

## **Model regulovatelné palubní sítě vozidla**

Model of the vehicle's adjustable on-board power supply

**Radek Janošťák**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mrověc, Ph.D.

Ostrava, Rok 2021

## Zadání bakalářské práce

1. Provedte teoretickou rešerši topologií palubních sítí vozidel a principů využití nových prvků energy managementu se zaměřením na osobní automobily.
2. Analyzujte vlastnosti vzorové palubní sítě na laboratorním vozidle katedry.
3. S využitím inteligentního bateriového senzoru, regulovatelného alternátoru a elektronické zátěže, navrhnete funkční laboratorní model palubní sítě vozidla pro využití v laboratorní výuce.
4. Navržený model sestavte, přičemž zohledněte možnosti použití modelu ve výuce.
5. Provedte oživení modelované palubní sítě a provedte vzorové měření dokazující funkčnost daného řešení.
6. Na základě získaných výsledků a dle pokynů vedoucího práce sestavte vzorovou laboratorní úlohu.

Potvrzuji tímto, odevzdání své digitální kvalifikační práce. Prohlašuji, že jsem tuto kvalifikační práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá teoretickým rozbořem palubní sítě vozidel a nových prvků energy managementu se zaměřením na osobní automobily. Práce je také zaměřena na analýzu skutečného systému laboratorního vozidla katedry. V dalších bodech na konstrukci laboratorního modelu, který demonstruje fungování komunikační sběrnice LIN se senzory. Nakonec testovací měření, návrhu laboratorního měření pro další studenty a zhodnocení výsledků.

## Klíčová slova

Palubní síť, energetický management, CANoe, sběrnice LIN, IBS, alternátor

## Abstract

This bachelor thesis deals with a theoretical analysis of on-board vehicle networks and new elements of energy management with a focus on passenger cars. The work is focused on the analysis of the real system of the laboratory vehicle of the department. In the following points focus is on the construction of a laboratory model that demonstrates the operation of the LIN communication bus with sensors. Finally, test measurements, design of laboratory measurements for other students and evaluation of results.

## Key words

On-board power supply, energy management, CANoe, LIN protocol, IBS, alternator

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Mrověcovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultace při vytváření této bakalářské práce.

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	8
Seznam ilustrací .....	9
Seznam tabulek .....	10
1. Úvod .....	11
2. Palubní systém automobilů .....	12
2. 1 Akumulátor .....	12
2. 2 Alternátor .....	13
2. 3 Regulátor napětí alternátoru .....	15
2. 3. 1 Elektromagnetické regulátory .....	15
2. 3. 2 Polovodičové regulátory .....	16
3. Energetický management osobních automobilů .....	18
3. 1 LIN komunikace .....	19
3. 2 Inteligentní bateriový senzor (IBS) .....	20
3. 3 Regulátor alternátoru s rozhraním LIN .....	21
4. Analýza palubní sítě laboratorního vozidla .....	22
4. 1 Měření sériovou diagnostikou OBDII .....	22
4. 2 Analýza LIN komunikace .....	23
5. Laboratorní model palubní sítě .....	25
5. 1 Návrh modelu .....	25
5. 2 Konstrukce .....	26
5. 3 Schéma zapojení modelu .....	27
5. 4 Parametry použitých komponentů .....	28
5. 4. 1 Senzor IBS .....	28
5. 4. 2 Alternátor .....	28
5. 4. 3 Akumulátor .....	28
5. 4. 4 Elektromotor .....	28
5. 4. 5 Napěťový měnič .....	29
5. 5 Oživení a ověření funkčnosti laboratorního modelu .....	29
6. Návrh laboratorní úlohy .....	31
6. 1 Zadání .....	31
6. 2 Teoretický rozbor .....	32
6. 3 Naměřené hodnoty .....	33
6. 4 Zhodnocení a závěr .....	34
7. Závěr .....	35
8. Seznam použité literatury .....	36
9. Seznam příloh .....	37

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
IBS	inteligentní bateriový senzor
SOC	State Of Charge
SOH	State Of Health
SOF	State Of Function
LIN	Local Interconnect Network
Ah	ampérhodina
mA	miliampér
A	ampér
EN	technická norma
DIN	technická norma
GND	uzemnění/záporný pól
UCC	napětí v uzavřené smyčce



## Seznam ilustrací

Obrázek 1 Konstrukce akumulátoru [1] .....	12
Obrázek 2 Zatěžovací charakteristika akumulátoru [3].....	13
Obrázek 3 Konstrukce alternátoru [4].....	14
Obrázek 4 Alternátor s pomocným usměrňovačem [4] .....	14
Obrázek 5 Jednostupňový regulátor [5] .....	15
Obrázek 6 Dvoustupňový regulátor [5] .....	16
Obrázek 7 Polovodičový regulátor typu EE [5] .....	16
Obrázek 8 Hybridní regulátor typu EL [5].....	17
Obrázek 9 Monolitický regulátor [5] .....	17
Obrázek 10 Průběh dobíjení akumulátoru [7].....	18
Obrázek 11 Schéma energetického managementu [10] .....	18
Obrázek 12 Rozhodovací úrovně [8] .....	19
Obrázek 13 Příklad komunikace [8].....	19
Obrázek 14 Rámec zprávy [8] .....	20
Obrázek 15 Senzor IBS Firmy HELLA [10] .....	20
Obrázek 16 Blokové schéma IBS senzoru firmy HELLA [10] .....	21
Obrázek 17 Zjednodušené schéma regulátoru AR6000 [12].....	21
Obrázek 18 OBDII diagnostika a sériový převodník .....	22
Obrázek 19 Vyčtené informace IBS senzoru.....	22
Obrázek 20 Vyčtené informace alternátoru.....	23
Obrázek 21 Komunikace LIN s odpojeným IBS senzorem .....	23
Obrázek 22 Porovnání hodnot .....	24
Obrázek 23 Blokové schéma modelu .....	25
Obrázek 24 Uspořádání komponentů .....	26
Obrázek 25 Konstrukční profil [14].....	26
Obrázek 26 Konečná podoba konstrukce v programu CATIA .....	27
Obrázek 27 Schéma zapojení modelu .....	28
Obrázek 28 Tabulka z datasheetu měniče [15] .....	29
Obrázek 29 Hodnoty získané z IBS senzoru v klidovém stavu.....	29
Obrázek 30 Kontrolní měření v klidovém stavu .....	29
Obrázek 31 Stav nabití a zdraví akumulátoru z IBS senzoru .....	30
Obrázek 32 Hodnoty získané z IBS senzoru s nabuzeným alternátorem .....	30
Obrázek 33 Kontrolní měření s nabuzeným alternátorem.....	30
Obrázek 34 LIN datový rámec [16] .....	32
Obrázek 35 Schéma prvního měření .....	32
Obrázek 36 Schéma druhého měření.....	33

## Seznam tabulek

Tabulka 1 ID zpráv na LIN sběrnici.....	23
Tabulka 2 Rámec zprávy ID = 0x2F .....	24
Tabulka 3 Rámec zprávy ID = 0x30 .....	24
Tabulka 4 Vzorový rámec zprávy alternátoru [11] .....	24
Tabulka 5 Rozměry komponentů .....	26
Tabulka 6 Parametry senzoru IBS.....	28
Tabulka 7 Parametry akumulátoru.....	28
Tabulka 8 Parametry elektromotoru.....	28
Tabulka 9 Rámec zprávy ID = 0x22 .....	31
Tabulka 10 Rámec zprávy ID = 0x25 .....	31
Tabulka 11 Tabulka naměřených hodnot referenčními multimetry .....	33
Tabulka 12 Převode hodnoty zprávy 0x22 do decimální soustavy .....	33
Tabulka 13 Převedené hodnoty zprávy 0x25 do decimální soustavy.....	33
Tabulka 14 Tabulka naměřených hodnot referenčními multimetry .....	33
Tabulka 15 Převode hodnoty zprávy 0x22 do decimální soustavy .....	34
Tabulka 16 Převedené hodnoty zprávy 0x25 do decimální soustavy.....	34

# 1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá palubním systémem a novými prvky energy managementu v osobních automobilech. Hlavním cílem této práce je vytvořit laboratorní model pro simulaci dobíjecího systému automobilů se senzorem IBS a navrhnout měřící úlohu pro další studenty. Laboratorní model bude sloužit pro sledování LIN komunikace, IBS senzoru a alternátoru.

Bakalářskou práci jsem rozdělil na následující části:

- První část se zabývá teoretickou rešerší základních komponentů tvořících palubní systém automobilů.
- Druhá část je zaměřená na teoretický rozbor a analýzu systému energetického managementu na laboratorním vozidle katedry.
- Třetí část je věnována samotné konstrukci laboratorního modelu a elektrického zapojení jednotlivých komponent.
- Poslední část zahrnuje měření na laboratorním modelu a návrh měřící úlohy.

## 2. Palubní systém automobilů

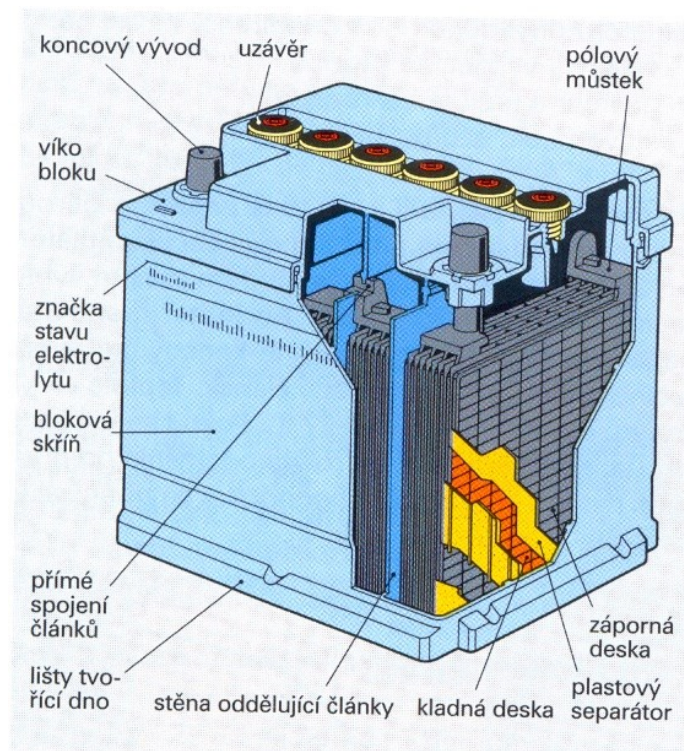
Palubní napájecí síť vozidel zajišťuje napájení všech elektronických systémů vozidla. Tato soustava je tvořena těmito základními komponenty:

- akumulátor
- alternátor
- regulátor napětí alternátoru

### 2. 1 Akumulátor

Akumulátor slouží v automobilech jako jediný zdroj elektrické energie, když neběží motor. Je potřebný pro uvedení motoru do chodu napájením spouštěče(startéru). Spouštěče(startéry) musí být napájeny z dostatečně silného zdroje, jelikož při uvedení do chodu může jejich nárazový proud dosáhnout až 1000 A. Akumulátor je také nezbytný pro nabuzení alternátoru po nastartování motoru.

Akumulátor je chemický zdroj elektrické energie. Základ tvoří deskové elektrody ponořené v elektrolytu. V současnosti se převážně využívají olověné akumulátory s kyselým elektrolytem. Olovo je schopné dodat velké proudy bez poškození. Jako elektrolyt se obvykle využívá kyselina sírová. Mezi elektrody je vložen separátor, který je tvořen z elektricky nevodivého materiálu. Nádoba akumulátoru je plastová.



