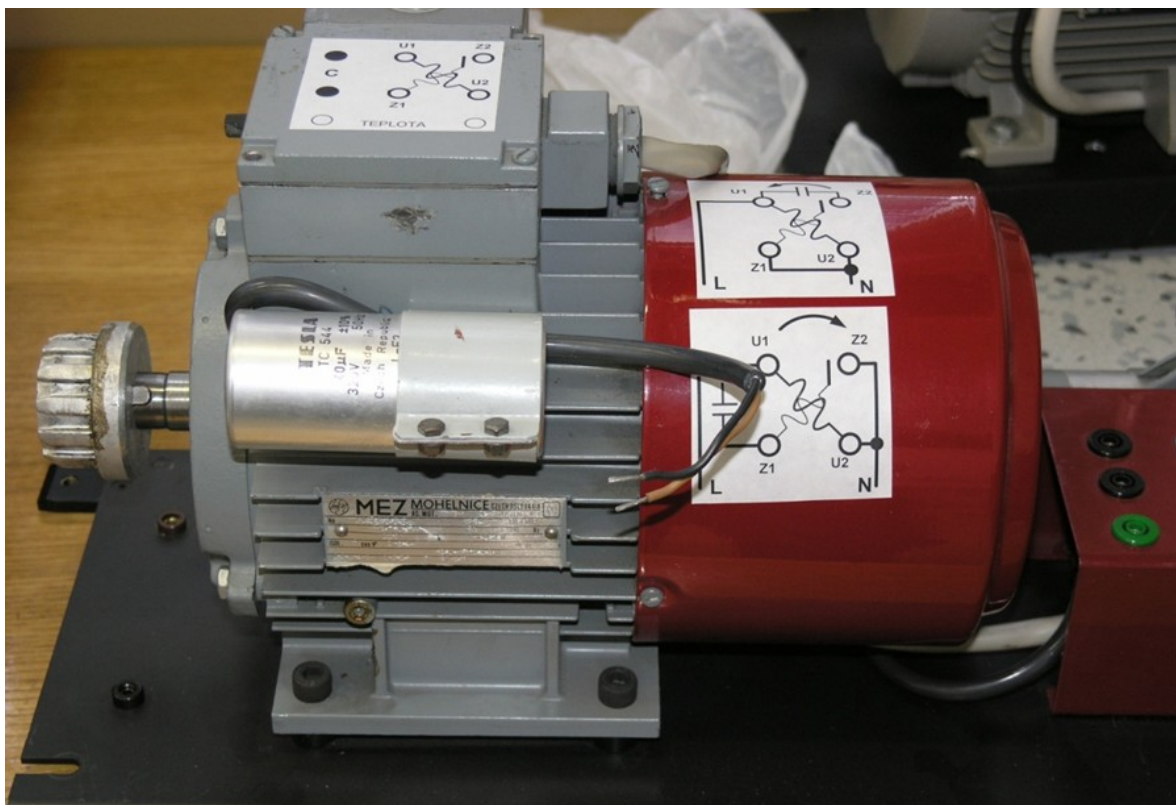
Motor s pomocnou fází

- Pomocná – rozběhová fáze spolu s kondenzátorem nebo odporem slouží k **vytvoření točivého magnetického pole**.
- Proud v rotoru vzniká magnetickou indukcí
- Po rozběhu motoru je obvod pomocné fáze odpojen odstředivým spínačem na hřídeli motoru
- Výjimkou je motor s trvale připojeným kondenzátorem
- **Reverzace** – změnou orientace proudu ve fázích
- Nahrazen třífázovým indukčním motorem v jednofázovém zapojení.
- **Rozdělení:**
 - Odporový rozběh
 - Kapacitní rozběh
 - Rozběhový a trvalý kondenzátor C1
 - Trvale připojený kondenzátor



64 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebest, 19.1.2022

Obrázek 92 Motor s pomocnou fází (Snímek 64)



2.12 Lineární aktuátor

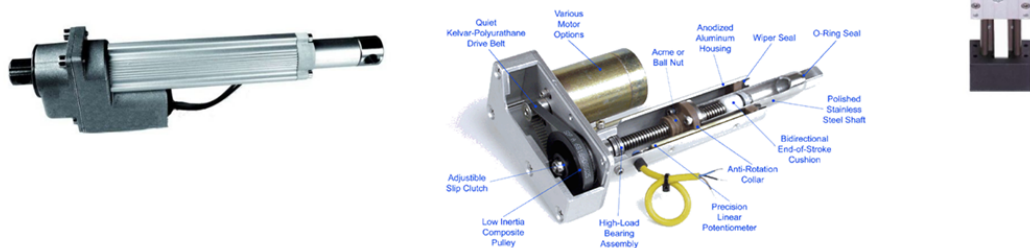
Lineární aktuátor

Aktuátor je **lineární** pohon , který převádí rotační pohyb na přímočarý

AC nebo DC motory

Používá se pro nastavování, naklápění, zvedání

Výhodou je přesnost polohování a řízení pohybu, jednoduchá montáž, malé zástavbové rozměry a nenáročná údržba



