

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ANALÝZA A INOVACE ELEKTRICKÝCH MOTORKŮ PRO AUTOMOBILY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

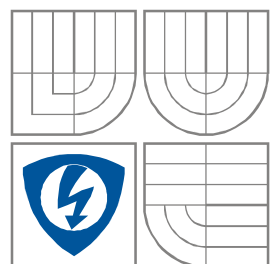
Bc. Vladislav Nejedly

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ANALÝZA A INOVACE ELEKTRICKÝCH MOTORKŮ PRO AUTOMOBILY

AUTOMOTIVE ELECTRIC MOTORS ANALYSIS AND INNOVATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

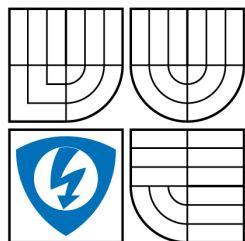
Bc. Vladislav Nejedlý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Bc. Vladislav Nejedly
Rocník: 2

ID: 77797
Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Analýza a inovace elektrických motorků pro automobily

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Z dostupných informací sestavte přehled elektrických motorků v automobilu.
2. Provedte rozbor vybraného typu motorku.
3. Navrhněte postup inovace (modernizace) vybraného typu motorku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího

Termín zadání: 1.10.2009

Termín odevzdání: 20.5.2010

Vedoucí práce: prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

doc. Ing. Čestmír Ondrušek, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na téma Analýza a inovace elektrických motorků pro automobily, popisuje princip základních stejnosměrných a střídavých elektrických strojů. Dále se věnuje konkrétněji motorkům použitým v automobilech. V neposlední řadě blíže zkoumá stěračový motorek a uvádí zde inovace tohoto motorku v různých směrech.

Abstract

In this thesis analysis and innovation of electric machines for cars is discussed. There are described principles of basics DC and AC electric machines. In detail this thesis deals with small electric machines used in cars. At least, electro motor for wiper is investigated and possibilities of its innovation in different ways are also mentioned.

Klíčová slova

Spouštěč; dynamo; stejnosměrný kartáčový motor; stěračový motorek; ventilace; centrální zamykání; převodovka; rotorový plech; neodym-železo-bórový magnet; bezešvá přesná trubka; kuličková ložiska; kluzná ložiska; ztráty;

Keywords

Starter; dynamo; DC brush motor; windshield wiper motor; ventilating; central locking; gearbox; rotor lamination; NdFeB magnet; seamless steel tube; ball bearing; slide bearing; losses;

Bibliografická citace

NEJEDLÝ, V. Analýza a inovace elektrických motorků pro automobily. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 56 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Analýza a inovace elektrických motorků pro automobily jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

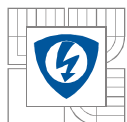
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Vítězslavu Hájkovi, CSc. za účinnou, metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

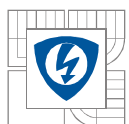
V Brně dne

Podpis autora



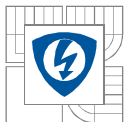
OBSAH

1 ÚVOD	11
1.1 HISTORIE A VÝVOJ	11
2 ROZMÍSTĚNÍ V AUTOMOBILU	13
2.1 ELEKTROMOTORKY V MOTOROVÉM PROSTORU	14
2.1.1 SPOUŠTĚČ	14
2.1.1.1 KONSTRUKCE SPOUŠTĚČE.....	16
2.1.1.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI SPOUŠTĚČE.....	17
2.1.1.3 DRUHY SPOUŠTĚČŮ	19
2.1.2 ALTERNÁTOR.....	23
2.1.3 OSTATNÍ ELEKTROMOTORY V MOTOROVÉM PROSTORU	23
2.2 KOMFORTNÍ SYSTÉMY	24
2.2.1 ELEKTRICKY OVLÁDANÁ BOČNÍ OKÉNKA.....	24
2.2.2 ELEKTRICKY OVLÁDANÁ ZPĚTNÁ ZRCÁTKA	25
2.3 STĚRAČOVÝ MOTOR A MOTOR OSTŘIKOVAČŮ.....	26
2.4 VENTILACE	28
2.5 CENTRÁLNÍ ZAMYKÁNÍ.....	29
2.6 ELEKTRICKÉ NAKLÁPĚNÍ HLAVNÍCH SVĚTLOMETŮ.....	30
3 BLIŽŠÍ ROZBOR VYBRANÉHO MOTORKU	31
3.1 HISTORIE A FUNKCE STĚRAČŮ	31
3.2 VŠEOBECNÁ KONSTRUKCE STĚRAČOVÉHO MOTORKU.....	32
3.3 MOTOREK STĚRAČŮ.....	32
3.3.1 NÁVRH SOUKOLÍ.....	33
3.3.2 ELEKTRONICKÁ REGULACE RYCHLOSTI	35
3.3.3 INOVOVANÁ SKŘÍŇ PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ.....	37
3.3.4 KONTROLNÍ MĚŘENÍ A ŽIVOTNOSTNÍ ZKOUŠKY	38
3.3.5 ZAKONČENÍ PROJEKTU	39
4 INOVACE VYBRANÉHO MOTORKU.....	40
4.1 INOVACE ROTORU MOTORKU	40
4.2 INOVACE STATORU MOTORKU.....	41
4.2.1 NdFeB MAGNETY	41
4.2.2 STATOROVÉ NdFeB MAGNETY	44
4.2.3 POUŽITÍ PŘESNÝCH BEZEŠVÝCH TRUBEK	44
4.2.4 LOŽISKA	47
4.3 ZTRÁTY	49
5 ZHODNOCENÍ – ZÁVĚR	51
LITERATURA	53
PŘÍLOHY	54



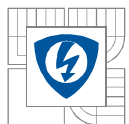
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozmístění motorků v automobilu.....	13
Obr. 2 Charakteristiky spouštěče MAGNETON, 12V, 2,9kW [4]	15
Obr. 3 Konstrukce spouštěče [2].....	17
Obr. 4 Spouštěč s výsuvnou kotvou [2]	20
Obr. 5 Spouštěč systému Bendix [2]	22
Obr. 6 Drápkový alternátor.....	23
Obr. 7 Motorek stahování oken Škody Fabia.....	25
Obr. 8 Mechanismus ovládání zpětných zrcátek.....	25
Obr. 9 Konstrukce stěračového motorku Škoda Favorit [1]	26
Obr. 10 Stěračový motorek se šnekovým převodem	27
Obr. 11 Motorek ostřikovačů Škoda Fabia	27
Obr. 12 Motorek ventilátoru Škoda 120.....	28
Obr. 13 Ventilátor Škoda Felicia	28
Obr. 14 Motorek centrálního zamykání[2]	29
Obr. 15 Motorek ovládání světlometů Škoda Octavia	30
Obr. 16 Celkový pohled na stěračový systém osobního automobilu.....	32
Obr. 17 Globoidní šnekový převod.....	34
Obr. 18 Simulace rotoru motorku se šnekovým převodem.....	34
Obr. 19 Snižující regulátor RR03 – zapojovací a montážní plán.....	36
Obr. 20 Náhled na model prototypového měniče [6].....	36
Obr. 21 Inovovaná skříň šnekového převodu [6]	37
Obr. 22 Víko skříně šnekového převodu [6].....	37
Obr. 23 Zkušební klimatická komora [6]	38
Obr. 24 Zkoušky životnosti - zástavba na skle [6]	39
Obr. 25 Různě dlouhé rotory.....	40
Obr. 26 Způsob odběru vzorku z bezešvé přesné trubky	46
Obr. 27 Kluzná ložiska[11]	47
Obr. 28 Kuličková ložiska[11]	48



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Jednotka	Jméno veličiny
U	[V]	palubní napětí
n	[min ⁻¹]	otáčky motorku
T	[N.m]	moment motorku
P	[W]	výkon motorku
I	[A]	odebíraný proud
i	[-]	převod šnekové převodovky
q	[-]	součinitel průměru šneku
γ	[°]	úhel stoupání šroubovice
h_a^*	[-]	jednotková výška hlavy zubu
H	[mm]	vzdálenost desek
s	[mm]	tloušťka stěny trubky
d_a	[mm]	vnější průměr trubky
B	[T]	magnetická indukce
H	[A.m ⁻¹]	intenzita magnetického pole
δ	[°]	ztrátový úhel
P_h	[W]	hysterezní ztráty
P_v	[W]	ztráty vířivými proudy
P_z	[W]	ztráty mechanickým zpožděním
P	[W]	celkové ztráty
V	[m ³]	objem látky
S_{hs}	[m ²]	plocha statické hysterezní smyčky
S_{hd}	[m ²]	plocha dynamické hysterezní smyčky
f	[Hz]	frekvence
η'	[-]	Steinmetzův hysterezní činitel
ρ	[$\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$]	rezistivita
h	[mm]	tloušťka vzorku
K	[-]	činitel tvaru křivky indukovaného napětí
p	[W.kg ⁻¹]	měrné ztráty
m	[kg]	hmotnost

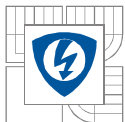


1 ÚVOD

1.1 HISTORIE A VÝVOJ

V posledních pár letech, možná i desítek let, se automobilový průmysl velice rychle vyvíjí. Toto můžeme sami pozorovat na nových vymoženostech dnešních moderních automobilů. Podíváme-li se tak o tři desítky let zpět na tehdejší automobily, asi nejmodernější prvek najdeme přerušovač blikáčů a v lépe vybavených automobilech cyklovač stěračů. Popojdeme-li v historii k polovině devadesátých let dvacátého století, můžeme sledovat první masové vybavování automobilů centrálním zamykáním, prvními verzemi elektricky naklápěných světlometů a elektricky ovládaných bočních okének. Motorčky těchto zařízení měly znaky prvotních konstrukcí, jako na první pohled patrné veliké rozměry disponující malým výkonem a naproti tomu s velkým odběrem. Půjdeme-li o dalších pár let k současnosti, konkrétně do konce dvacátého století, spatříme již mnohé do dřívější doby neobvyklé prvky. Například senzor deště (automaticky spouštěné stěrače), automatická klimatizace a dokonce i vícezónová, satelitní navigace, palubní PC informující řidiče o detailech aktuální nebo dlouhodobé spotřeby paliva, aktuální dojezd na palivo v nádrži, dále také nové automobily disponují couvacím senzorem a v neposlední řadě také řádově několika airbagy a dalšími, jak komfortními tak i bezpečnostními, vylepšeními a inovacemi. Dvacáté první století nám přináší mnoho dalších a velice důmyslnějších zařízení, jedná se již převážně o bezpečnostní prvky. Například jedna nejmenovaná švýcarská automobilka, vůdčí firma vývoje aktivní i pasivní bezpečnosti, v současnosti pracuje na třech zajímavých úkolech. První je varování před kolizí s chodcem a samočinné brzdění v krizových situacích při střetu s chodcem. Druhým je systém automatického vyhnutí se kolizi a třetím pak komunikační systém mezi automobily.

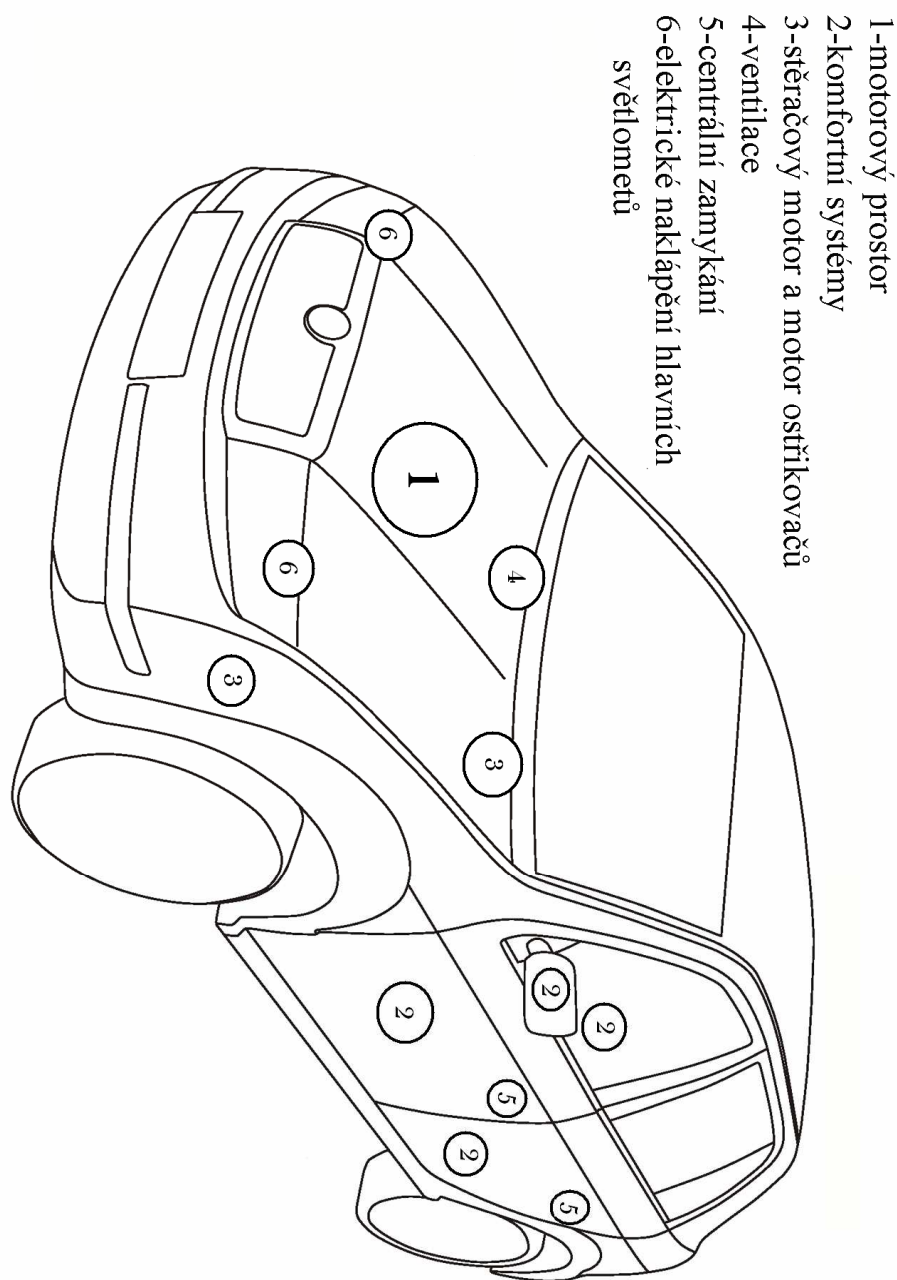
Systém varování před kolizí spolu s automatickým brzděním využívá ke své činnosti radarovou technologii s širokým úhlem pokrytí. Ta dokáže identifikovat překážky před vozidlem a v případě nouze vyšle signál k nouzovému brzdění. Stane se tak ovšem až po varování řidiče akustickým signálem a v případě, že ten nereaguje. Systém automatického vyhnutí se kolizi používá soustavu kamer umístěných po stranách a na přední voz. Ty dokážou kontrolovat aktuální pozici vozu v jízdních pruzích. Pokud automobil přejde do jiného jízdního pruhu bez použití směrových světel, řidič je opět varován akustickým signálem. Při přejezdu do protisměru dokáže tuto situaci systém rozpoznat a automaticky zásahem do řízení vrátí vůz zpět do původního jízdního pruhu. Zatím posledním hitem je komunikace mezi automobily, které by si navzájem odevzdávaly informace o jízdě a dokázaly se tak navzájem včas informovat, třeba před potkáním se v zatáčce nebo při rychlé jízdě na dálnici. V Kanadě se zase začíná testovat systém omezení rychlostí automobilů pomocí GPS. Auto je vybavené navigačním systémem s mapou, ve které jsou uvedeny rychlostní limity na jednotlivých komunikacích. Pokud vůz překročí povolenou rychlost o více než 10 procent, plynový pedál začne klást odpor a výrazně znesnadní možnost dále zrychlovat. Řidič je tak donucen jet v rámci limitu.