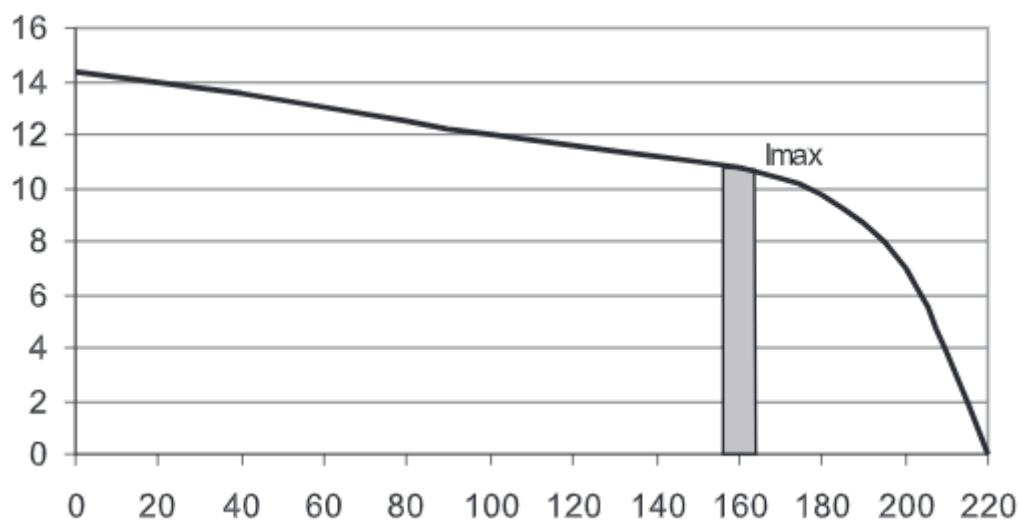
Obrázek 1 Konstrukce akumulátoru [1]

Vlastnosti akumulátoru udávají následující parametry:

**Kapacita** – vyjadřuje množství uchované energie, udává se v jednotce ampérhodin (např. 50Ah, 70Ah, 100Ah). Kapacita akumulátoru se mění v závislosti na teplotě, stáří a velikosti vybíjecího proudu.

**Napětí** – akumulátor je sestaven z článků, napětí akumulátoru je dáno počtem článků v sérii. Jednotlivé články mají jmenovité napětí 2,1 V. Akumulátory v osobních automobilech jsou složeny z 6 článků, tím je dosaženo napětí 12,6 V.

**Záběrový (startovací) proud** – startovací proud závisí na konstrukci akumulátoru (povrch elektrod, elektrolyt) je udáván v jednotce ampér. Tento údaj se na akumulátoru vyskytuje podle normy EN nebo DIN. Norma EN určuje proud, který je schopen akumulátor dodat po dobu 10 sekund při teplotě -18 °C s poklesem napětí maximálně na 7,5 V. Norma DIN určuje proud, který je schopen akumulátor dodat po dobu 30 sekund při teplotě -18 °C s poklesem napětí maximálně na 9 V. [1], [2]



Obrázek 2 Zatěžovací charakteristika akumulátoru [3]

## 2. 2 Alternátor

Alternátor představuje generátor elektrického proudu, který je závislý na spalovacím motoru. Jedná se o točivý zdroj, který mění mechanickou energii, pracující na principu magnetické indukce. V automobilech se nejčastěji využívají třífázové alternátory. Rotující magnetické pole rotoru indukuje v cívkách pracovního vinutí na statoru, které jsou umístěny po 120°, třífázové proudy fázově posunuté o 120°. Rotor je buzen stejnosměrným proudem a chová se jako stálý magnet vytvářející magnetické pole s měnící se polaritou.

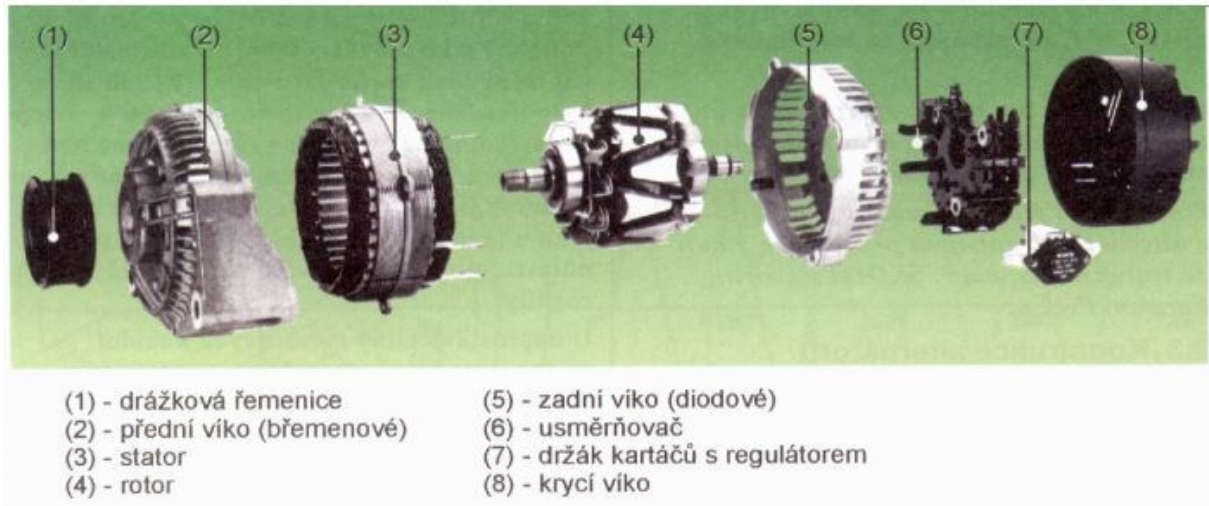
Alternátory je možné dělit dle následujících parametrů:

Podle buzení

- Stejnosměrným proudem (většina motorových vozidel)
- Permanentními magnety (pracovní stroje)

Podle počtu fází

- Jednofázové (malé výkony, většina motocyklů)
- Třífázové (vyšší výkony, většina automobilů)



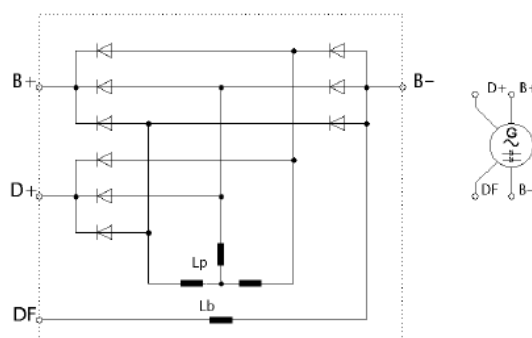
Obrázek 3 Konstrukce alternátoru [4]

Při uvedení alternátoru do chodu existují tři proudové stavy, ve kterých se alternátor může nacházet.

Prvním stavem je obvod předbuzení. V tomto stavu má motor velmi nízké otáčky a pomocný usměrňovač nemůže pracovat, protože napětí nedosahuje dostatečných hodnot pro otevření příslušných diod v obvodu buzení. Je nutné alternátor budit z cizího zdroje proudu, tedy akumulátoru. Tento proces probíhá pouze při spuštění motoru, než motor dosáhne volnoběžných otáček.

Druhým stavem je obvod buzení. Ten nastává při běžném provozu alternátoru, kdy motor už dosáhl volnoběžných otáček a generuje dostatečné napětí k překonání prahového napětí pomocného usměrňovače. Velikost budícího proudu je cca 5 % až 8 % hlavního proudu alternátoru. V tomto okamžiku začíná i regulace výstupního napětí alternátoru.

Třetím stavem je hlavní obvod, využívám při běžném provozu alternátoru. Alternátor generuje třífázové napětí v pracovním (statorovém) vinutí, a to je následně usměrňováno třífázovým můstkovým usměrňovačem. Hlavní proud alternátoru je rozdělen na proud dobíjecí akumulátor a proud napájecí palubní síť. [4]



Obrázek 4 Alternátor s pomocným usměrňovačem [4]

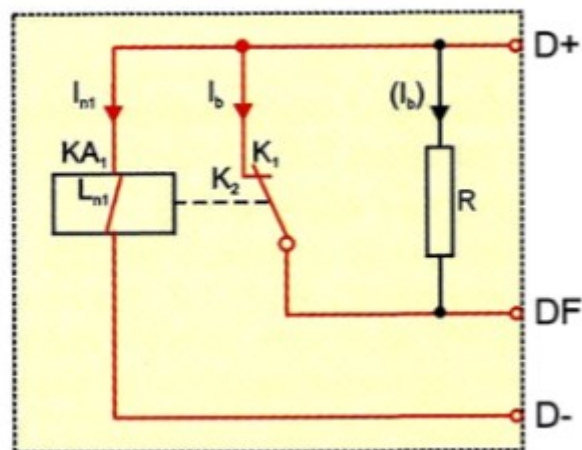
## 2. 3 Regulátor napětí alternátoru

U točivých zdrojů je velikost indukovaného napětí závislá na počtu otáček rotoru a intenzitě magnetického pole statoru. Na alternátor jsou přenášeny otáčky motoru, které nejsou konstantní. Vlivem kolísání otáček by i svorkové napětí bylo nestálé a při vysokých otáčkách by mohlo docházet k přepětí palubní sítě vozidla.

Alternátory podléhají pouze napěťové regulaci a spočívá ve změně budícího proudu, ke které dochází při změně otáček alternátoru. Využívají se k tomu dva základní typy regulátorů: elektromagnetické a polovodičové.

### 2. 3. 1 Elektromagnetické regulátory

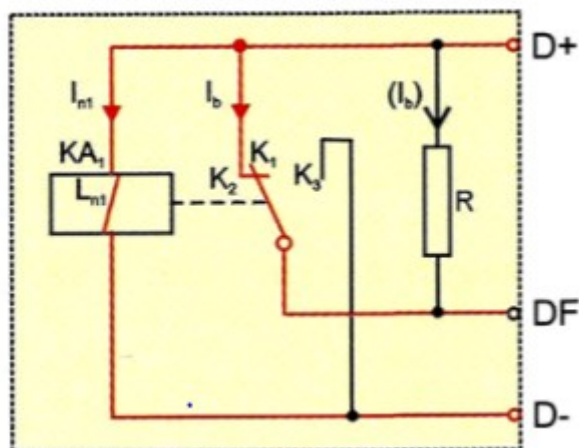
Elektromagnetické regulátory se dnes již téměř nepoužívají. Tento způsob regulace využívá elektromagnetické prvky, které sebou nesou spoustu nevýhod. Regulace je ve výsledku velmi pomalá a dochází k jiskření mezi kontakty relé. Jiskření vede k opotřebení ploch kontaktů až k jejich zničení. Elektromagnetické regulátory se dále dělí na dvě základní zapojení.



Obrázek 5 Jednostupňový regulátor [5]

V jednostupňovém regulátoru je buzení ovládáno pomocí relé KA<sub>1</sub>. Při dosažení maximálního povoleného napětí dojde k rozepnutí kontaktu K<sub>1</sub> a do budícího obvodu je vřazen odpor R. Napětí začne klesat a kontakt K<sub>1</sub> se opět sepne. Tento proces se opakuje stále dokola.