65 Elektrické pohony, Elektro a IT, T. Šebek, 19.1.2022

Obrázek 93 Lineární aktuátor (Snímek 65)

Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit příručku manuál pro učitele elektrických pohonů. Ten vznikl jako podpůrný prostředek učitele k výukovému modulu elektrické pohony. Je založen na bázi prezentace, která je používána při výuce kdy je promítána žákům a zároveň existuje i tištěná verze do které si žáci mohou dělat poznámky. Modul elektrické pohony je součástí portfolia výukových materiálů, které jsou neustále doplňovány a rozšiřovány o nová témata. Vývoj techniky technologií ať už se jedná o oblast elektrotechniky nebo ostatní technické obory je dnes velmi dynamický a rozsáhlý. Samozřejmě pracuji i na dalších materiálech obdobného typu, neboť témat v oblasti elektrotechnické, se kterou se hlavně zabývám je celá řada. Další po mém soudu významnou rolí těchto materiálů je to že modul může vyučovat i kolega v oboru v případě kdy je potřeba například zastoupit učitele který toto téma vyučuje standardně. Obsah výukových materiálů je sladěn tak aby vyhověl v první řadě požadavkům školního vzdělávacího programu a v maximální možné míře jsou to něj promítnuty požadavky firmy směrem k využívaným technologiím ve výrobě. Absolventům tohoto modulu je po jeho úspěšném absolvování učiněn záznam do karty žáka a ten je dále přenesen do kvalifikační matice zaměstnance Škoda Auto a.s. v případě, že se dotyčný uchází o práci v naší firmě. To spolu s dalšími absolvovanými moduly, respektive kurzy umožňuje absolventům našeho učiliště získat zajímavá pracovní místa, a to většinou prakticky téměř ze 100% ve svém oboru který u nás studovali.

Tvorba těchto materiálů pro mě určitě touto prací nekončí naopak jsem velmi motivován k tvorbě dalších. V těch se zaměřím na nové modernější způsoby výuky zejména za použití interaktivních prvků mimo jiné z důvodů ztraktivnění výuky pro žáky a posílení jejich vnitřní motivace pro získávání nových poznatků, a to zejména praktických které pak využijí pro svou další práci.

Seznam použitých informačních zdrojů

ČADÍLEK, Miroslav. Didaktika odborného výcviku technických oborů. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 1995, 134 s. ISBN 80-210-1081-9

FISHER, Robert. Učíme děti myslet a učit se: Praktický průvodce strategiemi vyučování. Praha: Portál, 2011. ISBN 978-80-262-0043-7

MAŇÁK, J. ŠVEC, V. Výukové metody. 1. Vyd. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5

KOCMAN, Karel. HOLBA, Jozef. IHLÁR .Alexander a MRAVEC Rudolf, Elektrické stroje a přístroje. Praha: SNTL, 1990, 420 s. 1. vydání. ISBN 80-03-00406-3

DUCHEK, Petr a TRNKA, Daniel, Učební text pro obor Elektrikář – silnoproud, 2. ročník, Publi.cz, 2015. ISBN 978-80-88058-54-0

<https://www.mylms.cz/>

Seznam příloh

Příloha 1: POHOHY 2022_v1.0a.pdf

Příloha 2: Bezpečnost práce-v1.0.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1 Kryt spojky mezi motorem a brzdou	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 2 Obsah kurzu (Snímek2)	27
Obrázek 3 Základní jednotky SI (Snímek 3)	28
Obrázek 4 Předpony jednotek (Snímek4).....	29
Obrázek 5 Odvozené jednotky (Snímek 5).....	30
Obrázek 6 Přijímané jednotky (Snímek 6)	31
Obrázek 7 Metrologický řád ŠKODA AUTO a.s. (Snímek 7).....	32
Obrázek 8 Měření (Snímek 8)	33
Obrázek 9 Druhy sítí (Snímek 11).....	34
Obrázek 10 Parametry 3f soustavy (Snímek 12).....	35
Obrázek 11 Průběh 3 F napětí – jedna otáčka -. Graf	35
Obrázek 12 Zdroj dat pro graf průběhu napětí – do napětí - do U_MIN	36
Obrázek 13 Vztahy mezi napětími a frekvencí a periodou (Snímek 13).....	37
Obrázek 14 Sinusové a nesinusové průběhy (Snímek 14)	37
Obrázek 15 Elektromagnetické pole (Snímek 15).....	38
Obrázek 16 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 16)	39
Obrázek 17 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 17)	39
Obrázek 18 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 18)	40
Obrázek 19 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 19)	40
Obrázek 20 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 20)	41
Obrázek 21 Magnetické pole a jeho veličiny (Snímek 21)	41
Obrázek 22 Flemingovo pravidlo levé ruky (motorové pravidlo) (Snímek 22).....	42
Obrázek 23 Pravidlo pravé ruky (generátorové pravidlo) (Snímek 23)	42
Obrázek 24 Jištění elektromotoru (Snímek 24).....	43
Obrázek 25 Jištění elektromotoru – vypínací charakteristiky jističů (Snímek 25).....	44

