

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

ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ ELEKTRICKÉ SÍTĚ MOTOROVÝCH VOZIDEL -STUDIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

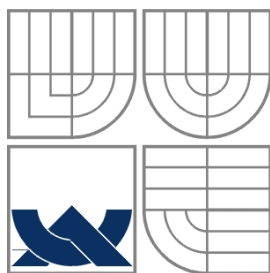
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

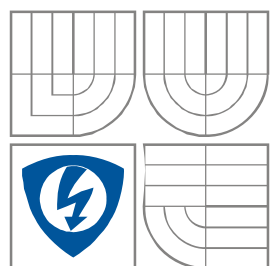
Richard Horák

BRNO 2009



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

ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ ELEKTRICKÉ SÍTĚ MOTOROVÝCH VOZIDEL -STUDIE

INCREASE THE RATED VOLTAGE OF THE VEHICLE'S CIRCUIT – STUDY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

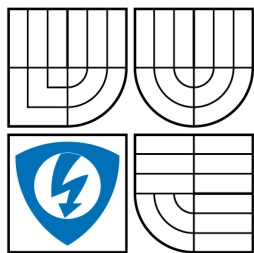
Richard Horák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. VÍTĚZSLAV HÁJEK, CSc.

BRNO, 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Sílnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Bc. Richard Horák

ID: 54452

Ročník: 2

Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Zvýšení napětí elektrické sítě motorových vozidel - studie

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Navrhněte alternativní možnosti řešení elektrické sítě vozidel v případě zvýšení jmenovitého napětí.
2. Proveďte rozbor vhodné úrovně jmenovitého napětí.
3. Definujte počet, velikost, uspořádání a provedení zdrojů elektrické energie.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle doporučení vedoucího.

Termín zadání: 1.10.2008

Termín odevzdání: 22.5.2009

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

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom 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.

Abstrakt

Cílem této práce je zhodnotit parametry automobilové sítě, dle těchto vlastností zvolit vhodnou úroveň vyššího napětí, koncepci sítě a analytickým výpočtem navrhnout základní parametry zdroje tohoto napětí. Tento výpočet je přiložen k práci. V práci je zmíněn historický vývoj zvyšování požadovaných výkonů v automobilových sítích a s tím spojených změn jmenovitých hodnot napětí těchto sítí. Jako příkladu zvyšování počtu elektrických zařízení instalovaných do motorových vozidel jsou uvedena v příloze elektrická schémata čtyř vozidel firmy Škoda auto a.s.

Abstract

The point of this work is evaluate the parameters of automotive electric system and according to these properties choose suitable norm of higher voltage, propose conception of system and with analyst calculation suggest basic granary parameters of higher voltage. This calculation is enclosed. In the work is mentioned a historical development of required escalation in system and therewith connected changes of specified levels of system tension. As an exemplification of escalation calculus hereof electrical equipment, installed onto motor powered vehicle, are mentioned in attachment schema's of four vehicles Škoda Auto a.s.

Klíčová slova

Automobilová technika; jmenovité napětí; alternátor; osvětlení vozidel; zvýšení napětí; elektrická výzbroj automobilů; výpočet;

Keywords

Automobile technology; rated voltage; alternator; vehicle lighting; increase voltage; automobile equipment; calculation;

Bibliografická citace

HORÁK, R. *Zvýšení napětí elektrické sítě motorových vozidel - studie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 54 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Zvýšení napětí elektrické sítě motorových vozidel – studie, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

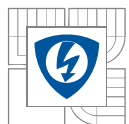
Podpis autora

Poděkování

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

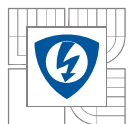
V Brně dne

Podpis autora



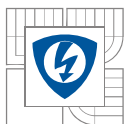
OBSAH

1 ÚVOD	14
2 HISTORICKÝ VÝVOJ ELEKTRICKÉ SÍTĚ MOTOROVÝCH VOZIDEL.....	15
2.1 ŠKODA (L&K)	15
2.2 PŘECHOD Z NAPĚTÍ 6V NA 12V V SÍTI OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ	17
2.3 PŘECHOD Z NAPĚTÍ 12V NA 24V V SÍTI OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ	18
3 SOUČASNÁ ELEKTRICKÁ SÍŤ MOTOROVÝCH VOZIDEL.....	18
4 VOLBA ÚROVNĚ NAPĚTÍ A KONCEPCE SÍTĚ.....	19
5 NÁVRH SÍTĚ: 42V ALTERNÁTOR S LOKÁLNÍMI DC/DC MĚNIČI.....	20
5.1 ZDROJOVÁ SOUSTAVA	20
5.1.1 AKUMULÁTOROVÁ BATERIE	20
5.1.1.1 Olověný akumulátor	21
5.1.2 GENERÁTOR ELEKTRICKÉ ENERGIE	21
5.1.2.1 Alternátory	22
5.1.3 ZDROJOVÁ SOUSTAVA V SÍTI 36V	24
5.1.3.1 Výpočetní metoda - návrh alternátoru	26
5.2 ZAŘÍZENÍ NUTNÉ PRO ČINNOST SPALOVACÍHO MOTORU.....	32
5.2.1 SPOUŠTĚČ	33
5.2.2 ZAPALOVACÍ SOUSTAVA.....	35
5.2.3 ZAŘÍZENÍ NUTNÁ PRO ČINNOST SPALOVACÍHO MOTORU V SÍTI 36V	37
5.3 OSVĚTLENÍ VOZIDLA A SIGNÁLNÍ ZAŘÍZENÍ	38
5.3.1 ZDROJE SVĚTLA	38
5.3.1.1 Žárovky	38
5.3.1.2 Výbojky	39
5.3.1.3 LED diody	40
5.3.2 DÁLKOVÉ A TLUMENÉ SVĚTLOMETY	41
5.3.3 MLHOVÉ SVĚTLOMETY	41
5.3.4 NÁVĚSTNÍ A SIGNALIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ	42
5.3.5 POUŽITÉ OSVĚTLENÍ V SÍTI 36V	42
5.4 ZAŘÍZENÍ PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI, KOMFORTU OBSLUHY A PRO KONTROLU ČINNOSTI JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ VOZIDLA.....	43
5.4.1 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM BRZD ABS (ANTIBLOCK SYSTEM)	45
5.4.1.1 Indukční snímač.....	46
5.4.2 ZAŘÍZENÍ PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI, KOMFORTU OBSLUHY A PRO KONTROLU ČINNOSTI JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ VOZIDLA V SÍTI 36V	47
5.4.2.1 Postup při návrhu stejnosměrného snižujícího DC/DC měniče-výkonové části	47
6 HYBRIDNÍ AUTOMOBILY	48
7 ZÁVĚR.....	50
LITERATURA	52
PŘÍLOHY	54



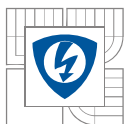
SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1.1: Srovnání počtu elektrických zařízení u současných a historických vozů</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2.1: Jednoduchý obvod s uvažovanými ztrátami ve vedení</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 5.1 Olověný akumulátor</i>	<i>21</i>
<i>Obrázek 5.2 Alternátor MAGNETON 14V, 70A</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 5.3 Alternátor – řez</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 5.4 Regulátor umístěný na alternátoru</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 5.5 Rotor alternátoru, značení rozměrů.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 5.6 Drážka statoru, značení rozměrů.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 5.7 Mmagnetizační křivka materiálu statoru.....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 5.8 Spouštěč MAGNETON 1kW, 12V, 15Nm.....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 5.9 Princip funkce spouštěče s posuvným pastorkem</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 5.10 Bateriové zapalování (klasické)</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 5.11 Kondenzátorové zapalování</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 5.12 Zapalovací cívka a svíčka SDI</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 5.13 Halogenová žárovka</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 5.14 Xenonová výbojka.....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 5.15 Základní provedení světlometu</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 5.16 Elektromagneticky ovládané směrové šipky</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 5.17 Elektromagnetický indukční snímač</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 5.18 Regulační obvod kola</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 5.19 Systém AB, Bosh ABS 2E</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5.20 Princip indukčního snímače</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 5.21 Snižující DC/DC měnič.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 6.1 Hybridní vůz Toyota Prius</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 6.2 Hybridní vůz Toyota Prius, uspořádání hybridního systému</i>	<i>50</i>



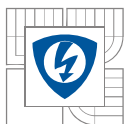
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 2.1 Přiřazení alternátorů k jednotlivým motorům u vozu Škoda Fabia</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 5.1 Parametry navrhnutého alternátoru</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 5.2 Bateriové zapalování; porovnání klasické a polovodičové.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 5.3 Měrné světelné výkony zdrojů světla.....</i>	<i>40</i>

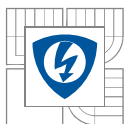


SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

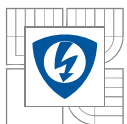
b_1, b_2, b_4	rozměry drážky
b_{di}	šíře sběrného disku
b_{pmax}	maximální šíře pólu
b_{ps}	střední šíře pólu
b_r	vnitřní šíře rotoru
b_z	šíře zubu
B	magnetická indukce
B_d	magnetická indukce v disku rotoru
B_{dr}	magnetická indukce v dráčku
B_{jr}	magnetická indukce ve jhu rotoru
B_{pd}	magnetická indukce na rozhraní pól-disk rotoru
B_{jk}	magnetická indukce ve jhu kotvy
B_z	magnetická indukce v zubu kotvy
B_δ	magnetická indukce ve vzduchové mezeře
C	kapacita kondenzátoru
d_{di}	vnitřní průměr sběrného disku
d_{dv}	vnější průměr sběrného disku
d_{ji}	vnitřní průměr jádra
d_{jv}	vnější průměr jádra
d_k	vnější průměr železa kotvy
d_{kv}	vnitřní průměr statoru
d_{vb}	průměr vodiče budicí cívky
d_{vkn}	průměr vodiče statoru
f_n	pracovní frekvence při jmenovitých otáčkách
f_0	frekvence při otáčkách naprázdno
h_1, h_3, h_4	rozměry drážky
h_2	nevyužitá výška drážky
h_{jk}	výška jha kotvy
h_{pmin}	výše úzkého konce pólu
H_d	intenzita v disku
H_{dr}	intenzita v dráčku
H_j	intenzita ve jhu kotvy
H_{jr}	intenzita ve jhu rotoru
H_{pd}	intenzita na rozhraní pól a disk
H_z	intenzita v zubu kotvy
I	proud stejnosměrný střední hodnota
I_f	proud fáze
I_b	budicí proud



J	proudová hustota
J_s	proudová hustota statoru
J_r	proudová hustota rotoru
k_{pds}	skutečné plnění drážky mědi
k_c	Carterův činitel
k_{pd}	plnění drážky
k_q	činitel pásma
k_y	činitel kroku
l	délka
l_c	délka čela cívky
l_p	délka pólu
l_k	šířka statoru
l_{sdr}	délka siločáry v drápku
l_{sdi}	délka siločáry diskem
l_{sd}	délka siločáry mezi drápkem a diskem
l_{sdj}	délka siločáry mezi nejnižší částí disku a začátkem jádra
L	indukčnost
n_0	otáčky naprázdno
n_n	otáčky jmenovité
n_z	počet diod v jedné větvi jedné fáze
N_b	počet závitů budicí cívky
N_d	počet vodičů v drážce
N_f	počet vodičů v sérii jedné fáze
N_{fs}	počet vodičů v sérii jedné fáze
N_{vs}	počet paralelních větví statoru
p	počet pólových dvojic
P_n	jmenovitý výkon
q	počet drážek na pól a fázi
R	odpor
R_f	činný odpor jedné fáze
R_m	magnetický odpor
S	plocha
S_d	vnitřní plocha drážky
S_{dr}	příčný průřez drápku
S_p	plocha pólu
S_{vk}	průřez vodiče statoru
S_{vb}	příčná plocha cívky rotoru
U	elektrické napětí



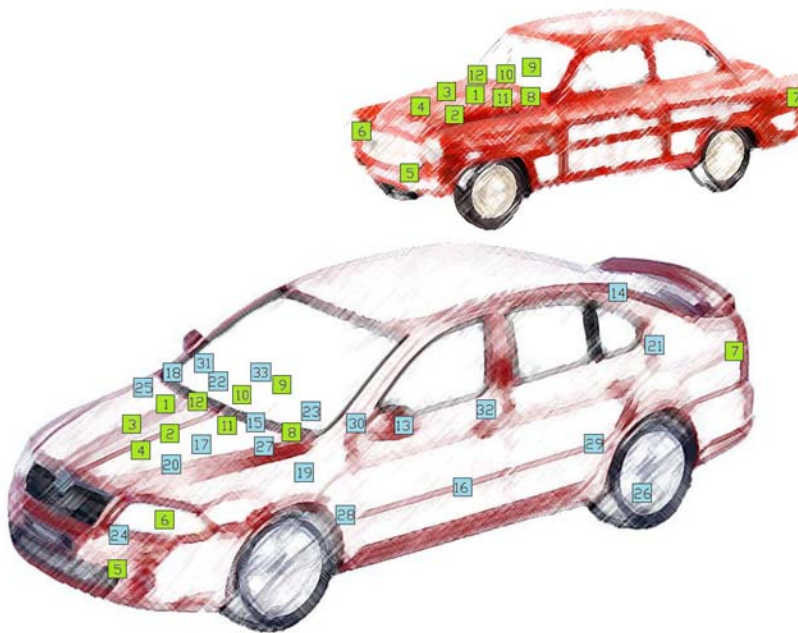
U_1	podélná složka magnetického napětí
U_2	sdužené napětí naprázdno
$U_{\delta dr}$	úbytek magnetického napětí na dráčku
U_{di}	úbytek magnetického napětí v disku
U_{dj}	magnetické napětí v nejnižší části disku
U_{djr}	úbytek magnetického napětí mezi diskem a jhem
U_{dr}	magnetické napětí na konci dráčku
U_{dv}	magnetické napětí na vnější části disku
U_f	fázové napětí naprázdno
U_{jk}	magnetické napětí na jhu kotvy
U_{lj}	úbytek magnetického napětí na délce jha
U_m	magnetické napětí
U_p	celkový úbytek magnetického napětí
U_{pd}	úbytek magnetického napětí mezi dráčkem a diskem
U_{ss}	střední hodnota usměrněného napětí, naprázdno
U_{vzk}	magnetické napětí na kotvě a vzduchové mezeře
U_{δ}	magnetické napětí na vzduchové mezeře
U_z	úbytek napětí na diodě
v	rychlost
y	krok cívky
z_k	koeficient, počet závitů na 1mm^2 statorové cívky
z_r	koeficient, počet závitů na 1mm^2 rotorové cívky
z	koeficient, využití vnitřního prostoru rotoru
α	činitel pólového krytí
γ	měrná vodivost mědi
δ	délka vzduchové mezery
ΔI_s	maximální zvlnění proudu
ΔU_{ss}	maximální zvlnění napětí
κ_q	příčný deformační činitel
κ_l	podélný deformační činitel
λ_{δ}	poměrná rozptylová vodivost
Λ_b	rozptylová magnetická vodivost budicí cívkou
Λ_c	rozptylová magnetická vodivost čel
Λ_d	rozptylová magnetická vodivost drážky
Λ_k	rozptylová magnetická vodivost kotvou
Λ_p	rozptylová magnetická vodivost mezi póly



Λ_v	rozptylová magnetická vodivost vnější
Λ_z	rozptylová magnetická vodivost hlav zubů
μ_0	permeabilita vakua
τ_p	pólová rozteč
τ_z	drážková rozteč
Φ_b	rozptylový magnetický tok budicí cívkou
Φ_d	rozptylový magnetický tok mezipólovým prostorem
Φ_{dk}	magnetický tok na vnějším obvodu disku
Φ_{dr}	magnetický tok v dráčku
Φ_k	rozptylový magnetický tok kotvou
Φ_v	rozptylový magnetický tok z disku
Φ_{vd}	magnetický tok diskem
Φ_{vz}	magnetický tok vzduchovou mezerou

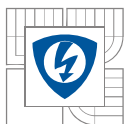
1 ÚVOD

V padesátých letech minulého století bylo v automobilových sítích standardní napětí 6V. V těchto letech vzrostlo napětí z důvodu vzrůstu výkonu potřebného k napájení elektrických zařízení v síti ze 6V na dvojnásobek 12V. Zvýšení potřebného výkonu zapříčinilo zvyšování počtu elektrických zařízení. V době před dvaceti lety bylo použití elektrotechniky u motorových vozidel omezeno pouze na několik oblastí, zdroje, regulátory, zapalování, spouštěče a některá další zařízení.



Obrázek 1.1: Srovnání počtu elektrických zařízení u současných a historických vozů

- | | |
|--|--|
| (1) – akumulátor | (20) – digitální elektronika motoru, |
| (2) – zapalování | elektronické zapalování, vstřikování |
| (3) – spouštěč | benzínu |
| (4) – generátor | (21) – aktivní reproduktory |
| (5) – světlomet do mlhy, houkačka | (22) – palubní počítač |
| (6) – hlavní světlomety, ukazatele směru | (23) – nové zobrazovací technologie (rychloměr, otáčkoměr, spotřeba paliva, teplota) |
| (7) – integrovaná zadní svítilna | (24) – nastavení a čištění světlometů |
| (8) – kontrolní přístroje, spínací skříňka, přepínače světel | (25) – diagnostika systému |
| (9) – zapalovač | (26) – kontrola tlaku v pneumatikách |
| (10) – rozhlasový přijímač | (27) – kontrola stíračů a ostřikovačů |
| (11) – ventilátor topení | (28) – antiblokový systém (ABS), protipokluzový systém (ASR) |
| (12) – stěrač | (29) – intervalová kontrola řízení |
| (13) – zrcátko, ovladač oken | (30) – airbagy, bezpečnostní pásy |
| (14) – vyhřívané zadní sklo | (31) – kontrola otáček |
| (15) – ostřikovač, | (32) – regulace rychlosti jízdy |
| (16) – nastavení sedadel | (33) – centrální zamykání |
| (17) – regulace volnoběžných otáček | (34) – vytápění a klimatizace |
| (18) – lambda-regulace | |
| (19) – ovládání převodovky | |



V současnosti zasahuje elektrotechnika prakticky do všech částí motorového vozidla viz. *Obrázek 1.1*. Od padesátých let napětí v automobilových sítích zůstalo na stejné úrovni až do současnosti. Napětí je zhruba stejně velké jako má osm tužkových baterií. Protože se počet zařízení neustále zvyšuje a tím i potřebný výkon, výrobci automobilů na počátku tohoto století začali uvažovat o zvýšení napětí palubních sítí.

Cílem této práce je ukázat jakým způsobem se vyvíjela elektroinstalace od začátku minulého století po současnost, nastínit problém zvyšování potřebného výkonu elektroinstalace v automobilech. Navrhnout vhodnou velikost napětí a uspořádání elektrické sítě v případě zvýšení, rozměry a uspořádání zdroje tohoto napětí. Ve druhé kapitole této práce je stručně popsána historie automobilové elektrické sítě. Ve třetí stručně shrnutý stav současné sítě. Ve čtvrté navrhnutá velikost napětí a vybráno celkové pojetí sítě. V páté navrhnuté změny základních prvků elektrické soustavy vůči prvkům užívaných v současné době. V této kapitole je taktéž navrhnut zdroj zvýšeného napětí.

2 HISTORICKÝ VÝVOJ ELEKTRICKÉ SÍTĚ MOTOROVÝCH VOZIDEL

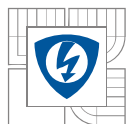
V prvopočátcích bylo z elektrických zařízení používáno pouze magnetoelektrické zapalování. K prvním pokusům o zapálení směsi elektrickou jiskrou dochází kolem roku 1860. K osvětlení se elektrické energie neužívalo, pokud něco takového jako osvětlení užito bylo, používaly se petrolejové lampy. K osvětlení vozidel se elektrické energie začalo využívat po objevu žárovky s Wolframovým vláknem (rok 1907). Ke spouštění spalovacího motoru pomocí elektrické energie, elektrickým spouštěčem se přechází o něco později (rok 1913). V období let 1917(1930 se v elektrické výstroji motorových vozidel používalo většinou zdrojů proudu, zapalování, spouštěčů, osvětlení a signalizace.

Vynález tranzistoru v r. 1948 měl na vývoj elektrických zařízení velký vliv. Tento vynález zapříčinil rychlý postup vývoje a výroby polovodičových prvků. Zejména v posledním dvacetiletí se automobilová elektronika rychle vyvíjí. Elektroniky se využívá pro řízení motoru a vozidla, pro zvýšení bezpečnosti a pohodlí cestujících. V podkapitole je popsána historie používaných zdrojů u automobilů českého výrobce Škoda (Laurin&Klement). Tento vývoj ve stručnosti ukazuje jakým způsobem se zvyšují nároky na zdroje elektrického proudu.

2.1 Škoda (L&K)

Vozy L&K neměly původně žádnou elektroinstalaci. Zapalování bylo magnetoelektrické. Později se k tomu přidávalo záložní akumulátorové zapalování. Dodavateli byli Bosch nebo Eisemann.

Teprve kolem roku 1920 se začínají vyrábět vozy s úpravou pro montáž dynama a startéru. Nejprve pouze na přání (kolem roku 1918), později i sériově. Elektrickou instalaci dodávaly firmy Bosch a nebo Scintilla. Výběr byl proveden podle toho, co byli schopni dodavatelé dodat. Instalovalo se to, co zrovna bylo za nejmenší cenu k dispozici. Ve dvacátých letech se nejčastěji



používalo rozvodů 12V sítě a dynam s výkonem 80W. Na přelomu dvacátých a třicátých let se začíná používat dynamo také na 12V, ale s výkonem 100W.

Od počátku třicátých let, kdy dochází k zavedení moderní pásové výroby a také zcela nové konstrukce automobilů, tedy s nástupem řady Popular a Rapid, se používá síť 6V a dynam s výkony 80, 90, 100 a 130W. Vozy vyšší třídy Favorit a Superb měly dynam na 12V s výkony 100 a 300W. Poválečné vozy 1101/1102, Tudory, vycházely z řady Popular a udržely si instalaci na 6V. Od začátku padesátých let od řady 1200/1201 se přechází na instalaci PAL Magneton na 12V s 200W dynamem.

V šedesátých, sedmdesátých a osmdesátých letech se nejprve užívalo 12V dynamo PAL s výkony 200W, 300W. Později se začal užívat 14V alternátor s proudem 30A. V případě potřeby se užívalo až alternátorů s proudy 55A.

V devadesátých letech až po současnost se instalují výrobky Magneton, Bosch a Valeo do sítě s napětím 12V. Výkon alternátorů a spouštěčů je závislý na použitém motoru a stupni výbavy. Jako příkladu přiřazení alternátoru je zde uvedena *Tabulka 2.1* k modelu FABIA.

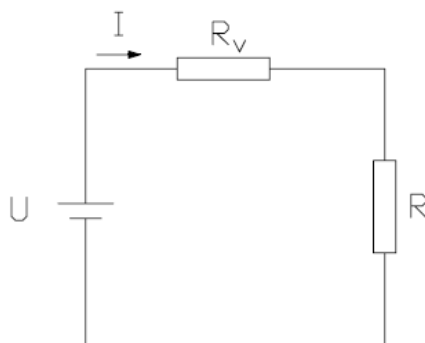
Proud generovaný alternátorem	90A	110A	120A
Typ motoru			
1,0 – 37kW			
1,4 – 44kW	s klimatizací		
1,4 – 50kW	s klimatizací		
1,4 – 55kW	s klimatizací a vyhříváním sedadel	s klimatizací a automatickou převodovkou	
1,4 – 74kW	s klimatizací a vyhříváním sedadel		
2,0 – 85kW	s klimatizací a vyhříváním sedadel		
1,9 SDI – 47kW	s klimatizací a vyhříváním sedadel		s elektrickým přídatným topením
1,9 TDI – 74kW	s klimatizací a vyhříváním sedadel		s elektrickým přídatným topením

Tabulka 2.1 Přiřazení alternátorů k jednotlivým motorům u vozu Škoda Fabia

Postupné rozšiřování elektrické výzbroje je názorně ukázáno v příloze na elektrických schématech čtyř vozů od konce dvacátých let až do poloviny let osmdesátých. Bohužel nejmarkantnější nárůst počtu zařízení v posledních letech zde vidět není, jelikož u současných vyráběných vozů Škoda, je již elektroinstalace natolik složitá, že se nikde podobné schéma neudává. V dílenské příručce vydané výrobcem jsou schémata pro každý celek např. stěrače, osvětlení kabiny, udávána na samostatném schématu.

2.2 Přechod z napětí 6V na 12V v síti osobních automobilů

Dříve se standardně používalo u osobních vozidel jmenovité napětí 6V. U osobních automobilů se přešlo na napětí 12V. Důvod této změny je následující. U elektrického obvodu můžeme dosáhnout požadované energie zvýšením proudu nebo napětí. Pro názornost je zde uveden jednoduchý příklad. V obvodu *Obrázek 2.1* je uvažován odpor přívodního vedení mezi zdrojem a spotřebičem.



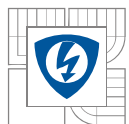
Obrázek 2.1: Jednoduchý obvod s uvažovanými ztrátami ve vedení

Pokud je výkon na spotřebiči 36W (žárovka), přívodní vodič je měděný (měrný odpor $0,01887 \Omega \text{mm}^{-2}$) délky 10m o průřezu 2mm^2 , bude odpor vodiče přibližně $0,1 \Omega$. Při napětí 6V bude obvodem protékat proud 6A, ztrátový výkon ve vedení bude 3,6W a proudová hustota 3Amm^{-2} . Pokud zvětšíme napětí na 12V bude proud 3A, ztrátový výkon 0,9W a proudová hustota $1,5 \text{Amm}^{-2}$. Ztráty způsobují ohřev vodičů a při překročení povolené proudové hustoty dochází k roztavení vodičů, izolací. Při povolené proudové hustotě 3Amm^{-2} můžeme zmenšit dle definice proudové hustoty

$$J = \frac{I}{S} \quad [\text{Amm}^{-2}; \text{A,mm}^2] \quad (2.1)$$

průřez vodiče na polovinu na 1mm^2 . Toto snížení má za následek úsporu materiálu mědi a s tím i zmenšení hmotnosti.

Další z důvodů proč ke zvýšení napětí došlo je ten, že se zmenšily rozměry generátorů. Pro stejný výkon je generátor 12V napětí oproti generátoru napětí 6V menší, nebo pro stejné velikosti má větší měrný výkon. Větší měrný výkon je způsoben snížením poměru úbytku napětí na usměrňovači ku výstupnímu napětí. Potřeba větších výkonů bateriových zapalování s kontaktovými přerušovači urychlila přechod na napětí 12V již před rozšířením polovodičových zařízení. Dalším vývojem, zejména zvýšením životnosti žárovek na 12V a snížením rozdílu ceny akumulátorů, se snížila potřeba pro použití napětí 6V.



2.3 Přejchod z napětí 12V na 24V v síti osobních automobilů

Rozsah elektrické soustavy ve vozidle má největší vliv na volbu napětí v síti. Pro větší rozsah sítě a větší počet spotřebičů, většího potřebného výkonu, je vhodnější vyšší napětí. Menší poměrný vliv přechodových ztrát a menší proudy jsou jedny z hlavních výhod. Zvyšování napětí má ovšem i technické nevýhody.

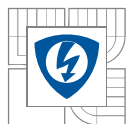
Při rozhodování o změně napětí se zejména zvažuje hmotnost a cena rozvodu, výkon a účinnost generátoru a spouštěčů, hmotnost a cena akumulátoru, životnost spotřebičů. Volba je velmi omezena předpisy a také dle stavu u jiných výrobců. Stav u jiných výrobců je rozhodující zejména v ohledu na vyšší ceny jednotlivých komponent sítě. Je to způsobeno většinou stejnými dodavateli a přechod na jiné technologie by vedl ke změně dodavatele nebo k velkému nárůstu ceny. Vzhledem k výhodám zvýšení napětí ze 6V na napětí 12V lze předpokládat, že ještě vhodnější by mohl být systém na 24V. Stále není úplně odstraněna větší náchylnost malých žárovek na 24V. Delší vlákno, které by bylo potřebné ke zvýšení provozního napětí, je mnohem více choulostivější na otřesy způsobené jízdou vozidla. Snížení hmotnosti a ceny sítě u osobních automobilů při přechodu na napětí v síti 24V nemůže pokrýt zvětšení hmotnosti a ceny akumulátoru. Toto snížení je mnohem menší než v porovnání 12V s 6V. U osobních automobilů se proto napětí ze 12V na 24V nezvýšilo.

3 SOUČASNÁ ELEKTRICKÁ SÍŤ MOTOROVÝCH VOZIDEL

Vývoj sériově vyráběného automobilu trvá přibližně čtyři roky. Nejnáročnější část tohoto návrhu je návrh elektrické sítě a jejích jednotlivých komponent, celá síť musí být přizpůsobena vozidlu a potřebám jeho provozu. Veškeré přístroje jsou vybrány tak, aby příliš nevážily, nebyly rozměrné, měly co největší účinnost a spolehlivost a navzájem se neovlivňovaly. Kromě těchto technických hledisek je velmi důrazně kladen požadavek na hospodárnost výroby a údržby. Tyto základní požadavky velmi výrazně ovlivňují celkové pojetí soustavy.

Zdroje elektrické energie jsou poháněny motorem vozidla. Elektrická soustava je nyní kombinací stejnosměrné a střídavé. Do sedmdesátých let minulého století se používala i soustava čistě stejnosměrná. U těchto soustav bylo základním zdrojem energie dynamo. Přechod ke kombinovaným sítím umožnil vývoj výkonových polovodičových součástek. Nyní se jako zdroj užívá alternátor. V obou případech jsou tedy zdrojem primárním rotační generátory. Do vozidel je přidáván ještě zdroj sekundární, baterie. Baterie zajišťuje dostupnost elektrické energie, i když motor stojí. Není to zdroj jako takový, v podstatě pouze zajišťuje vhodnou akumulaci energie pro pozdější využití. Potřeba akumulátorového zdroje jako sekundárního zdroje energie je hlavním důvodem toho, proč se neuvádí soustavy střídavé. V kombinovaných soustavách bývá zdrojem generátor střídavého proudu alternátoru.

Jednotlivá zařízení i rozvod jsou někdy upraveny pro připojení obou pólů izolovanými vodiči. Připojení obou pólů se využívá zejména u hybridních automobilů, kde jsou napětí vyšší než malá bezpečná. Standardní soustava je provedena pro připojení zařízení pouze jedním pólem a pro zpětné vedení se využije kovová kostra vozidla. Výhody rozvodu jedním vodičem jsou jasné, spotřeba materiálu, menší výrobní náklady, větší jednoduchost, přehlednost a snazší



hledání poruch. Mezi přednosti rozvodu dvou vodičového patří vyšší spolehlivost, vyšší odolnost proti zkratu. K přímému zkratu může dojít jen poruchou na dvou vodičích, na nichž je napětí různé polaritě.

Normami je předepsaná polarita pólu, který se spojuje s kostrou. Nyní se standardně spojuje s kostrou záporný pól. Výhodou tohoto řešení je, že při náhodném zkratu na kostru a následném obloukovém výboji, je anodou vodič. Oproti kostře se vodič ohřívá rychleji a také se rychleji utaví. Zkrat trvá o tuto dobu méně a je méně nebezpečný. Elektrický oblouk trvá také kratší dobu a na katodě, kostře je menší pravděpodobnost vzniku vypálených míst.

Jmenovitá napětí elektrické soustavy v motorových vozidlech jsou napětí 6V, 12V a 24V. Velikosti jmenovitých napětí elektrické soustavy jsou odvozeny z jmenovitých napětí olovených akumulátorů. U osobních vozidel se téměř výhradně využívá síť 12V. Napětí 6V v síti je už jen u veteránů.

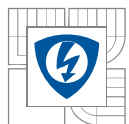
4 VOLBA ÚROVNĚ NAPĚTÍ A KONCEPCE SÍTĚ

Může se zdát, že v automobilových sítích by mohla být užita jakákoliv velikost napětí. Bezpečné stejnosměrné napětí je stanovené normou. Tato norma udává že hladina bezpečného stejnosměrného napětí je do 50V. Užití vyššího napětí v automobilových sítích by mělo hned několik negativ. Dvě hlavní negativa užití napětí vyššího by byla nutnost kvalitních izolací, a jiná konstrukční řešení rozvodu energie v síti. Jak již bylo řečeno standardně se užívá jednopólového, jednovodičového rozvodu. Tento rozvod umožňuje ušetřit materiál na vodičích zpětného vedení. Při užití vyššího napětí než napětí bezpečného by tento rozvod nebyl možný z bezpečnostního hlediska. Muselo by být užito dvou vodičového vedení, aby bylo zabráněno styku s tímto napětím. Již jen toto opatření by o poznání zvýšilo cenu vozů. Při dodržení limitu padesáti volt taková opatření nejsou nutná.

Jako nejvhodnější napětí při zvýšení se jeví síť pracující s 36V. Důvody k tomuto rozhodnutí jsou následující. Aby bylo zajištěno správné nabíjení akumulátoru je jmenovité napětí alternátoru 14V. Toto napětí je o 2V větší než napětí baterie. Napětí alternátoru je o šestnáct a půl procenta vyšší než napětí baterie a celé sítě. Jmenovité napětí baterie 36V zvětšeno o tato procenta nepřekračuje hodnotu bezpečného napětí. Baterie na 36V může být složená ze sériového zapojení tří stávajících akumulátorů. Pokud bude příznivý vývoj ceny a recyklovatelnosti některých dalších akumulátorů, vyhovovalo by toto napětí taktéž. U baterie lithium iontové je napětí článku 3,6V a u nejrozšířenějších článků u hybridních vozů NiCd a NiMH jsou hodnoty napětí 1,2V. Hodnoty nižšího napětí nemají smysl jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3

Ovšem zvýšení napětí má i své technické nevýhody. Ne pro všechna zařízení je vyšší napětí vhodné. Elektronika pracuje zejména s napájecím napětím 5V a i pro mikropohony je toto napětí nevhodné. Další skupinou jsou žárovky v osvětlení vozu. V případě zvýšení napětí je tedy nutné zajistit menší napětí pro tato zařízení. Optimálním řešením je použití sítě ve které budou přístupné různé úrovně napětí.

Je několik možností jak kombinovanou síť navrhnout. Budou uvedeny tři, kde ve dvou variantách je použit snižující DC/DC měnič.



První z možností je 42V alternátor s jedním centrálním měničem na 12V pro komponenty, které toto napětí potřebují. Největší nevýhodou tohoto řešení je velký DC/DC měnič, výkonové požadavky na polovodičové prvky použité v měniči. Druhá nevýhoda jsou ztráty ve vedení. Tyto ztráty by zůstaly stejně velké jako za stávajícího stavu při napětí 12V. A třetím velkým problémem by zde bylo i vzájemné rušení jednotlivých zařízení.

Druhá s možností dva 14V a 28V alternátory nebo dvojitý alternátor s bateriemi 12V a 24V s možností zapojení +12V, -24V, nebo 42V v síti. Nevýhodou tohoto řešení by byla váha, velikost a složitá technická řešení alternátoru, alternátorů.

Třetí možnost je 42V alternátor s lokálními DC/DC měniči na 12V, respektive na jiné potřebné napětí. Reálné použití bude mít tato varianta. Výhoda spočívá v jednoduchosti řešení. Není problém navrhnout a vyrobit měniče malého výkonu a součástí řídicích jednotek elektroniky je už nyní napájecí člen upravující velikost napájecího napětí.

5 NÁVRH SÍTĚ: 42V ALTERNÁTOR S LOKÁLNÍMI DC/DC MĚNIČI

5.1 Zdrojová soustava

Zdrojovou soustavu v elektrickém systému motorového vozidla tvoří dva zdroje. Rotační generátor a akumulátor. Správné dobíjení akumulátoru, potřebnou velikost napětí z generátoru, zajišťuje regulátor. Rotační generátor, primární zdroj zajišťuje výrobu elektrické energie spotřebovanou ve vozidle. K výrobě spotřebovuje část mechanické práce motoru, je poháněn prostřednictvím řemenového převodu. V akumulátoru se energie v použitelné formě uskládá pro krytí spotřeby, když motor nepracuje a pokud spotřeba převyšuje jeho okamžitý výkon.

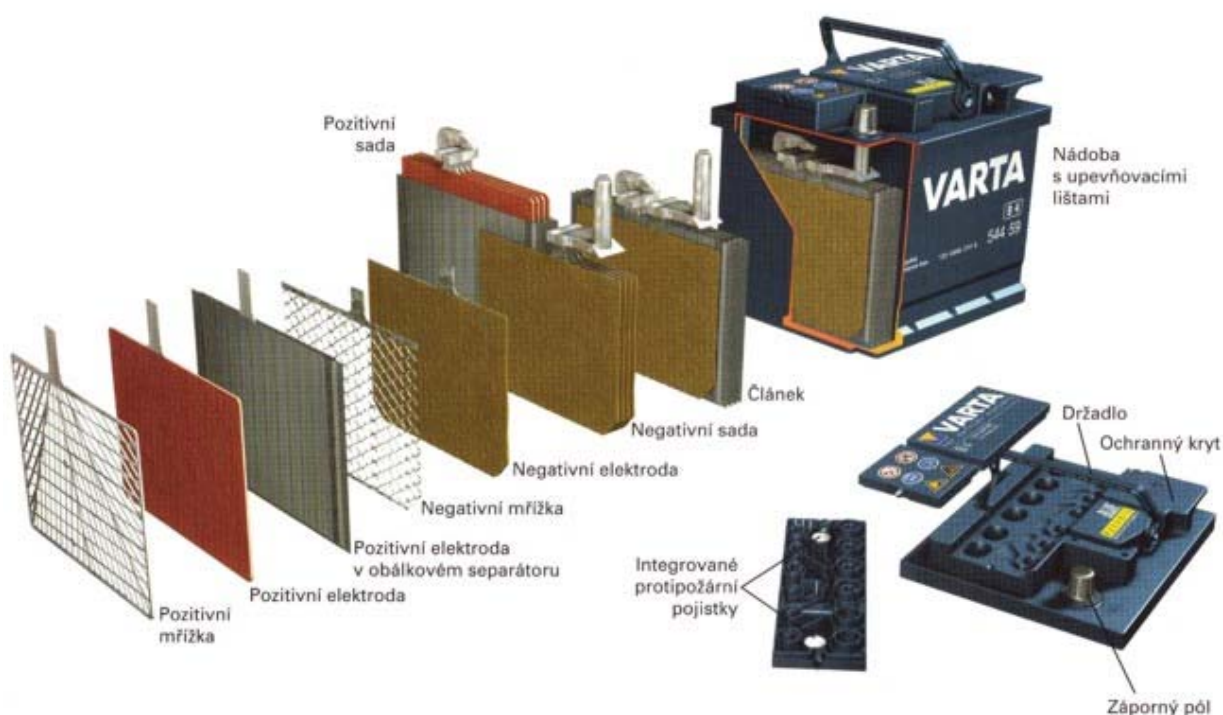
5.1.1 Akumulátorová baterie

Akumulátorová baterie patří do skupiny chemických zdrojů. Chemické zdroje jsou zdroje stejnosměrného proudu, využívající elektrochemických reakcí ke vzniku elektrického proudu. Hlavními funkčními prvky chemických zdrojů jsou dva druhy elektrod a elektrolyt. Materiál elektrod a druh elektrolytu určují velikost napětí článku. Velikost napětí celého akumulátoru určuje počet článků zapojených sériově. Kapacita zdroje je závislá na velikosti a počtu elektrod. Kapacitou zdroje se nazývá množství elektrické energie, které je schopen akumulátor vydat při vybití ze zcela nabitého stavu. Udává se v ampérhodinách (zkratka Ah). Akumulátor kapacity 80Ah lze např. vybit 10 hodin proudem 8A nebo třeba proudem 4A po dobu 20 hodin apod. Kapacitu lze zvětšit paralelním zapojením baterií stejného typu. Velikost akumulátoru se určuje podle potřebného proudu pro spouštěč. Čím vyšší má kapacitu, tím je menší jeho vnitřní odpor a větší proud, který je schopný dodat do spouštěče. Mezi vlastnosti, které se u akumulátoru motorových vozidel vyžadují, patří hlavně nízká cena, vyhovující životnost, spolehlivost a nenáročnost na obsluhu.

5.1.1.1 Olověný akumulátor

Do zdrojové soustavy automobilů se hodí pro svůj nízký vnitřní odpor, umožňující odběr velkých proudů při spouštění motoru, pro malý rozdíl mezi napětím nabíjecím a vybíjecím.

Jmenovité napětí jednoho článku olověného akumulátoru je 2V. Proto se spojují u osobních automobilů články za sebou. Tři článkové baterie se používají pro 6V soustavy a šesti článkové pro 12V soustavy. Při nabíjení se tvoří kyselina sírová a elektrolyt houstne. Po skončeném nabíjení je na kladné elektrodě oxid olovičitý a na záporné elektrodě rozptýlené olovo. Ve vybitém stavu je na obou elektrodách síran olovnatý. Měrná energie tohoto akumulátoru je 25Whkg^{-1} . Nabíjení článku se dá vysledovat dle hustoty elektrolytu. Tato hustota stoupá přímo úměrně s velikostí přijatého náboje. Velikost napětí článku stoupá úměrně s hustotou kyseliny. Skončené nabíjení se pozná podle plynování, toto nastává při napětí zhruba 2,4V na článek.



Obrázek 5.1 Olověný akumulátor [6]

5.1.2 Generátor elektrické energie

Aby bylo možné snadno použít elektrochemickou akumulaci energie, je třeba, aby i generátor byl stejnosměrný. V automobilových sítích se k tomuto účelu využívá rotační generátor. Princip elektrických generátorů je založen na Faradayově indukčním zákoně. Z tohoto zákona plyne, že pohybuje-li se elektrický náboj v magnetickém poli, je vychylován ze své původní dráhy. Síla, která ho vychyluje, má směr kolmý jak k původní dráze náboje, tak k siločárám magnetického pole. V praxi se to projevuje tak, že ve vodiči, který se pohybuje napříč magnetickými siločárami, se dají volné elektrony do pohybu a vznikne tak elektrický proud. Velikost indukovaného napětí U je přímo úměrný magnetické indukci B , délce aktivní

části vodiče l a rychlosti v , jakou se pohybuje vodič napříč magnetickým polem. Tuto základní závislost je nutné nějak technicky realizovat.

U rotačních generátorů se využívá, jak již název napovídá, rotačního pohybu. Při použití v automobilech je třeba upravit velikost stroje omezenému využitelnému prostoru. Je tedy nutné vytvořit cívku, zařadit sériově více aktivních vodičů, aby při únosné obvodové rychlosti a dostupné intenzitě magnetického pole bylo napětí generátoru použitelné velikosti.

K výrobě elektrické energie v automobilových sítích se užívají dva základní druhy rotačních generátorů, dynamo a alternátor. Dynamo se instalovalo do šedesátých let minulého století. Rozšíření alternátorů od šedesátých let umožnil rozvoj a výroba výkonových diodových usměrňovačů.

Automobilová dynamo jsou v podstatě stroje střídavé doplněné rotačním usměrňovačem, komutátorem. Vznikla v době, kdy neexistovala polovodičová technika používaná dnes u alternátoru. Alternátor komutátor nemá, a to je hlavní z jeho výhod. Alternátor má také lepší účinnost než dynamo.

5.1.2.1 Alternátory

Při výrobě elektrické energie v motorových vozidlech se používá uspořádání strojů, alternátorů, kdy budicí cívka v rotoru vytváří točivé magnetické pole. Toto pole protíná satorové cívky, pracovní vinutí a v tomto vinutí se indukují napětí. Indukované napětí je třífázové. V kotvě, satoru jsou umístěny tři cívky vzájemně pootočené o 120° . Při otáčení rotoru vzniká točivé magnetické pole a jeho indukční čáry protínají postupně jednotlivé cívky, ve kterých se indukují tři jednorázové proudy vzájemně fázově posunuté o 120° .



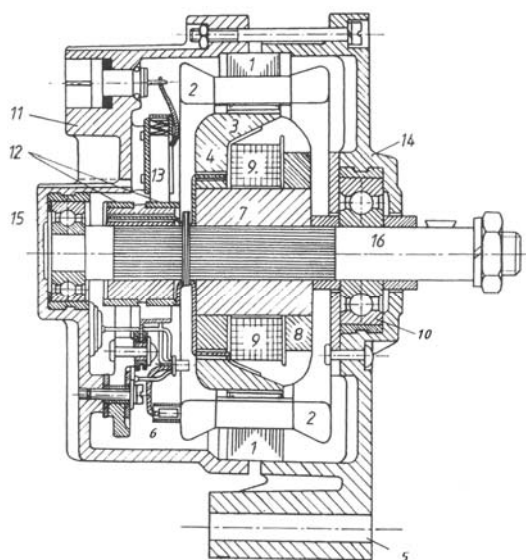
Obrázek 5.2 Alternátor MAGNETON 14V, 70A

Klasické alternátory v energetice jsou buď stroje s vyniklými póly nebo s hladkým rotorem. V automobilech je využito rotoru drápkového. Užití tohoto rotoru je výhodné díky krátkému magnetickému obvodu a následnému menšímu budicímu příkonu. Hlavní výhodou drápkového rotoru je jednoduchý výrobní proces. Na hřídeli je navinutá budicí cívka a jejími čely jsou vyhlisované hvězdice ze silného ocelového plechu s drápkami zahnutými do směru rovnoběžného

s osou. Tyto drápky tvoří pólové nástavce. Budicí cívka budí póly tak, že na obvodě se severní a jižní pól střídají. Magnetický tok vycházející z jednoho severního pólu procházející vzduchovou mezerou a statorem se rozděluje ve statoru na dvě poloviny. Tyto poloviny se uzavírají v jižních pólech po obou stranách pólu severního. Vyžívá se výhodného vícepólového stroje, pólů bývá standardně dvanáct. Drápky jsou lichoběžníkového tvaru aby se docílilo pozvolné změny toku a indukované napětí bylo blízké sinusovce. Lichoběžníkové póly umožňují lepší využití prostoru i materiálu a zmenšují hluk magnetizace.

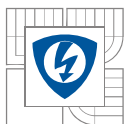
Střídavé napětí indukované v třífázovém pracovním vinutí statoru je usměrňováno hlavním usměrňovačem v můstkovém zapojení. Trojfázové vinutí kotvy s jednou drážkou na pól a fázi se zapojuje do hvězdy. Zapojení do hvězdy má menší počet závitů než do trojúhelníka. Ke zjednodušení zapojení a chlazení usměrňovače s křemíkových diod se usměrňovač umístí přímo do alternátoru.

U rotačních generátorů je velikost indukovaného napětí závislá na množství indukčních čar, které protnou vodič pracovního vinutí v čase. Na velikost napětí má vliv počet otáček rotoru a intenzita magnetického pole. Alternátor je poháněn od motoru. Otáčky motoru se mění v poměrně značném rozsahu. Pokud by tedy intenzita magnetického pole byla stále stejná, svorkové napětí by značně kolísalo a při vysokých otáčkách by dosahovalo vysokých hodnot. Napětí je nutné ve vozidlech regulovat, aby k tomuto kolísání nedocházelo. Provozní napětí se pohybuje kolem 14 V (pro jmenovité napětí 12 V), 28 V (24 V), při zvýšení napětí na 36V okolo 42V. K zajištění správného dobíjení se napětí generátoru volí těsně pod napětím, při kterém začíná plynování elektrod.



Obrázek 5.3 Alternátor – řez [10]

- | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| (1) – stator | (6) – můstkový usměrňovač | (12) – kroužky |
| (2) – vinutí statoru | (7) – jho rotoru | (13) – kartáče |
| (3) – drápek rotoru | (8) – hvězdice rotoru | (14) – přední víko |
| (4) – hvězdice rotoru | (9) – budicí cívka | (15) – ložisko |
| (5) – nálitek | (10) – ložisko | (16) – hřídel |
| | (11) – zadní víko | |



Intenzita magnetického pole je závislá na velikosti budicího proudu I_b . U alternátorů se reguluje velikost tohoto proudu. Spínání a vypínání budicího proudu zajišťuje regulátor. Tímto se zesiluje nebo zeslabuje příslušné magnetické pole. Nárůst velikosti budicího proudu je pozvolný. Tento pozvolný nárůst je způsoben vlastní indukčností budicího vinutí. Proto i zvýšení svorkového napětí je pozvolnější. Velikost budicího proudu závisí nejen na otáčkách alternátoru, ale i na zatížení alternátoru. V minulých letech se regulace prováděla elektromagnetickými (vibračními) regulátory. Tyto regulátory jsou nahrazeny elektronickými (bezkontaktními) regulátory. Polovodičové regulátory mohou být sestaveny z diskrétních součástí (tranzistory, diody, tyristory). Nyní se však používá hybridní technika (kombinace diskrétních součástí a integrovaných obvodů), nebo je celý regulátor umístěn na jednom čipu.

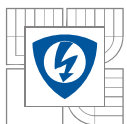


Obrázek 5.4 Regulátor umístěný na alternátoru

5.1.3 Zdrojová soustava v síti 36V

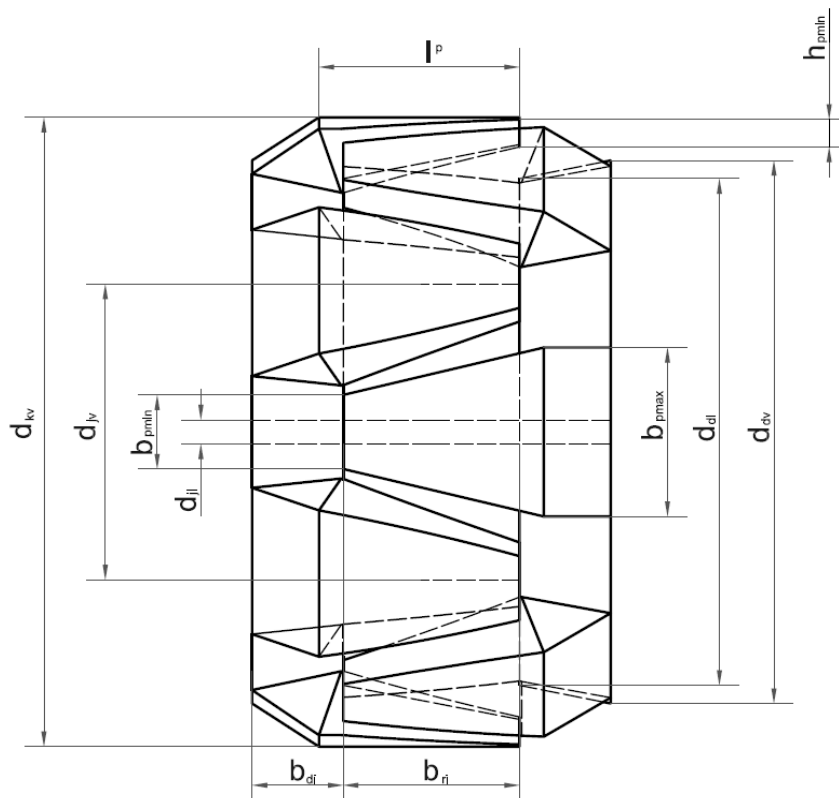
U akumulátorů při zvýšení jmenovitého napětí na velikost 36V, bude nejjednodušší řešení, využití tří olovených šesti článkových akumulátorů zapojených do série. Jedna z hlavních výhod je, že se nemusí měnit technologické postupy výroby akumulátorů. Při nefunkčnosti jedné baterie není nutné měnit všechny a manipulace s jednotlivými akumulátory bude jednodušší než jednoho velkého celku. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je váha akumulátorů a trojnásobná cena. V případě příznivého vývoje a poklesu ceny jiného typu akumulátoru bude vhodné použít tento typ akumulátorů. Mezi nejvíce pravděpodobné patří Ni-MH, které se nyní používají u většiny vyráběných hybridních automobilů a jsou méně ekologicky závadné než NiCd. U těchto akumulátorů se dosahuje měrné energie 55 až 80Whkg⁻¹.

U rotačních generátorů se jako nejjednodušší řešení jeví využití klasického automobilového alternátoru. Jsou zkoumány zařízení jako startgenerátory. Tyto zařízení slučují do jednoho stroje dvě funkce startéru a generátoru, ale v klasickém pojetí automobilové sítě je drápkový alternátor jako zdroj energie nenahraditelný a to zejména díky jednoduchosti výroby, nízkým výrobním nákladům. Návrh alternátoru 42V byl proveden analytickým výpočtem dle postupu v následující podkapitole. Rozměry navrženého stroje a elektrické parametry jsou uvedené v tabulce 5.1. Celý výpočet je přiložen k této práci v příloze 2.

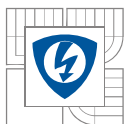


Napětí jmenovité U_{ss}	42V	Délka zubu l_z	10,5mm
Jmenovitý výkon P_n	1500W	Šířka zubu b_z	4,98mm
Otáčky jmenovité n_n	2600ot/min	Rozměr drážky h_1	9,7mm
Otáčky naprázdno n_0	1000ot/min	Rozměr drážky h_4	0,8mm
Proudová hustota statorové cívky J_s	25A/m	Rozměr drážky b_1	5,8mm
Počet vodičů v sérii jedné fáze N_f	204	Rozměr drážky b_2	4,3mm
Průměr vodiče kotvy d_{vkn}	1,32mm	Rozměr drážky b_4	2,5mm
Počet závitů budicí cívky N_b	2753	Délka vzduchové mezery	0,35mm
Proudová hustota statorové cívky J_r	4,5A/m	Průměr vodiče kotvy d_{vkn}	1,32mm
Budicí proud I_b	0,7A	Maximální šíře pólu b_{pmax}	28mm
Průměr vodiče budicí cívky d_{vb}	0,45mm	Výše úzkého konce pólu h_{pmin}	2,5mm
Počet pólů $2p$	12	Vnější průměr sběrného disku d_{dv}	90mm
Průměr rotoru d_{kv}	105mm	Vnitřní průměr sběrného disku d_{di}	84mm
Vnější průměr železa kotvy d_k	145mm	Šíře sběrného disku b_{di}	15mm
Vnitřní průměr železa kotvy d_{kv}	105mm	Vnitřní šíře rotoru b_r	29mm
Délka svazku železa kotvy l_k	33mm	Vnější průměr jádra rotoru d_{jv}	49mm
Výška jha kotvy h_{jk}	9,5mm	Vnitřní průměr jádra d_{ji}	4mm

Tabulka 5.1 Parametry navrhnutého alternátoru



Obrázek 5.5 Rotor alternátoru, značení rozměrů



5.1.3.1 Výpočetní metoda - návrh alternátoru

Při návrhu alternátoru bylo postupováno od návrhu satorové cívky, rozměrů satoru přes vzduchovou mezeru k rozměrům rotoru až po budicí cívku v rotoru. Znamé a požadované veličiny jsou:

Napětí naprázdno U_{ss}

Jmenovitý výkon P_n

Otáčky jmenovité n_n

Otáčky naprázdno n_0

Proudová hustota cívky satoru J_s

Proudová hustota cívky rotoru J_{rd}

Ze zadaných hodnot napětí naprázdno U_{ss} , a požadovaného výkonu P_n se vypočte proud fáze I_f dle [2].

$$I_f = 0,816 \left(\frac{P_n + 9}{U_{ss}} + 3 \right) \quad [\text{A; W, V}] \quad (5.1)$$

Průměry vinutí kotvy se dimenzují dle požadované proudové hustoty satorové cívky J_s a potřebného fázového proudu I_f . Vinutí bude pouze s jednou paralelní větví a tedy průřez vodiče satoru S_{vk}

$$S_{vk} = \frac{I_f}{J_s} \quad [\text{mm}^2; \text{A, A mm}^{-2}] \quad (5.2)$$

Z tohoto průřezu je vypočten průměr vodiče kotvy d_{vk}

$$d_{vk} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{vk}}{\pi}} \quad [\text{mm; mm}^2] \quad (5.3)$$

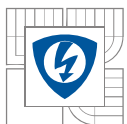
Dle tohoto průřezu je vybrán nejbližší vyšší normou daný průměr smaltovaného vodiče satoru d_{vkn} . Poté je zjištěn koeficient z_k , který udává počet závitů na 1 mm^2

$$z_k = \frac{1 \cdot 4}{\pi \cdot d_{vkn}^2} \quad [\text{mm; mm}] \quad (5.4)$$

Počet vodičů v sérii jedné fáze N_f se vypočte dle [2] ze dvou rozdílných definic počtu vodičů v drážce N_d a v tomto případě tedy bude

$$N_f = k_{pd} \cdot 2p \cdot q \cdot S_d \cdot Z_k \quad [-; -, -, -, \text{mm}^2] \quad (5.5)$$

Kde k_{pd} je plnění drážky, p počet pólových dvojic a q počet drážek na pól a fázi. V tomto případě je zvolen počet pólů dvanáct což je standardní počet pólů u tohoto typu stroje. U těchto strojů se užívá jedna drážka na pól a fázi.



Vodiče jedné fáze se rozdělí do drážek a počet vodičů v drážce N_d se spočte dle vztahu

$$N_d = \frac{N_f}{2p \cdot q} \quad [-; -, -, -] \quad (5.6)$$

Ze znalosti poměrů napětí před šestipulzním usměrňovačem a střední hodnoty usměrněného U_{ss} za usměrňovačem [3] a úbytků napětí na diodách U_z bude sdružené napětí naprázdno U_2

$$U_2 = \frac{(U_{ss} + 2 \cdot n_z \cdot U_z) \cdot \pi}{3 \cdot \sqrt{2}} \quad [V; V, -, V] \quad (5.7)$$

Kde n_z je počet diod v jedné větvi jedné fáze. Ze sdruženého napětí naprázdno U_2 se spočte fázové napětí naprázdno U_f

$$U_f = \frac{U_2}{\sqrt{3}} \quad [V; V] \quad (5.8)$$

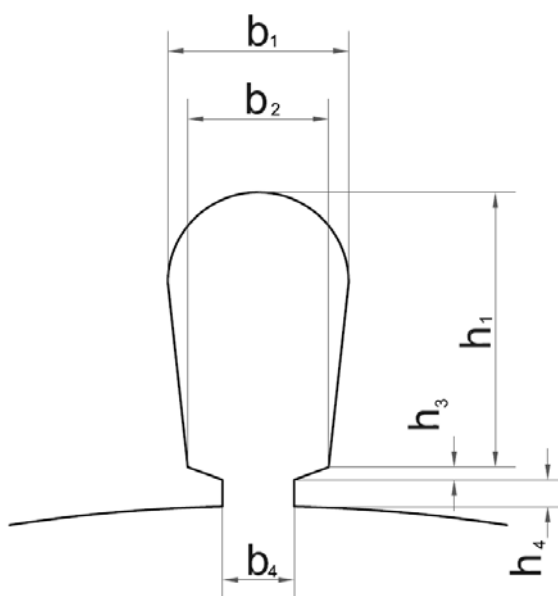
Frekvence naprázdno f_n je dána otáčkami naprázdno n_0 a počtem pólových dvojic f_0

$$f_0 = \frac{n_0 \cdot p}{60} \quad [\text{Hz}; \text{s}^{-1}] \quad (5.9)$$

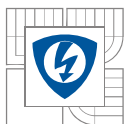
Pracovní frekvence f_n při jmenovitých otáčkách n_n

$$f_n = \frac{n_n \cdot p}{60} \quad [\text{Hz}; \text{s}^{-1}] \quad (5.10)$$

Při plném kroku je krok y roven pólové rozteči τ_p a tedy dle [1] je činitel kroku k_y roven jedné a u jednovrstvého vinutí se stejnými cívkami je činitel pásma k_q dle [4] taktéž roven jedné.



Obrázek 5.6 Drážka statoru, značení rozměrů



Činitel vinutí k_v , tedy bude roven jedné

$$k_v = k_y \cdot k_q = 1 \quad [-; -, -] \quad (5.11)$$

Magnetický tok vzduchovou mezerou Φ_{vz} bude podle vzorce pro indukované napětí [5] se započtením odbuzení vlivem rozptylu

$$\Phi_{vz} = \frac{U_f \cdot 1,1 \cdot 2}{\pi \cdot \sqrt{2} \cdot k_v \cdot f_0 \cdot N_f} \quad [\text{Wb}; \text{V}, -, \text{Hz}, -] \quad (5.12)$$

Délka zubu l_z je dána rozměry drážky viz. *Obrázek 5.6*

$$l_z = h_1 + h_3 + h_4 \quad [\text{mm}; \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.13)$$

Vnitřní průměr statoru d_{sv} se vypočte použitím vztahu z [1] mezi indukcí v zubu kotvy B_{zk} a indukcí B_δ ve vzduchové mezeře

$$B_{zk} = \frac{\tau_z \cdot B_\delta}{0,95 \cdot b_z} \quad [\text{T}; \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.14)$$

Po dosazení za b_z a τ_z a úpravě uvedené v [2] se vypočte vnitřní průměr statoru d_{kv}

$$d_{kv} = \frac{B_{zk} \cdot b_2 - 0,17453 \cdot (h_3 + h_4) \cdot B_{zk}}{0,087272 \cdot B_{zk} - 0,09186 \cdot B_\delta} \quad [\text{mm}; \text{T}, \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}, \text{T}] \quad (5.15)$$

Pólová rozteč stroje τ_p

$$\tau_p = \frac{d_{kv} \cdot \pi}{2 \cdot p} \quad [\text{mm}; -] \quad (5.16)$$

Šířka statoru l_k dle [1]

$$l_k = \frac{\Phi_{vz} \cdot \pi}{2 \cdot B_\delta \cdot \tau_p} \quad [\text{mm}; \text{T}, \text{mm}] \quad (5.17)$$

Výška jha kotvy h_{jk} dle [1]

$$h_{jk} = \frac{\Phi_{vz}}{2 \cdot 0,95 \cdot B_{jk} \cdot l_k} \cdot 1000 \quad [\text{mm}; \text{Wb}, \text{T}, \text{mm}] \quad (5.18)$$

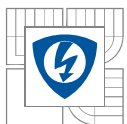
Kde B_{jk} je zvolená magnetická indukce ve jhu kotvy. Vnější průměr železa kotvy d_k poté bude

$$d_k = 2 \cdot (h_{jk} + l_z) + d_{kv} \quad [\text{mm}; \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.19)$$

Kde d_{kv} je vnitřní průměr statoru, h_{jk} výška jha kotvy a l_z délka zubu.

Délka čela cívky l_c

$$l_c = 2 \cdot \tau_p \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.20)$$



Po výpočtu délky čela cívky jsou známy veškeré rozměry závitů statorové cívky, l_c délka čela cívky, l_k délka statoru a d_{vkn} průměr vodiče statoru. Nyní je možné vypočítat délku vodiče jedné fáze a určit velikost činného odporu jedné fáze R_f

$$R_f = \frac{4 \cdot N_{fs} (l_c + l_k)}{\gamma \cdot \pi \cdot d_{vkn}^2} \quad [\Omega; \text{mm}, \text{mm}, \text{Sm}^{-1}] \quad (5.21)$$

Ztráty ve vinutí statorových cívek P_{kcu} tedy budou

$$P_{kcu} = 3 \cdot R_f \cdot I_f^2 \quad [\text{W}; \Omega, \text{A}] \quad (5.22)$$

Drážková rozteč τ_z

$$\tau_z = \frac{\tau_p}{3} \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.23)$$

Šíře zubu b_z se spočte pomocí rovnice (5.14)

$$b_z = \frac{\tau_z \cdot B_\delta}{0,95 \cdot B_{zk}} \quad [\text{mm}; \text{mm}, \text{T}, \text{T}] \quad (5.24)$$

Plocha pólu S_p

$$S_p = \frac{\phi_{vz}}{B_\delta} \cdot 10^6 \quad [\text{mm}^2; \text{Wb}, \text{T}] \quad (5.25)$$

Délka pólu l_p se zvolí stejná jako délka statoru a střední šíře pólu b_{ps} poté bude

$$b_{ps} = \frac{S_p}{l_p} \quad [\text{mm}; \text{mm}^2, \text{mm}] \quad (5.26)$$

K výpočtu magnetického napětí na vzduchové mezeře U_δ musí být vyjádřen Carterův činitel k_c . Rovnice pro výpočet tohoto činitele je dle [1]

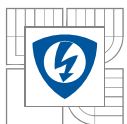
$$k_c = \frac{\tau_z}{\tau_z + (\delta - 0,75 \cdot b_4)} \quad [-; \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.27)$$

Kde b_4 je rozměr drážky. Magnetické napětí U_δ tedy bude

$$U_\delta = 1,5915 \cdot 10^3 \cdot B_\delta \cdot k_c \cdot \delta \quad [\text{A}; \text{T}, -, \text{mm}] \quad (5.28)$$

Kde δ je délka vzduchové mezery. Magnetické napětí na jhu kotvy U_{jk}

$$U_{jk} = \frac{H_j \cdot \pi \cdot (d_k - h_{jk})}{2 \cdot p} \quad [\text{A}; \text{Am}^{-1}, \text{m}, \text{m}] \quad (5.29)$$



Kde H_j je intenzita pro zvolenou indukci ve jhu kotvy. Magnetické napětí na kotvě a vzduchové mezeře U_{vzk} je součtem magnetických napětí na vzduchové mezeře, jhu a zubu kotvy.

$$U_{vzk} = U_{\delta} + 2 \cdot H_z \cdot l_z + U_{jk} \quad [\text{A}; \text{A}, \text{Am}^{-1}, \text{m}, \text{A}] \quad (5.30)$$

Poměrná rozptylová vodivost λ_{δ} dle [2]

$$\lambda_d = \frac{h_1 - h_2}{3 \cdot b_1} + \frac{h_2}{b_2} + \frac{h_3}{b_2 - b_4} \cdot \ln \frac{b_1}{b_4} + \frac{h_4}{b_4} \quad [-; \text{vše mm}] \quad (5.31)$$

Kde všechny členy až na h_2 jsou rozměry drážky. Index h_2 označuje nevyužitou výšku drážky. Rozptylová vodivost drážky Λ_d poté dle definice v [1]

$$\Lambda_d = \mu_0 \cdot \lambda_d \cdot l_k \cdot 10^{-3} \quad [\text{WbA}^{-1}; \text{Hm}^{-1}, \text{mm}] \quad (5.32)$$

Rozptylová vodivost hlav zubů Λ_z také dle [1]

$$\Lambda_z = 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot l_k \cdot 10^{-3} \cdot \ln \left(1 + \frac{\pi \cdot (\tau_z - b_4) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot b_4 \cdot 10^{-3}} \right) [\text{WbA}^{-1}; \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.33)$$

Vinutí je trojpatrové a proto výpočet rozptylové vodivosti čel Λ_c dle [1] bude

$$\Lambda_c = \mu_0 \cdot q \cdot (0,59 \cdot l_c - 0,37 \cdot y) \cdot 10^{-3} \quad [\text{WbA}^{-1}; \text{Hm}^{-1}, -, \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.34)$$

Kde y je krok a jak již bylo řečeno při plném kroku je roven pólové rozteči. Rozptylová reaktance vinutí kotvy [1]

$$X_{rk} = \frac{4 \cdot \pi \cdot f_n \cdot N_{fs}}{p \cdot q} \cdot (\Lambda_d + \Lambda_z + \Lambda_c) \quad [\Omega; \text{Hz}, -, -, -, \text{WbA}^{-1}] \quad (5.35)$$

Činitel pólového krytí α

$$\alpha = \frac{b_{ps}}{\tau_p} \quad [-; \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.36)$$

podélný deformační činitel pro omezení reakce kotvy κ_l [1]

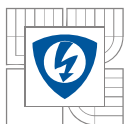
$$\kappa_l = \frac{\pi \cdot \alpha + \sin(\pi \cdot \alpha)}{4 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \alpha}{2}\right)} \quad [-; -] \quad (5.37)$$

příčný deformační součinitel pro omezení reakce kotvy κ_q [1]

$$\kappa_q = \frac{\pi \cdot \alpha - \sin(\pi \cdot \alpha)}{4 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \alpha}{2}\right)} \quad [-; -] \quad (5.38)$$

Magnetické napětí U_r [1]

$$U_r = \frac{2,7}{p} \cdot N_f \cdot I_f \cdot k_v \quad [\text{A}; -, \text{A}, -, -] \quad (5.39)$$



Fázový posun pro pracovní otáčky ψ_n

$$\psi_n = \arctg\left(\frac{X_{rk}}{R_f}\right) \quad [\text{rad}; \Omega, \Omega] \quad (5.40)$$

Podélná složka magnetického napětí po deformaci pole U_l [1]

$$U_l = U_r \cdot \kappa_l \cdot \sin \psi_n \quad [\text{A}; \text{A}, -, \text{rad}] \quad (5.41)$$

Příčná složka magnetického po deformaci pole U_q [1]

$$U_q = U_r \cdot \kappa_q \cdot \cos \psi_n \quad [\text{A}; \text{A}, -, \text{rad}] \quad (5.42)$$

Maximální šíře pólu $b_{p\max}$ stejně jako další rozměry uvedené níže jsou zpravidla dle [2] uměně průměru rotoru. Vnitřní šíře rotoru byla zvolena

$$b_{p\max} = (b_{ps} \cdot 1,5556) \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.43)$$

Výše úzkého konce pólu $h_{p\min}$

$$h_{p\min} = \frac{d_{kv}}{44,5} \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.44)$$

Vnější průměr sběrného disku d_{dv}

$$d_{dv} = \frac{d_{kv}}{1,171} \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.45)$$

Vnitřní průměr sběrného disku d_{di}

$$d_{di} = \frac{d_{kv}}{1,25} \quad [\text{mm}; \text{mm}] \quad (5.46)$$

Příčný průřez drápek S_{dr}

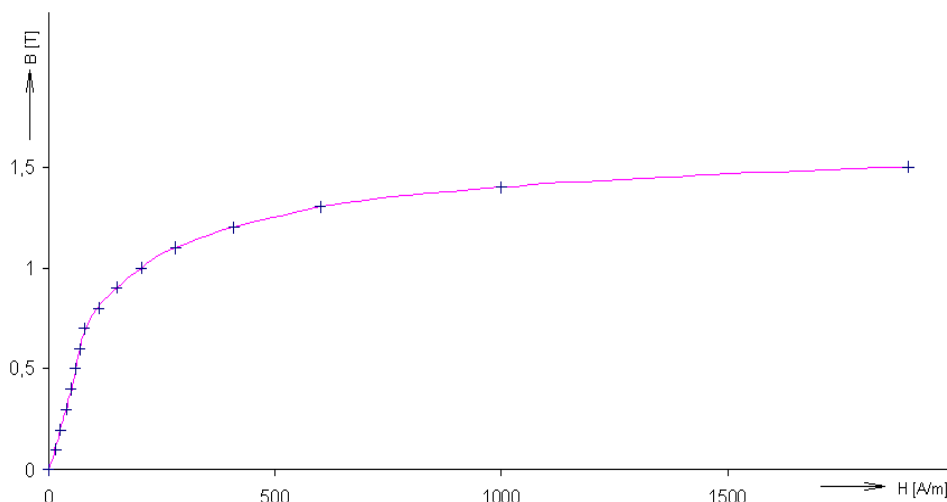
$$S_{dr} = b_{p\max} \cdot \sqrt{\frac{(d_{kv} - d_{di})^2}{4} + l_p^2} \quad [\text{mm}^2; \text{mm}, \text{mm}, \text{mm}] \quad (5.47)$$

Výpočet rozptylových vodivostí nebyl proveden, jelikož se nepodařilo získat charakteristiky důležité pro odečet koeficientů, nutných pro tento výpočet. Dle získaných informací z výpočtů provedených na katedře elektrických strojů a přístrojů byly zvoleny přibližné hodnoty. Tyto zvolené hodnoty jsou uvedeny ve výpočtu v příloze.

Poté byly vypočítány zbývající rozměry rotoru. Výpočet byl proveden tak, že se postupovalo od vzduchové mezery ke středu rotoru. Výchozí veličinou pro tento výpočet byl potřebný magnetický tok vzduchovou mezerou, ke kterému se připočetly úbytky v rotoru v podobě rozptylových magnetických toků. Výpočet je prováděn postupným připočítáváním magnetických toků od vzduchové mezery k jádru. Na závěr je vypočten počet závitů budící cívky a zkontrolováno zaplnění rotoru. Postup výpočtu rozměrů a cívky rotoru je podrobně popsán v [2].

Magnetizační křivky materiálů byly vyneseny z bodů uvedených v [32]. Postup při odečítání intenzit magnetického pole byl následující. V tabulkovém editoru byly zjištěny rovnice

jednotlivých částí křivek a za pomoci těchto rovnic zjištěny veškeré intenzity. K porovnání přesnosti odečtu intenzit tímto způsobem je vyobrazena magnetizační křivka materiálu statoru viz. *Obrázek 5.7*. Původní odečtené body jsou proloženy křivkami polynomů.



Obrázek 5.7 Magnetizační křivka materiálu statoru

5.2 Zařízení nutné pro činnost spalovacího motoru

K nastartování spalovacího motoru je potřeba cizí síla. Silou se motor roztáčí a po spuštění spalovacího procesu sám běží. U prvních automobilů se užívalo síly lidské a motory se startovaly pomocí klik. Ve dvacátých letech minulého století se k nastartování motoru začalo užívat silného stejnosměrného elektromotoru. Tento elektromotor se nazývá spouštěč a odebírá ze všech spotřebičů na vozidle největší proud. V činnosti je pouze velmi krátkou dobu.

Druh zapalování	klasické	polovodičové
Průrazné napětí (kV)	12 až 16	30 až 40
Při spouštění (kV)	8 až 10	20 až 30
Zapalovací proud (mA)	40	200
Trvání jiskry (ms)	3	3
Vzrůst napětí (V μ s)	400	1200
Vzdálenost elektrod (mm)	0,6 až 0,8	0,7 až 2,0
Počet jisker (s)	až 400	až 1000

Tabulka 5.2 Bateriové zapalování; porovnání klasické a polovodičové

Mezi dalšími zařízeními řadícími se do této skupiny je zapalovací systém. V zážehových motorech je směs ve válcích zapalována elektrickou jiskrou. U prvních motorů se k tomuto účelu užívalo jisker vznikajících ve válcích odtržením kontaktů. Začátkem dvacátého století se již

užívalo zařízení produkující vysokonapětové jiskry mezi elektrodami svíčky. Nejprve to bylo magneto a po první světové válce se začalo užívat bateriového zapalování. Magnetové i bateriové zapalování pracují téměř na stejném principu. Rozdíl je v tom, že proud v primárním vinutí zapalovací cívky je u magneta vytvořen točivým magnetickým polem a u bateriového zapalování prochází primárním vinutím zapalovací cívky stejnosměrný proud z akumulátoru. V dnešní době se užívá zapalování elektronických. Porovnání klasického bateriového a polovodičového zapalování je v *Tabulce 5.2*

5.2.1 Spouštěč

Ke spuštění motoru je nutné aby se motor roztočil na takovou rychlost otáčení, při které začne probíhat spalovací proces. Spouštěcí zařízení, spouštěč musí být schopno překonat všechny síly působící proti roztáčení motoru a současně musí umožnit jeho roztáčení na určitou minimální rychlost. Síly které spouštěč musí překonat se dají rozdělit do dvou skupin:

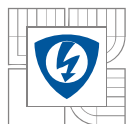
- a) Odpory vznikající třením, síly ventilační, síly potřebné k urychlení setrvačných hmot
- b) Síly související s pracovním cyklem, které jsou odvozeny od komprese a expanze.

U motorových vozidel se používá spouštěčů elektrických. Výhodou těchto zařízení je, že jsou pohotovité, jednoduše se ovládají, jsou lehké a malé.



Obrázek 5.8 Spouštěč MAGNETON 1kW, 12V, 15Nm

Největší točivý moment je zapotřebí při nulových otáčkách (tzv. záběrový moment) a se stoupajícími otáčkami se má zmenšovat. Momentová charakteristika stejnosměrného motoru se sériovým buzením tento požadavek splňuje. Proto se také užívá těchto elektrických strojů s budicím vinutím a vinutím kotvy zapojených do série. Pracovní proud je tím větší, čím pomaleji se rotor otáčí, Při malých otáčkách má sériový motor největší odběr proudu a největší záběrný moment.



Z elektrotechnického hlediska jsou to tedy jednoduché stejnosměrné sériové elektromotory. Z hlediska mechanické konstrukce jsou vzneseny ale požadavky, které lze řešit mnohdy jen s pomocí určitých kompromisů. Konstrukce spouštěče musí splňovat tyto požadavky:

- a) Pokud není spouštěč v činnosti, musí být bezpečně pastorek mimo záběr s ozubeným věncem setrvačníku.
- b) Při nedokonalém spojení spouštěče se setrvačníkem, nesmí být velký záběrový moment
- c) K dokonalému spojení musí dojít i v případě, když se dostane zub spouštěče na zub setrvačníku.
- d) Po dobu startu, dokud motor nenaskočí, musí spouštěč zůstat v dokonalém spojení se setrvačníkem, musí být přenesen celý záběrový moment spouštěče.
- e) Po nastartování motoru se spojení musí automaticky uvolnit
- f) Po rozpojení spouštěcího obvodu je nutné, aby se stroj co nejdříve zastavil a zaujal výchozí postavení

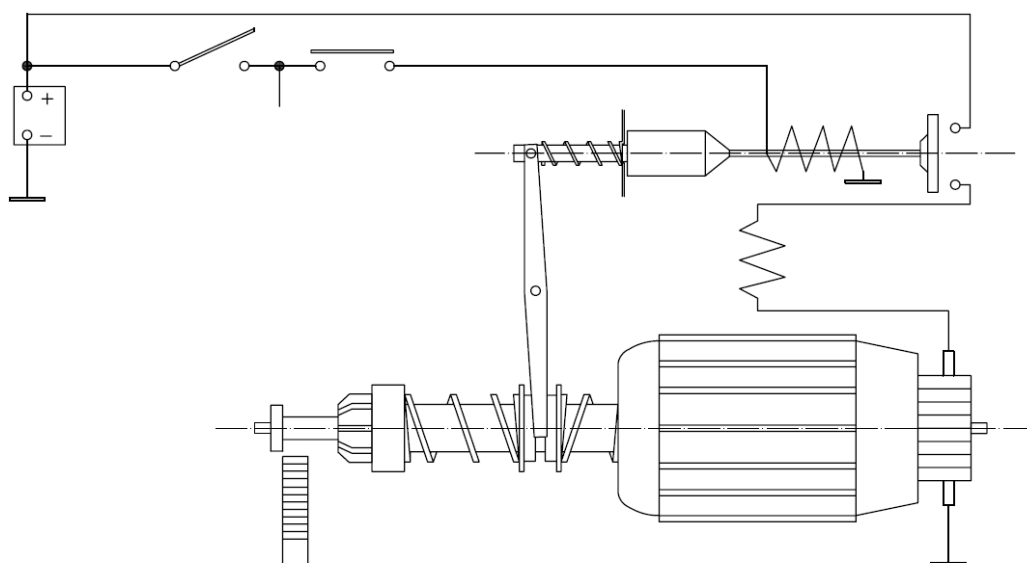
Tyto požadavky splňují tři nejvíce rozšířené systémy. Tyto systémy různým způsobem dosahují spojení spouštěče se setrvačníkem posouváním ozubeného pastorku po ose spouštěče.

Nejstarší konstrukcí, jež se velmi dlouho používala, je systém Bendix. K zasunutí pastorku do ozubení na věnci setrvačníku se využívá momentu setrvačnosti pastorku. Pastorek je lehce pohyblivý po závitu pouzdra, spojeného s rotorem spouštěče prostřednictvím unašeče tlumícího rázy. Při rozběhu spouštěče se pastorek setrvačností našroubuje po závitu pouzdra do záběru s ozubeným věncem setrvačníku. Přejde-li správně zub do mezery, zajede pastorek až na doraz a motor je roztáčen. Pokud dosedne zub na zub, je stržen šroubovicí do mezery.

Spouštěče s posuvnou kotvou mají spojen pastorek s rotorem (kotvou) prostřednictvím volnoběžné spojky a posuv do záběru je realizován axiálním posuvem celého rotoru. Volnoběžná spojka slouží i jako spojka omezovací. Zabere-li motor, pracuje spojka jako volnoběžná, neboť lamely jsou k sobě tlačeny slabými pružinami. Do pracovní polohy je rotor posouván tahem vlastního budicího elektromagnetického pole proti síle pružiny. Ve spouštěči jsou mimo hlavní sériové budicí vinutí uložena ještě dvě vinutí pomocná, sériové a derivační. Při spouštění se nejprve zapojí pomocná vinutí, jež vtahují rotor do záběru. Rotor se přitom pomalu otáčí, takže se pastorek dostane do záběru, i když zprvu narazí zub na zub. Posune-li se pastorek i s rotorem dostatečně do záběru, připojí se rotor k baterii přes hlavní sériové budicí vinutí a zabírá pak maximálním momentem. Hlavní nevýhodou spouštěčů s posuvnou kotvou je velká hmotnost posouvajících se částí.

Třetím typem je spouštěč s posuvným pastorkem. Tento systém je nejrozšířenější. Je to proto, že požadavky uvedené výše splňuje nejlépe. Pastorek je na hřídeli rotoru posuvný i volně otočný. Rotační spojení obstarává volnoběžná spojka. Do záběru se pastorek zasouvá elektromagneticky proti síle pružiny. Stykač připojí rotor k baterii, až je pastorek zasunut. Nebo předepjata jeho pružina, pokud narazil zub na zub. Jakmile se rotor pootočí, pružina vsune pastorek do záběru. Pokud je výkon větší než 3kW je spouštěč spínán ve dvou stupních. První

stupeň zajišťuje pootočení pastorku, narazí-li zubem na zub věnce. Druhý stupeň se zapne, až když je celý pastorek v záběru.



Obrázek 5.9 Princip funkce spouštěče s posuvným pastorkem

Při prvním stupni je boční tlak mezi zuby tak malý, že nestěžuje elektromagnetu jeho zasouvání pastorku do plného záběru. V prvním stupni prochází proud do spouštěče přes vinutí zasouvacího elektromagnetu. Vinutí elektromagnetu zastává funkci omezovacího odporu. Pastorek se při posuvu pomalu otáčí a dostane se tak do záběru, i když v první fázi narazí zub na zub. Při dostatečném posuvu pastorku spojí spínač druhého stupně sériové vinutí elektromagnetu nakrátko a spouštěč zabírá naplno. Po vypnutí hlavního spínače se pastorek působením pružiny vrátí do výchozí polohy.

5.2.2 Zapalovací soustava

U bateriového zapalování se primární elektrický proud odebírá z akumulátoru, při jízdě z generátoru. U klasického bateriového zapalování je princip funkce následující.

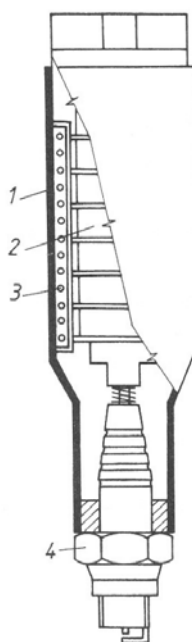
Po propojení zapalování s akumulátorem prochází proud primárním vinutím zapalovací cívky. Přerušovačem je pak veden zpět k druhému pólu baterie. Proud vytváří magnetický tok v magnetickém obvodu cívky. Při přerušení obvodu, rozpojení kontaktů přerušovače se proud v primárním okruhu rychle zmenšuje a se změnou magnetického toku se indukuje napětí v sekundárním vinutí. Hlavním zapalovacím kabelem je proud přiveden ze sekundárního vinutí zapalovací cívky do rozdělovače a odtud zapalovacími kabely k jednotlivým zapalovacím svíčkám motoru. Přerušovač tvoří s rozdělovačem jeden celek. Aby nevznikl na kontaktech přerušovače elektrický výboj, přidává se do obvodu kondenzátor. Při rozpojování kontaktů se obvod ihned nepřerušuje, protože se kondenzátor stále nabíjí a protéká jím nabíjecí proud.

[illegible]

Obrázek 5.11 Kondenzátorové zapalování [8]

Příklad zapojení kondenzátorového zapalování je uveden na *Obrázku 5.11*. Princip funkce je následující. Po zapnutí vypínače V začne pracovat oscilátor z tranzistoru T a cívky transformátoru L2. Odporovým děličem R1 a R2 je nastaven pracovní bod tranzistoru. Ve vinutí L3 se indukuje vysoké střídavé napětí. Působením rezonančního obvodu tvořeným L3 a C1 je napětí na sekundární straně ještě vyšší. Toto napětí je usměřňováno diodou D2 a přivedeno na kondenzátor C2. Kondenzátor C2 se nabíjí až do rozpojení kontaktu přerušovače P. Po rozpojení kontaktu se derivačním článkem C3 a R4 vytvoří napěťová špička, která sepne tyristor Ty. Po sepnutí tyristoru se kondenzátor C2 vybíjí do zapalovací cívky ZC.

Statické zapalování nemá žádné pohyblivé prvky. Spínání je řízeno mikropočítačem. Například u zapalování SDI(SAAB Direkt Ignitron) není využíváno klasických přerušovačů, rozdělovačů zapalovacích cívek ani rozvodů vysokého napětí. Vyznačuje se nepatrnými ztrátami energie. U tohoto zapalování je přímo na svíčku nasazena miniaturní cívka. Mikropočítač vyhodnocuje informace o provozních podmínkách motoru a podle těchto informací řídí zapalovací soustavu. Pomocí zvyšujícího měniče je napětí ze 12V zvýšeno na 400V. Soustava je kapacitního charakteru, na potřebné napětí se nabíjí kondenzátor. Spínací polovodičovou součástí je kondenzátor po nabití propojen s primárním vinutím zapalovací cívky. Přímo na zapalovací svíčke se napěťový impuls transformuje do sekundární cívky na napětí přibližně 40kV. Ztráty na zapalovací svíčke jsou minimální. Protože jsou napětí tak vysoká, může být vzdálenost mezi elektrodami svíčky větší a zapalování směsi kvalitnější.

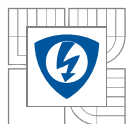


Obrázek 5.12 _Zapalovací cívka a svíčka SDI [8]

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| (1) – kovové pouzdro | (3) – primární vynutí |
| (2) – sekundární vynutí | (4) – svíčka |

5.2.3 Zařízení nutná pro činnost spalovacího motoru v síti 36V

U nákladních automobilů měl výkon spouštěče zásadní vliv na použití vyššího napětí 24V. Při užití vyššího napětí u spouštěčů nad 1,2kW by se snížila hmotnost, rozměry a průměry vodičů



spouštěčů. Ke zlepšení by došlo také u životnosti komutátorů, je to dáno snížením proudů protékajících kartáči. Při přechodu na vyšší napětí palubní sítě bude elektrická část tohoto stroje přizpůsobena tomuto napětí. Konstrukční uspořádání (spouštěč s výsuvným pastorkem) zůstane stejné jako doposud. Koncepce zapalování zůstane stejná jako užívaná doposud. Pouze elektronické prvky využívané k zajištění správné činnosti změní své parametry. Např. u systému založeném na principu zapalování SDI by se zvyšující měnič přizpůsobil na vyšší napětí.

5.3 Osvětlení vozidla a signální zařízení

Elektrické osvětlení bylo mezi prvními instalovanými elektrickými prvky ve vozidlech. Osvětlení vozidel je předepsáno normami. Základní norma v České Republice je norma ČSN 30 4302. Osvětlení automobilů zajišťuje bezpečný provoz za špatné viditelnosti. Mezi osvětlení vozidel se řadí dálkové a tlumené světlomety, mlhové světlomety, koncové svítilny, obrysové svítilny, zpětné světlomety, osvětlení registračních značek, vnitřní osvětlení, osvětlení přístrojů.

Do signálních zařízení využívajících světelných zdrojů se řadí světla brzdová, směrová a výstražná. Do signálních zařízení se také řadí houkačka, nejčastěji užívaná elektromagnetická.

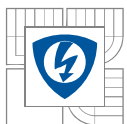
5.3.1 Zdroje světla

V automobilovém průmyslu se používají tři typy světelných zdrojů. Nejrozšířenějším druhem zdrojů světla pro motorová vozidla jsou žárovky. Tento zdroj světla je také nejstarším. Novějším zdrojem světla využívajícím se v automobilovém průmyslu jsou výbojky a posledním LED diody.

5.3.1.1 Žárovky

Žárovky jak již název napovídá jsou žárové zdroje světla. Vznik světla je u těchto zdrojů podmíněn vysokou teplotou svítící látky. Žárovky lze v automobilové síti připojit samostatně bez měniče. Tato vlastnost je hlavní výhodou oproti ostatním světelným zdrojům. Díky tomuto jsou žárovky nejrozšířenější. Životnost žárovek je omezena životností vlákna. U nízkonapěťových žárovek lze dosáhnout nejvyšší životnosti. Vláknem je u těchto žárovek krátké, mechanicky odolné a téměř bodové. Při konstrukci světlometů se požadují zejména tyto čtyři body. Na životnost vlákna má vliv emise materiálu. Při zahřívání vlákna se materiál tohoto vlákna odpařuje a vlákno se postupně zeslabuje až dojde k přetavení. Odpařený materiál se usazuje na sklo baňky a způsobuje snížení světelné účinnosti žárovek. U motorových vozidel se proto používá žárovek s netečnými plyny, standardně směsí dusíku a argonu, které této emisi částečně brání. Světelná účinnost je malá, většina elektrické energie se přeměňuje v teplo. Světlo produkované žárovkou má spojitě spektrum, obsahuje barvy světla od červené až po fialovou.

U motorových vozidel jsou taktéž využívány halogenové žárovky. Tyto žárovky mají vyšší účinnost, svítivost i životnost. Životnost halogenových žárovek je dvojnásobná a při stejném příkonu dosahuje až dvojnásobku světelného toku než žárovky obyčejné. K plnění baňky se užívá plynu s příměsemi halových prvků. U žárovek pro použití ve vozidlech se užívá metylenbromidu a bromu. První z prvků je plnicí plyn druhý halový prvek. Proces uvnitř baňky se nazývá halogenový cyklus. Z vlákna, wolframového, o teplotě 3200°C se uvolňují atomy wolframu.



Teplota od vlákna k povrchu baňky klesá a tyto atomy se při 1400°C slučují s volně se pohybujícími atomy bromu na bromid wolframu. Na vlákno se zpět usazuje wolfram, který vzniká po rozpadu bromidu wolframu na rozžhaveném vláknu. Halogenová žárovka je oproti běžné žárovce menší. Menší velikost baňky je třeba k dosažení požadované teploty.



Obrázek 5.13 Halogenová žárovka

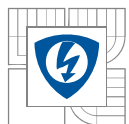
5.3.1.2 Výbojky

Světlo u výbojek způsobuje výboj mezi elektrodami. Výbojka je skleněná trubice naplněná zředěným plynem nebo parami některých kovů. V těchto plynech jsou umístěny elektrody mezi kterými výboj vzniká. Na konci skleněné trubice jsou zataveny přívody k elektrodám. Elektrody mohou být studené nebo žhavené procházejícím proudem. Připojí-li se výbojka na vhodné napětí, plyn se mezi elektrodami rozzáří. Výbojky vydávají obvykle jednobarevné monochromatické světlo. Teplo u výbojek není podmínkou vzniku světla, ale pouze jevem průvodním.



Obrázek 5.14 Xenonová výbojka

U xenonových výbojek se užívá plynu xenonu s přísadou metalických solí. Baňka výbojek je vyrobena z křemičitého skla. K zapálení výboje je třeba střídavého napětí od 15kV do 20kV. Tento vysokonapěťový impulz zajišťuje řídicí elektronická jednotka. K vytvoření elektrického oblouku mezi elektrodami je zapotřebí přeskočení jiskry mezi nimi. Po zapálení elektrického



oblouku je řízen řídicí jednotkou příkon výbojky. Tento příkon je regulován například u výbojek firmy Helia na hodnotě 35W. Krátkodobý příkon před dosažením provozní teploty se pohybuje okolo 70W.

U výbojek je stále třeba k udržení výboje mezi elektrodami po dosažení provozní teploty vyššího napětí než je napětí palubní. Toto napětí se pohybuje v rozmezí od 60V až do 100V. Světlo není závislé na napětí palubní sítě. Světelný tok výbojek je až dva a půl násobkem světelného toku halogenových žárovek stejného příkonu. Ovšem oproti žárovkám výbojky potřebují k úplnému rozsvícení mnohem delší dobu. Řídicí jednotka zastává také funkci bezpečnostní. Obsahuje systém chránící obvod proti přetížení. K zastavení činnosti dojde, když proud přesáhne 20mA.

5.3.1.3 LED diody

Elektroluminiscenční dioda, dioda vyzařující světlo, je polovodičová součástka s jedním PN přechodem. Při průchodu elektrického proudu PN přechodem v propustném směru, emituje přechod do okolí nekoherentní světlo s úzkým spektrem.

Barva světla je u těchto zdrojů dána chemickým složením polovodičů. Protože u LED diod není možné emitovat přímo bílé světlo, bylo u starších typů býlých LED diod využito trojice čipů. Trojice byla zvolena tak, aby dalším mísením v rozptýlném materiálu vrchlíku došlo k vizuálnímu vnímání tohoto světla jako bílého.

U býlých LED nových typů je použito luminoformu. Některé bílé LED diody vyzařují modré světlo a jiné ultrafialové záření. U diod s ultrafialovým zářením je záření díky luminoforu přeměněno na bílé světlo přímo na čipu. Zato v případě modrého je nutné nejprve přeměnit část tohoto světla luminoforem na žluté a teprve mísením těchto barev vzniká světlo bílé.

Měrný světelný výkon zdrojů světla	
Žárovka	12 lm/W
Žárovka halogenová	18 lm/W
Výbojka xenonová	70-90 lm/W
Bílá LED dioda	20-30 lm/W

Tabulka 5.3 Měrné světelné výkony zdrojů světla

Nejčastější příčinou selhání LED diod je postupný úbytek jasu. Rozsvícení těchto zdrojů světla je velmi rychlé. Typický červený LED indikátor se rozsvítí v řádu mikrosekund. LED používané v telekomunikačních zařízeních mohou mít tyto doby i mnohonásobně kratší. Neobsahují rtuť (na rozdíl od zářivek). Led dioda je téměř monochromatický světelný zdroj. Mohou produkovat přímo barevné světlo bez použití filtrů. Neuplatňují se zde ztráty světelného toku na těchto filtrech. Mezi další výrazné výhody oproti konvenčním zdrojům patří, dlouhý život až 100 tisíc hodin při dodržení provozních podmínek, nízká spotřeba energie, vysoká účinnost viz. *Tabulka 5.3*, definovaný úhel světelného svazku, vysoká odolnost proti otřesům a vibracím

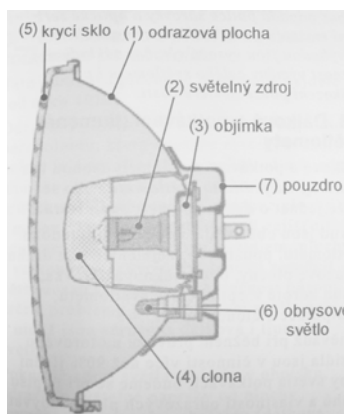
5.3.2 Dálkové a tlumené světlomety

U hlavních světlometů motorových vozidel jsou dva základní požadavky. Požadavek co nejlepšího osvětlení vozovky a co nejmenšího oslnění protijedoucích řidičů. Vlivem těchto dvou protichůdných požadavků se v automobilech užívají dálkové a potkávací světlomety. Ve většině případů se tyto dva světlomety spojují do jednoho. Zdroje světla, žárovky, mají dvě vlákna. Jedno z vláken je z horní části zacloněné. V posledních letech se ovšem začalo užívat jednoho světelného zdroje pro dálková a druhého zdroje pro tlumená světla. Pro dálková se užívá klasických žárovek a pro tlumená výbojek. Je to dáno pomalým nárustem světelného toku při rozsvěcování výbojek. Tlumené světlo zůstává zapnuto i když jsou rozsvícená světla dálková. Tlumené světlo je právě tím kompromisem mezi požadavkem dobrého osvětlení vozovky a možností oslnění řidiče protijedoucího vozidla. V praxi se používají tři systémy odvozené ze dvou základních typů - evropského a angloamerického.

Evropský systém se vyznačuje klopením světelného kužele tlumených světél směrem dolů a výrazným potlačením světelných paprsků v horní polovině světelného kužele. Existují dvě možnosti:

- a) Symetrické tlumené světlo - má vodorovné rozhraní potlačeného světla souměrné vpravo i vlevo. Tento systém se používal v Evropě před zavedením asymetrického systému, dnes ho užívají jen někteří výrobci motocyklů.
- b) Asymetrický evropský systém - vodorovné rozhraní světél vpravo a vlevo se liší. Je normalizován předpisy EHK OSN.

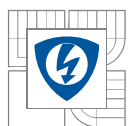
Americký systém se vyznačuje klopením tlumených světél šikmo dolů na stranu od protijedoucích vozidel.



Obrázek 5.15 Základní provedení světlometu [7]

5.3.3 Mlhové světlomety

Nejúčinnějším opatřením ke zlepšení viditelnosti v mlze je vhodné rozložení světla. Základním požadavkem je, aby co nejméně světelných paprsků směřovalo vzhůru, protože ty vytvářejí neprůhlednou clonu. Překážkami v atmosféře nejlépe proniká světlo monochromatické (jednobarevné) a z toho plyne, že nejlepší je v tomto případě světlo výbojek, které tento požadavek splňuje. Objevila se řešení používající světlo modré nebo zelené, mezinárodní



předpisy však povolují pouze barvu bílou nebo žlutou. Umístění světlometů co nejblíže vozovky zlepšuje viditelnost v méně husté mlze, protože u povrchu vozovky je mlha řidší.

5.3.4 Návěstní a signalizační zařízení

Při provozu motorových vozidel musí mít řidiči možnost dát ostatním účastníkům provozu znamení o směru jízdy, rychlosti jízdy. Tato znamení či výstrahy se dávají pomocí návěstních a signalizačních zařízení. Tato signalizační zařízení jsou většinou světelná, pouze houkačka nebo siréna u vozidel s právem přednostní jízdy jsou akustická. Pomocí těchto zařízení jsou taktéž sami řidiči upozorňováni na stav a funkci automobilu. Do této skupiny jsou zahrnuta brzdová, směrová světla a signální kontrolky na přístrojové desce.

Brzdová světla se rozsvěcují při sešlápnutí brzdového pedálu. Používají se dva druhy spínačů tlakový a mechanický. Tlakový reaguje na zvýšení tlaku v brzdové kapalině. Mechanický je propojen přímo s brzdovým pedálem.



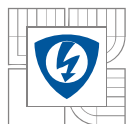
Obrázek 5.16 Elektromagneticky ovládané směrové šipky [33]

U směrových svítidel se využívalo různých systémů. Ještě než se začala užívat blikací směrová světla, používaly se elektromagneticky ovládané směrové šipky viz. *Obrázek 5.16*. V současné době je již užito většinou elektronických přerušovačů. V podstatě existují dva druhy elektronických přerušovačů, a to přerušovače osazené tranzistory a přerušovače, které používají číslicové obvody. U obou typů přerušovačů se jako zdroj přerušovaného proudu používá astabilní klopný obvod, který se po připojení na napájecí napětí bude překlápět z jedné polohy do druhé.

5.3.5 Použité osvětlení v síti 36V

Osvětlení vozidel je předepsáno normami, tyto normy jsou účinné, prověřeny lety používáním a měněny nebudou. Všechna světelná zařízení při zvýšení napětí musí veškerá tato nařízení splňovat stejně jako doposud. Ke záměnám dojde pouze u zdrojů světla. Žárovky uzpůsobené pro vyšší napájecí napětí mají nižší životnost. Vlákně se prodlužuje a tím je více náchylnější k otřesům a přetržení vlákna. Při použití napětí 36V v síti automobilu by bylo nutné je vybavit snižujícím DC/DC měničem. Tímto přichází o jednu z hlavních výhod. Tato výhoda je, že nyní na 12V není nutné světelná zařízení vybavovat nějakou elektronikou. Jako rozumné řešení se jeví kombinace všech třech uvedených zdrojů světla.

U potkávacích a dálkových světel by se daly využít výbojky. Výbojky ke svému provozu potřebují vyšší napětí než je napětí sítě, rozdíl mezi potřebným a řídicím napětím za provozu



na ustálené teplotě je přibližně od 50V do 80V. Zvýšením napětí by se tento rozdíl snížil. Výbojek se dnes užívá převážně pouze u světel potkávacích. Přepínání mezi dálkovými světly a světly potkávacími by bylo zajištěno mechanicky. Mechanicky by docházelo k zastínění výbojky využitím elektromagnetu a clony. Nebo k posunutí zdroje světla ve světlometu. Tohoto zdroje světla by se taktéž dalo využít u světel mlhových.

Ostatní signalizační světla budou vytvořena z LED diod v sériovém zapojení. Užití LED diod u signalizačních světel se u výrobců poslední dobou těší velké oblibě. Diody jsou mnohem menší než konvenční světelné zdroje. Jsou zde sice částečné potíže s chlazením jednotlivých diod, velký výkon na malém prostoru, a částečné snížení toku po určitém čase provozu, ale designéři tohoto prvku užívají stále víc a spotřeba energie je nižší než u klasických žárovek. Dle některých výzkumů se reakční doba řidičů snižuje při použití LED diod v signálním osvětlení. Například v analýze [31] se udává, že při rychlostech okolo 100kmh^{-1} se zkracuje reakční vzdálenost až o dva metry. Vnitřní osvětlení by bylo řešeno pomocí diod a nebo pomocí klasických žárovek s DC/DC měničem.

5.4 Zařízení pro zvýšení bezpečnosti, komfortu obsluhy a pro kontrolu činnosti jednotlivých částí vozidla

Čistota předních a někdy i zadních oken vozidla je udržována stěrači s elektrickým pohonem, které jsou doplněny ostřikovači. Některá vozidla mají opatřeny stěrači i světlomety. Pro vytápění, případně klimatizaci, vnitřního prostoru karosérie se využívá vzduch, který je vháněn ventilátorem poháněným elektromotorem. Ohřev předního, případně zadního skla a zpětného zrcátka může být proveden různým způsobem, ale prakticky vždy se k tomu využívá elektrický proud.

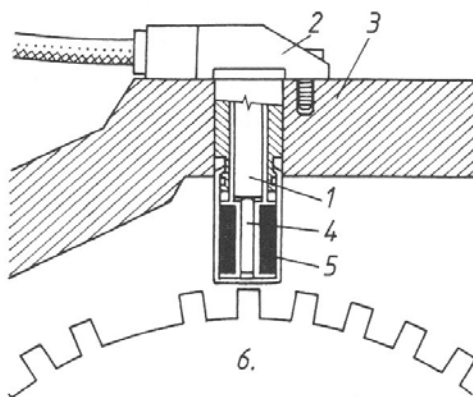
Do skupiny sloužící ke kontrole patří celá řada měřicích a kontrolních přístrojů, které sledují činnost motoru, mazacího systému, dobíjení akumulátoru, chování automobilu atd. Prakticky vždy se měřené veličiny převádějí na elektrické a měří elektrickými měřicími přístroji. Při ovládání a udržování motorového vozidla v provozu musí mít také řidič možnost sledovat průběžně některé důležité veličiny.

Elektrické sítě motorových vozidel jsou v současné době mnohem rozsáhlejší než tomu bylo před dvacet lety. Je to způsobeno rapidním vývojem elektroniky. Vývoj elektroniky umožnil využití spousty nových technických řešení. Technická řešení, která se díky elektronice povedlo zrealizovat, nebylo možné dřívějšími prostředky řešit. Výhody elektronických prvků jsou při užití v motorových vozidlech značné. Elektronická zařízení jsou malá, lehká a prostorově nenáročná. Umožňují mnohem lepší a snazší řízení veškerých zařízení ve vozidlech než řešení mechanická. Dokáží zpracovat mnohem více vstupních informací signálů a tyto signály účinně a rychle zpracovat a tím i rychle regulovat činnost zařízení. Parametry nastavené v elektronických prvcích jsou stálé, nedochází k mechanickému opotřebení, a jsou tím i méně náročné na údržbu.

Elektronické prvky, obvody jsou ovšem velmi složité, schémata takových obvodů jsou velmi rozsáhlá. U většiny použitých elektronických prvků není obecně známé vnitřní zapojení.

Elektronické systémy v motorových vozidlech se skládají z řídicí jednotky, která vyhodnocuje vstupní informace od čidel, snímačů a akčních členů, které jednotka řídí (elektrické pohony, topná tělesa).

Čidla jsou nejjednodušší provedení snímačů, jejichž signály nejsou nijak upravovány. Nedochází k zesilování či měnění na jiný druh signálu. Většinou se ovšem měří neelektrické veličiny, které se převádějí na elektrický signál. Signály ze snímačů mohou být analogové nebo digitální. Kontrolované veličiny se snímají průběžně a nebo reagují na mezní stav. K průběžně snímaným veličinám patří např. množství paliva, teplota motoru, chladicí kapaliny. Mezní stavy které se vyhodnocují jsou např. nedostatek brzdící kapaliny či zapnutí bezpečnostních pásů. Snímače se dělí na aktivní a pasivní. Aktivní snímače jsou při sledování veličin zdroji elektrické energie. Podle hodnoty produkovaného napětí či proudu se vyhodnocuje stav systému. Do této skupiny se řadí snímače indukční, termočlánky. Pasivní snímače ke své činnosti, oproti předcházejícím, zdroj energie potřebují. Vyhodnocuje se např. hodnota odporu, kapacity a podobně.



Obrázek 5.17 Elektromagnetický indukční snímač [8]

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| (1) – permanentní magnet | (4) – pólový nástavec |
| (2) – držák snímače | (5) – cívka |
| (3) – skříň | (6) – ozubení |

Vlastní řídicí jednotka je většinou tvořena několika částmi. První je vstupní část, zajišťuje příjem a úpravu signálů od snímačů. Vevnitř této části je analogově digitální převodník. Tyto převodníky zajišťují digitalizaci vstupních signálů, mikroprocesor pracuje pouze s digitálním signálem. Druhá je vyhodnocovací část. V této části je uložen program a soubory dat, křivky podle kterých řídicí jednotka vyhodnocuje stav zařízení a dává regulační pokyny. Logické operace jsou prováděny za pomoci TTL logiky. Pracuje se stabilizovaným napětím +5V. Řídicí povely jednotky jsou posílány k akčním členům pomocí výstupních obvodů. Jednotka řídící signály upravuje podle toho, na jaké povely akční členy reagují. Pokud zařízení pracuje s vyššími příkony, signál se upravuje v tzv. výkonovém členu.

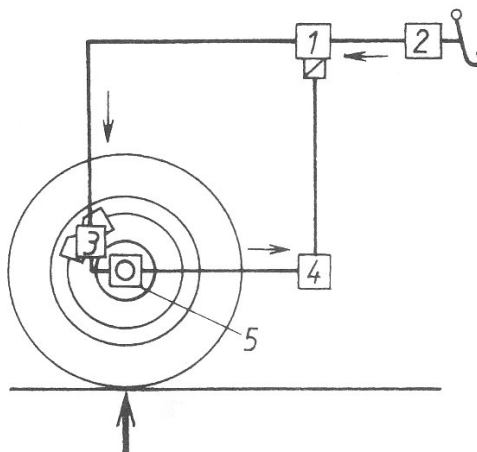
Rozsah elektronických zařízení starající se o komfort, bezpečnost a provoz vozidla je velmi rozsáhlý. Není možno je tedy v této práci všechny zmínit. Jako příkladu je uvedeno jednoho aktivního bezpečnostního systému, systému ABS (protiblokovací systém brzd)

5.4.1 Protiblokovací systém brzd ABS (antiblock system)

Styková plocha kola s vozovkou osobního automobilu je velká zhruba jako lidská dlaň. Tato plocha musí zajistit přenos všech hnacích, bočních vodících sil a sil brzdných. Kolo se při bezpečném provozu musí odvalovat, neprokluzovat. Bezpečný přenos brzdných sil ve vozidle zajišťuje právě systém ABS.

Při provozu sleduje řídicí jednotka pomocí snímače otáček průběh otáčení kola. Pokud dojde ke skokové změně otáček, k poklesu, jednotka omezuje brzdnou sílu, která tuto změnu vyvolala.

Snímače otáček jsou většinou indukční. Princip tohoto snímače je pro názornost uveden v následující podkapitole. Příklad otáčkového indukčního snímače je uveden na *Obrázek 5.17*. Otáčením ozubeného kola se mění velikost vzduchové mezery. Frekvence napětí je zde úměrná počtu zubů a otáčkám. Snímače jsou buďto umístěny ke každému kolu nebo na rozvodovce nápravy.

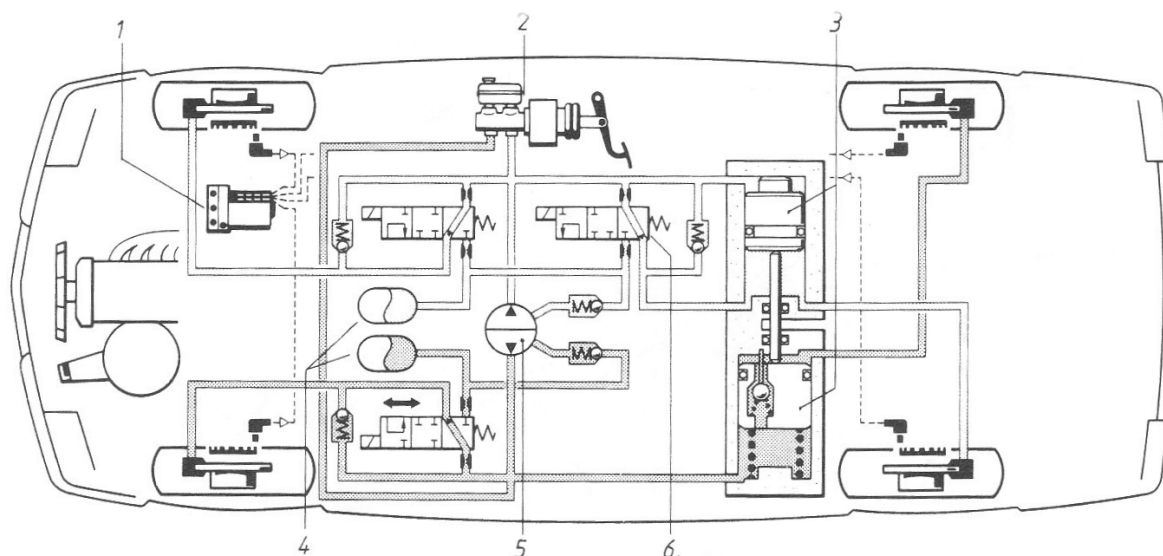


Obrázek 5.18 Regulační obvod kola [8]

Schéma regulačního obvodu pro jedno kolo viz. *Obrázek 5.18*. Při náhlé změně frekvence napětí ze snímače otáček (5), se tato informace dostává do řídicí jednotky (4). Ta dá příkaz regulačnímu elektromagnetickému vícecestnému ventilu (1) k odbrzdění kola. Po odbrzdění se signál opět ze snímače změní a dochází k opětovnému zabrzdění. Tento cyklus se při prudkém brzdění neustále opakuje. Za sekundu může dojít až k několika desítkám těchto cyklů.

Příklad reálného zapojení je uveden na *Obrázek 5.19*. Jedná se o systém Bosh ABS 2E. Při nutnosti snížení brzdné síly působící na kolo, snížení tlaku v brzdném okruhu, je odpouštěná brzdová kapalina do akumulátoru brzdové kapaliny. Pro opětovné obnovení brzdné síly se kapalina musí rychle dostat zpět do okruhu. To se děje právě pomocí tohoto akumulátoru a vysokotlakého čerpadla. K zajištění této funkce se akumulátory plní stlačeným plynem.

Starší systémy ABS byly poskládány ze samostatných částí. Nyní jsou tyto části, brzdový válec, posilovač, akumulátor, regulační ventil, řídicí jednotka, jedním celkem, integrovaný systémem



Obrázek 5.19 Systém ABS, Bosh ABS 2E [8]

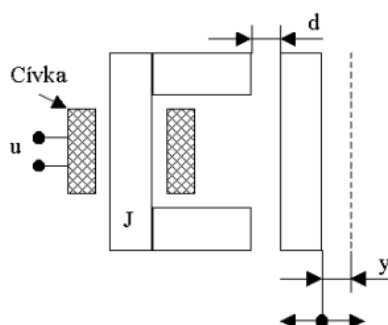
- (1) – hydraulická jednotka z řídicí elektronikou
- (2) – hlavní válec brzdy s posilovačem brzdné síly
- (3) – regulátor s volnými písty
- (4) – tlakový akumulátor
- (5) – čerpadlo vratného okruhu
- (6) – regulační ventil

5.4.1.1 Indukční snímač

Indukční snímače se v motorových vozidlech používají ke sledování úhlové rychlosti, otáček a polohy. Měřená neelektrická veličina působí u tohoto typu snímačů na rychlost změny magnetického toku, čímž se dosahuje změny indukovaného napětí dle

$$u = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (5.48)$$

Magnetický tok se mění změnou impedance magnetického obvodu. Princip snímače je uveden na Obrázek 5.20



Obrázek 5.20 Princip indukčního snímače [32]

Magnetický tok Φ je roven poměru magnetického napětí U_m a odporu vzduchové mezery R_m

$$\Phi = \frac{U_m}{R_m} \quad (5.49)$$

Velikost magnetického odporu je dána vztahem

$$R_m = \frac{d}{\mu_0 \cdot S} \left(1 + \frac{y}{d} \right) \quad (5.50)$$

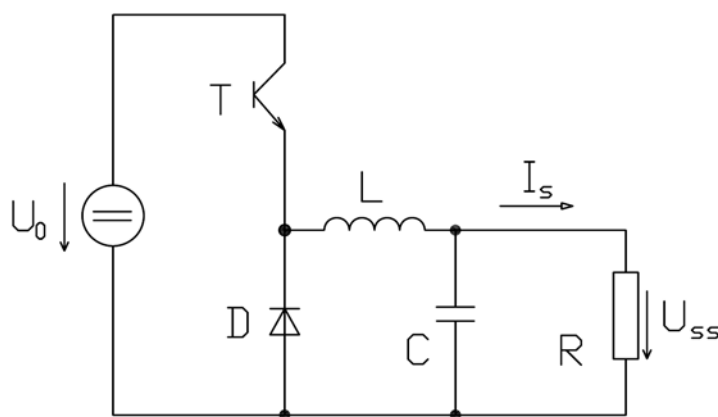
kde S je plocha vzduchové mezery, μ_0 je permeabilita vakua, d je vzdálenost pohyblivé části a y je velikost výchylky pohyblivé části

5.4.2 Zařízení pro zvýšení bezpečnosti, komfortu obsluhy a pro kontrolu činnosti jednotlivých částí vozidla v síti 36V

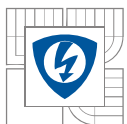
Akční členy v automobilech pracují s napětími od třech až do několika desítek voltů. Zvýšení napětí u zařízení pracujících s napětím vyšším, než je hodnota jmenovitého napětí sítě, je provedeno zvyšujícími měniči. Veškeré akční členy pohonů at' už oken, stěračů atd. budou uzpůsobeny na vyšší napětí. Pokud by, toto bylo nerealizovatelné byl by zařazen před tento člen snižující DC/DC měnič. Stručný postup při návrhu tohoto měniče je uveden v následující podkapitole 5.7. Akční členy, jako např. u zmíněného systému ABS vysokotlaká čerpadla, budou uzpůsobena taktéž. U akčních členů využívajících vyšších napětí budou změněny jejich zvyšující měniče. Žádné větší zlepšení parametrů se u těchto členů zvýšením napětí očekávat nedá ovšem v celkovém pojetí sítě to mít zlepšující dopad na efektivní využívání energie může. Snímače většinou pracují s napětím do pěti volt, jsou připojeny na řídicí jednotku. Elektronické prvky a řídicí systémy měniče na nižší napětí (5; 6V) již mají, pouze by se uzpůsobily na vstupní napětí 36V.

5.4.2.1 Postup při návrhu stejnosměrného snižujícího DC/DC měniče-výkonové části

Zapojení snižujícího jednkvadrantového DC/DC měniče viz. *Obrázek 5.21*. Je zde zobrazen se zapojením LC filtru se zátěží R . Na výstupu měniče je impulsní napětí o střední hodnotě U_{ss} .



Obrázek 5.21 Snižující DC/DC měnič



Z měniče teče zvlněný proud o střední hodnotě I_s . Při návrhu se vychází s požadovaného výkonu P_n a napětí U_{ss} . Z tohoto napětí a výkonu si spočteme proud I_s

$$I_s = \frac{P_n}{U_{ss}} \quad [\text{A; W, V}] \quad (5.51)$$

Tento proud spolu s napětím napájecím U_0 jsou základními požadavky na tranzistor a diodu. Napětí napájecí je důležité pro určení maximálního závěrného napětí tranzistoru a diody. Napětí závěrné se volí přibližně jako dvojnásobek napětí napájecího, v tomto případě dvojnásobek 36V. Dle požadavků napájeného zařízení se určí maximální zvlnění proudu ΔI_s a napětí ΔU_{ss} . Pokud bude nutné průběh proudu do zátěže co nejvíce vyhladit přiřadí se k měniči LC filtr. Velikost těchto prvků se spočte dle [3]. Velikost kapacity kondenzátoru

$$C = \frac{\Delta I_s}{8 \cdot f \cdot \Delta U_{ss}} \quad [\text{F; A, Hz, V}] \quad (5.52)$$

A velikost indukčnosti cívky

$$L = \frac{U_0}{2 \cdot f \cdot \Delta I_s} \cdot (1 - s) \cdot s \quad [\text{H; V, Hz, A, -}] \quad (5.53)$$

Kde f je pracovní frekvence měniče a s střída

$$s = \frac{U_{ss}}{U_0} \quad [-; \text{V, V}] \quad (5.54)$$

Velikost tlumivky a kondenzátoru se musí volit tak aby frekvence měniče byla o dost vyšší než rezonanční kmitočet LC prvku. Tato vlastnost se kontroluje pomocí Thompsonova vztahu

$$C \gg \frac{1}{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot L} \quad [\text{F; Hz, H}] \quad (5.55)$$

U elektrických zařízení v automobilech je snahou dosáhnout co nejlepších účinností. Pro náročnější prvky na výkon by bylo vhodné užít stejnosměrného synchronního snižujícího měniče. U těchto měničů se ve spodní větvi měniče místo diody používá tranzistor.

6 HYBRIDNÍ AUTOMOBILY

Při snaze o co nejmenší spotřebu a emise CO_2 výrobci hledají různé alternativy ke klasickým spalovacím motorům. Nejvíce rozšířené a sériově vyráběné automobily s alternativním pohonem jsou vozy hybridní. Tyto vozy využívají kombinace elektrického pohonu a spalovacího motoru. První hybridní automobil byl patentovaný už v roce 1905. Kvůli tehdejšímu málo výkonným spalovacím motorům byl vůz opatřen pro počáteční zrychlení elektrickým motorem. Po zdokonalení spalovacích motorů došlo k úpadku těchto vozů. Zájem o tyto vozy se znovu zvedl při ropné krizi v sedmdesátých letech minulého století. Účinnost spalovacího motoru v nejlepších podmínkách dosahuje třiceti procent. V městském provozu maximálně deseti procent.

Účinnost elektromotorů je více jak devadesáti procentní. Elektromotory pracují bezhlučně, nepotřebují chlazení, nespotřebují žádnou energii, pokud vozidlo stojí. Při brzdění vozidel s elektromotory je možné získávat energii zpět do systému rekuperací. Spalovací motor má oproti elektromotoru ovšem jednu zásadní výhodu a to vysokou energetickou hodnotu paliva v jednoduché nádrži. Oproti tomu akumulátory jsou drahé a mají omezenou životnost. Celková účinnost vozu vybaveného pouze elektromotorem je zhruba okolo třiceti procent, je nutné totiž započítat účinnost výroby a distribuce elektrické energie z elektráren až k akumulátorům vozu. Vhodnou kombinací obou prvků se dosáhne nízké spotřeby paliva a emisí CO₂. Hybridní vozy se spalovacím motorem a elektromotorem lze dělit podle uspořádání těchto pohonných jednotek do dvou skupin. Jsou to hybridní vozidla se sériovým a paralelním uspořádáním motorů.



Obrázek 6.1 Hybridní vůz Toyota Prius [34]

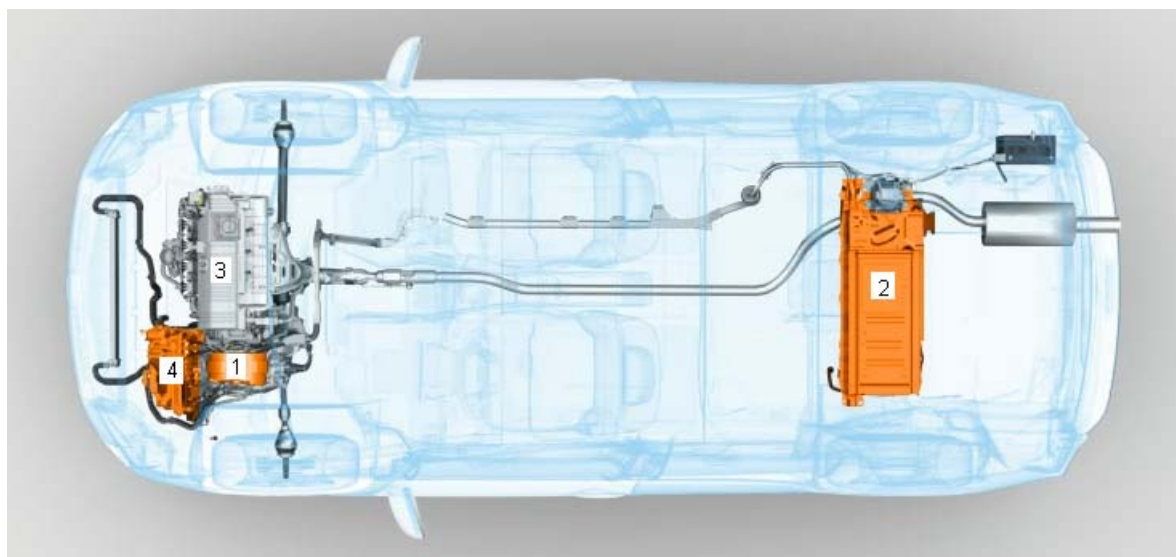
U sériového uspořádání spalovací motor funguje výhradně pouze jako zdroj elektrické energie. Pracuje v optimálním nastavení pracovního rozsahu, ve velmi úzkém rozsahu otáček. Pokud baterie nemají dostatek energie k pokrytí požadovaného odběru dojde k nastartování motoru. Účinnost tohoto uspořádání je okolo pětadesáti procent

U paralelního uspořádání se na pohonu vozidla mohou podílet obě hnací jednotky. Převodovka je pro obě jednotky společná. Otáčky elektromotoru se mění v závislosti na spalovacím motoru pouze pro zlepšení účinnosti a snížení emisí. Maximální otáčky elektromotoru jsou stejné jako otáčky spalovacího motoru. Paralelní uspořádání může být ještě rozděleno na jednohřídelové a dvouhřídelové. U prvního typu je elektroměr a spalovací motor propojen přímo poháněnou hřídelí a u druhého je výkon z elektromotoru přenášen např. pomocí řetězů, ozubených kol. Současným připojením obou zdrojů je možné zvýšit tahovou sílu.

V dnešní době se používá kombinace obou uspořádání a vyrábějí se hybridní vozy se sérioparalelním uspořádáním. Příkladem může být vůz Toyota Prius *Obrázek 6.1*.

Poháněcí soustava Toyoty Prius III je kapalinou chlazený řadový čtyřválec o objemu 1,8l o výkonu 73kW tento motor je společně s elektromotorem a generátorem elektrické energie uložený vpředu napříč. Trakční střídavý synchronní elektromotor Toyota s permanentními

magnety má výkon 60kW a točivý moment 207Nm. Elektromotor při brzdění dobíjí akumulátory. Akumulátory Ni-MH mají 168 článků po 1,2 V (celkem 201,6V), jsou uloženy pod zadními sedadly pod podlahou. Uložení jednotlivých částí je vidět na *Obrázek 6.2*



Obrázek 6.2 Hybridní vůz Toyota Prius, uspořádání hybridního systému[34]

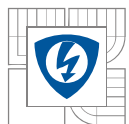
(1) – elektromotor
(2) – akumulátor

(3) – spalovací motor
(4) – řídicí jednotka

7 ZÁVĚR

Automobily se začaly vyrábět na přelomu devatenáctého a dvacátého století. Elektrické zařízení motorových vozidel prošlo dlouhým vývojem současně se spalovacím motorem a rozvojem elektrotechniky. Dlouhou dobu se automobily vyrábějí s elektrickou sítí využívající dvanáct voltů. Začátkem tohoto století vznikl názor, že bude potřeba učinit nějakou výraznější změnu a to zvýšení napětí v palubní síti. Zdroje elektrické energie ve stávající koncepci sítě přestávají stačit.

Cílem této práce bylo navrhnout velikost napětí uspořádání sítě a navrhnout zdroj elektrické energie zvýšeného napětí. Při výběru výše napětí byly brány v potaz tři hlavní parametry. Mezi první patří velikost bezpečného stejnosměrného napětí stanovená normou z důvodu zachování jednovodičového rozvodu. Bylo tedy vybíráno ze stejnosměrných napětí do 50V. Druhým parametrem byla hodnota stávajících jmenovitých napětí akumulátorů. Tento parametr byl přijat, kvůli možnosti využít současných akumulátorů. Přihlíženo taktéž bylo k hodnotám napětí alternativních článků. Toto rozhodnutí znamenalo výběr z násobků napětí 12V a posledním faktorem byla velikost napětí alternátoru potřebná ke správnému dobíjení baterií. Dle těchto kritérií byla vybrána síť s alternátorem na 42V a jmenovitým napětím akumulátoru 36V. Z možných koncepcí sítě se zvýšeným napětím byla vybrána síť s jedním zdrojem energie a jedním akumulátorem s DC/DC měniči u těch zařízení, které nejsou schopné pracovat s vyšším napětím. Hlavní výhodou tohoto řešení je jednoduchost řešení. Elektronické prvky pracují už nyní s nižším napětím. U těchto prvků by byla tedy změna jednoduchá, spočívající v úpravě



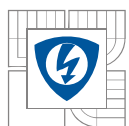
napájecích členů. Pro ostatní zařízení, které s tímto napětím nemůžou pracovat, není problém navrhnout a vyrobit měniče malého výkonu.

Výpočet alternátoru na 42V je uveden v přílohách této práce, shrnutí vypočtených rozměrů a vlastností viz. *Tabulka 5.1*

Firmy BMW, Mercedes-Benz, PSA, Renault a Fiat doufaly, že první automobily pracující s tímto napětím uvedou do provozu kolem roku 2003. Palubní napětí zůstává stále na dvanácti voltech kvůli ekonomickým nevýhodám této změny. Pokud by došlo k této změně a síť by odpovídala navrhované koncepci v kapitole 5, musely by být veškeré technologie změněny. Ať už jen některé maličkosti, jako u řídicí elektroniky napájecí člen, a nebo vyměněny za úplně nový prvek jako alternátor. Změny ve výrobě by byly obrovské a to přímo u automobilek i u jejich dodavatelů. Každá taková pokroková změna je vždy zaplacená s největší částí u prvních kusů a cena výrobků by v současné době, v obrovském konkurenčním boji, nebyla zákazníky akceptována. Výrobci se rozhodli eliminovat ztráty a přicházet raději s úspornějšími návrhy. V současné době elektrická síť pracuje asi se třemi kilowatty. Pokud poroste trend zvyšování spotřeby elektrické energie, v letech devadesátých to bylo kolem šesti set wattů, bude zvýšení napětí nevyhnutelné.

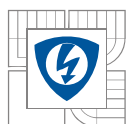
V současné době se ovšem rozvíjí trh s hybridními automobily. U těchto vozů se užívá větších potenciálů. Tyto automobily pracují až z šesti sty volty. Napětí palubní sítě zůstává stále na dvanácti voltech a vyšší napětí využívají pouze akční členy hybridního pohonu. Pokud účinnosti elektrických pohonů se zvětšeným napětím budou dostatečné, mohly by být akční členy elektrické části upraveny na tuto hodnotu. Při stále se zvyšujících nárocích na emisní limity bude stále více využíváno těchto vozů. Pokud nebudou účinnosti dostatečné a automobilky přejdou výhradně k výrobě hybridních vozů, bude zvýšení napětí v palubních sítích nerealizováno. Spotřebiče s vyššími odběry bude jednodušší napájet z hlavních akumulátorů, za použití dvouvodičového rozvodu, než předělání celé technologie výroby.

Kvůli uvedeným výhodám by bylo vhodné provést návrh dalších zařízení a to zejména akčních členů veškerých pohonů. Po provedení návrhu zhodnotit váhové přírůstky u baterie vůči váhovým úbytkům u akčních členů, generátorů. rovněž by bylo vhodné ve spolupráci s některou automobilovou společností vyhledat ostatní zařízení, která by mohla mít prospěch z vyššího napětí. Veškeré výhody i nevýhody zhodnotit z hlediska ekonomického i ekologického.

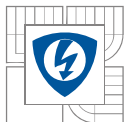


LITERATURA

- [1] CIGÁNEK, Ladislav. *Stavba elektrických strojů*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1958. 714 s.
- [2] VŮJTA, Tomáš. *Dialogový program pro výpočet automobilového alternátoru*. Brno, 1988. 169 s. Vysoké učení technické v brně. Vedoucí diplomové práce Ing.Vítězslav Hájek.
- [3] PATOČKA, Miroslav. *Vybrané stati z výkonové elektroniky*. Sv. 2. Brno : [s.n.], 2005. 109 s.
- [4] HÁJEK, Vítězslav. *Analytický výpočet automobilového alternátoru*. 14s.
- [5] *Elektrické stroje, elektronické skriptum* , [online]. Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky[cit. 2009-22-03]. Dostupný z WWW:
<<http://http://www.uvee.feec.vutbr.cz/Predmety/BESB/BESB.html>>.
- [6] JAN, Zdeněk, KUBÁT, Jindřich, ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Elektrotechnika motorových vozidel 1*. vyd. Brno : Avid, 2001. 199 s.
- [7] JAN, Zdeněk, KUBÁT, Jindřich, ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Elektrotechnika motorových vozidel 2*. vyd. Brno : Avid, 2003. 155 s.
- [8] ŠŤASTNÝ, Jiří, REMEK, Branko. *Autoelektrika a autoelektronika*. 6. vyd. Praha : T.Malina-nakladatelství, 2003. 316 s. ISBN 80-86293-02-5.
- [9] CHOLEVÍK , Jaroslav. *Schémat elektrických zapojení osobních automobilů* . Praha : NADAS, 1968. 200 s.
- [10] KUČERA, Václav. *Elektrotechnika v motorových vozidlech pro 2. a 3. ročník odborných učilišť a učňovských škol*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1976. 256 s.
- [11] KAMEŠ, Josef. *Alternativní pohon automobilů* . 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2004. 231 s. ISBN 80-7300-127-6 .
- [12] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel* . 1. vyd. Brno : František Vlk, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [13] MORRISON, David. A Power Shortage Is Driving Automotive Applications To 42 V . *Electronic design* [online]. 2000 [cit. 2000-08-07].
- [14] BADIDA, Miroslav, et al. *Environmentalistika : Alternatívne pohony automobilov*. 1. vyd. Košice : TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2007. 107 s. ISBN 978-80-8073-937-9.
- [15] POKORNÝ, Pavel. *Studie sítě automobilu na vyšší napětí*. Brno, 2002. 26 s. Vedoucí semestrální práce Doc.Ing.Vítězslav Hájek ,Csc.
- [16] HÁJEK, Vítězslav. *Elektrické stroje pro motorová vozidla - trendy vývoje*. [s.l.], 1998. Oborová práce.
- [17] PAVLŮSEK, Alois, PAVLŮSEK, Ondřej. *Laurin & Klement, Škoda* . 1. vyd. Praha : Computer Press, 2004. 244 s. ISBN 80-251-0206-8.



- [18] GREG, Jaroslav. *Tudor, aneb, Poslední z rodu Populárů : 1940-1952* . 1. vyd. Hradec Králové : Jaroslav Greg, 2006. 157 s. ISBN 80-239-6857-2.
- [19] PROCHÁZKA, Hubert. *Klasické automobily Škoda : příručka pro renovace vozidel (r. v. 1934-1964)* . 1. vyd. Brno : Computer Press, 2007. 198 s. ISBN 978-80-251-1663-0.
- [23] BADIDA, Miroslav, et al. *Environmentalistika : Alternatívne pohony automobilov*. 1. vyd. Košice : TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2007. 107 s. ISBN 978-80-8073-937-9.
- [24] HAMPL, Jasoň, KLEINHAMPL, Zdeněk Václav. *Základy elektrotechniky : elektrická zariadenia automobilov* . 1. vyd. Praha : NADAS, 1978. 211 s., 5.
- [25] KUBÍN, Pavel. *Elektrická zařízení osobních automobilů*. 2. upr. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1985. 348 s.
- [26] ANDRT, Jaroslav. *Údržba a opravy automobilů Škoda 105, 120, 125, 130, 135, 136, Garde, Rapid* . 5. vyd. Praha : T.Malina-nakladatelství, 1998. 510 s. ISBN 80-901975-8-2.
- [27] CEDRYCH, Mario René, SCHWARZ, Jiří. *Automobily Škoda Fabia* . 2. rozš. vyd. Praha : Grada, 2002. 296 s. ISBN 80-247-0307-6 .
- [28] CEDRYCH, Mario René, NACHTMANN, Lukáš. *Škoda - auta známá i neznámá* . 1. vyd. Praha : Grada, 2003. 250 s. ISBN 80-247-9052-1.
- [29] JALOWIECKI, Jerzy. *Škoda Favorit, Forman, Pick-up : údržba, seřizování a opravy* . 1. vyd. Brno : Computer Press, 2003. 286 s. ISBN 80-7226-792-2.
- [30] KRULIŠ, Luboš. LED – nová generace v osvětlování . *Světlo* [online]. 2006, č. 04 [cit. 2009-04-05]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35924>.
- [31] KUBĚNA, Vladimír. Analýza a porovnání reakčních časů signálních světel automobilů s luminiscenčními diodami LED a žárovkami . *Světlo* [online]. 2002, č. 1 [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22908>.
- [32] HUBÁLEK , Jaromír, ADÁMEK, Martin. *Mikrosenzory a mikroeletromechanické systémy*. Brno : [s.n.], [200-]. 105 s.
- [32] *Výpis kódu počítačového programu ELMAG v jazyce FORTRAN* Brno 1987
- [33] *Technická dokumentace*, archiv společnosti fy. ŠKODA auto a.s
- [34] *The 3rd generation Toyota Prius Hybrid* [online]. c 2008-2009 [cit 2009-05-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.toyota.com/prius-hybrid/>>.



PŘÍLOHY

- 1. Elektrická schémata motorových vozidel**
- 2. Výpočet alternátoru 42V, 1500W**