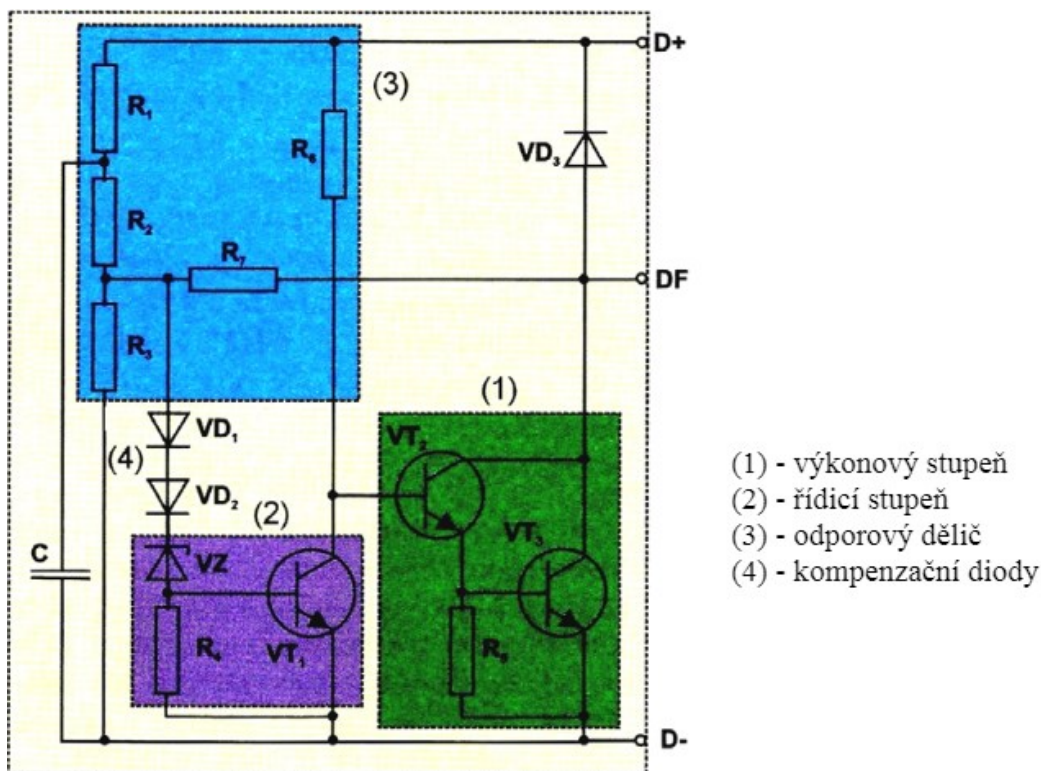


Obrázek 6 Dvoustupňový regulátor [5]

Schéma dvoustupňového regulátoru je podobné jako jednostupňového. Liší se pouze jedním kontaktem navíc ( $K_3$ ). Tento kontakt umožňuje úplné odbuzení alternátoru v případě, že by se napětí dále zvyšovalo i při buzení přes rezistor  $R$ . [4], [5]

### 2. 3. 2 Polovodičové regulátory

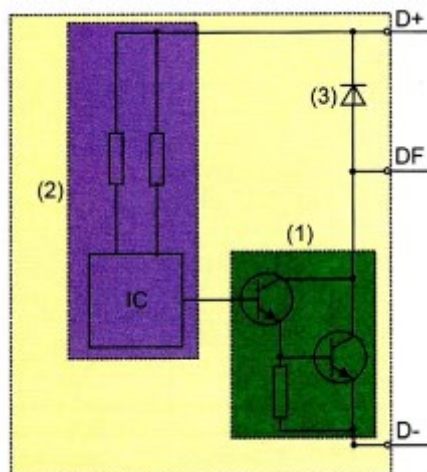
Moderním řešením regulace alternátorů je využití polovodičů. Starší typy těchto regulátorů byly sestavy výhradně z diskretních součástek jako jsou tranzistory, diody a tyristory. V dnešní době se využívají regulátory hybridní, které jsou kombinací diskretních součástek a integrovaných obvodů, nebo regulátory monolitické, kde je celý regulátor umístěn na jednom čipu.



Obrázek 7 Polovodičový regulátor typu EE [5]

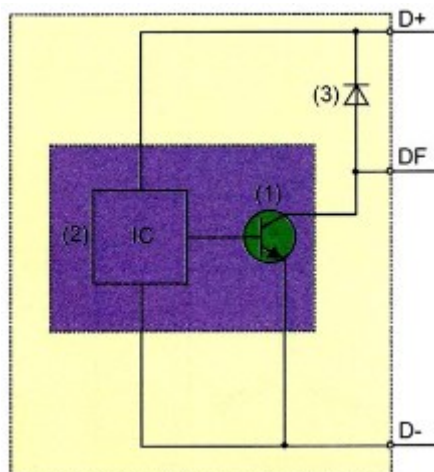


Na obrázku 7 se nachází schéma diskretního regulátoru firmy BOSCH typu EE. Řídící stupeň tvoří tranzistor VT<sub>1</sub>, jeho báze je napájena z odporového děliče, který tvoří rezistory R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> a R<sub>3</sub> přes Zenerovu diodu VZ. Zenerova dioda ovládá otevření a uzavření tranzistoru VT<sub>1</sub>. Kondenzátor C slouží k filtraci zvlněného napětí přiváděného z alternátoru. Výkonový stupeň je tvořen tranzistory VT<sub>2</sub> a VT<sub>3</sub> v Darlingtonově zapojení. Tento stupeň funguje jako spínač a rezistor R<sub>7</sub> ovlivňuje jeho rychlost. Při přerušení budícího obvodu vznikají napěťové špičky, které by mohly výkonový stupeň poškodit, proto je v obvodu paralelně k budícímu vinutí vřazena ochranná dioda VD<sub>3</sub>.



Obrázek 8 Hybridní regulátor typu EL [5]

Hybridní regulátory obsahují integrovaný obvod IC, ve kterém jsou soustředěny všechny regulační a ovládací prvky. Regulátor je kompaktnější a je umístěn přímo na těle alternátoru ve vzduchotěsném pouzdře. Vyznačují se vysokou spolehlivostí.

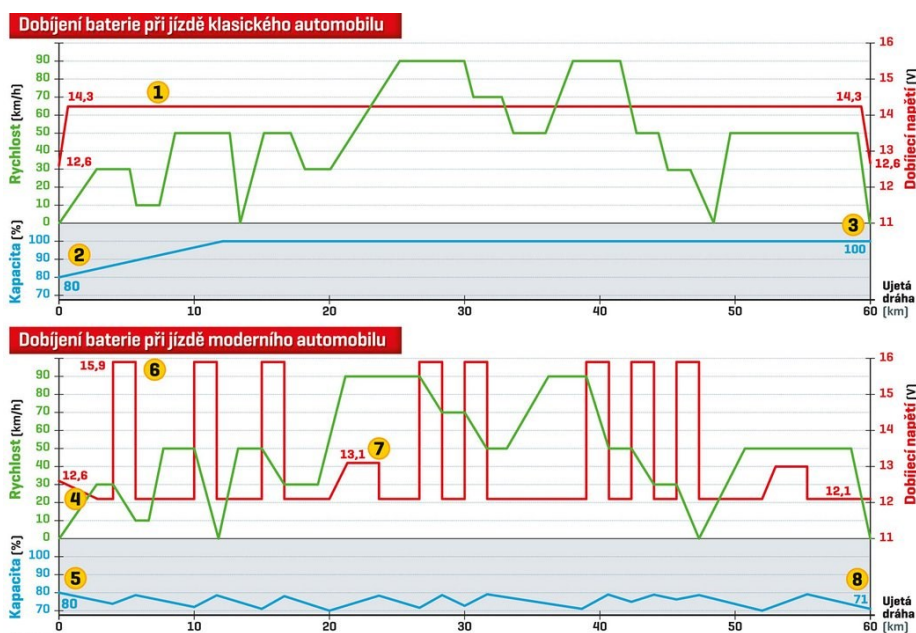


Obrázek 9 Monolitický regulátor [5]

Jedná se o další vývoj hybridní techniky regulátorů. Všechny obvody (řídící, regulační, ovládací a ochranná dioda) jsou integrovány na jednom čipu. Vzhledem k ještě větší kompaktnosti konstrukce je u těchto regulátorů spolehlivost ještě vyšší. [5]

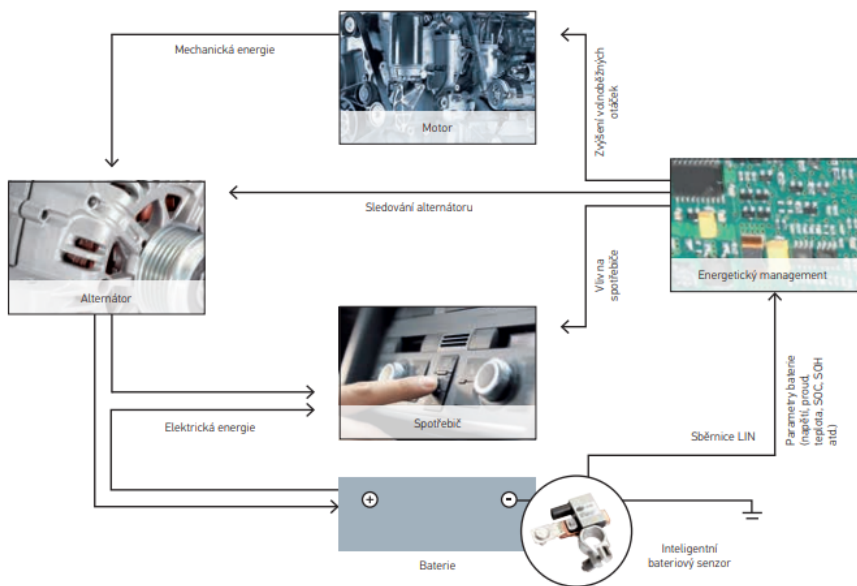
### 3. Energetický management osobních automobilů

Sledováním jednotlivých prvků palubní sítě můžeme docílit ideální regulace výkonu alternátoru. To nám umožní snížit zatížení motoru, tedy i spotřebu a emise. Systém umožňuje za jízdy snížit dobíjecí proud nebo úplně přerušit dobíjení akumulátoru a napájet pouze palubní síť vozu. Akumulátor je udržován zhruba na 80 % své kapacity. Dobíjecí proud poté roste při brždění, jízdě z kopce nebo nedostatečném napětí baterie.



Obrázek 10 Průběh dobíjení akumulátoru [7]

Mezi základní prvky tvořící moderní energetický management osobních automobilů patří inteligentní bateriový senzor IBS a moderní „chytré“ alternátory. Tyto komponenty poskytují řídicí jednotce parametry potřebné pro regulaci po sběrnici LIN. [6], [7]



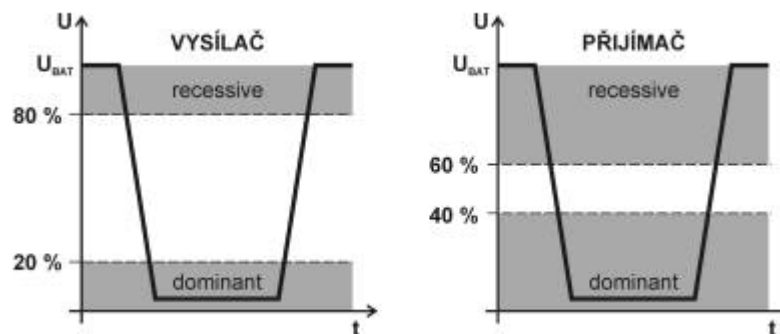
Obrázek 11 Schéma energetického managementu [10]

### 3. 1 LIN komunikace

LIN (Local InterConnect Network) je jednoduchá jednovodičová sběrnice na bázi sériové asynchronní komunikace UART/RS-232. Je vhodná na přenos dat mezi řídicí jednotkou a inteligentním senzorem. Je navržena pro použití v automobilové technice. Současné aplikace jsou především ovládání zrcátek, stahování oken, střešní okno, ovládání klimatizace, zámek dveří, polohování sedadel, stěračů nebo osvětlení. LIN realizuje propojení čidel, akčních členů a indikátorů. Tyto jednotky jsou jednoduše napojeny na síť vozidla a jsou dostupné pro diagnostiku při servisní práci.