Obrázek 26 Indukční 3F motor s kotvou na krátko (Snímek 26)	45
Obrázek 27 Řez 3F indukčním motorem s kotvou na krátko v naší laboratoři	46
Obrázek 28 Konstrukce 3F indukčního motoru s kotvou na krátko (Snímek 27).....	48
Obrázek 29 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-funkce statoru (Snímek 28).....	48
Obrázek 30 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-funkce rotoru (Snímek 29).....	49
Obrázek 31 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-točivý moment, rozběh (Snímek 30)..	50
Obrázek 32 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-asynchronní otáčky (Snímek 31).....	51
Obrázek 33 Indukční 3F motor s kotvou na krátko 4 kvadrantový provoz (Snímek 32)....	51
Obrázek 34 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-rozběh (Snímek 33).....	52
Obrázek 35 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení do Y (Snímek 34)	53
Obrázek 36 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-zapojení do Δ (Snímek 35).....	54
Obrázek 37 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-přepínání Y/ Δ (Snímek 36).....	55
Obrázek 38 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-ohmmetr (Snímek 37).....	55
Obrázek 39 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-Megmet (Snímek 38).....	56
Obrázek 40 Indukční 3F motor s kotvou na krátko diagnostika-zkušební U (Snímek 39) .	57
Obrázek 41 Indukční 3F motor s kotvou na krátko na brzdě	57
Obrázek 42 Indukční 3F motor s kotvou na krátko – štítkové údaje.....	58
Obrázek 43 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-reverzační a Y/D přepínače.....	59
Obrázek 44 Brzda – dynamometr – ovládací panel.....	60
Obrázek 45 Brzda – otáčky nezatíženého 3F indukčního. motoru s kotvou na krátko	60
Obrázek 46 Brzda – otáčky zatíženého 3F indukčního. motoru s kotvou na krátko v Y ...	61
Obrázek 47 Fázové proudy nezatíženého 3F indukčního motoru s kotvou nakrátko v Y... 61	
Obrázek 48 Fázové proudy nezatíženého 3F indukčního motoru s kotvou nakrátko v Y - výpadek 1F	62
Obrázek 49 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-softstartér (Snímek 40).....	63
Obrázek 50 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-frekvenční měnič (Snímek 41).....	64
Obrázek 51 Indukční 3F motor s kotvou na krátko-frekvenční měnič (Snímek 42).....	64
Obrázek 52 3F synchronní motor-popis (Snímek 43)	65
Obrázek 53 3F synchronní motor-popis (Snímek 44)	66
Obrázek 54 3F synchronní motor-princip (Snímek 45).....	66
Obrázek 55 3F synchronní motor-rozběh (Snímek 46).....	67

Obrázek 56 3F synchronní motor-asynchronní rozběh (Snímek 47)	68
Obrázek 57 3F synchronní motor-kmitočtový rozběh (Snímek 48).....	69
Obrázek 58 3F synchronní motor-řízení otáček, reverzace, brzdění (Snímek 49).....	69
Obrázek 59 3F synchronní motor-diagnostika (Snímek 50)	70
Obrázek 60 3F synchronní motor-použití (Snímek 51).....	70
Obrázek 61 Stejnoseměrné (DC) motory-konstrukce a princip (Snímek 52)	73
Obrázek 62 Stejnoseměrné (DC) motory-stator (Snímek 53).....	74
Obrázek 63 Stejnoseměrné (DC) motory-rotor (Snímek 54)	74
Obrázek 64 Motor s cizím buzením (Snímek 55).....	75
Obrázek 65 Derivační motor (Snímek 56)	77
Obrázek 66 Sériový motor (Snímek 57).....	77
Obrázek 67 Kompaundní motor (Snímek 58)	78
Obrázek 68 Bezkartáčový stejnosměrný motor (Snímek 59).....	78
Obrázek 69 Univerzální motor (Snímek 60)	79
Obrázek 70 Univerzální motor-provoz (Snímek 61).....	80
Obrázek 71 Univerzální motor-popis, konstrukce (Snímek 62).....	80
Obrázek 72 Motor se stíněným pólem (Snímek 63).....	83
Obrázek 73 Motor s pomocnou fází (Snímek 64)	85
Obrázek 74 Lineární aktuátor (Snímek 65)	86