

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

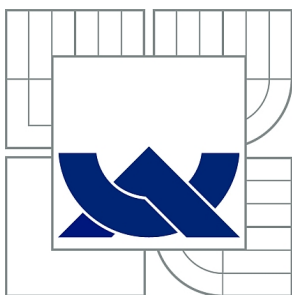
MECHANISMUS VYSOUVÁNÍ PASTORKU AUTOMOBILOVÉHO STARTÉRU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

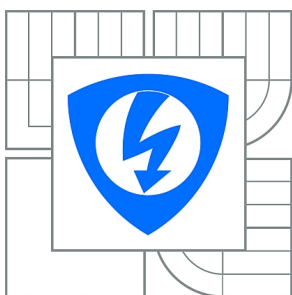
BC. Miloslav Sláma

BRNO 2015



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

MECHANISMUS VYSOUVÁNÍ PASTORKU AUTOMOBILOVÉHO STARTÉRU

EJECTION MECHANISM AUTOMOTIVE STARTER PINION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MILOSLAV SLÁMA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. VÍTĚZSLAV HÁJEK, CSc.

BRNO 2015



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. Miloslav Sláma

ID: 134403

Ročník: 2

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Mechanismus vysouvání pastorku automobilového startéru

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Na základě podkladů z literatury popište způsoby vysouvání pastorku automobilového startéru.
2. Zhodnoťte výhody a nevýhody jednotlivých řešení.
3. Analyzujte současně nejvíce používaný systém z hlediska spolehlivosti.
4. Navrhnete postup experimentálního zkoumání.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Koziej E., Mazsyny elektryczne pojazdów samochodowych. WNT Warszawa, 1984, ISBN 83-204-0515-7

[2] Hájek V., Kuchyňková H., Requirements and design of the starting system. XIV. International symposium on

Electrical Machines - ISEM 2006. ČVUT, Praha, 2006, s. 69 - 78, ISBN 80-01-03548-4

[3] Hájek V., Kuchyňková H.: Starter Motor Dimension. XLII International Symposium on Electrical Machines SME 2006. Cracow University of Technology, Poland, s. 99 - 102, ISBN 83-88309-36-6

[4] T. Denton, Automobile Electrical and Electronics Systems" Butterworth-Heinemann, Oxford 2001 ISBN 0-340-73195-8

Termín zadání: 22.9.2014

Termín odevzdání: 26.5.2015

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

Konzultanti diplomové práce:

Ing. Ondřej Vitek, Ph.D.

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 následků 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

Práce se zabývá popisem způsobů vysouvání pastorků automobilového startéru a zhodnocením výhod a nevýhod jednotlivých řešení. V první kapitole se práce zabývá principem činnosti stejnosměrných motorů a parametry spouštěčů. V druhé části práce jsou jednotlivé systémy teoreticky rozebrány z hlediska konstrukce a jejich výhod a nevýhod. Třetí část je zaměřena na nejpoužívanější systém, který je analyzován z hlediska spolehlivosti mechanické a elektrické. Posledním bodem práce je návrh experimentální analýzy startéru s výsuvným pastorkem.

Abstract

The thesis describes ways ejection pinions automotive starter and evaluation of the advantages and disadvantages of each solution. The first chapter deals with the principle of operation of DC motors and starters parameters. In the second part, the individual systems are theoretically discussed in terms of design and their advantages and disadvantages. The third part is focused on the most common system, which is analyzed in terms of mechanical and electrical reliability. The last point of the work is to design an experimental analysis Reach starter pinion.

Klíčová slova

Startér, Stejnosměrný motor, Pastorek, Permanentní magnety, Převod, Sériové buzení, Rotor, Kotva, Pákový systém

Keywords

Starter, Direct current motor, Gear pinion, Permanent magnets, Transfer, Serial activation, Rotor, Armature, Lever system

Bibliografická citace

SLÁMA, M. *Mechanismus vysouvání pastorku automobilového startéru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 61s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma mechanismus vysouvání pastorku automobilového startéru 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 20.5.2015

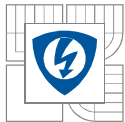
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Vítězslavu Hájkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji studentce Vendule Nechutové za pomoc při vypracování praktické části práce.

V Brně dne 20.5.2015

Podpis autora



Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
SEZNAM VELIČIN.....	11
ÚVOD	12
1 ZÁKLADY ELEKTRICKÝCH SPOUŠTĚČŮ	13
1.1 STEJNOSMĚRNÉ STROJE	13
1.1.1 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR.....	13
1.1.2 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR SE SÉRIOVÝM BUZENÍM.....	14
1.1.3 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR S PERMANENTNÍMI MAGNETY.....	15
1.1.4 DERIVAČNÍ A KOMPOUNDNÍ MOTOR.....	15
1.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY STARTÉRU	16
1.3 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ POŽADAVKY NA FUNKČNÍ STARTÉR	17
1.3.1 OBECNÉ POŽADAVKY NA STARTÉR.....	17
1.3.2 NEJČASTĚJŠÍ PORUCHY STARTÉRU	17
1.3.3 ZÁKLADNÍ ČASTI SPOUŠTĚČE.....	18
2 ZPŮSOBY VYSOUVÁNÍ PASTORKU STARTÉRU	21
2.1 ROZDĚLENÍ STARTÉRŮ	21
2.1.1 SYSTÉM S VÝSUVNÝM ROTOREM.....	21
2.1.2 SYSTÉM S VÝSUVNÝM PASTORKEM	23
2.1.3 SYSTÉM S VÝSUVNÝM PASTORKEM S VNITŘNÍM PŘEVODEM	30
2.1.4 SYSTÉM BENDIX	32
2.1.5 DYNAMOSPOUŠTĚČ.....	33
2.1.6 STARTÉRGENERÁTOR.....	34
3 ROZBOR STARTÉRU S VÝSUVNÝM PASTORKEM Z HLEDISKA SPOLEHLIVOSTI	36
3.1 ÚVOD.....	36
3.2 VLASTNOSTI SPOUŠTĚCÍ SOUSTAVY	36
3.2.1 VOLBA VHODNÉ VELIKOSTI AKUMULÁTORU A VÝKONU SPOUŠTĚČE	37
3.3 SPOLEHLIVOST ZASUNUTÍ PASTORKU	39
3.3.1 POROVNÁNÍ ZASUNUTÍ PASTORKU	39
3.4 VÝPOČET SÍLY NUTNÉ PRO ZASUNUTÍ PASTORKU	44
3.5 ELEKTRICKÁ SPOLEHLIVOST	48
3.5.1 KONTROLA ELEKTRICKÉHO SYSTÉMU	48
3.5.2 ELEKTROMAGNETICKÉ ZTRÁTY	48
3.5.3 CVAKÁNÍ SPÍNAČE NAPRÁZDNO	49
3.5.4 VYNECHÁVÁNÍ STARTÉRU.....	49
3.5.5 LEPENÍ KONTAKTŮ.....	49

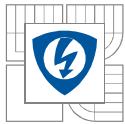


3.6 MECHANICKÁ SPOLEHLIVOST	50
3.6.1 KONTROLA MECHANICKÉHO SYSTÉMU	50
3.6.2 KONTROLA SPOUŠTĚČE PO OPRAVĚ.....	50
3.6.3 MECHANICKÉ ZTRÁTY	51
3.6.4 PROTOČENÍ STARTÉRU	52
3.6.5 POŠKOZENÍ PŘEVODŮ STARTÉRU	53
3.6.6 NEDOSTATEČNÝ VÝKON STARTÉRU	54
4 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO ZKOUMANÍ.....	55
5 ZÁVĚR.....	58
LITERATURA	60



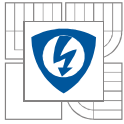
SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i>	<i>Uspořádání stejnosměrného stroje</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2</i>	<i>Stejnoseměrný motor se sériovým buzením</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3</i>	<i>Schéma zapojení motoru derivačního (vlevo) a kompoundního motoru (vpravo).....</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 4</i>	<i>Momentová spojka</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 5</i>	<i>Zapojení spouštěče s výsuvnou kotvou do obvodu.....</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 6</i>	<i>Startér s výsuvnou kotvou</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 7</i>	<i>Zapojení spouštěče s výsuvným pastorkem do obvodu</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 8</i>	<i>Zasouvání pastorku do záběru.....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 9</i>	<i>Pastorek je zasunut do záběru</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 10</i>	<i>Elektrické schéma zapojení startéru s výsuvným pastorkem</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 11</i>	<i>Zapojení dvoustupňového spouštěče s výsuvným pastorkem do obvodu</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 12</i>	<i>Startér dvoustupňový s výsuvným pastorkem.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 14</i>	<i>Planetový převod</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 13</i>	<i>Startér s vnitřním převodem</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 15</i>	<i>Startér se systémem Bendix.....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 16</i>	<i>Dynamospouštěč</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 17</i>	<i>Systém Start-Generátor firmy Siemens AG</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 18</i>	<i>Náhradní schéma spouštěcího obvodu</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 19</i>	<i>Uložení startéru pomocí třmenů a příruby</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 20</i>	<i>Zasouvání kotvy s pastorkem</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 21</i>	<i>Zasunutí kotvy s pastorkem do záběru.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 22</i>	<i>Klidový stav spouštěče s výsuvným pastorkem</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 23</i>	<i>Zasouvání pastorku spouštěče</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 24</i>	<i>Náraz zubu na zub.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 25</i>	<i>Elektromagnet.....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 26</i>	<i>Detail zešikmení zubů pastorku</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 27</i>	<i>Volnoběžka startéru</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 28</i>	<i>Sražení zubů pastorku.....</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 29</i>	<i>Schéma zapojení pro měření proudu a napětí</i>	<i>56</i>



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Význam
Co	kobalt
d	šířka kotvy elektromagnetu
D	šířka elektromagnetu
f	součinitel smykového tření
F_n	přítláčná síla
F_m	magnetomotorické napětí
F_t	třecí síla
J	proudová hustota
K_m	konstanta motoru
k_s	koeficient elektromagnetu
l	délka elektromagnetu
M	moment
M_k	krouticí moment
n	otáčky
N	počet závitů
PVC	polyvinylchlorid
R	poloměr
S_m	samarium
U_δ	magnetické napětí
z	pohyb kotvy
μ_0	permeabilita vakua



SEZNAM VELIČIN

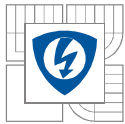
Zkratka	Veličina
°C	stupeň celsia, jednotka teploty
A	ampér, jednotka proudu
Hm ⁻¹	henry na metr
min ⁻¹	otáčky za minutu
mm	milimetr, jednotka délky
V	volt, jednotka napětí
W	watt, jednotka výkonu



ÚVOD

Startér patří do výbavy automobilu nemyslitelně již od roku 1912, kdy firma Cadillac nainstalovala toto zařízení do vozu Touring Edition. Od té doby procházel tento systém startování motoru automobilu revolucí, až do podoby ve které ho známe dnes. Tato diplomová práce je v první části zaměřena na funkci stejnosměrného motoru, který je srdcem každého startéru. Druhá část představuje všechny způsoby vysouvání pastorku automobilového startéru. Jejich technické řešení, výhody a nevýhody s nimi spojené.

Třetí a čtvrtá část je hlavním bodem této diplomové práce. Spouštěč s výsuvným pastorkem bude vyhodnocen z hlediska elektrické a mechanické spolehlivosti. V rámci spolehlivosti bude vypočítán přibližný krouticí moment potřebný pro tření pastorku startéru po věnci setrvačnicku. V návrhu experimentální analýzy bude největší pozornost věnována měření napětí a proudu naprázdno a v zátěži. Dále pak zátěžný moment, otáčky a výkon startéru.



1 ZÁKLADY ELEKTRICKÝCH SPOUŠTĚČŮ

1.1 Stejnoseměrné stroje

Spouštění motoru pomocí kliky bylo v historii omezeno rychlostí točení klikou, tak i dobou, po kterou byla schopna obsluha vyvinout dostatečný výkon. První elektromotor byl vyvinut v roce 1834 M. H. Jacobi v Petrohradě. V letech 1882-1883 byly ve Francii, Německu a Anglii v provozu první funkční elektromobily. V roce 1904 se na automobilové výstavě v Paříži objevil první elektrický spouštěč, který nezbudil žádnou pozornost a získal cenu útěchy.

První elektrický startér představila firma Cadillac v roce 1912 v sériovém voze Touring Edition. Jednalo se o startér, kde byl k točivému pohybu použit stejnosměrný motor se sériovým buzením, nebo s permanentními magnety. V roce 1914 získal R. Bosch patent Rushmorea na spouštěč s výsuvnou kotvou. Vedle elektrických spouštěčů se používaly i setrvačnickové spouštěče. Pomocí malého sériového elektromotoru, nebo ruční kliky, se roztočil malý setrvačnický přes převody na $18\,000\text{ min}^{-1}$. Po roztočení se setrvačnický připojil přes převody k motoru.

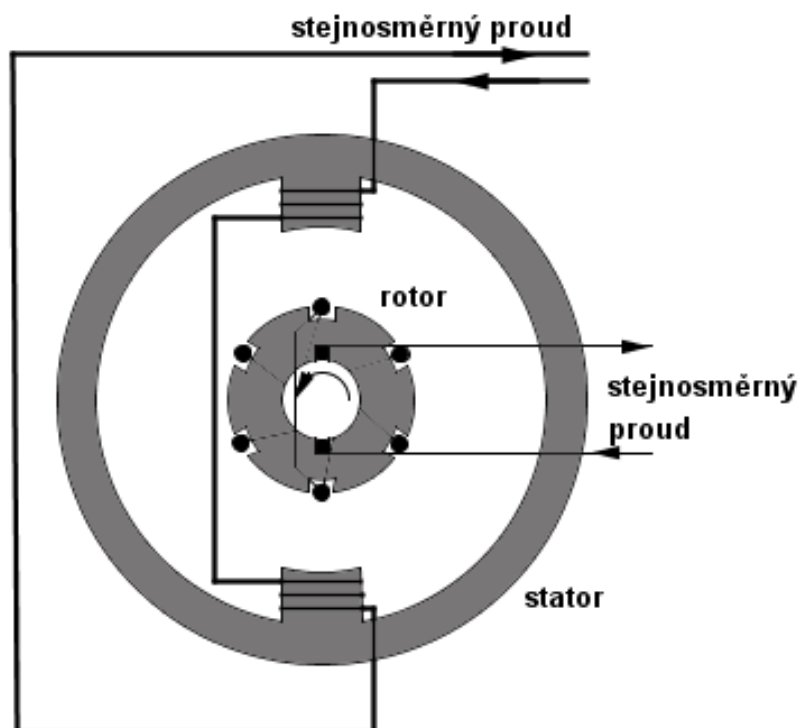
Otáčky nejsou při startu u všech motorů stejné. Dělí se podle typu spalování na zážehový, který potřebuje k roztočení $40\text{-}150\text{ min}^{-1}$ a na vznětový, kde vyžaduje $80\text{-}200\text{ min}^{-1}$. Velký vliv zde hraje i objem a výkon motoru, který musí startér roztočit. Pro osobní auta se používají startéry s výkonem $0,5\text{-}1,8\text{ kW}$. U nákladních automobilů může být použit i 9 kW startér. Kromě elektrických verzí se používají v menší míře také pneumatické a hydraulické startéry. Ty se dnes v praxi vyskytují spíše sporadicky.

1.1.1 Stejnoseměrný motor

Z historického hlediska jde o nejstarší druh motoru, který je díky svým specifickým vlastnostem používán dodnes. Používá se především k výrobě elektrické energie a přeměně elektrické energie na mechanickou. Lze je tedy použít jako v motorickém, tak i v generátorovém režimu. Stejnoseměrný motor má stejnou konstrukci jako dynamo.

Skládá se ze statické části – statoru a dynamické části - rotoru. Stator je tvořen odlitkem, kde je umístěn magnetický obvod. Do statorového pouzdra jsou pomocí šroubových spojů uchyceny hlavní póly magnetického obvodu. Na pólech je navinuto budící vinutí. Budící vinutí je opatřeno drážkami, kam se ukládá kompenzační vinutí. Mezi hlavní póly jsou umístěny pomocné póly s pomocným vinutím. Pomocné vinutí je spolu s kompenzačním vinutím zapojeno do série s vinutím rotoru. Tím je zajištěno potlačení reakce kotvy. Budící vinutí lze nahradit permanentními magnety.

Rotor je tvořen magnetickým obvodem nalisovaným na hřídeli. Obvod je tvořen svazkem plechů. Používají se především ke snížení ztrát v magnetickém obvodu během indukovaní napětí ve vinutí kotvy. Stejně jako u statoru, tak i u rotoru je magnetický obvod opatřen drážkami, kde je uloženo vinutí, připojené konci a začátky na komutátor.



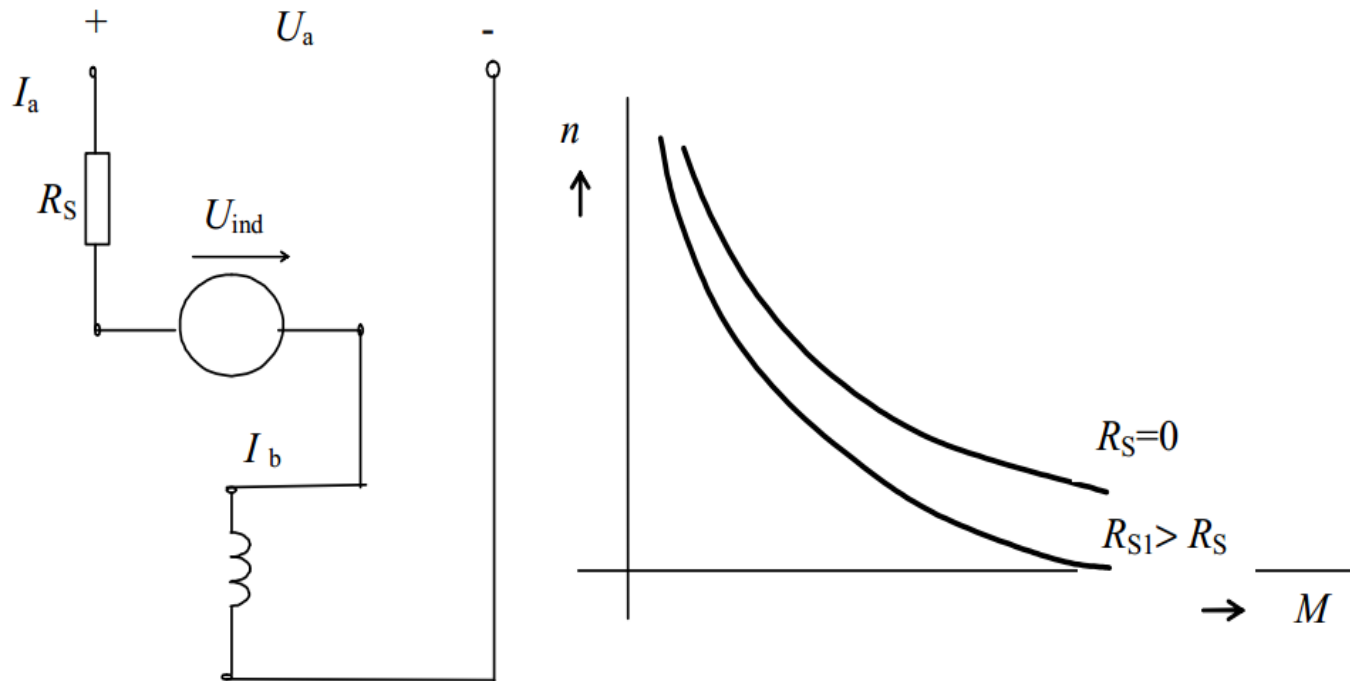
Obrázek 1 Uspořádání stejnosměrného stroje [2]

Velkou výhodou je schopnost pracovat na stejnosměrné, ale i střídavé napěti. Další výhodou jsou jejich malé rozměry, hmotnost a velký rozběhový moment. Proto se široce uplatnily jako pohony v malých domácích spotřebičích a v automobilismu jako startéry. Velkou nevýhodou je přítomnost kartáčů a komutátorů, které jsou příčinou poruch. [1]

1.1.2 Stejnoscerný motor se sériovým buzením

U stejnosměrného motoru se sériovým buzením je vinutí statoru připojeno sériově na stejný zdroj elektrické energie, jako je připojeno rotorové vinutí. Tímto dochází ke svázání buzení statorového magnetického pole a tedy jeho velikost v prostoru rotoru s rotorovým magnetickým polem. Vlastnosti rozběhu tohoto typu buzení lze řídit sériovým odporem umístěným v kotvě motoru. Moment je závislý na velikosti proudu, který prochází rotorem. Ze všech sériových motorů má největší rozběhový moment právě tento.