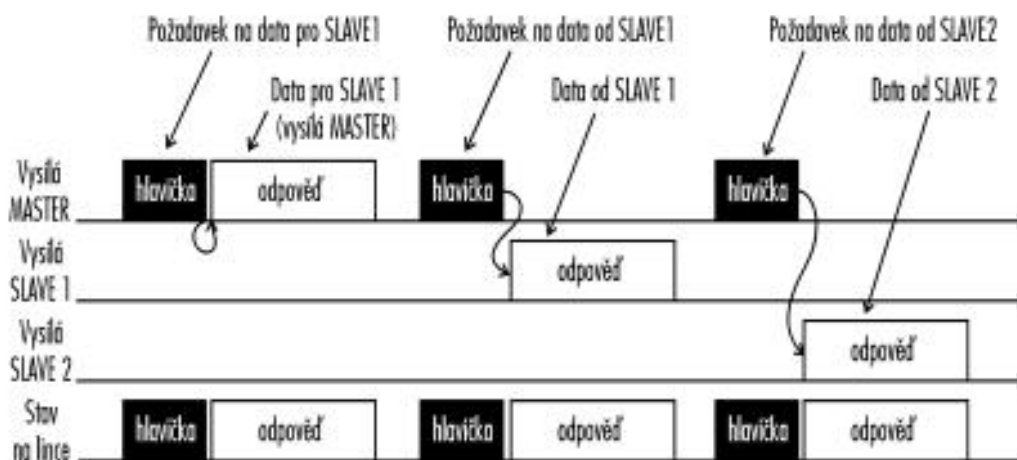
Komunikace funguje na principu single-master/multiple-slaves, kde jedno řídicí zařízení ovládá komunikaci s jedním nebo více podřízenými zařízeními. Přenosová rychlost komunikace je až 20 kbit/s. Synchronizaci komunikace provádí řídicí zařízení (master) na začátku každé komunikace.

Sběrnice využívá pouze jeden vodič pro obousměrnou komunikaci. Jsou definovány dvě hodnoty stavů na sběrnici: dominant a recessive. Velikost a rozsah jednotlivých úrovní jsou závislé na napětí palubní sítě vozu.



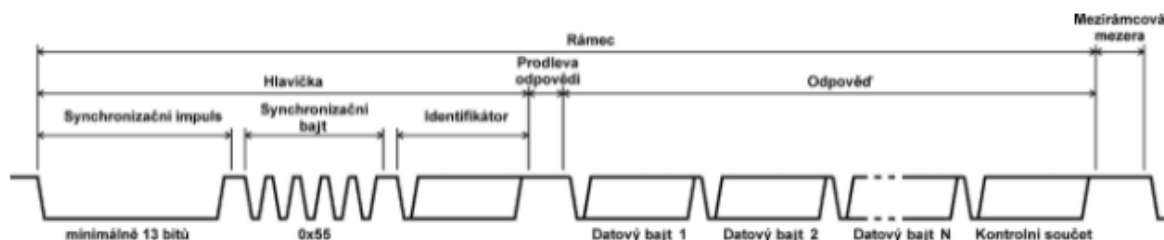
Obrázek 12 Rozhodovací úrovně [8]

Každou komunikaci zahajuje řídicí prvek (master) vysláním hlavičky, která obsahuje informace o odesílateli, příjemci zprávy a vyžadovaná data. Po odeslání zprávy zahájí cílové zařízení (slave) vysílání dat. Příjemci zprávy mohou být i všechny připojené jednotky.



Obrázek 13 Příklad komunikace [8]

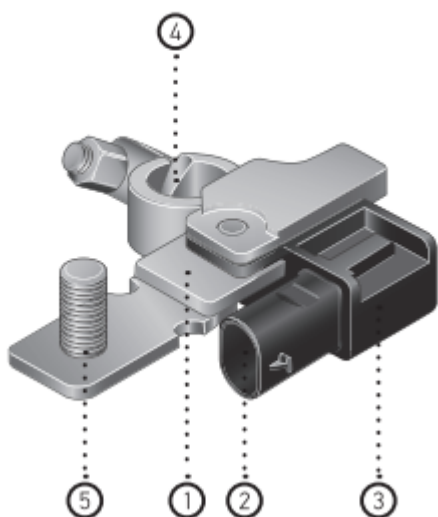
Formát rámce zprávy je vždy stejný, slouží k synchronizaci, adresaci uzlů a výměně dat mezi nimi. Master určuje přenosovou rychlost komunikace a vysílá hlavičky zpráv, které obsahují synchronizační impuls, následné synchronizační pole a identifikátor. Odpověď obsahuje vyžadovaná data a kontrolní součet. [8], [9]



Obrázek 14 Rámec zprávy [8]

### 3. 2 Inteligentní bateriový senzor (IBS)

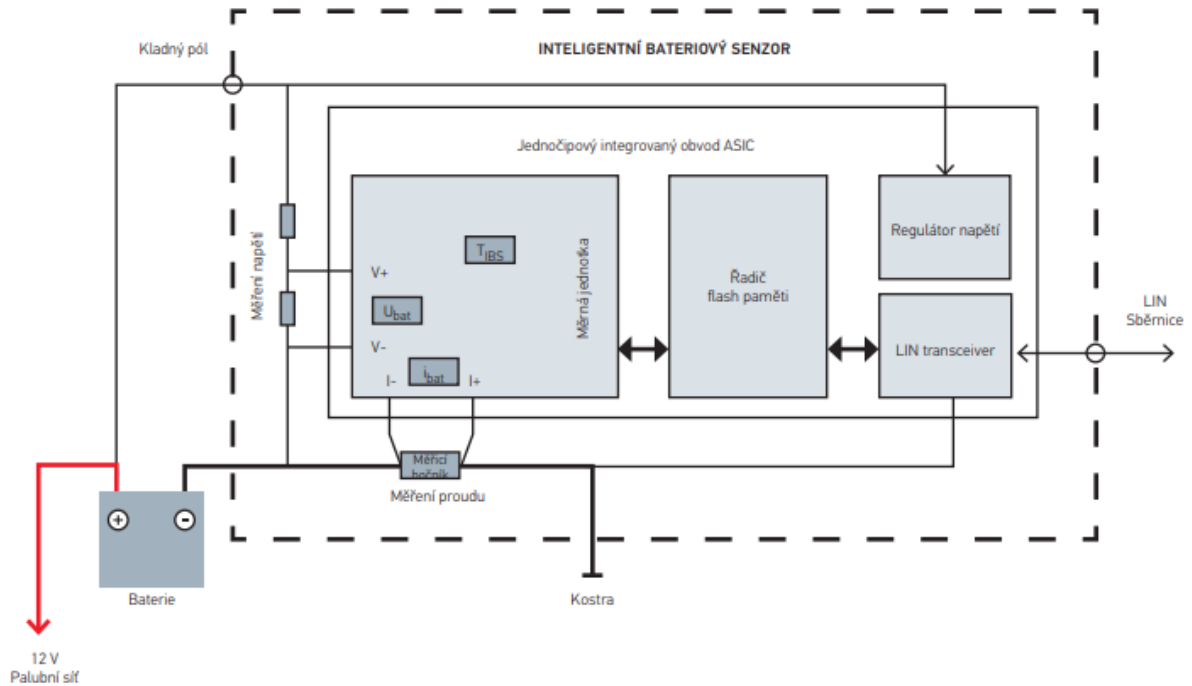
Senzor se nachází přímo na záporném pólu akumulátoru, jeho funkce spočívá ve sledování palubní sítě vozidla. Umožňuje přesné měření proudu, napětí a teploty akumulátoru. Dále je schopen detekovat parametry baterie jakou jsou: SOC (stav dobití), SOH (míra stárnutí) a SOF (předpokládané startovací schopnosti). Řídící jednotka, na základě těchto informací, je schopna plánovat spotřebu a rezervu elektřiny. [10]



#### Akumulátorový senzor IBS

1. Měřicí boční díl na senzoru
2. Konektory
3. Senzorový modul
4. Svorka na záporném pólu
5. Šroubovací čep pro adaptér na bateriový pól

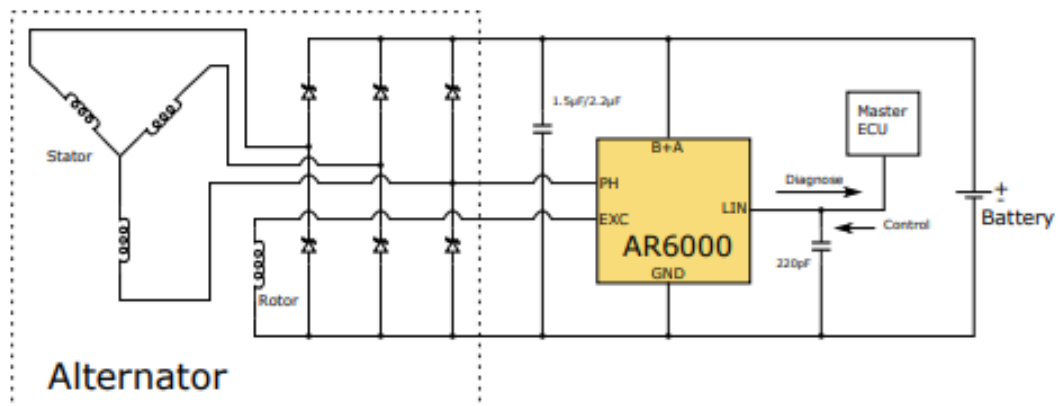
Obrázek 15 Senzor IBS Firmy HELLA [10]



Obrázek 16 Blokové schéma IBS senzoru firmy HELLA [10]