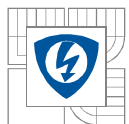
V této diplomové práci se budeme věnovat analýze a následných možnostech inovace samostatných automobilových elektromotorků, které sice za tuto dobu neprošly tak mohutným vývojem, ale i přesto se během pár desítek let uskutečnily nemalé inovační skoky.

2 ROZMÍSTĚNÍ V AUTOMOBILU

V dnešním moderním automobilu se nachází nespočet elektrických motorků. U luxusních tříd automobilů tento počet již lehce atakuje hranici stovek kusů. Na následujícím obrázku jsou naznačeny vždy jen větší nebo základní kategorie sdružující různé elektromotorky z hlediska použití pro různé aplikace v automobilu. V následujících podkapitolách si je blíže popíšeme a uvedeme příklady.



Obr. 1 Rozmístění motorků v automobilu



2.1 ELEKTROMOTORKY V MOTOROVÉM PROSTORU

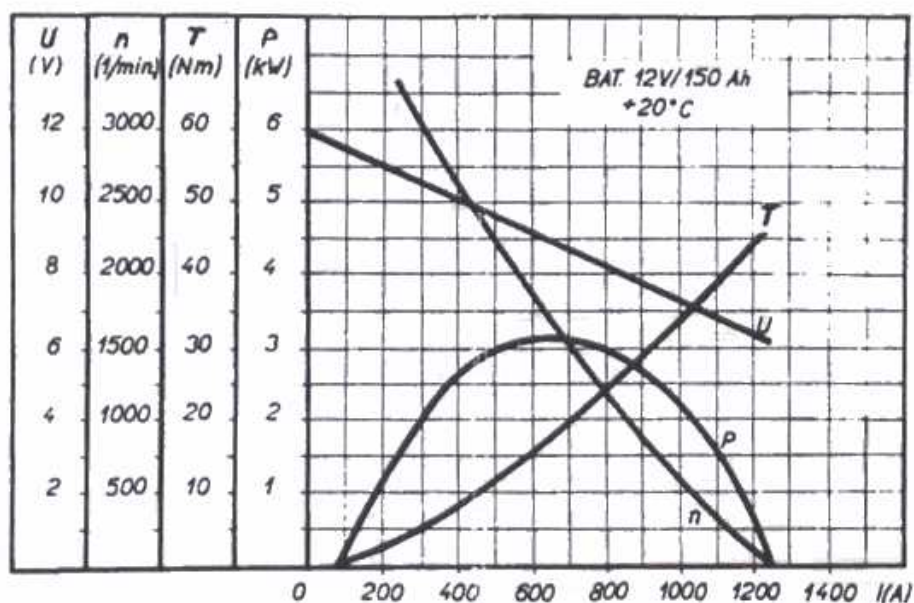
Jako první blok v rozložení elektromotorků v automobilu uvádíme ty v motorovém prostoru, neboť se jedná o nejdůležitější skupinu z hlediska provozu a celkové funkčnosti automobilu, což je jízda. Již výše jsme si uvedli základní elektrické stroje (startér a alternátor) v automobilu, oba tyto stroje se právě nachází v motorovém prostoru spolu s dalšími elektrickými motory, které se liší od konkrétních značek automobilů, výbav a zejména instalovanou motorizací.

2.1.1 SPOUŠTĚČ

Spouštěč je jedním z problematických a zvláště náročných strojů. Jedná se téměř vždy o klasický stejnosměrný motor buď se sériovým, nebo kompaundním buzením, případně s buzením permanentními magnety. Jeho funkce je důležitá, avšak použití je velmi krátkodobé. To vedlo ke stále lehčím strojům a souběžně ke zvětšení výkonu. Za poslední desetiletí bylo dosaženo zdvojnásobení výkonu na jednotku hmotnosti a tento vývoj dále pokračuje.

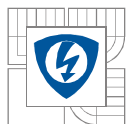
Silný tlak výrobců na snižování rozměrů, hmotnosti a zvýšení životnosti na straně jedné a dostupnost feromagnetických materiálů a pokrokových technologií na straně druhé vedly v tomto období všechny výrobce k zavedení spouštěčů s převodovkou a to ať převodem čelním nebo planetovým. Tato koncepce umožnila při zachování výkonových parametrů redukcii hmotnosti až o 40%. Přes nesporné výhody spouštěčů s převodovkou jsou jejich nevýhody především zvýšená hlučnost, nižší spolehlivost díky vložené převodovce a vysoká výrobní náročnost. Tyto nemalé důvody nabádají výrobce spouštěčů k návratu ke starší koncepci spouštěčů bez převodu. Samozřejmostí však je zachování výkonových parametrů, rozměrů a zvýšení životnosti. Výzkum a vývoj v oblasti aplikace buzení spouštěče permanentními magnety na bázi vzácných zemin a s využitím příznivých vlastností tohoto uspořádání vede ke zlepšení mechanismu zasouvání pastorku. To je nesporně příslibem nejen k redukcii rozměrů a hmotnosti vlastního stroje, ale i k podstatnému zvýšení životnosti. [4]

Startér je stroj sloužící k roztočení stojícího spalovacího motoru na otáčky, ve kterých se již spalovací motor bezpečně udrží vlastními silami. Tyto kritické otáčky se nejvíce liší podle toho, jestli v automobilu je zabudovaný benzínový (zážehový) nebo naftový (vznětový) spalovací motor. U naftového motoru jsou větší kompresní poměry a je potřeba větší prvotní záběrný moment k roztočení motoru z klidu. Proto startéry z naftových motorů disponují většími výkony a kroutícími momenty nežli startéry určené pro benzínové motory. Startéry nižších výkonů, určené pro osobní automobily s obsahem motoru do 1,9 litru používají permanentní magnety v buzení a převodovku nemají, protože její výroba je technologicky náročná a cena by byla vzhledem k výkonu příliš vysoká. Teprve pro objem motoru 2l a více se používá spouštěč s převodem. Mezi základní parametry spouštěčů se kromě výkonových hodnot udává také účinnost ve vztahu k obejmu a hmotnosti stroje, životnost a spolehlivost, hlučnost a oteplení.



Obr. 2 Charakteristiky spouštěče MAGNETON, 12V, 2,9kW [4]

Jsou zkoumány různé cesty jak dosáhnout zvýšení účinnosti, jedná se ale téměř vždy o úzký okruh případů. Jedním z hlavních cílů projektu je podrobnější analýza různých možností řešení problémů účinnosti a rozšíření na širší okruh strojů tedy i na spouštěče a dále také analytickým řešením momentu odporu spalovacího motoru za nízkých teplot. Důležitý prvek tvoří také dynamické děje a jevy při spínání kontaktů spouštěčového elektromagnetu, kterými se v navrhovaném projektu rovněž počítá. Kromě toho jde také o prozkoumání možností snížení hluku spouštěčů. Pomocí metody konečných prvků a výpočtu magnetických polí navrhnout takové úpravy aby se snížil takzvaný magnetický hluk.



2.1.1.1 KONSTRUKCE SPOUŠTĚČE

POŽADAVKY NA SPOUŠTĚČ

I když po elektrické stránce se jedná o celkem jednoduchý sériový motor, z hlediska mechanického jsou na spouštěče kladeny značné a často i protichůdné požadavky:

- pokud není spouštěč v činnosti, je nutné, aby byl pastorek bezpečně mimo záběr s ozubeným věncem na setrvačnicku,

- není-li zasunutí zubu do pastorku ozubeného věnce na setrvačnicku dokonalé, nesmí být točivý moment velký, aby nedošlo k poškození zubů věnce,

- musí být zajištěno, aby k dokonalému zasunutí pastorku došlo i v případě, dostane-li se zub pastorku proti zubu věnce,

- v plném záběru musí být mechanismus schopen přenést celý točivý moment, přitom však musí být chráněn před přetížením při zpětném zážehu spalovacího motoru,

- pastorek musí zůstat zcela zasunut po celou dobu spouštění, tzn. dokud řidič spojení nezruší nebo dokud motor spolehlivě nepracuje.

- jakmile se spouštěný motor rozběhne, je třeba, aby se spojení automaticky uvolnilo,

- po vypnutí spouštěče se musí pastorek vrátit do klidové polohy a spouštěč se musí zastavit.

Kromě těchto požadavků na mechanickou část spouštěče existují ještě další požadavky:

- nejmenší přípustný výkon spouštěče je dán nejnižší rychlostí otáčení a momentem, který je nutný k protáčení motoru touto rychlostí při nejnižší předpokládané teplotě. Nejnižší spouštěcí rychlostí se rozumí ta, při níž při nejnižší uvažované teplotě dojde ve válci k zapálení palivové směsi. K roztočení na tuto rychlost musí být moment spouštěče při záběru i roztáčení vždy vyšší než moment odporu motoru. Zvláště důležitá je hodnota záběrového momentu, neboť je známo, že moment pro „utržení“ je např. u zážehového motoru až dvojnásobný proti momentu ihned po pootočení,

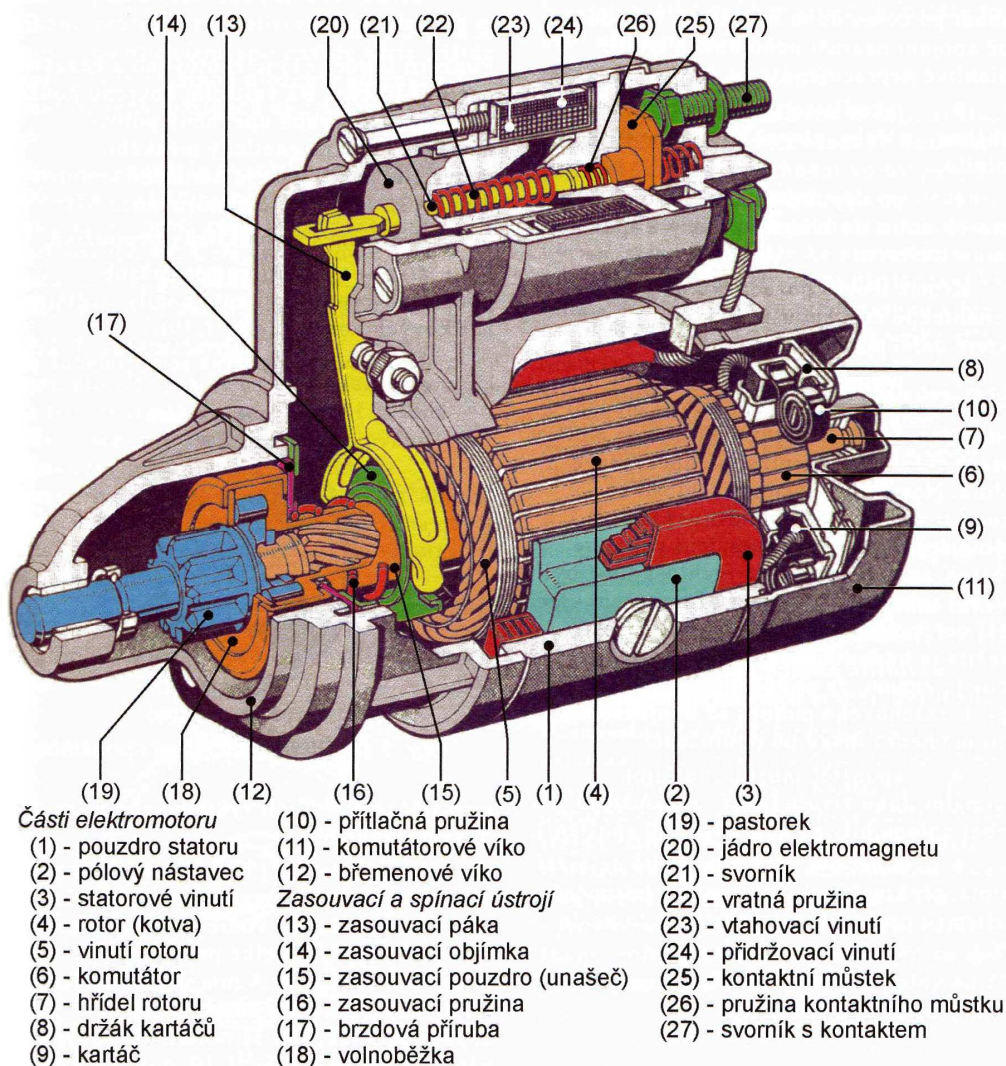
- spouštěč musí mít určitou minimální dobu života (u spouštěčů pro osobní automobily se uvádí životnost 45000 spuštění)

- musí být zaručena určitá nejnižší teplota, při které bude ještě motor bezpečně spuštěn (u osobního automobilu až do -28°C),

- spouštěč by měl být co nejméně náročný na údržbu a opravy.

2.1.1.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI SPOUŠTĚČE

Zde si ukážeme základní části spouštěče s elektromagnetickým vysouváním pastorku, jedná se o dnes již zastaralý typ, však zde pro názornost plně postačuje. Konkrétně se jedná o spouštěč s výkonem 0,8kW využívaný ve vozech Škoda dlouhou řadu let.

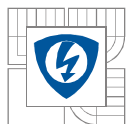


Obr. 3 Konstrukce spouštěče [2]

STATOR

Pouzdro statoru (1) je zhotoveno z bezešvé ocelové trubky. Na vnitřním povrchu pouzdra jsou pomocí šroubů upevněny pólové nástavce (2) z magneticky měkkého materiálu, na kterých je umístěno statorové vinutí (3). U osobních automobilů se nejčastěji využívá čtyřpólový stator.

Vinutí statoru (3) tvoří na každém pólovém nástavci pouze několik závitů plochého měděného vodiče značného průřezu (proudová hustota větší než $20 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$). Vodiče jsou izolovány bandážováním. Vinutí je uspořádáno tak, aby se polarita pólových nástavců trádala, konce vinutí jsou připojeny ke kartáčům.



ROTOR

Rotor (kotva) (4) je složen z plechů z křemíkové oceli (dynamoplechy), které jsou z důvodu omezení vzniku vířivých proudů vzájemně elektricky odizolovány, obvykle lakem. V drážkách rotoru je uloženo vinutí (5), jeho konce jsou připájeny k lamelám komutátoru (6). Vinutí se většinou skládá pouze z jedné otevřené smyčky vodiče velkého průřezu. Jednotlivé cívky vlnového vinutí jsou vzájemně spojeny do série. Hřídel rotoru (7) je většinou uložen v kluzných samomazných ložiskách umístěných ve víkách (8,9).

Pokud má spouštěč vysoký počet otáček (4000 min^{-1} až 8000 min^{-1}), je nutno ochránit vinutí kotvy proti zvýšenému působení odstředivých sil. Čela cívek jsou bandážována, popřípadě je vinutí v drážkách zalito. Rotor je nutno také vyvážit.