Otáčky lze snadno řídit pomocí odporu zapojeného sériově k vinutím statoru a rotoru. Pokud bude odpor zvětšován, zeslabí se magnetické statorové pole. Pro rozběh je nutné dbát podmínky nulové hodnoty sériového odporu. Závislost otáček na zatěžovacím proudu je hyperbolická a to tak, že s klesajícím zatížením otáčky vzrůstají. Proto nesmí motor běžet zcela odlehčený, protože by se vlivem odstředivých sil, které vznikají vysokými otáčkami, mohl poškodit. Při zvětšující se zátěži dochází k nárůstu společného proudu v kotvě i budícím vinutí, díky čemuž dojde ke snížení otáček a nárůstu točivého momentu. Maximální točivý moment motoru se tedy nachází při rozběhu motoru, což je ideální vlastnost pro startér. [1]



Obrázek 2 Stejnoseměrný motor se sériovým buzením [7]

1.1.3 Stejnoseměrný motor s permanentními magnety

Statorové vinutí je nahrazeno permanentními magnety. Jeho charakteristika leží mezi charakteristikami motoru derivačního a sériového. Stejnoseměrný motor s permanentními magnety můžeme označit za pohon, který je do automobilového startéru vhodnější než výše zmíněný motor se sériovým buzením. Je tomu tak především kvůli velké řadě výhod, jako je především velká spolehlivost jednoduchost konstrukce, malé rozměry i hmotnost, pokud jsou permanentní magnety vyrobeny z materiálu Sm-Co. Pravděpodobně největší výhodou je schopnost držet polohu i po odpojení od sítě.

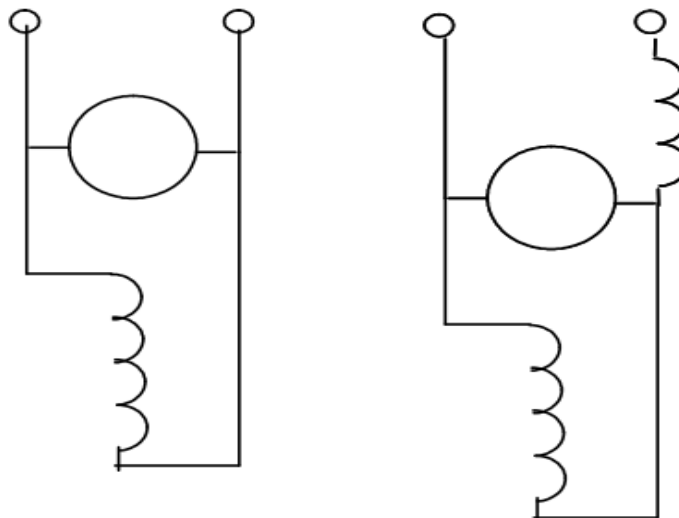
Nevýhodou je omezená možnost změny budícího magnetického toku. Pro velký točivý moment motoru je vyžadována velká hodnota K_m a pro velkou rychlost otáčení zase naopak malou hodnotu K_m . Pokud bychom chtěli dosáhnout obou stavů (konstantního magnetického toku) vznikly by neúnosně velké požadavky na elektrický zdroj. Proto dochází k technickým úpravám, aby se dosáhlo změny K_m v poměru 1:3. Řešení nabízí použití hybridního motoru. [1]

1.1.4 Derivační a kompoundní motor

U derivačního motoru jsou budící vinutí a vinutí rotoru zapojené paralelně. Použití tohoto elektromotoru jako startéru je nevhodné zejména z důvodu nevhodné charakteristiky. Princip motoru vychází z možnosti samostatné regulace proudu ve statorovém vinutí a vinutí rotoru. Změnou velikosti proudu se mění i magnetický tok a změnou vzájemného poměru magnetických toků je možno měnit otáčky a momentovou charakteristiku motoru.

Momentová charakteristika je podobná jako u motoru s cizím buzením, motor má však menší regulační rozsah. Oproti kompoundnímu motoru a sériovému motoru však lze dosáhnout téměř lineární závislosti momentu na otáčkách. Změna směru otáčení se provádí přepólováním statorového vinutí.

Motor kompoundní má dvě statorové vinutí, jak sériové tak i derivační. Jaké bude mít motor vlastnosti, se odvíjí od převládajícího druhu vinutí. Tento typ motoru se používá především pro startéry velkých výkonů, které jsou určené pro vznětové motory. Jeho rozběhový výkon je větší než u derivačních motorů. [1]

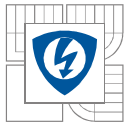


Obrázek 3 Schéma zapojení motoru derivačního (vlevo) a kompoundního motoru (vpravo) [7]

1.2 Základní parametry startéru

- 1) Jmenovité napětí
 - 12V – osobní a střední nákladní automobily
 - 24V – těžké nákladní automobily
 - 48V – velké stacionární motory a kolejová vozidla
- 2) Výkon
 - 150W – 800W – jednostopá vozidla
 - 500W – 1500W – osobní automobily
 - 2kW – 5kW – střední nákladní automobily
 - 5kW – 8kW – těžké nákladní automobily
 - více než 8kW – těžké motory a drážní vozidla
- 3) Spouštěcí otáčky
 - 40-150 min⁻¹ pro zážehové motory a vznětové motory s přímým vstřikováním
 - 80-200 min⁻¹ pro vznětové motory s nepřímým vstřikováním

K roztočení na tyto otáčky musí dojít za všech klimatických podmínek a musí být překonány všechny odpory spojené se samostatnou činností motoru. [1]



1.3 Základní technické požadavky na funkční startér

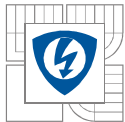
- pokud není spouštěč v činnosti, je nutné, aby byl pastorek bezpečně mimo záběr s ozubeným věncem na setrvačnicku
- není-li zasunutí zubu pastorku do ozubeného věnce na setrvačnicku dokonalé, nesmí být točivý moment velký, aby nedošlo k poškození věnce
- musí být zajištěno, aby k dokonalému zasunutí 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 motoru
- musí roztočit motor za všech klimatických podmínek
- pastorek musí zůstat zcela zasunutý po celou dobu spouštění, tzn., dokud řidič spojení nepřeruší nebo dokud motor nepracuje spolehlivě
- jakmile dojde k rozběhnutí motoru, je třeba, aby se spojení automaticky uvolnilo
- po vypnutí spouštěče se musí pastorek vrátit do klidové polohy a spouštěč se musí zastavit

1.3.1 Obecné požadavky na startér

- nejmenší přípustný výkon spouštěče je dán nejnižší rychlostí otáčení a momentem, který je nutný k protáčení motoru touto rychlostí při nejnižší předpokládané teplotě
- moment spouštěče při záběru i roztáčení musí být vyšší než moment odporu motoru
- spouštěč musí být navržen tak, aby splňoval minimální dobu životnosti, která je pro osobní automobily určena jako 45 000 cyklů
- minimální teplota, při které musí být spouštěč schopen motor nastartovat je pro osobní automobily stanovena na -30°C
- spouštěč musí být nenáročný na údržbu a opravy

1.3.2 Nejčastější poruchy startéru

- startér běží naprázdno – tato porucha je nejčastěji způsobena vylámanými zuby na věnci setrvačnicku, je poškozen systém vysouvání pastorku, nebo je vadná volnoběžka. Tento problém může být těžce identifikovatelný. Volnoběžka vypadá na první pohled funkčně, ale při plném zatížení se protáčí.
- startér se točí pomalu, nebo vůbec – hlavní příčinou jsou opotřebené uhlíky nebo vadná spínací skříňka. [1]



1.3.3 Základní části spouštěče

1.3.3.1 Stator

Pouzdro statoru se zhotovuje z bezešvé ocelové trubky. Na vnitřní straně jsou upevněny pomocí šroubů pólové nástavce z magneticky měkkého materiálu. Na nástavcích je umístěno statorové vinutí. Počet pólů statoru může být:

- dva – dnes se již prakticky nepoužívají
- čtyři – nejrozšířenější počet pólů (osobní i užitkové automobily)
- šest – používají se zcela výjimečně pro spouštěče vysokých výkonů, nebo dynamospouštěče

Vinutí statoru je tvořeno jen několika závity plochého vodiče se značným průřezem. Vinutí je bandážováno a uspořádáno tak, aby se jejich polarita střídala. Konce vinutí jsou připojena ke kartáčům.

1.3.3.2 Rotor

Rotor tvoří plechy z křemíkové oceli, které jsou vzájemně elektricky odizolovány lakem z důvodu omezení vzniku vířivých proudů. V drážkách rotoru je uloženo vinutí a jejich konce jsou připájeny k lamelám komutátoru. Vinutí je většinou tvořeno jednou otevřenou smyčkou vodiče velkého průřezu. Hřídel rotoru je bezpečně uložena do kluzných ložisek, umístěných ve víku.

Pokud má spouštěč vysoký počet otáček, je nutné chránit vinutí kotvy proti zvětšenému působení odstředivých sil. Čela cívek jsou bandážována, po případě je vinutí zalito, proto je nutné rotor vyvážit.

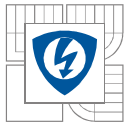
1.3.3.3 Komutátor

Komutátor je uložen na hřídeli rotoru a je tvořen lamelami vyrobenými z tvrdé mědi. Ty jsou vzájemně odizolovány mikanitem, nebo plastem. Na lamely se připojují začátky a konce cívek a dosedají na ně kartáče, kterými se do vinutí přivádí proud.

Komutátor je mechanický rotační prepínač, který je používán zejména u elektrických stejnosměrných motorů. Zajišťuje přepínání směru proudu vedeného do rotorových cívek tak, aby byla napájena vždy cívka pod aktivním pólem a byla dosažena co největší účinnost stroje. Jedná se o velmi složitou část stroje, která musí přenášet velké proudy, proto bývá zdrojem mechanických poruch nebo rušení vlivem jiskření. To nastává především vlivem vzniku vzduchových mezírek mezi sběračem proudu a povrchem komutátoru. Kartáče i komutátor se vlivem tření a jiskření obrousují a proto mají komutátorové motory krátkou životnost.

1.3.3.4 Kartáče

Pomocí kartáčů přivádíme do cívek proud. Na komutátoru bývají většinou 4 kartáče vzájemně posunuté o 90°. Kartáče jsou grafitové a je do nich za účelem zlepšení vodivosti přidán čistý měděný nebo bronzový prášek. To vede ke značnému zvýšení součinitele tření mezi kartáči a lamelami, které je však zanedbatelné. [1]



1.3.3.5 Držák kartáčů

Úkolem držáku kartáčů je zajistit stabilní polohu kartáčů vzhledem ke komutátoru. Držák musí dovolovat kartáčům volný pohyb, ale bez vůle ve vedení. Držák musí mít dostatečnou pevnost a tuhost a musí být umístěný co neblíže ke komutátoru. Předepsaná velikost přitlačné síly, kterou musí být kartáč přitlačován k lamelám komutátoru, se pohybuje v rozmezí 10N až 16N. Vyšší síla by způsobila nadměrné opotřebení lamel, příliš malá síla má zase za následek zvýšené jiskření, opalování lamel a vzrůst odporu.

1.3.3.6 Víka

Víko komutátoru nese držáky kartáčů. V břemenovém víku je umístěno ložisko, v kterém je uložen prodloužený konec hřídele rotoru s volnoběžkou s pastorkem. Víka se vyrábějí z lehké slitiny. U výkonnějších spouštěčů se mohou objevovat víka litinová.

1.3.3.7 Volnoběžka

Volnoběžka je zařízení, které přenáší krouticí moment pouze v jednom směru. Přičemž při opačné rotaci vnáší do systému zanedbatelné ztráty. V okamžiku, kdy se spouštěný motor rozeběhne, bude se pastorek s jádrem otáčet rychleji než věnec. Válečky volnoběžky se vytlačují ze záběru proti síle pružin a přenos točivého momentu se přeruší. Volnoběžka může být provedena i obráceně. To znamená, že zasouvací pouzdro je spojeno s jádrem a pastorek s věncem. Svěrné dutiny jsou v tomto případě umístěny na jádru. Volnoběžky se používají pro spouštěče s malým a středním výkonem.

1.3.3.8 Momentová spojka

Spojka je složena z unašeče, jenž je spojen s hřídelem kotvy spouštěče a hřídelem pastorku. Na hřídeli pastorku je vytvořen pohyblivý závit, na kterém je uložena přitlačná matice. Matice je na čepu uložena posuvně a nemůže se vzhledem k hřídeli pastorku pootáčet. Pouze se posouvá. Drážky unašeče jsou vyloženy vnějšími lamelami a drážky přitlačné matice jsou vyloženy vnitřními lamelami. Lamely jsou kovové, otáčejí se s oběma částmi, jsou ale axiálně posuvné. K sobě jsou lamely přitlačovány pružinou.

1) klidová poloha

Lamely jsou k sobě přitlačovány pružinou (7) s předpětím, přenášejí malý točivý moment i v klidu. To je předpoklad toho, aby spojka mohla vůbec fungovat. Současně je tak zajištěno, že pastorek se bude hned od počátku otáčet a umožní se tak za všech okolností jeho zasunutí do ozubeného věnce na setrvačnicku.

2) přenos točivého momentu

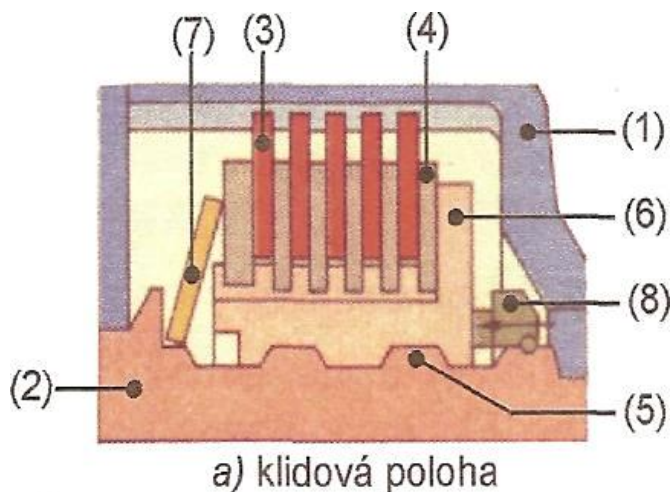
V momentě, kdy dojde k zasunutí pastorku do ozubeného věnce, pootočí se hřídel pastorku (2) vzhledem k unašeči (1) a přitlačná matice (6) se posune směrem k pastorku, čímž dojde ke stlačení všech lamel. Čím větší bude točivý moment, tím více budou lamely stlačovány.

3) omezení velikosti točivého momentu

Při dosažení stanovené velikosti točivého momentu se posune matice tak, že se opře o plochou pružinu, tím není její další posuv možný. Při dalším případném zvýšení točivého momentu se už tlak mezi lamelami nezvyšuje a spojka začne proklouzat. Tím je spouštěč chráněn proti přetížení.

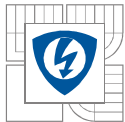
4) vypnutí spojky

V momentu, kdy se motor roztočí, bude se hřídel pastorku (2) vzhledem k unašeci (1) otáčet v opačném smyslu, přitlačná matice se bude posunovat směrem ke kotvě, lamely se vzájemně oddálí a přenos točivého momentu se přeruší. Tím se zabrání přenosu točivého momentu z motoru na spouštěč. [1]



Obrázek 4 Momentová spojka [1]

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1 – unašeč | 5 – pohybový závit |
| 2 – hřídel pastorku | 6 – přitlačná matice |
| 3 – vnější lamely | 7 – plochá pružina |
| 4 – vnitřní lamely | 8 – čep |



1) První stupeň spouštění

Po sepnutí spínače spouštěče je na svorku (O) přivedeno napětí a proud jde do vinutí ovládacího relé. Relé přitáhne můstek a dojde k sepnutí kontaktu (K1). Přes sepnutý kontakt (K1) jde proud do sériového pomocného vinutí (F2) a dále přes vinutí rotoru na kostru. Současně s tím je napájeno pomocné paralelní vinutí (F3). Tyto vinutí společně vytvoří magnetické pole, které posunuje kotvu směrem k ozubenému věnci. Kotva se při pohybu současně mírně pootáčí, aby bylo zajištěno zapadnutí pastorku za všech okolností.

2) Druhý stupeň spouštění

V okamžiku, kdy se zasune pastorek na předepsanou délku, dojde k nadzvednutí uvolňovacího kroužku západky (5) a na můstku (O) dojde k sepnutí kontaktu (K2). Přes spojený kontakt dochází k napájení hlavního vinutí (F1). Pomocné sériové vinutí (F2) je zapojeno paralelně k vinutí hlavnímu. Jak se postupně zvyšují otáčky spouštěče, klesá proud v obou vinutích, čímž klesá i síla, která drží pastorek v záběru. Pomocné paralelní vinutí (F3) je pod stálým napětím, jeho magnetické pole je konstantní a pomáhá tak udržet pastorek v záběru. Dále také omezuje maximální otáčky spouštěče po odlehčení.