### 3. 3 Regulátor alternátoru s rozhraním LIN

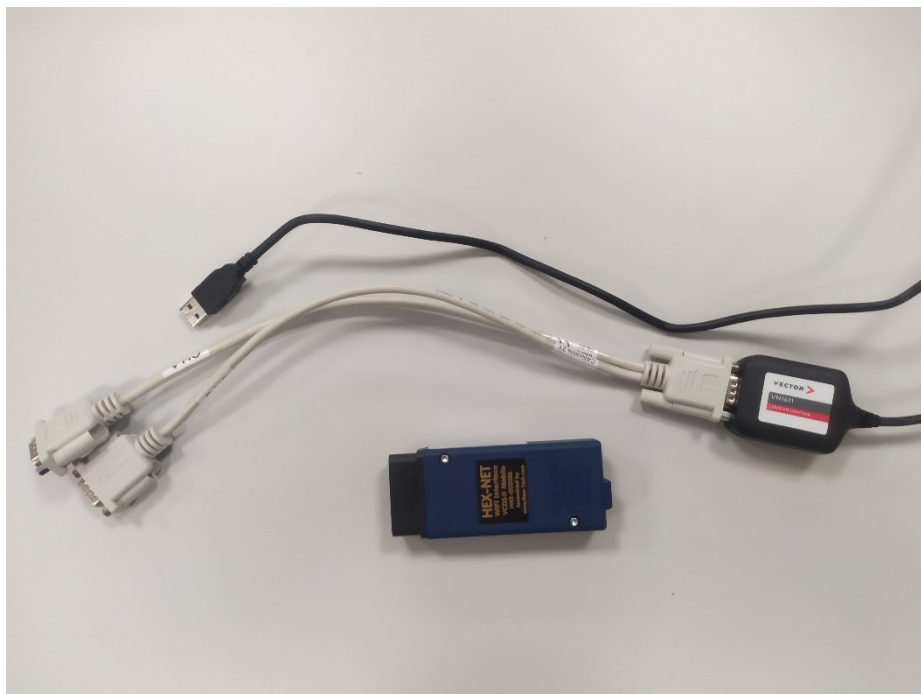
Komunikace s regulátorem umožňuje řídicí jednotce nejen získávat informace o jeho stavu, ale i nastavení parametrů buzení. Alternátor je schopen poskytnout informace, jakou jsou: výrobce alternátoru, výrobce regulátoru, počet otáček, budicí proud a teplota. Poskytuje také diagnostická data o mechanickém stavu, stavu elektroniky a přehřívání. [11]



Obrázek 17 Zjednodušené schéma regulátoru AR6000 [12]

## 4. Analýza palubní sítě laboratorního vozidla

Měření proběhlo na laboratorním vozidle katedry. Po vytvoření přípojného bodu na komunikaci LIN bylo zahájeno měření za pomoci OBDII diagnostiky a sériovým převodníkem s PC.



Obrázek 18 OBDII diagnostika a sériový převodník

### 4. 1 Měření sériovou diagnostikou OBDII

Využitím sériové diagnostiky OBDII a diagnostickým programem VCDS byly vyčteny všechny informace z CAN Gateway, které souvisí s inteligentním bateriovým senzorem a alternátorem.

Loc.	Description	Actual
IDE01834	Battery voltage	12.190 V
IDE01836	Battery current	-15.541 A
IDE01837	Temperature of battery sensor	21 °C
IDE01838	Battery temperature	23 °C
IDE01839	Battery charge level	80 %
IDE01841	Battery internal resistance	5.0 mOhm
IDE01842	Usable battery charge	40 Ah
IDE01843	Battery voltage at rest	12.5 V
IDE01948	Battery internal resistance not normed	4.2 mOhm

Obrázek 19 Vyčtené informace IBS senzoru

IBS vykazovalo informace o akumulátoru jako například: napětí, proud, teplota, stav dobití, vnitřní odpor baterie.

Loc.	Description	Actual
IDE01827	Specified generator voltage	10.6 V
IDE01828	Generator DF Signal	0.025 %
IDE01829	Generator exciter current	0.000 A
IDE01830-MAS01632	Generator Status-Status	Thermal OK
IDE01830-MAS02970	Generator Status-Status 2:	Mechanical OK
IDE01830-MAS02971	Generator Status-Status 3:	electrically OK
IDE01831-MAS03159	Generator variant-Manufacturer	Valeo GmbH
IDE01831-MAS06310	Generator variant-Generator identifier	Generator recognition
IDE01832-MAS06311	Generator regulator variant-ASIC manufactu...	1
IDE01832-MAS06312	Generator regulator variant-ASIC variant	4
IDE01855	Generator current	0.0 A

Obrázek 20 Vyčtené informace alternátoru

Alternátor poskytuje informace o generovaném napětí, proudu a budícím signálu. Dále diagnostické informace o jeho stavu a výrobci.

## 4. 2 Analýza LIN komunikace

K analýze LIN komunikace byl využit převodník a program CANoe. Pro počáteční identifikování zpráv na komunikaci, byl odpojen IBS senzor. Na místě jeho zpráv řídicí jednotka (master) vypisuje, že podřízené zařízení (slave) neodpovídá.

Time	Start of Frame	Channel	Dir	Event Type	Frame Name	Id	Data	Publisher
0.000237		LIN 1		SleepModeEvent (internal wakeup)			starting up in wake mode	
2.213379	2.208515	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		29 (PID: E9)	00 C6 00 04	
2.025435	2.018490	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		33 (PID: 73)	8C 5E A2 24 58 0F 32 08	
2.034256	2.028499	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		3B (PID: FB)	00 02 08 FF FF FF	
2.293150	2.288465	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		15 (PID: 55)	00 00 04 00	
2.258468	2.248503	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		2F (PID: 6F)		
2.262106	2.258468	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		11 (PID: 11)	00 00	
2.108524	2.098565	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		2E (PID: 2E)		
2.132916	2.118484	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		34 (PID: B4)		
2.168484	2.158474	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		2B (PID: 2B)		
2.182916	2.168484	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		2D (PID: AD)		
2.222110	2.218472	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		12 (PID: 92)	49 21	
2.232301	2.228476	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		3A (PID: BA)	01 00	
2.288465	2.278466	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		31 (PID: B1)		
1.905461	1.898516	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)		35 (PID: F5)	0A 59 00 F1 23 C0 00 00	
1.932930	1.918499	LIN 1		TransmError (Slave not respondi...		30 (PID: F0)		

Obrázek 21 Komunikace LIN s odpojeným IBS senzorem

To umožnilo roztřídit ID zpráv IBS senzoru i alternátoru. Čísla ID jsou v hexadecimálním formátu.

Tabulka 1 ID zpráv na LIN sběrnici

Alternátor	0x15	0x3A	0x12	0x11	0x35	0x3B	0x33	0x29
IBS	0x30	0x2D	0x2F	0x2B	0x31	0x34	0x2E	



Pro podrobnější čtení zpráv a hodnot na sběrnici bylo nejjednodušší začít často měnícími se veličinami jako například proud a napětí. Zpráva s odpovídající rychlostí změny hodnot se ukázala pod ID 0x2F.

Tabulka 2 Rámec zprávy ID = 0x2F

byte	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
ID = 0x2F	Napětí [V]		Proud [mA]		-	-	-	-

Následně sledováním změn a přepočítáváním hexadecimálních hodnot na dekadické byly identifikovány další hodnoty ve zprávě ID 0x30.

Tabulka 3 Rámec zprávy ID = 0x30

byte	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
ID = 0x30	Teplota senzoru [°C]	Dostupná kapacita baterie [Ah]		-	-	-	-	Teplota baterie [°C]

Po nalezení těchto bajtů stále zbývalo doladit převod na dekadické hodnoty vytvořením databáze. U některých veličin byl zjištěn offset a bylo nutno ladit nastavení, tak aby dekadické hodnoty odpovídali skutečným hodnotám. Po nastavení se dostáváme k výsledku znázorněnému na Obrázku 22.

L...	Description	Actual	Time	Start of Frame	Channel	Dir	Event Type	Frame Name	Id	Data
IDE0...	Battery voltage	12.622 V	26.036488	26.029722	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	2E (PID: 2E)	2E	01 00 00 00 80 00 08 F3
IDE0...	Battery current	-2.021 A	26.044590	26.039725	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	29 (PID: E9)	29	00 C6 00 02
IDE0...	Temperature of battery sensor	26 °C	26.056504	26.049744	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	34 (PID: B4)	34	9A 20 00 88 24 00 40 0C
IDE0...	Battery temperature	28 °C	26.086503	26.079752	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	frame_current	2F (PID: 6F)	AE 21 08 78 42 18 00 CF
IDE0...	Battery charge level	82 %	26.096444	26.089692	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	New_Frame	2B (PID: 2B)	00 00 C0 03 FC FF FF FF
IDE0...	Battery internal resistance	5.0 mOhm	26.106535	26.099782	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	2D (PID: AD)	2D	51 23 4C 90 F5 FF FE FF
IDE0...	Usable battery charge	43 Ah	25.753387	25.749749	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	12 (PID: 92)	12	49 21
IDE0...	Battery voltage at rest	12.5 V	25.763540	25.759715	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	3A (PID: BA)	3A	01 00
IDE0...	Battery internal resistance not normed	5.4 mOhm	25.993335	25.989697	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	11 (PID: 11)	11	00 00
IDE0...	Battery adaptation-Rated battery capacity	89 Ah	25.816550	25.809788	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	31 (PID: B1)	31	4A 43 89 FF FC E7 E7 FF
IDE0...	Battery cell analysis-Health condition acc. to...	126 %	25.836700	25.829756	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	35 (PID: F5)	35	0A 59 00 F1 23 C0 00 00
			25.856516	25.849758	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	frame_cap	30 (PID: F0)	19 28 44 64 82 94 C7 18
			25.956661	25.949716	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	33 (PID: 73)	33	89 5F A2 24 58 0F 2A 08
			25.965471	25.959706	LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	3B (PID: FB)	3B	00 02 08 FF FF FF

Obrázek 22 Porovnání hodnot

Jednotlivé rámce zpráv alternátoru se nepodařilo identifikovat, vzorový rámec zprávy zobrazuje Tabulka 4.

Tabulka 4 Vzorový rámec zprávy alternátoru [11]