KOMUTÁTOR

Komutátor (6) je uložen na hřídeli rotoru (7) a je tvořen lamelami vyrobenými z tvrdé mědi, které jsou vzájemně odizolovány mikanitem nebo plastem. Na lamely jsou připájeny začátky a konce jednotlivých cívek a dosedají na ně kartáče (9), kterými se přivádí do vinutí rotoru proud.

KARTÁČE

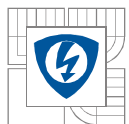
Prostřednictvím kartáčů (9) se přivádí proud přes komutátor (6) do vinutí rotoru (5). Na komutátoru bývají obvykle čtyři kartáče vzájemně pootočené o 90° . Kartáče jsou grafitové a je do nich za účelem zvýšení vodivosti, jak elektrické tak i tepelné, přidán elektrolyticky čistý měděný nebo bronzový prášek. To má za následek poměrně značné zvýšení součinitele tření mezi kartáči a lamelami, ale vzhledem k velmi krátké době provozu spouštěče to není příliš na závadu.

DRŽÁK KARTÁČŮ

Úkolem držáků kartáčů (8) je zajistit stabilní polohu kartáčů vzhledem ke komutátoru. Držák musí umožňovat volný pohyb kartáčů, ale bez zbytečné vůle ve vedení. Musí mít dostatečnou pevnost a tuhost a musí být umístěn co nejbližší komutátoru. Přítlačná pružina (10) musí přitlačovat kartáč k lamelám komutátoru předepsanou silou v rozmezí 10N až 16N. Příliš velká síla znamená nadměrné opotřebení lamel komutátoru, malá síla má za následek zvýšené jiskření, což vede k opalování lamel, zvyšování přechodového odporu a růstu úbytku napětí.

VÍKA

Komutátorové víko (11) nese držáky kartáčů, v břemenovém víku (12) je ložisku, ve kterém je uložen prodloužený konec hřídele rotoru s volnoběžkou (18) a pastorkem (19). Víka jsou vyrobena z lehké slitiny nebo litiny.



2.1.1.3 DRUHY SPOUŠTĚČŮ

Z konstrukčního hlediska se spouštěče rozdělují, podle toho jak se zasunuje pastorek do záběru s ozubeným věncem na setrvačnicku, na:

- spouštěče s vysouváním pastorku,
- spouštěče s výsuvnou kotvou,
- spouštěče systému Bendix.

SPOUŠTĚČE S VÝSUVNÝM PASTORKEM

Spouštěče s výsuvným pastorkem představují dnes nejrozšířenější typ spouštěče. Vyrábí se pro rozsah výkonů od 500W až po 15kW.

ZASOUVÁNÍ PASTORKU

Pro vytvoření zasouvací síly se používá elektromagnet s posuvným jádrem (solenoidem) (20). S jádrem je spojen svorník (21), na jehož jeden konec působí zasouvací páka (13), na druhém konci je umístěn kontaktní můstek (25). Kontaktní můstek bývá na svorníku uložen posuvně a je odpružen pružinou (26), což zaručuje konstantní tlak mezi můstkem (25) a kontakty (27). Elektromagnet je opatřen dvěma vinutími, vtahovacím (23) a přidržovacím (24).

Po sepnutí spínače spouštěče bude jádro (20) vtahováno do cívky, jeho pohyb se přenese na zasouvací páku (13), která se bude pootáčet ve směru pohybu hodinových ručiček. Spodní konec zasouvací páky bude posunovat prostřednictvím zasouvací páky (13) zasouvacím pouzdrem (15) a tedy i volnoběžkou (18) a pastorkem (19) směrem k ozubenému věnci. Zasouvací pouzdro je uloženo na rovných nebo velmi strmých vícechodých šroubových drážkách. Použití šroubových drážek je vhodné zejména pro menší spouštěče. V okamžiku, kdy se pastorek zasune na začátku do mezer mezi zuby ozubeného věnce a hřídel spouštěče se otáčí, je pastorek vtažen do plného záběru vlivem šroubových drážek, aniž je zasouvací pouzdro (15) posunováno zasouvací pákou (13). To umožňuje zmenšit pracovní zdvih jádra elektromagnetu. Aby se usnadnilo zasunutí pastorku, jsou na čelní ploše jeho zuby i zuby ozubeného věnce sraženy.

Zasouvací elektromagnet má dvě vinutí – vtahovací a přidržovací, jejichž magnetická pole se sečítají. Po sepnutí spínače spouštěče jde proud z akumulátoru na svorku 50, prochází oběma vinutími a vtahuje jádro do elektromagnetu. V okamžiku, kdy se sepnou kontakty, je přivedeno přes svorku 30 plné palubní napětí a spouštěč se roztočí. Poněvadž pro udržení pastorku v zasunuté poloze stačí menší síla, přemostí kontakty současně vtahovací vinutí (23) a vyřadí ho z činnosti. Používá-li vozidlo zapalování s úpravou pro usnadnění spouštění motoru, tj. se zapalovací cívkou u níž má primární vinutí snížený ohmický odpor i indukčnost a u něhož je použit předradný rezistor, je možno pro přemostění svorku 15a.

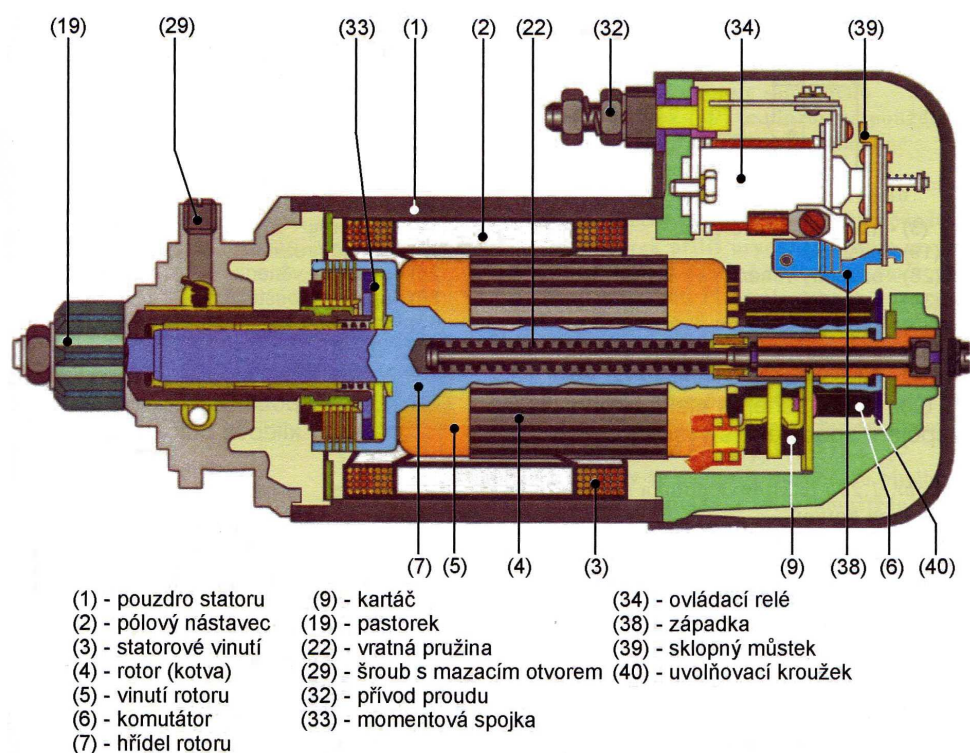
Pokud nenarazí zuby pastorku na zuby ozubeného věnce, zasune se pastorek na předepsanou vzdálenost a spouštěč může otáčet klikovým hřídelem. V případě, že zuby pastorku narazí na zuby ozubeného věnce, posuv pastorku se zastaví. Zasouvací páka se však bude pootáčet dále a bude stlačovat zasouvací pružinu (16). Po určité době spojí kontaktní můstek kontakty, rotor se začne otáčet a v okamžiku, kdy se zuby pastorku octnou proti zubovým mezerám na ozubeném věnci, zasune pružina pastorek do záběru. [2]

VYSOUVÁNÍ PASTORKU

V okamžiku, kdy se rozpojí spínač spouštěče je přerušen přívod proudu na svorku 50, magnetické pole tvořené oběma vinutími zanikne a vratná pružina (22) začne pootáčet zasouvací pákou proti smyslu pohybu hodinových ručiček. Volnoběžka (18) zabrání přenosu otáčivého pohybu z motoru na spouštěč. Volnoběžka s pastorkem se bude pohybovat směrem ke spouštěči, tj. do výchozí polohy. Aby se po návratu pastorku do výchozí polohy kotva spouštěče co nejrychleji zastavila, je volnoběžka opatřena brzdovou přírubou (17). Současně se vrátí do základní polohy i kontaktní můstek (25), kontakty (27) se rozpojí a přívod proudu do spouštěče se tak přeruší.

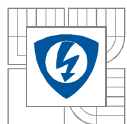
SPOUŠTĚČE S VÝSUVNOU KOTVOU

Z hlediska konstrukce se i v případě spouštěče s výsuvnou kotvou jedná o dvoustupňový spouštěč. Základní rozdíl spočívá v tom, že vysouvání pastorku se docílí pohybem celé kotvy spouštěče. Přenos točivého momentu mezi hřídelem kotvy a hřídelem pastorku je proveden momentovou spojkou. Veškerá vinutí potřebná pro činnost spouštěče jsou navinuta na statoru, odpadá tedy zasouvací elektromagnet. Poněvadž se kotva axiálně pohybuje, musí mít komutátor dostatečnou šířku. V základní poloze je kotva udržována vratnou pružinou.



Obr. 4 Spouštěč s výsuvnou kotvou [2]

Na statoru jsou navinuta tři vinutí – hlavní sériové vinutí (3) a pomocná vinutí sériové (41) a derivační (42). U čtyřpólového statoru je hlavní vinutí navinuto na dvou pólech, pomocná vinutí na zbývajících dvou. Spouštěč se ovládá pomocí ovládacího relé (34).



1. stupeň – po sepnutí spínače spouštěče je přivedeno napětí na svorku 50 a proud jde do vinutí ovládacího relé (34). Relé přitáhne sklopný můstek (39), který je svým spodním koncem opřen o západku (38). Můstek se pootočí kolem svého spodního konce a sepne se pouze kontakt. Přes sepnutý kontakt jde proud do sériového pomocného vinutí (41) a odtud přes vinutí rotoru na kostru (svorku 31). Současně je také napájeno pomocné derivační vinutí (42). Obě vinutí vytvářejí magnetické pole, které posunuje kotvou směrem k ozubenému věnci (28). Současně se kotva také mírně pootáčí, aby bylo zajištěno zasunutí pastorku za všech okolností.

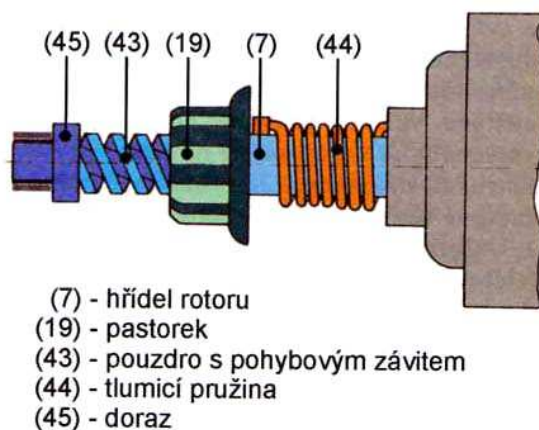
2. stupeň – okamžiku, kdy se pastorek zasune na předepsanou délku, nadzvedne uvolňovací kroužek (40) západku (38) a sklopný můstek spojí i kontakt. Přes spojený kontakt je ze svorky 30 napájeno hlavní sériové vinutí (3). Pomocné sériové vinutí je zapojeno k hlavnímu sériovému vinutí zapojeno paralelně. Jak se zvyšují otáčky spouštěče, klesá proud jdoucí oběma sériovými vinutími a tím klesá i síla, která udržuje pastorek v zasunuté poloze. Magnetické pole tvořené pomocným derivačním vinutím je však konstantní (vinutí je pod stálým napětím), a tak pomáhá udržovat pastorek zasunutý. Navíc omezuje derivační vinutí maximální otáčky spouštěče po odlehčení.

Vypnutí spouštěče – po rozpojení spínače spouštěče je přerušen přívod napětí na svorku 50 a vratná pružina posunuje kotvu do základního postavení.

SPOUŠTĚČE SYSTÉMU BENDIX

U tohoto systému se pro zasunutí pastorku do záběru s ozubeným věncem využívá setrvačné energie samostatného pastorku. Pastorek (19) je uložen na pouzdro s pohybovým závitem (43) a má úmyslně posunuto těžiště mimo osu rotace. V okamžiku, kdy se roztočí hřídel rotoru (kotva spouštěče) (7), se vlivem setrvačnosti nemůže pastorek příliš urychlit, a proto se nebude otáčet, ale axiálně posunovat směrem k ozubenému věnci. Přejde-li zub do mezery, pohybuje se pastorek po šroubu ve směru osy, až dosedne na doraz (45) a točivý moment se bude přenášet ze spouštěče na motor.

Dosedne-li zub na zub, nemůže se pastorek pohybovat ve směru osy a je stržen šroubem ze zubu do zubové mezery. Protože v okamžiku, kdy se pastorek posune do plného záběru na doraz, otáčí se rotor spouštěče značnou rychlostí a vzniklý náraz je tlumen pružinou (44) nebo lamelovou spojkou.



Obr. 5 Spouštěč systému Bendix [2]

Jakmile se spouštěný motor rozběhne, udělí ozubený věnc pastorku impuls v opačném smyslu, ten se vyšroubuje ze záběru a vrátí se do výchozí polohy.

V tomto provedení je spouštěč konstrukčně velmi jednoduchý a dříve se používal i pro velké výkony. Spouštěč měl však celou řadu nevýhod – docházelo k značnému opotřebení pastorku i ozubeného věnce, k praskání tlumicí pružiny, k samovolnému vysouvání pastorku ze záběru při přechodných zrychleních motoru apod. proto byl postupně zdokonalován, pracoval s např. dvoustupňovým zapínáním a mnoha dalšími zabezpečovacími opatřeními. V propracovanějších verzích však ztrácel svou základní přednost, tj. jednoduchost, a proto byl postupně nahrazován konstrukcemi s výsuvným pastorkem. [2]

2.1.2 ALTERNÁTOR

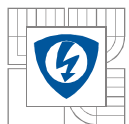
Alternátor je generátor střídavého třífázového proudu, k usměrnění používá diodového můstku. U alternátorů je rotor samostatně buzen relativně malým proudem a ze statorového vinutí se odebírá diodami usměrněný proud. Dnešní alternátory dosahují výstupních proudů až 150A, což jsou asi 2 kW. Jedná se převážně o modifikace drápkových alternátorů. Tato semestrální práce je však zaměřena na automobilové motorky a alternátor je elektrický generátor. Proto se s ním nebudeme dále podrobněji zabývat.



Obr. 6 Drápkový alternátor

2.1.3 OSTATNÍ ELEKTROMOTORY V MOTOROVÉM PROSTORU

V motorovém prostoru dnešních automobilů se kromě spouštěče a alternátoru nachází mnoho dalších elektrických strojů. Jedná se především o malé konstrukce a nízké výkony, které jsou optimalizovány pro dané použití. Majoritní zastoupení této skupiny budou mít elektromotory určené buď pro nastavování přesných poloh, například vzbuchové klapky nebo přívěry a dalších speciálních funkcí. Nejvhodnější pro tento účel jsou krokové motory, které disponují možností přesného natočení hřídele rotoru. Další skupina zde může představovat řadu snímačů pracujících na stejném anebo podobném principu, který se využívá u elektromotorů. Nebude zde rozepisovat zástupce těchto skupin, neboť se jedná o velice rozmanitou škálu prvků lišících se každou motorovou jednotkou a automobilkou.



2.2 KOMFORTNÍ SYSTÉMY

Komfortní systémy jsou velice nekonkrétní skupina, neboť v jednom automobilu můžeme za maximální komfort považovat elektricky ovládaná okénka a nebo střešní okno a nebo dokonce elektricky ovládaná venkovní zpětná zrcátka. Když však porovnáme nějaký luxusnější automobil, zjistíme, že je přímo přeplněný komfortními systémy. Jedná se třeba o nastavovací prvky digitální klimatizace, elektricky polohovatelná sedadla, elektricky sklápěná vnější zrcátka, elektronickou ruční brzdu (EPB), elektronické nastavování volantu, stahovací střecha (kabriolet), elektrické otvírání a zavírání zavazadlového prostoru, elektrické sklápění předního znaku (Mercedes), elektricky ovládané sluneční roletky, atd.

Zde si popíšeme blíže jen základní komfortní prvky v automobilu, máme tím na mysli elektricky ovládaná okna a vnější zpětná zrcátka.

2.2.1 ELEKTRICKY OVLÁDANÁ BOČNÍ OKÉNKA

V dnešní době je tento komfortní systém téměř standardem. Ve většině případů se setkáváme pouze s předními elektricky ovládanými okny, zadní bývají klasicky manuální. U lepší výbavy nebo za příplatek bývají všechny okna v elektrice. K ovládání spouštění skel dveří nebo bočních oken osobních a užitkových automobilů se používají převážně dva základní systémy.

Starší a dnes již méně používaný je mechanismus s ozubeným a pákovým převodem. Šnekové kole na hřídeli elektromotorku zabírá přímo do ozubeného segmentu, jehož úhlový, kývavý pohyb je převáděn pákovým mechanismem přímo na vodící kolejničku.

Druhým, dnes nejpoužívanějším systémem je mechanismus s kladkovým převodem a lankem. V tomto případě pohání elektromotorek s převodem dopomala hnací váleček lankového mechanismu. Odvíjení a navíjení lanka na váleček se dosahuje přímočarého vratného pohybu vodící kolejničky, která je vedena unášečem.

Omezený prostor vede ke konstrukci co nejmenších elektromotorků, které mají přímo integrované, většinou šnekové převodovky. Při zavírání oken je ve funkci „omezovač přebytečné síly“. Tím se zabrání nebezpečnému sevření částí těla při zvedání skla. Snímače integrované v mechanismu pohonu kontrolují během provozu otáčky hnacího motoru. Když se rozpozná zpomalení otáček, ihned se změní smysl otáčení motoru. Aby však bylo možno zavřít okno při každém pohybu nahoru, tak se před zasunutím skla do okenního těsnění automaticky vypne ochrana proti sevření a motor se otáčí až do zablokování.



napájecí napětí.....12V
max. odebíraný proud....15A
max. výkon80W

Obr. 7 Motorek stahování oken Škody Fabia

2.2.2 ELEKTRICKY OVLÁDANÁ ZPĚTNÁ ZRCÁTKA

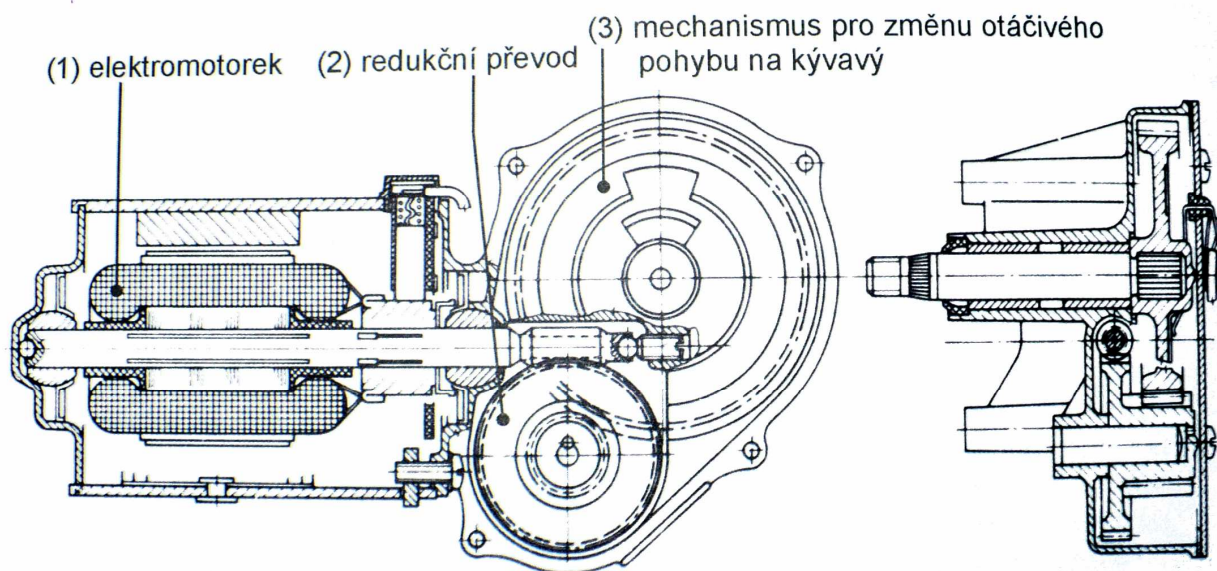
Ve vnějších zpětných zrcátkách se používají principiálně shodné elektromotorky jako na stahování oken, jen jsou samozřejmě modifikovány do potřebných rozměrů. Každé elektricky ovládané zrcátko je vybaveno dvěma motorky, jelikož musí konat pohyb ve čtyřech základních směrech. To odpovídá právě dvou stejnosměrným motorkům s přepínatelným směrem otáčení hřídele. Elektromotorky v zrcátkách dosahují minimálních výkonů potřebných pouze k nastavení zrcátka a to v maximálním rozmezí několika centimetrů. Moderní automobily mají také elektricky sklápěné zrcátka, jeli tato funkce nastavena v palubním počítači, dojde po zamknutí automobilu k automatickému sklopení vnějších zrcátek. Takto vybavené zrcátka mají ještě třetí motorek.



Obr. 8 Mechanismus ovládání zpětných zrcátek

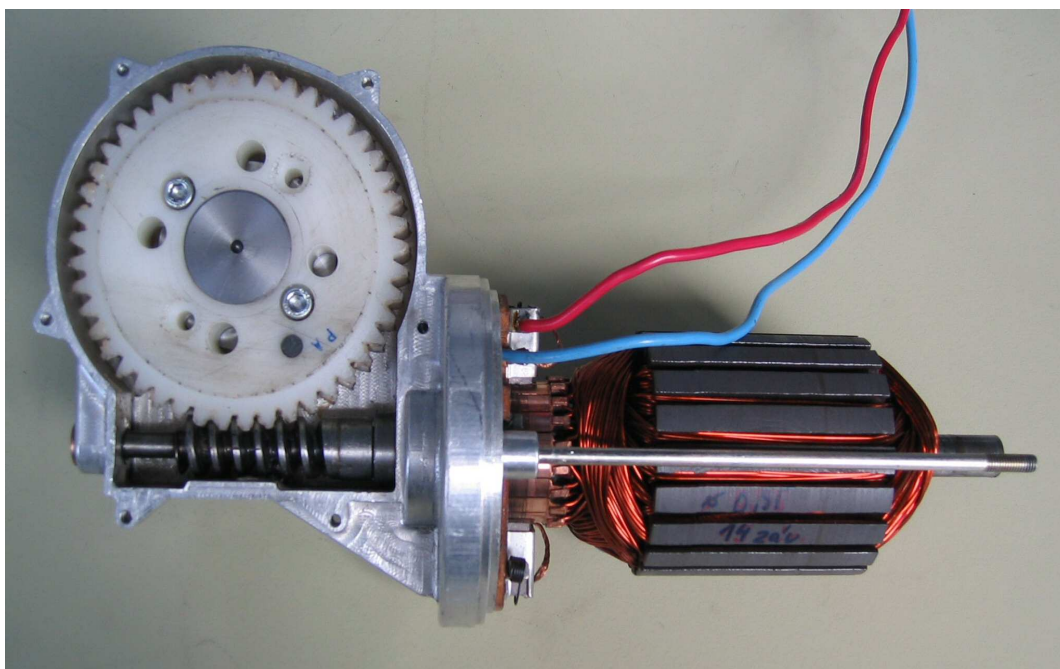
2.3 STĚRAČOVÝ MOTOR A MOTOR OSTŘIKOVAČŮ

Všechna osobní vozidla musí být vybavena účinným systémem čištění předního skla. U všech dnešních vozů je použit systém kombinace ostřikovačů a stěračů. Stěrače jsou poháněny elektromotorem, který má převážně dvě rychlosti, z něho je veden otáčivý pohyb pomocí táhel k prvnímu stěrači, kde už je pohyb pouze kyvný a odtud dalším táhlem k druhému stěrači. Elektrický motorek má převodovku s trvalou tukovou náplní. Rychlosti stírání jsou 20 a 60 kyvů za minutu, u některých modelů a typů se také dodával (dodává) cyklovač s přednastavenými rychlostmi, nebo paměťový. Motor má samočinný doběh do koncové polohy (spínač je umístěn na převodovce), pro okamžité zpomalení motoru, aby nedocházelo k dojezdu, je motor zkratován při dojezdu.



Obr. 9 Konstrukce stěračového motorku Škoda Favorit [1]

V dnešní době se však nejvíce využívají motorky, jejichž otáčky jsou řízené integrovaným elektronickým obvodem, nacházející se v těle převodovky (za velkým ozubeným kolem, viz Obr. 10). Elektronický obvod je složen z mikročipu, který má za úkol snižování vstupního napětí motorku a tak i výsledné otáčky a tím pádem i frekvenci stírání.



Obr. 10 Stěračový motorek se šnekovým převodem

Ostřikovače jsou nezbytným doplňkem stěračů. Dříve používané ručně ovládané ostřikovače se u moderních vozidel nevyskytují. Dnešní ostřikovače mají elektrická odstředivá nebo zubová čerpadla, která dopravují směs do ostřikovačů z plastové nádržky do malých trysek, umístěných zvenku kapoty před čelním sklem. Opět je zde použitý ověřený princip stejnosměrného kartáčového stroje, který pro tuto občas používanou funkci plně dostačuje.



Obr. 11 Motorek ostřikovačů Škoda Fabia

2.4 VENTILACE

Z elektrického hlediska se u všech soustav pro výměnu vzduchu jedná o použití axiálního nebo radiálního ventilátoru poháněného stejnosměrným elektromotorkem. Tyto stroje patří v automobilu mezi nejvíce používané. Protože téměř vždy máme zapnutou ventilaci.



Napájecí napětí=12V
Maximální proud=10A
Výkon=60W
Otáčky=5000 min⁻¹

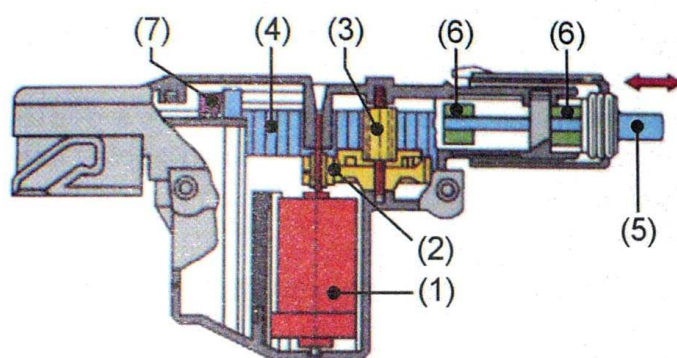
Obr. 12 Motorek ventilátoru Škoda 120



Obr. 13 Ventilátor Škoda Felicia

2.5 CENTRÁLNÍ ZAMYKÁNÍ

Tento systém by se také dal zařadit do komfortní skupiny elektromotorků, ale v dnešní době centrální zamykání patří téměř k základnímu vybavení každého nového automobilu. K centrálnímu ovládání zámků dveří a vík karosérie, včetně víčka plnicího hrdla palivové nádrže, se používají systémy pneumatické nebo elektrické. Dále se budeme zabývat pouze podstatně rozšířenějšími systémy elektrickými. Délka využití těchto motorků je téměř mžiková, neboť celý cyklus odemčení nebo zamčení trvá řádově sekundu. Celkový sumární odběr motorků centrálního zamykání se odvíjí od počtu instalovaných omykacích členů. Přibližně se však pohybuje kolem 10-15A.



- | | |
|--------------------------------------|------------------------|
| (1) - nastavovací
elektromotor | (4) - ozubená tyč |
| (2) - šnekový převod | (5) - táhlo |
| (3) - hnací pastorek
ozubené tyče | (6) - pružný doraz |
| | (7) - kolíčkové dotoky |

Obr. 14 Motorek centrálního zamykání[2]

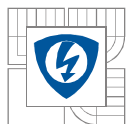
Na výše uvedeném obrázku vidíme elektricky ovládaný nastavovací člen, který provádí vlastní zamykání a odemykání. Je tvořen elektromotorkem, který přes šnekový a hřebenový převod pohání táhlo, které ovládá vlastní zámek. Pohyb táhla je omezen dvěma pružnými dorazy, které zmírňují rázy v krajních polohách. Přes kolíčkové dotyky se přenáší impuls na řídicí jednotku, která zajistí současné otevření ostatních zámků.

2.6 ELEKTRICKÉ NAKLÁPĚNÍ HLAVNÍCH SVĚTLOMETŮ

U motorových vozidel, zejména mají-li velký zdvih pérování, dochází při nerovnoměrném zatížení ke značným změnám polohy světlometů a tím následné možné oslnění ostatních řidičů. Současné předpisy již vyžadují povinnou vícepolohovou nebo plynulou regulaci sklonu světlometů, s ovládáním z místa řidiče. Podle konstrukce světlometu je pohyblivým dílem buď optický systém vzhledem k tělesu světlometu, nebo těleso světlometu vůči karosérii vozidla. Jako ovládací element se většinou používá stejnosměrný motorek (servomotor).



Obr. 15 Motorek ovládaní světlometů Škoda Octavia



3 BLIŽŠÍ ROZBOR VYBRANÉHO MOTORKU

V této diplomové práci se budeme blíže zabývat stěračovým motorkem čelního okna. Neboť patří do skupiny častěji využívaných motorků v automobilu a jeho jednoduchá konstrukce nabízí některé zajímavé možnosti inovace a tím i zlepšení funkce a nebo větší kompaktnost tohoto motorku.

3.1 HISTORIE A FUNKCE STĚRAČŮ

První mechanický stěrač čelního skla byl ovládán ručně řidičem nebo pasažéry vozidla. Vynalezla jej Mary Andersenová z New York City a následně patentovala v roce 1903 jako zařízení pro čištění skla. Jakmile bylo zařízení patentově ochráněno, zkusila zainteresovat několik společností do výroby jejího vynálezu. Nikdo však o výrobu tohoto stěrače neměl zájem, a tak skončil nápad ve stolní zásuvce.

Automatické stěrače byly vynalezeny roku 1921 a nazvány tzv. „Folberts“ podle jejich zakladatelů, Fredovi a Williamovi Folberthových. Byly poháněny vzduchovým motorem a zařízení bylo propojené hadičkou se sacím potrubím motoru vozidla. Elektrická verze připevněná na horní část čelního skla, byla vytvořena firmou Bosch v roce 1926, ale byla dostupná pouze pro luxusní modely vozidel. Robert Kearns (1928-2005) patentoval periodicky ovládané stěrače v roce 1967. Demonstraval svůj systém společnosti Ford Motor, která jej následně zavedla v roce 1978. Další automobiloví výrobci tento trend následovali.

Stěrače jako celek se skládají z převodového mechanismu a ze stíracích ramen, které jsou vybaveny přítlačnými pružinami a z kontaktní strany stíracími gumovými pásy. Rameno je obvykle na jednom konci při okraji okna bodově upevněno na hřídeli a pohybuje se kývavými pohyby. U některých typů stěračů je základní poloha stěrače vodorovná a úhel stírací lišty se mění současně s úhlem celého pohyblivého ramene, u jiných typů stěračů je poloha pracovní lišty stěrače stále svislá a kyvné rameno jí pohybuje převážně vodorovným směrem. Je-li na okně více stěračů, jejich činné plochy se překrývají a pohyb je mechanicky koordinován tak, aby nedocházelo ke kolizím. Obvykle jsou stěrače ručně odklopitelné, což umožňuje například ruční údržbu čelního skla nebo stěračových pružin.

Pohon stěračů bývá převážně elektrický s mechanickým přenosem sil, ale může být i pneumatický. V některých případech mají stěrače manuální pohon (například stěrač na zadní plošině tramvaje Tatra T3).



Obr. 16 Celkový pohled na stěračový systém osobního automobilu

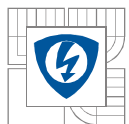
3.2 VŠEOBECNÁ KONSTRUKCE STĚRAČOVÉHO MOTORKU

Konstrukčně se dnes používají dva druhy motorků, jedná se o motorky jednorychlostní a dvourychlostní. Jednorychlostní motorek je opatřen doběhovým kontaktem, který se součástí převodového mechanismu. Doběhový kontakt zaručuje doběh a zastavení stíracích ramének v krajní poloze, bez ohledu na okamžik vypnutí hlavního obvodu motorku. Aby nemohlo dojít k překmitnutí krajní polohy setrvačností a tím i k opětovnému sepnutí doběhového kontaktu, je motorek v koncové poloze mechanismu elektricky brzděn. Ve vinutí rotoru, který se po vypnutí proudu pohybuje setrvačností, se indukují proud a vzniklá energie se maří v odporech motoru a přívodních vodičů, čímž dochází k intenzivnímu brzdění rotoru. Druhým typem je motorek dvourychlostní, ten je opatřen třetím kartáčem. Při napájení rotoru standardní sadou kartáčů motor dosahuje jmenovitých otáček, v okamžiku přepnutí napájení z jednoho kartáče na kartáč třetí se na napětí přivádí na menší počet cívek rotoru, který se začne otáčet rychleji.

Většinou se používají motorky s permanentními magnety, derivační dnes jen výjimečně. Počet otáček se pohybuje v rozmezí 1500 min^{-1} až 4000 min^{-1} , výkon 12W až 50W. Výhodou derivačních motorků je menší závislost na napětí a snadná plynulá nebo stupňová regulace. Mají však poměrně malou účinnost a jsou složité, proto se u moderních stěračů nepoužívají. Buzení trvalými magnety podstatně zvyšuje účinnost motorků a umožňuje jejich jednodušší konstrukci. Dnes se používají téměř výhradně.

3.3 MOTOREK STĚRAČŮ

Před nedávnou dobou naše fakulta, tedy FEKT VUT Brno a firma APS, Světlá nad Sázavou a.s. řešily projekt s cílem zásadní inovace v oblasti stejnosměrného stěrače pro použití v automobilovém průmyslu, zabývající se převážně převodovým mechanismem a elektronické regulaci rychlosti.



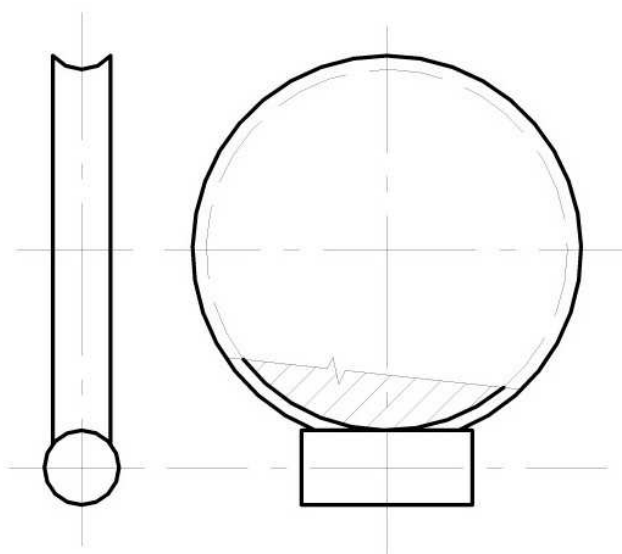
3.3.1 NÁVRH SOUKOLÍ

Šnekové soukolí pro pohonnou jednotku bylo navrženo v několika vývojových etapách. V první etapě bylo šnekové soukolí realizováno se šnekem válcovým s ozubením obecným, typ šneku ZN2, kolo válcové. Základní profil byl totožný se základním profilem pro ozubená kola čelní s evolventním ozubením podle ČSN 014607. Převodový poměr byl stanoven podle nově navrhovaného motoru na $i = 45$. Dle předpisů pro návrh šneků byl stanoven součinitel průměru šneku $q = 6.3$, čemuž odpovídá úhel stoupání šroubovice na roztečném válci $\gamma = 9^{\circ}07'59''$. Jednotkové posunutí základního profilu u šneku a šnekového kola bylo nulové.

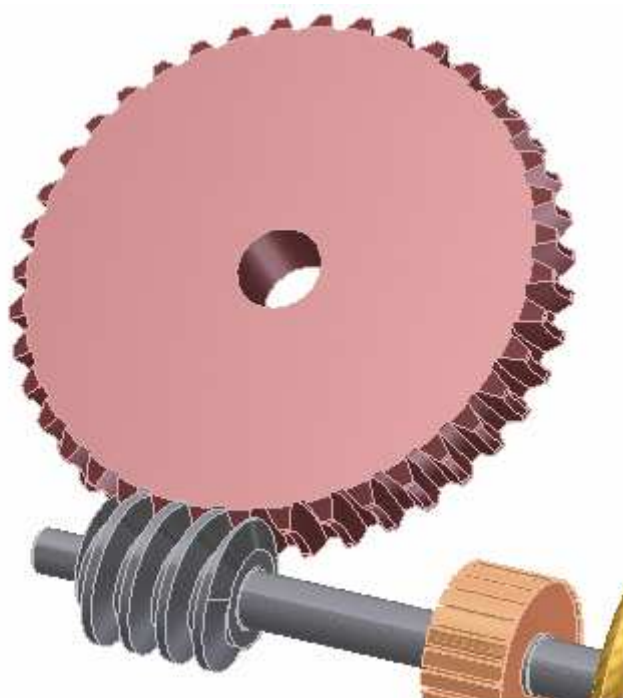
Toto soukolí bylo testováno jak na zkušebním standu tak v prototypové skříni. Na zkušebním standu byly rovněž zkoušeny šneková kola z různých materiálů. Byla testována kola z materiálů pod obchodním označením MURITAL H a kola z PERTINAXU. Velmi dobré výsledky při těchto testech prokazovala kola z MURITALU H která přenesla 220000 zátěžných cyklů bez známky porušení zubů. U kol z PERTINAXU došlo k destrukci zubů po 20000 zátěžných cyklech. Pro další vývoj uvedeného šnekového soukolí byl volen MURITAL H. Další běhové zkoušky na zkušebním standu potvrzovaly správnost zvoleného řešení šnekové ho převodu.

Při zkouškách v prototypové skříni a na zkušebním autoskle (jde o zkoušky které nejlépe simulují skutečný provoz) se ukázaly některé nedostatky u uvedeného soukolí. Jako nevhodná se ukázala volba boční vůle ze skupiny boční vůle C. Tato boční vůle byla poměrně velká a docházelo při záběru šneku do kola k tzv. klepání mezi boky zubů kola a šneku. Další výzkum byl tedy zaměřen na určení odpovídající boční vůle. Tato boční vůle byla snížena až na hranici kdy klepání bylo potlačeno. Takto zmenšená boční vůle přinesla další problémy a to především v tom, že při delším běhu šnekového převodu došlo k jeho enormnímu zahřátí a jelikož se jednalo o kolo z termoplastu, docházelo k rozměrovému nárůstu u šnekového kola a následně k meznímu stavu kdy došlo k vytavení zubů šnekového kola. Nepodařilo se nalézt vhodnou boční vůli, která by odstranila klepání převodu a současně nedošlo k vytavení zubů u šnekového kola. Dalším nedostatkem se ukázal poměrně velký úhel stoupání šroubovice na roztečném válci. Soukolí nezajišťovalo dostatečnou samosvornost.

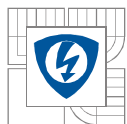
Na základě těchto zkušeností bylo rozhodnuto celý převod přestavět. Kolo realizovat z reaktorplastu a to z PERTINAXU a geometrii profilu zubů navrhnout nestandardně tak, aby byly nově navržené zuby schopny přenést požadované zatížení. Rovněž i motor byl pozměněn, z čehož vyplynulo zvětšení převodového poměru na $i = 52$. Z důvodu většího převodového poměru a z podmínky zachování zástavbových rozměrů do převodové skříně bylo nezbytné zmenšit modul na $m = 1.75\text{mm}$. Kolo bylo nově navrženo jako globoidní (má zhruba třikrát větší výkon než soukolí s válcovým šnekem díky několikanásobnému dotyku v ozubení). Pro radikální zvětšení únosnosti zubů šnekového kola bylo nutné navrhnout změnu základního profilu. Změna základního profilu vycházela z požadavku rozšíření zubů kola na úkor zmenšení jejich zubní mezery. Byla snížena i jednotková výška hlavy zubu z původní hodnoty $ha^* = 1$ na $ha^* = 0.75$. Boční vůle byla zmenšena na hodnotu kdy se nebylo zřetelné klepání zubů. Takto navržené soukolí bylo testováno v prototypové skříni za podmínek které se blížily provozním. Toto řešení se ukázalo jako vyhovující a další vývoj ozubení byl ukončen.



Obr. 17 Globoidní šnekový převod



Obr. 18 Simulace rotoru motorku se šnekovým převodem

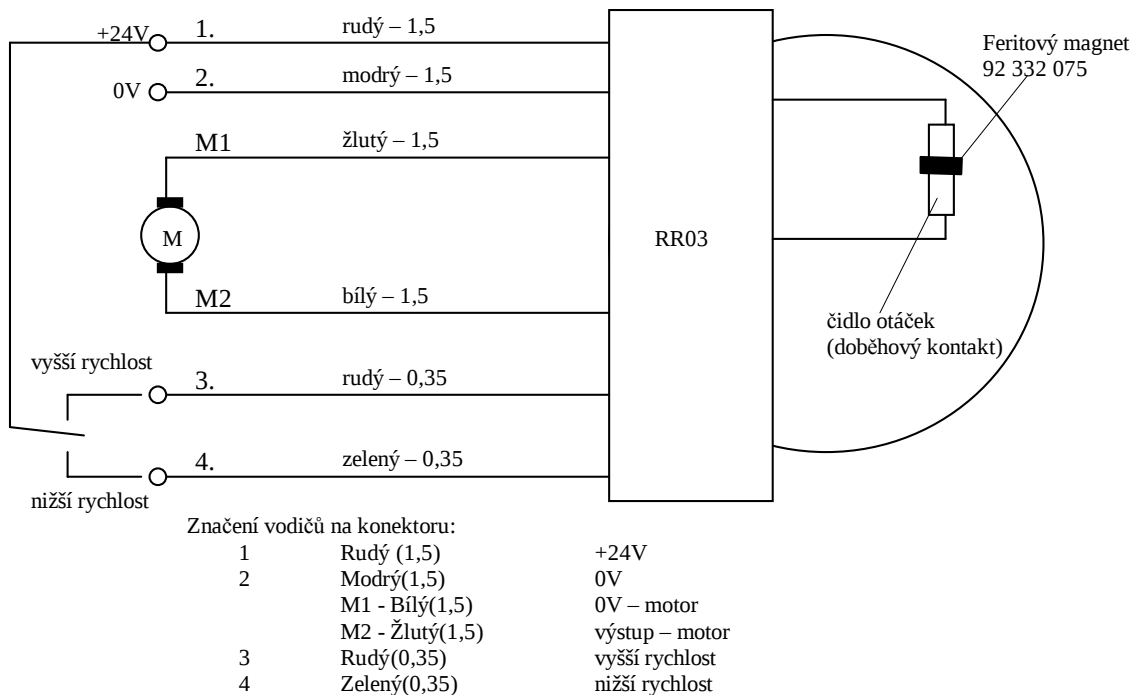
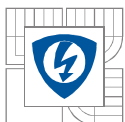


3.3.2 ELEKTRONICKÁ REGULACE RYCHLOSTI

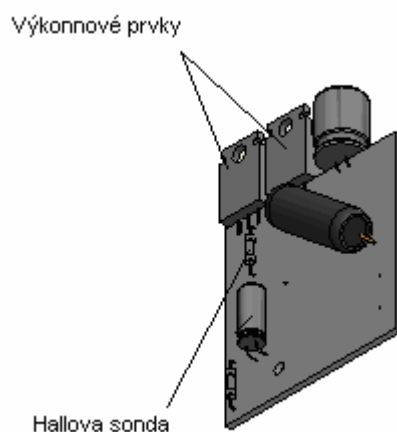
Popisovaný stejnosměrný pohon (motor s převodovkou) je napájen ze snižujícího stejnosměrného měniče, jehož základní funkcí je řízení rychlosti otáčení motoru. Elektronika zde plně nahrazuje dřívější systém regulace otáčivé rychlosti, jež byl realizován pomocí dvojic komutátorů, vinutí a sběracího ústrojí. Měnič je integrován do víka převodovky pohonu nad ozubeným šnekovým kolem. Dřívější mechanický doběhový a zkratovací (brzdící) kontakt je nahrazen bezkontaktním snímáním s využitím feritového magnetu a jazýčkového reléového kontaktu. Magnet je zapuštěn v plastovém ozubeném kole a jeho siločáry protínají každou otáčku pouzdro jazýčkového kontaktu, který následně spíná navazující elektronické obvody.

Pro návrh konstrukce signálových a výkonových elektronických obvodů měniče se ukázala jako nejvýhodnější kombinace moderního jednočipového mikroprocesoru doplněného výkonovými tranzistory MOSFET. Požadavek zadání totiž byl, aby spínač - tranzistor pracoval jako tzv. horní spínač. K tomu je nutné vytvořit napětí o cca 12V vyšší než je napájecí napětí palubní sítě automobilu, aby bylo zajištěno dostatečné sepnutí tranzistoru MOSFET.

Dále bylo nutné vyhodnocovat doběhovou zpětnou vazbu přicházející od jazýčkového kontaktu, řídit rychlost otáčení (v otevřené regulační smyčce), brzdit motor v doběhové poloze a zajistit ochranu měniče a motoru při zablokování výstupního hřídele převodovky. Řešení všech těchto funkcí pomocí zapojení s diskrétními polovodičovými součástkami je sice možné, ale vzhledem k zástavbovým rozměrům jež byly ve víku převodovky k dispozici prakticky neproveditelné. Proto tedy byla nakonec vybrána varianta s řídicím mikroprocesorem, který všechny požadované funkce zajišťuje softwarovou cestou. Toto řešení s sebou navíc přináší některé další možné funkce, jako například cyklovač stěračů, „zákaznické“ intervalové běhy, nebo ukládání počtu vykonaných otáček do paměti procesoru a možnost jeho zpětného vyhodnocení například v rámci reklamací. Ovládací program lze kdykoliv dodatečně modifikovat prostým připojením programovacího konektoru na plošný spoj měniče a tím změnit například rychlosti otáčení motoru, doby reakcí pohonu při krizových situacích (přimrzlé stěrače), rozběhové rampy a podobně. Použitý princip tedy teoreticky umožňuje vyrobit pokaždé podstatně „jiný“ motor s téměř nulovými přídatnými náklady, což nesporně zvyšuje užitnou hodnotu pohonu jako celku.



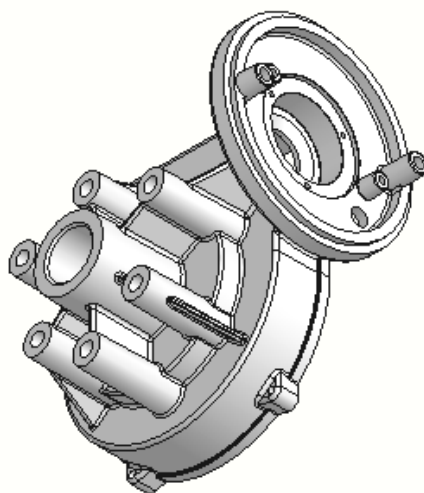
Obr. 19 Snižující regulátor RR03 – zapojovací a montážní plán



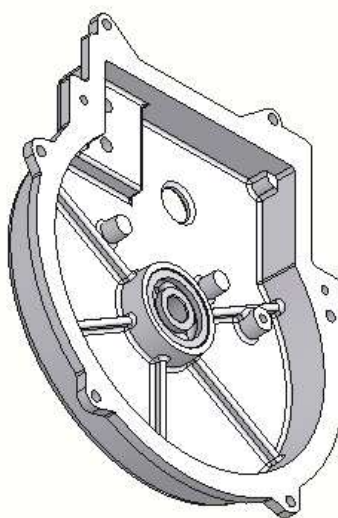
Obr. 20 Náhled na model prototypového měniče [6]

3.3.3 INOVOVANÁ SKŘÍŇ PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ

Cílem inovace skříně převodového ústrojí byla maximální variabilita a možnost zástavby nového motorku stěračů do více druhů a typů automobilů či strojů. Při zachování základních zástavbových rozměrů 130x274 mm a při průměru statoru 92mm, bylo použito 6-ti upevňovacích bodů, které plně zajišťují použití jak pro finální, tak i pro náhradní potřebu. Trojice upevňovacích bodů pravidelně rozložených po 120° (běžně používané u konkurenčních firem Bosch, Valeo, Doga), tak i další trojice již už nepravidelně rozložených bodů používaných v zemích bývalého východního bloku (pro vozy Tatra, Liaz, Karosa, Ikarus), poskytují možnost již výše zmíněné zástavby.



Obr. 21 Inovovaná skříň šnekového převodu [6]



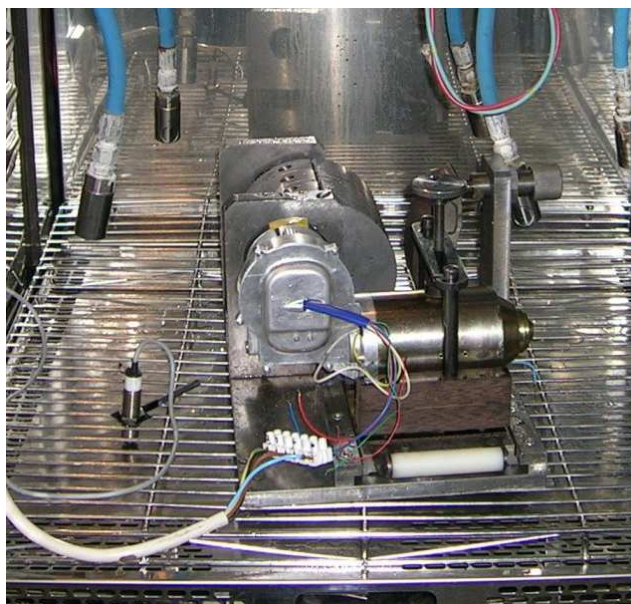
Obr. 22 Víko skříně šnekového převodu [6]

3.3.4 KONTROLNÍ MĚŘENÍ A ŽIVOTNOSTNÍ ZKOUŠKY

Kontrolní měření byla prováděna v průběhu celého projektu dle momentální potřeby ověřit průběžný stav vyvíjené části, určité fáze inovace samotného stěračového motorku.

Klimatická odolnost – extrémní podmínky

Vlastními prostředky v klimatické komoře firmy PAL International a.s. byla provedena zkouška provozuschopnosti při -40°C . Dále měření provozní teploty na různých dílech stěrače při teplotě okolí $+41^{\circ}\text{C}$.



Obr. 23 Zkušební klimatická komora [6]

Životnostní zkoušky

Zkouška životnosti stěrače dle podmínek ČSN304002/40 proběhla na zkušebním stavu v APS, Světlá nad Sázavou a.s. na zástavbě čelního skla BERKHOF, délka stěrací lišty 1000mm. Stěrač po 500 provozních hod. nevykazoval změny či opotřebení, svoje výkonové parametry si uchoval i po uplynutí 2328 hod. Lze předpokládat, že proti původnímu provedení je ve vyvinuté inovaci stěrače dostatečná výkonová rezerva. [6]



Obr. 24 Zkoušky životnosti - zástavba na skle [6]

3.3.5 ZAKONČENÍ PROJEKTU

Dosažením cíle projektu vznikl nový typ stěračového motorku s příslušným převodovým mechanismem pro pohon stíracích souprav čelních skel nákladních automobilů, autobusů a trucků s využitím **jednostupňového** převodu a **jednokomutátorové** verze rotoru. Zařízení může být využito i k pohonu mimo oblast automobilového průmyslu, ať už s uvedeným převodovým systémem, nebo jen s využitím samotných motorků jako odvozené varianty.

Například v těchto aplikacích:

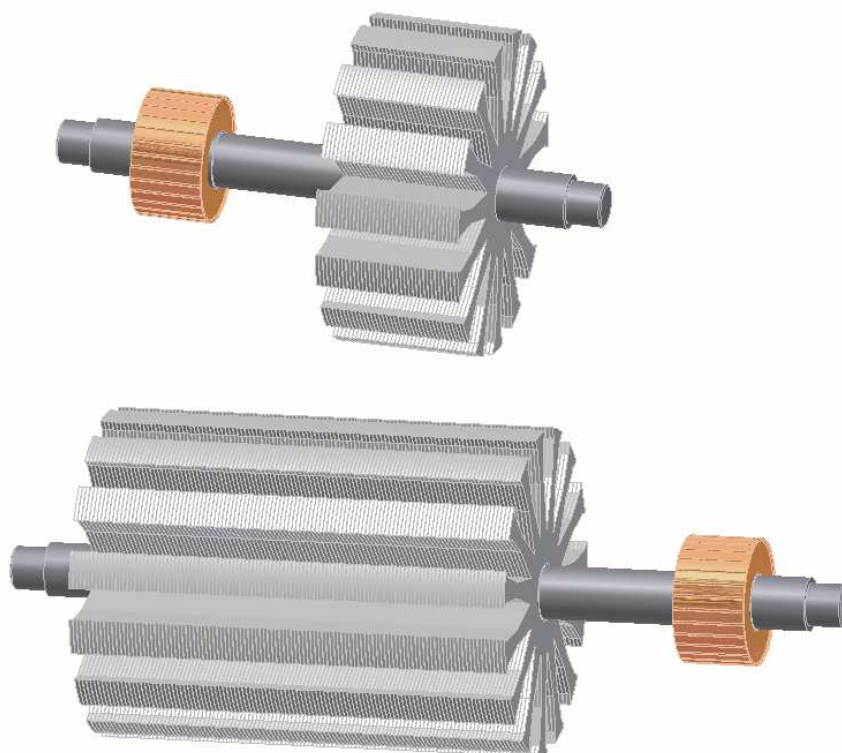
- pohon ventilátorů, větracích a klimatizačních zařízení aut
- pohon čerpadel, odstředivek, rotátorů a podobných mechanismů k rozličným účelům
- pohon servomechanizmů u výrobních strojů v průmyslových aplikacích
- pohon posuvů vrat, výtahových dveří a kabinových dveří
- menší zvedací, navíjecí a tažná zařízení
- pomocné pohony v zemědělské a lodní technice
- pohon malé trakce - invalidních vozíků, rekreačních skútrů a koloběžek, dále jízdních kol a malých plavidel.

4 INOVACE VYBRANÉHO MOTORKU

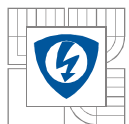
V této kapitole se budeme věnovat následným možným inovacím zaměřených na stěračový motorek popsany v předchozí kapitole. V tomto okamžiku máme na výběr dvě hlavní cesty inovace. Jedná se buď o inovaci samotného rotoru motorku a nebo jeho statoru. Budeme se zabývat použitím různých materiálů a nebo zde probírat změny konstrukce.

4.1 INOVACE ROTORU MOTORKU

Při inovaci rotoru motorku se budeme nejspíše snažit zachovat stávající rozměry plechů pro dané výkonové kategorie, neboť zavádění do výroby nové typy rotorových plechů by bylo finančně dost nákladné a v této době je nejasná návratnost investic. Rotory budou tedy jednotného průměru pro jednu výkonovou skupinu a až podle požadovaných záběrových momentů se budou tyto rotory lišit svojí délkou. Sestavením rotoru z většího počtu plechů vznikne logicky delší rotorový celek a tedy takovýto motorek bude mít větší záběrový moment. Pokud dle požadavků postačuje menší záběrový moment, bude potřeba menší počet rotorových plechů a tudíž bude rotor kratší.



Obr. 25 Různě dlouhé rotory



Na výrobu rotorových plechů stěračového motorku se používá hlubokotažná ocel třídy 11. Jedná se o běžně dostupnou ocel, která se hojně využívá nejen v elektrotechnickém průmyslu. Bylo by ji možné nahradit křemíkovou ocelí, která má podstatně lepší hysterezní vlastnosti a větší odolnost proti vířivým proudům. Avšak má i mnohé nevýhody, příměs křemíku v oceli má za následek podstatné vytvrzení oceli a zvětšení její křehkosti. Už by poté byla složitější výroba rotorových plechů. Z oceli třídy 11 probíhá výroba plechů snadno, do zásobníku se vloží několik stovek metrů ocelového plechu namotaného na zásobník a z něj je postupně odmotávána a v lisu jsou raženy potřebné rotorové plechy. Jelikož je křemíková ocel křehčí, nedá se namotat do zásobníku jako ocel třídy 11 a musela by se do lisu vkládat po deskách, což by přinášelo nemalé komplikace a také nižší efektivnost a produktivitu. Další nevýhoda spočívá ve větší tvrdosti křemíkové oceli, to by mělo za následek nadměrné opotřebovávání razících hlav a častou a nákladnou výměnu. Tyto negativa mají za následek setrvání u stávající a velice používané hlubokotažné oceli třídy 11 určené k výrobě rotorových plechů.

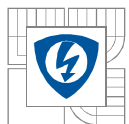
Další inovace rotoru jsou již spíše v důsledku nepřínosné a takto pojatý rotor bude dozajista plně vyhovovat všem kladeným nárokům a nebude zdrojem základních problémů. Jediná možnost inovace by byla zaměřená ke zmenšení rotorových ztrát, této problematice se věnuje kapitola 4.3.

4.2 INOVACE STATORU MOTORKU

Na statoru se naskytují již větší možnosti inovace, nebo způsoby jednoduššího a ekonomičtějšího postupu výroby. Zaměříme-li se nejprve na inovaci samotnou, máme před sebou jasný směr. Je to volba lepších materiálů permanentních magnetů. Neboť na jejich kvalitě a intenzitě magnetického pole se odvozují veškeré výkonnostní charakteristiky finálního motorku. Někdo může namítnout, proč se zde nepoužijí pro tvorbu magnetického pole statoru cívký, například jak je tomu u různých stejnosměrných motorek, ať sériově (například startér) nebo paralelně buzených. Tato koncepce by byla zde nevýhodná, protože je obtížnější na výrobu, disponuje většími rozměry a je v ní použito větší množství měděných vodičů, které nejsou nikterak levné a hlavně jsou zdrojem ztrát. Tyto negativa vedou k použití statorových permanentních magnetů.

4.2.1 NdFeB MAGNETY

Dnes se začínají používat neodymové magnety, přesněji NdFeB jsou směsí Neodymu, Železa a Boru. Tyto magnety nabízejí nejlepší poměr ve srovnání výkonu a ceny. Ještě do nedávné doby byly nejsilnějšími známými permanentní magnety materiály na bázi samaria a kobaltu. V současné době byly však překonány materiálem jehož chemické složení je $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Tento materiál je v současnosti nejnovějším a nejsilnějším typem magnetu s vynikajícími magnetickými vlastnostmi a vůbec nejvyšší vnitřní energií jako je remanence a energetická hustota. Magnety uvedeného typu jsou schopny unést více než tisícinásobek vlastní váhy a magnet o velikosti malé mince tak může udržet železný předmět



o hmotnosti kolem 10kg. Zajímavé je, že i výrobní cena těchto magnetů je nižší než u Samarium-kobaltových magnetů. Vzhledem ke své síle jsou poměrně levné a malé. Velice snadno korodují, proto je potřeba u nich provést povrchovou úpravu nejčastěji niklováním, zinkováním nebo pryskyřicí. Jejich další nevýhodou je malá tepelná odolnost oproti magnetům Samarium-kobaltovým. Naopak magnety NdFeB mají dobrou odolnost proti působení vnějšího demagnetizačního pole kvůli jejich vysoké koercitivitě. Proto jsou tyto magnety obzvláště vhodné pro elektromechanické aplikace.

Výroba NdFeB magnetů

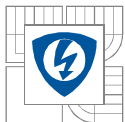
Bloky neodymových magnetů jsou obvykle vyráběny procesem práškové metalurgie. Neodymový prach o velikosti několika mikronů je produkován v atmosféře inertního plynu a pak následně stlačen v tuhé ocelové nebo gumové formě. Kaučuková forma je zpevněná na všech stranách kapalinou a ta předává tlak pro isostatické slisování. V ocelových formách jsou produkovány magnety finálních tvarů, zatímco v gumových formách jsou produkovány velké bloky (tzv. bochníky), které jsou pak následně děleny na konečné tvary. Magnetický výkon slitiny je optimalizován tím, že je používáno silného magnetického pole před a během lisovacího procesu. Toto pole určí směr magnetizace tzv. orientaci Weissových domén. Srovnání částíček vyplývá z anizotropní povahy slitiny a velice zlepšuje remanentní magnetickou indukci a ostatní magnetické charakteristiky permanentního magnetu. Po vylisování a spečení dosáhnou plně tuhé konzistence a začnou se chovat jako permanentní magnety. Vylisované magnety takto dosáhnou finálních rozměrů, ale magnety lisované v gumových formách do tzv. „bochníků“ se obvykle srovnají na velkých mlýncích a pak následně „nakrájí“ na finální tvary.

Povrchová úprava NdFeB magnetů

NdFeB magnety podléhají velice rychle korozi. Lakování a pokovení jsou jedny z možností jak chránit magnet před okolním prostředím. Velice rychlá oxidace vyžaduje pečlivou přípravu povrchu magnetu před nanesením laku nebo pokovením. Většina prostředků pro povrchovou úpravu není schopna tuto slitinu magnetu povrchově upravit. Slitina NdFeB nepřijme pokovení tak jako ostatní slitiny kovů a to má za následek, že začne korodovat zevnitř směrem na povrch magnetu. Způsob povrchové úpravy tohoto typu magnetu je: zinkem, niklem, epoxidovou pryskyřicí, stříbrem a nebo zlatem.

Povlakování plastem

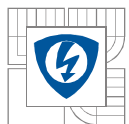
Převážně používané povrstvení parylenem (příp. epoxidovou pryskyřicí) je vhodné pro veškeré feromagnetické materiály a vytváří těsný a uzavřený povlak. Povrstvení skýtá účinnou ochranu vůči korozi a vlhkosti, neboť váže volné částice na povrchové ploše. Zůstane stabilní při trvalé teplotě ve vzduchu do 110°C, nebo při absenci kyslíku do 220°C. Povlakování se provádí



při pokojové teplotě, tím jsou vyloučena termická poškození permanentních magnetů. Ani během úpravy ani po úpravě nevznikají odpadní plyny nebo odpadní vody, zatěžující životní prostředí.

Rizika a nevýhody NdFeB magnetů

Neodymové magnety ztrácejí magnetické vlastnosti již při teplotě nad 80 °C, zatímco běžné ferritové magnety jsou použitelné i při teplotách kolem 300 °C. Jejich vysoká magnetická síla může způsobit vymazání dat na magnetických záznamových médiích(disketa, pevný disk, VHS), ale i na bankovních kartách, znemožnit funkci některých zařízení jako elektroměrů, vodoměrů, nebo poškození obrazovek počítačových monitorů typu CRT.



4.2.2 STATOROVÉ NdFeB MAGNETY

Z výše uvedených vlastností tohoto typu permanentního magnetu se nabízí jedna zásadní myšlenka. Jelikož jsou tyto magnety podstatně silnější než jejich předchůdci, tak nám poskytují možnost vyrobit výkonnější elektromotorky při zachování původních vnějších rozměrů motorku. A nebo druhá a jistě zajímavější varianta je, zachování výkonových parametrů motorku, ale zmenšení rozměrů a tím i celkové hmotnosti. Což v důsledku přinese úsporu materiálů, tudíž i finančních nákladů na výrobu a v neposlední řadě i úsporu místa v automobilu. Tato druhá možnost je jistě pro většinu automobilek zajímavější, neboť instalace stěračového motorku disponujícího větším výkonem je zbytečná.

Zásadním negativem používání statorových neodym-železo-bórových permanentních magnetů je obtížná kompletace statorového celku. Tyto magnety disponují velice silným magnetickým polem a proto je k zasunutí do statorového těla zapotřebí vhodného stroje, například lisu.

4.2.3 POUŽITÍ PŘESNÝCH BEZEŠVÝCH TRUBEK

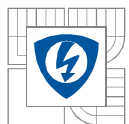
Přesné bezešvé trubky by se daly lehce použít při konstrukci statorového celku, neboť se jedná o normované a přesné trubky s konstantním vnějším i vnitřním průměrem. Vezmeme-li v úvahu výše uvedený aspekt o různých délkách rotorů dle požadovaného záběrného motoru, tak zde máme možnost dělat statorové kostry libovolných délek. Bezešvé trubky se prodávají v délkách i 12m, ze kterých se dají tyto kostry lehce nařezat.

Rozsah použití přesných bezešvých trubek

Především při výrobě přístrojů, nádrží, stavbě potrubí, ve všeobecném strojírenství při stavbě různých zařízení. Trubky jsou určeny pro zvláště vysoké namáhání. Přípustný provozní tlak není u těchto trubek obvykle omezen. Provozní teplota je nejvýše 300°C. Hranice použitelnosti a ostatní údaje uvedené v této normě platí, pokud v případě ve zvláštních oborech použití není stanoveno jinak.

Způsob výroby a dodávaný stav

Pokud není při objednávání stanoveno jinak, je způsob výroby ocele ponechán na výrobcu. Trubky se vyrábějí válcováním za tepla nebo za studena, lisováním za tepla nebo lisováním za tepla a tažením za studena. Trubky vyráběné tvářením za tepla se dodávají ve stavu po tvářením (válcování). Pro dosažení předepsaných mechanických a technologických vlastností se případně provádí normalizační žíhání. Pokud je normalizační žíhání předepsáno v objednávce označí se písmenem „N“ za značkou oceli. Trubky válcované nebo tažené za studena se dodávají ve stavu normalizačně žíhaném. Trubky mohou být dále určeny pro následnou úpravu povrchu (zinkování, emailování).



Svařování a svařitelnost

Trubky z ocelí uvedených v této kategorii lze svařovat tavným způsobem plamenem nebo elektrickým obloukem nebo svařovat natupo odtavováním. Svařitelnost nezávisí pouze na značce oceli, nýbrž též na podmínkách pro svařování, na konstrukci a provozních podmínkách svařovaného dílu.

Jakost povrchu a těsnost

Trubky musí mít hladký, způsobu výroby odpovídající, vnitřní a vnější povrch. Nepatrné nepravidelnosti povrchu, jako jsou např. vyvýšeniny, prohlubně nebo mělké rýhy vzniklé při výrobě jsou přípustné, pokud zbývající tloušťka stěny nepodkročí spodní hranici dovolených mezních odchylek tloušťky stěny a nepravidelnosti nejsou na závalu použitelnosti. Vady nepatrné hloubky lze přiměřeným způsobem odstraňovat, pokud zbývající tloušťka stěny nepodkročí spodní hranici dovolených mezních odchylek tloušťky stěny. Temování povrchových vad není dovoleno.

Trubky musí vyhovět zkoušce na těsnost vnitřním přetlakem. Alternativně lze použít vhodnou metodu nedestruktivního zkoušení, např. elektromagnetické zkoušení pomocí vířivých proudů.

Způsob odběru a provedení zkoušek

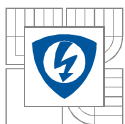
1) Technologické zkoušky- provádí se do tloušťky stěny ≤ 40 mm. U zkoušky smáčknutím se zkouška smáčkne tak, aby bylo dosažena vzdálenost desek H pro kterou platí:

$$H = \{(1 + c) \cdot s\} : \{c + s/d_a\}$$

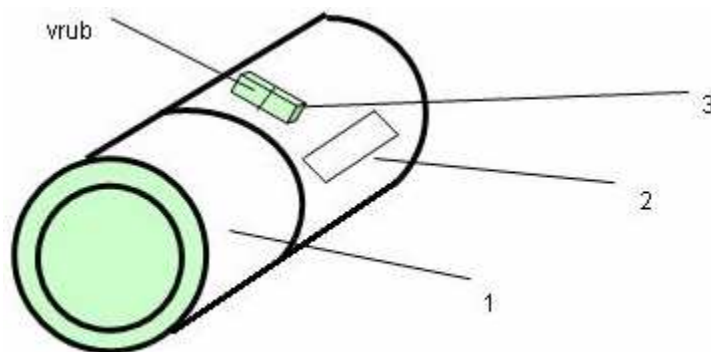
s = tloušťka stěny v mm, d_a = vnější průměr v mm, c = konstanta, která má hodnotu 0,09 pro ocel St 37.4 a 0,07 pro oceli St 44.4 a St 52.4. Jeli poměr c/d_a větší než 0,15 snižuje se c o 0,01. U zkoušky rozšiřováním se měří též změna průměru rozšířené trubky v okamžiku lomu. Podle vzhledu lomu a lomových ploch se hodnotí také tvařitelnost.

2) Zkouška tahem- odebraná zkouška (pruh) se tepelně nezpracuje a v délce odpovídající měřené délce se nerovná. Podle volby výrobce lze zkoušku tahem provést na celé trubce. Při tloušťce stěny nad 30 mm lze zkoušku provést na kruhovém zkušební tělese, které se odebraném ve vzdálenosti $\frac{1}{4}$ tloušťky stěny směrem od povrchu. U trubek s vnějším průměrem ≥ 200 mm lze, pokud to hmotnost trubek bez rovnání dovoluje, odebrat všestranně opracovaná kruhová nebo plochá zkušební tělesa kolmo k podélné ose trubky. Pro zkoušku tahem se obvykle odebírají krátká, proporcionální zkušební tělesa.

3) Zkouška rázem v ohybu- odebírá se sada tří zkušebních těles kolmo k podélné ose trubky pro zkoušku rázem v ohybu ISO-V, pokud to hmotnost trubky bez rovnání odebraných zkoušek



dovoluje. V opačném případě se zkoušky odebírají ve směru podélné osy trubky. U trubek s tloušťkou stěny > 30 mm se podélná osa zkoušky musí nacházet ve vzdálenosti $\frac{1}{4}$ tloušťky stěny směrem od povrchu. Zkušební tělesa se vypracují tak, aby osa vrubu byla kolmá k povrchu trubky. [10]



Obr. 26 Způsob odběru vzorku z bezešvé přesné trubky

Značení trubek

Každá trubka dodávaná podle této nory musí být zřetelně a trvanlivě značena na jednom konci následujícím způsobem:

- značkou výrobce,
- zkratkou značky oceli doplněné písmenem N v případě, že byla dohodnuta dodávka ve stavu normalizačně žíhaném,
- doplňkovým označení písmenem S, pro bezešvé trubky,
- označení pro provedené nedestruktivní zkoušení,
- znak přejímače, byla-li dohodnuta přejímka,

Značení se obvykle provádí ražením. U trubek malých průměrů, nebo tenkostěnných je možný i jiný způsob ražení např. potiskem nebo pomocí štítků připevněných ke svazku. [10]

4.2.4 LOŽISKA

U takovýchto motorků se dnes převážně využívá k uložení rotoru kluzná pouzdra (neboli kluzná ložiska). V převážné většině se jedná o pouzdra bronzová. Kluzná ložiska mají podobně jako valivá za úkol navzájem podpírat pohyblivé díly nebo je vést. Přitom musí zachycovat vznikající síly a přenášet je. Zatímco u valivých ložisek jsou prvky uložení navzájem odděleny rotujícími díly (valivými tělesy), u kluzných ložisek se pohyblivý díl pohybuje po kluzné ploše pevně stojícího ložiskového pouzdra, ložiskové pánvi nebo po kluzném pásu – většinou po hřídeli, po čepu nebo po liště. Kluzný pohyb většinou probíhá přímo mezi kluznou vrstvou tělesa ložiska a uloženým dílem. Mazání se zajišťuje uloženými mazivy nebo pomocí pevné vrstvy nanesené na opěrném tělesu. Při radiálním pohybu zajišťuje pohyblivost dílů spojených kluzným ložiskem vůle ložiska mezi hřídelí a kluznou vrstvou.



Obr. 27 Kluzná ložiska[11]

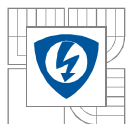
Dnešní moderní valivá ložiska mají menší třecí ztráty, neboť jsou složena dvou dopravních kroužků ložiska s integrovanými valivými drahami. Mezi kroužky jsou uspořádána valivá tělesa, která se odvalují po valivých drahách. Jako valivé těleso se používají kuličky, cylindrické válečky, jehlové válečky, kuželíkové válečky a soudečkové válečky. Klec vede zpravidla valivá tělesa, přidržuje je ve stejnoměrné vzájemné vzdálenosti a brání, aby se navzájem dotýkaly. U jehlových ložisek a bezokrajových naklápacích ložisek zajišťuje klec navíc správnou polohu osy valivého tělesa. Jestliže lze ložiska demontovat, klec přidržuje valivá tělesa pohromadě a usnadňuje tak montáž ložisek.

Další výhoda valivých ložisek spočívá ve vymezení axiální vůle rotoru. Pokud valivé ložisko nalisujeme na rotor a uchytíme do vík statoru nebo do skříně šnekového převodu, zamezíme tak axiálnímu pohybu rotoru a tím vymezíme jeho vůli. V tomto případě se jeví jako nejideálnější použít radiální kuličkové ložisko.



Obr. 28 Kuličková ložiska[11]

Ale zde nám vyvstává otázka, jestli se použití kuličkových ložisek negativně neprojeví na výsledné ceně motorku. Nejspíš ano, zde už záleží na konkrétním výrobci motorku, jestli je ochotný investovat do výroby. A další otázka je, jestli se takto inovovaný motorek ve výsledku bude prodávat. Je zde jedna možnost a tou je kombinace kluzných a valivých ložisek. Jedno, nejspíš středové ložisko by mohlo být valivé, to by obstarávalo vymezení axiální vůle a usazení rotoru vůči skříni šnekového převodu a zbylé dvě ložiska na koncích by byla kluzná.



4.3 ZTRÁTY

Připojíme-li jakýkoliv spotřebič ke zdroji elektrické energie, počne vykonávat nějakou práci. Konkrétně u elektrických motorků se jedná o rotační pohyb rotoru, na kterém můžeme pomocí vhodných přístrojů změřit výstupní výkon stroje. V tuto chvíli je každému jasné, že výstupní výkon musí být nižší než vstupní příkon. A rozdíl těchto dvou hodnot se dá označit jako suma ztrát v konkrétním elektrickém stroji. Ztráty jsou vlastně takovým negativním elektrotechnickým projevem, čím větší máme na stroji ztráty, tím je nižší výsledná účinnost. Zde by mohl být i jistý směr inovace motorku zaměřený na snížení ztrát a tím zvýšení jeho účinnosti. U střeračového motorku se jedná o stejnosměrný stroj buzený permanentními magnety na statoru, z čehož nám vyplývá, že majoritní ztráty vznikají v rotoru. Blíže se dají tyto rotorové ztráty dělit na ztráty v mědi a ztráty v železe.

Ztráty v mědi vznikají v rotorovém měděném vinutí, jsou způsobené vlastním odporem mědi. Při průchodu pracovním proudem tímto vinutím vzniká teplo a to se vychlazuje to rotorových plechů. Možnost jak snížit odpor vinutí je volba jiného materiálu pro výrobu samotného vinutí. Jediná možnost je použití stříbrných vodičů, však zde je naprosto jasné, že cena stříbrného vinutí by byla astronomická v porovnání se stávajícím měděným vinutím.

Při působení střídavého magnetického pole dochází v magnetických materiálech vlivem neustálého přemagnetovávání ke ztrátě energie, která je příčinou zpoždění vektoru magnetické indukce B za vektorem intenzity působícího magnetického pole H o ztrátový úhel δ a je provázena ohřevem látky. Celkové ztráty jsou tvořeny součtem několika druhů ztrát různé fyzikální podstaty. Jde v podstatě o ztráty hysterezní P_h ztráty vířivými proudy P_v a ztráty magnetickým zpožděním P_z . Celkové ztráty

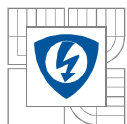
$$P = P_h + P_v + P_z$$

Ztráty hysterezní jsou způsobeny pochody při změnách doménové struktury v magnetickém poli a jsou přímo úměrné stupni deformace krystalické mřížky daného feromagnetika. Velikost těchto ztrát je přímo úměrná kmitočtu f působícího magnetického pole a velikosti plochy statické hysterezní smyčky. Platí:

$$P_h = V \cdot f \cdot S_{hs}$$

kde V je objem látky a S_{hs} je plocha statické hysterezní smyčky, vyjádřená s ohledem na měřítko os B (T) a H (A.m⁻¹) v J.m⁻³. Hysterezní ztráty nejsou závislé na časovém průběhu magnetické indukce, průběh však musí v každé půlperiodě vykazovat jen jedno maximum nebo minimum.

Ztráty vířivými proudy jsou způsobeny průchodem indukovaných proudů feromagnetikem. Vířivé proudy se indukují ve vodivém materiálu při střídavém magnetování. Podle Lenzova zákona působí proti střídavému magnetickému toku, který byl příčinou jejich vzniku. Velikost těchto ztrát je značně ovlivněna tloušťkou feromagnetika a jeho rezistivitou (měrným elektrickým odporem). Ztráty vířivými proudy jsou úměrné rozdílu plochy dynamické a statické hysterezní smyčky. Platí:



$$P_v = V \cdot f \cdot (S_{hd} - S_{hs})$$

kde S_{hd} je plocha dynamické hysterezní smyčky ($J \cdot m^{-3}$). Ztráty vířivými proudy jsou závislé na časovém průběhu magnetické indukce.

Ztráty magnetickým zpožděním jsou způsobeny difúzními pochody v krystalické mřížce. Jsou hlavní složkou ztrát u magneticky měkkých feritů v oblasti nízkých intenzit magnetického pole. U feritů se jedná o difúzi elektronů, která vzniká přesuny elektronů mezi ionty krystalické mřížky. Elektrony se při přesunech snaží sledovat změnu magnetického pole. Zvýší-li se kmitočet nad mez, kdy elektrony nestačí již sledovat změny magnetování, dojde k utlumení magnetizačních pochodů a podstatnému vzrůstu ztrát. Protože difúzní pochody jsou závislé na teplotě, mění se kritický kmitočet s teplotou.

V silnoproudé elektrotechnice, kde převažují ztráty hysterezní a vířivými proudy, lze celkové ztráty vyjádřit pomocí empirického vztahu:

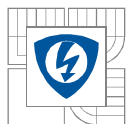
$$P = P_h + P_v = V \cdot f \cdot \eta' \cdot B_m^n \cdot 4/3 \cdot V / \rho \cdot (K \cdot h \cdot f \cdot B_m)^2$$

v němž η' je tzv. Steinmetzův hysterezní činitel závislý na druhu feromagnetika, n mocninový činitel mající hodnotu 1,6 až 3, ρ rezistivita (měrný elektrický odpor feromagnetika), h tloušťka vzorku, B_m maximální indukce ve vzorku a K je činitel tvaru křivky indukovaného napětí. Činitel tvaru je roven poměru efektivní a střední hodnoty napětí.

Velikost ztrát je často vyjadřována formou tzv. měrných ztrát p ($W \cdot kg^{-1}$). Měrné ztráty $p_{1,0}$ a $p_{1,5}$ jsou definovány jako ztráty, vznikající ve feromagnetiku při střídavém magnetování, je-li maximální hodnota magnetické indukce rovna $B = 1$ T nebo 1,5 T a kmitočet magnetického pole $f = 50$ Hz; měrné ztráty představují ztráty vztažené na jednotkovou hmotnost feromagnetika, pak platí:

$$P = p / m$$

kde P (W) jsou celkové ztráty a m (kg) je hmotnost feromagnetika. [8]



5 ZHODNOCENÍ – ZÁVĚR

V dnešním automobilu se nachází veliký počet elektromotorků, které lze inovovat, ale nabízí se zde otázka, je-li to vůbec vhodné inovovat motorek, který buď nemá důležitou funkci a nebo jeho využití je jen občasné. Jedná se například o větší část komfortních systémů, elektrický posun sedaček, nastavení zrcátek, atd. Tyto motorky se využívají jen občas.

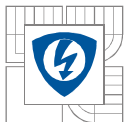
Mezi často používané motorky můžeme zařadit například spouštěč, centrální zamykání, stěračový motorek, motorek ventilace, elektrické ovládání oken, elektrické střešní okno. Kromě spouštěče se jedná o stroje menších výkonů (odběrů). Nejpravděpodobnější možnosti inovací jsou:

- Používání nových materiálů permanentních magnetů
- Materiály se sníženými ztrátami
- Stroje s buzením permanentními magnety
- Bezkomutátorové spouštěče

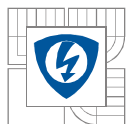
V této diplomové práci jsme si nejprve přiblížili základní skupiny automobilových elektromotorků, které jsme si následně i blíže představili. Kapitola 2.1.1 byla podrobně věnována startéru. Představili jsme si zásadní konstrukční modely dnešních i minulých startérů a ukázali si, jak funguje zasouvání pastorku do věnce setrvačníku.

Kapitola 3 byla již plně věnována stěračovému motoru, který jsme si představili po částech. Tím jsou myšleny například rotor, stator, ozubený globoidní šnekový převod a v neposlední řadě například skříň převodového ustrojí. Nejprve jsme vycházeli z prototypového motoru vyrobeného firmou APS, Světlá nad Sázavou a.s. ve spolupráci FEKT VUT Brno. Následně jsme si uvedli možné způsoby inovace tohoto stěračového motoru. Základní možnosti jsou použití lepších materiálů na výrobu permanentních statorových magnetů, ty budou nejpravděpodobněji vyrobeny z NdFeB. Inovované magnety by disponovaly silnějším magnetickým polem a tedy by měly za následek větší výkony při zachování rozměru. Avšak v našem případě budeme chtít zachovat dostačující výkon a zmenšíme velikost a hlavně hmotnost motoru. Další možnost inovace je použití přesných bezešvých trubek na výrobu statoru, která by zásadně ulehčila jejich dosavadní výrobu. V neposlední řadě zde uvažujeme vliv elektrických a mechanických ztrát v motoru a jsou uváděny i možnosti jejich eliminace.

Nabízí se zde ještě jeden možný způsob inovace elektrické výzbroje automobilu, jde o palubní napětí. Na první pohled se zdá, že můžeme uvažovat o libovolném napětí v automobilové síti, ale normou stanovené bezpečné napětí nám dovoluje uvažovat jen o maximálně možném napětí do 50V. Je zapotřebí si rovněž uvědomit, že případné vyššího napětí by vedlo k nutnosti použití kvalitních izolací, nových bezpečnostních konstrukčních řešení zabraňujících styku s tímto napětím. To by se negativně projevilo na finální ceně automobilu. Mezi výhody použití patří bezesporu větší účinnost alternátoru, snižuje potřebu vysokých proudů pro daný výkon, motorky by na této napěťové hladině dosáhly stejných parametrů při menších

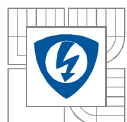


rozměrech. Zvýšení palubního napětí má však i své nevýhody, největší je asi problém s životností světelných zdrojů, které mají poté nižší životnost, dále se vyskytuje problém s autobateriemi. Z uvedených výhod a nevýhod vyplývá, že optimální řešení je použití sítě, ve které budou přístupné různé úrovně napětí. Jako perspektivní se ukazuje kombinovaná síť 14/42V.



LITERATURA

- [1] HÁJEK, V. Automobilová elektrotechnika a elektronika. *Automobilová elektrotechnika 2005*, Brno 2005
- [2] JAN, Z, KUBÁT, J, ŽDÁNSKÝ, B. Elektrotechnika motorových vozidel 2. Avid s.r.o. Brno, 3. vydání, 2006
- [3] ČECH, J. Alternátor. *Podrobný popis*, [on line]. 2002
<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=380>.
- [4] RŮŽIČKA, R. Startér s reduktorem pro Š120. *Použití startéru s reduktorem pro vozidla řady 742,743*, [online]. 2000.
<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=154>.
- [5] KOPECKÝ, J. Spouštěč. *Údržba, demontáž, montáž*, [online]. 2000
<http://skoda.panda.cz/clanek.php3?id=120>.
- [6] Projekt MPO, reg. číslo FR – TI1/069, řešitelé APS SVĚTLÁ NAD SÁZAVOU a.s. a VUT – FEKT, 2008.
- [7] KUBÍN, Pavel. *Elektrická zařízení osobních automobilů*. Praha : SNTL, 1985. 352 s.
- [8] ČUPERA, Jiří; ŠTĚRBA, Pavel. *Autoelektronika*. Brno : CPress, 2010. 280 s.
- [9] MOTEJL, Vladimír, et al. *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů*. Brno : Littera, 1998. 504 s.
- [10] ThyssenKrupp Ferrosta [online]. 2005 [cit. 2010-05-13]. Přesné bezešvé trubky. Dostupné z WWW: < <http://www.thyssenkrupp-ferrosta.cz/automotive-presne.php> >.
- [11] EXVALOS [online]. 2005 [cit. 2010-05-13]. Ložiska SKF. Dostupné z WWW: < <http://www.exvalos.cz/> >.



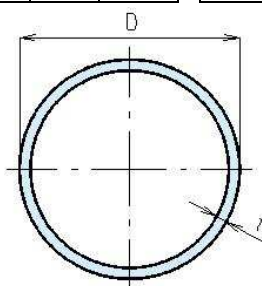
PŘÍLOHY

Příloha 1 - Rozměry přesných trubek tažených za studena.

D (mm)	t (mm)	G (kg/m)	D (mm)	t (mm)	G (kg/m)	D (mm)	t (mm)	G (kg/m)	D (mm)	t (mm)	G (kg/m)	D (mm)	t (mm)	G (kg/m)
12,0	1,00	0,271	26,0	1,00	0,617	37,0	2,00	1,726	52,0	2,50	3,052	73,0	2,50	4,347
13,0	1,00	0,296	26,0	1,50	0,906	37,0	2,50	2,127	52,0	3,00	3,625	73,0	3,00	5,179
13,5	1,00	0,308	26,0	2,00	1,184	38,0	1,50	1,350	55,0	2,00	2,614	73,0	3,50	5,999
14,0	1,00	0,321	26,0	2,50	1,449	38,0	2,00	1,776	55,0	2,50	3,237	75,0	2,00	3,601
15,0	1,00	0,345	27,0	1,00	0,641	38,0	2,50	2,189	55,0	3,00	3,847	75,0	2,50	4,470
15,0	1,50	0,499	27,0	1,50	0,943	38,0	3,00	2,589	55,0	4,00	5,031	75,0	3,00	4,957
15,0	2,00	0,641	27,0	2,00	1,233	40,0	1,50	1,424	55,0	4,50	5,604	75,0	3,50	6,172
16,0	1,00	0,370	28,0	1,00	0,666	40,0	2,00	1,874	56,0	4,00	5,130	80,0	2,00	3,847
16,0	1,50	0,536	28,0	1,50	0,980	40,0	2,50	2,312	57,0	2,00	2,713	80,0	2,50	4,778
16,0	2,00	0,691	28,0	2,00	1,282	40,0	3,00	2,737	57,0	2,50	3,360	80,0	3,00	5,697
17,0	1,00	0,395	28,0	2,50	1,572	41,0	1,50	1,461	57,0	3,00	3,995	80,0	5,00	9,248
17,0	1,50	0,573	29,0	1,00	0,691	41,0	2,00	1,924	58,0	2,00	2,762	83,0	2,00	3,995
17,0	2,00	0,740	29,0	1,50	1,017	41,0	2,50	2,374	58,0	2,20	3,027	85,0	2,00	4,094
17,5	1,50	0,592	29,0	2,00	1,332	41,0	3,00	2,811	58,0	2,50	3,422	85,0	2,50	5,086
18,0	1,00	0,419	30,0	1,50	1,054	42,0	1,50	1,498	58,0	3,00	4,069	85,0	3,00	6,067
18,0	1,50	0,610	30,0	2,00	1,381	42,0	2,00	1,973	60,0	2,00	2,861	89,0	2,00	4,291
18,0	2,00	0,789	30,0	2,50	1,695	42,0	2,50	2,435	60,0	2,50	3,545	89,0	2,50	5,333
19,0	1,00	0,444	30,0	3,00	1,998	42,0	3,00	2,885	60,0	3,00	4,217	89,0	3,00	6,363
19,0	1,20	0,527	31,0	1,50	1,091	43,0	1,50	1,535	60,0	3,50	4,877	90,0	2,00	4,340
19,0	1,50	0,647	31,0	2,00	1,430	43,0	2,00	2,022	61,0	2,50	3,607	90,0	2,50	5,395
19,0	2,00	0,835	32,0	1,50	1,128	43,0	2,50	2,497	61,0	3,00	4,291	90,0	3,00	6,437
20,0	1,00	0,469	32,0	2,00	1,480	43,0	3,00	2,959	61,0	3,50	4,963	92,0	3,00	6,585
20,0	1,50	0,684	32,0	2,50	1,819	45,0	1,50	1,609	65,0	2,00	3,107	92,0	3,50	7,639
20,0	2,00	0,888	32,0	3,00	2,146	45,0	2,00	2,121	65,0	2,50	3,853	92,0	5,00	10,728
21,0	1,00	0,493	33,0	1,50	1,165	45,0	2,50	2,620	65,0	3,00	4,587	95,0	2,00	4,587
21,0	1,50	0,721	33,0	2,00	1,529	45,0	3,00	3,107	65,0	4,00	6,017	95,0	2,50	5,703
21,0	2,00	0,937	33,0	2,50	1,880	46,0	1,50	1,646	66,0	2,00	3,157	95,0	3,00	6,807
21,4	2,00	0,957	33,0	3,00	2,220	46,0	2,00	2,170	66,0	2,50	3,915	95,0	5,00	11,098
22,0	1,00	0,518	34,0	2,00	1,578	46,0	2,50	2,682	66,0	3,00	4,661	98,0	2,00	4,735
22,0	1,50	0,758	34,0	2,50	1,942	46,0	3,00	3,181	66,0	3,50	5,395	98,0	3,00	7,028
22,0	2,00	0,986	34,0	3,00	2,294	48,0	1,50	1,720	67,0	2,00	3,206	98,0	3,50	8,157
23,0	1,00	0,543	34,0	4,00	2,959	48,0	2,00	2,269	67,0	2,50	3,977	100,0	2,00	4,834
23,0	1,50	0,795	35,0	1,50	1,239	48,0	3,00	3,329	67,0	3,00	4,735	100,0	2,50	6,011
23,0	2,00	1,036	35,0	2,00	1,628	49,0	1,50	1,757	67,0	3,50	5,481	100,0	3,00	7,176
24,0	1,00	0,567	35,0	2,50	2,004	49,0	2,00	2,318	70,0	2,00	3,354	100,0	4,00	9,470
24,0	1,50	0,832	35,0	3,00	2,367	49,0	3,00	3,403	70,0	2,50	4,162	104,0	2,00	5,031
24,0	2,00	1,085	36,0	1,50	1,276	50,0	1,50	1,794	70,0	3,00	4,957	110,0	2,00	5,327

D....vnější průměr trubky

t....tloušťka stěny trubky



Příloha 2 - Schéma zapojení prototypového měniče