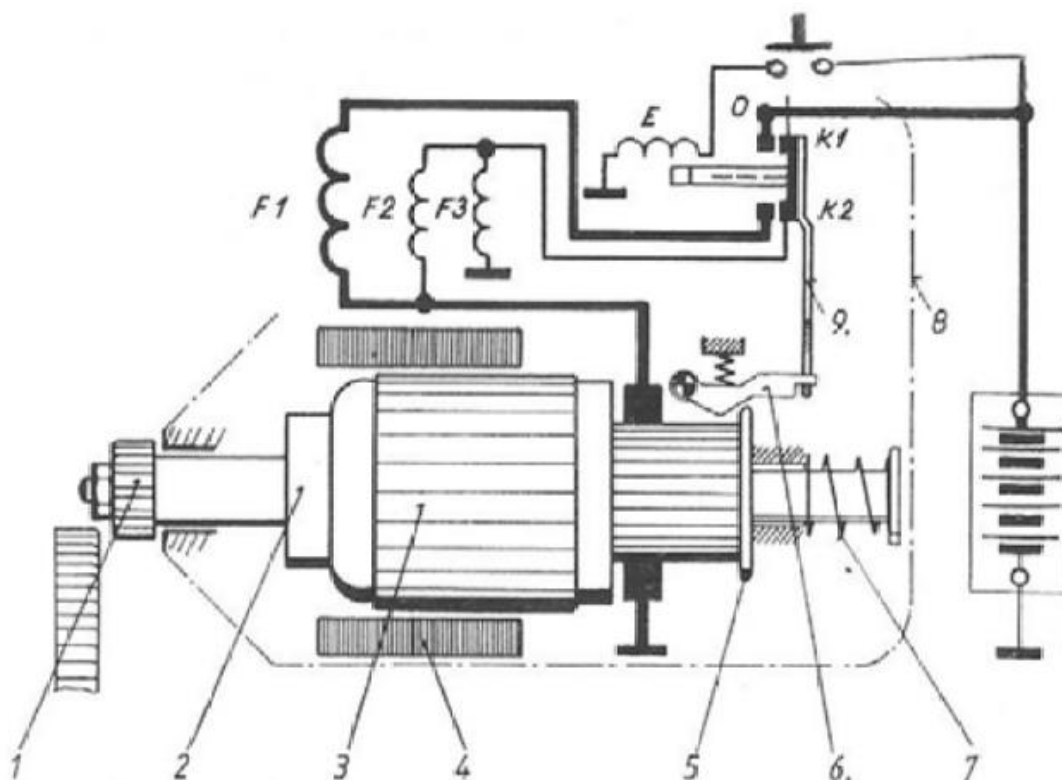
3) Vypnutí spouštěče

Po rozpojení spínače spouštěče dojde k přerušení přívodu napětí na svorce a vratná pružina (7) posunuje kotvu (3) do základního postavení.

Z důvodu, že jsou všechna funkční vinutí navinuta na statoru, není nutné při této konstrukci používat zasouvací elektromagnet. Proto je typickým znakem startéru s výsuvnou kotvou dlouhý komutátor, který musí být o celou délku posunu kotvy větší, než je u klasického elektromotoru.

2.1.1.1 Výhody a nevýhody

Výhodou tohoto systému jsou výhodné pracovní vlastnosti. Velkou nevýhodou je vysoká hmotnost posuvné části. Během provozu může dojít situaci, kdy vozidlo stojí ve svahu a váha rotoru působí proti pohybu pastorku do záběru. Proto může dojít k problémům při zasouvání do ozubení setrvačnicku. Dále je potřeba zajistit, aby při provozu nedocházelo k úderům pastorku do věnce setrvačnicku motoru při zrychlování. Tato opatření vedla k použití vratné pružiny s větší tuhostí. [1]



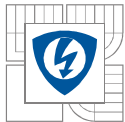
Obrázek 6 Startér s výsuvnou kotvou [2]

1 – pastorek	7 – pružina	O – spínací můstek
2 – tělo rotoru	8 – tělo spouštěče	F1 – hlavní sériové vinutí
3 – kotva	9 – stabilizační páka	F2 – pomocné sériové vinutí
4 – stator	K1 – první kontakt	F3 – pomocné paralelní vinutí
5 – kroužek západky	K2 – druhý kontakt	
6 – západka	E – elektromagnet	

2.1.2 Systém s výsuvným pastorkem

V dnešní době je tento systém nejrozšířenějším typem startéru. Hlavním důvodem masového rozšíření je velký výkonový rozsah od 0,6kW do 18kW. Spouštěče s výsuvným pastorkem můžeme rozdělit na 2 základní typy:

- jednostupňové
- dvoustupňové



2.1.2.1 Jednostupňový systém

1) Zasouvání pastorku

Pro vytvoření zasouvací síly je použit elektromagnet s posuvným jádrem (20). S tím je spojen svorník (21), na jehož konec působí zasouvací páka (13), na druhém konci je umístěn kontaktní můstek (25). Kontaktní můstek je na svorníku uložený posuvně a je odpružen pomocí pružiny. Ta zaručuje stálý tlak mezi můstkem (25) a kontakty (27). Elektromagnet je osazen dvěma vinutími, vtahovacím (23) a přidržovacím (24).

Po sepnutí spínače spouštěče je jádro (20) vtahováno do cívky, pohyb jádra se přenese na zasouvací páku (13), která se začne pootáčet ve směru hodinových ručiček. Spodní konec zasouvací páky bude posouvat prostřednictvím zasouvací pružiny (16) zasouvacím pouzdem (15) a tedy i volnoběžku (18) a pastorkem (19) směrem k ozubenému věnci (28). Zasouvací pouzdro je uloženo na rovných nebo velmi strmých šroubových drážkách. Ve chvíli, kdy se pastorek zasune na začátku do mezer mezi zuby věnce a hřídel spouštěče se otáčí, je pastorek vtažen do plného záběru vlivem šroubových drážek, aniž je zasouvací pouzdro posunováno zasouvací pákou. To zmenšuje pracovní zdvih jádra elektromagnetu. Aby bylo usnadněno zasunutí pastorku, jsou na čelní straně zuby sraženy.

Magnetické pole vtahovacího a přidržovacího vinutí se sčítají. Po sepnutí spínače jde proud z baterie na svorku, prochází oběma vinutími a vtahuje se jádro do elektromagnetu. V okamžiku, kdy se sepnou kontakty, je přivedeno do spouštěče plné palubní napětí a spouštěč se roztočí. Pro udržení pastorku v zasunuté poloze stačí malá síla, přemostí kontakty vtahovací vinutí a vyřadí ho z činnosti.

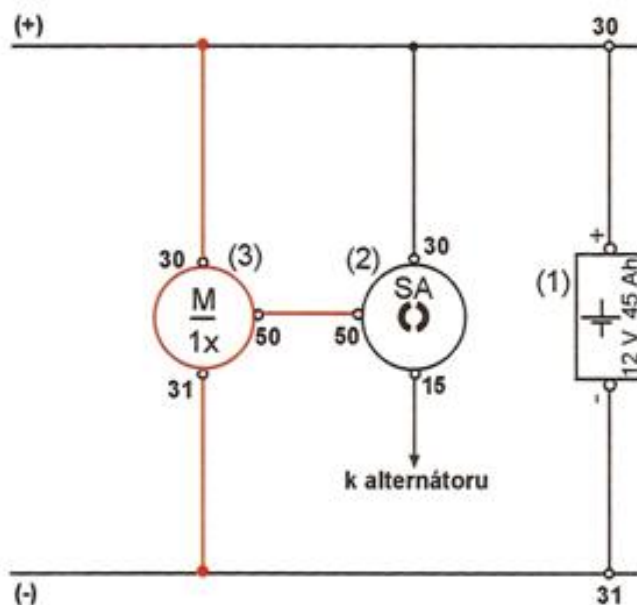
2) Nezasunutí zubů pastorku

Pokud nenarazí zuby pastorku na zuby ozubeného věnce, zasune se pastorek na předeepsanou vzdálenost a spouštěč může otáčet klikovým hřídelem.

Pokud dojde k tomu, že zuby pastorku narazí na zuby ozubeného věnce, posuv pastorku se zastaví. Zasouvací páka se bude dále pootáčet a bude stlačovat vstřelovací pružinu. Dojde ke spojení kontaktů a rotor se začne otáčet. V okamžiku, kdy se zuby pastorku ocitnou proti zubovým mezerám na ozubeném věnci, zasune pružina pastorek do záběru.

3) Vysouvání pastorku

V momentu, kdy dojde k rozpojení spínače spouštěče je přívod proudu na svorku přerušen. Magnetické pole, které je tvořeno oběma vinutími zanikne a vratná pružina (22) začne otáčet zasouvací pákou proti směru hodinových ručiček. Volnoběžka (18) brání přenosu otáčivého pohybu z motoru na spouštěč. Volnoběžka se spolu s pastorkem pohybuje směrem ke spouštěči. Aby se po návratu do výchozí polohy kotva spouštěče zastavila co nejrychleji, je opatřena brzdovou přírubou. Do základní polohy se vrátí také kontaktní můstek (25), kontakty (27) se rozpojí a přívod proudu do spouštěče se tak přeruší.



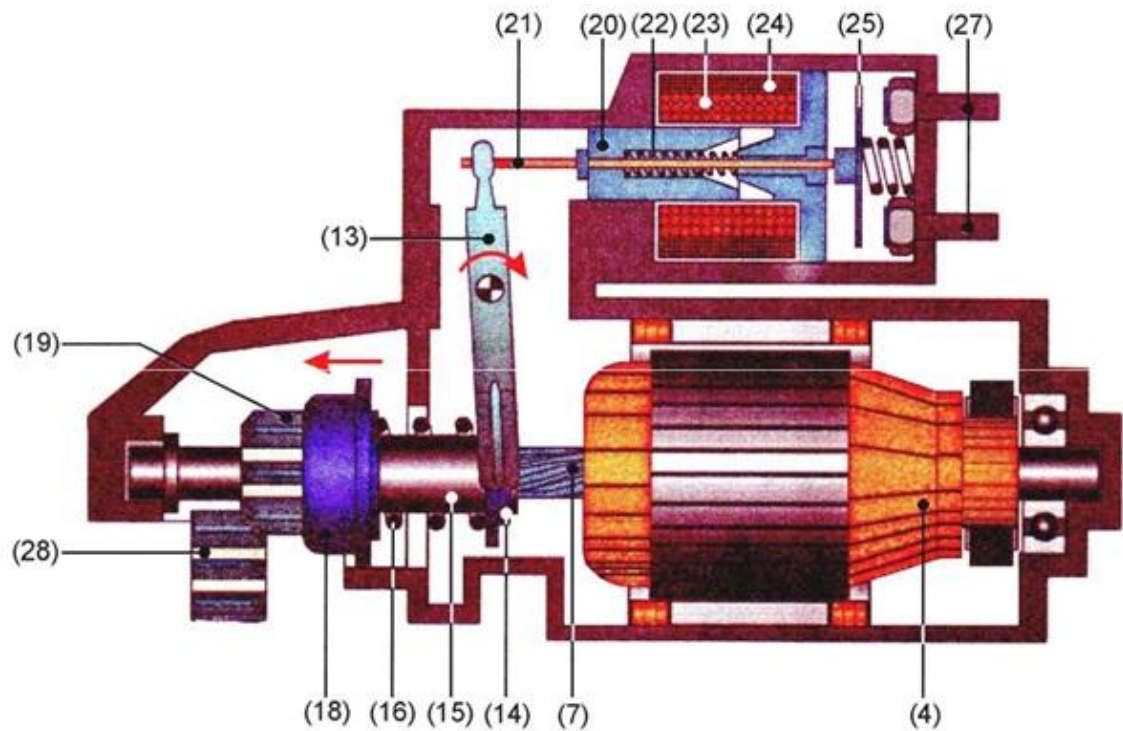
Obrázek 7 Zapojení spouštěče s výsuvným pastorkem do obvodu [1]

Dvojitá zasouvací objímka

U typů spouštěčů, které jsou vybaveny zasouvací objímkou uloženou na šroubových drážkách, mohou nastat problémy s vysunutím pastorku ze záběru. Dochází k tomu především v případech, kdy nedojde k roztočení motoru. Točivý moment přenášený ze spouštěče na ozubený věnec se snaží udržet pastorek v zasunutém stavu. Pokud je pastorek zasunutý, jsou kontakty (27) spojeny i přes rozpojení spínače. Tím pokračuje přenos točivého momentu na ozubený věnec. Těmto problémům se snaží předcházet dvojitá zasouvací objímka.

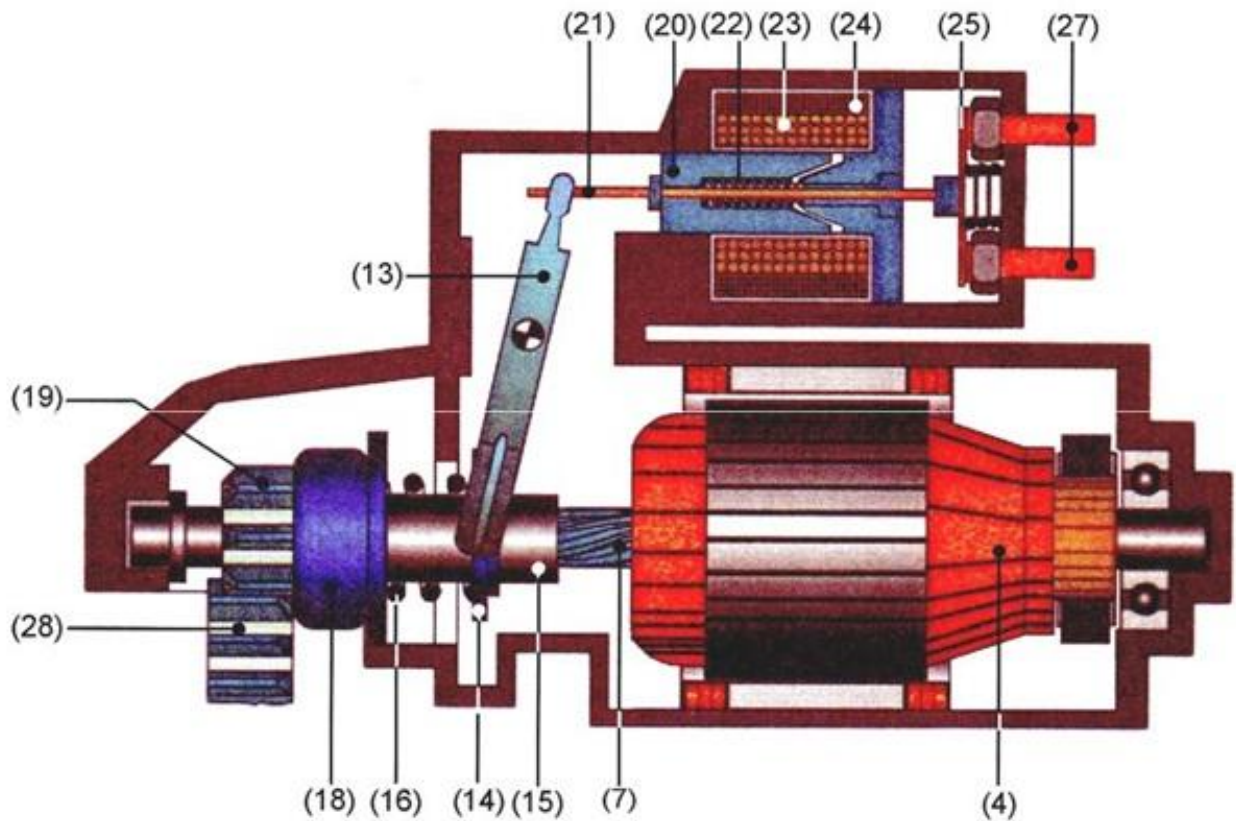
Zasouvací objímka je složena ze dvou částí. Mezi přední část objímky a volnoběžku je vložena přední zasouvací pružina, mezi zadní část objímky a osazení na zasouvacím pouzdru je vložena vysouvací pružina. Zasouvání pastorku probíhá stejně, jako u verze s jednodílnou objímkou. Zasouvací páka působí jen na přední část objímky, která se pohybuje k ozubenému věnci a pomocí přední zasouvací pružiny je pastorek zasouván do záběru. Zadní část objímky se posouvá pomocí zadní vysouvací pružiny, která je namontována pod mechanickým napětím. Obě části se opírají o pojistný kroužek.

Po rozpojení spínače spouštěče začíná vratná pružina pootáčet zasouvací pákou ve směru hodinových ručiček. Proti jednodílné objímce zde působí zasouvací páka jen na zadní část objímky a posouvá jí směrem ke spouštěči a to i tehdy, zůstane-li pastorek zasunut. Díky tomu, dojde k rozpojení kontaktu (27), bez ohledu nato v jaké poloze pastorek je. Přenos točivého momentu na ozubený věnec se tímto ukončí. To usnadní vysunutí pastorku ze záběru. Stlačená vysouvací pružina jen podpoří vysunutí pastorku.

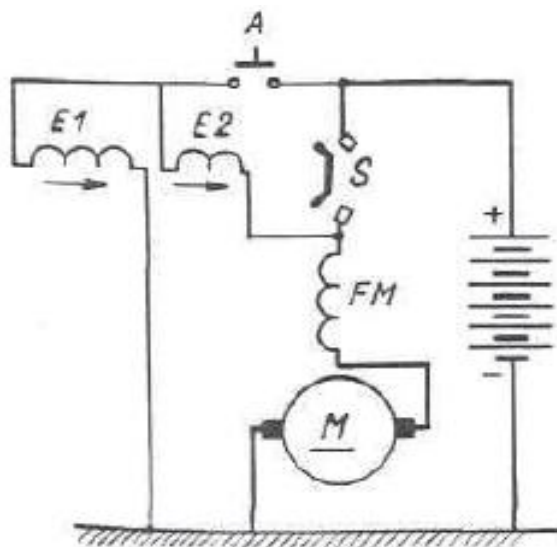


Obrázek 8 Zasouvání pastorku do záběru [2]

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 4 – rotor | 20 – jádro elektromagnetu |
| 7 – hřídel | 21 – svorník |
| 13 – zasouvací páka | 22 – vratná pružina |
| 14 – zasouvací objímka | 23 – vtahovací vinutí |
| 15 – zasouvací pouzdro | 24 – přidržovací vinutí |
| 16 – zasouvací pružina | 25 – kontaktní můstek |
| 18 – volnoběžka | 27 – svorník s kontaktem |
| 19 – pastorek | 28 – ozubený věnec |



Obrázek 9 Pastorek je zasunut do záběru [2]



- E1 – přidržovací vinutí
- E2 – vtahovací vinutí
- S – spínací kontakt
- A – spínač startéru

Obrázek 10 Elektrické schéma zapojení startéru s výsuvným pastorkem [2]

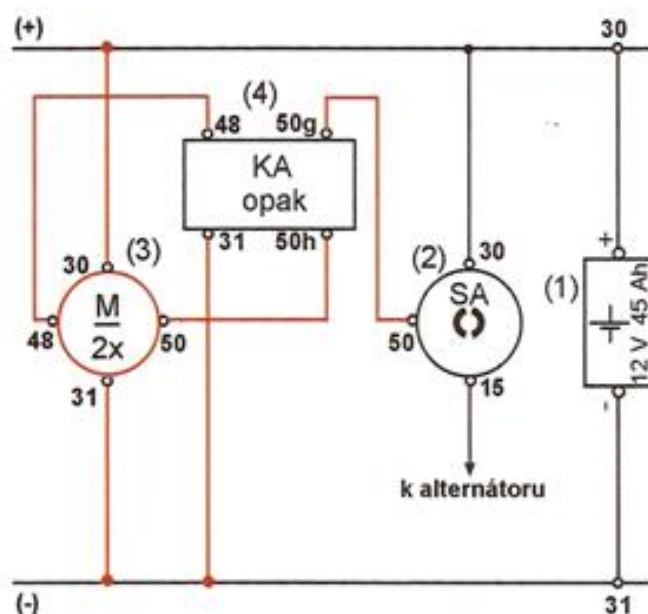
2.1.2.2 Výhody a nevýhody

Výhodou jednostupňového systému je velký rozsah výkonů a kompaktní rozměry. Nedochází zde k samovolnému zasunutí pastorku do záběru, sražené hrany pastorku i zubů věnce podporují zasunutí do záběru. Systémy s dvojdílnou objímkou pak využívají snazšího vysunutí ze záběru, díky tomu ale nesou značnou nevýhodu a to je zvětšení konstrukce a zvýšení složitosti celého systému. Dále je pro správnou funkci naprosto nutné správně sladit činnost vratné, přední zasouvací a zadní vysouvací pružiny. [1]

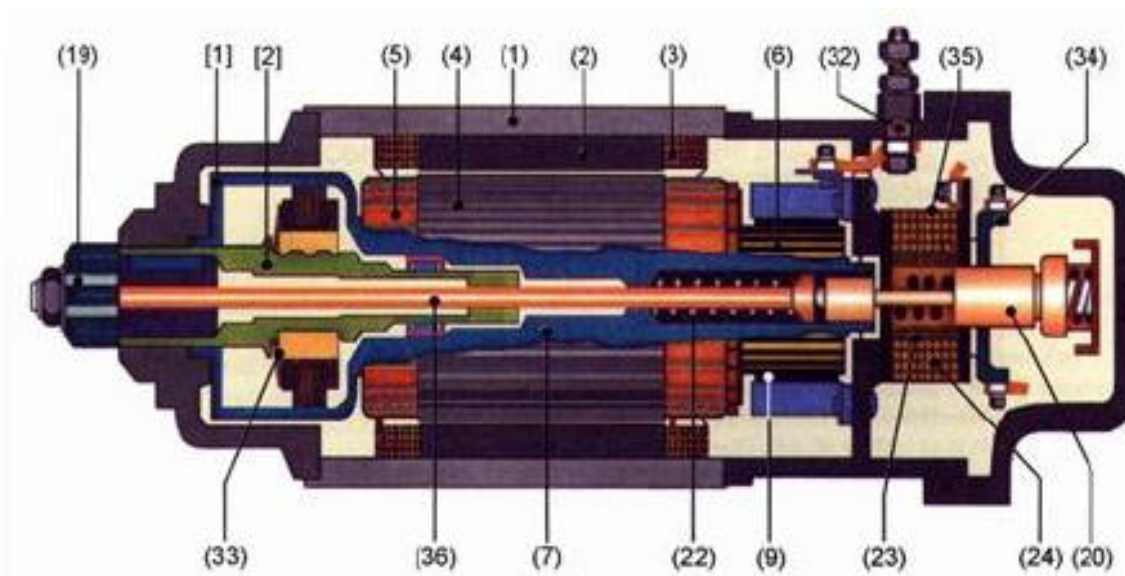
2.1.2.3 Soft-Start systém

Soft-Start systém (dvoustupňový) je používán u vozidel, kde je zapotřebí většího výkonu (více než 3kW), zpravidla u nákladních vozů. Vyrábí se jako sériové elektromotory s brzdícím vinutím, nebo jako kompoundní motory. Startér je z důvodu jeho ochrany opatřen momentovou spojkou, aby se zabránilo přenosu točivého momentu z motoru. U některých typů je nutné použít místo momentové spojky volnoběžku.

Motorická část spouštěče má standardní konstrukci, liší se pouze v provedení statorového vinutí. Hlavním rozdílem mezi dvoustupňovým a jednostupňovým zasouváním je ten, že samotný vysouvací systém je tvořen hřídelem pastorku, momentovou spojkou a samotným pastorkem. K přenosu točivého momentu z hřídele kotvy na hřídel pastorku dochází pomocí lamel momentové spojky. Posun zajišťuje elektromagnet, pohyb jádra se řídí zasouvací tyčí na zasouvacím ústrojí, které se pohybuje k ozubenému věnci. Unášec musí mít dostatečnou délku, protože ve stejném směru se pohybuje i lamelová spojka. Aby byl možný axiální pohyb lamel, je nutné dbát správné délky unášče. Při pohybu lamel dochází zároveň ke stlačování vratné pružiny, která má za úkol vrátit celý mechanismus do základní polohy po vypnutí startéru. [1]



Obrázek 11 Zapojení dvoustupňového spouštěče s výsuvným pastorkem do obvodu [1]

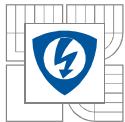


Obrázek 12 Startér dvoustupňový s výsuvným pastorkem [2]

1 – tělo startéru	19 – pastorek	35 – zasouvací elektromag.
2 – pólový nástavec	20 – jádro elektromag.	36 – zasouvací tyč
3 – statorové vinutí	22 – vratná pružina	[1] – unašeč
4 – rotor	23 – vtahovací vinutí	[2] – hřídel pastorku
5 – vinutí rotoru	24 – přidržovací vinutí	
6 – komutátor	32 – přívod proudu	
7 – hřídel rotoru	33 – momentová spojka	
9 – kartáč	34 – ovládací relé	

1) 1. stupeň

Po sepnutí spínače spouštěče je na svorku přivedeno napětí. Řídící relé sepne kontakty spínače. Současně jde proud do vinutí zasouvacího elektromagnetu, který je pod stálým napětím a funguje jako přidržovací. Dále jde proud do vtahovacího vinutí (23), které je navinuto na zasouvacím elektromagnetu, a odtud přes hlavní sériové vinutí (3) komutátor (6) a vinutí rotoru (5) na kostru. Zasouvací elektromagnet začne posouvat zasouvací ústrojí směrem k ozubenému věnci. Hlavní vinutí je spojeno do série s vtahovacím vinutím, čímž bude dodáváno snížené napětí a kotva se bude pomalu otáčet. To by mělo být zárukou zasunutí pastorku, a to i když dojde k nárazu zubu pastorku na zub věnce.



2) 2. stupeň

V momentu, kdy je pastorek zasunut na předepsanou vzdálenost, sklopí uvolňovací páka západku a kontaktní můstek spojí kontakty. Proud prochází ze svorky přes sepnuté kontakty přímo do hlavního vinutí a spouštěč dodává plný výkon. Pod napětím je současně i svorka, která slouží pro připojení relé pro opakované spouštění. Začátek a konec vtahovacího vinutí jsou nyní na stejném potenciálu a vinutím tak nebude procházet proud. V zasunuté poloze je pastorek držen pouze přidržovacím vinutím.

3) Vypnutí spouštěče

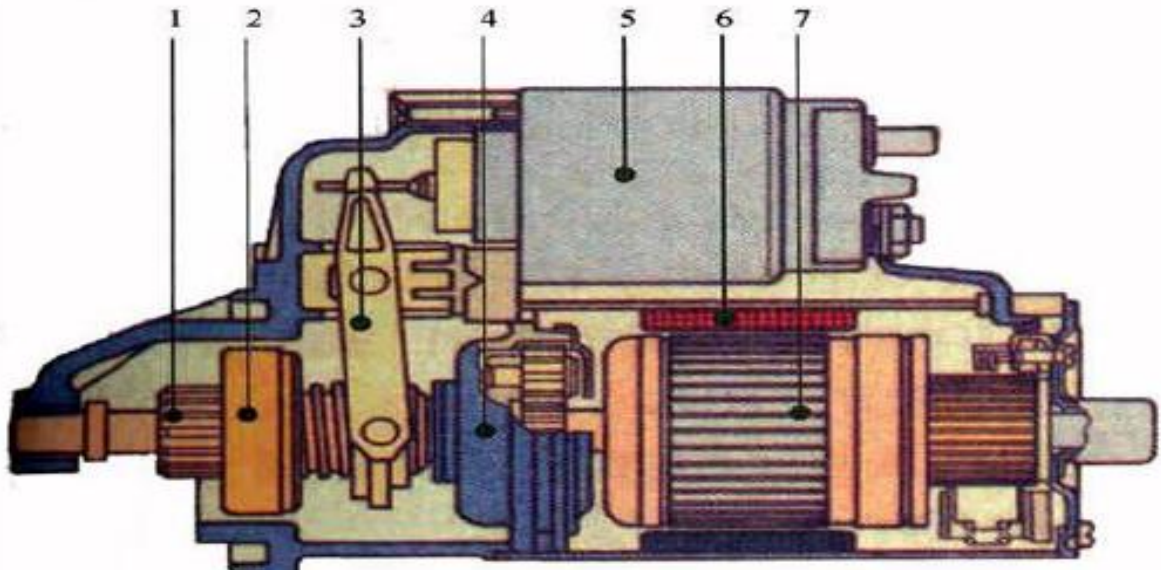
Provedeme jej rozpojením spínače spouštěče. Tím se přeruší proud na svorkách. Vlivem vratné pružiny se spouštěč vrací do základní polohy. Řídící relé spojí a rozezne potřebné kontakty. Sepnuté kontakty spínače připojí ke kartáčům komutátoru brzdící vinutí. Od té chvíle dobíhá spouštěč jako sériový generátor zapojený do zkratu a otáčení kotvy je tím intenzivně brzděno. [1]

2.1.3 Systém s výsuvným pastorkem s vnitřním převodem

Konstrukce vychází ze systému s výsuvným pastorkem. Je zde navíc nainstalován pouze vnitřní planetový převod. Zásadní výhodou této konstrukce je dosažení požadovaného momentu a výkonu při menších rozměrech a hmotnosti. Toho lze dosáhnout pouze zmenšením převodového poměru mezi hřídelí startéru a klikovou hřídelí. V praxi se tento převod volí v poměru 1:16.

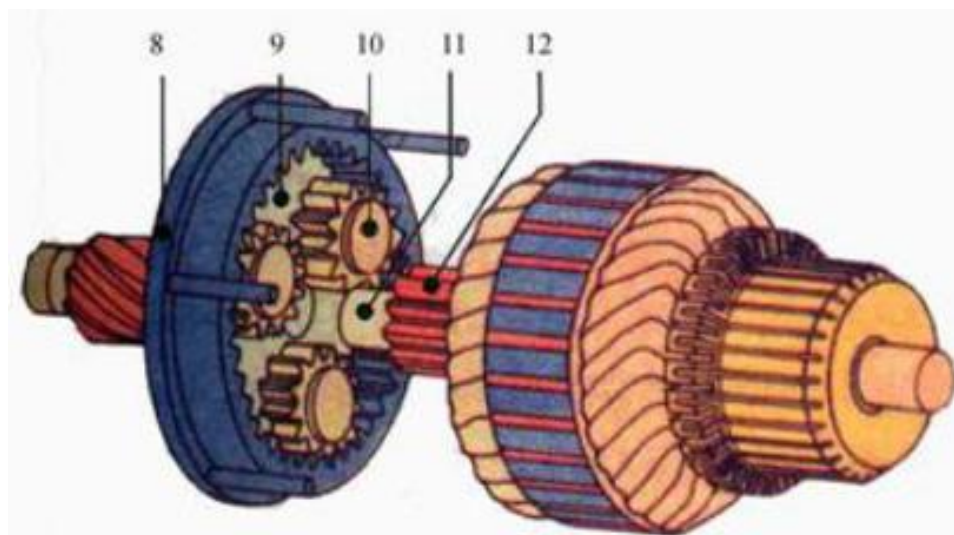
Velikost převodu, je v praxi omezen maximálním průměrem setrvačníku, který je možné akceptovat a zároveň nejmenším použitelným modulem ozubení. To je třeba navrhnout s ohledem na velikost přenášené síly. Pro dosažení většího převodového poměru mezi startérem a motorem je možné zařadit mezi tyto dva členy další převod, integrovaný přímo do konstrukce startéru. Hodnota takového převodu je závislá na konstrukci převodu a dnes je velmi často využíván převodový poměr 1/3,3. Celkový převod soustavy je dán součinem obou instalovaných převodů.

U starších typů startéru bylo zpravidla použito celního ozubeného soukolí mezi hřídelí elektromotoru a hřídelí, která nese vysouvací mechanismus. Nové konstrukce využívají v praxi výhodu soukolí s jedním kolem s vnitřním ozubením. To umožňuje větší převod, než poskytuje starší čelní ozubení, při stejné osové vzdálenosti os elektromotoru a pastorku. Otáčky startéru s vnitřním převodem dosahují hodnot od 4000 do 8000 min⁻¹. Zvýšení otáček vede ke zvýšení účinnosti a ke snížení hmotnosti startéru až o 50%. Takto vysoké otáčky sebou nesou problém v podobě ochrany vinutí kotvy proti působení odstředivých sil a vyvážení kotvy. V praxi je realizována bandáž čel vinutí, nebo zalití vinutí v drážkách. Menší rozměry startéru má také za následek zvýšeného zahřívání. S ohledem na tuto skutečnost je nutné volit materiály s velkou tepelnou odolností a spoje musí být pájeny tvrdou pájkou, popřípadě svařovány. [1]



Obrázek 13 Startér s vnitřním převodem [2]

- | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------|
| 1 – pastorek | 4 – vnitřní převod | 7 – rotor |
| 2 – volnoběžka | 5 – zasouvací elektromagnet | |
| 3 – zasouvací páka | 6 – permanentní magnet | |



Obrázek 14 Planetový převod [2]

- | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| 8 – korunové kolo | 10 – satelit | 12 – centrální planetové kolo |
| 9 – unašeč satelitů | 11 – hřídel rotoru | |

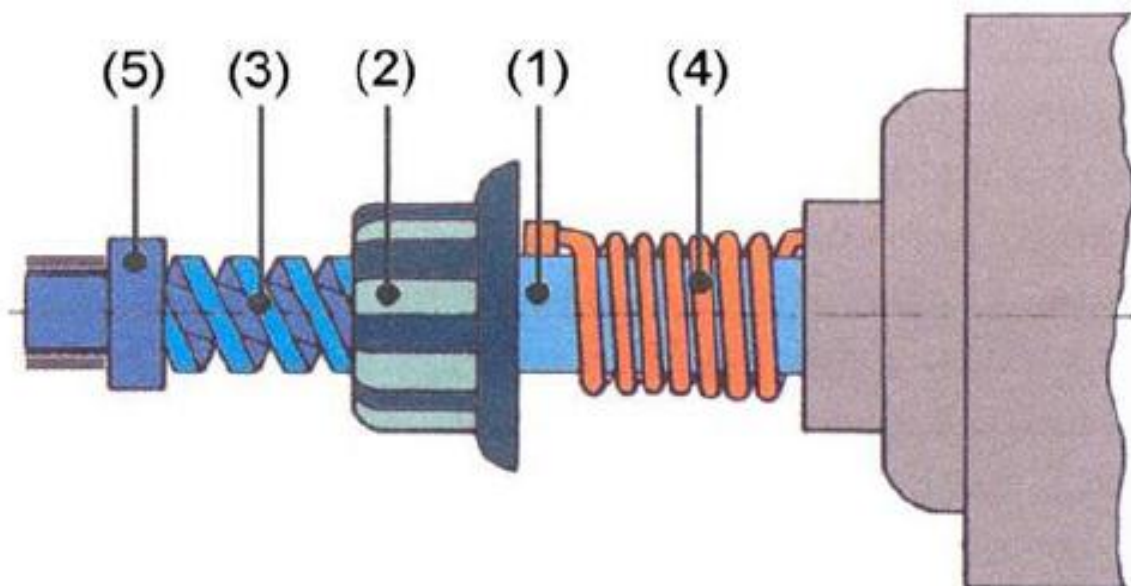
2.1.4 Systém Bendix

Systém Bendix se od ostatních liší především v technice zasunutí pastorku do záběru. U tohoto systému se pro zasunutí pastorku do záběru využívá setrvačné energie samotného pastorku. Ten je opatřen plochým nebo lichoběžníkovým závitem a je uložen na pouzdru s pohyblivým závitem, jehož těžiště je posunuto úmyslně mimo osu rotace. Pouzdro je poháněno motorem pomocí unašeče, který slouží jako tlumič nárazů.

Po přivedení proudu do spouštěcího motoru a roztočení hřídele rotoru, nemůže pastorek kvůli vlivu setrvačnosti příliš zrychlit a proto se místo otáčení začne posunovat pomalu vpřed po závitu pouzdra k věnci setrvačnicku. Pokud zapadne zub do mezery, pohybuje se pastorek po závitu dále ve směru osy, až dosedne úplně. Točivý moment se bude přenášet ze startéru na motor. Pokud nedosedne zub do mezery, nemůže se dál pastorek pohybovat ve směru k věnci a je stržen šroubem ze zubu do zubové mezery. Vzniklé nárazy jsou tlumeny pomocí pružiny a lamelové spojky. Po rozběhnutí motoru dojde k udělení impulsu od věnce setrvačnicku pastorku v opačném směru, ten se vyšroubuje ze záběru a vrátí se zpět do výchozí polohy. [3]

2.1.4.1 Výhody a nevýhody

Výhodou tohoto systému je jeho jednoduchá konstrukce a dříve se používal pro velké výkony. Nevýhodou je naopak fakt, že docházelo ke značnému opotřebení pastorku i ozubeného věnce. Tlumící pružiny velmi často praskaly, pastorek se sám vysouval do záběru při zrychlení motoru. Proto bylo nutné systém přepracovat a opatřit jej bezpečnostními prvky. Ty měly za následek ztrátu jednoduchosti a k používání systému Bendix už nebyl důvod. Proto byl nahrazen konstrukcí s výsuvným pastorkem.



Obrázek 15 Startér se systémem Bendix [3]

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 1 – hřídel rotoru | 4 – tlumící pružina |
| 2 – pastorek | 5 – doraz |
| 3 – pouzdro s pohyblivým závitem | |

2.1.5 Dynamospouštěč

Použití dynamospouštěče je dnes historickou záležitostí. Používal se především na skútru Čezeta a v období války na vozidlech DKW. Z elektrotechnického hlediska se jedná o stejnosměrný kompoundní motor. Dynamospouštěč je kombinací generátoru a motoru. To sebou nese výhodu v podobě redukce dvou systémů do jednoho. Dále pak tichost spouštění z důvodu absence pastorku a nízké náklady na pořízení. Ve fázi spouštění pracuje jako elektromotor. Při chodu motoru pracuje jako dynamo.

Konstrukčně se většinou jedná o 4pólové stroje, kde první polovinu pólů nese derivační vinutí a druhá polovina zase vinutí sériové. Dynamospouštěč má tedy dvě samostatná budící vinutí. Rozběh motoru je odstupňován zvyšováním vstupního napětí a snižováním derivačního buzení motoru podle časového rozvrhu. Tato regulace je nutná kvůli požadavkům na velký záběrný moment a následné zvyšování plynulých otáček. Rotor je uložen přímo na klikové hřídeli vozidla, a proto odpadá nutnost použití převodů. Díky tomu odpadá problém se zasouvacím zařízením spouštěče. [4]



Obrázek 16 Dynamospouštěč [4]

2.1.5.1 Výhody a nevýhody

Výhodou je spojení dvou samostatných systémů do jednoho, tichost celku a nízké náklady. Hlavní nevýhodou jsou rozdíly v provozních podmínkách dynama a spouštěče. U spouštěče je nutné dosáhnout vysokého výkonu při nízkých otáčkách a u dynama naopak postačí při vysokých otáčkách malý výkon. Tento problém se odrazil v nízké účinnosti a to byl hlavní důvod, proč nedošlo k masovému rozšíření tohoto systému, kromě malých dvoutaktních motorů. Hmotnost celého systému je také značně vysoká.

2.1.6 Startérgenerátor

V roce 1995 představila společnost ContinentalTeves projekt s názvem Integrierter Starter Alternator Damfer, neboli ISAD. Zařízení mělo sloučovat funkci spouštěče, alternátoru a tlumiče vibrací. Poté následovaly s představením svých prototypů firmy Mannesman a Siemens AG. Konstrukční celky jednotlivých systémů mají společné znaky, mohou se ale do jisté míry lišit. V roce 2007 představila společnost General Motors svůj systém s názvem BAS (Belt Alternator Starter) v automobilu Chevrolet Malibu Hybrid. Díky vysoké ceně jsou dnes tyto systémy používány především v luxusních automobilech.

Tento typ spouštěče kombinuje vlastnosti startéru a alternátoru. Spouštěč spotřebovává velké množství energie a je hlučný. Jelikož ve vozidlech neustále vzrůstá počet elektrických zařízení, vzrůstá tím spotřeba elektrické energie a dochází ke zvětšování alternátoru. Velikost alternátoru se musí udržovat v určitých mezích. Protože se alternátor provozuje na hranici únosnosti, značně se zahřívá a má účinnost přibližně 50%. Návrhy zaměřené na chlazení alternátoru vodou byly odmítnuty kvůli vysoké ceně a složitosti.

Konstrukce zařízení se sestává z vinutí alternátoru a spouštěče, které je tvořeno formou věnce, uvnitř kterého se otáčí setrvačnick. Ten má funkci rotoru a jsou na něm umístěny permanentní magnety. Jelikož mají jednotlivé části velké průměry, zvyšuje se tím účinnost alternátoru až na 80%. To sebou nese úsporu paliva až 0,3l/100km. celý systém je uložen na klikové hřídeli mezi motorem a převodovkou a slouží současně i jako tlumič vibrací. Hlavní myšlenkou, proč vyvíjet tento systém je do jisté míry přechod na 42V soustavu, namísto současné.

1) Funkce soustrojí jako spouštěče

Klikový hřídel je do točivého momentu uváděn elektromagneticky bez přímého dotyku, takže bez opotřebení kovových částí. Pro spouštění dodává energii kondenzátor. Do 0,2s se motor roztočí na jmenovité otáčky. Díky tomu, že není potřeba spalovat směs v motoru, je obsah CO a CO₂ ve výfukových plynech nižší o 35%. Zde se úspěšně uplatňuje systém Stop-Start, kde dojde k zastavení motoru po zastavení například před křižovatkou a znovu nastartuje po sešlápnutí plynového pedálu. Spouštěč je schopný přinášet funkci turba. Při akceleraci z nízkých otáček působí krátkodobě jako pomocný motor. K dispozici je výkon až 15kW. Ve fázi brzdění je realizována přeměna kinetické energie na elektrickou energii.

2) Funkce soustrojí jako alternátoru

již při velmi nízkých otáčkách je k dispozici značný elektrický výkon, který umožňuje napájení všech elektrických komponentů ve vozidle. Pomocí soustrojí lze zlepšit rovnoměrnost chodu spalovacího motoru. Přebytek výkonu při expanzi v horní úvratí se z části přemění na elektrickou energii, který se krátkodobě naakumuluje v kondenzátoru systému. Následně chybějící energie je dodána v přesném okamžiku během milisekund elektromotoru a ten ji následně předá do soustavy. Tím lze dosáhnout zlepšení rovnoměrnosti chodu motoru až o 70%.

2.1.6.1 Výhody a nevýhody

Velkou výhodou systému je zvýšení účinnosti alternátoru z běžných 50% na 80%. To vede k úspoře paliva a vzhledem k chybějícímu řemenu je systém celkově tichý. Dalším kladem je zařazení funkce Stop-Start a snížení emisí. Nevýhodou jsou zatím vyšší náklady na výrobu soustrojí a vysoké nároky na řídicí elektroniku.



Obrázek 17 Systém Start-Generátor firmy Siemens AG [2]

Podobným systémem, který by se v budoucnu mohl ukázat, je integrovaný systém spouštěč-točivý zdroj. Konstrukce takovýchto strojů je pro konstruktéry velmi lákavá. Toto řešení by přineslo pohon jen jednoho stroje, ucelené řešení, tiché spouštění, případně i další výhody by konstrukci motoru značně zjednodušily. Problémy s tímto řešením spočívají v různých požadavcích na točivý zdroj a spouštěč. V dnešní době k tomu přistupuje ještě skutečnost, že se v podstatě jedná o kombinaci stroje střídavého (alternátor) a stejnosměrného (spouštěč). [2]

3 ROZBOR STARTÉRU S VÝSUVNÝM PASTORKEM Z HLEDISKA SPOLEHLIVOSTI

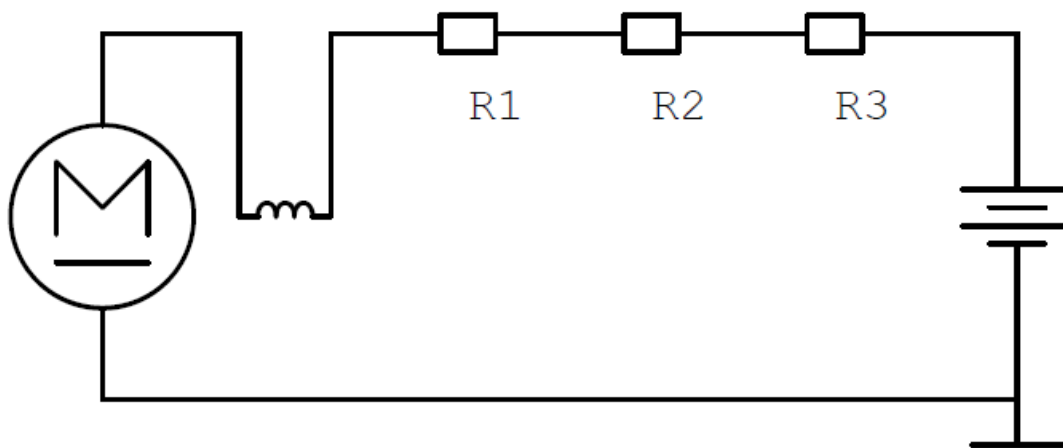
3.1 Úvod

Tento typ spouštěče je v současnosti nepoužívanějším systémem. Hlavním důvodem je velký výkonový rozsah, komplexnost systému (rozměry a hmotnost) a relativní spolehlivost a jednoduchost. I přesto se zde nalézají místa, kde může dojít ke zlepšení celku. Po stránce elektrotechnické je systém poměrně spolehlivý. Mezery v technickém zpracování jsou patrné v mechanické části. V této kapitole se proto budeme věnovat právě mechanické části spouštěče, konkrétně rozboru vysouvacího mechanismu.

Spouštěč pracuje krátkodobě, většinou jen několik sekund v několika cyklech. Z tohoto důvodu, musí být silně poddimenzován, aby byly rozměry, hmotnost a cena co nejmenší. Zároveň se snažíme při minimálních rozměrech dosáhnout maximálního výkonu. Protože se zmenšujícími se rozměry klesá i jeho moment, je nutné zvolit vhodný kompromis. [11]

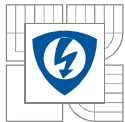
3.2 Vlastnosti spouštěcí soustavy

Výkon potřebný ke spuštění spalovacího motoru je značný a spouštěč je spotřebič s největším příkonem ve vozidle. Výkon spouštěcího systému závisí nejen na velikosti a charakteristice spouštěného motoru, ale i na vlastnostech akumulátoru a elektrického vedení. Pro velký výkonný motor by malý akumulátor nedodal dostatečné množství energie. Odpor spojovacího vedení výkon zmenšují. Proto musí být během posuzování výkonu brána spouštěcí soustava jako celek.



Obrázek 18 Náhradní schéma spouštěcího obvodu

Odpor R_1 je vnitřní odpor akumulátoru, R_2 je odpor vedení a spojovacího materiálu a R_3 je vnitřní odpor spouštěče. Celkový odpor soustavy je dán součtem všech členů. Mechanický výkon rovný součinu proudu a pohybového napětí rotoru zmenšený o ztráty třením, ztráty ventilační a ztráty v železe je pak čistým mechanickým výkonem na hřídeli motoru.



Závislost mechanického výkonu na proudu je parabolická, závislost svorkového napětí je přímková, závislost momentu přechází z parabolické v přímkovou a závislost otáček na proudu přechází z hyperbolické v přímkovou. Největšího výkonu je dosaženo při proudu

(3.2.1)

$$I_m = \frac{U_o}{2R} = \frac{I_k}{2} \quad [A; V, \Omega; A]$$

, kde U_o je napětí nezátíženého akumulátoru, R celkový odpor soustavy, I_k proud při záběru. Vzorec pro výkon je tedy

(3.2.2)

$$P_m = 0,25 * U_o * I_k \quad [W; V, A]$$

Předpokládaná mechanická účinnost vlastního spouštěče je přibližně 90%. Rovnice se tedy upraví na tvar

(3.2.3)

$$P_m = 2,25 * 10^{-4} * U_o * I_k \quad [kW; V, A]$$

Tento vztah je možné použít k rychlému přibližnému výpočtu výkonu soustavy. Za člen U_o je dosazeno jmenovité napětí a proud na krátko lze změřit. Úpravou vztahu si můžeme, za předpokladu znalosti výkonu soustavy, vytvořit představu o odběru proudu. Podle toho je možné vhodně navrhnout vedení a zvolit správný akumulátor. Pokud bychom měli navrhnout soustavu pro spouštěč s výkonem 1kW, pracující se jmenovitým napětím 12V, dostaneme proud na krátko.

(3.2.4)

$$I_k = \frac{1 * 10^4}{2,25 * 12} = 370 \text{ A} \quad [A; kW, V]$$

$$I_m = \frac{I_k}{2} = \frac{370}{2} = 135 \text{ A} \quad [A; A]$$

Proud při největším výkonu bude přibližně 135A. [11]

3.2.1 Volba vhodné velikosti akumulátoru a výkonu spouštěče

Vhodná volba akumulátoru je jedním z důležitých faktorů pro správný výkon celé soustavy. Hlavními faktory jsou především vnitřní odpor a maximální krátkodobý proud, který lze z akumulátoru odebírat bez jeho poškození. Oba faktory souvisí především se jmenovitou kapacitou, na níž závisí i počet spouštění a celková doba spouštění. Nevýhodou akumulátorů je vzrůst vnitřního odporu při nízkých teplotách, který zmenšuje výkon spouštěcí soustavy právě v okamžiku, kdy by měl být největší.

Každý akumulátor má výrobcem předepsané meze. Dolní mez je kapacita, která ještě zaručuje, že soustava dosáhne jmenovitého výkonu spouštěče.

Horní mez je stanovena z důvodu ochrany spouštěče před přetěžováním příliš velkými proudy. Jmenovitá kapacita je však z tohoto hlediska nepřesný údaj. Vlastnosti akumulátorů se stejnou kapacitou se mohou lišit vzhledem k různým konstrukcím. Pro rychlý přibližný výpočet nejmenší jmenovité kapacity akumulátoru pro určitý jmenovitý výkon spouštěče lze použít rovnici 3.2.4, ze které získáme proud na krátko. Za nejmenší kapacitu akumulátoru lze považovat 10% jeho číselné hodnoty. Pokud tedy máme proud na krátko o velikosti 370A, volíme nejmenší kapacitu 37Ah. Pro akumulátory s větší startovací schopností lze vzít pro výpočet i 12% hodnoty.

Spojovací vedení musí být co nejkratší s co nejmenším možným odporem. Velké proudy vyžadují kvalitní provedení spojů a svorek. Velký důraz je kladen na přechody s malými přechodovými úbytky napětí ve zpětném vedení kostrou. Zde se velmi často objevuje koroze. Je-li motor izolován pryžovými tlumiči nárazu od ostatních částí tvořících kostru, kterou má proud procházet, je nutné motor propojit s kostrou ohebnými vodiči. Průřez vodičů se stanoví podle úbytku napětí nebo podle proudového zatížení. Pro krátká vedení s malým úbytkem napětí je třeba rozhodnout o průřezu dle proudového zatížení. Největší zatížení se předpokládá 30A/mm² a průřez je

(3.2.1.1)

$$q = \frac{I_k}{30} \quad (\text{mm}^2; A)$$

Pokud budeme vycházet z předpokladu, že se při vybití 15% kapacity C_{20} záběrným proudem nesmí vodič ohřát o více než 145°C (z -15 na +130°C), můžeme průřez počítat podle vzorce

(3.2.1.2)

$$q = 0,1386 * \sqrt{I_k * C_{20}} \quad (\text{mm}^2; A, Ah)$$

Vypočtený průřez je nutné ještě zvětšit, pokud by došlo v dlouhém vedení k překročení předepsaných mezí úbytku napětí.

Pro volbu spouštěče je důležitý převod mezi hřídelí spouštěného motoru a výstupní hřídelí spouštěče. Zpravidla je převod volen 1:16. Optimálního převodu, tedy poměru otáček spouštěče v maximu výkonu k nejnižším spouštěcím otáčkám motoru, nelze někdy dosáhnout. Vyráběné typy spouštěčů a akumulátorů nejsou odstupňovány tak, aby pokryly všechny možnosti. Měnit počet zubů na věnci setrvačnicku a pastorku startéru není možné v příliš velkém rozmezí.

Pokud jsou známy základní požadavky na spouštěcí soustavu, tj. nejnižší teplota, při níž má být spouštění zajištěno, příslušné nejnižší otáčky při spouštění n_s a střední odporový moment motoru M_s , pak musí být nejnižší výkon soupravy

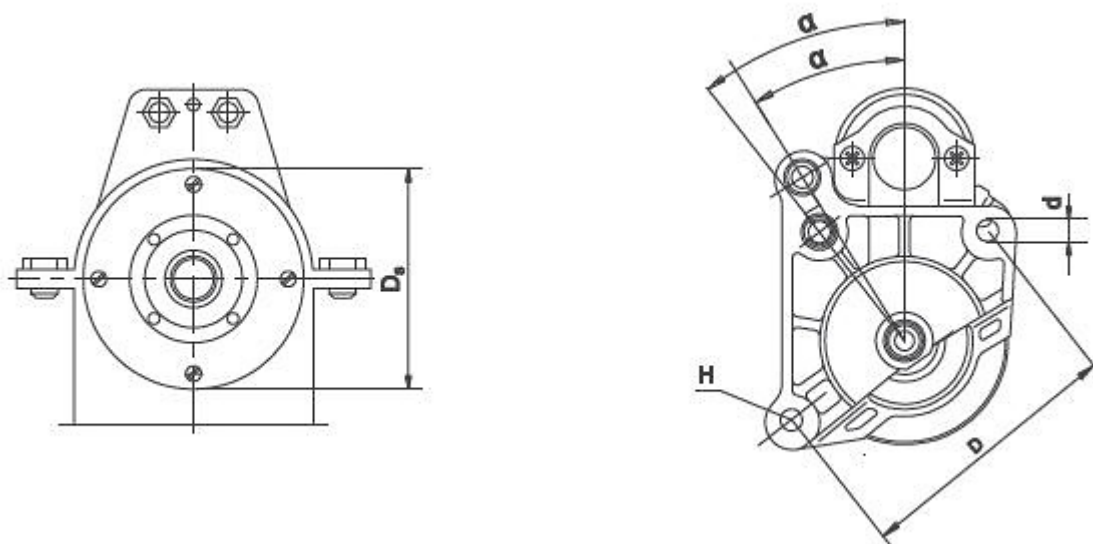
(3.2.1.3)

$$P = M_s * n_s * 10^{-4} \quad [\text{kW}; \text{Nm}, \text{min}^{-1}]$$

a volí se proto spouštěč, který je v typové řadě nejbližší vyšší a je možné díky němu dosáhnout požadovaného převodu. Lze použít i orientační odhad výkonu spouštěče, podle něhož je potřebný výkon spouštěče obsah motoru v litrech násobený 0,25 až 0,5u zážehových a 0,35 až 1 u vznětových motorů. Pro zážehový motor o obsahu 1600cm³ je vhodný spouštěč o výkonu 0,4-0,8kW. Pro motor vznětový o obsahu 1900cm³ je potřebný výkon 0,665-1,9kW. [11]

3.3 Spolehlivost zasunutí pastorku

Bezpečné zasunutí pastorku do záběru, za jakýchkoliv podmínek, je pro spouštěč klíčová vlastnost. Pokud není schopen zasunout spolehlivě a bezpečně pastorek do věnce setrvačnicku, může dojít nevratnému poškození samotného spouštěče, ale i zubů věnce setrvačnicku. K tomu může dojít díky několika různým faktorům. Prvním z nich je nesprávná montáž spouštěče po opravě zpět do vozidla. Během provozu se na uložení spouštěče tvoří vůle v podobě vymačkané příruby, nebo podložek pod maticemi.



Obrázek 19 Uložení startéru pomocí třmenů a příruby [8]

Z výroby jsou dány montážní tolerance, obsažené v rozměrovém výkresu. Při opětovné montáži spouštěče zpět, je nutné umístit podložky a matice na stejné místo kde se nacházeli před demontáží. Při nedodržení tohoto postupu může dojít k porušení tolerance, spouštěč bude instalován vychýlený a to má v některých případech za následek okamžité poškození v podobě zlomené hřídele rotoru, nebo vylomení zubů pastorku nebo věnce setrvačnicku.

Druhým způsobem, při kterém dochází k poškození, je nedokonalá součinnost pružin a elektromagnetu spouštěče. Zde dojde k situaci, kdy je pastorek vysunut, ale nedojde k zasunutí mezi zuby věnce. Síla nutná pro tření pastorku po věnci je příliš malá.

3.3.1 Porovnání zasunutí pastorku

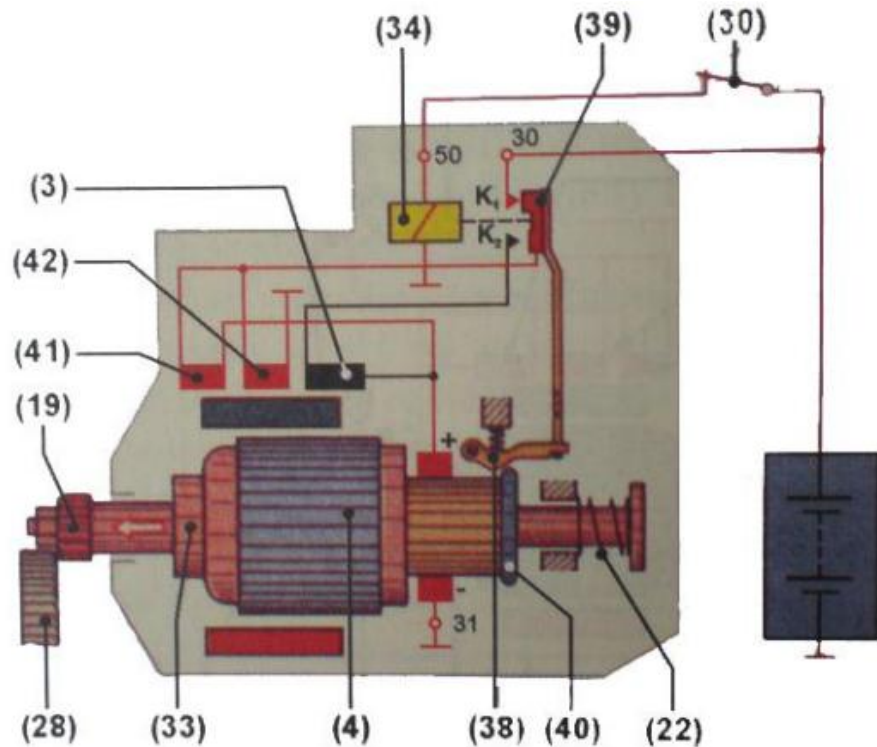
Spolehlivost zasunutí pastorku můžeme demonstrovat u dvou spouštěčích systémů. Prvním je systém s výsuvnou kotvou a druhý s výsuvným pastorkem. Pro pochopení rozdílu funkce a tedy i jinou výši spolehlivosti musíme oba systémy podrobně popsat.

Systém s výsuvnou kotvou

Konstrukčně se jedná o dvoustupňový systém. Činnost spouštěče je rozdělena na 1. stupeň, 2. stupeň a vypnutí spouštěče.

1) 1. stupeň

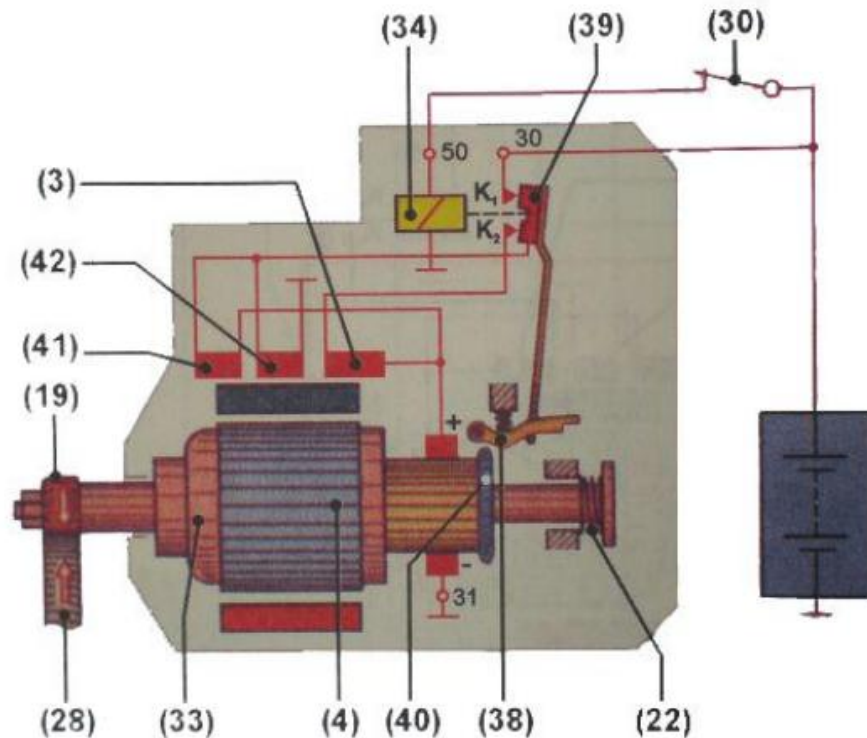
Po sepnutí spínače (30) je na svorku (50) přivedeno napětí. Proud prochází vinutím ovládacího relé (34) a to přitáhne můstek (39). Konec můstku je opřen o západku (38). Můstek se pootočí kolem svého spodního konce a sepne jen kontakt (K1). Pomocí kontaktu (K1) prochází proud do pomocného sériového vinutí (41) a dále přes vinutí na kostru (31). Ve stejné chvíli je napájeno derivační vinutí (42) a obě dohromady vytvářejí magnetické pole. To posunuje kotvu směrem k ozubenému věnci (28). Současně se kotva otáčí k ulehčení zasunutí pastorku mezi zuby věnce.



Obrázek 20 Zasouvání kotvy s pastorkem [2]

2) 2. stupeň

V momentu kde se pastorek zasune na požadovanou délku, dojde k nadzvednutí uvolňovacího kroužku (40) a uvolnění západky (38). Sklopný můstek spojí i kontakt (K2), čímž je ze svorky (30) napájeno hlavní sériové vinutí (3). Sériové vinutí (41) je k hlavnímu připojeno paralelně. S rostoucími otáčkami klesá proud oběma vinutími a tím i síla, která udržuje pastorek v zasunuté poloze. Po rozpojení spínače (30) je přerušen přívod napětí na svorku (50) a vratná pružina (22) posunuje postupně kotvu (4) do základní polohy. [2]

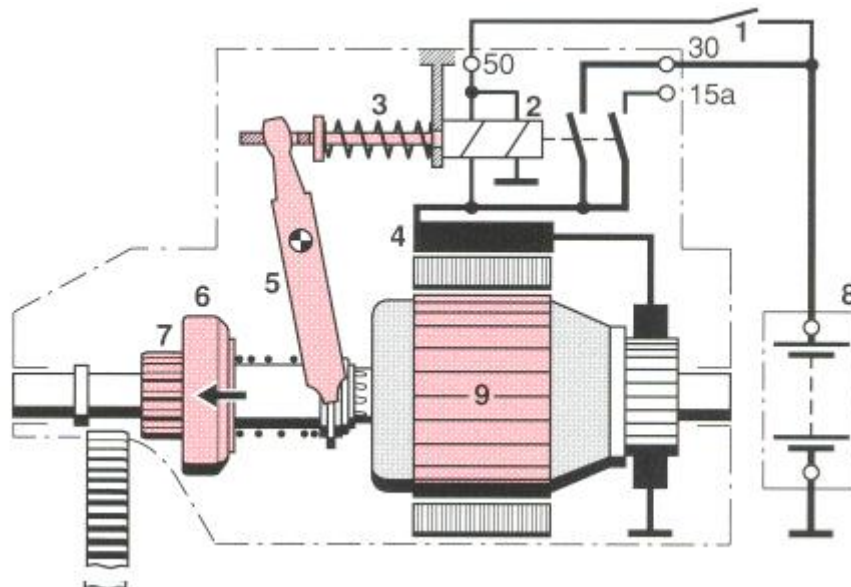


Obrázek 21 Zasunutí kotvy s pastorkem do záběru [2]

Z hlediska spolehlivosti tento systém není příliš vhodný. Vzhledem k tomu, že při zasouvání se pohybuje s pastorkem i celá kotva, je hmotnost zasouvaného mechanismu vysoká. O zasunutí se stará pouze magnetické pole a proto může dojít k situaci, kdy vozidlo stojící proti svahu, nemusí nastartovat motor z důvodů působení vysoké hmotnosti proti síle magnetického pole. Tento problém vyřešil systém s výsuvným pastorkem, díky čemuž se zvýšila celková spolehlivost systému. [2]

Systém s výsuvným pastorkem

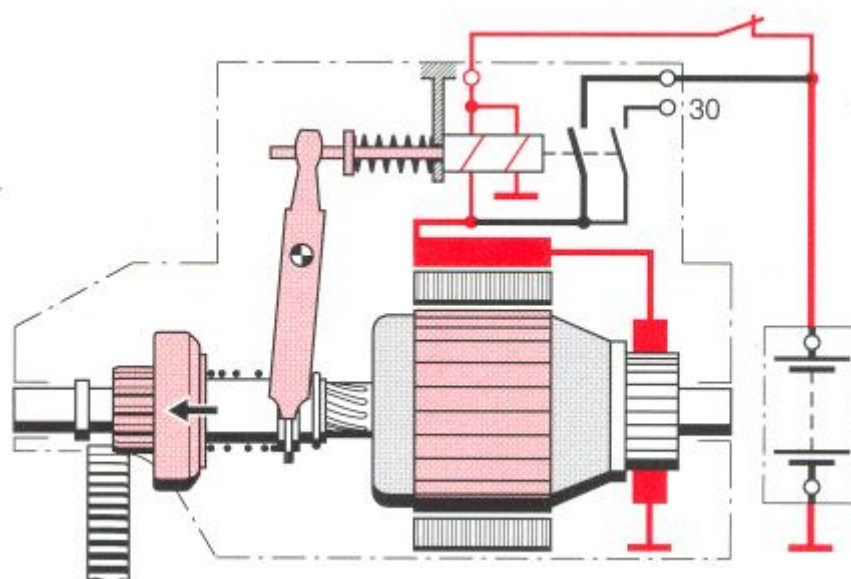
Při pohledu na klidový stav spouštěče jsou vidět výrazné rozdíly v konstrukci, které přinášejí spolehlivější činnost. Jedná se především o vratnou pružinu (3) a zasouvací páku (5). Na rozdíl od systému s výsuvnou kotvou se zde vysouvá pouze samotný pastorek.



Obrázek 22 Klidový stav spouštěče s výsuvným pastorkem [2]

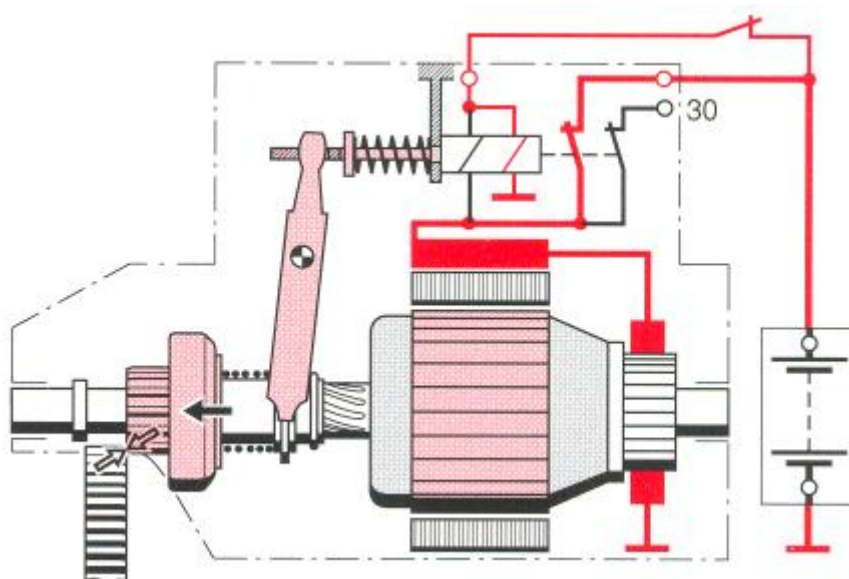
1) 1. stupeň

Po sepnutí spínače (50) ve spínací skřínce (1) je jádro elektromagnetu vtahováno do cívky. Jeho pohyb se přeneše na zasouvací páku (5) a ta začne pootáčet ve směru hodinových ručiček. Spodní konec páky začne pomocí zasouvací pružiny posunovat pastorek směrem k věnci. Zde je vidět první rozdíl oproti systému s výsuvnou kotvou. Zde se o zasunutí stará kombinace elektromagnetu, pružin a šroubových drážek.



Obrázek 23 Zasouvání pastorku spouštěče [2]

Během zasouvání může nastat situace, kdy narazí zub pastorku na zub věnce setrvačníku. V tomto případě se posuv pastorku zastaví. Zasouvací páka (5) se ale pootáčí dál a bude stlačovat zasouvací pružinu. Tím dojde po určité době ke spojení kontaktů na kontaktním můstku a rotor se začne otáčet. Zuby pastorku se třou o věnec setrvačníku po takovou dobu, dokud nedojde k zapadnutí zubů do mezer pomocí pružiny. Pokud nedojde k nárazu zubu na zub, pokračuje zasouvání pastorku dál takto. Sepnutí spínače (1) přivede z baterie proud na svorku (50). Ten prochází vinutími a jádro elektromagnetu je vtahováno. V okamžiku, kdy dojde k sepnutí kontaktu (K1) je přes svorku (30) přivedeno plné napětí a spouštěč se roztočí.

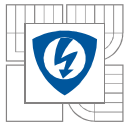


Obrázek 24 Náraz zubu na zub [2]

2) 2. stupeň

Vysunutí pastorku je provedeno po přerušení přívodu proudu na svorku (50). Magnetické pole zaniká a vratná pružina (3) začíná pootáčet zasouvací pákou proti směru hodinových ručiček. Volnoběžka zabrání přenosu otáčivého pohybu z motoru na spouštěč. Pastorek se pohybuje zpět ke spouštěči. Tím se do základní polohy vrátí i kontaktní můstek a kontakty, které přeruší přívod proudu.

Podle výše popsaných postupů zasouvání a vysouvání pastorku je patrné, že v případě systému s výsuvným pastorkem musí být kladen velký důraz na součinnost pružin a elektromagnetu. Příliš slabá zadní pružina nevysune pastorek bezpečně do záběru, příliš silná pružina znemožní vypnutí spouštěče, nebo potřebuje zesílení vratné pružiny, a tím i elektromagnetu. Příliš slabá vsuvná pružina zaviňuje nespolehlivé zasouvání pastorku a poškozování zubů při záběru spouštěče. Příliš silná pružina vyžaduje velkou sílu elektromagnetu, aby došlo k sepnutí. [2]



3.4 Výpočet síly nutné pro zasunutí pastorku

Pro výpočet síly potřebné pro tření pastorku v případě nezasunutí mezi zuby věnce rotoru byl vybrán startér společnosti Magneton určený pro vozidlo Škoda Fabia 1.4i.

Jmenovité hodnoty startéru:

Jmenovité napětí = 12V

Jmenovitý výkon = 1kW

Jmenovité otáčky = 1500 ot/min

Záběrový moment = 15Nm

Počet zubů pastorku = 9

Odvození vzorce pro výpočet krouticího momentu

Třecí síla závisí na síle přítlakové. Abychom ji mohli vypočítat, musíme vycházet ze základního vztahu pro třecí sílu,

(3.4.1)

$$F_t = f * F_n$$

(3.4.2)

$$dF_n = q * d_s$$

kde f je součinitel smykového tření a F_n zastupuje přítlakovou sílu. Dosazením rovnice (3.4.2) do rovnice (3.4.1) získáváme kompletní rovnici (3.4.3) pro třecí sílu.

(3.4.3)

$$dF_t = f * dF_n = q * d_s$$

Pomocí získané rovnice pro třecí sílu můžeme odvodit rovnici pro krouticí moment.

$$dM_k = r * dF_t = r * f * q * d_s$$

Rovnici zavedeme pod integrál

(3.4.4)

$$M_k = \int r * f * q * d_s$$

Nyní rovnici převedeme na polární souřadnice

$$M_k = \iint r * g * f * d_x * d_y$$

$$M_k = \int_0^\Psi \int_0^R r^2 * g * f * d_r * d_\varphi$$

$$M_k = \frac{1}{3} * \pi * R^3 * q * f$$

Dosazením výrazu $q = \frac{F_n}{\pi * R^2}$ do přecházející úpravy dostáváme hotový výsledek

(3.4.5)

$$M_k = \frac{1}{3} * R * f * F_n \quad [Nm; mm, -, N]$$

Poslední proměnnou se v rovnici stalo R , které reprezentuje poloměr pastorku

Výpočet přitlačné síly

Pro výpočet je nutné znát přitlačnou sílu. Ta je dána silou elektromagnetu, který přes pákový systém přenáší síly na přitlačnou pružinu. Proud procházející elektromagnetem startéru je v praxi používán v rozmezí 20-30A.

$$l = 60 \text{ mm}$$

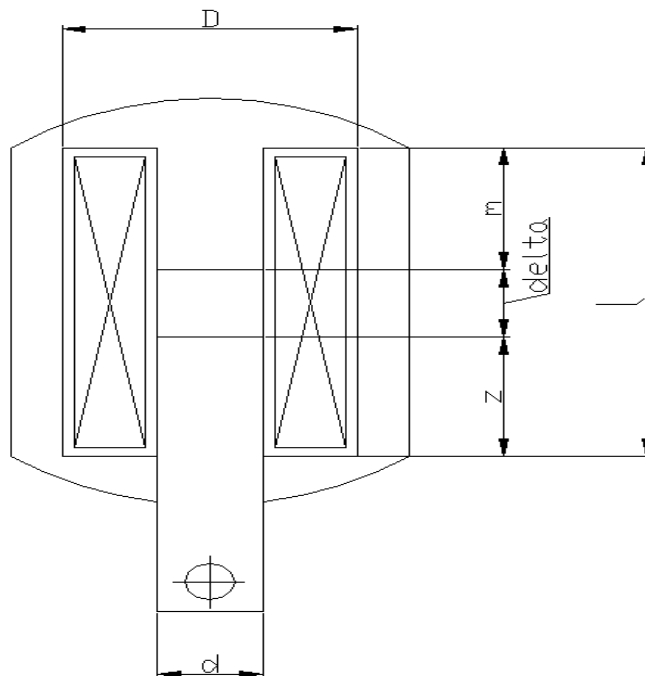
$$D = 40 \text{ mm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

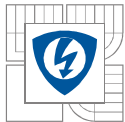
$$z = 25 \text{ mm}$$

$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7} \text{ H} * \text{m}^{-1}$$

$$k_s = 1,1$$



Obrázek 25 Elektromagnet



1) $I = 20A$

Výpočet hodnoty magnetomotorického napětí F_m .

(3.4.6)

$$F_m = N * I = 400 * 20 = 8\,000A \quad [A; -, A]$$

Díky magnetomotorickému napětí lze vypočítat velikost magnetického napětí U_δ .

(3.4.7)

$$U_\delta = \frac{F_m}{k_s} = \frac{8\,000}{1,1} = 7\,272,72A \quad [A; A, -]$$

Nyní máme všechny neznámé pro výpočet přitlačné síly F_n .

(3.4.8)

$$F_n = \frac{1}{2} \mu_0 * \frac{2\pi * U_\delta^2}{l^2 * l_n \frac{D}{d}} * z^2 \quad [N; Hm^{-1}, A, mm, mm, mm, mm]$$

$$F_n = \frac{1}{2} 4\pi * 10^{-7} * \frac{2\pi * 7\,272,72^2}{0,06^2 * l_n \frac{0,04}{0,02}} * 0,025^2$$

$$F_n = 52,29N$$

2) $I = 25A$

Magnetomotorické napětí

$$F_m = N * I = 400 * 25 = 10\,000A$$

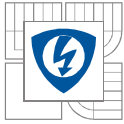
Magnetické napětí

$$U_\delta = \frac{F_m}{k_s} = \frac{10\,000}{1,1} = 9\,090,9A$$

Přitlačná síla

$$F_n = \frac{1}{2} 4\pi * 10^{-7} * \frac{2\pi * 9\,090,9^2}{0,06^2 * l_n \frac{0,04}{0,02}} * 0,025^2$$

$$F_n = 81,73N$$



3) $I = 30A$

Magnetomotorické napětí

$$F_m = N * I = 400 * 30 = 12\,000A$$

Magnetické napětí

$$U_\delta = \frac{F_m}{k_s} = \frac{12\,000}{1,1} = 10\,909,09A$$

Přítlačná síla

$$F_n = \frac{1}{2} 4\pi * 10^{-7} * \frac{2\pi * 10\,909,09^2}{0,06^2 * l_n \frac{0,04}{0,02}} * 0,025^2$$

$$F_n = 117,69N$$

Výpočet kroučícího momentu

poloměr pastorku $R = 15mm$

součinitel smykového tření ocel – ocel = 0,70

Pro konečný výsledek dosadíme příslušné hodnoty do rovnice (3.4.5)

1)

$$M_k = \frac{1}{3} * R * f * F_n$$

$$M_k = \frac{1}{3} * 0,015 * 0,70 * 52,29$$

$$M_k = 0,183Nm$$

Z výsledku výpočtu vyplývá, že moment nutný pro tření pastorku startéru po věnci motoru je roven 0,183Nm. Výsledek je platný pro suchý, nemazaný ocelový povrch.

2)

$$M_k = \frac{1}{3} * 0,015 * 0,70 * 81,73$$

$$M_k = 0,286Nm$$

3)

$$M_k = \frac{1}{3} * 0,015 * 0,70 * 117,69$$

$$M_k = 0,412Nm$$

3.5 Elektrická spolehlivost

3.5.1 Kontrola elektrického systému

Ke zvýšení spolehlivosti startéru je nutné provádět jeho preventivní prohlídku. Z revize elektrických parametrů se dá bez problému odhalit případná, nebo začínající porucha. Z elektrického hlediska by měl startér pro správnou funkci splňovat tyto podmínky.

- při zapnutí spouštěče naprázdno nesmí odebraný proud přesáhnout 120A při $11\,000\text{ min}^{-1}$
- při zatížení na dynamo-spouštěcí stoličce musí odebírat maximální proud 450A při napětí baterie 10V a 3000 min^{-1}
- spínač musí spolehlivě a plynule spínat při 6,5V a rozpínat při maximálně 4,5V
- neozve-li se po stisknutí startovacího tlačítka charakteristické cvaknutí kontaktů, je spálena cívka elektromagnetického spínače nebo přerušeno vedení ke svorce 50

Z elektrického hlediska trpí startéry s výsuvným pastorkem třemi nejčastějšími poruchami. Prvním je cvakání spínače naprázdno. Druhým vážným problémem je občasné vynechání startéru. Třetím je porucha, při které dojde ke slepení kontaktů.

3.5.2 Elektromagnetické ztráty

Elektromagnetické ztráty můžeme rozdělit na elektrické a magnetické. Elektrické, neboli Joulovy ztráty, jsou ztráty vznikající odporem vodičů, kde se mění na teplo a způsobují nevhodné zahřívání stroje. Další ztráty vznikají přechodem proudu přes kluzné kontakty. Ostatní dodatečné ztráty jsou tvořeny rozptylovými poli.

Magnetické ztráty jsou způsobeny tím, že v jednotlivých částech magnetického obvodu strojů se mění magnetický tok. Proto vznikají vířivé proudy, které mají za následek ztráty a nežádoucí ohřívání obvodu.

Vířivé proudy a hysterezní ztráty se nedají odstranit úplně, ale je možné je částečně potlačit. Nejjednodušším řešením je snížení indukce. Toho dosáhneme zvýšením objemu a hmotnosti aktivních částí, po případě lze použít tenčí plechy vyrobené z materiálů s vysokým měrným odporem. Nežádoucím následkem těchto změn může být křehkost plechů a opotřebení razicích strojů. Dodatečné ztráty způsobuje především skin efekt ve vodičích.

Ventilační ztráty obvykle řešíme pomocí ventilátoru, který žene vzduch přes celý motor. Chlazení je velmi důležitá část spouštěče, protože provozní teplota může být velmi vysoká. Použitím ventilátoru bohužel vznikají další ztráty, které se projevují především ve vyšších otáčkách. Abychom omezili tyto ztráty, je nutné vhodně optimalizovat tvar a rozměry ventilátoru. Další řešení spočívá v použití ventilátoru s regulací rychlosti pomocí mechanické spojky. Poslední variantou je použití samostatného motoru, který by poháněl pouze ventilátor. Toto řešení ale není příliš ekonomické. Obecně lze prohlásit, že spouštěč s výsuvným pastorkem je dnes po stránce elektrotechnické velmi spolehlivý zejména díky masovosti výroby, která jej umožnila optimalizovat. [5]



3.5.3 Cvakání spínače naprázdno

Tento problém je ve velké míře způsoben opálenými kontakty, které jsou umístěny ve víčku spínací cívky. Víčko je osazeno pevnými kontakty, kterými po připojení pohyblivých kontaktů procházejí velké proudy. Styčné plochy se vlivem proudu zahřívají, materiál (většinou měď) měkne a mechanickým tlakem pohyblivého kontaktu se pevný kontakt prohne do oblouku. Opakovanými starty je tento nežádoucí jev podporován a zároveň se dále zmenšuje kontaktní plocha. Potom, co dojde ke kritickému prohnutí, nebo úbytku materiálu na kontaktu, se nepropojí pevné kontakty a startér cvakne naprázdno.

Oprava takového závady většinou vyžaduje výměnu celé spínací cívky, nebo její opravu. Ta obnáší rozlisování cívky, výměnu pohyblivého kontaktu a víčka cívky včetně pevných kontaktů. Z ekonomického a bezpečnostního hlediska je lepší automobil osadit úplně novou cívkou, protože jejich opravy se mohou vyšplhat až na cenu nové. [6]

3.5.4 Vynechávání startéru

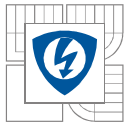
Tato závada se projevuje jako neochota startéru k roztočení. S největší pravděpodobností ji způsobují příliš krátké uhlíky. Uhlíky startéru už nejsou schopny dosedat na lamely kolektoru s dostatečně velkým přitlakem, nebo jsou natolik krátké, že se lamel rotoru nedotýkají vůbec. Nefunkčnost startéru tedy způsobuje přerušovaný obvod. Minusové uhlíky totiž slouží zároveň jako ukostření pro spínací cívku. Podobná situace nastává v okamžiku, kdy je na lamele vypálené místo a rotor se zastaví přesně v místě vypálení pod jedním z uhlíků. Opět nedojde k uzavření obvodu a startér se neroztočí. Pokud dojde k otočení rotoru následkem otřesu do jiné polohy, vypálené místo se posune mimo uhlík a startér bude opět funkční.

Oprava tohoto problému není finančně náročná. Uhlíky jsou spotřebním materiálem a jako takové podléhají opotřebení podle počtu startů. Pro výměnu je nutné vizuálně zkontrolovat, zda nejsou poškozeny držáky uhlíků a poté je možné instalovat nové uhlíky zpět. Před samotnou výměnou je ale nutné zarovnat a vyčistit dosedací plochu kolektoru rotoru a vyčistit drážky mezi lamelami. Tím je možné předejít nežádoucímu propojení lamel pilinami, které vznikají při osoustružení komutátoru.

3.5.5 Lepení kontaktů

K lepení kontaktů, neboli svaření, dochází stejně jako u první závady při prohnutí, nebo nedostatečnému zasunutí pohyblivého kontaktu. Takový kontakt pak správně nepřevádí elektrický proud a dochází k nadměrnému zahřívání v místě styku. Při konstrukci automobilu se výrobci snaží snížit výrobní náklady, a proto často používají méně kvalitní měď, která má horší elektrické vlastnosti. Tím vzniká větší přechodový odpor, který vede k elektrickému oblouku. Ten má za následek svaření pohyblivého a pevného kontaktu.

Podobnou poruchou je neúplná funkčnost spínací cívky z důvodu spáleného nebo přerušovaného vinutí. Po přivedení proudu na svorku (50) se startér neuvede v činnost a na přístrojové desce pohasnou kontrolky. Lepení kontaktů a přerušované vinutí se stejně jako u první závady opravuje výměnou celé spínací cívky. Možným řešením situace je znovu naddimenzování pevného a pohyblivého kontaktu, aby nedošlo k jejich prohnutím. V této souvislosti je ale nutné používat měď vyšší jakosti, pro lepší přenos elektrického proudu a mechanické odolnosti. [6]



3.6 Mechanická spolehlivost

3.6.1 Kontrola mechanického systému

Druhá část, kterou bychom neměli u kontroly startéru vynechat, je mechanická část. Tato kontrola nevyžaduje na rozdíl od té elektrické složité měření za pomoci speciálních přístrojů. Postačí pouze kontrola vizuální. Během prohlídky bychom se tedy měli zaměřit především na tyto věci.

1) kontrola svorek a upevnění vodičů

Provádíme je především jako opatření proti přechodovým odporům. Vhodná je i kontrola stavu uhlíků. Po demontáži krytu komutátorového víka zkontrolujeme jejich stav. Ty musí být ve vodičkách lehce posuvné a musí mít dostatečnou délku. Výměna je nutná tehdy, jsou-li jejich horní konce v úrovni vodiček. Současně kontrolujeme i přitlačné pružiny.

2) kontrola komutátoru

Komutátor by měl mít hladký a lesklý povrch, bez znatelných rýh nebo vypálených míst. Je-li poškozen, provádí se po demontáži přetočení na soustruhu. Drobné rýhy je možné odstranit použitím jemného smirkového plátna, kterým se povrch přešetí. V případě, že mezi jednotlivými měděnými lamelami komutátoru vystupuje izolace až k povrchu, musíme drážky prohloubit na 0,4 mm až 0,8 mm. Provádí se pomocí upraveným plátkem pilky na kov, nebo frézou.

3) kontrola volnoběžky

Volnoběžka při záběru nesmí proklouznout. Při opačném otáčení pastorku ale prokluzovat musí. Poškozený pastorek se vyměňuje i s volnoběžkou. Vůle rotoru v kluzném ložisku má být maximálně 0,2mm a axiální vůle podle výrobce 0,7mm až 1,3mm. Z mechanického hlediska trpí startéry s výsuvným pastorkem především protočením startéru naprázdno, zlomením rotoru nebo destrukcí převodu a nedostatečným výkonem startéru.

3.6.2 Kontrola spouštěče po opravě

Kontrolu spouštěče po opravě provádíme na zkušebním stavu. Kontrola musí být prováděna zastudena, to je při teplotě 20°C +/- 5°C. Teplotu je nutné dodržovat, neboť u zahřátého spouštěče se naměřené hodnoty mění. Provádí se tři druhy zkoušek:

- Při předepsaných otáčkách musí spouštěč dosáhnout minimálně jmenovitého výkonu. Současně se měří velikost napětí a zatěžovacího proudu.
- Při chodu naprázdno musí být dosaženo otáček a proudů uvedených v příslušné tabulce. Spínač musí sepnout i při napětí sníženém proti jmenovitému o 25% a zůstat v sepnutém stavu i při poklesu napětí na 45% napětí jmenovitého.
- Se zkušebním akumulátorem musí spouštěč dosáhnout i předepsaného záběrového momentu. Při kontrole se setrvačnická stolice brzdí tak, aby spouštěč odebíral proud odpovídající hodnoty (dle tabulek). Současně se zjišťuje i velikost napětí na svorkách spouštěče. Při této zkoušce je spouštěč značně tepelně namáhán, a proto by měla trvat maximálně 3 sekundy.

Pokud nedosáhne spouštěč při zkoušce požadovaného výkonu a záběrového momentu je spouštěč vadný a musí být vyměněn za nový. [5]

3.6.3 Mechanické ztráty

Mechanické ztráty vznikají především vlivem tření v ložiskách, třením kartáčů o komutátor a také ztrát způsobených chlazením. Ztrátám v ložiskách se nedá zcela vyhnout, lze je ale omezit na minimální hodnotu použitím keramických ložisek, které mají extrémně nízký koeficient tření. Zároveň jsou mechanicky odolné a na rozdíl od klasických průmyslových ložisek i tišší. Nevýhodou použití je vysoká cena bez možnosti jakékoliv opravy.

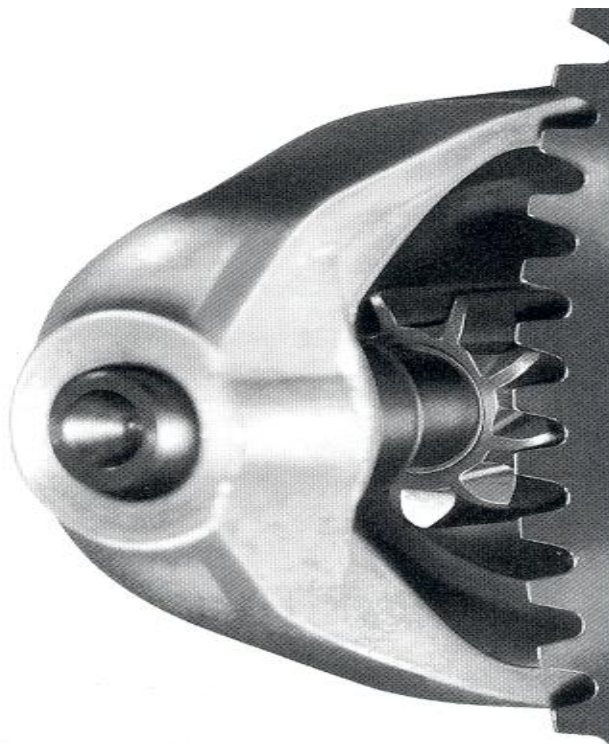
Ztráty třením kartáčů o komutátor se není možné vyhnout vůbec, a proto je musíme považovat za stále přítomné. Ztráty způsobené chlazením se dají výrazně omezit až o 30%.

Na spouštěč jsou kladeny velké mechanické nároky, a proto musí celý systém pracovat se 100% spolehlivostí. Základními technickými požadavky jsou:

- 1) pokud není startér v chodu, je nutné, aby byl pastorek bezpečně daleko od ozubeného věnce setrvačnicku
- 2) není-li zasunutí zubu pastorku do věnce setrvačnicku dokonalé, nesmí být točivý moment velký, aby nedošlo k poškození zubů věnce
- 3) musí být zajištěno, aby došlo k dokonalému zapadnutí pastorku do věnce i tehdy, střetne-li se zub pastorku se zubem věnce
- 4) mechanismus musí být schopen přenést celý moment v plném záběru a musí být opatřen ochranou před přetížením

Zvláštní důraz je kladen na bod 2) a 3). Pokud bude systém špatně navrhnutý, mohlo by velmi brzy dojít v případě 2) k opotřebení jak samotného pastorku spouštěče, tak věnce setrvačnicku. Za nedokonalé zasunutí pastorku do věnce může špatně navržený pákový systém, který nemá požadovanou sílu a rychlost, aby došlo k dokonalému zapadnutí. Pokud bude vysouvací systém příliš rychlý nebo silný, může docházet k trvalému poškození zubů vlivem nedokonalého zapadnutí. V krajních případech není vyloučeno ani zlomení osy, na které je pastorek umístěn.

Největší současný problém spouštěče s výsuvným pastorkem spočívá při startu v nárazu zubu pastorku na zub věnce. V praxi je problém řešen sražením, nebo zešikmením hran zubů pastorku, což umožní hladší zasunutí. Tuto úpravu lze pozorovat na *Obrázku 26*. I zde hraje velkou roli zasouvací systém. Pokud by měl příliš velkou sílu, docházelo by k opotřebení čela pastorku a čela věnce vlivem nárazu. Pokud nebude naopak vyvinuta dostatečně velká síla, nedojde k zasunutí pastorku vůbec. [5]

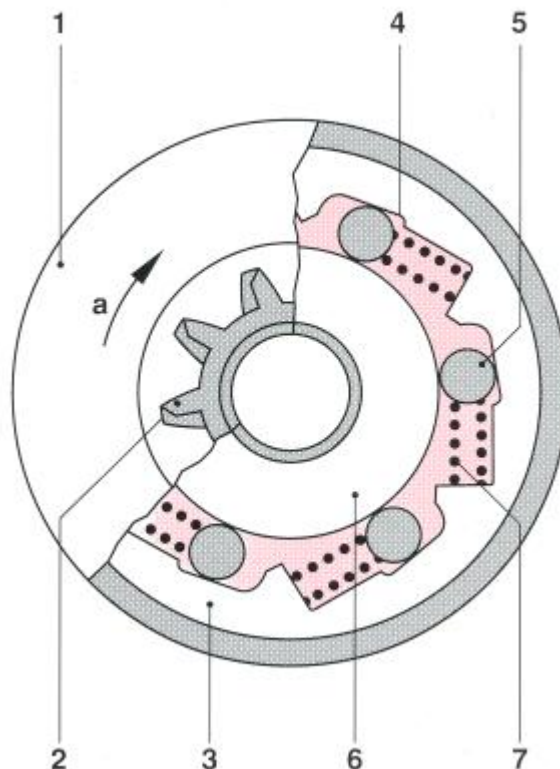


Obrázek 26 Detail zešikmení zubů pastorku [9]

3.6.4 Protočení startéru

Velmi častou příčinou tohoto problému je vadná volnoběžka. Ta má za úkol převádět veškerou sílu vytvořenou startérem na setrvačnick motoru, a proto je náchylná na mechanické poškození vlivem velkého zatěžování. Nejpatrnější je tato závada v zimních měsících, kdy teploty klesají pod bod mrazu. Motor musí vyvinout vyšší kompresní tlak, olej má větší hustotu a volnoběžka je díky tomu vystavena většímu točivému momentu.

Poškozeným členem je váleček, který zajišťuje otáčení volnoběžky pouze jedním směrem. Pokud rozebereme volnoběžku, je možné toto opotřebení vidět jako rovné vybroušené plochy na válečcích. Předcházet by se tomuto problému dalo za použití kvalitnějších materiálů, dodržování kontroly jakosti při výrobě a použitím kvalitního maziva. Na opravu vybroušených válečků jsou dostupné opravné sady. Pokud se ale volnoběžka protáčí úplně, je nutné ji vyměnit za novou. [6]



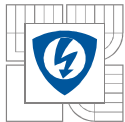
Obrázek 27 Volnoběžka startéru [2]

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1 – kryt | 5 – váleček |
| 2 – pastorek | 6 – hřídel pastorku |
| 3 – unašeč s věncem volnoběžku | 7 – pružina |
| 4 – kluzný povrch válečku | a – směr otáčení |

3.6.5 Poškození převodů startéru

Pokud se startér točí naprázdno, může být příčina ve zlomené hřídeli rotoru, nebo v převodech startéru. V praxi se ale více objevuje problém se zničenými převody startéru. Na hřídeli převodovky je nasazena planeta s vnitřními zuby. V nich rotují ozubená kolečka. Samotná planeta je vyrobena z PVC a ozubená kolečka jsou ocelové. Startér díky tomu není tak hlučný a zároveň se chrání startér před totální destrukcí. Pokud by došlo k případu, kdy selže volnoběžka, je zadřená a nemůže se tedy po nastartování motoru volně protočit, tak planeta plní funkci bezpečnostního prvku a snižuje tak případné škody.

Ocelová kolečka vylátnou plastové zuby planety a tak nedojde k přenesení točivého momentu motoru přes volnoběžku na rotor startéru. Samotný startér je sice poškozen, ale oprava není finančně náročná. Celá oprava spočívá jen ve výměně planety.



3.6.6 Nedostatečný výkon startéru

Závada se projevuje při startu motoru. Točí-li se těžce a nemůže nastartovat, jde pravděpodobně, pokud jsou elektrické obvody v pořádku, o mechanickou poruchu. Příčinou jsou nadměrně opotřebená pouzdra, která díky vznikající vůli umožní křížení rotoru startéru. To sebou nese zvýšení mechanický odpor při točení a neschopnost nastartovat motor.

Podobný problém je pozorovatelný u startérů s permanentními magnety, kde za závadu může ulomený permanentní magnet na statoru. Chybějící magnet způsobí oslabení magnetického pole a to se projeví na úbytku výkonu. Výměna vadných pouzder není finančně náročná a je proto doporučena i případná výměna pouzder na převodovce startéru. Oprava startéru s permanentními magnety obnáší výměnu této části. Při opravě je nutné dodržet správnou polaritu nového magnetu. [6]

4 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO ZKOUMANÍ

Pozornost experimentálního zkoumání je věnována především procesu zasouvání pastorku spouštěče do věnce setrvačnicku. Pro jeho záznam a následnou analýzu lze využít barevná vysokorychlostní kameru, díky které je možné detailně rozebrat zasouvání zubů pastorku do drážek setrvačnicku. Pro tento pokus lze použít speciální přípravek, který musí být osazen setrvačnickem s věncem, příslušným typem spouštěče a akumulátorem předepsané kapacity. Tento přípravek musí být upraven především po stránce vizuálního sledování. V běžném automobilu není možné sledovat proces zasouvání pastorku. Proto jsou u tohoto přípravku části sestavy tvořené průhledným materiálem umožňujícím sledování procesu jak na straně setrvačnicku, tak samotného startéru. Tento speciální přípravek má k dispozici například firma Magneton Kroměříž.

V rámci testování na přípravku je provedeno několik startovacích cyklů, při kterých je zaznamenávána úspěšnost a přesnost zasunutí. Ve většině případů by mělo dojít k bezproblémovému zasunutí zubů pastorku do drážek věnce. Pro podpoření správné funkce je čelní plocha zubů upravena pro snadné zasunutí do záběru a zub je na boku odlehčen. Stejným způsobem je upraveno i ozubení věnce setrvačnicku. Tato úprava sice přináší jednodušší zasunutí do záběru, ale zároveň jsou i do určité míry zuby oslabeny a s narůstajícím stářím stoupá šance na nevratné poškození pastorku i věnce setrvačnicku. S tímto souvisí i správná montážní vzdálenost mezi čely zubů pastorku a věnce setrvačnicku. Tato vzdálenost se v praxi pohybuje mezi 3-5mm. Tolerance pro montáž je uvedena na rozměrovém výkresu spouštěče a nepřesahuje 1mm.



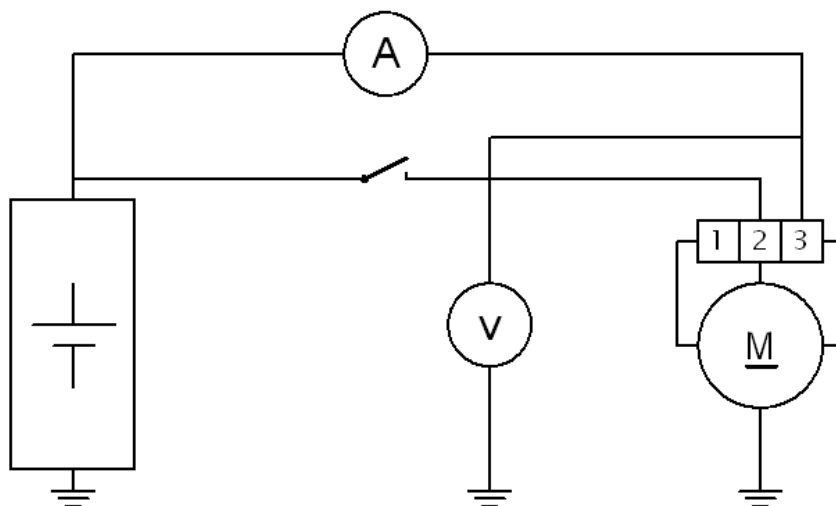
Obrázek 28 Sražení zubů pastorku [10]

I přes dodržení všech předpisů může výjimečně dojít k zaseknutí spouštěče takovým způsobem, že nebude schopen správné funkce. To znamená, že startér nemá dostatečně velkou sílu na tření pastorku po setrvačnicku a nedojde tak k zapadnutí zubů do sebe a zároveň není soustava schopná vrátit mechanismus do výchozí pozice. Díky vysokorychlostní kameře je možné tento problém podrobně analyzovat a vyvodit závěr, proč došlo k tomuto jevu a jakým způsobem je možné mu předcházet.

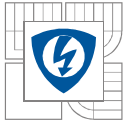
Souběžně s pozorováním samotného zasunutí pastorku, bude zkoumána i práce zasouvací a vysouvací pružiny ve spolupráci s dvoudílnou zasouvací pružinou. Pro tento účel je nutné použít druhou vysokorychlostní kameru, aby bylo možné celý proces pokrýt celý. Pokud dojde k nárazu zubu na zub, musí se zasouvací pružina správně stlačit, aby došlo při prvním pootočení k zapadnutí zubů. Pokud se objeví opačný případ, kdy nedojde k vysunutí pastorku z drážek věnce po vypnutí spouštěče, musí zafungovat ve správném okamžiku vysouvací pružina. Správnou činnost tedy ovlivňují 3 pružiny. Velikost síly, které vyvíjejí při vysouvání a zasouvání, je klíčová. Pokud nevyvine zasouvací mechanismus dostatečně velkou sílu, není možné udržet pastorek v záběru dostatečně hluboko. Slabý tlak má pak za následek opotřebení zubů věnce setrvačnicku, ty jsou pak ofrézovány pastorkem. Z vysokorychlostní kamery je možné odečíst velikost stlačení pružiny a za předpokladu znalosti tuhosti pružiny je možné ověřit jejich sílu. [6]

Vhledem ke skutečnosti, že velkou část na správné funkci spouštěče má akumulátor, by bylo vhodné provádět analýzu funkce spouštěče simulující nízké teploty. Celý systém by byl pouze upraven o chladicí box, kam by byl umístěn akumulátor a podchlazen na teplotu -10 až -15°C . Pravděpodobnost nesprávné funkce spouštěče by se tak zvýšila. Realizace chladicího boxu sloužícího pro podchlazení spouštěče by byla příliš složitá.

Jako vedlejší analýzu lze zařadit i měření proudu ve stavu naprázdno a při zatížení. Dále pak napětí na svorkách spouštěče pro jmenovitý výkon a napětí na svorkách spouštěče pro záběrový moment. Měření by mělo probíhat za stálé teploty, a to ideálně 20°C . Během jednotlivých měřicích cyklů je nutné dodržet stejný časový interval, aby mohl startér dostatečně vychladnout. Zahřátý startér by pravděpodobně vykazoval velmi odlišné hodnoty. Dle jmenovitého výkonu se pomocí ČSN stanoví mezní hodnoty, kterých musí spouštěč dosáhnout.



Obrázek 29 Schéma zapojení pro měření proudu a napětí



Pro měření otáček naprázdno je nutné nastavit spouštěč tak, aby i po vysunutí nebyl pastorek v záběru. To obnáší použití dostatečně široké podložky, aby nedošlo ke kontaktu pastorek-věvec. Zkouška nesmí trvat více než 10 vteřin. Potom by mohlo dojít k mechanickému poškození spouštěče. Měření je provedeno optickým přístrojem pro bezkontaktní měření otáček. Pro zlepšení přesnosti měření je na zub pastorku nanесena bílá barva, nebo přilepena reflexní značka.

Měření výkonu je prováděno tak, jako by byl spouštěč osazen v automobilu. Musí být dodrženy všechny vzdálenosti a příslušné tolerance. Setrvačnick se zabrzdí tak, aby otáčky dosáhly hodnoty odpovídající morně pro příslušný spouštěč. Zároveň je nutné měřit velikost napětí a odběr proudu.

Posledním měřením je kontrola předepsaného záběrového momentu. Při kontrole je nutné setrvačnick zabrzdít tak, aby spouštěč odebíral proud odpovídající normě. Současně se měří velikost napětí na svorkách spouštěče. Toto měření je tepelně velmi náročné a proto je nutné dodržet délku zkoušky a to 3 vteřiny. [6]

5 ZÁVĚR

Obsahem této diplomové práce je především rozdělení, popis, zhodnocení výhod a nevýhod a spolehlivosti jednotlivých systému vysouvání automobilových pastorků.

V první kapitole je jako úvod této práce podrobně rozebrán stejnosměrný motor a jeho varianty, které tvoří základ všech spouštěčů. Společně s tímto rozbořením byly uvedeny základní parametry startéru, jako je jmenovité napětí a výkon, a zároveň základní technické požadavky na funkční spouštěč.

V druhé kapitole diplomové práce jsou všechny systémy vysouvání pastorku rozebrány z hlediska principu funkce a výhod a nevýhod, které každé z řešení přináší. První systém s výsuvným rotorem (kotvou) dnes není příliš používaným systémem z důvodů příliš vysoké hmotnosti celku a problémům vzniklých během zasouvání pastorku při startování automobilu stojícího do kopce, nebo naopak k samovolným úderům pastorku do setrvačnicku při zrychlování. Tomu bylo částečně předcházeno blokovacím relé, které mělo znemožnit samovolný pohyb směrem k věnci setrvačnicku.

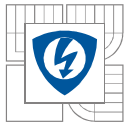
Druhý systém s výsuvným pastorkem je dnes nejrozšířenějším typem spouštěčů. Toto technické řešení řeší všechny nedostatky předešlého systému. Hlavní výhodou je řešení situace, kdy dojde při zasouvání pastorku do drážky věnce k nárazu zubu na zub. Zkosené hrany zubů, pákový a pružinový systém jsou schopny i přes tento problém zasunout zub pastorku do drážky setrvačnicku. Hlavní výhodou jednostupňového systému je velký rozsah výkonů a kompaktní rozměry. Nedochozí zde k samovolnému zasunutí pastorku do záběru. Systémy s dvojdílnou objímkou pak využívají snazšího vysunutí ze záběru, díky tomu ale nesou značnou nevýhodu a to je zvětšení konstrukce a zvýšení složitosti celého systému.

Třetím typem je výsuvný pastorek s vnitřním převodem. Konstrukce je shodná jako u systému s výsuvným pastorkem. Zde je pouze doplněna vnitřní převodovka, která umožňuje dosáhnout požadovaného výkonu a momentu při menších rozměrech. Nevýhodou menších rozměrů je zvýšené zahřívání spouštěče. Systém dvoustupňový s výsuvným pastorkem je další variantou typu s výsuvným pastorkem a používá se tehdy, je-li potřeba dosáhnout většího výkonu než 3kW. Výhodou je dosažení vysokého výkonu. Nevýhodou jsou poměrně velké rozměry.

Dalším typem spouštěče je systém Bendix. Výhodou je jednoduchá konstrukce. Nevýhodou je naopak fakt, že docházelo ke značnému opotřebení pastorku i ozubeného věnce. Tlumící pružiny velmi často praskaly, pastorek se sám vysouval do záběru při zrychlení motoru. Proto bylo nutné systém přepracovat a opatřit jej bezpečnostními funkcemi. Ty měly za následek ztrátu jednoduchosti a k používání systému Bendix už nebyl důvod.

Posledními typy spouštěčů jsou dynamospouštěč a startérgenerátor. Dynamospouštěč je dnes již spíše historickou záležitostí, která se nijak masově nerozšířila. Výhodou bylo spojení dvou samostatných systému do jednoho, tichost celku a nízké náklady. Hlavní nevýhodou jsou rozdíly v provozních podmínkách dynama a spouštěče. U spouštěče je nutné dosáhnout vysokého výkonu při nízkých otáčkách a u dynama naopak postačí při vysokých otáčkách malý výkon. Hmotnost celého systému je také značně vysoká.

Startérgenerátor je naopak nový perspektivní systém, který přináší řadu výhod jako zvýšení účinnosti alternátoru z běžných 50% na 80%. To vede k úspoře paliva a vzhledem k chybějícímu řemenu je systém celkově tichý. Dalším kladem je zařazení funkce Stop-Start a snížení emisí. Nevýhodou jsou zatím vyšší náklady na výrobu soustrojí a vysoké nároky na řídicí elektroniku.



Třetí kapitola práce přinesla rozbor vlastní spouštěcí soustavy. Pomocí jednoduchých vzorců byl vypočítán proud při maximálním výkonu soustavy. V navazující kapitole byl objasněn výpočet kapacity akumulátoru tak, aby dodal pro soustavu potřebnou energii a zároveň i přibližný odhad výkonu soustavy. Pro startovací proud 370A byl navržen akumulátor o minimální kapacitě 37Ah. Pro zážehový motor o obsahu 1600cm³ je vhodný spouštěč o výkonu 0,4-0,8kW. Pro motor vznětový o obsahu 1900cm³ je potřebný výkon 0,665-1,9kW.

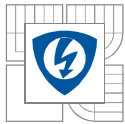
V rámci rozboru spolehlivosti byl detailně porovnán systém s výsuvnou kotvou a s výsuvným pastorkem. Systém s výsuvnou kotvou není příliš spolehlivý a bezpečný především proto, že s pastorkem se pohybuje celá kotva. Hmotnost zasouvaného mechanismu je vysoká. O zasunutí se zde stará pouze magnetické pole, a proto může dojít k situaci, kdy vozidlo stojící proti svahu, nemusí nastartovat motor z důvodů působení vysoké hmotnosti proti síle magnetického pole. Tento problém řeší systém s výsuvným pastorkem. Kombinace pružin a elektromagnetu znemožňuje samovolné zasunutí pastorku do záběru. Daní za vyšší bezpečnost a spolehlivost je nutnost naprosté součinnosti pružin a elektromagnetu. Elektromagnet musí mít dostatečnou sílu, aby v případě nárazu zubu na zub mohl třít pastorek po těle setrvačnicku. Pro elektromagnet s cívkou o 400 závitěch a proudem 20A je moment potřebný pro tření 0,183Nm. Pro cívku o stejném počtu závitů a proudu 25A činí moment 0,286Nm a pro proud 30A je moment 0,412Nm.

Poslední část třetí kapitoly je zaměřena na elektrickou a mechanickou spolehlivost systému s výsuvným pastorkem, řešení a opravu jednotlivých problémů. Nejčastější elektrickou závadou je lepení kontaktů, cvakání spínače naprázdno a vynechávání startéru při startu. Nejčastější mechanickou závadou je poškození volnoběžky, poškození převodů a nedostatečný výkon.

Čtvrtým a posledním bodem práce bylo navržení experimentálního zkoumání funkce spouštěče s výsuvným pastorkem např. ve spolupráci s firmou Magneton Kroměříž. Experimentální zkoumání by bylo možné realizovat pomocí speciálního přípravku, kde jsou části sestavy tvořené průhledným materiálem umožňujícím sledování procesu, jak na straně setrvačnicku, tak samotného startéru. Dalším potřebným vybavením jsou 2 vysokorychlostní kamery pro snímání pohybu pastorku a pružin. Ze získaného materiálu je možné analyzovat součinnost pružin a odhadnout jejich sílu a získat tak důležité informace pro případné vyladění systému tak, aby nedocházelo k jeho zasekávání.

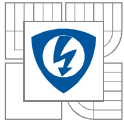
Doplňujícím měřením je měření proudu ve stavu naprázdno a při zatížení. Dále pak napětí na svorkách spouštěče pro jmenovitý výkon a napětí na svorkách spouštěče pro záběrový moment. Měření by mělo probíhat za stálé teploty. Měření otáček naprázdno, výkonu a záběrného momentu je posledním zařaditelným experimentem. Měření je možné provést opětovně s podchlazeným akumulátorem. Ten by měl přinést řadu podnětných informací o chování sestavy při úbytku energie.

Původním cílem čtvrté kapitoly byl návrh a realizace experimentálního měření. Bohužel se nepodařilo ani přes iniciativu vedoucího práce pana prof. Vítězslava Hájka zajistit přípravku a spolupráci s firmou Magneton Kroměříž. Proto bylo nutné změnit zadání posledního bodu práce pouze na návrh experimentálního měření. Z tohoto důvodu nejsou v práci žádné výsledky měření. Návrh zkoumání lze použít v budoucnosti jako základ pro měření v případě zajištění požadovaného zařízení.



LITERATURA

- [1] *Elektrická zařízení motorových vozidel*. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2005. ISBN 80-239-3718-9.
- [2] JAN, Zdeněk, Jindřich KUBÁT a Bronislav ŽDÁNSKÝ. 2003. *Elektrotechnika motorových vozidel 2*. 2. vyd. Brno: Avid, x, 155 s.
- [3] SPOUŠTĚCÍ ZAŘÍZENÍ. In: *Fakulta elektrotechniky a informatiky Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat430/data/ae/Spousteci%20zarizeni.pdf>
- [4] KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SILNIČNÍCH VOZIDEL V MHD: Alternátory a spouštěče motorů. In: *Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/konstrukce-alternatory.htm>
- [5] *NÁVRH A MODERNIZACE AUTOMOBILOVÉHO STARTÉRU* [online]. Brno, 2014 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=84782.
Bakalářská práce. VUT v Brně.
- [6] TECHNIKA KOMPONENTY ELEKTRICKÉ SOUSTAVY. In: *AUTOELEKTRIKA POD LUPOU 3 NEJČASTĚJŠÍ ZÁVADY STARTÉRŮ* [online]. 2014 [cit. 2014-11-28]. Dostupné z: http://www.autoprofil.cz/userdata/articles/7620/ads_autoexpert_serial_autoelektrika_3.pdf
- [7] PAVLIS, Svatopluk. *Elektrotechnika motorových vozidel*. 3. vyd., v Institutu 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1994, 103 s. ISBN 80-710-5089-X.
- [8] VLK, František. *Elektrická zařízení motorových vozidel: Osvětlení*. 1. vydání. Brno: Fratišek Vlk, Mokrohorská 34, 644 00 Brno, 2005. 251 s. ISBN 80-239-3718-9.
- [9] Slideplayer. 2014. *Spouštěč s výsuvným pastorkem* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/1966485/>



-
- [10] VDK elektronika. 2015. *Pastorek startéru FIAT* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.vdkelektronika.cz/alternatory/?545,pas9099-pastorek-start%E9ru-fiat-ducato-2.3-jtd-1006209818>
- [11] KUBÍN, Pavel. Elektrická zařízení osobních automobilů. 2., upravené a dopln. vyd. Praha: SNTL, 1985, 348 s.