byte	1.				2.	3.				4.		
ID = ??	A	B	C	D	E	F	G	-	H	I	J	K

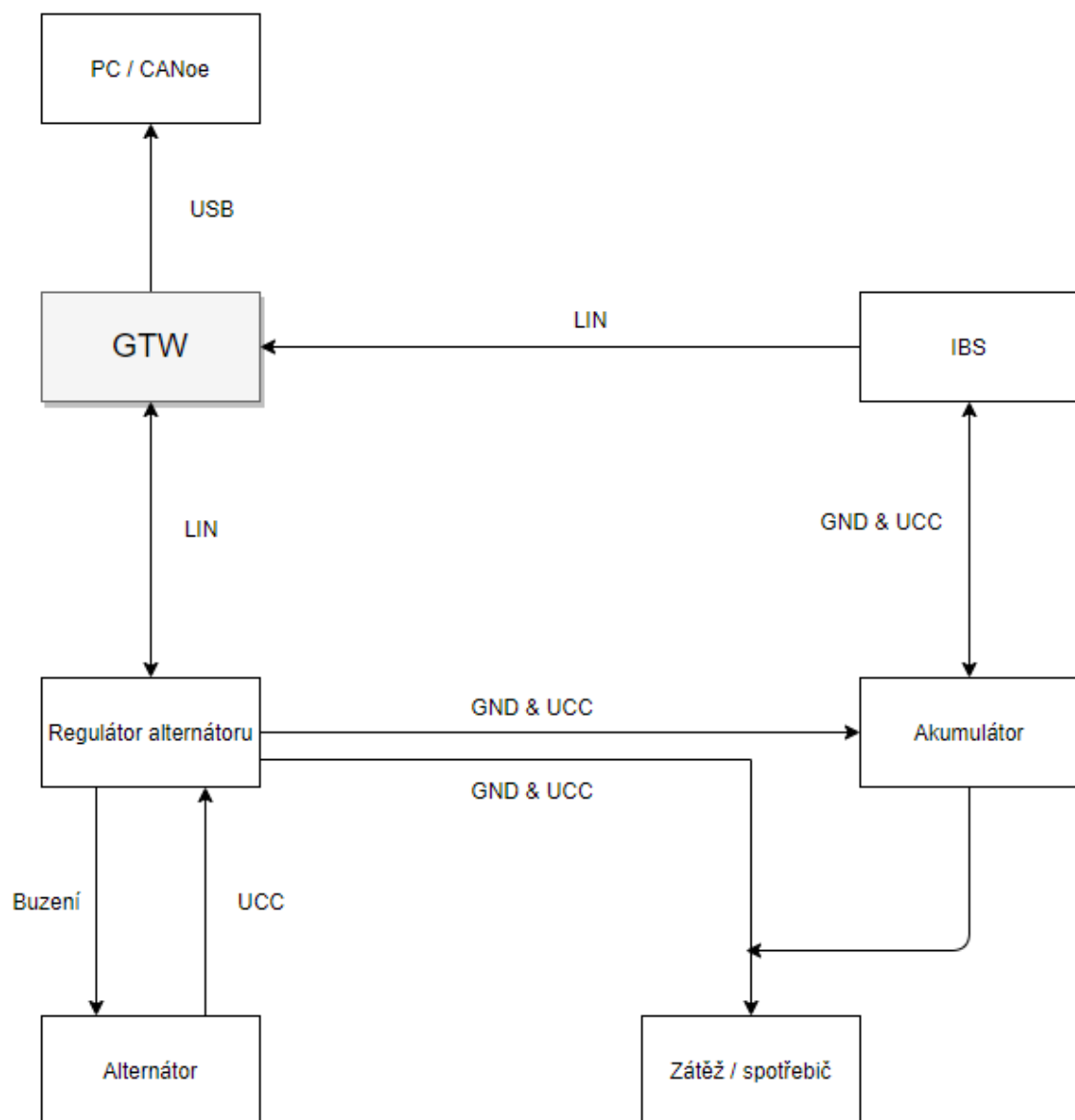
A = přehřátí  
 B = elektrická závada  
 C = mechanická závada  
 D = budící signál  
 E = budící proud  
 F = odezva LIN  
 G = chyba komunikace  
 H = zatížení  
 I = řízení buzení  
 K = regulované napětí



## 5. Laboratorní model palubní sítě

### 5.1 Návrh modelu

Model umožňuje sledování vlastností palubní sítě vozidla. Simulace řídicího zařízení (master) probíhá v prostředí programu CANoe, které umožňuje sledovat/řídit komunikaci na sběrnici LIN. Model je schopný napájet libovolnou zátěž, která nepřekračuje proudové omezení jednotlivých komponentů, dále dobíjení a vybíjení baterie.



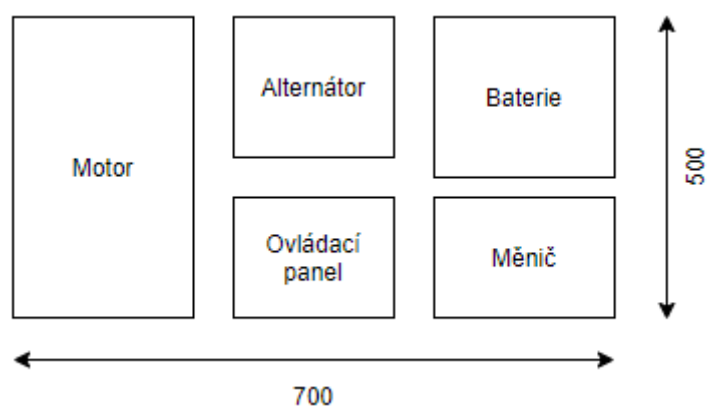
Obrázek 23 Blokové schéma modelu

## 5. 2 Konstrukce

Po naměření rozměrů všech komponentů modelu, bylo navrženo základní uspořádání a rozměr celého modelu.

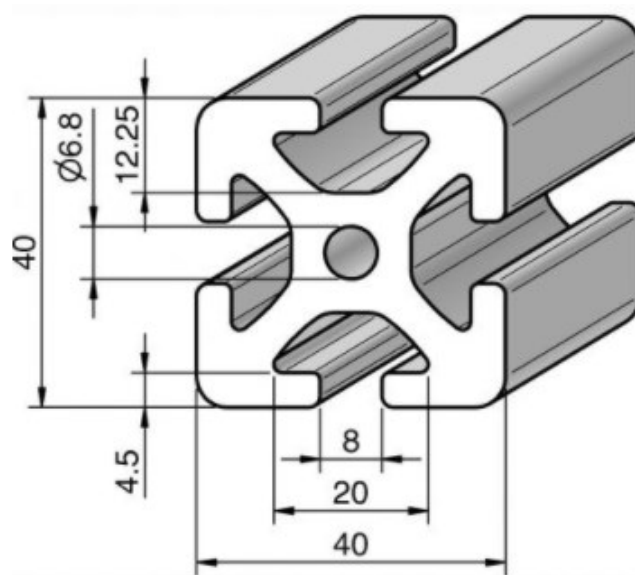
Tabulka 5 Rozměry komponentů

Komponent	Rozměr (d x š x v) [mm]
Motor	350 x 170 x 235
Alternátor	190 x 155 x 160
Akumulátor	210 x 180 x 190
Měnič	235 x 190 x 195
Ovládací panel	160 x 96 x 60



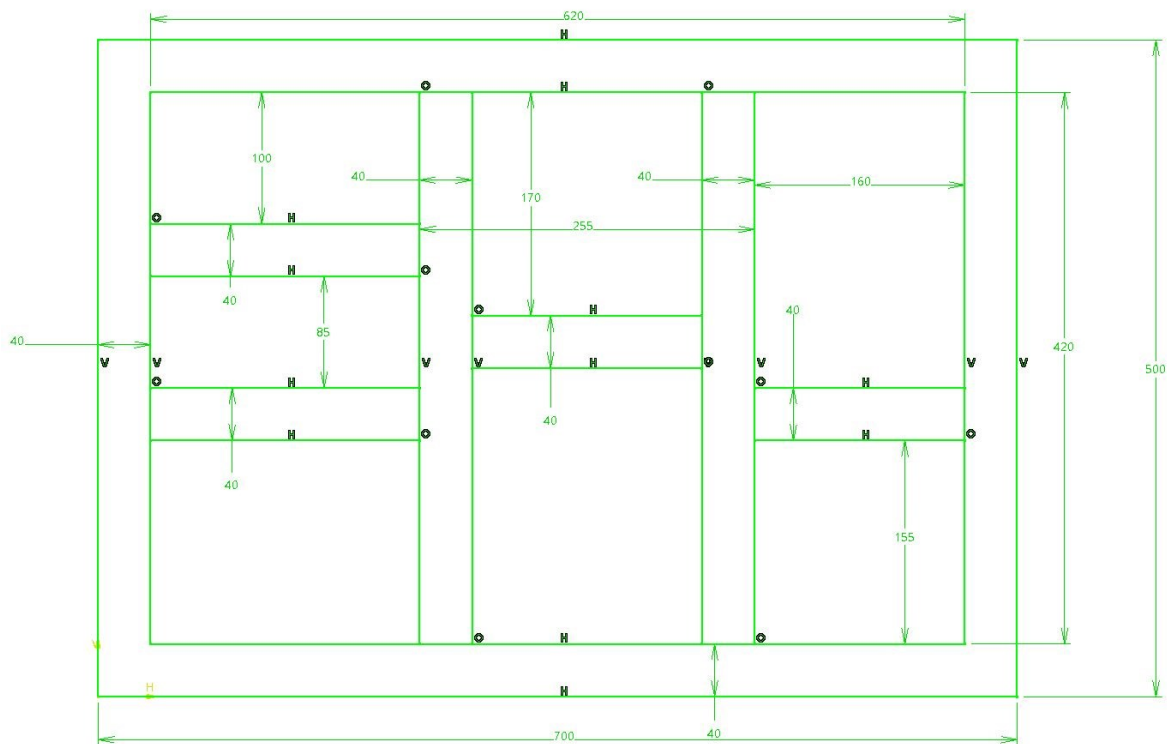
Obrázek 24 Uspořádání komponentů

Jednotlivé části konstrukce jsou nařezané profily o rozměru 40 x 40 mm. Toto řešení umožňuje posuvné uložení motoru, kterým je možné napnout řemen spojující motor s alternátorem a tím umožnit absenci napínaví kladky. Převodový poměr mezi motorem a alternátorem je  $p = 0,38$ .



Obrázek 25 Konstrukční profil [14]

Konečné řešení konstrukce bylo vytvořeno v programu CATIA.



Obrázek 26 Konečná podoba konstrukce v programu CATIA

Po nařezání patřičných délek profilů, byly pomocí závitníku vyřezány závity pro M8 šrouby, které usnadnily spojení celé konstrukce. Nakonec pro lehčí manipulaci byla konstrukce osazena kolečky.

### 5. 3 Schéma zapojení modelu

Veškeré spínání kontaktů je realizováno pomocí relátek, to umožňuje připojení I/O rozhraní a ovládání modelu pomocí počítače. Počítač je propojený s převodníkem (GW) pomocí rozhraní USB. V programu CANoe je možné simulovat řídicí zařízení (master) na komunikaci LIN s IBS senzorem a alternátorem. Model může být sepnutý ve 3 režimech:

- alternátor dobíjí baterii a napájí zátěž (při žádné zátěži pouze nabíjení baterie)
- alternátor napájí pouze zátěž
- zátěž je napájena pomocí baterie

Ovládací panel obsahuje spínače pro manuální spínání modelu, voltmetr a LED diodu indukující sepnutí buzení alternátoru. Maximální proudové zatížení modelu ovlivňují spínací relé a průřez kabelů. Hodnota maximálního proudu je 80 A. Akumulátor i ovládací panel je jištěn, každý zvlášť, pojistkou (125 A a 7,5 A). Alternátor je buzen přivedením napětí z baterie přes relé na kontakt buzení.



## 5. 4. 5 Napěťový měnič

Siemens Micromaster Vector 6SE3221-8CC40

Typ měniče	MMV110/2	MMV150/2	MMV220/2	MMV300/2 <sup>4)</sup>	MMV400/2
Objednací číslo	6SE32 ...	15-2CB40	16-8CB40	21-0CC40	21-3CC40
Napájecí napětí	1x 230 V nebo 3x 230 V ± 15 %				3x230V±15%
Jmenovitý výkon motoru <sup>1)</sup>	1100 W	1500 W	2200 W	3000 W	4000 W
Trvalý výstupní výkon měniče	2100 VA	2800 VA	4000 VA	5200 VA	7000 VA
Jmenovitý výstupní proud	4,8 A	6,8 A	9,0 A	11,8 A	15,9 A
Trvalý výstupní proud <sup>2)</sup>	5,5 A	7,4 A	10,4 A	13,6 A	17,5 A
Vstupní proud	1x 230V	11,0 A	14,4 A	20,2 A	28,3 A
	3x 230V	6,4 A	8,3 A	11,7 A	16,3 A
Jištění síťového přívodu <sup>3)</sup>	1x 230V	20 A		25 A	32 A
	3x 230V	16 A		20 A	25 A
Průřez vodičů (síť ↔ měnič)	1x 230V	2,5 mm <sup>2</sup>		4,0 mm <sup>2</sup>	-
	3x 230V	1,5 mm <sup>2</sup>		2,5 mm <sup>2</sup>	4,0 mm <sup>2</sup>
Průřez vodičů (měnič ↔ motor)	1,5 mm <sup>2</sup>			2,5 mm <sup>2</sup>	
Rozměry (Š x V x H)	149 x 184 x 172 mm			185 x 215 x 195 mm	
Hmotnost	2,4 kg			4,8 kg	

<sup>1)</sup> Jsou uvažovány 4 pólové motory Siemens řady 1LA5 nebo podobné.

<sup>2)</sup> Trvalý výstupní proud při sníženém modulačním kmitočtu.

<sup>3)</sup> Pojistky určené k jištění vedení, kabelů a ostatních elektrických zařízení před přetížením a zkratem nebo jistič s motorovou charakteristikou.

<sup>4)</sup> Při jednofázovém napájení musí být na vstupu měniče zapojena komutační tlumivka

Obrázek 28 Tabulka z datasheetu měniče [15]

## 5. 5 Oživení a ověření funkčnosti laboratorního modelu

Po úspěšné simulaci řídicího zařízení (master) a vytvoření databáze pomocí programu CANoe bylo možné vyčtení hodnot z IBS senzoru. Byly provedeny dvě měření. V klidovém stavu bez spuštěného generátoru a se spuštěným nabuzeným generátorem zatíženým nabíjením baterie. Napětí, proud a teplota baterie se nachází v rámci zprávy ID 0x22.

LIN 1	Rx	LIN Frame (Unconditional)	Frame_ID_22	22 (PID: E2)	76 84 1E D4 2F 81 7A	IBS (real)
	-20 mA	1E8476				
	12.2440 V	2FD4				
	24.5000 °C	81				

Obrázek 29 Hodnoty získané z IBS senzoru v klidovém stavu

Následovalo kontrolní měření multimetrem. Odběr proudu způsobuje napájení IBS senzoru.



Obrázek 30 Kontrolní měření v klidovém stavu

V druhém měření byl uveden alternátor do chodu a nabuzen stejnosměrným napětím z baterie. Napětí stoupl na regulovaných 14,4 V a akumulátor se začal nabíjet. Při testování byl akumulátor z 98% nabitý, proto tolik nezatěžoval alternátor a proud kolísal kolem 1 A. Informace o stavu nabití akumulátoru byly získány ze senzoru IBS v rámci zprávy ID 0x25.

```

LIN 1 Rx LIN Frame (Unconditional) Frame_ID_25 25 (PID: 25) C5 C8 FF B5 FF FF
      98.5000 % C5
      100.0000 % C8
  
```

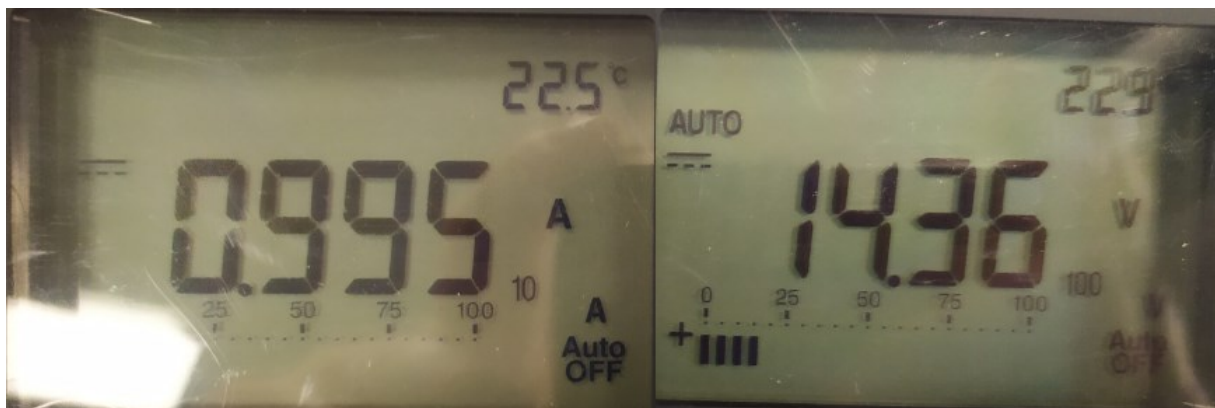
Obrázek 31 Stav nabití a zdraví akumulátoru z IBS senzoru

```

LIN 1 Rx LIN Frame (Unconditional) Frame_ID_22 22 (PID: E2) 35 88 1E 31 38 82 7A
      939 mA 1E8835
      14.3850 V 3831
      25.0000 °C 82
  
```

Obrázek 32 Hodnoty získané z IBS senzoru s nabuzeným alternátorem

Následovalo kontrolní měření pomocí multimetrů, rozdíl hodnot způsobila časová prodleva v zaznamenání hodnot z IBS senzoru a na multimetrech.



Obrázek 33 Kontrolní měření s nabuzeným alternátorem

## 6. Návrh laboratorní úlohy

### 6. 1 Zadání

1. Provedte teoretický rozbor laboratorní úlohy, zaměřte se komunikační sběrnici LIN a senzor IBS. Nakreslete skutečné schéma měření.
2. Vytvořte si nový projekt v prostředí CANoe a zkuste simulovat vyslání hlaviček zpráv pro senzor IBS dle zadaných ID.
3. Zachyťte zprávy na komunikační sběrnici a data převedte do decimální soustavy. Zaznamenejte následující veličiny: proud, napětí, teplotu, stav nabití akumulátoru a stav zdraví akumulátoru.
4. Získané hodnoty porovnejte s referenčním voltmetrem a ampérmetrem.
5. Měření proveďte nejprve v klidovém stavu a následně s nabuzeným alternátorem zatíženým libovolnou zátěží (dobíjení baterie nebo odporová zátěž).

Rámce zpráv:

Tabulka 9 Rámec zprávy ID = 0x22

byte	1.	2.	3.	4.	5.	bit 40–48
ID = 0x22	Proud [mA]			Napětí [V]		Teplota [°C]

Celková délka zprávy je 7 bytů. Rozsah proudu volte -2000000 až 2000000 mA s faktorem 0,001. Napětí má rozsah 0 až 50 V, faktor 0,001. Teplota -40 až 125 °C, faktor 0,5.

Tabulka 10 Rámec zprávy ID = 0x25

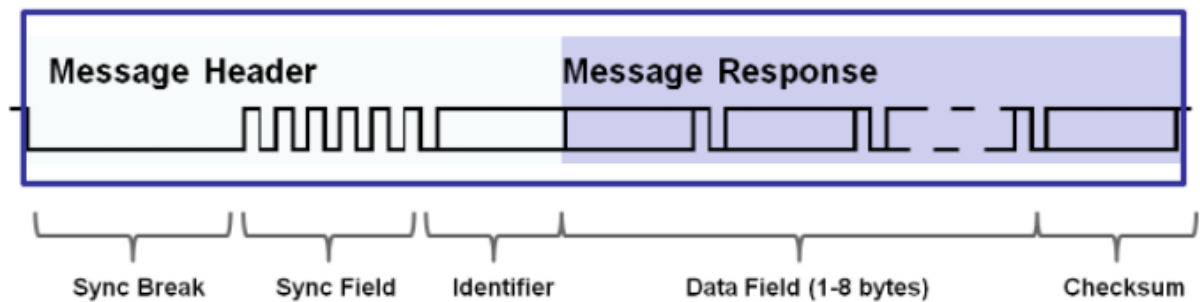
byte	1.	2.	3.	4.	5.	6.
ID = 0x25	SOC [%]	SOH [%]				

Celková délka zprávy je 6 bytů. Rozsah SOC (Stav nabití) i SOH (Stav zdraví) volte 0 až 100 % s faktorem 0,5.

## 6. 2 Teoretický rozbor

### Lin komunikace:

Komunikační protokol LIN funguje na principu jedno řídicí zařízení (master) a podřízené zařízení (slave). Komunikace umožňuje až 16 zařízení slave a dosahuje rychlosti přenosu až 20 kbit/s. Komunikace je sériová asynchronní probíhající na jednodřinovém vedení. Komunikaci začíná vždy master zasláním hlavičky, která obsahuje synchronizační data, identifikátor a požadavek na zaslání dat. Slave reaguje odesláním dat a kontrolního součtu.



Obrázek 34 LIN datový rámeček [16]

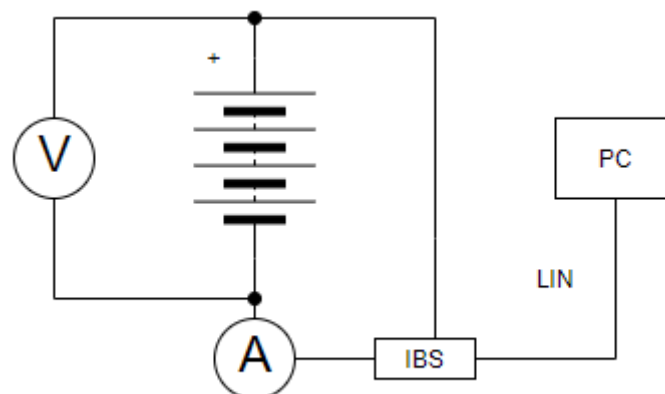
### Senzor IBS:

Inteligentní bateriový senzor poskytuje řídicí jednotce aktuální informace o palubní síti vozidla. Komunikuje pomocí sběrnice LIN. Získané hodnoty jsou nutné pro správně fungující energetický management vozidla.

Měřené hodnoty: proud, napětí a teplota

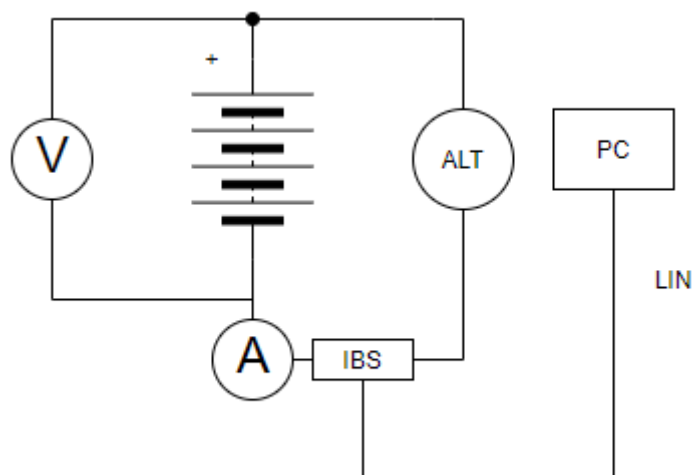
Detekované hodnoty: SOC (stav dobití), SOH (míra stárnutí) a SOF (předpokládané startovací schopnosti)

### Schéma zapojení:



Obrázek 35 Schéma prvního měření





Obrázek 36 Schéma druhého měření

## 6. 3 Naměřené hodnoty

### Měření v klidovém stavu:

Tabulka 11 Tabulka naměřených hodnot referenčními multimetry

Napětí	12,26 V
Proud	-20,64 mA

Zachycená zpráva ID=0x22 na sběrnici LIN v hexadecimální soustavě: 76 84 1E D4 2F 81 7A

Tabulka 12 Převode hodnoty zprávy 0x22 do decimální soustavy

Napětí	12,244 V
Proud	-20 mA
Teplota	24,5 °C

Zachycená zpráva ID=0x25 na sběrnici LIN v hexadecimální soustavě: C5 C8 FF B5 FF FF

Tabulka 13 Převedené hodnoty zprávy 0x25 do decimální soustavy

Stav nabití akumulátoru	98,5 %
Stav zdraví akumulátoru	100 %

### Měření s nabuzeným alternátorem zatíženým baterií:

Tabulka 14 Tabulka naměřených hodnot referenčními multimetry

Napětí	14,34 V
Proud	1,093 A

Zachycená zpráva ID=0x22 na sběrnici LIN v hexadecimální soustavě: 35 88 1E 31 38 82 7A

*Tabulka 15 Převode hodnoty zprávy 0x22 do decimální soustavy*

Napětí	14,385 V
Proud	939 mA
Teplota	25 °C

Zachycená zpráva ID=0x25 na sběrnici LIN v hexadecimální soustavě: C5 C8 FF B4 C4 09

*Tabulka 16 Převedené hodnoty zprávy 0x25 do decimální soustavy*

Stav nabití akumulátoru	98,5 %
Stav zdraví akumulátoru	100 %

## 6. 4 Zhodnocení a závěr

Pro druhé měření byla zvolená možnost zatížení alternátoru nabíjením baterie. Naměřené hodnoty IBS senzoru se téměř neliší od hodnot získaných voltmetrem a ampérmetrem. Nepřesnost měření mohla být způsobena lidským faktorem při zaznamenávání hodnot a skokovými změnami proudu. Laboratorní model demonstruje fungování sběrnice LIN a funkci senzoru IBS.

## 7. Závěr

V teoretické části byly popsány základní prvky palubní sítě automobilu a moderní prvky energetického managementu. Elektronické systémy moderních osobních automobilů se snaží směřovat k tomu, aby byli co nejvíce efektivní, energeticky úsporné a podíleli se na snížení emisí. Ukázkou je právě příklad řízeného buzení alternátoru a odbuzení v případě stálé jízdy.

V další části této bakalářské práce se analyzovala existující palubní síť experimentálního vozidla katedry. V této části bylo opravdu obtížné odhalit informace v jednotlivých zprávách na sběrnici LIN. Vytvořená databáze obsahuje pouze několik signálů z IBS senzoru. Z důvodu složitosti simulování změn v alternátoru a podcenění časové náročnosti celého projektu je tato část práce nedokončená.

Praktická část bakalářské práce zahrnovala navrhnutí a sestavení funkčního laboratorního modelu pro ukázkou fungování komunikační sběrnice a chování palubní sítě vozidla. Byl zhotoven konstrukční návrh měřicího stanoviště a jeho elektrické zapojení. Model se povedlo sestavit podle návrhu a otestovat funkčnost. Model je funkční a dokáže simulovat chování palubní sítě vozidla. Při testování modelu byla sestavena kompletní databáze senzoru IBS a ověřena měřením v prostředí CANoe. Ze stejných důvodů jako při analýze existujícího systému na vozidle nebyla dokončena komunikace alternátoru, a tedy možnost ho řídit. Alternátor je buzen přivedením stejnosměrného napětí z akumulátoru na pól buzení.

Pro laboratorní model byla v poslední části bakalářské práce navržena měřicí úloha zaměřená na pochopení fungování sběrnice LIN, vyvolání komunikace IBS senzoru a dekódování jeho hodnot. Bylo provedeno vzorové měření a naměřené hodnoty z prostředí CANoe souhlasily s referenčními přístroji.

## 8. Seznam použité literatury

### Webové stránky:

- [1] <https://publi.cz/books/160/03.html>
- [2] <https://www.garaz.cz/clanek/nakup-autobaterie-21003937>
- [3] <https://docplayer.cz/11985946-Vlastnosti-akumulatoru-kapacita-c-i-v-t-elektrotechnika-motorovych-vozidel.html>
- [4] <http://eduka.spaco.cz/wp-content/Altern%C3%A1tory.pdf>
- [5] <https://docplayer.cz/11555156-3-regulace-alternatoru.html>
- [6] [https://www.greencarcongress.com/2006/09/bmw\\_introduces\\_.html](https://www.greencarcongress.com/2006/09/bmw_introduces_.html)
- [7] <https://www.auto.cz/nespolehlivost-baterii-modernich-aut-jak-je-to-ve-skutecnosti-s-jejich-vydrzi-125770>
- [8] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04012/index.html>
- [9] <https://automatizace.hw.cz/clanek/2005101501>
- [10] [https://www.hella.com/agriculture/assets/media\\_global/621\\_BI\\_IBS\\_12V\\_HELLA\\_CZ.pdf](https://www.hella.com/agriculture/assets/media_global/621_BI_IBS_12V_HELLA_CZ.pdf)
- [11] <https://www.testmyalternator.com/en/news/technical-articles/237-lin-for-dummies-tma.html>
- [12] <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/AR6000.pdf>
- [13] <https://www.samarins.com/glossary/battery-sensor.html>
- [14] <https://www.alvaris.eu/cz/hlinikovy-konstrukcni-system/profilova-rada-8/profil-40x40>
- [16] <https://microchipdeveloper.com/lin:protocol-dll-frame-timing>

### Literatura:

- [15] Datasheet Simens Micromaster Vector <https://www.sipor.cz/file.php?nid=13753&oid=5600516>

## 9. Seznam příloh

Příloha A – Ovládací panel modelu

Příloha B – Spojení alternátoru s elektromotorem

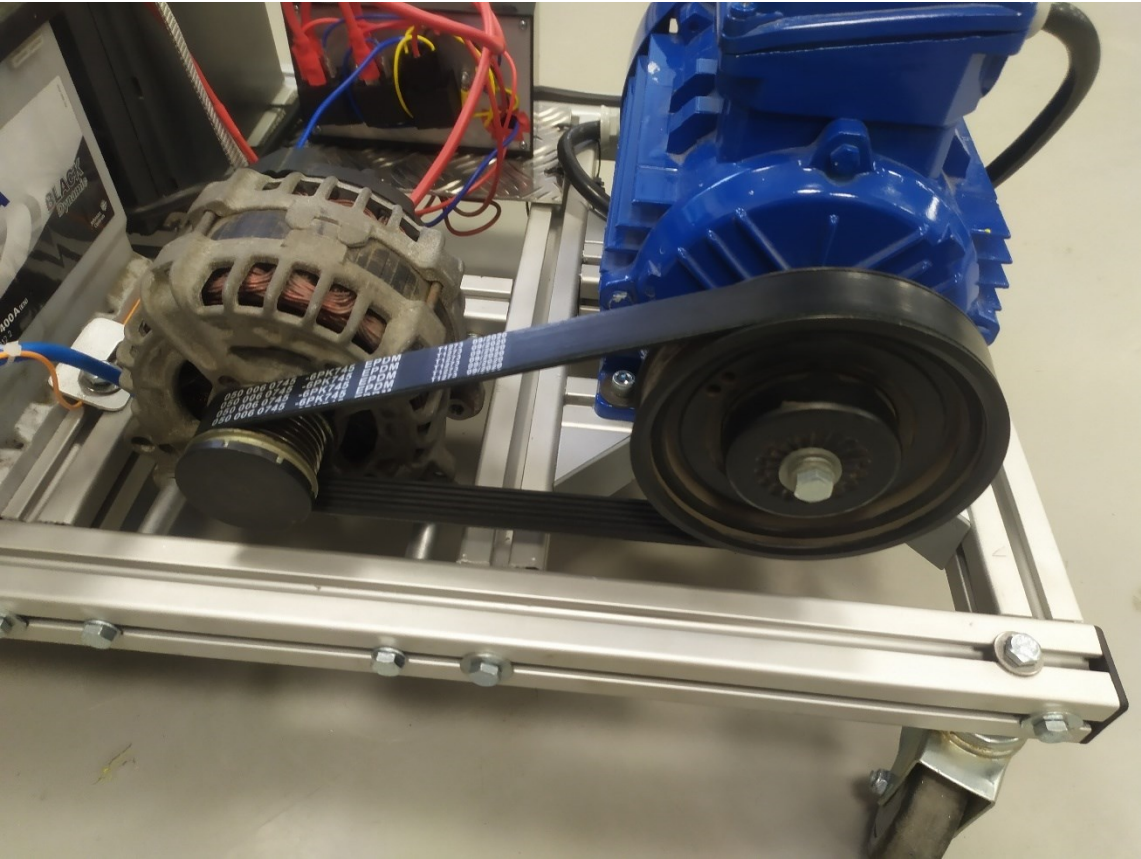
Příloha C – Laboratorní model – zadní strana

Příloha D – Laboratorní model – přední strana

Příloha A:

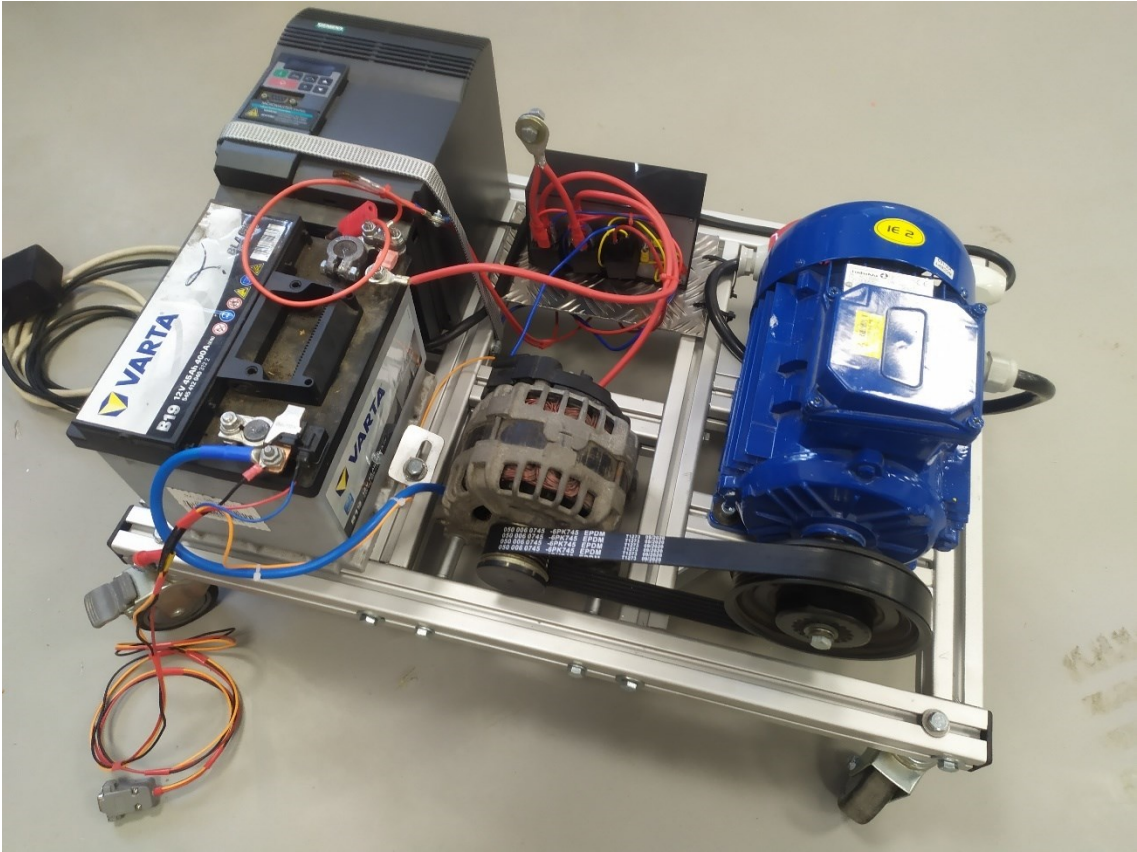


Příloha B:





Příloha C:



Příloha D:

