

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Мирко М. Гордић

**МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКИХ И  
БЕЗБЕДНОСНИХ ПАРАМЕТАРА  
МОТОРНИХ ВОЗИЛА ЊИХОВОМ  
МОДИФИКАЦИЈОМ НА ЕЛЕКТРО-  
ПОГОН**

докторска дисертација

Београд, 2018.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Mirko M. Gordić

**IMPROVEMENT MODEL OF  
ENVIRONMENTAL AND SAFETY  
PARAMETERS OF MOTOR VEHICLES  
MODIFICATED TO ELECTRIC-  
POWERED VEHICLES**

Doctoral Dissertation

Belgrade 2018

---

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ И ЧЛАНОВИМА КОМИСИЈЕ

Ментор:                    Др Владимир Поповић, редовни професор  
                                  Универзитет у Београду, Машински факултет

Чланови комисије:    Др Бранко Васић, редовни професор  
                                  Универзитет у Београду, Машински факултет

                                  Др Саша Митић, ванредни професор  
                                  Универзитет у Београду, Машински факултет

                                  Др Горан Воротовић, доцент  
                                  Универзитет у Београду, Машински факултет

                                  Др Владимир Момчиловић, ванредни професор  
                                  Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

Датум одбране:        \_\_\_\_\_

---

---

---

## ЗАХВАЛНОСТ

Многе захвалности почињу устаљеном фразом: „Постоји много људи којима дугујем захвалност за овај рад“. Међутим, првенствено желим да посветим овај рад и да одам посебно признање својој породици, супрузи Наташи и деци Јовани, Вањи и Немањи, која је са пуно стрпења и толеранције пратила мој развој и настанак ове дисертације. За све ове године, само они знају кроз шта су све прошли са мном.

Желео бих да се захвалим мом директору Милану Божићу, који ми је омогућио ову авантуру под називом „Докторске студије“, на подршци и стрпљењу које је имао за мене пуних једанаест година. Такође, захваљујем се колегиницама и колегама Привредног друштва *AMSS-CMV D.O.O.* у ком сам запослен, а посебно Милану Дошлићу и Весни Радовановић како на моралној тако и на стручној помоћи и подршци. Без посебне молбе велики део мојих редовних обавеза преузели су на себе и на тај начин омогућили да Сектор којим руководим успешно функционише.

Користим прилику да се посебно захвалим проф. др. Славку Муждеки на несебичној помоћи и непосредним сугестијама које су ми значајно помогле у изради дисертације. Такође, захваљујем се и колеги Горану Вујичићу, дипломираном машинском инжењеру, запосленом у Сектору за возила *AMSS-CMV D.O.O.* на пруженој помоћи без које обављени експерименти не би могли бити реализовани.

За добијене савете око организације посла, планирања и спровођења научно истраживачког рада захваљујем се колеги др. Владану Шкеровићу, проф. Др. Чедомиру Дубоки и проф. Др. Владимиру Папићу. Хвала им што су део свог искуства пренели на мене.

---

---

---

Колегама са Машинског факултета, Катедре за моторна возила, а посебно ванредном проф. др. Саши Митићу и асистенту Драгану Стаменковићу, дипломираном машинском инжењеру захваљујем се на техничкој подршци око израде дисертације.

На крају, посебно се захваљујем ментору проф. др. Владимиру Поповићу, који је својим сугестијама и саветима заслужан за успешну израду овог рада, али посебно на вери коју је исказао у мене оног тренутка када се прихватио задатка да ми буде ментор.

---

---

## МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКИХ И БЕЗБЕДНОСНИХ ПАРАМЕТАРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ЊИХОВОМ МОДИФИКАЦИЈОМ НА ЕЛЕКТРО-ПОГОН

### Сажетак

Циљ овог рада је да се донесе мали допринос смањењу глобалног загревања а чији је узрочник сектор транспорта. Посебан акценат је стављен на могућност модификације такозваних конвенцијалних возила у електрична возила, чиме би се извори загађења из густо насељених градских средина преместили у ненасељене делове. Директан допринос био би у побољшању квалитета ваздуха који се удише, што директно утиче на здравствено стање људи.

Рад садржи пет поглавља, која, повезано у целину, представљају студију која би требало да постави основе за доношење или корекцију потребних прописа и процедура за разматрање стратешких пројеката електрификације возног парка у Републици Србији, односно развоја електромобилности посебно у већим и загађеним срединама.

**Кључне речи:** електрично возило, модификација, испитивање, одобрење

**Научна област:** машинско инжењерство

**Ужа научна област:** моторна возила

**УДК:** 629.33-835:(043.3)

621.333(043.3)

---

---

## IMPROVEMENT MODEL OF ENVIRONMENTAL AND SAFETY PARAMETERS OF MOTOR VEHICLES MODIFICATED TO ELECTRIC-POWERED VEHICLES

### Abstract

The aim of this paper is to make a small contribution to reducing global warming which is caused by the transport sector. Special emphasis is placed on the ability to modify the so-called of conventional vehicles to electric vehicles, which would be sources of pollution from densely populated urban areas transferred in uninhabited areas, where direct contribution was to improve the quality of air that is inhaled and which directly affects the health of people.

The paper contains thirteen chapters, which involved the whole, are a study of what should be done for the adoption or correction of necessary regulations and procedures for consideration of strategic projects of electrification of the vehicle fleet in the Republic of Serbia, the development of electro mobility, particularly in larger and more polluted environments.

**Key words:** electric vehicle, modification, testing, approval

**Scientific discipline:** mechanical engineering

**Scientific subdiscipline:** motor vehicles

**UDC: 629.33-835:(043.3)**

**621.333(043.3)**

---

---

---

## САДРЖАЈ

<b>СПИСАК ТАБЕЛА.....</b>	<b>I</b>
<b>СПИСАК СЛИКА.....</b>	<b>IV</b>
<b>УВОД.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА.....</b>	<b>4</b>
1.1 ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА .....	4
1.2 ОСВРТ НА РЕЛЕВАНТНЕ БИБЛИОГРАФСКЕ ИЗВОРЕ .....	5
1.3 ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА И ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ.....	6
1.5 НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКЕ МЕТОДЕ .....	7
1.6 ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС И МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РЕЗУЛТАТА .....	7
1.7 ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА .....	8
<b>2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОГОНА МОТОРНИХ ВОЗИЛА .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 ТРАНСПОРТ, ОДРЖИВИ РАЗВОЈ И ГЛОБАЛНО ЗАГРЕВАЊЕ.....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Опште.....	9
2.1.2 Ефекат стаклене баште .....	12
2.1.3 Природне појаве.....	13
2.1.4 Људски фактор и последице .....	18
2.1.5 Глобалне активности .....	19
<b>2.2 АЛТЕРНАТИВНИ ПОГОНИ.....</b>	<b>29</b>
2.2.1 О алтернативним горивима.....	29
2.2.2 Субвенције држава .....	31
2.2.3 Природни гас .....	32
2.2.3 Начин примене течног нафног гаса и природног гаса код моторних возила .....	35
2.2.4 Водоник као алтернативно погонско гориво.....	44
2.2.5 Возила на електрични погон .....	46
<b>2.3. ЕЛЕКТРИЧНА ВОЗИЛА И КОМПОНЕНТЕ .....</b>	<b>48</b>
2.3.1 Историјски развој електричних возила.....	48
2.3.2 Врсте електричних возила и њихове компоненте .....	53
2.3.2.1 Батеријска (чиста) електрична возила (BEV) .....	54
2.3.2.2 Хибридна електрична возила и „Plug-in“ хибридна електрична возила .....	55

---

---



---

2.3.2.3 Електрична возила покретана горивим ћелијама .....	56
2.3.3 Извори електричне енергије – акумулатори и батерије .....	57
2.3.3.1 Оловни акумулатори.....	58
2.3.3.2 Никл кадмијумске батерије NiCd .....	58
2.3.3.3 Никл метал хидрид батерије NiMH .....	60
2.3.3.4 Литијум јонске батерије .....	61
2.3.3.5 Цинк бромидне батерије.....	63
2.3.3.6 Натријум никл хлорид и натријум сумпор батерије .....	64
2.3.3.7 Цинк ваздух батерије.....	65
2.3.3.8 Сребро-цинк батерије .....	66
2.3.3.9 Алуминијум ваздух батерије.....	66
2.3.3.10 Други типови алуминијумских батерија .....	68
2.3.3.11 Суперкондезатори .....	68
2.3.3.12 Гориве ћелије.....	71
2.3.4 Мотори електричних возила .....	72
2.3.4.1 Електромотор једносмерне струје са четкицама .....	73
2.3.4.2 Електромотори без четкица.....	74
2.3.4.3 Преклопни отпорни мотор .....	76
2.3.4.4 Индукциони мотор.....	77
2.3.4.5 Серво мотори.....	79
2.3.4.6 Поређење мотора.....	80
2.3.5 Контролери електромотора.....	85
2.3.5.1 Контролери за стартовање мотора.....	87
2.3.5.2 Стартери који редукују напон.....	88
2.3.5.3 Контролери за подешавање брзина .....	88
2.3.5.4 Интелигентни контролери.....	89
2.3.5.5 Заштитна функција контролера .....	89
2.3.5.6 Заштита од пада напона.....	90
2.3.5.7 Контролери серво мотора.....	90

---

---

2.3.6 Управљање системом батерија (Battery Management System – BMS).....	93
2.3.6.1 Количина енергије – мерење струје .....	95
2.3.6.2 Мерење напона и продужење века батерије .....	95
2.3.6.3 Праћење температуре .....	97
2.3.6.4 Алгоритам .....	98
2.3.6.5 Остали блокови БМС-а.....	98
2.3.7 Остали елементи и компоненте система.....	98
2.3.7.1 Пуњачи.....	99
2.3.7.2 Остали електрични системи на електричном возилу.....	100
<b>2.4 КОНЦЕПТИ ГРАДЊЕ ЕЛЕКТРОВОЗИЛА .....</b>	<b>102</b>
2.4.1 Конструкцијски концепт .....	102
2.4.2 Карактеристични представници нових возила.....	103
2.4.2.1 BMW i3 .....	103
2.4.2.2 NISSAN LEAF .....	104
2.4.2.3 VOLKSWAGEN e-GOLF.....	106
2.4.2.4 RENAULT ZOE ZE40 .....	107
2.4.2.5 TESLA S 85.....	108
2.4.2.6 Rimac Concept One .....	110
2.4.3 Карактеристичне изведбе преправљених возила .....	111
2.4.3.1 SMART.....	111
2.4.3.2 FIAT PUNTO .....	112
2.4.4. Регенеративно кочење .....	114
2.4.4.1 О систему.....	114
<b>2.5 ИНФРАСТРУКТУРА .....</b>	<b>116</b>
2.5.1 Опште напомене .....	116
<b>2.6 ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>118</b>
<b>3. МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА МОДИФИКАЦИЈЕ ВОЗИЛА СА</b>	
<b>КОНВЕНЦИОНАЛНИМ ПОГОНОМ У ЧИСТО ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН</b>	<b>127</b>
<b>3.1. ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ОПРАВДАНОСТ МОДИФИКАЦИЈЕ .....</b>	<b>127</b>
3.1.1 Трошкови радне снаге .....	127
3.1.2 Трошкови компонента возила.....	130
3.1.3 Анализа трошкова животног циклуса .....	131

---

---

<b>3.2 МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПАРАМЕТАРА ВУЧНО - ДИНАМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ВОЗИЛА У ПОСТУПКУ КОНСТРУИСАЊА .....</b>	<b>132</b>
3.2.1 Фаза 1 – Планирање.....	134
3.2.2 Фаза 2 – Избор компоненти .....	134
3.2.3 Фаза 3 – Дефинисање улазних величина .....	135
3.2.4 - Фаза 4 – Вучно-динамички прорачун .....	137
3.2.5 - Фаза 5 – Анализа добијених резултата .....	138
3.2.6 - Фаза 6 – Усвајање потребних корекција .....	139
3.2.7 - Фаза 7 – усвајање добијених резултата .....	139
3.2.8 Пример оптимизације .....	140
3.2.8.1 - Фаза 1 – Планирање.....	140
3.2.8.2 - Фаза 2 – Избор компоненти .....	142
3.2.8.3 - Фаза 3 - Дефинисање улазних величина.....	143
3.2.8.4 - Фаза 4 – Вучно-динамички прорачун .....	148
3.2.8.5 - Фаза 5 – Анализа добијених резултата .....	150
3.2.8.6 - Фаза 6 – Усвајање потребних корекција.....	151
3.2.8.7 - Фаза 7 – усвајање добијених резултата.....	153
<b>3.3 ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>153</b>
<b>4. АНАЛИЗА ТЕХНИЧКИХ ЗАХТЕВА И МЕТОДОЛОГИЈА ИСПИТИВАЊА ВОЗИЛА КОЈЕ ЈЕ МОДИФИКОВАНО СА КОНВЕНЦИОНАЛНОГ НА ЧИСТО ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН .....</b>	<b>155</b>
<b>4.1 ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ ЗА ВОЗИЛА .....</b>	<b>156</b>
4.1.1 Увод .....	156
4.1.2 Појмови и дефиниције.....	157
4.1.3 Захтеви за одобрење типа возила .....	165
4.1.4 Захтеви за појединачно одобрење модификације у чисто електрична возила .....	173
<b>4.2 АНАЛИЗА СТАЊА У ЗЕМЉАМА У ОКРУЖЕЊУ И У ЕВРОПИ .....</b>	<b>176</b>
4.2.1 Увод .....	176
4.2.2 Анкета .....	179
<b>4.3 ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ И АУТОНОМИЈА КРЕТАЊА .....</b>	<b>188</b>
4.3.1 Опис методе према хомологационим правилницима .....	188
4.3.2 Експериментално испитивање .....	196
<b>4.4 ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>209</b>
<b>5. ЗАКЉУЧЦИ .....</b>	<b>212</b>
<b>БИОГРАФИЈА .....</b>	<b>218</b>

---

---

<b>ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ .....</b>	<b>220</b>
<b>ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА .....</b>	<b>221</b>
<b>ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ .....</b>	<b>222</b>

---

---

## СПИСАК ТАБЕЛА

- T.2.1 – Емисија угљен диоксида у појединим секторима индустрије
- T.2.2 – Светска потрошња енергије у сектору транспорта из 2000. године
- T.2.3 – Основне карактеристике возила *BMW i3*
- T.2.4 – Основне карактеристике возила *NISAN LEAF*
- T.2.5 – Основне карактеристике возила *e-Golf*
- T.2.6 – Основне карактеристике возила *Renault Zoe*
- T.2.7 – Основне карактеристике возила *Tesla S 85*
- T.2.8 – Основне карактеристике возила *Rimac Concept One*
- T.2.9 – Основне карактеристике модификованог возила *SMART*
- T.2.10 – Основне карактеристике модификованог возила *Fiat Punto*
- T.3.1 - Оквирне цене компоненти које се уграђују у електрична возила
- T.3.2 - Упореди приказ трошкова набавке и употребе возила за узет период од 5 година и пређену километражу од 200000 km
- T.3.3 – Карактеристике возила предвиђеног за модификацију
- T.3.4 – карактеристике изабраних батерија
- T.3.5 – Карактеристике трофазног асинхроног мотора произвођача „*STOJA*“
- T.3.6 – Вредности преносних односа у уграђеном мењачком преноснику
- T.3.7 – Основне карактеристике модификованог возила
- T.3.8 – Коефицијент отпора котрљању у зависности од брзине
- T.3.9 – Густина ваздуха за распон температура 0-40°C
- T.3.10 – Отпор котрљању у зависности од брзине
- T.3.11 – Отпор успона у зависности од нагиба пута

- 
- T.3.12 – Отпор ваздуха у зависности од брзине
- T.3.13 – Снага потребна за савлађивање отпора котрљању
- T.3.14 – Снага потребна за савлађивање отпора ваздуха
- T.3.15 – Потребна снага за савлађивање отпора успона
- T.3.16 – Снага на точку за различите брзине кретања
- T.3.17 – Бројеви обртаја мотора за прорачун
- T.3.18 – Угаона брзина мотора
- T.3.19 – Угаона брзина на точку
- T.3.20 – Брзина возила
- T.3.21 – Снага и момент добијени прорачуном
- T.3.22 – Вучна сила у зависности од брзине возила за појединачне степене преноса
- T.3.23 – Отпор пута у зависности од брзине за кретање по равном путу
- T.3.24 – Отпори успона у зависности од брзине
- T.3.25 – Вучне силе при константној максималној снази мотора
- T.3.26 – Одређивање динамичке карактеристике
- T.3.27 - Отпори пута у зависности од брзине
- T.3.28 – Убрзање возила у зависности од брзине и изабраног степена преноса
- T.4.1 – Упоредни приказ захтева за возила која се производе у неограниченој серији врсте *M1* и *N1*
- T.4.2 – Правилници чији поједини делови садрже битне информације везане за додатне захтеве које возила погоњена електричним погоном морају да задовоље у односу на возила погоњена моторима са унутрашњим сагоревањем
- T.4.3 – Земље и организације које су учествовале у анкети
- T.4.4 – Одговори на постављен упит
- T.4.5 – Елементарни градски циклус – задати параметри
-

- 
- T.4.6 – Ван градски циклус – задати параметри
- T.4.7 – Приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње измерене електричним бројилом за модификовано возило *FIAT PUNTO*
- T.4.8 – резултати испитивања модификованог возила *FIAT PUNTO*
- T.4.9 – приказ потрошње енергије модификованог возила *FIAT PUNTO* са и без утицаја регенеративног кочења
- T.4.10 – Упоредни резултати мерења аутономије кретања модификованог возила *FIAT PUNTO*
- T.4.11 – Резултати потрошње енергије добијени читавањем са бројила електричне енергије и сведени на 100 km пређеног пута
- T.4.12 – Упоредни приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње модификованог возила *FIAT PUNTO* измерене читавањем са електричног бројила и из уређаја за управљање системом батерија и сведене на 100 km пређеног пута
- T.4.13 – Приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње модификованог возила *FIAT PUNTO* добијене из уређаја за управљање системом батерија и сведене на 100 km пређеног пута
- T.4.14 - Приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње измерене електричним бројилом за возило *VOLKSWAGEN E-GOLF*
- T.4.15 – Скраћени приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње измерене електричним бројилом за возило *VOLKSWAGEN E-GOLF*

---

## СПИСАК СЛИКА

- Сл.2.1 – Биланс сунчеве енергије који долази до Земље
- Сл.2.2 – Шематски приказ компонената електричног возила
- Сл.2.3 – *BMW i3*
- Сл.2.4 – *NISSAN LEAF*
- Сл.2.5 – *VOLKSWAGEN E-GOLF*
- Сл.2.6 – *RENAULT ZOE*
- Сл.2.7 – *TESLA S 85*
- Сл.2.8 – *RIMAC CONCEPT ONE*
- Сл.2.9 – *SMART* модификован
- Сл.2.10 – *FIAT PUNTO* модификован
- Сл.3.1 – Спољна брзинска карактеристика трофазног асинхроног мотора произвођача „*STOJA*“
- Сл.3.2 – Зависност отпора котрљању од брзине
- Сл.3.3 - Расподела оптерећења и положај тежишта
- Сл.3.4 – Зависност отпора котрљању од брзине
- Сл.3.5 – Зависност отпора успона од нагиба пута
- Сл.3.6 – Зависност отпора ваздуха од брзине
- Сл.3.7 – Потребна снага за савлађивање отпора котрљању у зависности од брзине
- Сл.3.8 – Потребна снага за савлађивање отпора ваздуха у зависности од брзине
- Сл.3.9 – Потребна снага за савлађивање отпора успона при различитим нагибима у зависности од брзине
- Сл.3.10 - Снага на точку у зависности од брзине кретања
- Сл.3.11 – Одређивање максималне брзине возила



---

Сл.3.12 – Вучни дијаграм

Сл.3.13 – Динамичка карактеристика

Сл.3.14 - Убрзање возила у зависности од брзине и изабраног степена преноса

Сл.3.15 – Реципрочна вредност убрзања возила у зависности од брзине и изабраног степена преноса

Сл.3.16 – Време залета

Сл.3.17 – Пут залета

Сл.3.18 - Спољна брзинска карактеристика фабричког дизел и уграђеног електромотора

Сл.3.19 - Биланс снаге возила пре модификације (пуна линија) и након након модификације (испрекидана линија)

Сл.3.20 - Вучни дијаграм возила пре модификације(испрекидана линија) и након модификације (пуна линија)

Сл.3.21 - Дијаграми убрзања возила пре модификације (испрекидана линија) и након модификације (пуна линија)

Сл.3.22 - Време залета пре (испрекидана линија) и после (пуна линија) преправке

Сл.3.23 - Вучни дијаграм пре модификације (тачкаста линија), после модификације (испрекидана линија) и након уградње редуктора на ЕМ (пуна линија)

Сл.3.24 - Дијаграм убрзања пре модификације (тачкаста линија), после модификације (испрекидана линија) и након уградње редуктора на ЕМ (пуна линија)

Сл.4.1 – Тест секвенца за мерење потрошње електричне енергије према УН Правилнику бр. 101

Сл.4.2 – Елементарни градски циклус

Сл.4.3 – Ван градски циклус

---

## УВОД

Када се помене глобално загревање, прва асоцијација је на све већи број возила која се користе у саобраћају као и на издувне гасове које та возила емитују. Глобално загревање је последица стварања појачаног ефекта стаклене баште. Анализе су показале да је од 1800. године просечна температура порасла за 0,7°C.

Због пораста загађења атмосфере, молекули у атмосфери све више апсорбују сунчеву топлоту што за последицу има пораст температуре. Ова појава се јавила као последица промене састава гасова у атмосфери наше планете, што је директна последица коришћења све већег броја хемијских једињења у свакодневном животу.

Јасно је да без гасова који изазивају ефекат стаклене баште живот на планети не би био могућ. Међутим, људским активностима у претходном периоду човечанство је дошло до тачке када се мора запитати шта ће се десити са планетом на којој живимо у наредном периоду уколико не почнемо да размишљамо о њој.

Циљ овог рада је давање малог доприноса смањењу глобалног загревања, а чији је узрочник сектор транспорта. Посебан акценат је стављен на могућност модификације такозваних конвенционалних возила у електрична возила, чиме би се извори загађења из густо насељених градских средина преместили у ненасељене делове. Директан допринос био би у побољшању квалитета ваздуха који се удише, што директно утиче на здравствено стање људи.

Рад садржи пет поглавља, која, повезано у целину, представљају студију која би требало да постави основе за доношење или корекцију потребних прописа и процедура за разматрање стратешких пројеката електрификације возног парка у Републици Србији, односно развоја електромобилности посебно у већим и загађеним срединама. У раду је дата и конкретна метода за одобрење појединачно преправљеног возила са конвенционалним погоном на електро-погон, чиме је

---

ућињен покушај да се допринесе уређењу области оцењивања усаглашености преправки возила у употреби.

Прво поглавље описује предмет, циљ и хипотезе истраживања. У њему су дати разлози и објашњење везана за начин настајања овог рада.

Друго поглавље описује преглед стања у области електричног погона моторних возила. Описани су проблеми глобалног загревања, узроци настанка као и акције које светске организације спроводе како би се постојећи тренд загревања, који није баш повољан по човечанство и живот на планети, смањило и довео у неке нормалне оквире. У даљем тексту описана су алтернативна горива, извори алтернативних горива и могућности употребе истих у сектору транспорта. Уз захтеве да морају бити јефтинија и чистија, разматране су могућности употребе и комбиновања са конвенционалним врстама горива и употребом на постојећим моторима са унутрашњим сагоревањем који раде по OTTO или DIESEL циклусу. Описана су електрична возила, али не у смислу конструкције, већ у погледу компоненти које се користе. Дат је осврт и на историјски развој где се дошло до интересантног сазнања да су у самом почетку развоја аутомобила примат имала електрична возила. Дати су концепти градње електричних возила и примери најзаступљенијих светских произвођача који су започели серијску производњу чисто електричних возила, уз приказ најбитнијих карактеристика тих возила. Такође, наглашене су основне смернице за развој инфраструктуре за подршку електромобилности како у свету тако и у Републици Србији.

Циљ овог поглавља је, између осталог и идентификација предмета неких будућих истраживања.

Треће поглавље бави се методологијом пројектовања модификације возила са погоном мотором са унутрашњим сагоревањем у чисто електрични погон. Дата је анализа економске оправданости модификације на једном примеру. Конкретно, анализа директно пореди трошкове експлоатације једног конвенционалног возила и потенцијало модификованог електричног возила исте врсте намењеног за исту употребу. Описана је метода оптимизације вучно динамичких карактеристика возила у поступку конструисања и то у теоријском смислу, а и у практичној

---

примени на возилу које је модификацијом преправљено у чисто електрично возило.

Четврто поглавље се бави питањима хомологације, односно одобрења возила. Дат је, табеларно, приказ захтева које треба да испуни возило погоњено мотором са унутрашњим сагоревањем, такозвано конвенционално возило, и електрично возило. Направљен је пресек у којим прописима се захтеви за возила са ове две различите врсте погона разликују и дат осврт на разлике у поменутиим захтевима.

Након тога извршена је анализа стања у окружењу у земљама и Европске уније а и неким светским земљама. Истраживање је извршено преко међународне организације „СИТА“ и директним контактом са надлежним установама појединих земаља.

Истраживањем стања и доступних метода за оцену преправке возила дошло се до закључка да за појединачно одобрење није рационално, а ни потребно реализовати сва испитивања која се реализују у циљу хомологације возила. У том смислу реализована су експериментална истраживања ради дефинисања методе експерименталног утврђивања потрошње енергије и аутономије кретања, као најзначајнијих параметара перформанси возила са електричним погоном. Реализована су испитивања како у насумично-комбинованим, градским условима и условима отвореног пута, тако и прописаним циклусима вожње који се примењују како на динамометрским ваљцима тако и на испитним стазама. Дати резултати указују на могућност примене предложене методе на утврђивања одређених параметара код модификованих возила, а што и јесте циљ рада.

У петом поглављу дати су закључци рада и предлози за даља истраживања и кораке.

---

## **1. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА**

Иако се сматра да је електрични погон новијег датума у односу на конвенционални, чињеница је да почетак развоја електричних возила датира још из далеке 1839. године, а да је развој електричних и возила које погони мотор са унутрашњим сагоревањем текао готово паралелно до почетка двадесетог века. На првом сајму аутомобила у Њујорку 1901. године, било је приказано 23 електрична, са једне стране, и укупно 58 парних и бензинских аутомобила заједно, са друге стране.

Аутомобил погоњен мотором са унутрашњим сагоревањем добијао је све више на значају због своје лакоће пуњења, покретљивости, брзине и аутономије, а проналаском извора нафте дошло је до смањења цене горива, бржег развоја нових генерација мотора са унутрашњим сагоревањем, па је самим тим и развој електричних возила остао по страни.

Данас аутомобили на електрични погон поново постају актуелни баш због потребе смањења емисије издувних гасова и спасавања планете на којој живимо. Ова дисертација би требало, између осталог, да подржи повратак електровозила на глобалну сцену.

### **1.1 ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА**

Проблем истраживања овог рада јесте изналажење методе којом би се на адекватан начин прописали услови за модификације – преправке возила која се погоне моторима са унутрашњим сагоревањем у возила погоњена чисто електричним погоном.

Да би се сагледало стање у области одобравања возила на електрични погон, дат је осврт и на серијски произведена возила, као и на релевантне међународне прописе који дефинишу услове и начине испитивања која ова возила морају да

---

испуне пре пуштања у саобраћај. У том смислу анализирани су начини изградње таквих возила у смислу техничких решења погона.

Упоредиће се услови које морају да задовоље ново произведена возила у циљу уочавања разлика између захтева за возила погоњених мотором са унутрашњим сагоревањем и возила погоњеним електричним погоном.

Приказана је метода оптимизације параметара вучно-динамичког прорачуна једног модификованог возила, а у погледу аутономије кретања и потрошње енергије извршена су одређена испитивања и добијени одређени резултати.

Проблем у овом истраживању лежи у чињеници што употреба електричних возила још увек није масовна посебно у Републици Србији, као и у чињеници да не постоји пратећа инфраструктура, тако да ће се поједини делови ове дисертације заснивати на анализама стања земаља из окружења. Додатни проблем који је тренутно присутан јесте тај што је практично јако тешко пронаћи довољан број чисто електричних возила за спровођење испитивања како би се резултати испитивања могли статистички средити и упросечити, а касније и поредити са резултатима добијеним испитивањем истим методама али чисто електричних возила добијених модификацијом.

## **1.2 ОСВРТ НА РЕЛЕВАНТНЕ БИБЛИОГРАФСКЕ ИЗВОРЕ**

Основни извори који ће се користити приликом израде овог рада су:

- Доступни страни часописи (Automotive Testing Technology International)
- Интернет база радова Кобсон (International Journal of Vehicle Design, International Journal of Heavy Vehicle Systems)
- Постојеће стране стручне књиге (Electric and Hybrid Vehicles - Gianfranco Pictoria, *Understanding Automotive Electronics* – Ribbens, William)
- Директиве Европске уније између осталих и: Directive 2010/48/EU, Directive 2009/40/EC; Directive 2007/46/EC; Directive 2014/45/EU

- 
- УН Правилници који су део међународног Споразума о усвајању једнообразних техничких прописа за возила са точковима, опрему и делове који могу бити уграђени и/или коришћени на возилима са точковима и условима за узајамно признавање додељених хомологација на основу ових прописа,
  - Информације сакупљене кроз испитивања возила која се обављају од стране АМСС-ЦМВ д.о.о.

### **1.3 ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА И ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ**

Поред тежишног циља, рад треба да прикаже и општи преглед стања у области електричног погона моторних возила у погледу:

- транспорта, одрживог развоја и глобалног загревања,
- алтернативних горива за погон моторних возила,
- електричних возила и њихових компоненти,
- концепата градње електричних возила,
- услова за развој адекватне инфраструктуре за подршку употреби електричних возила,
- закључака и предлога за даља истраживања.

*Основна научна хипотеза* од које се полази у овом раду јесте да на глобалном нивоу постоје међународни споразуми као и прописи који дефинишу услове које морају да испуне ново произведена возила погоњена како моторима са унутрашњим сагоревањем тако и електричним моторима. Како се све више јавља потреба за испитивањем возила која се неком врстом модификације претварају у чисто електрична возила, основни циљ јесте да се у условима ограничених ресурса у погледу опреме добију адекватни резултати који ће бити применљиви у будућим испитивањима.

---

## 1.5 НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКЕ МЕТОДЕ

У дисертацији су коришћене познате и признате научно-истраживачке методе које би требало додатно да допринесу разјашњењу проблема везаних за истраживање параметара возила која су предмет дисертације, и то:

- Метода теоријске анализе – проучавање досадашњих теоријских сазнања и најновијих емпиријских резултата везаних за предмет дисертације,
- Методе прикупљања, обраде и анализе података,
- Метода испитивања – експериментална истраживања радних параметара у реалном окружењу,
- Компаративна методе – упоређивање добијених резултата са постојећим резултатима, као и међународним и националним стандардима,

Претпоставља се да су предложене методе потребне и довољне да се потпуно, јасно и темељно представи и анализира проблем на бази једног мултидисциплинарног приступа.

## 1.6 ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС И МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РЕЗУЛТАТА

- Развој система за оптимизацију и испитивање возила која су модификована на електрични погон, као и методе за објективну оцену стања система одговорних за безбедност возила као и процену техничких карактеристика и перформанси возила која тек треба модификовати,
- Унапређење постојећих прописа и стандарда који се користе приликом испитивања употребљаваних и преправљаних возила
- Оптимизација техничко-експлоатационих карактеристика возила у погледу безбедности и комфора.
- Идентификација стања на основу меродавних параметара, које је потребно континуирано пратити (систем аквизиције, базе података, софтвер, математичко моделирање).
- Могућност широке примене резултата истраживања и њихова интеграција у пракси током процеса испитивања и одлучивања о избору возила.



---

## 1.7 ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Основна структура докторске дисертације обухвата:

- Уводна разматрања,
- Проблем истраживања,
- Предмет и циљ истраживања,
- Истраживање постојећег стања у области електричног погона електричних возила,
- Методологију пројектовања модификације возила са погоном мотором са унутрашњим сагоревањем у чисто електрични погон,
- Техничке захтеве и методологију испитивања у циљу модификације возила са погоном мотором са унутрашњим сагоревањем у чисто електрични погон,
- Експериментално одређивање потрошње енергије и аутономије кретања једног електричног возила добијеног модификацијом конвенцијалног и поређење резултата са фабрички произведеним електричним возилом одобреног типа,
- Анализу резултата истраживања и
- Закључке разматрања и предлоге за даља истраживања.

Приказана структура докторске дисертације са напред приказаним предметом, циљем, програмом, хипотезама, применом научних метода, очекиваним научним доприносом и структуром дисертације указује на актуелност остварења могућих оригиналних научних резултата у овој научној области.

---

## 2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ ЕЛЕКТРИЧНОГ ПОГОНА МОТОРНИХ ВОЗИЛА

### 2.1 ТРАНСПОРТ, ОДРЖИВИ РАЗВОЈ И ГЛОБАЛНО ЗАГРЕВАЊЕ

#### 2.1.1 Опште

Глобално загревање представља неуобичајено брз пораст просечне температуре земљине површине. Овај феномен је препознат у претходном веку а последица је појачане емисије гасова који проузрокују ефекат стаклене баште.

Наиме, кроз дугогодишњу историју, Земља је пролазила кроз периоде наизменичног загревања и хлађења. Клима се мењала у зависности од сунчеве светлости коју је примала и која је зависила од разних поремећаја у атмосфери. Међутим, у прошлом веку, идентификована је још једна сила која утиче на промену климе. То је човечанство.

Планета Земља припада Сунчевом систему. Стога, и клима која влада на земљи зависи од енергије сунца. Глобално, током године, Земља кроз површину, океане и атмосферу апсорбује око 240W сунчеве енергије по квадратном метру. Апсорбована Сунчева енергија покреће земаљски систем: процес фотосинтезе, испаравања горива, отапање снега и леда и загревање земље.

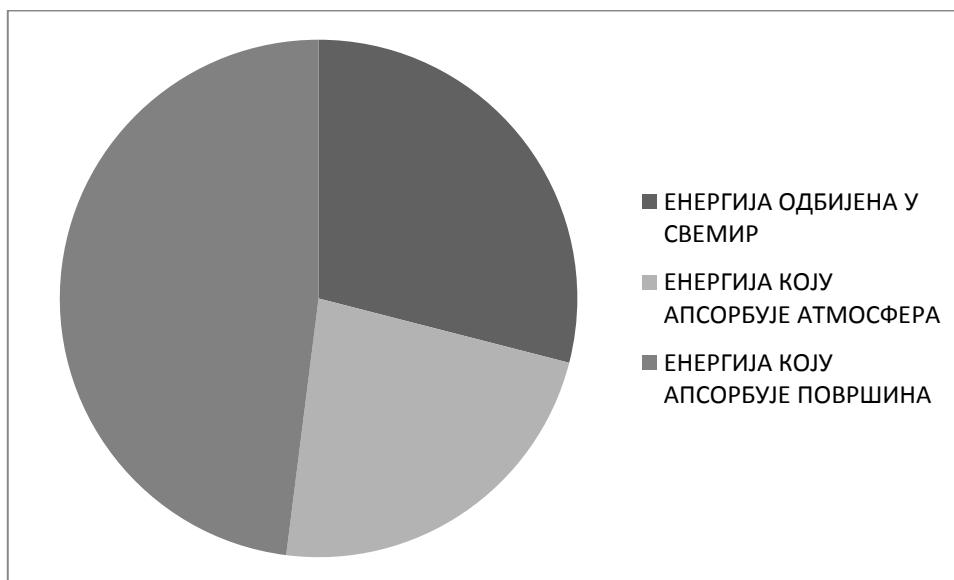
Због њеног сферног облика Сунце не загрева Земљу подједнако. Области око екватора више се загревају од области око полова. Атмосфера и океани без престанка раде на изједначавању ових разлика путем кружења воде у природи, циркулацијом воде и ваздуха. Овај упарени процес познат је под називом Земљин топлотни мотор (*Earth's heat engine*)[1].

Његов задатак није само да равномерно распоређује примљену топлоту од екватора према половима, већ и да неапсорбовану топлоту са површине и нижих делова атмосфере врати назад у свемир. У супротном, када овог процеса не би било, Земља би се непрекидно загревала. Температура не расте зато што

---

површина Земље и атмосфера константно зраче одређену количину топлоте у свемир. Овај проток енергије назива се Земљин енергетски буџет (*Earth's energy budget*). Да би температура на Земљи била стабилна дужи временски период, количина долазне и одлазне енергије мора бити у равнотежи (radiative equilibrium).

Око 29% сунчеве енергије која долази на врх атмосфере одбија се назад у свемир. Узрок томе су светле површине на земљи као што су снег и лед, облаци али и честице које се налазе у атмосфери. Ова енергија нема никаквог утицаја на климу на Земљи. Око 23% долазеће сунчеве енергије апсорбује атмосфера кроз водену пару, прашину и озон, а 48% енергије прође кроз атмосферу и апсорбује је површина. Другим речима, земаљски систем апсорбује око 71% укупне долазеће сунчеве енергије [1].



Сл. 2.1 Биланс сунчеве енергије који долази до Земље

Када неки предмет апсорбује енергију, атоми и молекули који чине тај предмет постају побуђени и почињу да се крећу брже. Ово убрзано кретање узрокује повећање температуре предмета. Када би предмет само апсорбовасо енергију, температура тог предмета би била у непрекидном порасту.

Међутим, то свакако није случај у Земљином систему. Температура не расте бесконачно зато што атоми и молекули поред апсорбције такође и емитују енергију у виду топлоте. Познато је да је количина топлоте којом нека површина

---

зрачи сразмерна четвртом степену његове температуре [2]. То конкретно значи да уколико се температура неког тела удвостручи, фактор пораста зрачења ће износити 16. Велико повећање топлотних губитака у односу на релативно мало повећање температуре представља примарни механизам који спречава прекомерно загревање Земље.

Да би просечна температура Земље била непромењена, потребно је да количина сунчеве енергије која се апсорбује кроз атмосферу и површину буде и емитована кроз зрачење. Међутим, релативна расподела апсорбоване и емитоване енергије атмосфере и површине је асиметрична. Наиме, атмосфера апсорбује 23% енергије док површина апсорбује 48%. Када је реч о зрачењу, атмосфера емитује 59% а површина свега 12% енергије. Да би се ова појава објаснила морају се посебно посматрати процеси који се дешавају на површини Земље, на ивици атмосфере где сунчева енергија улази у систем, и унутар атмосфере. Да би се остварила равнотежа енергије, земаљска површина кроз копно и океане треба да емитује 48% апсорбоване енергије. То се дешава кроз три процеса: испарењем, преношењем и инфрацрвеним зрачењем (топлотом). Око 25% сунчеве енергије напусти површину кроз испарење. Течни молекули воде апсорбују сунчеву енергију и мењају фазу из течности у гас. Топлотна енергија која се утроши за испарење воде је прикривена и унутар молекула шири се атмосфером. Када се пара кондензује у кишу, ова прикривена топлотна енергија се ослобађа у атмосферу. Испарења из океана и накнадно ослобађање прикривене енергије су главни механизми топлотног мотора.

Додатних 5 % долазеће сунчеве енергије напушта површину преношењем. Ваздух у додиру са загрејаном површином постаје топлији и живахнији. Генерално, атмосфера је топлија при површини, а хладнија на већим висинама. Под овим околностима загрејан ваздух иде горе одводећи топлоту са површине.

Коначно, количина од око 17% долазеће сунчеве енергије напушта површину кроз инфрацрвено зрачење, односно кроз топлоту преко атома и молекула са површине. Овај нагоре усмерен флуks је резултанта два мођусобно супротна флуksа: топлотно простирање усмерено од површине на горе (117%) и топлотно простирање из атмосфере према површини (100%). Овај резултујући флуks је део ефекта стаклене баште.

---

### *2.1.2 Ефекат стаклене баште*

Када се говори о ефекту стаклене баште, првенствено треба објаснити који су гасови у питању који стварају овај ефекат. Гасови који изазивају ефекат стаклене баште су гасови у атмосфери који апсорбују и емитују топлоту. У главне представнике спадају водена пара, угљен диоксид, метан, азот оксид и озон.

Ефекат стаклене баште је пресудан за живот на Земљи. Представља процес апсорпције и зрачења топлоте кроз атмосферу [3]. Без овог ефекта просечна температура на Земљиној површини би била око  $-18^{\circ}\text{C}$  уместо садашњих  $15^{\circ}\text{C}$ . Раније је приказан баланс енергије која се апсорбује и реемитује. Апсорбована сунчева енергија греје нашу планету.

Као и стене, ваздух и загрејана мора зраче топлотну енергију. Са површине, енергија путује у атмосферу где већином бива апсорбована од стране водене паре и дуговечних гасова који изазивају ефекат стаклене баште као што су угљен диоксид и метан. Када они апсорбују енергију коју зрачи Земљина површина, микроскопски молекули воде или гасова који изазивају ефекат стаклене баште претварају се у мале грејаче, као што је жар у камину, који и када нема ватре емитују топлоту. Енергија коју емитују простире се у свим правцима и враћа се према Земљи загревајући и атмосферу и површину, појачавајући грејање које Земља добија директно од сунчеве енергије.

Оно што су научници открили јесте да је кроз протеклих 250 година човечанство значајно утицало на пораст концентрације гасова који изазивају ефекат стаклене баште у атмосфери и да је и даље све већа стопа раста углавном као последица сагоревања фосилних горива. Од почетка индустријске револуције, око 1750 године, ниво угљен диоксида је порастао за скоро 38% а ниво метана за 148%.

Данас атмосфера садржи више молекула гасова који изазивају ефекат стаклене баште, тако да више инфрацрвене енергије (топлоте) коју емитује површина заврши као апсорбована у атмосфери. Како се део екстра добијене енергије враћа доле, температура површине Земље расте. Повећањем концентрације гасова који

---

изазивају ефекат стаклене баште, од Земљине атмосфере правимо ефикаснију стаклену башту.

У прошлости, Земља је искусила климатске промене без утицаја људи. О томе постоје докази у годовима на дрвећу, слојевима леда на глечерима, коралним гребенима, седиментним стенама итд. На пример, мехурићи ваздуха заробљени у леду глечера представљају узорке Земљине атмосфере који дају научницима увид у историју гасова који утичу на стварање ефекта стаклене баште и који могу бити стари и преко 800000 година. Из хемијског састава леда могу се извући закључци о просечним температурама.

Користећи древне доказе научници су направили пројекцију климатских услова на Земљи. Ова пројекција приказује како ледена доба која су се догађала у прошлости, тако и периоде када је било топлије него што је данас. Ова пројекција такође открива да се пораст температуре и промена климе дешава много брже него што је то био случај у претходним периодима када су се овакве ствари дешавале.

Од последњег леденог доба температура на глобалном нивоу је порасла за неких 4 до 7°C кроз период од неких 5000 година. Само у прошлом веку, температура се попела за 0,7°C, што је, угрубо говорећи, десет пута брже од просечне стопе загревања у периоду опоравка Земље од леденог доба.

Климатска пројекција предвиђа да ће се Земља загрејати између 2°C и 6°C у наредном веку. Након последица глобалног загревања које се дешавало у претходних два милиона година, планети Земљи је требало око 5000 година да се загреје 5°C. Предвиђена стопа раста за следећи век је 20 пута брже. Ова стопа промене је екстремно неуобичајена.

### ***2.1.3 Природне појаве***

Пре индустријске револуције, климатске промене су биле проузроковане природним процесима а не људским активностима. Најчешће, глобалне климатске промене су настајале због варијација у количини сунчеве светлости. Количина сунчеве енергије која долази на Земљу зависи од више фактора међу којима су

---

састав и ситна колебања унутар атмосфере, промене у самом Сунцу. Вулканске ерупције генеришу честице које рефлектују сунчеву светлост повећавајући светлосни интензитет и хладећи климу. Вулканске активности су такође у прошлости милионима година повећавале количину гасова који изазивају ефекат стаклене баште даље доводећи до глобалног загревања. Ови природни процеси су и даље актуелни али је њихов утицај толико мали или се дешавају толико ретко да се не могу сматрати узрочницима убрзаног загревања које је примећено последњих неколико деценија. То се зна јер се непрестано прате природне и људске активности и утицаји на климатске промене путем флоте сателита и инструмената на површини Земље [4].

Сателити непрестано бележе виталне знаке укључујући аеросоле (честице из природних извора и од људских активности као што су фабрике, пожари, пустиње, вулканске реакције), атмосферске гасове укључујући и оне који изазивају ефекат стаклене баште, енергију коју зраче Земљина површина и Сунце, промене температуре на површинама мора и океана, ниво океана, величину санти леда, глечере и лед у морима, раст биљака, падавине, структуру облака итд.

На Земљи, многе националне и међународне агенције се баве праћењем временских прилика и климатским променама праћењем температуре, падавина, висином снежног покривача, а на воденим површинама постоје бове које мере температуру воде на површини и у морским дубинама. Узимајући их заједно, ова мерења обезбеђују све боље и боље записе о активностима како природе тако и људи у протеклих 150 година.

Уклапањем резултата ових мерења у климатске моделе, могу се реконструисати температурне промене у задњих 150 година. Међутим, ови модели могу да симулирају промене настале само од утицаја природних појава и вулканских честица од 1750. године до 1950. године, изузимајући пораст гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Након тог тренутка, деценијски тренд глобалног загревања не може се објаснити без укључивања доприноса насталих људским активностима.

Иако су људи имали велики утицај на нашу климу након 1950. године, утицај су свакако имале и природне појаве у скоријој историји. На пример, две велике

---

вулканске ерупције избациле су високо у атмосферу велику количину сумпор диоксида, *El Chichon* 1982. године и *Pinatubo* 1991. године [5].

Гас се претворио у ситне честице и у атмосфери се задржао више од годину дана, рефлектујући сунчеву светлост назад у свемир и држећи Земљу у сенци. Температура широм света је била у паду у периоду од 2 до 3 године.

Али, без обзира на вулканске активности широм света и њихову константну емисију угљен диоксида као и раније, та количина је занемарљиво мала у поређењу са емисијом угљен диоксида која потиче од људских активности. У просеку, вулкани емитују између 130 и 230 милиона тона угљен диоксида за годину дана. Сагоревањем фосилних горива ослободи се 100 пута више, око 26 милијарди тона угљен диоксида. Као резултат, види се да људска активност засењује било коју природну појаву која утиче на глоблно загревање.

Промене у количини светлости коју добијамо од сунца може утицати на климу из деценије у деценију, али повећање количине светлости не објашњава загревање. Сателити мере Сунчане активности од 1978. године. Укупна енергија коју емитује сунце варира током једанаестогодишњег циклуса. За време максималног емитовања, сунчева енергија је приближно 0,1% виша од просека него за време минималне емисије.

Сва ова мерења служе како би се пројектовали модели за предвиђање климатских промена у будућности. Истраживања показују да ће се потрошња фосилних горива и даље повећавати и да ће самим тим и просечна температура Земљине површине расти. Предвиђања су да ће просечна температура на површини до краја двадесет првог века порастати између 2°C и 6°C.

Треба напоменути да су гасови који изазивају ефекат стаклене баште само један део климатског система. Промена једног дела климатског система може за последицу имати промене и у другим деловима система које могу утицати на апсорпцију и рефлексију енергије. Те промене могу изазвати додатно загревање поред оног изазваног гасовима који изазивају ефекат стаклене баште. Ове повратне реакције могу се манифестовати кроз снег и лед, водену пару, облаке и рецикулацију угљеника.



---

Најпознатија повратна реакција огледа се на топљењу снега и леда. Процент топљења Арктичких глечера је у порасту што доводи до излагања већих површина тамних океанских вода сунцу. Такође, снежни покривачи на копну који нестају потамњују површину земље. Последица ове појаве је мања количина рефлектоване сунчеве енергије у свемир и повећана количина апсорбоване енергије што доноси већу количину енергије Земљи која ће зрачењем изазвати више загревања.

Међутим, највећа повратна реакција потиче од водене паре. Водена пара је гас који има изузетно јак утицај на стварање ефекта стаклене баште. У ствари, водена пара због своје количине у атмосфери представља две трећине загревања услед ефекта стаклене баште и кључни је фактор у одржању температуре погодне за живот на Земљи. Међутим, како су температуре више, већа су испарења са површине у атмосферу што даље може утицати на пораст температура.

Сличан ефекат у будућности могу имати и облаци. Облаци тренутно обезбеђују хлађење рефлексијом Сунчеве енергије, али када се налазе изнад области где је топлије него што су они, облаци почињу да апсорбују топлоту. Иако тренутно имају улогу хлађења, та њихова улога се због апсорпције гасова који изазивају ефекат стаклене баште може променити.

Уколико би облаци постали светлији или би се њихов географски обим проширио, они би имали тенденцију да хладе Земљину површину. Облаци могу постати светлији уколико се више влаге формира у одређеном региону или ако више финих честица (аеросола) уђе у атмосферу. Уколико се формирају тамнији облаци, они ће изазвати загревање услед већ објашњене повратне реакције.

Облаци, као и гасови који изазивају ефекат стаклене баште, такође апсорбују и емитују топлоту. Ниски, топлији облаци емитују више енергије него хладни високи. Ипак, у многим деловима света, енергија емитована од стране ниских облака бива апсорбована од стране богате водене паре изнад њих. Даље, ниски облаци су обично скоро исте температуре као и Земљина површина па они емитују скоро исту количину топлоте као и Земљина површина. У свету без ниских облака, количина емитоване топлоте која одлази у свемир не би била значајно различита од света у коме постоје ниски облаци.

---

Ако би више температуре резултирале у већој количини код високих облака, онда би мање инфрацрвене енергије било емитовано у свемир. Другим речима, више високих облака би појачало ефекат стаклене баште смањујући способност Земље да се охлади.

Научници нису у потпуности сигурни какав ће утицај облаци имати на глобално загревање јер им модели дају опречне резултате.

Циркулација угљеника у природи такође утиче на глобалну климу. Пораст концентрације угљен-диоксида и повећање температуре проузроковаће промене у Земљиној природној количини угљеника што ће као последицу имати повећање концентрације угљен диоксида у атмосфери. За сада, пре свега океани и донекле екосистем на копну, преузимају око половине емисије која настаје сагоревањем фосилних горива и биомасе. Ова појава успорава глобално загревање обарајући стопу раста угљен диоксида у атмосфери. Међутим, овај тренд није одржив. Загрејана вода из мора и океана ће задржати мање раствореног угљеника остављајући већу количину у атмосфери.

На земљи, промене у циркулацији угљеника су компликованије. Топлије климе, земљишта, нарочито отапања леда у арктичким тундрама, могу да ослободе заробљени угљен диоксид или метан у атмосферу. Чешћи пожари и напади инсеката на дрвеће ослобађају више угљеника него сагоревање дрвета, умирање и сушење.

С друге стране, вишак угљен диоксида стимулише раст одређених врста биљака у неким екосистемима, дозвољавајући тим биљкама да узимају додатни угљеник из атмосфере. Ипак, овај ефекат може бити смањен када је раст биљака ограничен због воде, азота и температуре. Овај ефекат такође може бити ослабљен уколико ниво угљен диоксида постане толики да дође до презасићења за процес фотосинтезе. Због ових компликација, није јасно колико додатног угљен диоксида биљке могу узети из атмосфере и колико дуго то могу радити.

---

#### *2.1.4 Људски фактор и последице*

Без обзира на све узрочно-последичне везе, чињеница је да живимо у времену глобалног загревања. Научници праве моделе по којима прогнозирају будућа дешавања. За многа искуства приликом моделирања услова ослањају се на дешавања из прошлости. Међутим, оно што не могу да предвиде јесте људски фактор, односно шта ће човечанство учинити да стави под контролу емисију гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Највише процене су базиране на претпоставци да ће људи наставити да све више и више троше фосилна горива. Научници су овај сценарио назвали „посао као и обично“ [6]. Више процена долази и од сценарија да ће еколошке технологије као што су гориве ћелије, соларни панели и енергија ветра у многоме заменити данашње сагоревање фосилних горива.

Било је потребно више деценија да планета Земља реагује на пораст гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Угљен диоксид, поред осталих гасова који изазивају ефекат стаклене баште, ће остати у атмосфери дуго времена након редукције емисије, доприносећи даљем загревању. Чак и када би се концентрација гасова који изазивају ефекат стаклене баште стабилизовала данас, планета би се у наредном веку загрејала за око 0,6°C [3].

Промене које ће услед глобалног загревања настати на Земљи имају везе са будућим променама климатских услова, временских прилика, променом нивоа мора, утицајем на екосистем и људе. У ствари, за човечанство и јесу најзначајнији ови утицаји јер ће директно утицати на егзистенцију. Најјачи удар ће бити на популацију која живи у приобаљу, становнике сиромашнијих земаља које немају ресурсе да се прилагоде температурним променама и залихама воде. Како ће се тропске температурне зоне проширити, тако ће се и домет неких инфективних болести, као што је маларија, променити. Интезивније падавине, урагани, пораст нивоа мора ће довести до чешћих поплава и потенцијалног губитка живота и имовине.

Топлија лета и чешћи пожари ће изазивати више случајева топлотних удара и смрти, а виши ниво дима ће довести до већег броја дана са изузетно загађеним ваздухом. Интезивне суше могу довести до повећања глади. У даљој будућности

---

свеже воде ће бити све мање поготово лети, посебно кад планински глечери у Азији и Северној Америци нестану.

### **2.1.5 Глобалне активности**

Генерално, глобално загревање ће утицати на живот на Земљи на разне начине али у којој мери зависиће у многоме од људских активности. Доказано је да тренутне људске активности кроз повећање концентрације гасова који утичу на стварање ефекта стаклене баште подижу глобалну температуру и многи аспекти климе одговарају на загревање на начин на који су научници предвидели.

Прва озбиљнија прича о глобалном загревању потиче из 1992. године када је усвојена и стављена на потписивање Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским променама (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*) [7]. Основни циљ је био да стабилизује концентрацију гасова који изазивају ефекат стаклене баште у атмосфери на ниво који не би изазвао опасне утицаје на климатски систем. Конвенција поставља необавезујуће границе емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште за поједине земље и не садржи механизме за спровођење. Уместо тога, описује како специфични међународни споразуми могу да буду алат у остваривању постављених циљева.

У почетку, међувладини преговарачки одбор је произвео текст Оквирне конвенције током свог састанка у *New York*-у у мају 1992. године. Оквирна конвенција је усвојена 9. маја 1992. године а 14. јуна 1992. године је отворена за потписивање. У децембру 2015. године Конвенција је имала 197 чланова и данас ужива широк легитимитет.

Потписнице конвенције се од 1995. године састају једанпут годишње на конференцији потписница (*Conferences of the Parties COP*) због процене напретка у решавању проблема климатских промена. У Јапану у граду *Kyoto*, 1997. године, потписан је такозвани *Kyoto* протокол [8], при чему су успостављене правно обавезујуће мере за развијене земље да у периоду од 2008 до 2012. године смање емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Споразум је настао након састанака потписница конференција као закључак да циљ који је дефинисан у Анексу 1 конвенције да се до 2000. године ниво емисије стабилизује на ниво из

---

1990. године није адекватан. Даље дискусије су довеле до поменутог протокла са наведеним циљевима.

*Kyoto* протокол је имао два повезана периода. Први је трајао од 2008. до 2012. године, а други, који никада није ступио на снагу, је требало да траје од 2013. до 2020. године. Сједињене Америчке државе нису потписале споразум, док је Канада 2012. године отказала уговор.

Све придодате потписнице учествовале су у испуњењу обавеза у првом периоду протокола. Тридесет седам земаља договорило се да учествује и у другом периоду. То су Аустралија, земље чланице Европске уније, Белорусија, Хрватска, Исланд, Казахстан, Норвешка, Швајцарска и Украјина. Белорусија, Казахстан и Украјина су изјавиле да могу да се повуку из протокола и да не усвоје измене и допуне другог периода. Јапан, Нови Зеланд и Русија су земље које су учествовале у првом периоду али нису наставиле са другим. Канада се 2012. године повукла из Кјото протокола а Сједињене Америчке државе га нису ни потписале тако да се и оне убрајају у земље које нису спровеле други период протокола.

На климатској конференцији у Мексику 2010. године споразумом се наводи да глобално загревање мора бити ограничено на мање од 2°C у односу на преиндустријски период. Протокол је измењен 2012. године у Дохи да обухвати период од 2013. до 2020. године. Међутим, ова измена никада није ступила на снагу.

На крају, 2015. године је свих 196 потписница конвенције дошло на конференцију о климатским променама која се одржала у Паризу од 30. новембра до 12. децембра током које је усвојен Париски споразум. Циљ споразума је да ограничавање глобалног загревања на мање од 2°C у односу на преиндустријски период, а да се учине и додатни напори да се пораст ограничи на 1,5°C у односу на преиндустријски период. Париски споразум је ступио на снагу 4. новембра 2016. године. Споразумом је дозвољена чланицама потпуна слобода и флексибилност да прилагоде своје националне потребе и предузете акције, а посебно је дозвољено земљама у развоју да прилагоде своје планове са специфичним потребама.

---

Да би се лакше имплементирале промене, направљен је водич намењен доносиоцима одлука у мање развијеним земљама. У овом водичу идентификован је низ изазова са којима се земље суочавају, укључујући и како:

- Изградити свест о потреби и предностима које ће уследити, акције код заинтересованих страна укључујући и кључна владина министарства,
- Усмерити и интегрисати климатске промене у националне планове и развојне процесе,
- Ојачати везе између локалних и националних планова Владе о климатским променама,
- Изградити капацитете за анализу, развој и примену климатске политике,
- Успоставити мандат за управљање акцијама и вођење кроз примену и
- Нагласити ограничења ресурса за спровођење политике климатских промена.

Када се говори о утицају човечанства на повећање концентрације гасова који изазивају ефекат стаклене баште, истраживања показују да је сектор транспорта водећи узрочник са око 23% глобалне емисије, са степеном пораста потрошње вишим него у било ком другом сектору. Око 80% потрошње отпада на копнени транспорт, углавном на лака теретна возила укључујући и аутомобиле, док одмах за њима следи теретни транспорт [9].

Према Међународној агенцији за енергетику [10], емисија угљен диоксида према појединим секторима 2008. године изгледала је на начин приказан у табели Т.2.1.

*T.2.1 – Емисија угљен диоксида у појединим секторима индустрије*

Сектор производње и конструкције	36,6%
Други видови индустрије	7,0%
Производња електричне енергије и грејања за становништво	11,3%
Други видови потрошње енергије становништва	6,5%
Друмски транспорт	16,5%
Друге врсте транспорта (вода, ваздух...)	6,5%
Други сектори укључујући и пољопривреду	15,7%

Светска потрошња енергије у сектору транспорта из 2000. године приказана је у табели Т.2.2.

*T.2.2 – Светска потрошња енергије у сектору транспорта из 2000. године*

Лака теретна возила	44,5%
Средња теретна возила	8,8%
Тешка теретна возила	16,2%
Двоточкаши	1,6%
Аутобуси	6,2%
Ваздушни саобраћај	11,6%
Поморски саобраћај	9,5%
Железнички саобраћај	1,6%

---

Земље у развоју се међутим убрзано развијају у смислу моторизације. Корисници се убрзано пребацују са пешачења и вожње бицикала на мотоцикле и приватна возила, практично у градовима и регијама где су јавни транспортни системи превише слаби да би одговорили потребама становништва. Даље, велико повећање у приватном транспорту се очекује у долазећим деценијама ако земље у развоју наставе по истој трајекторији. Пројекције говоре да ће до 2030. године број возила у земљама у развоју премашити број возила у развијеним земљама.

Низ фактора утиче на пораст употребе моторних возила, посебно у друштвима у развоју укључујући урбанизацију и ширење градова, социо-економске промене и, наравно, схватање да је приватно возило показатељ друштвеног статуса и богатства. Међутим, кључни фактор је слаб одзив јавног транспорта који не може да покрије потребе превоза. Корисници који имају потребу за интензивнијим транспортом често су принуђени да прелазе са пешачења и вожње бицикала на мотоцикле и приватна возила како би постигли већу ефикасност и комфор.

Емисија гасова који изазивају ефекат стаклене баште који потичу из сектора транспорта може се посматрати кроз три фактора: пређену километражу, потрошњу горива и интензитет угљеника у гориву. У складу са тим, стратегија смањења емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште може бити смањењем било којег од ових фактора.

Здравствени ризици и користи у уској су вези са стратегијом смањења емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Без свеобухватне анализе ризика и користи, обрачуна трошкова и добити за друштво, стратегија која ће се усвојити биће непотпуна и несхваћена.

Међудржавни панел о климатским променама (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) је ову анализу започео на један систематичнији начин. Добробит по здравље се прати кроз три основна стратешка циља за смањење емисије гасова који утичу на стварање ефекта стаклене баште:

- Модификацијом цене возила, горива и инфраструктуре,
- Променом употребе земље и прелазак са приватног на јавни или немоторизовни транспорт и
- Модификацијом возила и горива.



---

Када се говори о модификацији цене возила, горива и инфраструктуре, типични трошкови који утичу на употребу возила и уопште транспортни сектор су цене возила, цене горива и пореза, накнаде за регистрацију возила, годишње саобраћајне таксе, путарине, накнаде за путеве и паркинге. Увођењем одређених мера може довести до промена у сектору транспорта и емисији гасова који изазивају ефекат стаклене баште.

Међудржавни панел о климатским променама наглашава да у земљама где су виши порези на моторна горива употреба возила је мања него у земљама где су ови порези нижи.

Цена јавног транспорта има важног утицаја на употребу, мада се Међудржавни панел о климатским променама углавном односи на приватна возила и теретни саобраћај. Политика цена се свакако може поставити у зависности од врсте, односно карактеристика возила или од врсте горива. Тако, на пример, накнада за регистрацију возила се може поставити на нижи ниво за ефикаснија возила, а на виши ниво за неефикасна возила. Ова разлика у цени више утиче на употребу различитих врста возила у погледу односа него на дужину путовања. Међутим, уколико је учинак промена просечне цене путовања, онда ће се свакако променити и захтеви путовања.

Постоји више приступа како успешно редуковати емисију угљен диоксида, употребу енергије и путовања. Већина мера углавном је подразумевала повећање цене за достизање задатог режима радије него повећање цене због употребе побољшаних возила и горива. Најстарији пример увођења накнада јесте шема лиценцирања који датира још из 1975. године када је у Сингапуру уведена накнада за улазак у одређене зоне града у време јутарњег шпица. То је редуковало саобраћај за 75% [11].

Иако је приоритет побољшање технологија, чак и са свим побољшањима у области транспорта, емисија гасова које изазивају ефекат стаклене баште ће наставити са растом. Само са оштрим променама у економском расту, великим променама у понашању и/или великим политичким одлукама, емисија гасова који изазивају ефекат стаклене баште може бити значајније смањена.

---

Колективни вид транспорта троши мање енергије и емитује мање гасова који изазивају ефекат стаклене баште него приватни аутомобили. Ходање и вожњу бицикла не треба ни помињати. Кључне услуге јавног сервиса укључују возове и аутобусе. Градски возови, по наменским путањама, могу превести велики број путника ефикасније него традиционалан аутобуски сервис.

У многим земљама ходање и вожња бицикла су у паду. Ипак, потенцијал од такозваног активног транспорта је познат и чак применљив у већем броју холандских градова где се чак 47% градског транспорта обавља активним модом. Основни услов за развој овог вида транспорта је окружење, односно безбедна инфраструктура.

Иако је глобално моторизација у порасту, још увек постоје значајне разлике у начину употребе возила, уз акценат да развијене земље одржавају високи ниво активног и јавног транспорта. Одржавање овако високог нивоа и смањење употребе возила захтевају пажљиво планирање како инфраструктуре тако и саобраћаја. Један од фактора који утиче на изградњу инфраструктуре у погледу смањења приватног и повећања употребе јавног саобраћаја јесте и пажљив развој комерцијалних и стамбених квартова једних поред других. Побољшање јавног транспорта може променити однос људи који употребљавају сопствена возила и оних који користе јавни транспорт.

Када се говори о модификацији возила и горива, један од начина модификације горивом према Међудржавном панелу о климатским променама јесте тренутни потенцијал промене са бензина на дизел гориво. Међутим, оваква промена би могла погоршати људску изложеност малим партикуларним честицама ( $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$ ) и додатно угрозити љуско здравље. Дизел гориво је један од највећих загађивача ваздуха у погледу честица у градским срединама [12]. Постоји директна повезаност између нивоа изложености честицама и преране смртности, а чак и изложеност ниском нивоу количине честица (испод препоручених вредности) је повезана са ризицима по здравље [13]. Дизел гориво садржи и црни угљеник (компонента честице  $PM \leq 2.5 \mu m$  која се састоји од чистог угљеника повезаног у више различитих форми) која настане непотпуним сагоревањем

---

фосилних горива, биогорива и биомасе, и емитован је и у облику антропогене али и природне чађи [13,14].

Додатно, издувни гасови дизел горива су идентификовани као највероватније канцерогени, иако се докази који то потврђују и даље оспоравају. Мање је доказа да су издувни гасови бензинских мотора канцерогени.

Мера погоршања здравља проузрокована пребацивањем са бензина на дизел горива зависиће у великој мери и од тежине стандарда који се примењују на возила погоњена дизел горивом, посебно у погледу на пречишћавање честица и садржаја сумпора.

Међутим, и у случају строжијих стандарда емисије, очекивани ефекат може изостати због повећања возног парка што је био случај у европским градовима у прошлим деценијама.

Такође, евидентирано је да возила погоњена компримованим природним гасом ослобађају доста мање гасова који изазивају ефекат стаклене баште од фосилних горива. Оваква возила су већ у широкој примени у земљама са нижим стандардом због ниже цене горива. Међутим, има и случајева где је овај вид погона промовисан, у неким случајевима и обавезујући, код такси служби и аутобуса, у циљу редукције загађења у градским срединама. У поређењу са аутобусима погоњеним дизел горивом, возила погоњена компримованим природним гасом производе знатно мању количину загађујућих честица, а према неким истраживањима имају чак 30 пута мању емисију. Иако је ово захтевна технологија, доступни докази указују на одређене здравствене користи добијене од употребе аутобуса и теретних возила погоњених компримованим природним гасом уместо досадашње праксе где је био обичај употребљавати дизел гориво. Ово откриће је у сагласности са чињеницом да су неке земље већ ставиле акценат на производњу аутобуса и лаких теретних возила са погоном на компримовани природни гас.

Међудржавни панел за климатске промене такође сугерише да би употреба биогорива у транспортном сектору могла допринети смањењу глобалног загревања. Биогорива су већ широко у употреби у транспортном сектору у многим државама, промовисане производње од стране њихових влада на националном

---

нивоу кроз разне механизме. Међутим, још увек не постоје поуздани резултати истраживања како биогорива утичу на стварање гасова који изазивају ефекат стаклене баште као и какав утицај имају на здравље.

У погледу аерозагађења, постоји студија којом је представљено да иако би биодизел смањио емисију честица у Белгији, таква стратегија не би била исплатива [15]. Друга студија, која се бави поређењем целулозног и кукурузног етанола са бензином, показује да целулозни етанол смањује количину честица  $PM_{2.5}$  и гасове који изазивају ефекат стаклене баште, док кукурузни повећава ову количину без смањења гасова који изазивају ефекат стаклене баште [16].

Међутим, постоји и забринутост у погледу пораста употребе биогорива. Наиме, уколико се стратешки циљеви мањих и сиромашнијих земаља окрену употреби биодизела, доћи ће до промене узгоја култура где ће се са производње хране преусмерити на производњу биогорива. Ова промена може бити опасна по здравље јер може довести како до поскупљења хране, тако и до несташица и губитка разноврсности. Ово питање захтева посебну пажњу приликом анализе добити од смањења како у транспортном тако и у пољопривредном сектору.

Велики потенцијал у смањењу гасова који изазивају ефекат стаклене баште може се постићи погоном возила водоником кроз гориве ћелије, електричном енергијом као и хибридном погоним у комбинацији са електричном енергијом складиштеном у батеријама. Возила са електро моторима, погоњена горивима произведеним од биомасе са ниским садржајем угљеника, ветром, нуклеарном енергијом или енергијом од фосилних горива али спрегнутом са скупљачима и складиштењем угљеника, могли би много више утицати на смањење гасова који изазивају ефекат стаклене баште него само унапређењем ефикасности возила.

Што се тиче модификације возила, постоји обимна литература која се бави испитивањима како унапређења возила, као што су појасеви, ваздушни јастуци и уопште конструкција возила помажу смањењу ризика од повреда путника и пешака, иако све то зависи од животне средине, услова коришћења и понашања корисника.

Што се тиче модификација које обезбеђују смањење емисије гасова које изазивају ефекат стаклене баште, у оптицају су углавном преправке у циљу уградње опреме

---

за погон на алтернативна горива као што су течни нафтни гас или компримовани природни гас. О овоме ће бити речи касније.

Електрична возила такође могу потенцијално понудити значајну редукацију локалног загађења и штете по здравље људи у поређењу са конвенционалним возилима, посебно у деловима градова који су оптерећени густим саобраћајем.

Једна од студија проучава ефекте замене аутобуса погоњених дизел горивом аутобусима на електро погон [17]. Резултати указују да би се оваквом променом могла избећи смрт 140 људи од загађења честицама  $P_{10}$  у Тел Авиву, који има релативно високу стопу загађења у поређењу са осталим развијеним градовима. Такође, наглашава се да би овај ефекат био ублажен обзиром на чињеницу да се за производњу електричне енергије за погон ових возила у електранама опет користе фосилна горива. У данашње време примењују се нове технолошке контроле ових процеса, а тренд је да се електране из градских средина премештају ван градова, па чак и на мора. Укупна корист од електричних возила у градским срединама сигурно ће зависити и од локалног извора електричне енергије. Због тога, возила која се погоне енергијом добијеном од термоелектрана које су ближе урбаним срединама нуде исти ниво редукације загађења као и возила која се погоне чистијим алтернативним горивима.

Ако се изузме утицај животног циклуса електричног возила у смислу производње и касније рециклаже и уколико се одвајањем емисије издувних гасова од људи може побољшати здравствено стање у глобалу, онда електрична возила могу пружити одређене здравствене користи и смислу изложености загађеном ваздуху.

На крају, без примене агресивне и континуиране политике смањења емисије гасова које изазивају ефекат стаклене баште, емисија гасова који потичу од сектора транспорта може да нарасте много брже него емисија коју проузрокују неки други сектори. Захтеви за транспортом по глави становника у замљама у развоју и транзицији су мањи него у развијенијим земљама, мада се очекује раст много већег интензитета у наредним деценијама сходно расту прихода и развоју инфраструктуре.

---

## 2.2 АЛТЕРНАТИВНИ ПОГОНИ

### 2.2.1 *О алтернативним горивима*

Алтернативна горива представљају горива или изворе енергије који служе, у потпуности или делимично, као замена за изворе фосилних горива у снабдевању сектора транспорта енергијом и која имају потенцијал да допринесу смањењу загађења и утицаја гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Између осталих, најзначајнији су:

- биогорива,
- синтетичка и парафинска горива,
- течни нафтни гас,
- природни гас – компримовани или у течном стању,
- водоник и
- електрична енергија.

Да би алтернативно гориво било прихватљиво као такво и да се његовом употребом постижу одређени позитивни ефекти за животну средину, потребно је да буду обезбеђени одређени услови међу којима су да [18]:

- гориво потиче из обновљивог извора, односно сировине,
- је извор горива релативно лако доступан за експлоатацију,
- карактеристике горива одговарају захтеваним карактеристикама горива намењеним за погон мотора са унутрашњим сагоревањем,
- је поступак добијања горива релативно једноставан и финансијски прихватљив,
- је манипулација горивом једноставна, безбедна и финансијски прихватљива,
- је гориво постојано при складиштењу,

- 
- еколошке карактеристике мотора са погоном на алтернативна горива задовољавају законске захтеве,
  - је модификација мотора за прелазак на рад са алтернативним горивом једноставна и да није скупа,
  - је алтернативно гориво компатибилно са моторним уљем и осталим мазивима која се користе на возилу,
  - примена алтернативног горива не скраћује век трајања мотора, нити смањује поузданост појединих моторских компоненти и мотора као целине и
  - је цена алтернативног горива мања или барем иста као цена конвенцијалног горива.

Директивом *2009/28/EC* постављен је циљ којим удео енергије из обновљивих извора на тржишту мора бити 10% [19]. Као наставак, односно део поступка реализације постављеног циља, Директивом *2014/94/EU* постављени су заједнички оквири за изградњу инфраструктуре у земљама Европоске уније а све у циљу како би се на најмању могућу меру смањила зависност од нафте и ублажио негативни утицај на животну средину [20]. Дефинисани су минимални услови за изградњу инфраструктуре за алтернативна горива, укључујући и места за пуњење електричних возила као и места за пуњење природним гасом и водоником.

Извори енергије подразумевају све алтернативне изворе енергије који се могу користити у сектору транспорта, као што су електрична енергија и водоник који се не морају ослобађати сагоревањем или оксидацијом без сагоревања.

Синтетичка горива која замењују дизел, бензин и млазна горива могуће је произвести из различитих сировина, претварањем биомасе, гаса, угља или пластичног отпада у течна горива.

Синтетичка парафинска дизел горива као што су хидрообрађена биљна уља (*HVO*), *Fischer-Tropschov* дизел [21] међусобно су замењива и омогућавају додавање у фосилна дизел горива у веома високим процентима. Због те своје

---

особине, она се могу дистрибуирати и складиштити у већ постојећим постројењима.

Синтетичка горива која замењују безнин као што су метанол и други алкохоли, могу се мешати са бензином и уз одређена прилагођења могу се користити за покретање возила. Синтетичким и парафинским горивима могуће је смањити употребу нафтних извора.

Течни нафтни гас (ТНГ) је алтернативно гориво добијено прерадом природног гаса и рафинацијом нафте са нижим трагом угљеника и знатно ниже емисије штетних гасова од конвенционалних горива. Гледајући дугорочно, очекује се и појава био-течног нафтног гаса који ће се добијати из различитих извора биомасе. Генерално гледајући, инфраструктура за течни нафтни гас је добро развијена на територији Европске уније, где има чак око 29000 станица за пуњење. Међутим, наведене станице за пуњење су неравномерно распоређене па их у појединим земљама има мало.

Течни нафтни гас је смеша угљоводоника са 3 и 4 угљеникова атома (пропан, н-бутан, изо-бутан, пропен, бутен), који се могу користити у разне сврхе, али као и гориво за моторна возила. Карактеристични су по томе што на нормалној температури и при релативно малом притиску (2 до 8 бара) прелазе у течно стање. Добија се утечњавањем смеше гасова добијене издвајањем рафинеријских гасова насталих прерадом нафте, односно гасова добијених прерадом природних гасовитих горива. Безбојан је, веома запаљив и експлозиван, карактеристичног мириса. Скоро два пута је тежи од ваздуха па се због тога задржава на најнижим местима, са којих истискује кисеоник. Због тога спада у групу загушљиваца. Није отрован али у већим количинама има наркотичко дејство. Сагорева бурно ослобађајући велику количину топлоте, а продукти сагоревања су му угљен диоксид и водена пара.

### ***2.2.2 Субвенције држава***

И Европска унија и Савет европе подржавају масовну употребу течног нафтног гаса. Европска комисија је 29. новембра 2000. године усвојила такозвану Зелену књигу о зеленом снабдевању у којој као један од циљева представља потребу



---

замене 20% горива у друмском транспорту алтернативним горивом до 2020. године [22].

Сједињене Америчке државе подржавају употребу течног нафтног гаса. Средствима оствареним продајом пропана врши се његова промоција као еколошки чистог горива. Аустралија дотира сваки уграђени уређај за погон возила на течни нафтни гас са 1000 аустралијских долара што представља око 50% трошкова уградње.

Италија дотира уређаје са 650€, а овако преправљеним возилима дозвољено је кретање у 18 подручја у којим конвенцијална возила на бензин или дизел имају забрану кретања. У Великој Британији власници возила која се погоне течним нафтним гасом ослобођени су таксе за улазак у централне градске зоне.

Холандија разним мерама јако успешно подстиче ширење употребе система. Процењује се да у Холандији има преко 400000 возила преправљених уградњом уређаја и опреме за погон на течни нафтни гас, што је чини другом земљом у Европи по броју преправљених возила по глави становника.

Немачка власницима возила даје пореске олакшице, а у Јапану је чак 95% такси возила погоњено течним нафтним гасом.

### **2.2.3 Природни гас**

Природни гас је природно гасовито фосилно гориво са великим уделом метана. Јавља се самостално или заједно са нафтом, обично у гасној капи изнад нафте. Захваљујући томе што му је главни састојак метан, има најмањи коефицијент емисије  $CO_2$  по јединици ослобођене енергије. Зато се сматра да је природни гас еколошко гориво.

Састав знатно варира од места где се јавља. Тамо где се јавља заједно са нафтом има већи удео гасова са више угљеникових атома. Када је самосталан, учешће метана је око 98 па чак и до скоро 100%. Од угљоводоника природни гас садржи метан, етан, пропан, н-бутан и изо-бутан а јавља се и пентан. Осим угљоводоника земни гас садржи и гориве примесе као што су водоник, донекле угљенмоноксид, али и негориве као што су угљендиоксид, кисеоник и азот. Неки природни гасови

---

садрже и сумпорова једињења као што је сумпорводоник, који је токсичан, кородиван и крајње непожељан.

Примена земног гаса се може поделити на његову примену као горива, било за грејање или покретање мотора са унутрашњим сагоревањем, у хемијској индустрији као извор водоника при производњи азотних ђубрива, а потенцијално и за гориве ћелије.

Природни гас је гас без мириса. Приликом дистрибуције додају му се адитиви да би се чулом њуха могао осетити.

У последње време све се више користи и на возилима као алтернативно гориво пре свега моторним бензинима али и дизелу. Користи се у два основна облика: у сабијеном стању, као компримовани природни гас и као течни природни гас, што је у овом тренутку још увек ретка појава.

Употреба природног гаса у ова два облика је првенствено због транспорта и чувања. За компримовани природни гас користе се ознаке КППГ или *CNG (Compressed natural gas)* а најпознатији је под именом метан.

Област употребе углавном се поклапа са течним нафтним гасом. Може се одређеном преправком извршити прилагођавање возила да буде погођено компримованим природним гасом, или се може користити за генерисање водоника ради напајања горивих ћелија, које генеришу енергију за погон електричних возила. У поређењу са течним нафтним гасом, КППГ је за сада мање распрострањен због потешкоћа у његовој примени које су нешто веће него за ТНГ. Обично се примењује на возилима већих маса као што су аутобуси, а мање на путничким и доставним возилима. Основни разлог је већа маса резервоара за његово складиштење. За разлику од течног нафтног гаса, може се користити и на дизел моторима. Још увек нема добре покривености у продајној мрежи.

Примена природног гаса за погон возила последњих година доживљава праву експанзију. Број возила у свету које као погонско гориво користе компримовани природни гас се стално повећава и сада се процењује да их има реда величине милиона. Најчешће се почиње од градских аутобуса, али је све већа употреба у такси службама, комуналним службама, унутрашњем транспорту али и приватним путничким возилима.

---

Примена компримованог природног гаса доживљава експанзију и због подстицајних мера које државе прописују. Европска комисије је 1998. године покренула развојни пројекат *NGVEurope* [23] са циљем развоја возила на природни гас и пртатеће инфраструктуре, промоције и испитивања ових возила посебно у погледу емисије издувних гасова. Овај пројекат се реализује у 15 градова у 7 земаља Европе: Гетеборг и Еслев у Шведској, Харлем у Холандији, Кобленц и Аугсбург у Немачкој, Мехелен и Гент у Белгији, Колмар и Поатер у Француској, Рим у Италији и Даблин у Ирској. Пројекат је усмерен на јавни превоз, пре свега на градске аутобусе, доставна, такси и комунална возила која се користе у еколошки угроженим срединама.

Паралелно са развојем возила, логично је обезбедити инфраструктуру која би развој возила могла да подржи. Граде се гасоводи за општу употребу природног гаса, шири се мрежа компресорских станица за пуњење возила природним гасом.

Други, за сада ређи, облик употребе природног гаса јесте у облику течног природног гаса. Течни природни гас је један од облика у који се природни гас претвара ради лакшег транспорта. Осим ознаке ТПГ користи се и ознака LNG од енглеског израза *liquified natural gas*.

Својства течног природног гаса су иста као и код природног гаса. Да би остао у течном стању морају се контролисати одређени параметри у које спада температура која мора бити испод  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ , притисак испод 2,5 bar, а густина, у зависности од притиска, се креће од 410-500 kg/m<sup>3</sup>. Како се поступком чишћења одстрањују разне примесе, састав је хомогенији него код обичног природног гаса, па удео метана чини 90-100%.

Да би био у течном стању, природни гас се најпре пречишћава од механичких нечистоћа и компонената које могу изазвати проблеме на ниским температурама. Затим се на приближно атмосферском притиску расхлађује на  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  при чему се кондензује. Претрварањем у течност запремина му се смањује чак 614 пута у односу на запремину у нормалним условима. Овај поступак је релативно опасан и енергетски врло захтеван. Природни гас који, после нафте, садржи највише енергије и има највећу топлотну моћ, превођењем у течност губи ову предност и његов укупни енергетски биланс знатно опада.

---

Да би се складиштио у течном стању мора се обезбедити константно одржавање температуре испод његове тачке кључања. У течном облику, најчешће се користи за транспорт и то специјално хлађеним резервоарима и складиштење. Практично посматрајући, течни облик природног гаса омогућује транспорт природног гаса тамо где гасовода нема. Ретко се користи за покретање моторних возила (углавном тешких теретних). Највећи увозник течног природног гаса је Шпанија, где се довози специјалним танкерима.

### ***2.2.3 Начин примене течног нафтног гаса и природног гаса код моторних возила***

Пораст флоте која као погон користи течни природни гас је сталан. Пресудни фактор за то биће цена нафте која ће незаустављиво расти. Други, можда и битнији, разлог је прихватљив састав издувних гасова, због смањене емисије угљен диоксида у атмосферу.

Употреба течног нафтног гаса и природног гаса било да је у облику компримованог природног гаса или течног природног гаса дефинисана је Правилницима Уједињених нација који су прилог Међународном споразуму о усвајању једнообразних техничких прописа за возила са точковима, опрему и делове који могу бити уграђени и/или коришћени на возилима са точковима и условима за узајамно признавање додељених хомологација на основу ових прописа и то правилницима 67[24], 115[25] и 110 [26].

Ови правилници се баве специфичним компонентама које моторна возила врста М и Н користе при погону на течни нафтни гас, компримовани природни гас и течни природни гас, као и одобрењима за возила врста М и Н опремљеним опремом за погон возила на неко од поменутих горива у погледу уградње опреме. Правилник број 115 се за разлику од остала два правилника бави системима који су предвиђени за накнадну уградњу у возила која ће користити ТНГ, КПГ или ТПГ као погонско гориво.

Најраспрострањенија и најисплативија преправка за грађане је преправка уградњом уређаја и опреме за погон возила на течни нафтни гас. Један од основних разлога за то је цена течног нафтног гаса који може бити чак и дупло

---

јефтинији од цене бензина. Други разлог је приступачна цена опреме, чија је понуда више него добра, с обзиром на то да постоји велики број произвођача квалитетних компоненти.

У зависности од начина припреме смеше код бензинских мотора, постоје различити системи који се користе за погон возила на ТНГ. Овде ће се навести само онај систем који је данас најзаступљенији, а то је систем са секвенцијалним убризгавањем гаса у усисну грану мотора. Овај систем је обавезан код такозваних MPI (*Multi Point Injection*) система убризгавања горива, где се гориво помоћу више брызгалки убризгава директно у усисну грану.

Без обзира који је начин припреме смеше у питању, сви системи за погон возила на течни нафтни гас морају имати следеће компоненте:

- резервоар,
- групу вентила задатих функција (могу бити склопљени у један такозвани мултивентил,
- водове високог притиска и
- водове ниског притиска.

Резервоари за течни нафтни гас који се користе у возилима израђени су од челика и могу бити цилиндричног или тороидалног облика. Најчешће се смештају у задњи део возила, код путничких возила у пртљажни простор или испод њега, а има случајева монтаже и испод пода возила па чак и на крову. Карактеристике резервоара за течни нафтни гас прописује УН Правилник број 67.

Мултивентил је вишенаменски вентил који обезбеђује више функција:

- утакање гаса и аутоматско затварање довода приликом скидања пиштоља за сипање,
- истакање одређеном брзином гаса ка моторном простору ради употребе у самом мотору и да по енормном повећању протока затвори, тј. заустави истакање,
- да ограничи количину уточеног гаса на 80% од укупне запремине саме боце,

- 
- да омогући одржавање максималног притиска у самој боци испуштањем одређене количине плина ван боце и
  - да омогући читавање укупне количине плина у боци.

Од наливног грла па преко мултивентила се врши утакање течног нафтног гаса у резервоар. На њему постоји вентил пуњења који се отвара пре пуњења а затвара након истог. Представља и додатно осигурање од евентуалног повратка гаса у наливно грло.

Прикључак за пражњење омогућава прикључење вода високог притиска и истицање гаса из резервоара. Вентил прикључка за пражњење омогућава затварање истицања гаса из резервоара у вод високог притиска. Противломни вентил обезбеђује аутоматско затварање истицања гаса из резервоара у случају лома или пуцања цеви високог притиска.

Вентил сигурности има задатак да у случају повећања притиска у резервоару изнад дозвољене границе, испусти одређену количину гаса. Након стабилизације притиска у резервоару, вентил се затвара и не дозвољава даље истицање гаса.

Пловак има веома важну улогу у исправном функционисању мултивентила. Наиме, поред улоге да оријентационо прикаже ниво гаса у резервоару, веома је битан и за рад вентила за ограничење пуњења који има важну безбедносну функцију. Резервоари се пуне течном фазом гаса до 80% његове запремине. Разлог за то је што се гас у течној фази са повећањем температуре знатно шири, па би у случају потпуно напуњеног резервоара дошло до наглог пораста притиска. Због тога, остатак запремине резервоара од 20% је испуњен гасном фазом и служи као компензатор за ширење течне фазе. Карактеристике мултивентила за течни нафтни гас прописује УН Правилник број 67.

Као водови високог притиска за течни нафтни гас најчешће су се користиле бешавне бакарне цеви пречника 6 и 8 милиметара. Данас су заступљена флексибилна црева која морају бити хомологована према УН Правилнику број 67. Водови ниског притиска су црева чије су карактеристике такође прописане УН Правилником број 67.

---

Код система са секвенцијалним убризгавањем течног нафтног гаса у усисну грану мотора, од компоненти углавном срећемо разне врсте гасних вентила, чија је улога да отвара или затвара довод гаса из резервоара у зависности од тога да ли је мотор упаљен или не и које је гориво изабрано, разне врсте испаривача, чија је основна улога да гас из течне фазе преводи у гасну фазу под утицајем топлоте расхладне течности мотора и ваздуха у моторском простору и који по својој конструкцији могу садржати и гасне вентиле.

Генерално говорећи, течни нафтни гас у течној фази, преко мултивентила, напушта резервоар и водовима високог притиска долази у предњи део возила и до гасног вентила. Гасни вентил се најчешће израђује заједно са пречистачем. И даље у течној фази, гас опет кроз вод високог притиска долази до испаривача где се претвара у гасну фазу. Даље се водовима ниског притиска води до бризгалки које у одређеном, програмираном, тренутку омогућавају гасу да кроз водове ниског притиска буде убризган у усисну грану.

Електро инсталација повезује компоненте система за погон возила у једну целину. Мора бити пажљиво изведена, да не би дошло до варничења. У зависности од врсте система може бити наменска за једно возило или типска, која се може користити за више различитих типова возила. Код возила са секвенцијалним системом убризгавања гаса веома је битна компонента због постојања електронске управљачке јединице. Електронска управљачка јединица управља целим системом и квалитетним подешавањем, омогућава задовољавајуће излазне карактеристике возила.

Као и код вакуумских система, код секвенцијалног система убризгавања горива, приликом рада возила на течни нафтни гас, гасна фаза и бензин се не мешају. Возило ради или на бензин или на гас.

Правила за уградњу система за погон возила на течни нафтни гас регулисана су како међународним тако и националним прописима. У Србији, уградња опреме за погон возила на течни нафтни гас дефинисана је Правилником о испитивању возила [27]. Основни акценат је стављен на безбедност при чему су јасно постављени услови за уградњу резервоара, спречавање, односно заштиту

---

приликом цурења и задржавања исцурелог гаса у путничком простору, удаљености компоненти од извора високе температуре и тако даље.

Код нових генерација бензинских мотора, реч је о директном убризгавању горива у цилиндре. Код ових мотора нови системи за погон на течни нафтни гас још увек нису у потпуности развијени. Ту се тренутно јављају два правца. Први је да се течни нафтни гас убризгава у гасној фази и меша са бензином, а други је да се гас доводи у течној фази кроз до мотора и да се кроз део система за убризгавање горива гас убризгава у мотор.

Системи за погон возила на течни нафтни гас се комбинују, односно уграђују у возила које поgone бензински мотори. Употреба система за погон возила на течни нафтни гас на возилима чији су основни покретачи дизел мотори је мало компликованија и подразумева мешање дизел горива и гаса у одређеној размери у циљу постизања одређених, углавном економских користи.

Алтернативно гориво које је у експанзији што се тиче употребе на моторним возилима је компримовани природни гас. Заступљено је код возила свих врста а посебно код аутобуса који саобраћају у оквиру јавног градског превоза у строгим централним зонама развијених градова.

Иако је систем компликованији, скупљи и захтевнији од претходно описаног система за погон возила на течни нафтни гас, препознате добити од употребе природног гаса утичу на доношење одлука за употребу ове врсте погона.

Важно је напоменути да је радни притисак компримованог природног гаса знатно већи него што је то у случају погона на течни нафтни гас. Још када се узме у обзир и чињеница да је природни гас без боје и мириса, јасно је да се овим системима мора посветити озбиљна пажња у смислу безбедносних фактора.

Ако се крене од резервоара за компримовани природни гас, основна функција му је складиштење одређене количине гаса потребне за савлађивање задатих дистанци. Број и величина резервоара зависи од расположивог простора у, или на возилу, као и од габарита а неопходно је водити рачуна и о додатном оптерећењу возила и прерасподели маса како се не би нарушила безбедност возила. Углавном се израђују од челичног лима. Карактеристике резервоара за компримовани природни гас дефинисане су УН Правилником број 110. Када се узме у обзир да је



---

испитни притисак 300 bar а да је нормални радни притисак у инсталацији у возилу око 200 bar јасно је да челични лим од ког се израђују резервоари мора бити одговарајуће дебљине, што директно утиче на тежину празног резервоара.

Због овог ограничавајућег фактора, произвођачи резервоара развијају резервоаре од композитних материјала, који су знатно лакши али им је цена знатно већа у односу на челичне резервоаре исте запремине. За употребу у моторним возилима резервоари за компримовани природни гас су подељени у четиру групе [28]:

- цилиндрични резервоар израђени од метала (челик или алуминијум),
- цилиндрични резервоар са основом од метала и облогом од фибергласа,
- цилиндрични резервоар са танком основом од метала и телом од карбидних влакана и
- цилиндрични резервоар са основом од специјалне пластичне масе и облогом од фибергласа или карбидних влакана.

Сваки резервоар за компримовани природни гас је снабдевен одговарајућим мултивентилом чија је функција пуњење и пражњење резервоара као и осигурање резервоара од пораста притиска изнад дозвољеног. Мултивентил је фабрички навијен на резервоар и као такав се испоручује, чиме је обезбеђена заптивеност на споју резервоара и мултивентила.

Водови високог притиска који се користе код компримованог природног гаса морају бити одобреног типа. Најчешће се користе челичне бешавне цеви или цеви од нерђајућег челика. Вод високог притиска повезује мултивентил на резервоару са пречистачем гаса, вентилом за гас, редуктором-испаривачем.

Гасни вентил има исту функцију као и гасни вентил код инсталације за течни нафтни гас, осим што му је израда специфичнија због знатно виших радних притисака. Филтер за гас се уграђује одмах иза редуктора-испаривача и филтрира гасовиту фазу. На овај начин се добија елиминација свих оних нечистоћа које нису могле бити отклоњене филтрирањем течне фазе (уље, восак).

На савременим системима за погон возила на компримовани природни гас, убризгавање гаса се изводи уградњом електромагнетних бризгаљки у непосредну близину усисних вентила, у тренутку почетка њиховог отварања. Управљање се

---

врши електронском управљачком јединицом, која изводи прилагођавање података из бензинске електронске управљачке јединице и мапе података за рад са гасом. Принцип довођења гаса је близак систему рада савремених бензинских мотора. Предности оваквог система су у задржавању свих услова рада мотора који су дефинисани од стране произвођача, те нема потребе за емулаторима који би слали лажне сигнале појединим давачима.

Као и код секвенцијалног система за погон возила на течни нафтни гас, и овде се процесом управљања обезбеђује аутоматски прелаз са гаса на бензин у случају нестанка гаса или немогућности његовог коришћења. У Европи, последњих година се уграђују искључиво ови системи.

За разлику од течног нафтног гаса, компримовани природни гас се много боље комбинује са дизел горивом. КПП има отпорност на самопаљење на повећаном притиску па се смеша не пали сама у цилиндру. Паљење се остварује у моменту паљења дизела. Једно од решења је да се дизел пуњење смањује на 15-40% а да се разлика надокнађује убризгавањем компримованог природног гаса у уписну грану мотора.

Код аутобуса разликујемо неколико карактеристичних решења употребе природног гаса за погон и то су:

- гасни погон,
- гасни-дизел погон,
- гасни-дизел-хибридни погон и
- гасно-турбински хибридни погон.

Гасни погон подразумева да се класичан дизел мотор који погони аутобус преправи на тај начин да му погонско гориво буде искључиво природни гас. Ово је захтевна преправка јер је потребно обезбедити допунски извор пламена у коморама за сагоревање, пошто је природни гас отпоран на самопаљење под притиском. То се постиже демонтажом бризгалкии пумпе високог притиска и уградњом свећица за паљење смеше и комплетне електричне опреме за паљење. Поред тога, потребно је обезбедити и снижење степена компресије на 8 до 12, што

---

се постиже захватима на глави мотора и челу клипа, чиме се повећава запремина простора за сагоревање.

Оваквом преправком добијају се одређене предности у односу на дизел мотор као што су уштеде течног горива на рачун природног гаса, равномерније и потпуније формирање смеше, потпуније сагоревање и, што је можда и најважније, смањена емисија штетних материја. С друге стране, озбиљан недостатак овакве врсте преправке је ограничена аутономија кретања због запремине резервоара и захтевна добро развијена мрежа гасних станица.

Код гасно-дизел погона употребљава се природни гас на дизел мотору аутобуса без интервенција на конструкцији мотора. Природни гас и ваздух се мешају на улазу у мотор у потребној размери, а затим се усисавају у цилиндри. Смеша се након тога сабија, температура јој расте, а у одређеном тренутку кроз бризгалке се убризгава мала количина дизел горива, која се пали сама од себе истовремено палећи смешу гаса и ваздуха у комори за сагоревање. Ова количина дизел горива назива се иницијалном и износи највише 10-15% од нормалне потрошње у нормалном режиму рада дизел аутобуса.

Добре особине ове врсте погона су да мотор може да ради или на чистом или на комбинованом режиму што дефинише возач како пожели. У случају отказа на гасној инсталацији мотор прелази на рад са чистим дизел горивом. Снага мотора остаје непромењена а и аутономија возила је знатно повећана у односу на гасни погон. Емисија издувних гасова је повољнија него при погону на чисто дизел гориво.

Када се говори о недостацима гасно-дизел погона потребно је уравнотежити противречне захтеве. Са једне стране потребно је ограничити степен компресије ради избегавања детонативног сагоревања и неравномерног рада мотора, а са друге стране степен компресије мора бити довољно висок да би се запалила иницијална количина дизел горива. Иницијална количина дизел горива не сме пасти испод одређеног нивоа јер тада долази до прескакања у самопаљењу уз истовремено регуларно увођење гасне смеше, која се у издувном систему неконтролисано експлозивно пали, уз неконтролисану појаву наглог пада броја обртаја мотора.

---

Гасни-дизел-хибридни погон је комбинација гасно-дизел мотора и електропогона. Ова комбинација је посебно прилагођена градским аутобусима. Градски аутобус је опремљен резервоарима за природни гас и резервоарима за дизел гориво. Мотор не служи директно за погон задње погонског моста већ погони алтернатор који напаја електромотор снаге 100-150kW, а овај преко карданског вратила погони задњи погонски мост аутобуса. Вишак електричне енергије се складишти у акумулаторима који омогућују аутономију од 5-10 km а приликом вожње низбрдо, кочења и заустављања, мотор се понаша као рекуператор и додатно допуњава батерије. У случају потребе на располагању стоји и резерва енергије у батеријама која даје додатних 25% расположиве снаге.

Обзиром да је степен искоришћења електромотора и задњг погонског моста око 85%, може се применити мањи гасни-дизел мотор него код класичног гасно-дизел погона, што даје додатне економске или енергетске ефекте овом решењу. Добре стране овог погона су смањена потрошња дизел горива на рачун природног гаса што проузрокује знатно нижи ниво димности и токсичности издувних гасова. Највећа предност јесте могућност коришћења само електричног погона при поласку из станица, када је загађење највеће а бука битно изражена.

Главни недостатак је везаност за градске услове експлоатације, везаност за мрежу сервисирања гасне и електро инсталације и зависност од начина снабдевања природним гасом.

Гасно турбински хибридни погон је у основи сличан гасно-дизел хибридном погону, само што се уместо гасно-дизел мотора уграђује гасна турбина коју покреће природан гас и која погони интегрисани алтернатор са 70000 o/min обезбеђујући снагу од 110 kW. Као гориво се користи етанол, гас добијен прерадом биљне масе тако да при раду гасна турбина емитује 90% мање азотних оксида и других штетних материја него дизел мотор. Бука се своди на најнижи ниво, а при раду са чистим електропогоном, бука и загађење су потпуно елиминисани. Једини недостатак је што је овај концепт још увек далеко од комерцијализације која се очекивала да крене још 2000-тих.

Као што је напоменуто, природни гас се користи у два основна облика: у сабијеном стању, као компримовани природни гас и као течни природни гас.

---

Употреба природног гаса у ова два облика је првенствено због транспорта и чувања. Због количине коју је могуће добити на релативно малој запремини када се преведе у течно стање, течни природни гас је јако погодан за дуге транспорте и упумпавања у новоизграђене гасоводе. Такође, постаје интересантан и за тешка теретна возила од којих се захтева велика аутономија кретања. Систем за погон возила која користе течни природни гас се по принципу рада не разликују од возила на компримовани природни гас. Разлика је само у складиштењу. Наиме, да би се течни природни гас задржао у таквом стању неопходно је уградити специјалне, такозване крио-резервоаре који одређено време могу да одржавају температуру природног гаса на задатој температури. Најчешћи принцип рада јесте да се поред специјалног крио-резервоара уграђују и нормални резервоари за копримовани природни гас. Тада се гас из течног стања прво преводи у гасовито стање и онда системом за погон на компримовани природни гас покреће мотор. На овај начин добија се повећана аутономија возила.

#### ***2.2.4 Водоник као алтернативно погонско гориво***

Засигурно, једно од горива будућности је водоник. Он је најједноставнији и најлакши елемент. Налази се свуда око нас али никада није у слободним стању. Добијање и складиштење водоника је доста компликовано и скупо. Може се складиштити у гасовитом, течном и чврстом стању као метал хидрид. Представља чисто гориво како са становишта састава тако и са становишта загађења јер је главни продукт сагоревања водоника водена пара. Директна употреба водоника у моторима са унутрашњим сагоревањем би емитовала само мале количине оксида азота  $NO_x$  и угљен диоксида  $CO_2$ . Ни у течном ни у компримованом стању није прикладан за транспортна средства. Водоник у течном стању би био на  $-250\text{ }^\circ\text{C}$  а компримованом на око  $200\text{ bar}$ , и тада би му карактеристике биле лошије по критеријумима за дизел и ото моторе.

Поред свих недостатака при коришћењу водоника у моторима са унутрашњим сагоревањем, многе компаније развијају возила са овим системом. Како су количине водоника ограничене јер на свету тренутно постоји нешто више од четрдесетак станица за водоник, ова возила имају и стандардне доводе горива.

---

Зато му је највећа шанса у горивим ћелијама, са каталитичким сагоревањем, у којима је водоник посредник при добијању електричне енергије.

Функционисање горивих ћелија заснива се на хемијској реакцији водоника и кисеоника, при чему се ствара електрична енергија и ослобађа топлота. Емисију чини чиста вода. Процес се одвија на температурама нижим од 100 °C. Гориве ћелије производе електричну енергију путем електрохемијских реакција у којима се кисеоник и водоник спајају у воду. Тако добијена електрична енергија се даље може користити да покрене разне врсте уређаја, од возила и аутобуса до мобилних рачунара и телефона.

Горива ћелија се састоји од наслаганих појединачних ћелија. Свака ћелија има две електроде, једну позитивну и једну негативну. Реакције које производе електричну енергију се одвијају на електродама. Свака горива ћелија има електролит који преноси наелектрисане честице са једне електроде на другу, као и катализатор, који убрзава реакције на електродама.

Катализатор помаже да се водоник одваја у слободне електроне и протоне. Електролит има главну улогу. Он мора да омогући само одговарајућим јонима да пређу између аноде и катоде. Када би електрони и друге материје могли да се крећу кроз електролит, тада би могло доћи до прекидања реакције. Електрони се проводе као електрична енергија која напаја мотор. Затим се преусмеравају како би се састали са протонима у присуству кисеоника при чему стварају воду.

Системи горивих ћелија могу да раде на водонику, који се као чист складишти на возилу или се на возилу производи од горива који имају велики садржај водоника као што је метанол. Међутим, системи који претварају метанол у водоник су сувише комплексни. Тај процес претварања користи топлоту и катализаторе који би одвојили молекуле водоника од угљеника. Угљеник се комбинује са кисеоником, при чему се ствара угљен диоксид. Приликом употребе метанола у горивим ћелијама, емисије оксида азота и чађи су једнаке нули.

---

### **2.2.5 Возила на електрични погон**

Осим возила на водоник, задњих година велику експанзију доживљавају возила на електрични погон. Прво возило на електрични погон направљено је далеке 1835. године. Иако су од тада електрична возила нестала са друмова, разне врсте електричних возила користе се још од почетка двадесетог века на различите начине. Ова возила налазе примену у индустријским постројењима, где би возила покретана моторима са унутрашњим сагоревањем угрозила здравље људи, на голф игралиштима итд.

Погонски систем возила на електрични погон чине електромотор са електронским управљачким системом и системом за хлађење, батерије са својим управљачким системом и пуњењем, систем преноса снаге са мотора ка погонским точковима и електронски систем управљања.

Возила на електрични погон покрећу електромотор којим управља електронски контролни систем. Електронски управљачки систем преузима сигнал са педале гаса и регулише количину струје који електро мотор прима од батерија. Електрична енергија која се доводи мотору изазива обртни момент који покреће точкове на возилу. Генерално, користе се два типа електромотора, наизменичне и једносмерне струје.

Електромотори који раде са наизменичном струјом су ефикаснији, али су због више електронике компликованији и скупљи од електромотора једносмерне струје. Мотори једносмерне струје захтевају мање комплексан управљачки систем и стога су јефтинији. Оба типа мотора се користе за погон електро возила. Већина возила на електрични погон користе регенеративно кочење. Код успоравања возила кинетичка енергија се претвара у електричну и која се даље одводи у батерију. У основи, процес враћања електричне енергије у батерију јесте обрнути процес. Током кочења, електронски управљачки систем обезбеђује да мотор ради у генераторском режиму.

При поређењу возила на електрични погон са моторима са унутрашњим сагоревањем, већина људи мисли да електрична возила имају предност јер немају штетну емисију издувних гасова. Међутим, термо-електране које стварају електричну енергију којом се допуњава батерија на електричном возилу емитује

---

знатне количине загађивача. Пошто се та емисија узме у обзир, возила на електрични погон имају 90% нижу емисију од мотора са унутрашњим сагоревањем. Такође, при поређењу ефикасности између електричних возила и возила са моторима са унутрашњим сагоревањем, мора се узети цео циклус горива. Наиме, узима се у обзир енергија потребна за издвајање, производњу и транспорт фосилних течних горива до пумпних страница и електрична енергија која се налази у електросистемима а која се користи за допуњавање батерија. Ови прорачуни указују да су електрична возила до 25% ефикаснија од возила која користе бензин као погонско гориво и између 10 и 30% мање ефикасна од возила која користе дизел гориво. Пошто су возила на електро погон тиша, саобраћајна бука у градовима би била знатно смањена [29,30].

За Европску унију прихватљиво је улагање у развој нових технологија и иновација, а посебно оних које имају везе са смањењем емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Посебно се одобравају додатна средства уколико је могуће направити синергију између барем два сектора на које се иновације односе (на пример транспорт, енергетика и телекомуникације).

Биогорива су тренутно најважнија врста алтернативних горива чији је део у укупно потрошеном гориву у сектору транспорта за 2011. годину износио 4,7%. Ако су произведена на одржив начин онда могу допринети и смањењу емисије  $CO_2$ . Она би могла обезбедити чисту енергију за све врсте транспорта.

Електрична енергија могла би повећати енергетску ефикасност друмских возила и допринети смањењу емисије  $CO_2$  у сектору транспорта. Она је извор енергије који је неопходан за увођење електричних возила у масовну употребу. Стратегије држава би морале бити изградња јавно доступних места за пуњење како би се осигурала одговарајућа покривеност а да би се омогућило да се електрична возила масовно употребљавају барем у градским и приградским срединама као и другим густо насељеним срединама. Број пунионица би требало одредити узимајући у обзир процену броја регистрованих возила. Требало би планирати тако да једна пунионица опслужује највише 10 аутомобила.

Електромобилност је подручје које се развија великом брзином. Тренутно су пунионице засноване на кабловским прикључцима. Треба имати у виду да ће



---

будуће технологије вероватно подржавати бежичну конекцију или замену батерија, о чему треба на време водити рачуна у смислу законских олакшица за имплементацију нових технологија. Електромобилност је важан допринос испуњавању зацртаних амбициозних климатских и енергетских циљева.

## **2.3. ЕЛЕКТРИЧНА ВОЗИЛА И КОМПОНЕНТЕ**

### ***2.3.1 Историјски развој електричних возила***

Који је тачно тренутак који би се могао прогласити почетком развоја електричних возила врло је дискутабилно. То пре свега из разлога што се први електромоторни погон који је реализован није односио на возило, али свакако јесте на превозно средство. У питању је био чамац са 14 особа. Догађај се десио на реци Неви 1838. године када је професор Мориц Јакоби [31] кратко време покретао чамац дужине 7,5m. Точак са лопатицама који је погонио чамац покретао је примитивни електромотор са одговарајућом системом преноса снаге.

Још један од покушаја датира из 1839. године када је Роберт Дејвидсон из Шкотске направио прво железничко возило покретано помоћу електричне енергије са циљем да се замене парне локомотиве које су биле оцењиване као прљаве и бучне због дима и угља. То возило је прешло око 130 км на прузи Единбург – Глазгов једним колима и тад још примитивним електромотором. Као извор енергије користило је примарну батерију и могло је да развије брзину од око 6,5 km/h. Возило није могло носити скоро никакав терет па је због тога и његово коришћење било веома ограничено. Гастон Планте је 1860. године пронашао погодну акумулаторску батерију, чиме је омогућена комерцијализација електричних возила.

У Берлину, 1879. године, Сименс је приказао први практично применљив пример електричног возила. То је био мали електрични трактор на шинама који је могао да повуче три вагона. Већ 1881. године по Паризу је вожен трицикл напајан из оловних акумулатора. Само годину дана касније трамвај са коњском вучом је преправљен у трамвај са електопогоном. Неколико година касније Томас Едисон је конструисао једно од мало бољих електричних возила тог времена кога је

---

покретао мотор од 3,5 kW напајан никл-алкалним батеријама. Одмах након тога направљен је и електрични аутобус [18].

До краја деветнаестог века сваки нови покушај израде електричног возила био је успешнији од претходног. Интересантно је напоменути да је пред крај деветнаестог века одржана и трка моторних возила која се одвијала у пет етапа дужине од по једне миље. Учествовало је пет возила са мотором са унутрашњим сагоревањем и два возила са електропогоном. Победници у свих пет етапа били су аутомобили са електро погоном чија је просечна брзина била 43 km/h. Чак је 1899. године Белгијанац *Camillo Jenatzy* конструисао електрично возило у облику торпеда које је постигло брзину од 100 km/h [2].

У двадесетом веку развој електричних возила је настављен. На првом сајму аутомобила одржаном у *New York*-у 1901. године, било је приказано 23 електрична и 58 аутомобила погоњених паром и бензином. Почетком двадесетог века моторна возила су се покретала са три врсте погона: бензином, паром и електричном енергијом. Статистички подаци показују да је 1900. године у Америци чак 38% возила било са погоном на електричну енергију. У то време скоро да је подједнако било возила са погоном на електричну енергију, парних возила и возила погоњених моторима са унутрашњим сагоревањем.

Аутомобил погоњен мотором са унутрашњим сагоревањем добијао је све већу популарност због своје лакоће пуњења, покретљивости, брзине и аутономије, иако се електрично возило и даље држало. Електрична возила су нарочито волеле жене, које су сматрале аутомобил са бензинским мотором прљавим и тешким за употребу.

Недостатак тадашњих електричних возила била је релативно мала аутономија кретања. Иако се ситуација почетком двадесетог века мењала у корист електричних возила и изградње станица за пуњење, пронађени извори нафте проузроковали су ниску цену бензина, а напретком технике у производњи мотора са унутрашњим сагоревањем створени су услови за бржи напредак ових аутомобила.

Електрична возила су практично свој врхунац достигла 1912. године, али је исте године измишљен и електропокретач за моторе са унутрашњим сагоревањем, што

---

је допринело елегантнијој употреби ових возила. Када се дода и то да је *Henry Ford* започео масовну производњу *Ford T* модела, дефинитивно долази до потискивања електричних возила. У то време, возило на електрични погон је било и до три пута скупље од Фордовог Т модела.

Због напретка возила покретаних моторима са унутрашњим сагоревањем, возила на електрични погон су полако падала у заборав. Временом се одустајало и од даљег развоја. Тако је било све до почетка другог светског рата. Тада је електропогон доспео поново у први план јер су у ратним условима електрична возила имала предност у односу на возила са унутрашњим сагоревањем због знатно нижих трошкова одржавања и дужег века трајања.

Због практичности, нека возила су из нормалне производње пребачена на електропогон. На пример, у Италији се могао видети *FIAT 500 (Topolino)* покретан акумулаторским батеријама тежине преко 400 kg, као и већи аутомобили са акумулаторима смештеним у моторском простору или пртљажнику.

По завршетку другог светског рата електрични погон је остао резервисан за специјални мањи транспорт и за возила која се најчешће користе у градским срединама.

Шездесетих година двадесетог века почиње поново да се размишља о електро возилима. Све су већи проблеми у градској возњи, загађења атмосфере, страх од несташнице нафте. Постигнут је и велики успех у производњи оловних акумулатора.

Седамдесетих година двадесетог века страхови из шездесетих постајали су свакодневница. Стална поскупљења нафте које има све мање, проблеми везани за њену производњу и транспорт. У то време изгледало је као да ће се резерве нафте брзо истрошити, већ до почетка двадесетпрвог века. Почело је да се размишља о такозваној конзервацији енергије. Поред тога, сталан технички напредак је дао квалитетна и ефикасна решења регулатора брзине електромотора, лакших акумулаторских батерија као и лакших материјала за израду каросерије.

Осамдесетих година еколошки проблеми и нафтна криза појачали су активности око електричних возила. Посебно се интерес јавио код грађана Сједињених Америчких Држава који су стекли навике да користе врло распрострањена

---

електрична возила за голф игралишта, аеродроме, паркове и сајмове. Према неким истраживањима, чак 30% возила намењених за употребу ван јавног саобраћаја била су на електрични погон.

Деведесетих година свест о климатским променама поново побуђује развој електричних возила. Чак је средином деведесетих било и неколико озбиљних произвођача са озбиљним пројектима који из неких разлога нису опстали [32].

Наиме, почетком деведесетих у калифорнији је усвојена стратегија смањења извне емисије и повећања ефикасности горива са коначним циљем нулте издувне емисије. Као одговор томе, произвођачи возила су развили моделе на електро погон. Неки од најпознатијих су били *the Chrysler TEVan, Ford Ranger EV, GM EV1* и *S10EV pickup, Honda EV Plus, Nissan Altra EV* и *Toyota RAV4 EV*.

Произвођачи возила су били оптужени да су ове моделе направили само како би задовољили законску регулативу и да су намерно вршили маркетиншку опструкцију како би изазвали утисак незаинтересованости грађана за овакву врсту аутомобила. Више им је одговарала дотадашња продаја скупњих модела на уносном калифорнијском тржишту. Након укључења нафтних лобиста, *GM*-ов програм *EV1* је био под посебном лупом. Неуобичајена ствар је била што купцима није било дозвољено да заиста купују модел *EV1* већ искључиво да закључују уговоре о закупу, уз обавезу да се на крају периода закупа возила морају вратити *GM*-у, без могућности откупа.

После јавних протеста возача електричних возила да им се њихови аутомобили врате, једино је *TOYOTA* понудила продају свог модела *RAV4-EV* и то последњих 328 примерака у току 6 месеци. Сви остали произвођачи су обуставили производњу електро возила, постојећа повукли са тржишта, а у неким случајевима су бивали виђени како их уништавају. *TOYOTA* је наставила да пружа подршку возилима која су била у саобраћају. Неколико примерака *GM*-овог познатог повученог модела *EV1* је дониран техничким школама и музејима.

Током деведесетих интерес за ефикасност горива и еколошка возила је опадала међу америчким грађанима, који су упркос свим лошим карактеристикама и потрошње и искоришћености, а због ниске цене горива, ипак бирали СУВ возила. Домаће тржиште Сједињених Америчких Држава се углавном базирало на

---

производњи такозваних „*pick up*“ возила која су уживала већу потражњу него мања возила која су била преферирана у Европи или Јапану. *Honda Insight hybrid* је 1999. године постала прво хибридно возило које је продато у Северној Америци.

Хибридна електро возила, која су покретана комбинацијом бензинског и електро мотора, виђена су као компромис, нудећи добре еколошке карактеристике и унапређену економичност у потрошњи горива, без сметњи због кратког домета електро возила и упркос вишој цени од возила са бензинским мотором. Продаја је била сиромашна а недостатак интересовања приписује се малим димензијама возила и недостатку потребе за економичнијим возилом.

Енергетска криза која је наступила две хиљадитих поново је активирала интересе за електро и хибридни возилима. У Сједињеним Америчким Државама продаја модела *Toyota Prius* је нагло скочила. И други произвођачи су почели да прате трендове и развијају сопствене хибриде. Неколицина је почела са развојем и производњом прототипова нових електричних возила. Потрошачи су једноставно тражили возила која ће бити имуна на честе промене у цени и набавци нафте.

Као одговор на недостатак великих произвођача аутомобила да испуне захтеве тржишта за електричним возилима, велики број малих компанија је заузео њихова места, дизајном и производњом испуњавајући захтеве тржишта.

Године 1994. у Бангалору у Индији основана је компанија *Reva Electric Car Company* [33], као плод сарадње између Индије и Калифорније. После седам година истраживања 2001. године је у Великој Британији развијен микро аутомобил познат као *G-Wiz*. Возило је покретано оловним акумулаторима, а 2009. године направљен је нови модел који је као извор енергије користио литијум-јонске батерије.

Ипак, највећи одјек у свету у производњи електричних возила направила је компанија „*TESLA MOTORS*“ [34]. Тесла је основана 2003. године од стране групе инжењера који су хтели да докажу да људи нису електрична возила прихватили као компромис већ да електрична возила могу бити боља, бржа и забавнија него возила погоњена моторима са унутрашњим сагоревањем. Данас, *TESLA* не прави само електрична возила, већ промовише употребу чисте енергије и њено

---

складиштење. Они дубоко верују да што пре планета престане да се ослања на фосилна горива, да је то боље за њу.

Лансиран 2008. године, модел *Roadster* представља најновију технологију израде батерија и електричног погона. Од тада, *TESLA* производи, прва у свету, најбоља возила на електрични погон у својој класи. Истиче се модел „S“ који је, комбинујући безбедност, перформансе и ефикасност, померио границе очекивања за возила двадесет првог века са најдужим трајањем у погледу било ког досадашњег електричног возила, са ажурирањем софтвера константно и у реалном времену и убрзањем од 0 до 100 km/h за мање од 3s. У 2015. години *TESLA* је проширила производњу моделом „X“, најбезбеднијим, најбржим и најкориснијим СУВ возилом у историји који је освојио по пет звездица на свим безбедносним тестовима америчке Националне администрације за безбедност саобраћаја на аутопутевима (*NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration*). Након најаве 2016. године, у 2017. години је започета производња и модела „3“.

*TESLA* возила се производе у фабрици у Калифорнији где се производи и већина компоненти која се уграђују. Како наставља са развојем, план им је да произведу до 500.000 возила у 2018. години.

Да би направио комплетан одржив енергетски систем, *TESLA* је започела пројекте производње складиштења и потрошње обновљивих извора енергије а који се користе и у приватном и у пословном свакодневном животу сваког појединца.

### ***2.3.2 Врсте електричних возила и њихове компоненте***

У принципу, електрично возило је возило које се покреће помоћу електромотора и које носи са собом извор електричне енергије. Енергија која се користи за кретање добија се на неки начин из спољног извора и складишти се у возилу. При вожњи, складиштена енергија се користи за покретање електромотора који преко механичког преносника снаге или директно тачкова покреће возило. Данас се највише користе акумулаторске батерије као електрохемијски извори енергије [35].

---

Акумулаторске батерије преко регулатора брзине (контролера) напајају погонски електромотор. Преко механичког преносника врши се пренос снаге до погонских тачкова. Управљање радом врши се преко папучице која има исту функцију као „папучица гаса“ код возила погоњеног мотором са унутрашњим сагоревањем. Притиском на команду кочнице укључује се рекуператорско или генераторско кочење, при чему се кинетичка енергија претвара у електричну и враћа у акумулаторе.

Уколико се у електрично возило угради агрегат са мотором са унутрашњим сагоревањем, добија се хибридно возило које омогућава да се током вожње према потреби допуњавају батерије.

У зависности од извора напајања електрична возила би се могла поделити на четири групе и то [36]:

- батеријска електрична возила (*BEV*) – чисто електрична возила,
- хибридна електрична возила (*HEV*),
- „Plug-in“ хибридна електрична возила (*PHEV*) и
- електрична возила покретана горивим ћелијама.

Иако сва ова возила имају своје предности и недостатке, сва штеде гориво и емитују мању количију гасова који изазивају ефекат стаклене баште.

#### *2.3.2.1 Батеријска (чиста) електрична возила (BEV)*

Батеријска електрична возила раде потпуно помоћу батерија које напајају електрични погонски агрегат, без уграђеног мотора са унутрашњим сагоревањем. Ова возила морају бити прикључена на спољни извор електричне енергије да би се батерије допуниле. Као и сва електрична возила и ова су у могућности да допуњују своје батерије путем регенеративног кочења. У овом поступку, електромотор асистира у успоравању возила и обнавља део кинетичке енергије возила која би се иначе претворила у топлоту кочењем.

Почетна цена батеријског електричног возила је значајно виша од цене возила покретаног са мотором са унутрашњим сагоревањем. Међутим, стручњаци тврде да ће се и са електричним возилима десити исто што и са хибридима. Како буду

---

расли захтеви купаца за електричним возилима, тако ће им и цена падати. Ова возила не само да дају могућност смањења емисије  $CO_2$  већ и значајну уштеду на гориву и трошковима одржавања.

Упркос свим предностима које имају, потенцијални купци електричних возила и даље имају одређене недоумице:

Тренутно батеријска возила имају аутономију кретања између 140 и 180 километара што је релативно мало у поређењу са возилима погоњеним моторима са унутрашњим сагоревањем. Међутим, за већину потрошача ова аутономија кретања је задовољавајућа, с обзиром на њихове дневне потребе.

Батеријска електрична возила могу бити допуњена преко ноћи употребом регуларне већ постојеће кућне инсталације.

Све је више брзих места за пуњење постављених на стратешким местима, где се возило до 80% капацитета може напунити за 30 минута.

Све је разгранатија мрежа станица за пуњење изграђених да се задовоље потребе батеријских електричних возила.

Из разлога што директно не користе фосилна горива и не производе штетну емисију, постоји јака подршка државних управа за развој и продају батеријских електричних возила, укључујући и подстицаје за куповину.

Као резултат мера развој батеријских електричних возила одвија се изразитим темпом широм света. Најновији типови батерија могу да обезбеде аутономију кретања возила од 300-400 километара по пуњењу.

Обзиром на посвећену пажњу развоју батеријских електричних возила, могуће је очекивати да ће ова возила бити атрактивна алтернатива у блиској будућности већем броју потрошача, са трошковима набавке сличним као и за возила покретана фосилним горивима.

#### *2.3.2.2 Хибридна електрична возила и „Plug-in“ хибридна електрична возила*

Хибридна електрична возила данас имају два комбинована погонска система: бензински мотор са пратећим резервоаром и електрични мотор са својим батеријама и контролером. Оба мотора могу истовремено да покрећу систем за



---

пренос снаге који покреће точкове. На хибридном електричним возилима батерије се не могу допуњавати са спољашњег извора напајања већ само преко мотора са унутрашњим сагоревањем и регенеративним кочењем.

„*Plug-in*“ хибридна електрична возила возила раде углавном у електричном режиму употребљавајући батерије које се допуњавају укључивањем на спољашњу мрежу. Такође, опремљена су и мотором са унутрашњим сагоревањем који може да напуни батерије и/или да замени електрични погон када батерије ослабе или када је потребно више снаге. Због могућности допуне са спољашњег извора, ова возила су често јефтинија за употребу од класичних хибридных возила, а уштеда зависи од растојања пређеног на чисто електричном режиму.

Хибридна и „*Plug-in*“ хибридна електрична возила тренутно имају предности у односу на батеријска електрична возила јер корисници осећају комфор због мотора са унутрашњим сагоревањем, а због цене набавке конкурентнији су возилима погоњеним искључиво моторима са унутрашњим сагоревањем. Такође, опремљена су резервоарима за складиштење горива за вожњу на дуже дистанце, чиме се аутономија кретања значајно увећава у односу на батеријска електрична возила.

За сада, обе врсте хибридных возила воде на тржишту електричних возила у односу на батеријска електрична возила. Када се трошкови набавке батеријских електричних возила приближе такозваним конвенционалним возилима и када им се аутономија кретања довољно повећа, тада ће и она бити популарнија код потрошача због уштеде на гориву а и очувања животне средине.

### *2.3.2.3 Електрична возила покретана горивим ћелијама*

Добијање енергије за покретање електричних возила помоћу горивих ћелија је још један начин обезбеђивања електричне енергије за који се очекује да ће бити широко распрострањен на тржишту у наредним годинама.

Уместо складиштења и ослобађања енергије као код батеријских електричних возила, возила са горивим ћелијама стварају електричну енергију из водоника и кисеоника. Због своје ефикасности и продукта сагоревања који је чиста вода, неки стручњаци сматрају да ће ова врста бити најбоља врста електричних возила, иако

---

је још у развојној фази. Међутим, технологија развоја горивих ћелија још увек није без проблема.

Гориве ћелије производе електричну енергију путем електрохемијских реакција у којима се кисеоник и водоник спајају у воду. Генерално говорећи састоје се од две електроде порозне на дифузју гаса које су одвојене електролитом. Принцип рада се заснива на хемијској реакцији кисеоника и водоника при чему је продукт сагоревања чиста вода, а производ реакције електрична енергија и ослобођена топлота. Радна температура процеса је нижа од 100 °С.

### ***2.3.3 Извори електричне енергије – акумулатори и батерије***

Један од кључних елемената на електричним возилима су батерије односно акумулатори. То су електрохемијски извори енергије који, када је потребно, могу дати електричну енергију. Генерално, састоје се од катоде, аноде и електролита. Разлика између типова батерија огледа се углавном у материјалима од којих су направљене једна или више компоненти.

Батерије могу бити направљене од једне или више ћелија које се везују редно како би обезбедиле већи напон. На пример, типична батерија од 12V за аутомобиле је направљена од 6 ћелија везаних редно, док комплет батерија за батеријска електрична возила може имати стотине појединачних ћелија. Карактеристике батерија су важне у аутоиндустрији а посебно битне карактеристике су њихова густина енергије и снаге.

Густина енергије је количина енергије која се може складиштити у датој маси неке супстанце или система. Што је већа густина енергије система или материјала, већа је и количина енергије која се складишти. Изражава се у [Wh/l] или [Wh/kg]. Густина снаге је мера снаге по јединици запремине. То практично значи да уколико систем има високу густину снаге у могућности је да за кратко време испоручи велику количину енергије. Изражава се у [Wh/m<sup>3</sup>]. У наставку су наведени неки од основних типова хемијских извора електричне енергије.

---

### 2.3.3.1 Оловни акумулатори

Оловни акумулатори су се, од проналажења 80-тих година деветнаестог века, веома мало променили, упркос томе што су унапређења у материјалима и методама производње донела побољшања у густини енергије, дуготрајности и поузданости. Сви оловни акумулатори се састоје од плоча које су уроњене у електролит. Додавање обичне воде је обавезно за већину типова оловних акумулатора, мада постоје и акумулатори који се „не одржавају“ и који долазе са вишком електролита чија је количина прорачуната како би компензовала губитак воде током животног циклуса.

Углавном користе као батерије од 12V. Ове батерије су састављене од неколико појединачних ћелија редно повезаних где свака ћелија производи приближно 2,1V. На пример, батерија од 6V има три појединачне ћелије, које када су потпуно напуњене дају напон од 6,3V. Батерија – акумулатор од 12V садржи шест ћелија редно повезаних.

Оловни акумулатор је хемијски извор електричне енергије који се састоји од две електроде: једне од чистог олова и једне од оловног диоксида и електролита који је водени раствор сумпорне киселине. У електролиту се налазе негативни јони  $SO_4^{2-}$  и позитивни јони  $H_3O^+$ . Код пражњења акумулатора на електродама долази до хемијских реакција, тако да се на оловној електроди формира оловни сулфат  $PbSO_4$ , док се на електроди од олово диоксида издваја вода која испарава, чиме се повећава концентрација сумпорне киселине у електролиту [37].

### 2.3.3.2 Никл кадмијумске батерије *NiCd*

Никл-кадмијум батерије имају пуно добрих особина и што се више користе њихова цена постаје све прихватљивија. Номинални напон *NiCd* батерије је 1,2V по ћелији када је ћелија потпуно исправна и напуњена. Испражњена ћелија у нормалној употреби не би требало да падне испод 1,0V а при јачем пражњењу, што продразумева струје близу  $IC$  ( $C$  - капацитет), сме да буде и до 0,9V по ћелији што је апсолутни минимум. Све ово важи за нормалну употребу а препоручује се у циљу продужења века батерије. То не значи да уколико је

---

случајно дошло до пражњења батерије на 0V да се она мора бацити. Новије и оне у добром стању овакву ситуацију могу поднети неколико пута.

Као и све друге ћелије и *NiCd* имају такозвано "самопражњење", тј. и када се из њих не троши никаква струја, оне стајањем полако губе део енергије и то око 1-1,5% дневно на собној температури. Дакле, може се очекивати да исправна потпуно напуњена батерија од рецимо 600 mAh, кроз 10 дана стајања изгуби 60-90 mAh од свог капацитета.

*NiCd* батерије се најчешће срећу као "*Normal Charging*", "*Quick Charging*" и "*Fast Charging*" батерије. За задња два подтипа користи се углавном иста реч "брзо пуњење" мада се они донекле разликују. "*Normal Charging*" батерије треба пунити само струјом  $C/10$  у трајању од 14 до 16 сати. За то се користе "*Overnight Chargers*" (пуњење у току ноћи) и они сви имају струју око  $C/10$ . По потреби, и ове ћелије се могу пунити бржим темпом, то јест већом струјом али тада мора пратити температура ћелије или батерије која, без обзира докле је стигло пуњење, не сме прећи 45-50°C.

Праћење температуре је обавезно јер је процес пуњења *NiCd* ћелија ендотерман, што значи да температура ћелије чак и опада у току пуњења. Када се ћелија напуни, даљи проток струје почиње на Никл електроди да ствара мехуриће кисеоника који бивају привучени од Кадмијум електроде где почињу да стварају Кадмијум-хидроксид. Површина покривена овим хидроксидом практично смањује ефективну површину Кадмијум електроде што се манифестује благим падом напона ћелије која се пуни. Највећи број "Интелигентних" пуњача управо ради на принципу праћења тог малог пада напона да би одредили моменат завршетка пуњења и пребацили на допуњавање тј. одржавање. Само део тог створеног кисеоника се овако утроши, а остатак остаје у ћелији и повећава унутрашњи притисак. Да би се обе ове нежељене појаве умањиле или спречиле, у модерним ћелијама је уграђен и тзв. "катализатор" који неутралише вишак кисеоника. У том процесу настаје топлота која подиже температуру ћелије. Пошто до пораста температуре долази тек онда када почне да се ствара кисеоник, односно када је ћелија напуњена, тако се зна да је завршен процес пуњења.

---

### 2.3.3.3 Никл метал хидрид батерије NiMH

Већина онога што је речено за *NiCd*, важи и за *NiMH* батерије и ћелије мада се оне доста разликују у технологији израде. У време када су се појавиле, биле су јако добро промовисане па је на основу тога велики број људи стекао утисак да су далеко супериорније од *NiCd* што у суштини није баш тако ако се узму у обзир сви важни параметри.

Основна предност у односу на *NiCd* ћелије је дуже "држање" номиналног напона у току пражњења. Са друге стране, *NiMH* ћелије у просеку издржавају око 300 до 600 циклуса пуњења и пражњења (*NiCd* - 500 до 1000 циклуса), доста су осетљивије на препуњавање и степен самопражњења им је 3-4% дневно (*NiCd* - 1% дневно). И ове ћелије имају номинални напон од 1,2V по ћелији а будући да се раде у истим величинама као и *NiCd*, могу међусобно мењати једни-друге. То ипак не значи да се у једно паковање батерија „Battery pack“ могу везати у серију помешано по неколико *NiCd* и неколико *NiMH* ћелија. Када би из такве батерије само трошили струју, не би било проблема, али би они настали у процесу пуњења јер ту постоје разлике.

*NiMH* се такође пуне константном струјом као и *NiCd* и највећи део онога што је речено за *NiCd* важи и за њих, али апсолутно није препоручљиво да се за њих користе пуњачи за *NiCd*. То је због тога што је онај мали пад напона ћелије на крају пуњења, код *NiMH* ћелија готово неприметан, па га они пуњачи који раде на принципу детекције баш тог пада напона не могу регистровати и настављају са пуњењем па препуњавају ћелије. Једини пуњачи који се препоручују за *NiMH* ћелије и батерије су они који имају могућност да прецизно детектују температуру ћелија током пуњења јер је пораст температуре ћелија на крају пуњења код *NiMH* много више изражен па се то користи као индикација краја пуњења.

Просечна ефикасност пуњења је код *NiMH* ћелија 66% при струјама од  $C/10$ , па им је потребно нешто краће време пуњења. И оне имају уграђен "катализатор" за неутрализацију насталог кисеоника на крају пуњења, али је он способан да се са тиме "бори" само код струја пуњења до  $C/10$ . При већим струјама пуњења долази на крају циклуса до наглијег и већег пораста температуре ћелија због

---

неспособности катализатора да "прогута" сав настали кисеоник, па је у циљу очувања и дуготрајности ћелија неопходно имати контролу температуре.

Често се може чути да *NiMH* батерије трају дуже него *NiCd* батерије истог капацитета. То је због тога што *NiMH* батерије у току пражњења дуже одржавају номинални напон и тек пред сам крај капацитета напон нагло падне. Тако привидно изгледа да су трајале дуже.

#### 2.3.3.4 Литијум јонске батерије

Литијум јонске батерије се углавном користе за мобилне телефоне и преносне рачунаре, а све чешће су главни избор код „*plug in*“ хибрида и батеријских електричних возила. Њихова густина енергије и снаге су боље и од оловних и од *NiMH* батерија, као и ефикасност пуњења и пражњења. Међутим, скупље су а температура им мора бити строго контролисана. Због тога углавном морају имати разрађене системе хлађења. Због густине енергије све чешће су главни избор за „*plug in*“ хибриде и батеријска електрична возила.

Литијум јонске пуњиве батерије у масовној употреби појавиле су се почетком деведесетих. Као и све батерије и литијум јонске се састоје од две електроде и електролита у који су уроњене. Негативна електрода, катода, се обично прави од графита. Позитивна, анода, се прави најчешће од оксида литијума и кобалта или оксида литијума и мангана. Што се тиче електролита, код класичних ваљкастих батерија користе се литијумове соли растворене у органском растварачу јер се због бурног реаговања литијума и воде не сме користити водени раствор. Због потребе за елементима другачијих облика развијене су такозване литијум-полимер батерије, код којих је електролит у чврстом стању, односно као желатинаста маса.

Номинални напон ћелија са материјалима катода и графитне аноде је од 3,5 до 3,8V. Када се материјал аноде мења од графита до литијум-титана, напон ћелије се смањује за око 1V. Када се батерија пуни, атоми литијума са аноде као јони прелазе према катоди кроз електролит. На катоди се депонују између слојева угљеника. Процес је обрнут током пражњења.

---

Већина доступних система литијум-јонских батерија обезбеђује изузетну трајност са перформансама које зависе од специфичних оперативних услова и температуре. Пуњење на ниским температурама је ограничено због спречавања литијум-метал дејства на плочу и убрзаног пропадања. Са ниском дубином пражњења (од 2% до 5%), могуће је остварити номинални капацитет и после 20.000 циклуса, док је при великој дубини пражњења (нпр. 80%), могуће остварити више од 3.000 циклуса пуњења [38].

Висок капацитет активних материјала и напон појединачне ћелије даје литијум-јонским батеријама највећу густину енергије од свих пуњивих батерија који раде на собним температурама. У аутомобилској индустрији оне су главни избор за „*plug-in*“ хибридне и батеријске електричне аутомобиле, у којима су ти критеријуми важни. У хибридним аутомобилима, системи литијум-јонских батерија почели су да се такмиче са *NiMH* батеријама и сада се користе на неколико хибридних аутомобила на тржишту.

До 2025. године очекује се и мања цена по ћелији, заједно са побољшањима својстава материјала и постепеним променама у производњи ћелија великих формата. Очекује се да до тада литијум-јонске батерије буду имплементиране у неким 48V двоструким батеријским системима (заједно са оловним батеријама), ради обезбеђења добре цикличност и високог приноса енергије.

На крају века употребе, све литијум-јонске батерије из аутомобила се прикупљају. Индустриски процеси рециклирања са нула-отпада (*zero-waste*) данас су, углавном, усмерени на повраћај никла, кобалта и бакра. Рециклирање литијума је технолошки и индустријски изводљиво, али због мале количине у свакој батерији (1 до 2% укупне масе) и малог броја литијум-јонских батерија великог формата које су достигле крај употребе, није економски исплативо.

Литијум-полимер (*Li-poly*) батерије су идентичне литијум јонским, осим што користе електролит у чврстом стању (полимер). Ово значи да није обавезно да облик батерије мора бити цилиндричан, већ може бити било ког другог облика што позитивно утиче на боље искоришћење простора. По осталим карактеристикама су идентичне литијум јонским и већ се употребљавају у појединим хибридним возилима.

---

Литијум-гвожђе-фостат (*LFP*) је још једна варијанта литијум-јонске батерије. Ова батерија користи хемију литијум јонске батерије али је катода направљена од фосфата гвожђа. У поређењу са литијум-јонском батеријом нуди добру отпорност на загревање и хемијску стабилност без ризика од пожара у случају препуњења или кратког споја. Има висок пик снаге, али густина енергије је значајно нижа него друге литијум јонске варијанте батерија. Литијум-гвожђе-фосфат батерије се користе код хибридних и батеријских електричних возила неких произвођача који сматрају да је њихова сигурност и расположива снага предност у односу на густину енергије.

#### 2.3.3.5 Цинк бромидне батерије

Цинк бромидне батерије су врста такозваних проточних батерија. Раствор цинка и брома је смештен у два резервоара. Када се батерија пуни или празни, раствор, који представља електролит, се упумпава кроз реакторско кућиште и враћа у резервоар. Један резервоар се користи за складиштење електролита за позитивну електроду а други за негативну.

Претежно водени електролит се састоји од цинк-бромидне соли растворене у води. Током пуњења метални цинк се издваја из електролита и остаје на површини негативне електроде у кућишту хелије. Бромид се претвара у бром на површини позитивне електроде и чува се на сигурном у резервоару електролита.

Основне карактеристике ових батерија су виша густина енергије у односу на оловне акумулаторе и могућност потпуног пражњења на дневном нивоу док у недостатке спада потреба да се потпуно испразне сваких неколико дана у циљу заштите мембране од кристала цинка који могу да је оштете.

Ови батеријски системи озбиљно прете да ће обезбедити решење за складиштење енергије по доста повољнијим ценама него други системи као што су оловни акумулатори или литијум јонске батерије.

Напон по хелији износи око 1,67V. Две електроде су одвојене мембраном која спречава бром да продре до позитивне електроде, где би реаговао са цинком што би проузроковало самопражњење батерије. Да би се смањило самопражњење и да би се смањило притисак настао од пара брома, додају се сложени адитиви у



---

позитиван електролит. Они делују реверзибилно са бромом и формирају масну црвену течност чиме смањују количину брома у електролиту.

Цинк-бромидне батерије користе течност за пренос и размену честица, што их чини неподобним за мобилну употребу. Нови изум стручњака са Универзитета у Сиднеју заменио је течност желатинастом масом. Иако је нити чврст нити течан, задржао је особине од оба стања. Јони се могу кретати брже скраћујући време пуњења. Такође, ефикасније су, дуготрајније и јефтиније од литијума, а желатинаста маса је ватроотпорна.

#### *2.3.3.6 Натријум никл хлорид и натријум сумпор батерије*

У односу на укупан капацитет складиштења и потенцијал даљег повећања ефикасности потрошње горива, захтеви за системима заснованим на литијум, никл или натријум батеријама наставиће да се повећавају кроз повећање броја аутомобила са високим степеном хибридизације и електрификације. Тренутно су доступне две врсте натријум батерија: натријум-никл хлоридне ( $NaNiCl_2$ ) и натријум-сумпор ( $NaS$ ). Обе раде са унутрашњим температурама изнад  $250^{\circ}C$ . Натријум-никл хлоридне батерије комерцијално се користе од 1980-тих и првобитно су нашле примену у тешким хибридним и електричним аутомобилима (аутобуси, камиони и комби возила). Данас је њихова употреба проширена на индустријске апликације, укључујући тржиште телекомуникација и мрежних стационарних система у којима се користе као велике енергетске станице. У наредним годинама натријум-никл хлоридне батерије ( $NaNiCl_2$ ) ће се више користити у тешким „plug-in“ хибридним и електричним аутомобилима.

Произвођачи увелико раде на смањењу трошкова, побољшању перформанси, системима за интеграцију, производним процесима и параметрима безбедности за натријум-никл хлоридне батерије. До 2025. године очекује се повећање снаге, радног века, густине енергије и поузданости, уз знатно смањење цене.

Натријум-сумпор батерије развијене су почетком 1980-тих и искључиво се користе за складиштење електричне енергије за подршку мреже или свемирске апликације. Резултати испитивања натријум-сумпорних батерија за електричне аутомобиле показују да ова технологија није погодна за аутомобилску индустрију.

---

Натријум батерије карактеришу се великом густином енергије, великим бројем циклуса и могућношћу рада у суровим окружењима са температурама од  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Оне су потпуно рециклабилне у постојећим индустријама за производњу нерђајућег челика.

За разлику од других батерија, натријум батерије су засноване на чврстом керамичком електролиту са течним натријум-металом, који делује као негативна електрода. Они раде са унутрашњим температурама између  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  да би се компоненте одржале у течном стању, што захтева термалну изолацију од окружења. Катода у тим батеријама је заснована на никлу ( $Ni$ ) и обичној соли ( $NaCl$ ). Електролит је направљен од тетрахлор-алумината натријума (нпр.  $NaAlCl_4$ ), који је течан на радној температури ћелије и од керамичког сепаратора који пропушта само јоне натријума. Када се батерија пуни, никл ( $Ni$ ) и обична со ( $NaCl$ ) формирају јоне натријума и никл-хлорид ( $NiCl_2$ ). Јони натријума се крећу кроз керамику и попуњавају анодни одељак. Реакција је обрнута у случају пражњења [39].

#### 2.3.3.7 Цинк ваздух батерије

Цинк ваздух батерије су електро-хемијске батерије које своју снагу црпе из реакције цинка са кисеоником из ваздуха. Ове батерије имају релативно велику густину енергије и релативно су јефтине за производњу. Користе се у слушним апаратима и експериментално у возилима на електрични погон.

Честице цинка се мешају са електролитом (обично је то калијум хидроксид- $KOH$ ). Вода и кисеоник из ваздуха реагују на катоди и ствара се цинкат ( $Zn(OH)_2$ ) услед чега се ослобађају електрони који путују ка катоди. Цинкат се распада у цинк оксид и вода се поново ослобађа назад у систем. Вода се рециклира на аноди, тако да се вода понаша само као катализатор. Реакција производи максимални напон од  $1,65V$ .

Густина енергије им је од  $110-220\text{ Wh/kg}$ , континуално одају енергију све док се не испразне  $80-85\%$ , врло брзо се самопразне јер цинк спонтано реагује са кисеоником из ваздуха и водом. За батерију се користе јефтине материјали тако

---

да је могућа јефтина производња. Ове батерије се не могу електрично пунити већ само механички, заменом цинк оксида цинком.

#### *2.3.3.8 Сребро-цинк батерије*

Сребро-цинк батерије се састоје од оксида сребра као позитивне електроде и цинка као негативне. Ова комбинација резултира прилично константним напонем приликом пражњења, приближно 1,5V или 1,8V. У зависности од величине и конструкције, свака ћелија може да складишти око 70-120 Wh/kg или 150-250 Wh/dm<sup>3</sup>.

Ћелије се производе као примарни и секундарни извори струје. Примарни извори струје се користе у електронским уређајима као што су часовници и калкулатори а секундарни извори се највише користе за војну намену.

Секундарна сребро-цинк ћелија представља један од комерцијалних извора са највећом специфичном енергијом и по јединици масе и по запремини. Но, има мали број циклуса пуњење-пражњење, тако да је примена ограничена углавном у војне сврхе или за специјалне намене. Користи се за напајање уређаја на вештачким сателитима, вођење ракета итд. У војсци се примењује за погоне малих подморница, стартовање ракета војних авиона и хеликоптера.

Сребро-цинк батерије могу да раде у широком опсегу температуре и то од -40°C до +50°C. Складиштење може бити и 4 до 5 година.

#### *2.3.3.9 Алуминијум ваздух батерије*

Алуминијум-ваздух батерије производе електрицитет из реакције кисеоника из ваздуха и алуминијума. Имају једну од највиших густина енергије од свих батерија, али се не користе много због високе цене аноде и уклањања нуспојава насталих од употребе стандардних електролита. Ово је сузило њихову употребу углавном на војне потребе. Међутим, електрична возила са алуминијумским батеријама имају потенцијал да имају аутономију кретања до осам пута већу него што би га омогућиле литијум-јонске батерије са значајно нижом укупном тежином.

---

Алуминијумске батерије се израђују као примарне ћелије што значи да нису пуњиве. Једном када алуминијумска анода реагује са катодом уроњеном у електролит, ствара је хидратисан алуминијум оксид и у једном тренутку батерија више није способна да производи струју. Међутим, могуће је механички допунити батерију заменом алуминијумске аноде направљене од рециклираног алуминијум оксида. Оваква рециклажа би била кључна да су алуминијум-ваздух батерије у широкој употреби.

Возила погоњена оваквим батеријама била су предмет дискусије још крајем осамдесетих година прошлог века. У питању је било хибридно возило. У марту 2013. године у видео презентацији приказано је електрично возило које користи алуминијум-ваздух ћелије и које је могло да пређе 330 km користећи специјалне катоде и калијум хидроксид.

Технички проблем остаје како направити алуминијум-ваздух батерије за електрична возила. Аноде направљене од чистог алуминијума кородирају у додиру са електролитом, па се алуминијум обично легира са калајем или неким другим елементом. Алуминијум који реагује унутар ћелије формира желатинасту масу на аноди и смањује електрични излаз. Овај недостатак је један од већих проблема за ову врсту материја. Тренутно решење је додавање адитива који ће добијену желатинасту масу претворити у прах.

Катоде модерних батерија садрже слој угљеника са мрежом од никла, кобалт као катализатор и порозни филм од тефлона (*Polytetrafluoroethylene – PTFE*) који спречава цурење електролита.

Традиционалне алуминијум-ваздух батерије имају ограничен век трајања јер алуминијум реагује са електролитом и производи водоник када батерије нису у употреби, мада ово више није случај са модерним батеријама. Овај проблем би могао бити превазиђен складиштењем електролита у посебном резервоару ван батерија и убацивањем у батерију када је потребна употреба.

Ове батерије могу бити употребљене на пример као резервне батерије у мобилним телефонима или као резервни извори енергије.

---

#### 2.3.3.10 Други типови алуминијумских батерија

Развијани су различити типови батерија базираних на алуминијуму, као што су:

Алуминијум-хлорне батерије, које су још седамдесетих година прошлога века развијане за војну употребу. Оне користе алуминијумску аноду и хлор на графитној катоди. Захтевају рад на повишеним температурама.

Алуминијум-сумпор батерије су још у фази развоја мада изгледа да су још далеко од масовне употребе. Пуњиве су и први пут приказане у 2016. години.

Алуминијум-гвожђе-оксид ( $Al-Fe-O$ ), Алуминијум-бакар-оксид ( $Al-Cu-O$ ) и алуминијум-гвожђе хидроксид ( $Al-Fe-OH$ ) батерије су предлагане за војна хибридна возила због своје добре густине енергије, око 400Wh/kg

Алуминијум-манган диоксид батерије користе кисели електролит. Производе напон од 1,9 V. Друга верзија користи базу калијум хидроксида и сумпорне киселине. Ове два једињења су унутар ћелије развојени танким филмом да би се избегло мешање електролита у оквиру ћелије. Оваква конструкција даје напон од 2,6-2,85 V.

Алуминијум-стакло су батерије просте конструкције. Направљене су од обичног силикатног стакла и алуминијумске фолије. На температури близу топљења метала генерише се електрични напон.

#### 2.3.3.11 Суперкондезатори

Кондензатор је пасивни електрични елемент, који може да акумулира енергију у електричном пољу између две проводне електроде. Процес акумулирања енергије у кондензатору или пуњење кондензатора укључује нагомилавање наелектрисања супротног поларитета на електродама кондензатора, чиме се ствара разлика потенцијала између електрода.

Кондензатор се састоји од две металне електроде и диелектрика који се налази између њих и који обезбеђује да не дође до померања наелектрисања директно са једне електроде на другу. Наелектрисање може прећи са једне на другу электроду посредством спољашњег кола у које је повезан кондензатор. Када се уклони спољашње коло, електроде кондензатора остају наелектрисане. Нагомилана

---

наелектрисања на електродама се привлаче и стварају електрично поље између електрода.

Суперкондензатор се састоји од две металне електроде на које је нанесено пуно слојева активног нанопорозног угљеника, а између овако формираних електрода се налази мембрана од електролита. Активни угљеник је прах сачињен од изузетно малих и округлих фрагмената који заједно образују структуру налик на сунђер са порама нанометарских димензија, што резултује у великој ефективној површини електрода, реда пар стотина  $m^2/g$ . Сваки слој активног угљеника је поприлично проводан, што резултује малом унутрашњом отпорношћу суперкондензатора. Додир између суседних слојева представља неку врсту диелектрика јер врло мала струја може да тече кроз овај спој. То проузрокује да је ефективна дебљина "диелектрика" реда нанометра и да може да издржи напон од 2 до 3 V, па се већина суперкондензатора прави за напоне од пар волти. Због овако велике ефективне површине електрода и максимално стањеног диелектрика, добијамо изузетно велику капацитивност. Суперкондензатори за веће напоне и струје се праве тако што се више мањих суперкондензатора веже на ред и у паралелу.

Данас су на располагању суперкондензатори капацитета до неколико хиљада фарада, а најчешћа примена им је тренутно у хибридним возилима и возилима на електрични погон, углавном у улози помоћних извора енергије у тренуцима када је потребно у кратком времену емитовати већу количину енергије. И поред постигнутог напретка, данашњи суперкондензатори имају густину енергије по јединици запремине око 25 пута мању од класичних батерија.

Тим Америчких научника пришао је проблему суперкондензатора са другог становишта и одлучио да покуша да складиштење енергије врши на атомском нивоу, коришћењем вертикалних угљеничних нано-цеви са једним зидом. Ове нано-цеви ширине су свега неколико атомских пречника, и око 100.000 пута веће дужине, а уз то су изузетно правилне структуре, што практично значи да су добијене готово идеалне електроде кондензатора. Будући да се нано-цеви могу веома густо паковати, оваква структура обезбеђује огромну површину идеалних електрода, чиме се добија густина складиштења енергије упоредива са оном код

---

садашњих батерија. Почетни резултати истраживања су охрабрујући и очекује се да би у следећих неколико година ова врста суперкондензатора могла да уђе у комерцијалну примену.

Чак и ако би капацитет суперкондензатора остао на нивоу данашњих батерија, њихове предности су немерљиве. Пре свега, за разлику од комерцијално расположивих батерија које се могу пунити до неколико хиљада пута, кондензатори се могу пунити и празнити и више од милион пута, што њихов животни век чини знатно дужим. Такође, време потпуног пуњења кондензатора мери се у секундама, док се класичне батерије пуне сатима, уз деградацију капацитета, која код кондензатора није присутна. Кондензатори, поред тога, имају изузетно малу унутрашњу отпорност, високу ефикасност (97–98%), велику излазну снагу и веома се мало загревају. Када је животна средина у питању, кондензатори, за разлику од батерија, не садрже никаква токсична једињења, тако да у сваком погледу представљају идеалну алтернативу батеријама.

Још једна од области где постоји потреба за минијатурним изворима енергије је технологија нано-уређаја, чија је примена пре свега видљива у медицини у виду микроскопских уређаја који се имплантирају у тело. Израда нано-уређаја не представља толики проблем колико њихово напајање. Класичне батерије су превеликих димензија и у себи садрже отровне материјале који се не би смели наћи у људском организму. Професор Зонг Лин Ванг са Техничког универзитета у Џорџији верује да је нашао начин да обезбеди напајање за ове уређаје коришћењем нано-генератора [40], који користе механичку енергију околине за генерисање електричне. Идеја се заснива на коришћењу вертикално сложених нано-жица од цинк-оксида, који има полупроводничка и пиезоелектрична својства. Пиезоелектрична својства овог материјала значе да приликом савијања долази до стварања наелектрисања. Изнад низа нано-жица постављају се електроде које у нормалном стању не додирују нано-жице, али када се нано-жице савију, долазе у контакт са електродама и предају им наелектрисање настало услед савијања. Минимална механичка кретања, као што је ток крви у људском организму или грчење мишића, довољна су за савијање нано-жица и производњу енергије докле год кретање постоји. Штавише, прорачуни урађени на основу особина појединачних нано-жица показују да овакав систем може произвести до 4W енергије по кубном центриметру, што област примене чини далеко широм.

---

### 2.3.3.12 Гориве ћелије

Пре приближно пет година кренуле су бомбастичне најаве тога како би микро гориве ћелије у веома скорој будућности могле у потпуности да замене батерије у преносним уређајима. Основна идеја горивних ћелија је једноставна – на страну аноде доводи се гориво, на страну катоде оксидационо средство, те две супстанце реагују у присуству електролита који је саставни део гориве ћелије и који у њој остаје перманентно. Приликом хемијске реакције ослобађа се електрична енергија која се користи за напајање електричних уређаја.

Као гориво могу се користити разне супстанце, од водоника, преко угљоводоника до алкохола, док се као оксиданси могу користити ваздух, хлор и хлор-диоксид. Свакако као идеална комбинација представља се водоник као гориво и ваздух као оксиданс, при чему се као нуспродукт реакције ствара вода, дакле добија се еколошки идеалан извор енергије.

Почетна еуфорија убрзо је спласнула, будући да се пројектовање горивних ћелија довољно јефтених за масовну производњу показало као тврд орах за научнике и да представља идеју чији ће развој ипак потрајати више него што је очекивано. Основни проблеми са којима се научници суочавају везани су за цену материјала који се користе за катализаторе, пре свега цену платине која је незаобилазан материјал за овај део гориве ћелије. Још један скуп део гориве ћелије је и мембрана (*PEM – Proton Exchange Membrane*). Такође, веома битан аспект рада горивних ћелија је и руковање водом која настаје као резултат реакције, а која се делимично користи за прецизно хидрирање мембране и представља један од критичних процеса у раду ћелије који значајно утиче на њену енергетску ефикасност.

Наравно, напредак на подручју горивних ћелија постоји, а једно од имена које се најчешће помиње на овом пољу је компанија *MTI Micro*, позната по својим горивним ћелијама које као гориво користе метанол. Технологија „*Mobion*“ коју користи ова компанија покрива више од 80 патената и нуди јединствен приступ снабдевању ћелије водом без потребе за коришћењем спољног извора ове сировине, што се постиже искоришћавањем воде настале у процесу спајања горива и оксиданса. *MTI Micro* блиско сарађује са компанијом *Samsung* и свом



---

корејском партнеру је испоручио нову генерацију горивих ћелија које ће се употребљавати у мобилним телефонима.

Област у којој гориве ћелије засад много брже напредују јесте аутомобилска индустрија, где велики број водећих светских компанија интензивно ради на њиховом коришћењу за погон возила. Аутономија прототипова аутомобила који тренутно крстаре светским друмовима износи 300–500 километара, а лидери у овој области су *Toyota*, *Honda* и *General Motors*.

### **2.3.4 Мотори електричних возила**

Електро мотори су кључна компонента електричних возила. У зависности од конструкције возила може их бити један или више комада. Кључне карактеристике које се посматрају када се врши избор мотора који ће покретати возило су:

- момент (у пику и континуитету),
- број обртаја у зависности од напона,
- ефикасност,
- снага (у пику и континуитету),
- напон и
- компатибилност са контролером и другим уређајима

Мотори који се највише користе у електричним возилима:

- Електро мотори једносмерне струје са четкицама – мала ефикасност, проблеми са четкицама, тешко пролазе тест електромагнетне компатибилности
- Асинхрони мотори наизменичне струје – јефтини, добро се могу контролисати, поуздани
- Синхрони мотори без четкица са перманентним магнетом – мала тежина, висока ефикасност, виша цена због перманентног магнета

---

Према механичком извођењу, мотори могу бити са унутрашњим или спољним ротором, хлађени ваздухом или расхладном течностју, са директним излазом снаге или механичким редуктором, са интегрисаном кочницом или без кочнице, са интегрисаним или одвојеним контролером.

Једна од интересантних ствари код електромотора јесте та што без обзира на мноштво типова, нема јасног победника. Сви овде описани мотори тренутно се користе при конструкцији возила.

#### *2.3.4.1 Електромотор једносмерне струје са четкицама*

Електрична возила користе широк спектар различитих врста електро мотора. Најједноставнији је електромотор једносмерне струје са четкицама [41]. Овај тип мотора је широко распрострањен у свакодневном животу код разних алата, играчака, у возилима за отварање прозора и малим кућним апаратима. Још увек се могу срести и код погона електровозила, али све мање јер га превазилазе остали типови мотора и по ефикасности а и поузданости.

Класичан електромотор једносмерне струје садржи перманентни магнет и четкице. Најпростији мотор има један намотај. Струја која се преко четкица и комутатора доводи у намотаје ротора изазива појаву силе. Ту се услед протока струје ствара електромагнетно поље које у односу на осу намотаја, то јест ротора ствара спрег сила које изазивају обртање. Намотаји се окрећу са комутатором а када изађу из обухвата магнета, инерција наставља да их окреће док поново не дођу до у контакт са четкицама. Када се то деси струја тече у истом смеру у односу на магнет и обезбеђује силу, односно момент који наставља да окреће мотор као и раније. Међутим, сама струја кроз намотаје ће тећи у супротном смеру у односу на првобитни положај.

Улога комутатора јесте да обезбеди промену смера струје кроз намотаје како би се електромагнетна сила која окреће мотор увек јављала у истом смеру.

---

Најважније је истаћи следеће:

- ротор са намотајима је обично засечен округли део од гвожђа, па магнетно поље не мора да прелази велики пут због ваздушног зазора који би ослабио магнетно поље и
- користи се више намотаја, тако да су намотаји под напоном дуже време у магнетном пољу. То значи да се комутатор не састоји само од два полупрстена, већ се састоји из неколико сегмената, по два сегмента за сваки намотај.

#### 2.3.4.2 Електромотори без четкица

Четкице на електромотору једносмерне струје су очигледан проблем. Ту постоји стално трење између четкица и комутатора што временом доводи до њиховог трошења. Међутим, већи проблем овог мотора је топлота које је у вези са губицима и која се формира у средини мотора, у ротору. Уколико би се направило да се топлота генерише на спољашности статора, онда би се она могла одвести знатно лакше, што би омогућило смањење мотора. Уколико би четкице биле дуготрајније, то би била додатна предност.

Мотор једносмерне струје без четкица (*The brushless DC motor - BLDC*) је фактички мотор наизменичне струје [42]. Струја кроз њега пролази наизменично, али се и даље сматра да је мотор једносмерне струје јер струја која мора бити променљиве фреквенце добија се из извора једносмерне струје, а због своје карактеристике брзине и момента веома је сличан електромотору једносмерне струје са четкицама.

Како сам назив „мотор једносмерне струје без четкица“ није адекватан, у пракси се, у зависности од произвођача, често срећу називи као што се само-синхрони мотор наизменичне струје, синхрони мотор са варијабилном фреквенцом, синхрони мотор са перманентним магнетом и мотор са електронским комутатором.

Принцип рада ове врсте мотора заснива се на следећем: ротор је направљен од перманентног магнета. Статор садржи намотаје кроз које се пушта једносмерна струја. Формира се електромагнетно поље које покреће ротор. Ротор се окреће док

---

се перманентни магнет не уравнотежи са електромагнетним пољем. Да би се обртање ротора наставило потребно је променити фреквенцу струје кроз статор, при чему долази до промене електромагнетног поља и поновног покретања ротора.

Очигледно је да промена струје мора бити синхронизована са положајем ротора. Ово се ради помоћу сензора. Најчешће су у употреби халови сензори који користе магнетно поље ротора да осете његову позицију, али користе се и оптички сензори.

Проблем са системом који има један намотај је тај што је момент веома нестабилан. Ово се избегава увођењем три или више намотаја. Овде се намотајима наизменично доводи струја и то наредни намотај добија напајање у тренутку када је ротор између два намотаја. Струјни круг који се користи да управља и контролише струју у намотајума обично предствља једну од функција контролера. Главни управљачки улаз у микропроцесор је сигнал положаја ротора.

Карактеристика ових мотора је да ће се момент смањити како се брзина повећава. Перманентни магнет ротора ће генерисати електромоторну силу. Ова сила ће бити пропорционална брзини ротације, па ће се смањивати струја која протиче кроз калем. Смањење струје ће смањити снагу магнетног поља а самим тим и величину обртног момента. На крају, величина електромагнетне силе ће бити пропорционална са напоном напајања и то у тренутку достизања максималне брзине.

Треба напоменути да се овај тип мотора може једноставно употребити као генератор електричне енергије, што се може искористити код регенеративног кочења. Иако је струја која протиче кроз намотаје променљива, мора постојати напајање једносмерном струјом, због чега је овај мотор генерално и класификован као мотор једносмерне струје. Има широку употребу у компјутерској опреми за покретање покретних делова дискова и вентилатора. У овим малим моторима инвертори су интегрисани у саме моторе. Међутим, постоје и мотори већих снага и димензија чији су контролери знатно сложенији и кроз које може протичати променљива струја, што као последицу има промену момента, чиме се добијају веома флексибилни погонски системи.

---

Ови мотори захтевају веома јак перманентни магнет за ротор. Та чињеница значајно поскупљује мотор. Основна предност овог мотора у односу на електромотор једносмерне струје са четкицама је та што нема потребе да се струја индукује у ротору што га чини ефикаснијим и дајући му нешто већу специфичну снагу.

#### *2.3.4.3 Преклопни отпорни мотор*

Иако је скоро ушао у масовну употребу, преклопни отпорни мотор је у принципу релативно једноставан. Основни принцип рада заснива се на томе да се гвоздени и статор и ротор намагнетишу струјом која пролази кроз намотаје на статору. Због тога што ротор није у линији са магнетним пољем, јавиће се момент који ће окренути ротор да минимализује ваздушни зазор и направи магнетно поље симетричним.

Могло би се рећи да се магнетно поље опире да пролази кроз ваздушни простор и да тежи да га минимализује. То је разлог зашто се ови мотори називају отпорним. У тренутку када се ротор поравна са статором и магнетно поље се направи симетричним, струја ће се искључити а ротор ће наставити да се окреће још најмање четвртину круга. Затим се поново укључује струја и цео процес се понавља.

У овом мотору ротор је парче магнетичког меког гвожђа. Такође, струја која пролази кроз намотаје не мора бити наизменична. У суштини, ово је веома једноставан и потенцијално јефтин мотор. Брзина се може контролисати варирањем дужине времена које је струја укључена. Такође, пошто ротор није перманентни магнет, нема повратне електромагнетне силе која се генерише на начин на који се генерише код електромотора једносмерне струје без четкица, што значи да је могуће остварити веће брзине.

Највеће потешкоће код ове врсте мотора настају у интервалима укључивања и искључивања струје који морају бити пажљиво контролисани. На пример, ако је ротор под  $90^\circ$  у односу на линију магнетног поља а намотаји су намагнетисани, неће доћи до стварања момента јер је у овом положају магнетно поље

---

симетрично. Дакле, момент је нестабилан и варира, а први мотори овог типа су имали репутацију да су бучни.

Момент мотора би се могао постићи равномернијим додавањем још намотаја у статоре. Ротор је и даље од гвожђа, али има истакнуте половине, односно као истурене грудвице. Ротор обично има два истакнута пола мање него што статор има намотаја. Принцип рада је такав да кроз један намотај тече струја. Када истакнути полови дођу до тог намотаја, струја се исључује и напајају се други намотаји наспрам којих нису истакнути полови. На тај начин се добија равномерније обртање ротора. За коректно укључивање и искључивање струје у намотајима неопходна је поуздана информација о положају ротора. То се обично остварује помоћу сензора, али модерни контролни системи могу и без њих. Положај ротора се може закључити из напона и струје која пролази кроз намотаје. Ово јасно захтева брзе и сложене анализе напонских и струјних таласа и постиже се употребом специјалних врста микропроцесора.

#### *2.3.4.4 Индукциони мотор*

Индукциони мотор је веома широко распрострањен код свих типова индустријскино постројења. Његова технологија је давно развијена. Захтева напајање наизменичном струјом, што може да створи слику да може да буде неприкладан за изворе напајања једносмерне струје као што су батерије или гориве ћелије. Међутим, употребом добрих инвертера, то данас није проблем. Шта више, инвертери који требају да произведу наизменичну струју нису ништа компликованији нити скупљи од оних који требају да обезбеде променљиву струју код електромотора једносмерне струје без четкица. Дакле, овај тип широко распрострањеног и веома поузданог мотора јесте прикладан за употребу у електричним возилима.

Као и остали и трофазни индукциони мотор се састоји од статора и ротора. Статор садржи три намотаја. Ротор се обично прави од бакарних или алуминијумских шипки, на крајевима повезани у струјни круг, формирајући кавез. Унутрашњост тог кавеза обично је испуњена гвожђем у слојевима.

---

Када се кроз намотаје статора пусти трофазна наизменична струја, добијамо обртно магнетно поље. Ово магнетно поље пролази кроз проводнике на ротору производећи струју у њима.

Сила која се јавља на тим проводницима окреће ротор. Она тежи да „јури“ обртно магнетно поље. Уколико би се ротор кретао истом брзином као и магнетно поље, не би било релативне брзине између обртног поља и проводника па се не би индуковала струја, нити би било момента. Момент расте са порастом угла клизања брзине у односу на магнетно поље, до оптималног клизања, након чега момент опада.

Брзина ротације магнетног поља зависи од броја полова (пари полова). Поред два, могуће је да мотор има 4, 6, 8 или неки други број полова. Мотор са 4 пола ће се окретати душло мањом брзином него двополни при истој фреквенци, шестополни са трећином брзине, четворополни са четвртином и тако даље. Ово је прилично крут начин регулације брзине.

Данас се регулација брзине углавном врши променом фреквенце напајања намотаја. Регулација брзине променом фреквенције извора је, са развојем енергетске електронике, постала најзначајнија, при чему се, како се не би променило магнетно засићење машине, често изводи са истовременом променом напона напајања (тзв.  $U/f$  регулација,  $U/f=\text{const}$ ).

Предности овог начина регулисања брзине су у веома добрим техничким особинама: задржава се вредност максималног момента, промена брзине је континуална и у широком опсегу, користи се стандардни мотор са краткоспојеним ротором.

Међутим, потребан је додатни уређај за обезбеђење променљиве учестаности и напона напајања (претварач). Употребом фреквентних претварача (AC/AC претварача) решава се и проблем превеликих струја везан за покретања асинхроног мотора као и једноставна промена смера обртања ротора У пракси се промена смера обртања ротора постиже и заменом места два прикључна фазна вода.

Електрична возила користе моторе једносмерне и наизменичне струје. Уколико је у питању мотор једносмерне струје, он може радити у распону од 96 до 192 V.

---

Већина мотора једносмерне струје која се користи у електричним возилима долази од виљушкарa. Уколико се користе мотори наизменичне струје, онда је највероватније у питању трофазни мотор који ради на 240V или на 300V.

Инсталација са једносмерном струјом тежи да буде једноставнија и јефтинија. Типични мотор је у распону од 20 до 30 kW. Типичан контролер је у распону од 40-60kW. На пример, контролер који ради на 96V може да испоручи највише 400-600A. Једна од добрих особина електромотора једносмерне струје јесте што се може преоптеретити без последица у кратком временском трајању. То значи да на пример мотор од 20kW може прихватити 100 kW у кратком временском трајању и на тај начин 5 пута повећати снагу. Ово је одлична особина за кратка и нагла убрзања. Једино ограничење је топлота која се развија у мотору. Превише преоптерећења може прегрејати мотор до његовог уништења.

Инсталација наизменичне струје омогућава употребу трофазног мотора наизменичне струје, па се лакше може пронаћи мотор одговарајуће величине, облика и снаге. Мотор наизменичне струје и контролер могу имати функцију генератора. То се користи током кочења када мотор прелази у генераторски режим и испоручује електричну енергију назад у батерије.

#### 2.3.4.5 Серво мотори

Серво мотори су ротациони актуатори који се користе у уређајима где је потребно управљање угаоном позицијом, брзином и убрзањем. Састоје се од одговарајућег мотора у комбинацији са сензором који даје информацију о позицији. Серво мотори такође садрже и релативно софистицирани контролер, често одвојен модул, намењен за употребу са серво моторима. Најчешће се користе у апликацијама са даљинским управљањем (мали роботи, даљински управљани аутомобили, авиони, бродови итд).

Серво мотор поседује три прикључка, један управљачки и два преко којих се мотору доводи напајање. Управљачки сигнал се користи за управљање угаоном позицијом излазног вратила и најчешће је то PWM (*Puls-Width Modulation*) сигнал. Трајање импулса PWM сигнала одређује позицију вратила. Док год је управљачки сигнал присутан, серво мотор задржава позицију свог излазног вратила. При појави сигнала, мотор ротира вратило у смеру у ком ће се најпре



---

остварити задата позиција. Када се позиција оствари, вратило се зауставља и задржава позицију. Управљачки сигнали серво мотора углавном имају период од 20 ms. Фактор испуне импулса унутар периоде ће се одразити на позицију излазног вратила.

Серво мотори су састављени из три дела: мотора са редуктором, уређаја повратне спреге и управљачке плоче. Уређај повратне спреге чини најчешће потенциометар. Мотор, преко низа зупчаника који чине редуктор, окреће излазно вратило и потенциометар истовремено. Управљачки модул “очитава” отпорност потенциометра и на тај начин утврђује тренутну позицију излазног вратила.

#### *2.3.4.6 Поређење мотора*

Битно је напоменути да повећање перформанси мотора значајно повећава и цену. коштања. Додатно, постоје још две ситуације када серво мотор губи на ефикасности. На ниским напонима и високим моментима. Укратко, серво мотори се најчешће користе због своје способности да произведу високи обртни момент, чиме се обезбеђује брзо убрзање. Али, високи обртни момент често захтева да мотори раде са обртним моментом који је два до три пута већи од њиховог номиналног, што умањује његову ефикасност.

При избору мотора битно је проверити карактеристике и изабрати онај који највише одговара специфицираним захтевима.

Ако посматрамо брзину, индукциони мотор има мањи опсег брзине него мотор са перманентним магнетом. Мотор са перманентним магнетом управљан варијабилном фреквенцом може бити коришћен скоро као и индукциони мотор као и неки серво мотори. Сервомотори достижу брзине до 10000 обртаја у минути, што испада из опсега мотора са перманентним магнетом.

Ефикасноист индукционог мотора опада при малим оптерећењима. Мотори са перманентним магнетом имају бољу ефикасност од индукционих мотора, па раде боље при истим условима оптерећења. Код сервомотора пак, иако су дизајнирани да раде у широком опсегу напона, ефикасност опада са напоном.

На поузданост индукционих мотора доста утиче ослобођена топлота јер може да деградирајуће делује на изолацију. Генерално, индукциони мотори су поуздани.

---

Мотори са перманентним магнетом смањењем радне температуре смањују хабање и одржавање. Лежаји и изолација су дуготрајнији. Робусна конструкција омогућује дугогодишњи безотказни рад у тешким условима. Сервомотори су физички најмање захтевни. Оно што захтевају је прецизно димензионисање. У супротном може доћи до отказа.

Код индукционих мотора, кавезни ротор који производи индукцију битно смањује густину снаге. Ретки природни перманентни магнети производе више флукса и резултујућег момента него индукциони мотори исте величине. Сервомотори су способни да у кратком времену обезбеде висок момент за велика убрзања.

Тачност рада код индукционих мотора обезбеђују флукс вектор и контролисана оријентација поља. Код мотора са перманентниом магнетом, без повратне спреге, јако је тешко урадити тачну локацију и позиционирање као код серво мотора. Сервомотор са затвореном петљом користи повратну спрегу за тачност брзине и до  $\pm 0,001\%$  од базне брзине.

Индукционе моторе карактеришу ниски почетни трошкови али и високи трошкови у експлоатацији. Мотори са перманентним магнетом имају већу ефикасност па је енергија коју употребљавају нижа што доводи до тога да се повраћај средстава од набавке реализује знатно брже. Код сервомотора, цена може бити десетострука у односу на друге моторе.

#### 2.3.2.5.6.1. Верзија сервомотора са перманентним магнетом

Сервомотори се користе на уређајима за контролу покрета где су мала инерција и динамичан одзив изузетно важни. У ствари, већина ових мотора је слична моторима са перманентним магнетом али користе специјалне контролере и појачиваче, као и повратне спреге да контролишу позицију а не само брзину.

Међутим, цена ових мотора може да буде висока, чак десет до двадесет пута виша од индукционих мотора. Уређаји који захтевају приближно серво дејство, су погодни кандидати за моторе са перманентним магнетом када се узму у обзир однос цене према добијеним перформансама. Кључно је да су мотори са перманентним магнетом погодни за класичне пумпе које обично раде са променљивом брзином између 75% и 85% максималне брзине.

---

Мотори са перманентним магнетима су непогодни за уређаје који користе сервомоторе чија се брзина обртања близу 10000 обртаја у минути. То је ван опсега мотора са перманентним магнетом. Додатно, без повратне спреге за мотор са перманентним магнетом, тешко се може достићи највећа тачност у позиционирању као што је то случај са сервомотором.

#### 2.3.2.5.6.2 Верзија индукционог мотора са перманентним магнетом

Ефикасност система је већа за мотор са перманентним магнетом од 40% па до изнад 120% оптерећења. Додатно, мотор са перманентним магнетом обезбеђује већу густину снаге него еквивалентни индукциони мотор. Природни перманентни магнети могу произвести већи флуks него кавез исте величине код индукционих мотора.

Улазна фреквенца има мање ефекта на ефикасност мотора са перманентним магнетом него на индукциони мотор. Губици су 15-20% мањи него код индукционог мотора. У зависности од величине мотора и циклуса рада, само на ефикасности се за годину дана може уштедети цена коштања.

Укратко, због свог синхроног рада, мотори са перманентним магнетом нуде боље динамичке перформансе и прецизнију контролу брзине. Иако фактор снаге не може бити толико висок као код индукционих мотора, мотори са перманентним магнетом обезбеђују већу густину снаге због јачег магнетног флуksа. С тога, већи момент може бити обезбеђен датом физичком величином, односно захтевани момент може бити обезбеђен моторима мањих димензија. Коначно, ови мотори раде на значајно нижим радним температурама од индукционих мотора, па им је због тога и радни век дужи.

#### 2.3.2.5.6.3 „Мотор у точку“ технологија

Мотор у точку (енглески називи *wheel hub motor*, *wheel motor*, *wheel hub drive*, *hub motor* или *in-wheel motor*) је електро мотор који је уграђен у главчину точка и погони га директно.

Први концепт ове врсте мотора у точку датира из давне 1884. године. Касније, 1897. године, у Бечу, Фердинанд Порше се такмичио у возилу са електромотором у точку. Интересантно је нагласити да је Поршеово прво инжењерско искуство

---

било са електро, а не са мотором са унутрашњим сагоревањем. Као резултат, прво возило које је развио било је електрично возило са моторима у точковима и које је радило на батерије. То је био модел *Lohner Porsche*, из 1900. године, и који је имао по један мотор у предњим точковима. Чак 300 примерака је продато имућним купцима.

Већ је раније описан развој, односно успон и пад електричних возила с краја деветнестог и почетка двадесетог века услед проналаска извора нафте. Возила погоњена моторима са унутрашњим сагоревањем су без обзира на ефикасност и све губитке у преносницима победили електрична возила, али њихов погон никада није постигао ефикасност као погон електромотора у точку.

Данас, ови мотори се најчешће користе у електричним бициклама. Такође, користе се и у индустрији за покретање транспортних линија. Ретко се употребљавају у возилима иако су првенствено направљени у ту сврху. Могу се наћи у аутобусима.

Неколико произвођача су развијали концепте користећи моторе у точковима:

- *General Motors Sequel 2005*
- *Protean Electric's Mini QED 2006.*
- *Mitsubishi MIEV концепт модел из 2005*
- *Rimac Concept One 2009*
- *Citroën C-Métisse*
- *Peugeot BBI* из 2009 са уграђеним моторима у задњим точковима

Код ових мотора електромагнетно поље се формира из стационарних намотаја мотора. Спољни део мотора прати, или се труди да прати, ово поље, окрећући точак са којим је у чврстој вези. Код мотора са четкицама, енергија се преноси контактом четкица на ротор мотора. Код мотора без четкица, елиминисан је физички контакт између статора и ротора. Иако је технологија мотора без четкица скупља, користи се због ефикасности и дужег века трајања .

Мотори у точковима се углавном праве у једној од три варијанте. Најмање практичан је аксијални флуks мотор где су статорски намотаји у сендвичу између

---

сетова магнета. Друге две варијанте су обе радијалне конструкције, где су магнети везани за ротор. У првој варијанти ротор је унутар статора као и код стандардних електромотора. У другој варијанти, ротор је спољашњи, односно обавија статор. Мотори у точковима у аутомобилској индустрији су још увек у фази развоја, тако да се још увек није искристалисала ниједна конфигурација која би се могла звати стандардном.

Електрични мотори имају највећи момент при старту, правећи их идеалним за возила којима приликом покретања треба највећи момент. Њихов велики момент утиче да ротор почиње да се окреће, због чега електрични мотори не захтевају преносник снаге. Можда је потребно поставити редуктор, али за електро моторе није потребна промена степена преноса.

У поређењу са класичним електричним возилом кога погони један мотор погонећи некад два а некад четири точка, концепт са мотором у точку има и своје предности и своје недостатке. Код овакве концепције, где се контрола убрзања и успорења обавља електронским путем, постоји више могућности за компјутеризовану динамику возила која се обезбеђује на релативно лакши начин у односу на остале концепте градње возила, као што су:

- ACC – *Active Cruise Control*, где возило може да одржава задато растојање у односу на возило испред,
- избегавање удеса, где возило може аутоматски да избегава удесе,
- помоћ при кочењу у опасним ситуацијама, где возило осети потребу за наглим кочењем и примени максималну кочну силу
- активни пут кочења, где се стабилност возила обезбеђује индивидуалним деловањем кочница појединих точкава,
- активни програм који симулира постојање диференцијала, где се појединачно подешавају брзине сваког точка у зависности од услова пута и
- кочно управљање, где се појединачни точкови коче како би потпомогли скретање.

Како мотор у точку може да убрзава и успорава возило једним електрично електронским системом, многе од горе наведених функција се могу обезбедити

---

адекватним софтверским пакетом пре него да се уграђују додатни системи као што је на пример противблокирајући кочни систем. То би на крају требало да доведе до смањења трошкова система активне безбедности [43].

Такође елиминацијом механичке трансмисије, укључујући мењачки преносник, диференцијал и погонска полувршила, може се обезбедити повољнији биланс масе.

Главни недостатак мотора у точковима је његова тежина која повећава неослоњене масе, што даље лоше утиче на возне карактеристике возила. Точкови су инертнији на реакцију на услове пута, посебно у случајевима вожње преко неравнина, где се вибрације преносе на каросерију уместо да их апсорбују.

Већина електромотора се састоји од гвоздених материјала углавном у облику ламела. Овај материјал има највише утицаја на тежину мотора. Да би се она смањила у последње време смањен је садржај гвоздених материјала конструкцијом ротора „без језгра“ где се пактично уместо гвозденог магнетичког материјала користи намотај од лицнасте (танке) жице. Осим смањења вихорних струја, смањена је и тежина мотора а самим тим и неослоњене масе.

Други метод јесте замена елемената кочног система из точка мотором сличне тежине. Практично говорећи, на тај начин неослоњена маса остаје непромењена а функцију кочења преузима мотор. Један такав добар пример представља такозвани активни точак (*Active Wheel*) развијен од стране компаније *Michelin* [44].

### **2.3.5 Контролери електромотора**

Контролери електро мотора су уређаји или групе уређаја намењене да управљају електромотором на неки унапред предвиђен начин. Контролери могу имати ручне или аутоматске функције за стартовање или заустављање мотора, избор смера обртања, регулацију брзине, регулацију или ограничење момента, као и заштиту од преоптерећења.

Основни контролери брзине регулишу брзину и правац електричних мотора променом напона, али у ствари они раде више од тога:

- 
- обезбеђују контролисано пуштање у рад. Неконтролисано укључивање мотора може изазвати висок момент који може и механички оштетити мотор,
  - промену смера обртања – мотор се прво мора потпуно зауставити,
  - заштиту од промене поларитета у случају да неко погрешно повеже мотор и
  - заштиту услед отказа и лома – сигурност приликом на пример прекинутих проводника.

У зависности од врсте и типа електро мотора, постоје различите врсте конструкције и принципа рада контролера.

Један од њих ради на тај начин што везу између батерија и мотора прекине и успостави око 20000 пута у секунди користећи технику импулсног управљања - „*pulse width modulation [PWM]*“ [45]. Мотор узима просек од ових импулса пошто су промене толико брзе да мотор не може да их детектује.

Како је снага  $P = U \cdot I$  контролер ради као трансформатор. У горњем примеру напон мотора пута струја мотора ће бити иста као напон на батеријама пута струја у батеријама, што практично значи да се сва снага батерија преноси на мотор. Губици у контролеру су мали а ослобођена топлота у контролеру је занемарљива.

Сваки електромотор мора имати неку врсту контролера. Он ће бити различитих особина и сложености у зависности од намене мотора. Најпростији пример је прекидач који повезује мотор са извором напајања који се користи на малим уређајима или електричним алатима. Може бити ручно управљан или управљан преко релеа или конектора повезаних преко сензора за аутоматско стартовање или заустављање мотора. Такође, прекидачи могу имати неколико положаја да би се могла обезбедити различита повезивања мотора. Могу дозволити смањење напона при стартовању мотора, промену смера обртања или контролу брзине.

Заштита од преоптерећења и високе струје може се обезбедити веома малим контролерима који се ослањају на снабдевање струјом до прекомерне дозе. Мањи мотори могу имати у себи уграђену заштиту од преоптерећења да у случају истог аутоматски прекину напајање. Већи мотори имају релеје или температурне

---

сензоре интегрисане у контролер, као и осигураче или прекидаче струјног кола у случају више јаче струје. Аутоматски контролери мотора могу имати и такозване лимитаторе у циљу заштите остатка постројења које мотори покрећу.

Сложени контролери могу бити коришћени за прецизну контролу брзине и момента повезаног једног или више мотора и могу бити део затворене петље контролног система за прецизно позиционирање управљане машине. На пример, нумерички управљан струг ће прецизно позиционирати резни алат према програмском профилу.

Контролери мотора могу бити ручни, даљински и аутоматски управљани. Они могу бити намењени или само за покретање и заустављање или и за неке друге функције. Контролири електромотора се могу класификовати према типу мотора који покрећу – са сталним магнетом, серво, са посебном побудом, наизменичне струје.

Контролори се повезују са изворима напајања као што су батерије или директни извори и контролном електроником у облику аналогног или дигиталног сигнала.

#### *2.3.5.1 Контролери за стартовање мотора*

Мали мотори могу бити покретани једноставним укључењем на мрежу користећи прекидаче. Већи мотори захтевају специјалне прекидачке јединице који се називају стартери или контактори. Када се повежу са напоном директни прекидачи одмах повезују мотор са извором напајања. Ово је најједноставни тип стартера. Он такође садржи и заштитни уређај, а у неким случајевима и мониторинг стања. Стартери мањих димензија и за мање струје су ручно управљани, док они већи имају електромеханичко управљање, што су у ствари релеи и контактори.

Директни стартери се могу користити уколико стартна струја не утиче на пад напона у напојном колу. Највећа величина мотора којим се може управљати може бити ограничена из овог разлога.

Директни прекидачи се углавном користе за стартовање малих пумпи за воду, компресора, вентилатора. У случајевима да покрећу асинхроне моторе, на пример трофазне, мотор ће изазивати високу стартну струју док не достигне највећу



---

брзину. Ова струја је обично 6 - 7 пута већа од струје при пуном оптерећењу. Да би се ова стартна струја смањила, већи мотори имају стартере који редукују напоне или стартере са променљивим напоном како би се смањили падови напона приликом стартовања мотора.

Стартер са функцијом преусмеравања може повезати мотор тако да му се промени смер обртања. Такав стартер садржи два директна струјна круга, један за смер у правцу казальке на сату а други у супротном смеру, са механичким или електричним забрављивањем прекидача како би се спречило истовремено спајање. Код трофазних мотора ова функција се постиже заменом проводника који повезују две фазе. Код монофазних мотора наизменичне струје и мотора једносмерне струје мора постојати додатни уређај који обезбеђује ову функцију.

#### *2.3.5.2 Стартери који редукују напон*

Два или више контактора се могу користити да обезбеде смањење напона приликом стартовања мотора. Употребом аутотрансформатора снижавањем напона на мотору обезбеђујемо смањење почетног момента и стартне, ударне, струје. Када мотор дође у режим рада пуног оптерећења, овај стартер пребацује пуну вредност напона на мотор. Из разлога што ови стартери ублажавају ударну струју само у првих неколико секунди рада, уређаји су много мањих димензија у поређењу са другом опремом. Промена између редукованог и пуног напона може бити заснована на протеклом времену од старта мотора или активирана у тренутку када уграђени сензор покаже да је струја у мотору почела да опада.

#### *2.3.5.3 Контролери за подешавање брзина*

Контролери за подешавање брзине садрже комбинацију опреме која обезбеђује и класично покретање мотора али и подешавање радне брзине у зависности од механичког оптерећења. Систем се састоји од електро мотора и контролера брзине или претварача снаге и додатних уређаја и опреме. Модерни уређаји могу обезбедити и благо стартовање мотора.

---

#### 2.3.5.4 Интелигентни контролери

Интелигентни контролери користе микропроцесоре да контролишу електричне уређаје који служе за контролу мотора. Они посматрају оптерећење мотора и према њему подешавају адекватан момент. Ово се обезбеђује редукијом напона на терминалима наизменичне струје и истовременим смањењем струје. На овај начин омогућава се мерење ефикасности за моторе који раде под мањим оптерећењима већи део времена, што резултује смањењем буке и вибрација које мотор производи, али и мањим загревањем.

#### 2.3.5.5 Заштитна функција контролера

Контролери за стартовање мотора углавном имају заштитне уређаје за мотор. То најмање подразумева температурске релее. Они су пројектовани да отворе струјни круг и на тај начин прекину напајање мотора у случају да је мотор радио са превише струје неко дуже време. Реле преоптерећења је нормално затворен контакт, који се отвара услед генерисане топлоте која се јавља као последица протока струје кроз коло.

Постоје два типа релеја преоптерећења. Код првог типа, би-метална трака се поставља близу извора топлоте. Како температура расте, трака ће мењати величину до тренутка док механички не проузрокује промену у реле-у да прекине струјно коло и на тај начин спречи преоптерећење. Ова заштита неће утицати на стартовање мотора и појаву ударних струја. Калем и функција би-металне траке обезбеђују одређено одложено дејство које је довољно да мотор уђе у нормални режим рада. Заштита од прегревања може бити ручно или аутоматски ресетована, у зависности од конструкције уређаја и могућности подешавања радне струје мотора.

Други тип заштите од прегревања користи еутектичку легуру, нешто као лем, да одржава контакт са опругом. Када превише струје прође кроз елемент у дужем временском периоду, легура се растопи и опруга ослобађа контакт, прекидајући на тај начин струјно коло и искључујући мотор. Пошто еутектичка легура није подесива, захтева се замена грејног калема како би се усагласио са струјом коју захтева мотор.

---

Електронски дигитални уређаји као заштиту од преоптерећења садрже микропроцесоре, посебно за јаче моторе. Ови уређаји управљају загревањем намотаја праћењем струје. Такође, могу имати и мерне и комуникационе функције.

#### *2.3.5.6 Заштита од пада напона*

Стартери који користе магнетне контакторе обично користе калеме који се напајају из истог извора као и електро мотори. Додатни контакт на контактору се користи за одржавање енергије у намотајима након пуштања мотора у рад. Уколико у моменту дође до пада напона на извору, контактор ће се отворити и неће се затворити док се поново не зада функција стартовања. Ово је заштитна функција од неконтролисаног стартовања мотора услед квара на напајању. Ови контактори такође обезбеђују мали степен заштите од ниског напона напајања и губитка фазе. Међутим, пошто ће контакторски намотаји држати струјни круг затворен до најмање 80% нормалног напона, ово није примарна заштита мотора од рада са смањеним напоном.

#### *2.3.5.7 Контролери серво мотора*

Серво контролери су широка категорија контролера мотора. Најчешће функције су:

- прецизна контрола позиционирања кроз затворену петљу,
- брзе стопе убрзања,

Прецизна контрола брзине серво мотора може се остварити за моторе једносмерне струје са и без четкица, као и за серви моторе наизменичне струје.

Серво контролери користе повратне информације да затворе контролну петљу. Ово је обично имплементирано са енкодером, резолвером и Халовим сензором да директно мере положај ротора.

Други начин утврђивања положаја је мерење повратне електромоторне силе у намотајима како би се утврдио положај ротора или детектовањем повратног напона који се генерише кад год је снага на калему тренутно искључена. Овај начин се често назива безсензорски метод контроле.

---

Серво мотори могу бити управљани и импулсном модулацијом. Колико дуго импулс остане висок (обично око 1 до 2 милисекунде), зависи где ће мотор покушати да се сам позиционира.

Генерално говорећи, када се притисне педала акцелератора, проводник од педале повезује пар потенциометара. Сигнал од потенциометара говори контролеру колико снаге треба да испоручи електо мотору. Користе се два потенциометра из сигурносних разлога. Контролер чита сигнале са оба и уверава се да су сигнали једнаки. Ако нису, контролер неће радити. Ово је веома важно како би се избегла ситуација да потенциометар остане у квару у стању када налаже контролеру да пусти пуну снагу.

Улогу контролеру у електричном возилу које покреће мотор једносмерне струје је лако разумети. Ако се претпостави да се комплет батерија састоји од 12 батерија од 12 V везаних редно да произведу напон од 144V , онда ће контролер тих 144V једносмерне струје узети и испоручити мотору на контролисан начин.

Најпростији контролер би био велики „on/off“ прекидач повезан са педалом акцелератора. Када се притисне педала прекидач би био укључен, а када се склони нога са педале прекидач би био искључен. Возач би морао непрекидно да притиска и склања ногу са педале и да на тај начин ствара импулсе за мотор како би одржавао жељену брзину.

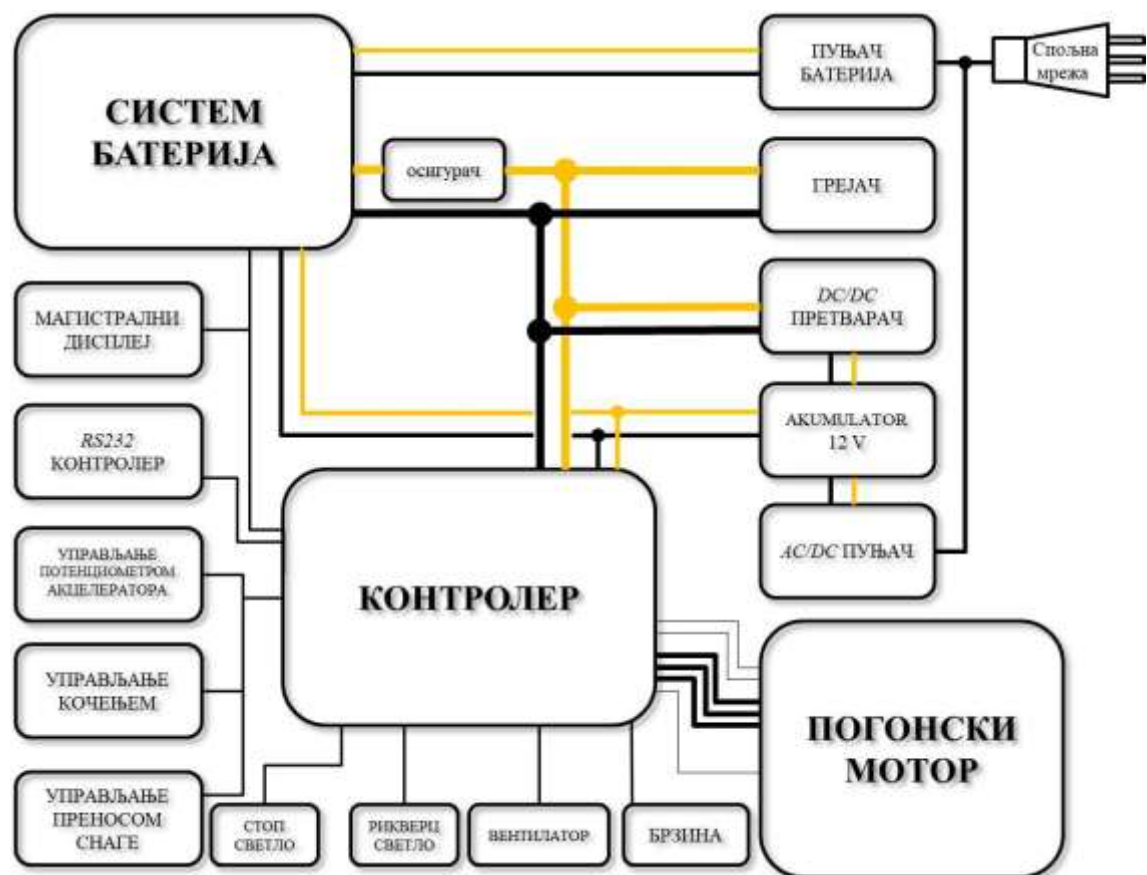
Очигледно је да би овај начин функционисао али би био болан за возача. Због тога је обезбеђено да контролер даје импулсе уместо возача. Контролер чита подешавања потенциометара са педале и на основу њих регулише снагу.

Ако се на пример педала акцелератора притисне до пола, контролер чита подешавања са потенциометара и брзо пребацује снагу мотора на укључено/искључено тако да је пола времена укључено а пола искључено. Уколико се педала притисне 25% онда ће период укључености бити 25% а искључености 75%.

Већина контролера пулсира више од 15000 пута у секунди, у циљу да пулсацију одржи изван опсега људског слуха. Пулсирајућа струја проузрокује да кућиште мотора вибрира на тој фреквенци, па се пулсацијама преко 15000 пута у секунди добија да су и контролер и мотор нечујни за људско уво.

Код контролера за наизменичну струју ситуација је мало компликованија, али је принцип исти. Контролер креира три псеудо-синусна таласа. Он то ради узимајући једносмерну струју од батерија и пулсира је од укључења до искључења. Код контролера наизменичне струје додатна је потреба обртање поларитета напона 50 пута у секунди. Због тога, потребно је пет комплета транзистора у контролеру наизменичне струје за разлику од контролера једносмерне струје где је потребан само један комплет. Код контролера наизменичне струје за сваку од фаза је потребан по један комплет транзистора и по један за обрнут поларитет што укупно износи 6 комплета.

На слици Сл.2.2 шематски су приказане компоненте возила на електрични погон и најважнији сигнали којима се мора управљати.



Сл.2.2 – Шематски приказ компонента електричног возила

Са слике се види да је поред управљања мотором важна улога контролера у управљању кочним системом, променом брзине, светлосно-сигналним уређајима,

---

контролом радне температуре система итд. Просто речено, контролер представља мозак свих система електричног возила.

### **2.3.6 Управљање системом батерија (*Battery Management System – BMS*)**

Код електричних возила батерије су најчешћи извор електричне енергије. Перформансе батерија када су повезане на неко оптерећење зависи од хемијских реакција унутар њих. Хемијска деградација са временом и време употребе се одражава на редукцију капацитета енергије коју батерија може да ускладишти. Процес амортизације батерија је потребно смањити на разуман ниво контролом пуњења и пражњења, чак и под различитим условима експлоатације. Генерално, век трајања батерије се смањује када батерија ради под различитим топлотним условима, честом и дубоком циклусу пражњења. Упркос извештајима о пожарима и експлозијама, батерије су безбедне уколико се користе према прописаним условима које укључују безбедносне мере и аутоматска искључења [46].

Транспорт и климатске промене су примарни изазов за многе земље, посебно за Кину. Уз пораст свести о глобалном загревању захтеви за чистим горивом и енергијом су у порасту. Поред тога, батеријско напајање електронских уређаја је постала свакодневница. Експанзија коришћења преносних уређаја као што су мобилни телефони или лап топ рачунари, ствара потребу за развој технологија израде и размештање производње невиђеном брзином. Додатно, пажња је скренута на различите захтеве за батерије као што су високе енергетске густине за складиштење, ефекат без меморије, ниско самопражњење, велики број циклуса. Због наведених чињеница, управљање системом батерија (БМС) је постао незаобилазни део модерних уређаја који раде на батерије [47]. Ефикасан БМС може заштитити батерије од оштећења, предвидети трајање и одржавати оперативност. Технички, БМС може максимизирати радно време батерије по циклусу пражњења, као и број животних циклуса. Ово се постиже сталним мониторингом процеса пуњења и пражњења кроз статус стања напуњености (*state of charge-SoC*), статусом здравља (*state of health-SoH*) и преосталим корисним временом рада батерије.

---

Типична вишећелијска батерија се састоји од батерије, коју представља више ћелија спојених у паковање и БМС-а. Поузданост батерије директно утиче на употребљивост и перформансе како електричних тако и хибридних електричних возила. Међутим, поред процеса старења, параметри батерије су углавном нелинеарни и временски зависни. Додатно, традиционални БМС не може да детектује статус батерије нити може њоме да управља у реалном времену. Ова појава још више долази до изражаја код вишећелијских батерија.

Слично систему управљања мотора са унутрашњим сагоревањем, БМС мора обезбедити мерења код електричних и хибридних електричних возила. БМС индикатор мора да прикаже ниво безбедности, употребе, перформанси и дугорочности батерије. Због испарљивости, запаљивости и ентропијских промена, литијум јонске батерије се могу запалити услед препуњености. Ово је озбиљан проблем код електричних и хибридних електричних возила јер експлозија може изазвати фаталне последице. Додатно, претерана испражњеност батерија може изазвати смањење капацитета батерије због неповратне хемијске реакције. Стога, БМС треба да контролише батерију на основу сигурносног кола које је инкорпорирано унутар батерије.

Кад год дође до неких ненормалних услова, као што су високи напон или прегревање, које детектује, БМС би требало да о томе обавести корисника и изврши одређене унапред дефинисане процедуре. Додатно, БМС може да контролише и температуру појединих система, обезбеди бољу шему потрошње и комуникацију између појединих компоненти и корисника. Другим речима, један модеран БМС треба да садржи следеће функције [48]:

- прикупљање података,
- сигурносну заштиту,
- способност да утврди и предвиди стање батерије,
- способност да контролише пуњење и пражњење батерије,
- балансирање напона у ћелијама,
- управљање температуром,

- 
- обезбеђење праћења статуса батерија на корисничком интерфејсу,
  - комуникација са свим компонентама батерија и
  - продужење животног века.

Систем за управљање батеријама може бити склопљен од више функционалних блокова укључујући стање аутономије кретања, праћење напона ћелија, изједначавање напона ћелија, реалног времена, температуре и статуса машине. Постоји више типова управљања батеријама [49].

#### *2.3.6.1 Количина енергије – мерење струје*

Слично као и на возилима погоњеним моторима са унутрашњим сагоревањем и електрична возила морају имати показивач количине енергије, односно могућност да се може предвидети преостали домет. Овај функционални блок прати процес пуњења и пражњења батерије. Пуњење је производ струје и времена. Неколико различитих техника се примењује приликом прављења мерача напуњености батерија. Један појачивач осетљив на струју и микрочип ниске резолуције и аналогно - дигитални претварач представљају један начин мерења струје. Појачивач струје појачава сигнал омогућавајући мерење више резолуције.

Друга техника користи аналогно-дигитални претварач високе резолуције или интегрално коло. На основу оптерећења одређује тренутну потрошњу струје и на тај начин предвиђа преостали домет.

Најпрецизније и најефикасније решење је мерење напона преко отпорника користећи шеснаестобитни или већи аналогно дигитални претварач са малим помаком и високим нивоом оног дела аналогног сигнала који се појављује у проводницима (енг. common-mode signal).

#### *2.3.6.2 Мерење напона и продужење века батерије*

Праћење напона сваке ћелије понаособ је најважнија ствар у утврђивању здравља система. Свака ћелија има праћење радног напона кроз пуњење и пражњење како би се осигурао исправан рад и животни век батерије. Уколико уређај користи батерију са литијумском хемијом, радни напон углавном износи између 2,5V и



---

4,2V. Опсег напона зависи од хемије. Рад батерије изван номиналног опсега значајно редукује животни век ћелије која може да постане безкорисна.

Ћелије се повезују редно или паралелно да би формирале батеријско паковање – батерију. Паралелна веза повећава струју, док редна веза повећава укупни напон. Од перформанси појединачне ћелије зависе и перформансе батерије. Идеална ситуација би била када би се свака појединачна ћелија у оквиру једне батерије пунила и празнила идентично. Свака ћелија је подвргнута процесу пуњења и пражњења. У току употребе и у зависности од хемијских реакција унутар сваке ћелије, не може се очекивати идеална ситуација, већ се свака ћелија понаша као засебна јединица. Због тога, неопходно је стално праћење пуњења и пражњења сваке ћелије како би се обезбедила равномерност напона. Наиме, уколико нам прва ћелија достигне свој максимум, без посебне контроле може се десити да остале ћелије престану са пуњењем, што доводи до непотпуне напуњености батерије. С друге стране може да дође и до препуњености што може оштетити батерију. Исто тако, пуњење најслабије ћелије до њеног лимита проузроковаће да остале „здраве“ ћелије не могу бити напуњене до свог максимума. Слична ситуација се дешава и приликом пражњења. Најпре се испразни најслабија ћелија остављајући друге без могућности пражњења. Оваква шема пуњења и пражњења је неповољна за батерије и не продужава им дужину рада. Штавише, негативно утиче на радни век батерија.

Постоје два начина за побољшање времена рада батерије између два пуњења. Први је успоравање пуњења најслабије ћелије како би се осталим здравијим ћелијама обезбедило додатно време пуњења. То практично значи да БМС који је повезан са сваком батеријом узима струју са ћелије са најјачом струјом проузрокујући успоравање пуњења те ћелије и пребацује је на пуњења осталих ћелија. Првенствени циљ је добијање највећег могућег капацитета батерије, што се у ствари постиже онда када је свака појединачна ћелија максимално напуњена.

Батерије могу бити балансиране и приликом пражњења примењујући исту шему. Напон, односно пуњење, се узима са најјаче ћелије и „убризгава“ се у најслабију ћелију. То продужава време пражњења најслабије ћелије до достизања лимита

---

празњења и омогућава здравијим ћелијама дуже празњење. Овај поступак је познат као активно балансирање.

Батерије са до четири ћелије у паралелној и три и више у редној вези имају највише користи од балансирања. Паралелна комбинација ћелија омогућава да се најслабија ћелија упросечи са осталим ћелијама у вези. Пренос перформанси између батерија је тешњи. Мана је што је знатно теже пронаћи слабију ћелију. Батерије које стоје под напоном а нису у функцији не значи да не раде ништа. Јаче ћелије унутар батерија могу деловати на слабије. Треба имати у виду да на батеријама не постоји дугме за искључивање. Једном напуњене и спојене у струјни круг, оне су увек активне. Због тога се мора водити рачуна о прелазним појавама које су неминовна појава приликом укључивања електричних и електронских уређаја. Углавном се у те сврхе користе разне врсте кондензатора отпорника и диода како би се утицаји прелазних појава ублажили пре него што достигну свој максимум.

Време мерења напона на ћелијама зависи од оптерећења и од броја ћелија које се скенирају. Неравномерна оптерећења захтевају брза скенирања ћелија како не би изашле из радног опсега.

### *2.3.6.3 Праћење температуре*

Данашње батерије испоручују много струје одржавајући константан напон, који може довести до стања које је ван радних услова и који могу изазвати запаљење батерије. Хемикалије које се користе за израду батерија су веома испарљиве и у комбинацији са правим објектима та испарења могу проузроковати запаљења батерија. Мерење температуре се не користи само због безбедносних разлога. Користи се и за утврђивање да ли је пожељно пунити или празнити батерију.

Температурски сензори прате сваку ћелију система за складиштење енергије или мање групе повезаних ћелија. Аналогно дигитални конвертери напајају термопарове који се најчешће користе за праћење температурских промена.

---

#### 2.3.6.4 Алгоритам

Већина БМС система захтева микроконтролере или *FPGA* (engl. *Field-Programmable Gate Array*) [50], за управљање информацијама добијеним из сензора кола и да на основу њих донесе одлуку и спроведе управљање. Одређени уређаји могу имати програмиране и кодиране алгоритме који обезбеђују самостална решења само са једним чипом. Оваква решења су корисна када су упарена са микроконтролером јер самосталне машине могу ослободити меморију и употребу микроконтролера.

#### 2.3.6.5 Остали блокови БМС-а

Остали блокови БМС-а укључују препознавање батерија, системски сат, меморију и упаривање. Системски сат и меморија се користе за такозване црне кутије за исписивање времена и чување података омогућујући кориснику да касније анализира понашање батерија. Блок за аутентификацију батерија штити електронику БМС-а од повезивања на неки други, непланирани, систем батерија. Регулатор напона се користи за напајања периферних кола БМС-а. Коначно, блок за упаривање се користи да поједностави повезивање наслаганих уређаја.

Систем за управљање батеријама може бити направљен употребом различитих функционалних блокова и конструктивних техника. Пажљиво размотрени захтеви батерија и циљани радни век су водиле у одређивању праве архитектуре, функционалних блокова и пратећих кола.

Веома је важно за БМС да добро одржава поузданост и безбедност, прати систем и подешава га, балансира ћелије и контролише пуњење.

#### 2.3.7 Остали елементи и компоненте система

Остали, али битни, елементи и компоненте возила на електрични погон обухватају компоненте које практично речено пружају подршку, односно брину о безбедности и раду главних компоненти горе описаних. Ту спадају пуњачи, делови система високог напона, делови система ниског напона, контактори, осигурачи, прекидачи, конвертори напона и друго. Укратко ће бити описани неки од њих.

---

### 2.3.7.1 Пуњачи

Пуњачи су саставни и неодвојиви део сваког електричног возила. Пуњење и пражњење батрија су две стране једног новчића. Једно без другог не може. Пуњачи су уређаји који претварају наизменичну струју из мреже у једносмерну и пуне батерије. Слично као пуњењу горива на бензинским пумпама, постоје станице за пуњење батерија на електричним и хибриудним електричним возилима. Разлика је у томе што код електричних возила власник може допунити батерије у својој кући током ноћи.

Постоји већи број различитих типова пуњача који се разликују по начину контроле и брзини пуњења. Пуњачи батерија могу бити спољашни или уграђени на возило. Као и све остало, постоји низ предности и недостатака код оба типа пуњача. Ако је пуњач уграђен у возило, батерије се могу пунити где год се за то укаже потреба, а где постоји прикључак за напајање електричном енергијом. Недостаци се огледају у излазној снази, због ограничења величине и тежине које диктира дизајн возила.

Ако је у питању спољни пуњач, ограничење снаге зависи само од способности батерије колико може да прими пуњење. Иако је омогућено да се у кратком времену са високом снагом напуне батерије, постоји ограничење у локацијама где се то може урадити.

Са постојећим електричним возилима и пуњачима, пуњење обично траје од неколико часова до целоноћног. Захтевано време пуњења батерија електричног возила зависи од укупне количине енергије која може бити складиштена у батеријама, и од напона и струје расположиве од пуњача батерија. Нове развојне технологије код пуњача смањују време пуњења батерија електричних возила на 10-15 минута. Импулсни пуњачи могу напунити комплетне батерије електричног возила за мање од 20 минута без оштећења. Када се ове технологије у потпуности развију и ставе у употребу, биће могуће брзо пуњење електричних возила. Када се на то надовежу и возила која ће имати аутономију кретања од најмање 200 km између пуњења, употреба електричних возила постаће знатно комфорнија него што је у данашње време.

---

### 2.3.7.2 *Остали електрични системи на електричном возилу*

Када се у возило поставе мотор, контролер, батерије и пуњач, потребни су контактори, прекидач главног струјног кола и осигурачи да управљају јаким струјама.

Контактори раде као реле-и. Његови контакти за тешке услове рада трпе струје од 150А до 250А константно и својом конструкцијом омогућавају контролу ових високих струја са ниским напоном. Једнополни, нормално отворени контактор, поставља се, на пример, у струјно коло високе струје између батерија, контролера и мотора. Када се доведе напајање, обично окретањем кључа у контакт брави, висока струја креће да протиче кроз контакте.

Реверзибилни контактори се користе код електричних возила уместо механичких трансмисија да обезбеде кретање напред-назад. Ово су углавном двополни контактори и користе се да промене смер струје у намотајима мотора.

Прекидач главног струјног кола је као прекидач и осигурач за ресетовање. Сврха му је да коло високе струје, обично око 300-500А, моментално прекине са батеријског напајања у случајевима отказа система, као и да искључи напајање у случају сервисирања и пуњења. Овај прекидач је обично постављен близу батерија.

Сигурносни осигурач има задатак да прекине струјно коло у случају неочекиваног кратког споја унутар батерија.

Постоји још један додатни прекидач који је уграђен у коло високе струје. Обично је у облику великог црвеног дугмета и налази се на контролној табли возила. То је дугме за блокаду система у случају опасности. Када откажу сви остали системи, ово дугме ће искључити напајање са батерија.

Свако електрично возило осим струјног кола високог напона садржи и једно или више струјних кола ниског напона. Та струјна кола служе за напајање осталих уређаја на возилу као што је светлосна и светлосно-сигнална опрема, брисачи стакала, уређаји за проветравање и климатизацију, сирена, радио апарат, вентилатори и разни елементи за контролу важних уређаја.

---

Сви се они напајају из батерија а преко уређаја који трансформише високи напон који се добија на батеријама на напон који се користи за напајање поменутих уређаја, што најчешће износи 12V. Тај уређај је познат као „*DC-to-DC Converter*“.

Употребом овог трансформатора може се добити стални потребан напон од 12V без употребе додатних батерија које непотребно повећавају тежину возила и без обзира на велике варијације напона на батеријама .

Потенциометар педале акцелератора је обично петоомски потенциометар који има специјалну улогу и важну сигурносну функцију. Контролише рад контролера који је практично управљачки уређај електромотора који покреће возило. Поставља се на педалу акцелератора и у зависности од положаја педале даје се сигнал контролеру колику снагу од батерија треба испоручити мотору.

Постоје још и разни додатни реле-и, клеме, шант отпорници, мерачи струје и напона, индикатори батерија, мерачи температуре, ротациони прекидачи, вентилатори, осигурачи за заштиту од ниског напона, блокаде ниског напона.

---

## 2.4 КОНЦЕПТИ ГРАДЊЕ ЕЛЕКТРОВОЗИЛА

### 2.4.1 Конструкцијски концепт

Временом су се усталила четири основна концепта конструкције електричних возила са аспекта броја и положаја електромотора и то [51] :

- Централно постављен мотор који снагу и обртни момент преко редуктора, диференцијала и погонских полувршила преноси на точкове,
- Електромотор у точку (wheel-hub drive, in-wheel) је концепт код кога се мотор без редуктора поставља директно на погонски точак. Овде нема губитака у систему за пренос снаге али због непостојања редуктора мотор углавном ради у недовољно искоришћеном режиму при малом броју обртаја и великом обртном моменту.
- Електромотор са интегрисаним редуктором у точку (wheel-hub with reducer). Овде је проблем недовољне искоришћености елиминисан уградњом додатног редуктора. Ни у овом случају нема губитака у систему за пренос снаге, али недостатак за оба ова концепта јесте повећање неослоњених маса на возилу што доводи до појаве отежане управљивости и контроле самог возила, као и повећаног преноса осцилација на возило.
- “Close wheel-drive” погон који се одликује тиме што су мотор и редуктор такође интегрисани у једну целину, али се, за разлику од претходна два концепта, снага и обртни момент до погонских точкова преносе преко погонских полувршила. На овај начин избегнута је појава повећања неослоњених маса. Овај концепт је примењен у возилу Mercedes-Benz SLS AMG E-CELL [52]

Уколико би се на ова четири наведена концепта додали још и мењачки преносници, у зависности од начина извођења погона, генерално би могли направити укупно шест типичних конфигурација које би се у зависности од броја уграђених електромотора могле поделити у две групе [53]:

- 
- Погон са једним мотором:
    - Мотор, мењачки преносник, диференијал, погонска полувршила, точкови
    - Мотор, редуктор са сталним преносним односом, диференијал, погонска полувршила, точкови
    - Мотор и редуктор интегрисани у целину, диференијал, погонска полувршила, точкови
  - Погон са два мотора:
    - Мотор и редуктор интегрисани у целину, погонска полувршила, точкови. Без диференцијала.
    - Електромотор са интегрисаним редуктором у точку (tzv. wheel-hub with reducer)
    - Wheel-hub (in-wheel)

## **2.4.2 Карактеристични представници нових возила**

### **2.4.2.1 BMW i3**

*BMW i3* је произведен 2014. године. Возило је погоњено једним електромотором са једним степеном редукције при чему су задњи точкови погонски. Искоришћен је синхрони електромотор наизменичне струје са перманентним магнетом чија је номинална снага 125 kW и обртни момент 250 Nm, максимални број обртаја 11400 o/min [54].

*BMW i3* за погон користи *Li-ion* батерије са катодом од *NCM* (никл-кобалт-магнезијум). Произвођач ћелија је *Samsung SDI*. Номинални напон ћелије је 3,7 V. Ћелије су смештене у 8 модула по 12 ћелија што укупно чини 96 ћелија. У сваком модулу батерије су паралелно везане, док су модули везани редно. Укупни капацитет је 60Ah при напону од 355,2 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 18,8 kWh. Маса батерија је 235 kg. Батерије су смештене



централно у поду возила. Модул батерија је опремљен системом за хлађење и грејање у зависности од температуре батерија [55]. Изглед возила дат је на слици Сл.2.3, а основне карактеристике возила BMW i3 дате су у табели Т.2.3.



Сл.2.3– BMW i3

Т.2.3 – Основне карактеристике возила BMW i3

Мотор:	<i>AC, синхрони, permanentni magnet</i>
Снага:	125 kW
Обртни момент:	250 Nm
Тип батерија:	<i>Lithium-Ion</i>
Капацитет батерија:	18,8 kWh
Максимална брзина:	150 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	7,2 s
Потрошња:	14,4 kWh/100km
Маса возила:	1270 kg
Аутономија кретања:	130 km

#### 2.4.2.2 NISSAN LEAF

*NISSAN LEAF* је произведен 2013. године. Возило је погоњено једним електромотором са једним степеном редукције при чему су предњи точкови погонски. Искоришћен је синхрони електромотор наизменичне струје са

перманентним магнетом чија је номинална снага 80 kW и обртни момент 253 Nm. Хлађење мотора врши се расхладном течношћу. Преносни однос сталне редуције је 7,9:1[56].

За погон користи *Li-ion* батерије са катодом од *LMO* (Литијум-Магнезијум-Оксид. Произвођач ћелија је *Energy Supply Corporation*. Номинални напон ћелије је 3,7 V. Ћелије су смештене у 2 модула по 96 ћелија што укупно чини 192 ћелије. У сваком модулу батерије су редно везане, док су модули везани паралелно. Укупни капацитет је 66,2 Ah при напону од 364,8 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 24 kWh. Маса батерија је 290 kg и смештене су централно у поду возила. Батеријски пакет хлађен је ваздухом [55]. Изглед возила дат је на слици Сл.2.4, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.4.



Сл.2.4 – NISSAN LEAF

Т.2.4 – Основне карактеристике возила NISAN LEAF

Мотор:	<i>AC, sinhroni, permanentni magnet</i>
Снага:	80 kW
Обртни момент:	253 Nm
Тип батерија:	<i>Lithium-Ion</i>
Капацитет батерија:	24 kWh
Максимална брзина:	150 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	11.9 s
Потрошња:	17.7 kWh/100km
Маса возила:	1500 kg
Аутономија кретања:	135 km

---

### 2.4.2.3 VOLKSWAGEN e-GOLF

*VOLKSWAGEN e-GOLF* је произведен 2015. године. Возило је погоњено једним електромотором са једним степеном редуције при чему су предњи точкови погонски. Искоришћен је синхрони електромотор наизменичне струје са перманентним магнетом чија је номинална снага 85 kW и обртни момент 270 Nm. Хлађење мотора врши се расхладном течностју. Преносни однос сталне редуције је 9,8:1[57].

За погон користи *Li-ion-Polymer* батерије са катодом од NMC (никл-кобалт-магнезијум). Произвођач ћелија је *Energy Supply Corporation*. Номинални напон ћелије је 3,7 V. Ћелије су смештене у 17 модула по 12 ћелија и 10 модула по 6 ћелија (два пакета батерија) што укупно чини 264 ћелије. Укупни капацитет је 75 Ah при напону од 323 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 24,2 kWh. Маса батерија је 313 kg и смештене су централно у поду возила. Модул батерија хлађен је ваздухом (пасивно хлађење) [55]. Изглед возила дат је на слици Сл.2.5, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.5.



Сл.2.5 – VOLKSWAGEN E-GOLF

---

T.2.5 – Основне карактеристике возила e-Golf

Мотор:	<i>AC, sinhroni, permanentni magnet</i>
Снага:	85 kW
Обртни момент:	270 Nm
Тип батерија:	<i>Li-Ion Polymer</i>
Капацитет батерија:	24,2 kWh
Максимална брзина:	150 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	10,4 s
Потрошња:	17,3 kWh/100km
Маса возила:	1500 kg
Аутономија кретања:	140 km

2.4.2.4 RENAULT ZOE ZE40

RENAULT ZOE ZE40 је произведен 2017. године. Возило је погођено једним електромотором са једним степеном редуције при чему су предњи точкови погонски. Искоришћен је синхронни електромотор наизменичне струје са перманентним магнетом чија је номинална снага 68 kW и обртни момент 225 Nm. Хлађење мотора врши се расхладном течносту [58].

За погон користи *Li-ion-polymer* батерије са катодом од *NMC* (никл-кобалт-магнезијум). Произвођач ћелија је *LG CHEM*. Номинални напон ћелије је 3,75 V. Пакет батерија чини 192 ћелије које су везане у групама по 2 паралелно, а затим редно. Укупни капацитет је 120 Ah при напону од 360 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 41 kWh. Маса батерија је 305 kg и смештене су централно у поду возила. Модул батерија хлађен је ваздухом [55]. Изглед возила дат је на слици 6.4, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.6.



## Сл.2.6 – RENAULT ZOE

### T.2.6 – Основне карактеристике возила Renault Zoe

Мотор:	<i>AC, sinhroni, permanentni magnet</i>
Снага:	68 kW
Обртни момент:	225 Nm
Тип батерија:	<i>Li-Ion Polymer</i>
Капацитет батерија:	41 kWh
Максимална брзина:	135 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	13,2 s
Потрошња:	13,66 kWh/100km
Маса возила:	1480 kg
Аутономија кретања:	300 km

#### 2.4.2.5 TESLA S 85

*TESLA S 85* је произведен 2014. године. Возило је погоњено једним електромотором са једним степеном редуције при чему су задњи точкови погонски. Искоришћен је индуктивни електромотор наизменичне чија је номинална снага 270 kW и обртни момент 440 Nm. Електромотор и контролер налазе се у истом кућишту. Преносни однос сталне редуције је 9,73:1[59].

За погон користи *Li-ion* батерије са катодом од никл-кобалт-алуминијум. Произвођач ћелија је *Panasonic*. Номинални напон ћелије је 3.7 V. Пакет батерија

чини 7104 ћелије, које су поређане у 16 редно везаних модула, где сваки модул чини 6 редно везаних подмодула са 74 паралелно везаних ћелија. Укупни капацитет је 250 Ah при напону од 402 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 85 kWh. Маса батерија је 545 kg и смештене су у основну конструкцију целог возила. Модул батерија је опремљен системом за хлађење и грејање у зависности од температуре батерија [55]. Изглед возила дат је на слици Сл.2.7, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.7.



Сл.2.7– TESLA S 85

Т.2.7 – Основне карактеристике возила Tesla S 85

Мотор:	<i>AC, induktivni</i>
Снага:	270 kW
Обртни момент:	440 Nm
Тип батерија:	<i>Li-Ion</i>
Капацитет батерија:	85 kWh
Максимална брзина:	200 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	5,6 s
Потрошња:	20,7 kWh/100km
Маса возила:	2100 kg
Аутономија кретања:	410 km

#### 2.4.2.6 Rimac Concept One

Возило је погођено са четири електро мотора који преко својих контролера дају возилу погон на сва четири точка. Сваки електромотор има своју редукуцију, док се векторском контролом момента управља сваким електромотором засебно. Електромотори су хлађени уљем. Код предњих точкова редукација је стална, док задњи имају два степена преноса са дуплом спојницом. Искоришћени су електромотори наизменичне струје са перманентним магнетом чија је укупна номинална снага 900 kW и обртни момент 1600 Nm [60].

За погон користи  $LiNiMnCoO_2$  батерије. Максимални напон пакета батерија је 650 V, док је укупна енергија коју може испоручити 85 kWh. Батерије су смештене у основну конструкцију возила. Модул батерија је опремљен системом за хлађење и грејање у зависности од температуре батерија. Изглед возила дат је на слици Сл.2.8, а основне карактеристике батерија дате су у табели Т.2.8.



Сл.2.8 – RIMAC CONCEPT ONE

Т.2.8 – Основне карактеристике возила Rimac Concept One

Мотор:	<i>AC, синхрони, перманентни магнет</i>
Снага:	900 kW
Обртни момент:	1600 Nm
Тип батерија:	<i>LiNiMnCoO<sub>2</sub></i>
Капацитет батерија:	85 kWh
Максимална брзина:	355 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	2,5 s
Потрошња:	24,3 kWh/100km
Маса возила:	1900 kg
Аутономија кретања:	350 km

---

### 2.4.3 Карактеристичне изведбе преправљених возила

Наредна два возила која ће бити представљена настала су конверзијом конвенционалних возила у чисто електрична возила. У оба случаја модификација је обухватала замену мотора са унутрашњим сагоревањем електричним мотором, при чему је извршено комплетно прилагођавање возила новом погонском систему. Возило марке *SMART* је модификовано у институту *METRON* у Словенији, док је возило *FIAT PUNTO* преправљено од стране привредног друштва *AMSS-CMV D.O.O.*

#### 2.4.3.1 *SMART*

Преправка се састојала из изградње бензинског мотора са његовим пратећим системима и подсистемима. Уместо поменутог уграђен је електромотор са контролером, пакет батерија и пуњач, док је систем за пренос снаге остао непромењен.

Возило је погоњено једним електромотором и шестостепеним полуаутоматском мењачем, који је задржан од изворног модела, при чему су задњи точкови погонски. Искоришћен је индуктивни асинхрони електромотор наизменичне струје чија је номинална снага  $15\text{ kW}$  и обртни момент  $120\text{ Nm}$ . Хлађење мотора врши се расхладном течностју.

За погон користи *Li-PO* (литијум-полимер) батерије, чији је произвођач *Kokam*. Номинални напон ћелије је  $3,7\text{ V}$ . Пакет батерија чини 15 ћелија које су везане редно. Укупни капацитет је  $240\text{ Ah}$  при напону од  $55\text{ V}$ . Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је  $13,2\text{ kWh}$ . Маса батерија је  $72\text{ kg}$  и смештене су са доње стране у задњем делу возила. Изглед возила дат је на слици Сл.2.9, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.9.





Сл.2.9– SMART modifikovan

Т.2.9 – Основне карактеристике модификованог возила SMART

Мотор:	<i>AC, asinhroni, induktivni</i>
Снага:	15 kW
Обртни момент:	120 Nm
Тип батерија:	<i>LiPO</i>
Капацитет батерија:	13,2 kWh
Максимална брзина:	96 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	- s
Потрошња:	11,8 kWh/100km
Маса возила:	750 kg
Аутономија кретања:	112 km

#### 2.4.3.2 FIAT PUNTO

Преправка се састојала из изградње дизел мотора са његовим пратећим системима и подсистемима. Уместо поменутог уграђен је електромотор са контролером, пакет батерија и пуњач, док је систем за пренос снаге остао непромењен.

Возило је погоњено једним електромотором и петостепеном мануелним мењачким преносником, који је задржан од оригиналног модела, при чему су предњи точкови погонски. Искоришћен је индуктивни асинхрони електромотор

наизменичне струје чија је номинална снага 40 kW и обртни момент 180 Nm. Хлађење мотора врши се расхладном течношћу.

За погон користи *LiFePO<sub>4</sub>* (литијум-феро-фосфат) батерије, чији је произвођач *Sinopoly*. Номинални напон ћелије је 3,2 V. Пакет батерија чини 60 ћелија које су везане редно. Укупни капацитет је 100 Ah при напону од 216 V. Укупна енергија коју може испоручити пакет батерија је 19,2 kWh. Маса батерија је 186 kg и смештене су у поду возила, у два пакета која су одвојена. Изглед возила дат је на слици Сл.2.10, а основне карактеристике возила дате су у табели Т.2.10.



Сл.2.10 – FIAT PUNTO modifikovan

Т.2.10 – Основне карактеристике модификованог возила Fiat Punto

Мотор:	АС, асинхрони, индуктивни
Снага:	40 kW
Обртни момент:	180 Nm
Тип батерија:	LiFePO <sub>4</sub>
Капацитет батерија:	19,2 kWh
Максимална брзина:	120 km/h
Убрзање 0-100 km/h:	20 s
Потрошња:	16,3 kWh/100km
Маса возила:	1186 kg
Аутономија кретања:	105 km

---

## **2.4.4. Регенеративно кочење**

### *2.4.4.1 О систему*

Електрично регенеративно кочење представља је функција кочног система која током успоравања обезбеђује претварање кинетичке енергије у електричну. Контролор електричног регенеративног кочења подешава рад система [61]. Постоје две категорије система електричног регенеративног кочења и то:

- Категорија А, која представља систем електричног регенеративног кочења који није део радног кочења и
- Категорија Б, која представља систем електричног регенеративног кочења који јесте део радног кочења.

Систем регенеративног кочења категорије А може једино бити активиран потпуним отпуштањем команде акцелератора и/или пребацивањем мењачког преносника у неутралан положај.

Код система регенеративног кочења категорије Б не сме бити могуће искључивање, у целости или делимично, једног дела система радног кочења у односу на неки други, осим аутоматским путем. Систем радног кочења се мора активирати само једним контролним уређајем. Кочни систем не сме бити угрожен услед одвајања мотора од система преноса снаге или избора степена преноса.

Возила са регенеративним кочењем постижу кочење покретањем мотора у генераторском режиму рада. Када возач активира педалу кочнице електромотор се пребацује у супротни режим рада. Овај режим не само да успорава возило већ ради и као електрични генератор за возило. Произведена струја у овом режиму искоришћава се за допуну батерија. Електрична и хибридна возила такође имају и конвенционалне фрикционе кочнице јер систем регенеративног кочења није у могућности да својим дејством оствари потребну снагу за заустављање возила.

Рад мотора у генераторском режиму може бити активиран и путем регистрованог успорења возила. Електроника у рачунару возила утврђује када се користе конвенционалне фрикционе кочнице или нешто друго и пребацује мотор у генераторски режим рада. Електроника возила може активирати регенеративно

---

кочење и ставити мотор у генераторски режим рада при регистровању успорења возила када се на пример деактивира команда акцелератора или се активира команда кочнице.

Регенеративно кочење је најефикасније при одређеним брзинама и у крени-стани ситуацијама. Енергија која се изгуби употребом само фрикционих кочница је око 80%. Регенеративно кочење може повратити половину тог енергетског губитка и смањити потрошњу од 10% до 25%. [62]

Предности употребе регенеративног система кочења се огледају у [63]:

- унапређењу перформанси,
- унапређењу економичности,
- смањењу хабања мотора,
- смањењу хабања кочница а самим тим и смањењу трошкова замене и
- смањењу издувне емисије – у режиму регенеративног кочења мотор је одспојен од система за пренос снаге - код хибридних возила која имају мотор са унутрашњим сагоревањем.

Ограничења регенеративног кочења [3]:

Главна ограничења је при динамичком кочењу је у потреби да усклади произведену струју са струјом напајања. Са напајањем једносмерном струјом, то захтева да напон буде строго контролисан Код напајања наизменичном струјом то је могуће једино развојем моћне електронике где се напојна фреквенца такође мора усклађивати.

Регенеративно кочење је ограничено када су батерије потпуно напуњене. У том случају могло би доћи до препуњења батерија што би довело до њиховог оштећења. Стога, у овом случају, контролер искључује регенеративно кочење.

---

## 2.5 ИНФРАСТРУКТУРА

### 2.5.1 Опште напомене

При развоју инфраструктуре за електрична возила требало би ускладити деловање новоизграђене инфраструктуре са електроенергетским системом државе и политиком Европске уније а у складу са начелима утврђеним Директивом 2009/72/ЕС [64]. Постављање и употреба места за пуњење требало би бити развијено као конкурентно тржиште отворено за приступ свим странама заинтересованим за увођење или управљањем овом инфраструктуром [65].

Електромобилност је подручје које се развија великом брзином. Код тренутно постојећих система за пуњење употребљавају се проводници и наменски прикључци. Међутим, треба имати у виду и технологије које се заснивају на бежичном пуњењу као и на физичкој замени потрошених батерија напуњеним.

За пуњење електричних возила требало би примењивати интелигентне мерне системе како би се обезбедила стабилност електро енергетског система за време када постоји појачана или смањена потреба за електричном енергијом. Интелигентни мерни системи, дефинисани Директивом 2012/27/EU [66], омогућају обраду података у реалном времену што је веома битно за осигуравање стабилности електро-енергетског система.

Генерално говорећи, место за пуњење представља интерфејс помоћу кога се може у датом тренутку пунити једно електрично возило или заменити батерија једног електричног возила [2]. Места за пуњење могу бити мале снаге, која омогућавају пренос електричне енергије на електрично возило снаге једнаке или мање од 22kW и места високе снаге, које омогућаје трансфер електричне енергије веће од 22 kW.

У места за пуњење мале снаге не убрајају се уређаји снаге мање или једнаке 3,7 kW, који су инсталирани у приватним домаћинствима и чија основна намена није пуњење електричних возила и који нису доступни јавности.

Државе чланице Европске уније су се путем националних политика обавезале да до 31. децембра 2020. године обезбеде довољан број јавно доступних места за

---

пуњење електричних возила како би се могла обезбедити нормална употреба електричних возила у градским и приградским подручјима.

Када се погледају учесници у развоју електро мобилности уопште, види се да су практично произвођачи опреме углавном опредељени за појединачне делове структуре. Тако, на пример, произвођачи возила су опредељени на возила а произвођачи опреме за путну инфраструктуру су на другој страни. Произвођачи батерија пак воде неку своју политику. У будућности би требало радити на повезивању ова три кључна сегмента за даљи развој електромобилности. При том свакако треба изети у обзир и:

- Продају возила,
- Финансирање батерија (изнајмљивање, лизинг),
- Техничке прегледе и одобрења,
- Комуникационо – информативне сервисе (интернет, мобилна телефонија),
- Продају електричне енергије и
- Паркинг простор (паркинг са пуњачем батерија).

Електромобилност се може успешно развијати само уколико постоје кључни међународни стандарди на ову тему. Усаглашени стандарди осигуравају успех и обезбеђују индустрији исте услове за сва тржишта.

Електромобилност пружа јединствену прилику за комбиновањем еколошких перформанси са ефикасношћу, оптимално коришћење извора напајања електричном енергијом и одржив развој електричне енергије. Развој стандарда је кључни фактор успеха за велики број ствари које су у вези са процесом пуњења батерија и развојем инфраструктуре.

Потребно је узети у обзир карактеристичне случајеве и могућности које се могу појавити [4]. Што се тиче пуњења, битно је разматрати опције везане за локације које се данас могу срести. Ту спадају приватне локације, као што су кућне гараже, полуприватне, као што су дворишта компанија, полујавне или јавне, као што су супермаркети и јавна паркиралишта. Такође, битно узети у обзир и могућности да пуњачи буду у комбинацији са паркинг местом, да ли су на отвореном или

---

затвореном, какве прикључке користе и да ли су погодни за употребу приликом путовања (брзи пуњачи).

Функције пуњења планирањем такође морају бити обухваћне:

- Пуњење наизменичном струјом јачином струје до 16А (нормално пуњење)
- Брзо пуњење
- Пуњење помоћу проводника или бежично
- Са комуникацијом за потрошњу енергије, новца...
- И возила морају бити прилагођена барем у смислу праћења процеса пуњења и контроле температуре батерија.

Још увек је статус места за пуњење непотпуно дефинисан барем по питању плаћања услуге пуњења, односно по питању ко је испоручилац електричне енергије. У различитим земљама различита је пракса, а у неким је пуњење електричних возила бесплатно баш из разлога промовисања новог начина размишљања у погледу очувања природне средине.

За кориснике електричних аутомобила појављују се бесплатни интернет сервиси који корисницима помажу око лоцирања станица за пуњење али и планирања дужих путовања [5]. Један од таквих сервиса садржи информације о местима за пуњење и то са могућношћу избора различитих опција у односу на то да ли је пунионица стално отворена или не, које стандарде, односно врсте прикључака подржава, да ли се услуга наплаћује или не итд. Такође, доступан је сервис израде планера путовања са уносом података у комерцијалне навигационе уређаје.

## 2.6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lindsey Rebecca (2009). "[Climate and Earth's Energy Budget](https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/)". NASA Earth Observatory. Dostupno na: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/>; pristup 27.11.2017.
- [2] [The Editors of Encyclopaedia Britannica](https://www.britannica.com/science/Stefan-Boltzmann-law): Stefan-Boltzmann law; Dostupno na: <https://www.britannica.com/science/Stefan-Boltzmann-law> ; pristup 23.04.2018.

- 
- [3] Thomas R. Anderson, Ed Hawkins, Philip D. Jones: CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models; [Endeavour](#), September 2016, Pages 178-187
- [4] The Conversation, cademis rigour, jurnalistic flair; dostupno na <http://theconversation.com/what-is-a-pre-industrial-climate-and-why-does-it-matter-78601>; pristup 14.07.2018.
- [5] The Smithsonian institution, national Museum of Natural History, Global Volcanism Program, dostupno na: [http://volcano.si.edu/database/search\\_volcano\\_results.cfm](http://volcano.si.edu/database/search_volcano_results.cfm); pristup 29.06.2018.
- [6] The Grantham Institute; [Climate & Environment at Imperial](#); What does business-as-usual mean today?; dostupno na: <https://granthaminstitute.com/2017/09/12/what-does-business-as-usual-mean-today/>; pristup 29.06.2018.
- [7] Ujedinjene nacije; [United Nations Framework Convention on Climate Change](#); dostupno na: <http://unfccc.int/2860.php>; pristup 18.12.2017.
- [8] Ujedinjene nacije; Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change; dostupno na [:http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf); pristup 18.12.2017.
- [9] World Health Organization : International Energy Agency, 2010. "Other transport" includes air and water transport; agriculture is included in "other sectors." Dostupno na: [http://extranet.who.int/iris/restricted/bitstream/10665/70913/1/9789241502917\\_en\\_g.pdf?ua=1](http://extranet.who.int/iris/restricted/bitstream/10665/70913/1/9789241502917_en_g.pdf?ua=1); pristup 18.12.2017.
- [10] World Health Organization: Air quality guidelines: global update 2005. Geneva, dostupno na [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf); pristup 23.04.2018.
- [11] Seik FT. An effective demand management instrument in urban transport: the Area Licensing Scheme in Singapore. *Cities*, 1997, 14(3):155–164 [https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(97\)00055-3](https://doi.org/10.1016/S0264-2751(97)00055-3)
-



- 
- [12] Michael P. Walsh: Ancillary benefits for climate change mitigation and air pollution control in the world's motor vehicle fleets. *Annual Review of Public Health*, 2008, 29:1–9.
- [13] Novakov, V. Ramanathan, J.E. Hansen, T.W. Kirchstetter, M. Sato, J. E. Sinton, J.A. Sathaye: Large historical changes of fossil-fuel black carbon aerosols. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(6):1324.
- [14] World Health Organization: Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Copenhagen, 2006.; dostupno na: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/78657/E88189.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf) ; приступ 17.12.2017.
- [15] [Liesbeth Schrooten](#), [Ina De Vlioger](#), [Filip Lefebre](#): Costs and benefits of an enhanced reduction policy of particulate matter exhaust emissions from road traffic in Flanders. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(5):904–912; <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.10.013>
- [16] Jason Hill, Stephen Polasky, Erik Nelson, David Tilman, Hong Huo, Lindsay Ludwig, James Neumann, Haochi Zheng and Diego Bonta: Climate change and health costs of air emissions from biofuels and gasoline. *PNAS* February 10, 2009. 106 (6) 2077-2082; published ahead of print February 2, 2009. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812835106>
- [17] Gary Ginsberg, Aharon Serri , Elaine Fletcher, Joshua Shemer, Tene Moshe, Eric Karsenty, Mortality reductions as a result of changing to alternative powered vehicles in Tel-Aviv-Jafodostupno na: <http://worldtransportjournal.com/wp-content/uploads/2015/02/wtpp04.4.pdf>; pristup: 14.07.2018.
- [18] Ivan Blagojević, Saša Mitić; *Vozila i životna sredina*, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2017. , ИСБН: 978-86-7083-944-1, COBISS.SR-ID 247548940
- [19] DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives

- 
- 2001/77/EC and 2003/30/EC; dostupno na : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009L0028> ; pristup 19.12.2017.
- [20] DIRECTIVE 2014/94/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure; dostupno na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094> ; pristup 19.12.2017.
- [21] Rajesh S. Kempegowda, Gonzalo del Alamo Serrano, Berta Matas Güell, Khanh-Quang Trana : Techno-economic Analysis of Biomass to Fischer-Tropsch Diesel Production With and Without CCS under Norwegian Conditions; Energy Procedia 61 ( 2014 ) 1248 – 1251; doi: 10.1016/j.egypro.2014.11.1070
- [22] European Union: Green Paper on the security of energy supply; dostupno na: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:127037&from=EN> ; pristup 20.12.2017.
- [23] Natural & bio Gas Vehicle Association: Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas dostupno na: <http://ngvemissionsstudy.eu/ngva-europe/> ; pristup 20.12.2017.  
godine
- [24] UN ECE Regulation No. 67: Uniform provisions concerning the approval of: I. Approval of specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system; II. Approval of vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment (E/ECE/324/Rev.1/Add.66/Rev.4–E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.66/Rev.4)
- [25] UN ECE Regulation No. 115 Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific LPG (liquefied petroleum gases) retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of LPG in their propulsion system; II. Specific CNG (compressed natural gas) retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of CNG in their propulsion system  
E/ECE/324/Rev.2/Add.114/Rev.1–E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.114/Rev.1

- 
- [26] UN ECE Regulation No. 110 Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific components of motor vehicles using compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system II. Vehicles with regard to the installation of specific components of an approved type for the use of compressed natural gas (CNG) and/or liquefied natural gas (LNG) in their propulsion system E/ECE/324/Rev.2/Add.109/Rev.3  
–E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.109/Rev.3
- [27] Pravilnik o ispitivanju vozila („Službeni glasnik RS”, br. 8/12, 13/13, 31/13, 114/13, 40/14, 140/14, 18/15, 82/15, 88/16, 108/16) dostupno na:  
[http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20ispitivanju%20vozila\\_2.pdf](http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20ispitivanju%20vozila_2.pdf); pristup 14.07.2018.
- [28] ISO 11439 - Gas cylinders — High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles; Reference number ISO 11439:2000(E)
- [29] Oilprice.com; The Inconvenient Truth About Electric Vehicles; dostupno na:  
<https://oilprice.com/energy/energy-general/the-inconvenient-truth-about-electric-vehicles.html> ; pristup 12.07.2018.
- [30] John W. Brennan; Timothy E. Barder, Battery Electric Vehicles vs. Internal Combustion Engine Vehicles dostupno na:  
[http://www.adlittle.de/sites/default/files/viewpoints/ADL\\_BEVs\\_vs\\_ICEVs\\_FIN\\_AL\\_November\\_292016.pdf](http://www.adlittle.de/sites/default/files/viewpoints/ADL_BEVs_vs_ICEVs_FIN_AL_November_292016.pdf); pristup 12.07.2018.
- [31] Karlsruhe Institute of technology, Elektrotechnisches Institut: Jacobi’s motor; dostupno na: <https://www.eti.kit.edu/english/1382.php> ; pristup: 07.01.2018.
- [32] Ko je ubio električni auto – video; dostupno na: <https://vimeo.com/56325945> ; pristup 26.04.2018.
- [33] Mahindra Reva, About Mahindra Reva; dostupno na  
<http://mahindrareva.com/bermuda/corporate/about-us>; pristup: 26.04.2018.
- [34] TESLA; Tesla’s mission is to accelerate the world’s transition to sustainable energy. Dostupno na: <https://www.tesla.com/about>; pristup: 26.04.2018.
- [35] Zoran Nikolić; Električna vozila u svetu i kod nas; Institut Goša, 2010.
-

- 
- [36] Transport energy – go green – Different types of electric vehicle; dostupno na: <http://www.transportenergy.org.uk/different-types-of-electric-vehicle/> ; pristup 26.04.2018
- [37] Progressive dynamic; Battery basics; dostupno na: <https://www.progressivedyn.com/service/battery-basics/>; pristup: 26.04.2018.
- [38] Lowe, M., Tokuoka, S., Trigg, T., Gereffi, G., "Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles: The U.S. Value Chain", Duke University, November, 2010.
- [39] Nikola Radić, Vlado Radić, Kvalitet i primena tehnologija baterija u automobilima, 6. Konferencija studenata industrijskog inženjerstva i menadžmenta, FQ 2015
- [40] Xun Han, Weiming Du, Ruomeng Yu, Caofeng Pan, Zhong Lin Wang Piezo-Phototronic Enhanced UV Sensing Based on a Nanowire Photodetector Array; Adv. Mater. 2015, 27, 7963–7969; DOI: 10.1002/adma.201502579
- [41] Carlos Gonzalez, What’s the Difference between AC, DC and EC Motors?, Machine Design, 2017; dostupno na: <http://www.machinedesign.com/motion-control/what-s-difference-between-ac-dc-and-ec-motors> ; pristup 26.04.2018.
- [42] James Larminie, John Lowry ; Electric Vehicle Technology Explained; John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0-470-85163-5 , 2003
- [43] The research leading to these results has received funding from the European Union Seventh Framework Programme ([FP7/2007-2013] [FP7/2007-2011]) under grant agreement n° 608945.; Safe Adapt; dostupno na: <https://www.safeadapt.eu/> ; pristup 16.07.2018.
- [44] Michelin’s Active Wheel technology in detail – dostupno na: [https://www.motorauthority.com/news/1030025\\_michelins-active-wheel-technology-in-detail](https://www.motorauthority.com/news/1030025_michelins-active-wheel-technology-in-detail) ; pristup: 26.04.2018.
- [45] Nacional Instruments; What is a Pulse Width Modulation (PWM) Signal and What is it Used For?, dostupno na: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019OkFSAU>; pristup 26.04.2018.

- 
- [46] K. W. E. Cheng, B. P. Divakar, Hongjie Wu, Kai Ding, Ho Fai Ho; Battery-Management System (BMS) and SOC Development for Electrical Vehicles IEEE Transactions On Vehicular Technology, vol. 60, no. 1, January 2011; DOI: 10.1109/TVT.2010.2089647
- [47] C. Chen, K.L. Man, T.O. Ting, Chi-Un Lei, T. Krilavičius, T.T. Jeong, J.K. Seon, Sheng-Uei Guan and Prudence W.H. Wong ; Design and Realization of a Smart Battery Management System; Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist 2012 Vol II, IMECS 2012, Hong Kong, ISSN: 2078-0966
- [48] Yinjiao Xing, Eden W. M. Ma, Kwok L. Tsui and Michael Pecht, Battery Management Systems in Electric and Hybrid Vehicles ; Energies 2011, 4, 1840-1857; doi:10.3390/en4111840
- [49] Ryan Roderick; A look inside battery-managment systems; Electronic Design; 2015; dostupno na: <http://electronicdesign.com/print/power/look-inside-battery-management>; pristup: 22.01.2018.
- [50] Margaret Rouse; field-programmable gate array (FPGA); Tech Target, WhatIs.com; dostupno na: <https://whatis.techtarget.com/definition/field-programmable-gate-array-FPGA>; pristup: 26.04.2018.
- [51] Mirko Gordić, Dragan Stamenković, Vladimir Popović, Slavko Muždeka, Aleksandar Mićović, Electric Vehicle Conversuon: Optimisation od Parameters in the Design Process; Technical Gazette 24, 4(2017), 1213-1219 ; DOI: [10.17559/TV-20160613131757](https://doi.org/10.17559/TV-20160613131757);
- [52] Mercedes Benz SLS AMG E-Cell; dostupno na: <http://www.notcot.com/archives/2010/06/mercedes-benz-sls-amg-e-cell.php>; pristup 27.04.2018.
- [53] Ruan, J.; Walker, P.; Zhang, N. A Comparative Study Energy Consumption and Costs of Battery Electric Vehicle Transmissions. // Applied Energy. 165, (2016), pp. 119- 134. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.081>

- 
- [54] BMW AG, THE NEW BMW, dostupno na:  
[https://www.eldrive.eu/web/pub/EIDrive\\_dokumenti/SalesflyerXmas.pdf](https://www.eldrive.eu/web/pub/EIDrive_dokumenti/SalesflyerXmas.pdf); pristup  
03.07.2018.
- [55] Clean Technica; Samsung Electric Car Batteries Get A Boost ... (But Few New  
Details); dostupno na: <https://cleantechnica.com/2017/09/15/samsung-electric-car-batteries-get-boost-new-details/> ; pristup: 03.07.2018.
- [56] AUTO-DATA.net; Technical Specification Nissan Leaf I (ZEO); dostupno na:  
<https://www.auto-data.net/en/nissan-leaf-i-ze0-24-kwh-109hp-22196> ; pristup  
03.07.2018.
- [57] VW, 2016 e-GOLF, dostupno na:  
[https://www.vw.com/content/dam/vwcom/brochures/2016/VWA-10535745\\_MY16\\_e-Golf\\_Digital.pdf](https://www.vw.com/content/dam/vwcom/brochures/2016/VWA-10535745_MY16_e-Golf_Digital.pdf) ; pristup 03.07.2018.
- [58] RENAULT, RENAULT ZOE TECHNICAL SPECIFICATIONS, dostupno na:  
<http://imprensa.renault.com.br/upload/produto/ficha-tecnica/59aec0b42a81ebb05f9753c7cdf7f31.pdf> pristup 03.07.2018.
- [59] TESLA; dostupno na: <https://www.tesla.com/models> ; pristup 03.07.2018.
- [60] RIMAC; dostupno na: [http://www.rimac-automobili.com/en/supercars/concept\\_one/](http://www.rimac-automobili.com/en/supercars/concept_one/) ; pristup 03.07.2018.
- [61] United nation, Regulation No. 13-H - Uniform provisions concerning the  
approval of passenger cars with regard to braking
- [62] Carlos Gonzalez, What's the Difference Between Friction and Regenerative Car  
Brakes?; Machine Design, dostupno na: <http://www.machinedesign.com/motion-control/what-s-difference-between-friction-and-regenerative-car-brakes>; pristup  
27.04.2018.
- [63] Pulkit Gupta, Anchal Kumar, Sandeepan Deb, Shayan; Regenerative braking  
systems (rbs) (future of braking systems), International Journal of Mechanical  
And Production Engineering, ISSN: 2320-2092, Volume- 2, Issue- 5, May-2014

---

[64] European union, Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council, concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC

[65] European Union, Directive 2014/94/EU of the eEuropean Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure

[66] European Union, Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives

---

### **3. МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА МОДИФИКАЦИЈЕ ВОЗИЛА СА КОНВЕНЦИОНАЛНИМ ПОГОНОМ У ЧИСТО ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН**

Да би се возило са конвенционалним погоном (мотором с унутрашњим сагоревањем) успешно модификовало у чисто електрични погон, а да модификација обезбеди задовољење захтева корисника неопходно је реализовати одређене активности које ће обезбедити усаглашавање супротстављених захтева у погледу перформанси и цене коштања преправке. У том смислу у овом поглављу је учињен покушај да се дефинише методологија пројектовања модификације погона која се састоји од два важна сегмента:

- техно-економске анализе оправданости модификације и
- прорачуна и оптимизације вучно-брзинских карактеристика.

Техно-економском анализом даје се одговор на питање о исплативности модификације, док се прорачуном и оптимизацијом вучно-брзинских карактеристика обезбеђује да се пројектом модификације добију најбољи резултати у опсегу могућих решења за изабран начин модификације.

#### **3.1. ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ОПРАВДАНОСТ МОДИФИКАЦИЈЕ**

##### ***3.1.1 Трошкови радне снаге***

Када се говори о економској оправданости модификације возила у циљу добијања потпуно електричног возила, првенствено се морају сагледати аспекти употребе таквог возила. Конкретно, да ли ће се то возило користити у градским или ванградским условима, да ли се планира преправка флоте од више истих типова возила, да ли ће преправљено возило бити употребљавано у приватне сврхе или ће се користити као доставно возило неке компаније и на крају, колико се предвиђа да возило прелази километара на дневном нивоу.



---

Да би се направила било каква анализа потребно је уопштено сагледати технолошки поступак модификације возила. Претпоставља се да возило које је се преправља већ у употреби и да није потребно урачунавати трошкове набавке таквог возила.

Пре било каквих радова на самом возилу, у циљу обезбеђења успешности преправке возила, неопходно је спровести одређене радње међу које спадају и [1]:

- идентификација захтева у погледу перформанси преправљеног возила (улазни параметри за прорачун)
- прелиминарни прорачун и техноекономска анализа (прорачун који ће дати информацију о кључним компонентама – избор концепције, усвајање основних агрегата, на бази чега ће се извршити анализа)
- пројекат преправке

Тек након ових анализа може се кренути у реализацију преправке и након тога на испитивање возила. Ово изискује доста времена за осмишљање и пројектовање преправке [1,2].

Поред трошкова набавке нових компоненти, ту се морају узети у обзир и трошкови израде специјалних делова, носача, које није могуће набавити као готов део.

Прва фаза преправке возила је припрема возила за уградњу компоненти за погон возила на електричну енергију. У том смислу потребно је изградити постојећи мотор са унутрашњим сагоревањем, пратеће компоненте, делове система за пренос снаге а све у зависности од концепције преправљеног возила. Другим речима, у циљу касније уградње нових компоненти, потребно је комплетно изградити погонски систем возила. За овај технолошки захват довољно је планирати укупно 16 норма часова радника (механичара, електричара и тапетара).

У зависности од пројектованог распореда компоненти, припрема се возило за уградњу пакета батерија и обезбеђује се простор где ће се поставити електро инсталација високог и ниског напона у циљу повезивања батерија са контролером и електромотором. То значи да се већи део унутрашњости возила мора ослободити од унутрашњих облога и естетских пластичних делова. За овај

---

технолошки захват довољно је планирати 16 норма часова радника (тапетара и електричара).

Друга фаза преправке подразумева постављање компоненти електро погона на предвиђена места као и сагледавање потреба за израду, односно дораду посебних носача, припрему електро инсталације за уградњу.

Треба напоменути да се овде мора планирати време за израду пакета батерија, односно склопа који у себи садржи пројектовани број батеријских ћелија међусобно повезаних како би произвели потребну количину енергије. Такође, у исти пакет могу се уградити и системи за мониторинг над радом батерија. Ово је доста практичније решење и због сервисирања а и због уградње батерија у возило. Лакше је на предвиђеном месту направити и уградити наменске носаче него вршити озбиљније преправке на каросерији возила чиме би се пореметила фабрички дефинисана крутост каросерије.

За другу фазу преправке потребно је планирати 50 норма часова радника (механичар, електричар).

У трећој фази преправке врши се коначно постављање и учвршћење компоненти за возило, повезивање истих у функционалну целину, програмирање и пробни рад, да би се на крају вратиле унутрашње облоге и украсне пластике, а возило добило коначан изглед и функционалност. За ову фазу потребно је планирати 50 норма часова радника (механичар, електричар, тапетар, лимар).

Кроз ове три фазе процењено радно време за преправку возила је 132 норма часа радника различитих образовних профила. Уколико додамо још неко време за непланиране догађаје (на пример 15% од процењеног времена) може се закључити да би за преправку једног возила било потребно око 150 норма часова.

### 3.1.2 Трошкови компонента возила

У табели Т.3.1 дате су оквирне цене компоненти које се уграђују у електрична возила [3].

Т.3.1 - Оквирне цене компоненти које се уграђују у електрична возила

Компонента	Распон цена	Просек
Батерије	25/250 € по ћелији	120 € по ћелији 7200 € (60 ћелија)
Пуњачи	500 – 3000 €	1000 €
Контролери	1500-10000 €	
Опрема контролера (проводници, вентилатори, хладњаци, носачи, програмери, команде)	1000-2000 €	1500 €
Конвертери ДЦ/ДЦ	300 €	300 €
Мењач и редуктори	1000-5000 €	2500 €
Спојнице	100 €/ком	200 €
Мотори	3000-18000 €	3000 €
Додатна опрема и адаптери за моторе	3000 €	3000 €
Рад	150 нч x15 €/нч	2250 €

Из табеле Т.3.1 се може закључити да трошкови преправке зависе од избора компоненти, чије цене могу значајно варирати. Међутим, највећи део одлази на батерије и то конкретно на количину истих. У зависности од жељене аутономије кретања бира се потребан број ћелија од којих ће се направити модул батерија довољног капацитета. Тако, на пример, могу се наћи комплети за преправку возила који се крећу у распону цена од неких 6.000,00€ без батерија па чак до преко 20.000,00 €.

---

### 3.1.3 Анализа трошкова животног циклуса

Да би се направила анализа економске оправданости преправке возила, мора се гледати дугорочно животно век возила. Уколико се посматра једно возило које је у експлоатацији код правног лица које у периоду од 5 година и које је за то време прешло 200.000 километара, рашчлањавањем трошкова добија се следеће:

- Трошкови набавке возила: 17.022,00 €
- Трошкови регистрације и осигурања: 2.866,00 €
- Трошкови одржавања: 3.050,00 €
- Трошкови замене пнеуматика: 1.350,00 €
- Трошкови горива: 17.616,00 €

Ради лакше анализе ови трошкови се могу поделити у 3 групе:

- Трошкове набавке
- Трошкове експлоатације и
- Трошкове горива

За преправљено возило може се узети да трошкови преправке представљају трошкове набавке возила. У том случају, ако се узме један од економски неповољнијих случајева, трошкови набавке ће износити 20.000,00 €. За разлику од возила погоњеног мотором са унутрашњим сагоревањем, знатно се могу смањити трошкови експлоатације јер се првенствено умањују трошкови за обављање редовних сервисирања возила где се највише средстава троши на одржавање мотора са унутрашњим сагоревањем. Ови трошкови могу бити смањени и за неких 2.000,00 €, при чему ће се задржати трошкови регистрације и осигурања и замене пнеуматика, тако да ће трошкови експлоатације износити 5.266,00 €.

Трошкови потрошње енергије анализираће се на основу тренутне цене струје у Р. Србији. Како постоји више тарифа за одређивање цене струје, узете се просечна вредност цене за двотарифно мерење широке потрошње. Према ценовнику од 01.10.2017. године цена по kWh износи 6,832 динара [4]. Уколико преправљено возило троши 22 kWh/100km и у току дана пређе 100 km (претпоставља се да се

возило употребљава у градским срединама), онда ће трошкови горива – електричне енергије на дневном нивоу износити око 150,304 динара, односно 1,25€. За период од 5 година под условом да се возило употребљава сваки дан (365 дана у години x 5 година + 1 дан = 1826 дана) укупни трошкови електричне енергије износе

$$1826 \text{ dana} \cdot 1,25\text{€/danu} = 2.282,5 \text{ €}$$

Ако се узме да су трошкови превоза возила у просеку 20.000,00 € и да се том превозом добије возило које ће имати аутономију кретања од 100 км, види се да је модификација на дужи временски период експлоатације исплатива, што је приказано у табели Т.3.2.

*Т.3.2 - Упореди приказ трошкова набавке и употребе возила за разматрани период од 5 година и пређену километражу од 200000 km*

	<i>SUS</i>	<i>EV – FIAT PUNTO</i>
Трошкови набавке	17.022,00€	23.000,00 €
Трошкови експлоатације	7.266,00 €	5.266,00 €
Трошкови горива	17.616,00 €	2.282,5€
Укупно	41.904,00€	30.548,5€

Како је овде била реч о појединачно превозљеном возилу, ови трошкови би требало да представљају највеће вредности. Уколико би се вршила модификација више возила истог, или сличног типа, трошкови би се вероватно, због универзалности технологије модификације, могли смањити.

### **3.2 МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПАРАМЕТАРА ВУЧНО - ДИНАМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ВОЗИЛА У ПОСТУПКУ КОНСТРУИСАЊА**

Било да се говори о новопроизведеном или превозљеном возилу, неопходно је у поступку пројектовања посебно обратити пажњу на одабир компонената како би се добиле задовољавајуће техничке карактеристике конструисаног возила. Ово је

---

посебно важно напоменути за поступак конструисања возила на електропогон обзиром на ограничења која постоје у систему складиштења и напајања погонског електро-мотора електричном енергијом у смислу потребне аутономије кретања возила.

Постоји читав низ различитих врста система за складиштење електричне енергије као и читав спектар електромотора различитих димензија и карактеристика. Самим тим и трошкови набавке конкретних компоненти у многоме зависе од карактеристика возила које ће се експлоатисати у предвиђеним околностима. Због тога пројектовање и конструисање возила на електрични-погон мора бити пажљиво осмишљено како би се на крају добили задовољавајући резултати.

Сходно реченом, оптимизација параметара вучно динамичких карактеристика возила у поступку конструисања би требала бити извршена употребом јединствене методе која би свеобухватно укључила како безбедносне тако и економске аспекте како израде тако и експлоатације возила.

Због потребне свеобухватности, метода оптимизације параметара вучно-динамичких карактеристика возила у поступку конструисања се мора рашчланити на одређени број фаза кроз које ће се дефинисати, усвајати и/или прорачунавати одређени параметри у циљу добијања захтеваних резултата. Такође, метода мора бити универзална, да даје реалне резултате, а најважнија особина треба да јој буде логичан алгоритам на основу кога би се могао израдити одговарајући програмски пакет.

Метода оптимизације параметара вучно динамичких карактеристика се може посматрати кроз следеће фазе:

- Планирање,
- Избор компоненти,
- Дефинисање улазних величина,
- Вучно-динамички прорачун,
- Анализа добијених резултата,
- Потребне корекције и
- Усвајање добијених резултата.

---

### **3.2.1 Фаза 1 – Планирање**

Фаза планирања представља почетну фазу како при развоју тако и при пројектовању и конструисању возила. Самим тим и ова фаза се мора уклопити у ову методу. Под планирањем пре свега подразумева се одабир циљне групе као и врста и намена возила: да ли ће то бити мали градски путнички аутомобил или доставно возило, колика ће аутономија кретања бити на дневном нивоу, да ли ће се користити у равничарским или брдовитим крајевима, да ли ће у свом раду имати паузе или не. Наравно, не сме се заборавити и еколошки аспект као веома битан фактор у одлучивању зашто се спроведи нека преправка или производња новог возила.

У овој фази предвиђа се колика аутономија кретања је довољна. Узима се у обзир и „резерва“ километара, односно енергија која ће се, у зависности од различитих фактора, трошити на грејање, одмагливање, климатизацију, рад светала и других помоћних уређаја.

### **3.2.2 Фаза 2 – Избор компоненти**

Избор компоненти, као фаза, представља значајан сегмент у поступку оптимизације параметара вучно динамичких карактеристика. Ова фаза се може посматрати са два аспекта, односно на два начина. Први начин је тај да се на основу захтеваних излазних карактеристика дође до потребних карактеристика које компоненте морају да задовоље. На тај начин добиће се потребна снага и обртни момент електромотора, а касније на основу тог сазнања, могу се даље бирати потребне компоненте. Недостатак оваквог приступа могао би се огледати у чињеници да оно што се прорачунски добије као потребно, не мора да значи да се може на тржишту пронаћи као компонента која се производи у серијској производњи. То даље значи да би се могло доћи у ситуацију да се морају конструисати, односно поручивати компоненте које би се појединачно производиле и што би довело до повећања трошкова набавке.

Други начин је тај да на основу расположивих компоненти прорачунавају излазне карактеристике возила и након тога анализирају добијени резултати. Овде се

---

такође могу јавити проблеми у избору компоненти јер оно што може бити на располагању не мора одговарати захтеваним параметрима, а постоји и могућност да се због трошкова набавке компоненти које се серијски производе изабере јефтинија, а самим тим и компонента слабијих карактеристика.

Сходно наведеном, произилази да је са техничког и економског аспекта најбоље комбиновати ова два приступа, односно у зависности од потреба одабрати технички и економски прихватљиве компоненте које ће задовољити тражене критеријуме.

Важно је напоменути да приликом избора компоненти, као и при сваком поступку конструисања, најбоље је усвајати стандардизоване елементе као и стандардизоване вредности појединих техничких карактеристика. Тако на пример приликом избора погонског електромотора бираће се мотори који раде на уобичајеним – стандардним напонима: 12V, 24V, 48V, 96V...220V. Чак и при овом избору мора се водити рачуна о капацитету батерија које требају да обезбеде довољну количину енергије да погоне возило одређено време и у одређеним условима.

Такође, мора се имати у виду да емпиријске формуле које се препоручују могу се користити само за грубе оцене и да се карактеристике мотора тачно могу установити једино експерименталним путем испитивањем. Стога, приликом прорачуна карактеристика возила пожељно је увек користити резултате које је декларисао произвођач одређене компоненте.

### ***3.2.3 Фаза 3 – Дефинисање улазних величина***

Након завршетка прве две фазе, планирања и избора компоненти, у фази дефинисања улазних величина се систематизују техничке карактеристике возила које су потребне за даље прорачуне. Ту спадају снага мотора и обртни момент, конструкција преносника снаге као и преносни односи, претпостављена маса возила спремног за вожњу, прерасподела маса по осовинама као и положај тежишта у подужној и вертикалној равни.



---

Када је реч о погонском агрегату ту нема много дилеме. Уколико је кроз прве две фазе одлучено шта је потреба, излазне карактеристике као и пратеће техничке податке обезбеђује произвођач компоненте.

Што се преносника снаге тиче, у зависности од концепције возила (предњи, задњи или погон на свим точковима), могу се разликовати два случаја:

- пројектовање новог система за пренос снаге и
- задржавање постојећег система за пренос снаге.

Пројектовање новог преносника снаге реализоваће се у случају кад се пројектује ново возило или кад је преправка таквог карактера да се мења концепција погона. У овом случају систем за пренос снаге мора да обезбеди захтеване перформансе погонске групе по питању обезбеђивања максималне брзине, максималног успона итд.

Код преправки возила у великом броју случајева задржаће се постојећи систем за пренос снаге. Како су у овом случају преносни односи већ дефинисани, јасно је да ће се код електро мотора који имају дијапазон броја обртаја различит од мотора СУС наведено одразити на перформансе возила. То намеће потребу за додатну анализу и оптимизацију параметара мотора уграђивањем међупреносника, чиме се могу обезбедити боље перформансе.

Питању масених параметара, прерасподела маса и положају тежишта мора се посветити више пажње. Није мали број случајева где су ентузијастички у жељи да се јефтино возе преправком својих возила и уградњом појединих компоненти драстично нарушили постојеће расподеле маса, пореметили односе, прекорачили дозвољене вредности, што је довело до нарушавања пројектованих карактеристика кочног система возила, а самим тим и безбедности.

Када су масени параметри у питању нема разлике да ли је реч о пројектовању новог возила или је у питању преправка већ постојећег. Наиме, у случају новог возила прорачунски се добијају захтеви које ће кочни систем морати да испуни. Код преправљеног возила пак, обзиром на то да долази до преправке појединих система возила и да су приликом производње возила сви системи испитани и да

---

су том приликом задовољени прописани услови, потребно је пројектовати преправку на тај начин да се параметри који су директно утицали на резултате тих испитивања минимално мењају. Ово се директно односи на промену маса, која је највећи проблем у поступку модификације возила на електро погон, како се не би пореметиле карактеристике кочног система и да се не би пореметиле карактеристике управљивости и стабилности возила.

Сходно наведеном, јако је важно да се при пројектовању располаже са што тачнијим подацима о тежинама појединих компонената које се уграђују у возило, као и да се анализе спроводе прецизно и у одговарајућим размерама.

#### **3.2.4 - Фаза 4 – Вучно-динамички прорачун**

Након дефинисања улазних величина које се односе на возило, долазимо се у фазу када треба утврдити вучно-динамичке карактеристике возила. Да би се извршио прорачун вучно-динамичких карактеристика потребно је прибавити (или усвојити) следеће улазне податке:

- геометријске карактеристике возила (чеона површина, осно растојање),
- динамички полупречник погонског точка,
- масене параметре возила и положај тежишта,
- карактеристике погонског агрегата (дијаграм снаге и обртног момента),
- карактеристике система за пренос снаге (преносни односи и степени корисности)

Код преправке возила геометријски параметри возила се не мењају, док остали параметри могу да се промене, у зависности од карактера саме преправке. У том смислу потребно је повести рачуна да се измењене карактеристике што боље процене, да би резултати прорачуна били што приближнији реалним. Код прорачуна није потребно посвећивати посебну пажњу перформансама возила на различитим подлогама, већ је потребно да се фокусирамо на однос перформанси базног возила и перформанси преправљеног, да би се видео ниво њихове

---

деградацје. У том смислу, предлаже се да се прорачун вучнобрзинских карактеристика спроводи паралелно за базно и модификовано возило.

Прорачуном вучнобрзинских карактеристика добијамо податке за следеће карактеристике возила:

- вучну карактеристику,
- динамичку карактеристику,
- биланс снаге и
- карактеристике убрзања.

У зависности од потребе поједине од ових карактеристика могу да се изоставе уколико нема потребе за анализама које проистичу из наведених карактеристика.

### ***3.2.5 - Фаза 5 – Анализа добијених резултата***

Након обављених претходно објашњених радњи приступа се систематизацији и анализи добијених резултата. Анализа се своди на поређење добијених резултата са жељеним карактеристикама и сагледавање евентуалних могућности за корекцијом, односно побољшањем.

Овде се првенствено мисли на возне карактеристике које обухватају максималну брзину, време и пут залета, али и аутономију кретања. Наравно, приликом анализе у обзир се узимају и чињенице које су усвојене у фази планирања.

Међутим, најважнија ствар је конкурентност возила на тржишту, односно понуда и заступљеност других произвођача чија се возила могу набавити а која по опису одговарају возилу које се производи. Ово је посебно важно за случај модификације возила где практично од већ постојећег возила треба да добити нешто што би требало да има барем исте карактеристике као возило које је модификовано, а да има барем неку предност у погледу економичности, екологије итд.

Уколико су добијени резултати задовољавајући, извршиће се њихово усвајање и кренути у конкретне радове. Уколико резултати не буду задовољавајући требало би извршити одређене корекције. У зависности од одступања од жељених

---

вредности обавиће се анализа на који начин би жељене вредности могле бити постигнуте. Да ли би то у питању била замена једне компоненте другом, адекватнијом или би се корекција извршила додатном уградњом неког механичког преносника, редуктора или мултипликатора, зависиће од предвиђене конструкције возила као и од додатних трошкова који би поскупели укупну производњу.

### ***3.2.6 - Фаза 6 – Усвајање потребних корекција***

Након анализе добијених резултата и доношења закључка о потреби да се обаве одређене корекције, приступа се усвајању начина вршења одређене корекције.

Корекција се усваја у зависности од излазне карактеристике коју је потребно кориговати. Конкретно, знајући да снага мотора утиче директно на максималну брзину возила а да обртни момент утиче на карактеристике залета, корекцијом ових параметара може се утицати на излазне карактеристике. Ту се свакако мора бити опрезан у погледу дефинисаних препорука произвођача о оптерећењима компоненти односно о могућностима подешавања истих у погледу добијања бољих излазних карактеристика.

Уколико максимална брзина није важна у том смислу да су остварене вредности веће од потребних, а да постоји потреба за бољим карактеристикама залета, могу се обртни моменти кориговати убацивањем редуктора или мултипликатора у зависности од потребе.

Аутономија кретања возила се свакако може кориговати уградњом или изградњом додатног комплета батерија при чему се мора водити рачуна о томе да се не наруше већ задате границе оптерећења у погледу највеће дозвољене масе и дозвољених осовинских оптерећења.

### ***3.2.7 - Фаза 7 – усвајање добијених резултата***

Након усвајања потребних корекција понавља се поступак прорачуна. Уколико су добијени резултати задовољавајући, исти се усвајају и наставља се даљи рад на изради возила.

---

### 3.2.8 Пример оптимизације

#### 3.2.8.1 - Фаза 1 – Планирање

Овде ће се за потребе приказа методе посматрати случај појединачно модификованог употребљаваног возила. Како је тренутна ситуација у свету таква да су и даље доминантна возила која се погоне моторима са унутрашњим сагоревањем а узимајући у обзир и чињеницу да инфраструктура у погледу пунионица за електрична возила ван градских средина није на високом степену развоја како због самог постојања тако и због брзине пуњења, ова анализа је заснована на лакој доставном возилу које се користи у градским срединама.

У прилог екологији, изабрани случај би могао бити актуелан ако се узме у обзир да се у току дана градским улицама највише возе лака доставна возила, што може бити од велике важности за велике загађене градове који ће морати да се у најскорије време позабаве проблемом заштите животне средине.

У овом случају, дакле, полазни елементи су:

- Теретно возило највеће дозвољене масе до 3500 kg –  $N_1$
- Облик каросерије –  $BB$

Претпоставља се да ће се возило кретати у условима градске средине, по асфалтној подлози, брдовиом терену са највећи успоном 28%. Како је одлучено да возило које треба да се конструише ( у даљем тексту  $EV$  – електро-возило) буде у ствари модификација већ постојећег возила одобреног типа произведеног од стране познатог произвођача (у даљем тексту  $ICEV$ - *Internal Combustion Engine Vehicle* – возило које погони мотор са унутрашњим сагоревањем), мора се водити рачуна о следећем:

- перформансе  $EV$  возила морају бити блиске перформанскама  $ICEV$ ,
- највећа дозвољена маса  $EV$  мора остати у оквиру највеће дозвољене масе  $ICEV$  и
- маса возила спремног за вожњу као и расподела оптерећења по осовинама  $EV$  морају бити што приближнија  $ICEV$ .

Овакви захтеви се пре свега уводе да би се модификација и касније испитивање модификованог возила свели на најмању могућу меру како због економских тако и због безбедносних карактеристика возила. Модификацију треба предвидети тако да носећи систем (самоносећа каросерија), систем за ослањање, управљање и кочење не претрпе никакве измене, а да се коректном расподелом маса обезбеди ситуација да нема потребе ни за додатним анализама.

Овде се планира и довољна аутономија кретања. Обзиром да је у питању лако доставно возило које ће се користити у градским срединама, усваја се да је аутономија кретања од 150 km довољна.

На самом крају фазе планирања врши се одабир возила које ће бити модификовано у електрично возило. Поред предвиђених карактеристика, мора се водити рачуна о каснијем одржавању тог возила, односно о могућности набавке као и трошковима набавке резервних делова. За потребе приказа ове методе изабраће се возило катрактеристика описаних у табели Т.3.3

*Т.3.3 – Карактеристике возила предвиђеног за модификацију*

Назив	Вредност
Маса возила спремног за вожњу	1170 kg
Највећа дозвољена маса	1565 kg
Оптерећење по осовинама возила спремног за вожњу	790 380
Највеће дозвољено оптерећење по осовинама	900 750
Највећа снага мотора	59 kW при 3000 o/min
Највећи обртни момент	196 Nm при 1500 o/min
Радна запремина мотора	1910 cm <sup>3</sup>
Међуосовинско растојање	2,452 m
Висина тежишта:	0,63 m
Удаљеност тежишта од осе предње осовине	0,79 m

### 3.2.8.2 - Фаза 2 – Избор компоненти

За овај случај изабраће се електромотор називне снаге од 40 kW и називног напона 220V. Разлог за избор ове компоненте је лакоћа набавке компоненте на тржишту, једноставна конструкција као и добра набавна цена која неће утицати на повећање цене превравке.

Што се тиче батерија, односно модула батерија, сагледавајући расположив простор уз одређене претпоставке да неће доћи до драстичног нарушавања положаја тежишта и расподеле оптерећења по осовинама, прорачунава се да на располагању имамо простор испред и иза задње осовине димензија (313mm x 701mm x 250mm) и простор од (540mm x 762mm x 250mm) који можемо добити преправком пода возила у смислу сечења истог и израде наменских лежишта за модуле батерија. У циљу обезбеђивања лакшег одржавања као и због једноставније конструкције и испитивања, изабраће се батерије које не садрже течност и не испуштају гасове за време нормалног рада. По правилу ту спадају све врсте литијумских батерија. За овај случај изабране су литијумске батерије које носе ознаку *LiFePO4*, карактеристика наведених у табели Т.3.4

Т.3.4 – Карактеристике изабраних батерија

Карактеристика	Вредност
Максимална тежина	3,2 kg
Димензије ћелије	142mm x 220mm x 27 mm
Номинални капацитет	100Ah @ 1/3 C3A (33.3A)
Номинални напон	3,2V
Највећи напон пуњења	3,8 ± 0,05V
Највећи напон пражњења	2,8 ± 0,05V
Номинална струја пуњења	1/3 C3A (33.3A)
Номинална струја пражњења	1/3 C3A (33.3A)
Највећа непрекидна струја пуњења	3,0C3A (300,0A)

Карактеристика	Вредност
Највећа непрекидна струја пражњења	3,0C3A (300,0A)
Max. plus discharging current	5.0 C3A (500,0A) < 10s
Унутрашњи отпор	$\leq 0,8\text{m}\Omega$ (AC Impendance, 1000Hz)
Напон при испоруци	3,2~3,4V
Спољни изглед	Без прекида, огреботина, деформација, рупица, цурења итд.

Мењачки преносник као и остали елементи система за пренос снаге задржаће се са оригиналног возила које се модификује.

### 3.2.8.3 - Фаза 3 - Дефинисање улазних величина

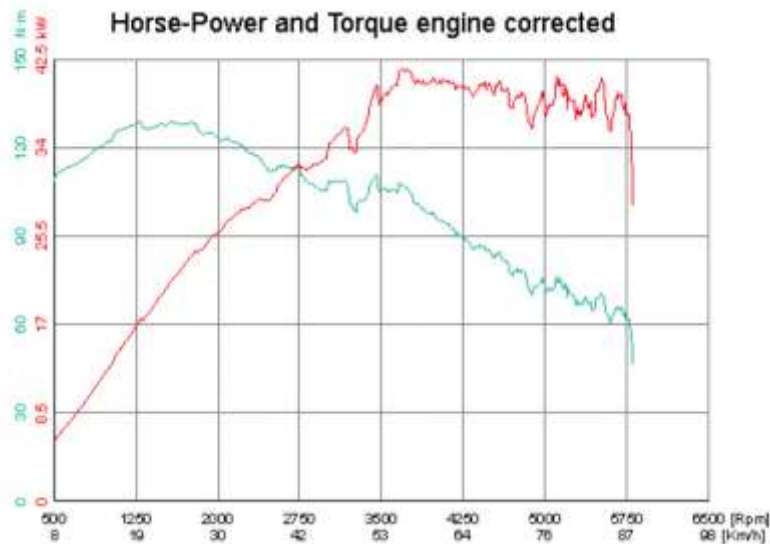
Карактеристике изабраног мотора дате су у табели Т.3.5

*Т.3.5 – Карактеристике трофазног асинхроног мотора произвођача „СТОЈА“*

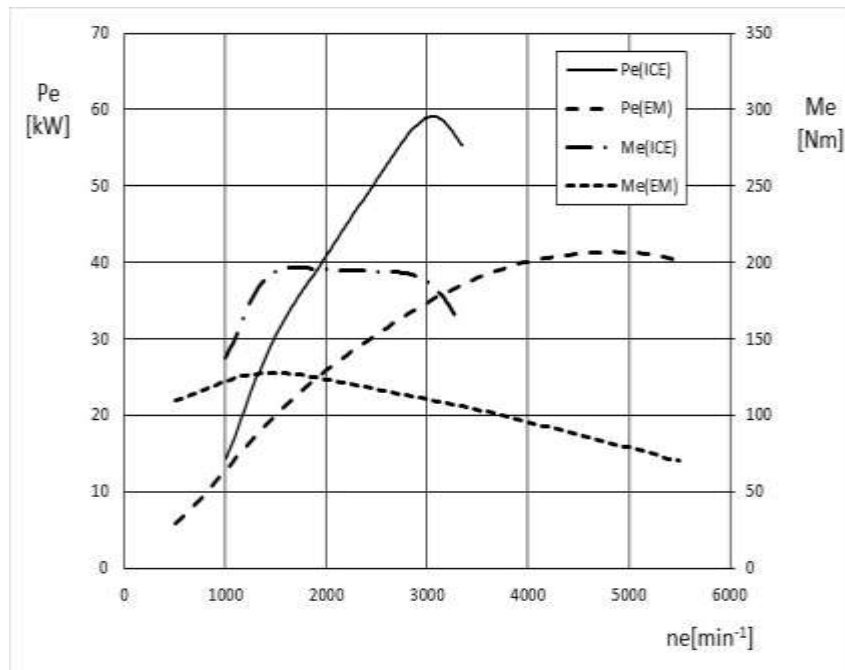
Карактеристика (јединица)	вредност
Тежина мотора (kg)	45
Максимална струја у пику (A)	400
Максимални средњи напон (V)	300
Номинална снага (kW)	40
Максимални момент (Nm)	200
Минимални проток расхладне течности (l/min)	15
Максимална температура расхладне течности (°C)	70
Степен заштите мотора	IP64



На слици Сл.3.1 дат је изглед спољне брзинске карактеристике електромотора, добијене од произвођача. Како наведена карактеристика није погодна за прорачун, извршена је њена дигитализација и апроксимација полиномом. На слици Сл.3.2 дат је упоредни приказ спољне брзинске карактеристике постојећег и електро-мотора.



Сл.3.1– Спољна брзинска карактеристика трофазног асинхроног мотора произвођача „STOJA“



Сл. 3.2 Упоредни приказ спољне брзинске карактеристике мотора (ICE) и електромотора (EM)

Мењачки преносник у склопу кога је и главни преносник са диференијалом задржан је од возила које се преправља. Реч је о мануелном мењачком преноснику са пет степени преноса. Вредности преносних односа дате су у табели Т.3.6.

*Т.3.6 – Вредности преносних односа у уграђеном мењачком преноснику*

Главни преносник	$i_0$	2,85
I степен преноса	$i_I$	3,9090
II степен преноса	$i_{II}$	2,2380
III степен преноса	$i_{III}$	1,4440
IV степен преноса	$i_{IV}$	1,0290
V степен преноса	$i_V$	0,7670

Највећа дозвољена маса возила задржана је као и на возилу које се модификује. Ово је веома важан податак јер се приликом модификације возила не сме дозволити прекорачење ове вредности. Системи за ослањање, управљање и кочење су према тој вредности прорачунати и испитани од стране произвођача возила, а како се планира да модификација возила буде оптимизована и у погледу безбедност и у погледу економичности, задржавање у оквиру произвођачких испитивања то омогућује јер неће бити потребе за модификацијама наведених система.

Када се разматра маса возила спремног за вожњу, може се говорити само о процењеној вредности. Наиме, у тренутку планирања и пројектовања возила тачан податак о маси није доступан. Због тога је битно што тачније прорачунати тежине компонената које се изграђују са возила и тежине елемената које се уграђују у возило. У делове који се изграђују првенствено спадају мотор са унутрашњим сагоревањем са пратећом електроинсталацијом, систем за складиштење, довод и убризгавање горива, као и комплетан издувни систем. Уместо ових компоненти потребно је уградити електромотор са одговарајућим контролером, модул батерија, пуњач итд. Набавком ових компоненти добија се низ техничких података дефинисаних од стране произвођача међу којима су подаци о тежини.

---

Тако на пример за електромотор који је одабран, декларисана је тежина од 45kg, а за батерије тежина по ћелији од 3,2kg.

Међутим, не може се на поуздан начин утврдити тежина делова који се изграђују из возила. Није реално у поступку планирања и оптимизације модификације изграђивати, односно демонтирати поједине системе како би се утврђивале тежине истих појединачно.

Како се за прорачун вучно динамичких карактеристика користи највећа дозвољена маса а не маса возила спремног за вожњу, то ће се на основу ње и захтеваних карактеристика возила извршити процена масе возила спремног за вожњу, односно, одредиће се њена горња граница која се не сме прекорачити.

Конкретно, када се од највеће дозвољена масе коју је дефинисао произвођач возила које се модификује од  $NDM = 1565kg$  одузме тежина сувозача од 68kg и жељена носивост од  $m_n = 200 kg$ , добија се горња граница масе возила спремног за вожњу која се не сме прекорачити:

$$m_{EVg} = NDM - 68 - m_n = 1565 - 68 - 200 = 1297 kg$$

Даље, уколико се претпостави да маса возила спремног за вожњу возила које модификује декларисана од стране произвођача износи 1170 kg и уколико се од ње одбије тежина возача од 75 kg, добија се маса празног возила

$$m_{icev} = 1095kg$$

Уколико се даље претпостави, или на неки начин добије податак о маси система, подсистема, елемената и делова који се изграђују из возила да износе:

- погонси агрегат са пратећом електроинсталацијом и помоћним агрегатима  
 $m_{pa} = 130kg$
- систем за складиштење, довод и убризгавање горива  $m_u = 45kg$
- издувни систем  $m_{is} = 40kg$

добија се податак да би полазна маса возила које је спремно за преправку, односно уградњу нових елемената требало износи:

$$\begin{aligned} m_{ev0} &= m_{icev} - (m_{pa} + m_u + m_{is}) = 1095kg - (130kg + 45kg + 40kg) \\ &= 950kg \end{aligned}$$

Ако је већ речено да је маса електромотора  $m_{EM} = 45kg$ , а маса једне хелије батерија  $m_{bc} = 3,2kg$ , за усвојених 60 хелија маса модула батерија ће износити:

$$m_{bp} = 60 \cdot 3,2kg = 192kg$$

Ако се и за остале компоненте које се морају уградити процени додатна маса од  $m_{de} = 23kg$ , добија се да би процењена маса возила спремног за вожњу возила која ће се добити модификацијом, могла износити:

$$m_{EV} = m_{ev0} + m_{EM} + m_{bp} + m_{de} + 75 = 880 + 45 + 192 + 23 + 75 = 1215kg$$

Можемо закључити да разлика

$$m_{EVg} - m_{EV} = 1297 - 1215 = 82 kg = R_m$$

представља „резерву масе“ која нам је на располагању уколико се приликом преправке појаве неподвижене компоненте. У табели Т.3.7 дате су основне карактеристике које ће имати модификовано возило.

Т.3.7 – Основне карактеристике модификованог возила

Назив	Ознака [јединица]	Вредност
Снага мотора	Pe [kW]	41,51 при 3500 о/min
Обртни момент	Me [Nm]	128 при 1500 о/min
Преносни односи		
Главни преносник	$i_o$	2,85
I степен преноса	$i_I$	3,9090
II степен преноса	$i_{II}$	2,2380
III степен преноса	$i_{III}$	1,4440
IV степен преноса	$i_{IV}$	1,0290
V степен преноса	$i_V$	0,7670
Највећа дозвољена маса	NDM [kg]	1565
Маса возила спремног за вожњу	$m_{EV}$ [kg]	1215
Дужина возила	d [mm]	3800
Ширина возила	b [mm]	1660
Висина возила	h [mm]	1480
Међуосовинско растојање	l [mm]	2460

---

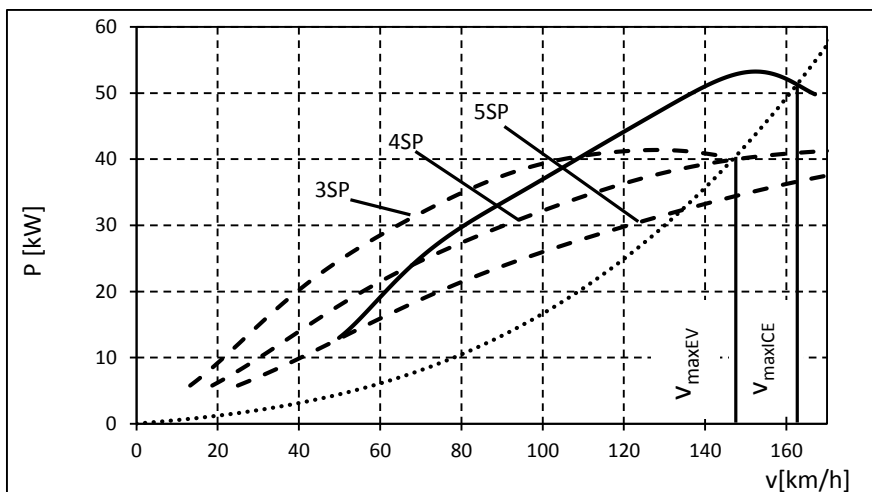
#### 3.2.8.4 - Фаза 4 – Вучно-динамички прорачун

За вучно-динамички прорачун усвојене су следеће величине, односно начин њиховог израчунавања:

- коефицијент отпора котрљању [5]:  $f = 0,0165 \cdot [1 + 0,00625 \cdot (v - 50)]$
- коефицијент пријањања:  $\varphi = 0,75$
- степен корисности трансмисије:  $\eta_p = 0,90$
- Редуковани коефицијент отпора ваздуха:  $K = C_x \cdot \frac{\rho}{2}$  ( $K = 0,1811 \frac{kg}{m^3}$ )
  - $C_x = 0,3$  - коефицијент отпора ваздуха – вредност одређена од стране произвођача возила које се модификује
  - $\rho \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$  - густина ваздуха;  $\rho = 1,2075 \frac{kg}{m^3}$
- Чеона површина возила:  $A = 0,775 \cdot b \cdot h$  (за  $b = 1,66 m$  и  $h = 1,48 m$  добија се:  $A = 1,9040 m^2$ )
- највећа дозвољена маса:  $NDM = 1565 kg$  и
- положај тежишта:  $l_p = 1,12 m$ ;  $l_z = l - l_p = 1,34 m$ .

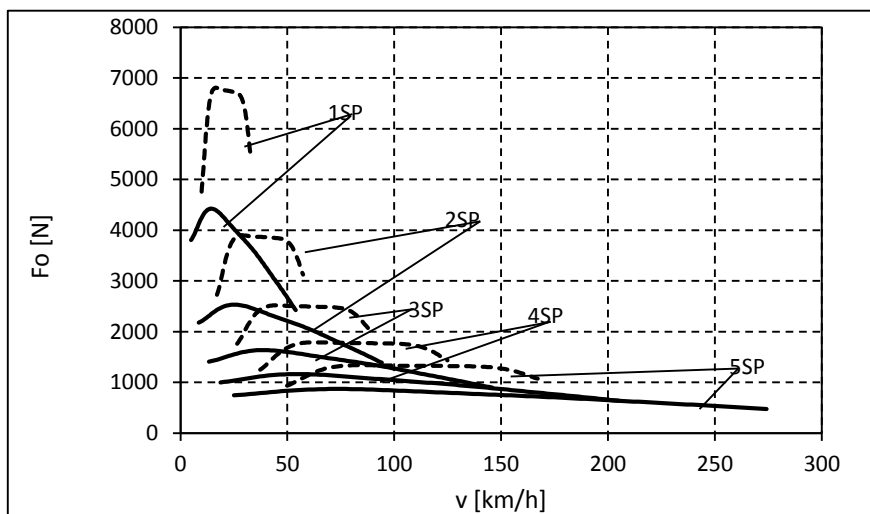
Максимална брзина кретања возила биће резултат односа расположиве снаге електромотора и снаге потребне за савлађивање отпора кретања у случају кад се остварује максимална брзина. Да би се утврдила максимална брзина извршен је прорачун биланса снаге при погону са електро-мотором, и прорачун биланса снаге базног возила. Резултати прорачуна приказани су на слици Сл.3.3

Са дијаграма се уочава да ће се максимална брзина кретања остварити у трећем и четвртој степену преноса, с тим што ће возило у трећем сепену преноса имати већу резерву снаге.



Сл. 3.3. Одређивање максималне брзине возила

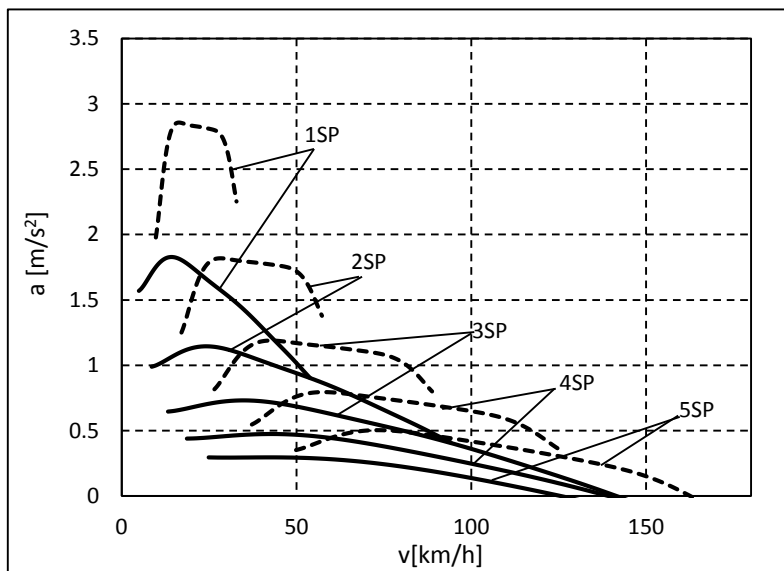
Да би се сагледао однос расположивих сила на погонском точку код базног и модификованог возила извршен је прорачун расположивих сила на погонском точку који представља основу за каснију израду вучне карактеристике. Резултати прорачуна приказани су на слици Сл.3.4.



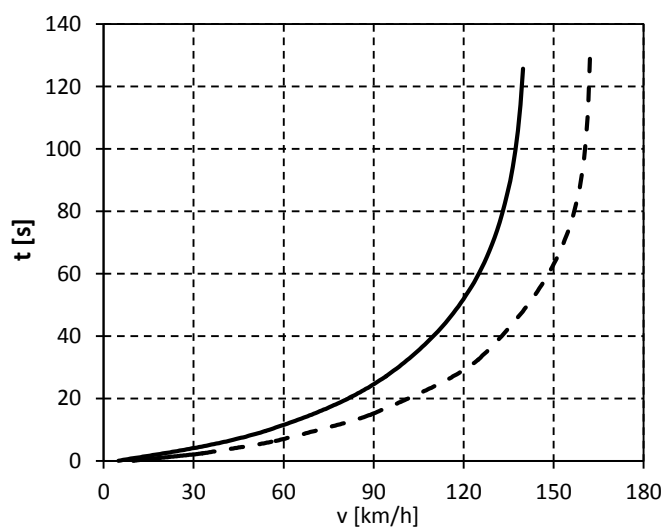
Сл. 3.4. Расположиве силе на погонском точку (пуна линија – модификовано возило; испрекидана линија – базно возило)

На основу приказаних резултата може се закључити да ће модификовано возило имати знатно мање максималне ободне силе на погонском точку што ће се одразити на могућност савлађивања максималних успона, као и перформансе убрзања.

Ради бољег сагледавања карактеристика убрзања извршен је прорачун максималних убрзања возила и времена залета, а резултати су приказани на сликама Сл.3.5 и Сл.3.6.



Сл. 3.5. Максимална убрзања возила (пуна линија – модификовано возило; испрекидана линија – базно возило)



Сл. 3.6. Време залета возила (пуна линија – модификовано возило; испрекидана линија – базно возило)

### 3.2.8.5 - Фаза 5 – Анализа добијених резултата

Обзиром да је реч о модификованом возилу, анализа се почиње од карактеристика погонског агрегата, односно од његове брзинске карактеристике (Сл.3.3). Са

---

дијаграма је јасно видљиво да су карактеристике уграђеног мотора слабије од мотора који је био уграђен у возило.

Поређењем биланса снаге возила са дизел и електро мотором (Сл.3.4) види се да је максимална брзина модификованог возила мања него што је била максимална брзина са дизел мотором. Ово је и логично а последица је тога што је у возило уграђен мотор ниже максималне снаге.

Како је планирано да модификовано возило буде употребљавано у градским срединама, закључује се да разлика у максималној брзини не прави проблем јер, због услова околине, возило свакако неће бити у могућности да развије толике брзине. С друге стране, како би се продужио радни век батерија, максимална брзину ће свакако бити ограничена на нижу вредност од добијене.

Међутим, анализом вучног дијаграма (Сл.3.5) може се уочити неповољнија ситуација. Евидентно је да су на модификованом возилу вучне силе знатно мање што директно утиче на перформансе возила. То се види и на дијаграму убрзања.

На основу дијаграма убрзања приказаног на слици Сл.3.6 уочава се да су перформансе убрзања возила после реконструкције мање него пре, посебно при нижим брзинама кретања. Такође, уочава се да, због већег дијапазона броја обртаја електро мотора постоји мања потреба за променом степена преноса.

Са слике Сл.3.6 се види да је време залета возила после конверзије веће, што је било и за очекивати, али, с обзиром да је максимална брзина возила после реконструкције ограничена на 90 km/h, може се закључити да време убрзавања модификацијом није значајно нарушено.

Иако смањење максималне брзине није толико важно за експлоатацију возила у задатим условима, убрзање игра значајну улогу и требало би га кориговати.

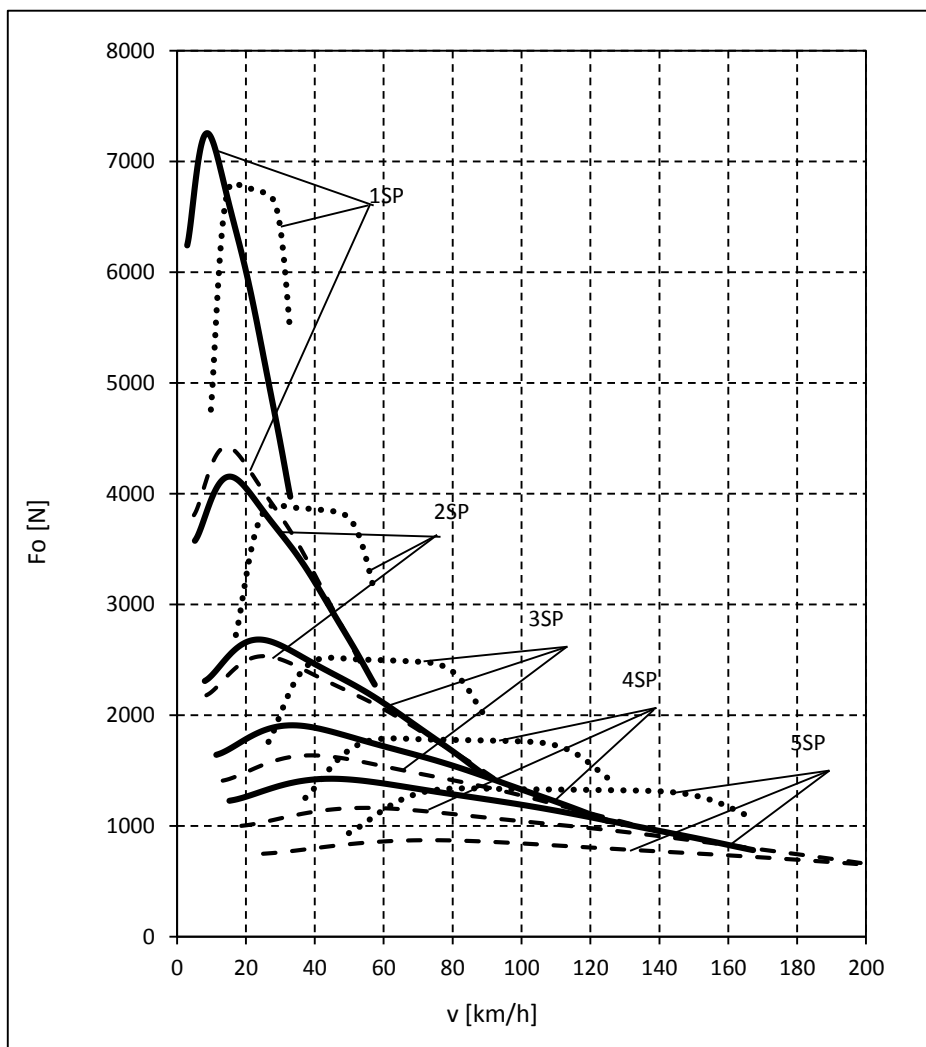
#### *3.2.8.6 - Фаза б – Усвајање потребних корекција*

На основу претходних анализа може се закључити да је основни разлог смањења вучних перформанси возила поред мање снаге погонског агрегата њено остваривање на већем броју обртаја. Због тога је, аналогно претходном прорачуну, анализиран утицај додавања редуктора на излазу из електромотора

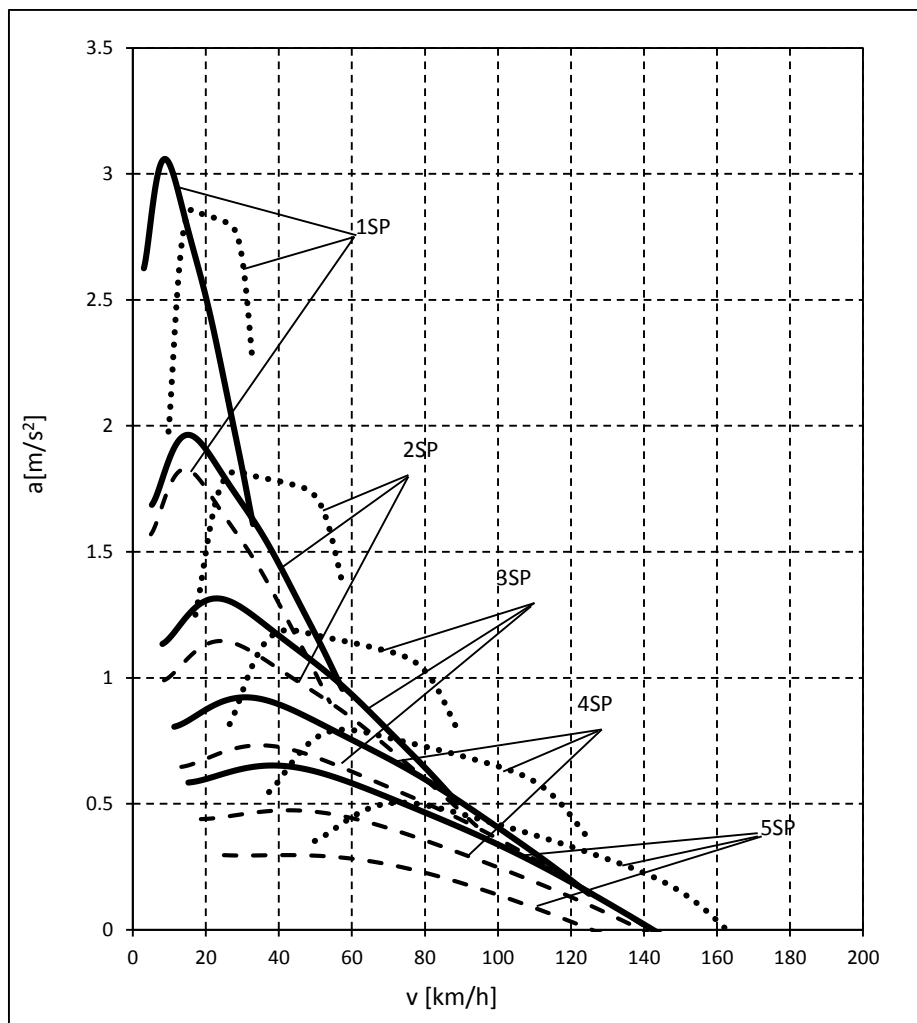


који би максималан број обртаја погонског агрегата свео на максималан број обртаја дизел мотора [1]. Преносни однос наведеног редуктора је  $i_r=1,64$ .

На наредним дијаграмима дат је упоредни приказ обимних сила на погонском тачку за све три варијанте (погон дизел мотором, погон електромотором и погон електромотором са редуктором) и приказ расположивих убрзања. Резултати показују да се додавањем редуктора обезбеђују знатно боље перформансе при мањим брзинама кретања, тако да максималне вредности обимних сила и убрзања превазилазе вредности обимних сила и убрзања код погона дизел мотором, што је веома повољно ако се узме у обзир намена возила.



Сл.3.23 - Вучни дијаграм пре модификације (тачкаста линија), после модификације (испрекидана линија) и након уградње редуктора на ЕМ (пуна линија)



Сл.3.24 - Дијаграм убрзања пре модификације (тачкаста линија), после модификације (испрекидана линија) и након уградње редуктора на ЕМ (пуна линија)

### 3.2.8.7 - Фаза 7 – усвајање добијених резултата

Како су усвојеним корекцијама добијене тражене карактеристике, усвојиће се добијени резултати и према њима даље наставити са модификацијом возила.

## 3.3 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mirko Gordić, Dragan Stamenković, Vladimir Popović, Slavko Muždeka, Aleksandar Mićović, Electric Vehicle Conversion: Optimisation Of Parameters In The Design Process; Technical Gazette 24, 4(2017), 1213-1219; ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online) <https://doi.org/10.17559/TV-20160613131757>

- 
- [2] Ivan Kontak Jambrek, Ivor Marković, Tomislav Novak, Conversion of Internal Combustion Engine Vehicle to Electric Eehicle; Polytechnic & Design; Vol. 4, No. 3, 2016.; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2016-4-3-15
- [3] EW WEST, Catalog, dostupno na: <http://evwest.com/catalog/> ; pristup 04.07.2018. godine
- [4] JP EPS Beograd; Odluka o regulisanoj ceni električne energije za garantovano snabdevanje; dostupno na: [http://www.eps-slabdevanje.rs/kupci/Documents/20170828\\_Odluka%20o%20regulisan0j%20ceni%20EE%20na%20garantovanom%20snabdevanju%2001.10.2017.pdf](http://www.eps-slabdevanje.rs/kupci/Documents/20170828_Odluka%20o%20regulisan0j%20ceni%20EE%20na%20garantovanom%20snabdevanju%2001.10.2017.pdf); pristup 04.07.2018.
- [5] Dimitrije Janković, Jovan Todorović, Gradimir Ivanović, Braniskav Rakićević, Teorija kretanja motornih vozila, Mašinski fakultet 2001, ISBN 86-7083-394-8

---

#### **4. АНАЛИЗА ТЕХНИЧКИХ ЗАХТЕВА И МЕТОДОЛОГИЈА ИСПИТИВАЊА ВОЗИЛА КОЈЕ ЈЕ МОДИФИКОВАНО СА КОНВЕНЦИОНАЛНОГ НА ЧИСТО ЕЛЕКТРИЧНИ ПОГОН**

Поред пројектовања и реализације модификације возила са конвенционалним погоном у возило са чисто електричним погоном незаобилазан сегмент који значајно утиче на овај процес је и одобравање за саобраћај на путевима. За разлику од серијских возила код којих су захтеви за готово све подсистеме дефинисани на међународном нивоу у виду једнообразних техничких услова и где возила подлежу хомологацији типа, појединачна производња као и модификација возила готово увек је предмет националне регулативе. Национални прописи се доносе на бази исказаних потреба за одређеном врстом преправке или појединачне производње, док се возила одобрена на овај начин по правилу подвргавају испитивањима и оцени усаглашености у свакој земљи у којој власник жели да их региструје.

Код дефинисања техничких захтева за одобрење преправљених возила мора се водити рачуна да утврђеним захтевима и обимом испитивања обезбеди ниво безбедности возила који је еквивалентан нивоу безбедности серијских возила, уз уважавање чињенице да се на овим возилима не могу спровести сва испитивања која би се спроводила на серијским возилима. За овакав приступ постоје најмање два разлога: прво, за серијски произведена возила постоје захтеви за чију оцену је потребно реализовати деструктивна испитивања, што је прихватљиво за серију и друго, трошкови испитивања репрезента типа возила деле се на целу серију, док се код појединачне производње трошкови односе само на испитивано возило. Кад се све ово има у виду као логичан закључак се намеће чињеница да је највећи изазов управо дефинисање нивоа захтева и обима испитивања који ће обезбедити захтевани ниво безбедности, а при том имати цену коштања која је прихватљива за појединачног произвођача/модификатора возила.

Да би се на коректан начин утврдили технички захтеви за модификацију возила полази се од захтева за серијску производњу релевантних за предмет

---

модификације, тако да је у првом делу ивршена наведена анализа, уз покушај да се издвоје они правилници на које се мора посветити посебна пажња. На бази наведене анализе дефинисани су захтеви за појединачно одобрење модификације у возило са чисто електричним погоном.

Да би се потврдио приступ утврђивању захтева за појединачно одобрење модификације извршено је истраживање стања у земљама у окружењу и у Европи по питању наведених захтева. На крају, посебна пажња је посвећена утврђивању методе за испитивање потрошње енергије и аутономије кретања преправљеног возила.

## **4.1 ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ ЗА ВОЗИЛА**

### **4.1.1 Увод**

Хомологација возила обухвата низ испитивања делова, елемената, подсистема, система као и возила у целини у циљу утврђивања усаглашености са одређеним прописима који дефинишу ову област. У даљем истраживању разматрана су возила врсте  $M_1$  и  $N_1$ , као врсте возила које су најинтересантније са становишта возила која се погоне електромоторима а енергију добијају из уграђених складишта – батерија.

У време још недовољно развијене инфраструктуре за масовну употребу електричних возила у погледу допуне батерија и расположивих аутономија кретања, за производњу и превозку су још увек најинтересантнија возила врсте  $M_1$  и  $N_1$ , односно возила којима ће природно окружење бити градска средина, захтевана аутономија кретања адекватна дневним потребама возње по граду, као и чињеница да је возилима ове врсте омогућено кретање готово у свим деловима градова. Подсећања ради, у већини великих градова и престоница забрањена је употреба „тежим“ теретним возилима у градским центрима.

Свако новопроизведено возило да би било стављено на тржиште и регистровано за учешће у саобраћају мора да буде хомологовано односно одобрено од стране надлежног државног органа, било да се ради о хомологацији типа или

---

појединачном одобрењу. Хомологацијом односно одобрењем се доказује усаглашеност са технички захтевима прописа који се односе на безбедност и заштиту животне средине. Преправљена возила такође подлежу провери усаглашености са техничким захтевима прописа који се односе на возила у употреби и који такође имају за циљ потврђивање да возило испуњава захтеве у погледу безбедности и заштите животне средине. Ови прописи се у великој мери ослањају на прописе који се односе на новопроизведена возила у мери која је прихватљива за возила у употреби [1].

Као основна документа овде су коришћене Консолидована резолуција о конструкцији возила [2] и Смернице о успостављању основа за одобрење моторних и њихових прикључних возила, система, компоненти и делова намењених тим возилима, Директива 2007/46/ЕС [3]. Пролазећи кроз ова документа анализирана је првенствено разлика између хомологационих захтева за возила која се погоне мотором са унутрашњим сагоревањем и возила која се погоне чисто електричном енергијом.

#### **4.1.2 Појмови и дефиниције**

Појмови и дефиниције који се овде помињу само су неки који се користе у поступку хомологације возила и то првенствено оних за возила која се покрећу електромоторима а као извор енергије користе складишта – системе батерија која су уграђена у њих.

- Режим вожње (*Active driving possible mod*) – представља режим рада возила у ком се притиском на педалу акцелератора (или активациом неке еквивалентне контроле) или ослобађањем кочног система проузрокује покретање возила електропогоном.
- Баријера (*Barrier*) – представља физичку заштиту, део који из било ког правца прилаза обезбеђује заштиту од директног контакта са деловима под високим напоном

- 
- Ћелија (*Cell*) – представља једну затворену електрохемијску јединицу која садржи једну позитивну и једну негативну електроду, која преко својих полова обезбеђује разлику потенцијала, односно напон
  - Пуњиви систем за складиштење енергије (*Rechargeable Energy Storage System - REESS*) – представља пуњиви систем складиштења енергије који обезбеђује електричну енергију за покретање на електропогон. Може укључивати и подсистеме и додатне пратеће системе за физичку подршку, управљање топлотом, електронску контролу и кућиште (у даљем тексту модул батерија).
  - Проводник за пуњење (*Conductive Connection*) – представља део за повезивање путем конектора са спољном станицом за напајање у случају када је модул батерија повезан на пуњење.
  - Систем спојница за пуњење модула батерија (*Coupling system for charging the Rechargeable Energy Storage System*) – представља струјни круг који се користи за пуњење модула батерија и успоставља се између спољне станице за снабдевање електричном енергијом и возила.
  - „C - карактеристика“ (*C Rate of n C*) – се дефинише као константна струја коју тестирани уређај узима у  $1/n$  сати за пуњење или пражњење тестираног уређаја између 0 и 100% нивоа напуњености
  - Делови под напоном (*Live parts*) – представљају проводне делове који су предвиђени да при нормалној употреби буду под напоном
  - Директни контакт (*Direct contact*) представља контакт особа за деловима под напоном
  - Електрична шасија - нула (*Electrical chasis*) – представља склоп састављен од електро проводних делова спојених у целину чији напон се узима као референтна вредност
  - Струјни круг (*Electrical circuit*) – представља склоп повезаних делова под напоном који су пројектовани да у нормалном раду буду под електричном енергијом

- 
- Систем претварања електричне енергије (*Electrical Energy conversion system*) – представља систем који производи и обезбеђује електричну енергију за електро погон
  - Погонски агрегат (*Power train*) – представља системе за складиштење енергије, претвараче енергије и систем за пренос снаге који конвертују ускладиштену енергију у механичку испоручену погонским точковима
  - Електрични погонски агрегат (*Electric power train*) – представља струјно коло које укључује један или више погонских мотора, а може укључивати модул батерија, систем претварања енергије, електронске претвараче, проводнике и конекторе као и систем спојница за пуњење пуњивог система складиштења енергије
  - Чисто електро возило (*Pure electric vehicle*) – представља возило које покреће искључиво електрични погонски агрегат
  - Инвертер (*Electronic converter*) – представља уређај способан да управља, односно претвара електричну енергију за електро погон.
  - Кућиште (*Enclosure*) – представља део који обухвата комплетну јединицу и обезбеђује адекватнију заштиту од директног контакта из било ког правца приступа
  - Изложени проводни део (*Exposed conductive part*) – представља проводнички део коме се може приступити у складу са условима за заштиту *IPXXB*, и који у случају оштећења изолације постаје део под електричним напоном. Ово укључује и делове под поклопцима који се могу уклонити без употребе алата.
  - Експлозија (*Explosion*) – представља нагло ослобађање енергије довољно да изазове појаву високог притиска, таласе и/или лет одломљених делова која може да изазове структурно и/или физичко оштећење уграђених делова
  - Спољна станица за снабдевање електричном енергијом (*External electric power supply*) – представља представља електричну станицу за снабдевање неизменичном или једносмерном струјом и која се налази ван возила.



- 
- Високи напон (*High Voltage*) – представља класификацију електричних компоненти или струјног круга ако му је радни напон већи од 60V а мањи од 1500V једносмерне струје (*DC*), односно већи од 30V а мањи од 1000V ефективне вредности напона наизменичне струје (*AC root mean square (rms)*)
  - Пожар (*Fire*) – представља емисију пламена из уређаја. Варничење и стварање електролука се не сматра пожаром.
  - Запаљиви електролит (*Flammable electrolyte*) – представља електролит који садржи супстанце класификоване као Класа 3 „запаљива течност“ по препорукама Уједињених нација за транспорт опасног терета – Модел прописа (ревизија 17 из јуна 2011. године)
  - Магистрала високог напона (*High voltage bus*) – представља струјно коло укључујући и систем спојница за пуњење модула батерија који ради на високом напону
  - Индиректни контакт (*Indirect contact*) – представља контакт особа са изложеним деловима
  - Пртљажни простор (*Luggage compartment*) представља простор у возилу за смештај пртљага ограничен кровом, поклопцем, подом, бочним зидовима, баријерама и кућиштима предвиђеним за заштиту путника од директног контакта са деловима под напоном, и који је од путничког простора одвојен преградама
  - Произвођач (*Manufacturer*) – представља лице или тело које је регулаторном телу за одобрења одговорно за све аспекте у поступку типског одобравања и за обезбеђивање саобразности производње. Није неопходно да лице или тело буде укључено у све фазе производње возила, система или компонената која су предмет процеса одобрења
  - Систем за праћење отпора изолације (*On-board isolation resistance monitoring system*) – представља уређај који прати отпор изолације између магистрале високог напона и електричне шасије (уземљења)

- 
- Погонска батерија отвореног типа (*Open type traction battery*) представља батерију која у себи садржи течност која приликом пуњења захтева воду и генерише гас водоника који ослобађа у атмосферу.
  - Путнички простор (*Passenger compartment*) – представља простор за смештај путника који је ограничен кровом, подом, бочним зидовима, вратима, стаклима, предњим и задњим пожарним зидом као и баријерама и кућиштима намењеним за заштиту путника од директног контакта са деловима који су под високим напоном.
  - Степен заштите (*Protection degree*) – представља заштиту обезбеђену од стране кућишта и баријера у смислу приступа деловима који су под високим напоном помоћу тест уређаја као што су тест прст (*IPXXB*) или тест жица (*IPXXD*)
  - Прелом (*Rupture*) – представља отвор/отворе кроз кућиште било које функционалне ћелије који су настали услед одређеног догађаја, величине довољне да тест прст (*IPXXB*) пречника 12 мм може да прође и да направи контакт са деловима који су високом напоном.
  - Сервисно искључење (*Service disconnect*) – представља уређај за прекидање струјног кола приликом обављања провера и сервиса модула батерија, горивих ћелија итд.
  - Аутоматско искључење (*Automatic disconnect*) – представља уређај који, када се активира, раздваја изворе електричне енергије од високонапонског кола осталих уређаја
  - Ниво напуњености (*State of Charge (SOC)*) – представља расположив ниво енергије у ћелијама батерија изражен као проценат од сопственог капацитета
  - Чврст изолатор (*Solid insulator*) – представља облогу око електричних водова како би се покрили и заштитили делови под високим напоном од директног контакта из свих праваца, покрива у циљу изолације делове под високим напоном на конекторима а обухвата и лакове и боје које се користе у циљу изолације.

- 
- Подсистем (*Subsystem*) – представља било коју функционалну целину у оквиру модула батерија
  - Тестирани уређај (*Tested-device*) – представља било модул батерија или његов подсистем који је предмет испитивања у складу са захтеваним прописима
  - Тип модула батерија (*Type of REESS*) – представља систем који се значајно не разликује у битним аспектима као што су:
    - Хемијски састав, капацитет и димензије ћелија
    - Број ћелија, начин повезивања и физичка подршка
    - Конструкција, материјали и димензије кућишта
    - Неопходни помоћни уређај за подршку, управљање топлотом у електронску контролу
  - Тип возила (*Vehicle type*) – представља возило које се значајно не разликује у битним аспектима као што су:
    - Уградња електро погона и галванске везе са магистралом високог напона
    - Природа и тип електричне енергије погона и галванске везе компонената високог напона
  - Радни напон (*Working voltage*) – представља највећу вредност ефективног напона у струјном коју, специфициран од стране произвођача, који може настати у проводницима у отвореном колу или у нормалним радним условима. Ако је струјно које подељено галванском изолацијом, радни напон се дефинише за сваки круг посебно.
  - Нето снага (*Net power*) – представља снагу добијену на пробном столу измерену на коленастом вратилу или његовом еквиваленту у одговарајућем мотору
  - Максимална нето снага (*Maximum net power*) – представља максималну вредност нето снаге измерене при пуном оптерећењу мотора
-

- 
- Максимална 30-то минутна снага (*Maximum 30 minutes power*) – представља максималну снагу једног електромотора напајаног једносмерном струјом коју мотор може да испоручи као просек у периоду од 30 минута
  - Одобрење возила (*Approval of a vehicle*) – представља одобрење типа возила у погледу специфичних захтева у складу са одређеним правилником
  - Маса неоптерећеног возила (*Unladen mass*) – представља масу возила спремног за вожњу без возача, путника или терета, али са пуним резервоаром горива, расхладном течностју, сервисним и погонским батеријама, уљем, уграђеним пуњачем, преносним пуњачем, алатом и резервним точком, као и другом опремом која је испоручена уз возило од стране произвођача.
  - Референтна маса (*Reference mass*) – представља масу неоптерећеног возила увећану за 100kg
  - Највећа дозвољена маса (*Maximum mass*) – представља технички највећу дозвољену масу декларисану од стране произвођача (ова маса може бити већа од највеће укупне масе прописане националним прописом)
  - Испитна маса (*Test mass*) – представља референтну масу за возила врсте *M1*, а за врсту возила *N1* представља масу неоптерећеног возила увећану за половину укупне корисне носивости
  - Аутономија на електро погон (*Electric range*) – за чиста електрична возила и за хибридна возила са електромотором када је функција пуњења искључена представља растојање које се може прећи са потпуно напуњеним батеријама (или неким другим уређајем за складиштење електричне енергије) а које је измерено према процедури дефинисаној референтним документом
  - Електромагнетска компатибилност (*Electromagnetic compatibility*) – представља способност возила, компоненти или засебне техничке јединице да задовољавајуће функционишу у свом електромагнетном окружењу без изазивања нетолерантне електромагнетне сметње ни на шта у тој средини

- 
- Електромагнетна сметња (*Electromagnetic disturbance*) – представља неку електромагнетну појаву која може да деградира радне перформансе возила, компоненти, засебне техничке јединице или било ког уређаја који раде у близини возила. Електромагнетна сметња може бити електромагнетски шум, нежељени сигнал или промена у простирању таласа у одређеној средини
  - Електромагнетни имунитет (*Electromagnetic immunity*) – представља способност возила, компоненти или засебне техничке јединице да ради без деградације перформанси у присуству електромагнетних сметњи које обухватају и радио фреквенцијске сигнале из одашиљача, или зрачења из опсега емисије индустријских, научних и медицинских апарата (*IMS - industrial-scientific-medical apparatus*).
  - Електромагнетно окружење (*Electromagnetic environment*) – представља скуп свих електромагнетних феномена на датој локацији
  - Електрични/електронски систем (*Electrical/electronic system*) – представља уређај или скуп уређаја повезаних у функционалну целину која чини део возила и који нису намењени да буду типски одобрени одвојено од возила
  - Електрични/електронски подсистем (*Electrical/electronic sub-assembly-ESA*) - представља уређај или скуп уређаја повезаних у функционалну целину која чини део возила, заједно са припадајућим проводницима и конекторима, који обављају једну или више посебних функција. Електрични/електронски подсистем може на захтев произвођача бити одобрен или као компонента или као посебна техничка јединица
  - Електрично регенеративно кочење (*Electric regenerative braking*) – представља систем за кочење који, у току успорења, обезбеђује претварање кинетичке енергије возила у електричну енергију
  - Контрола електричног регенеративног кочења (*Electric regenerative braking control*) – представља уређај који управља регенеративним кочењем.

---

### 4.1.3 Захтеви за одобрење типа возила

Типско одобрење возила обавља се у складу са захтевима дефинисаним директивом 2007/46/ЕС [3] и то конкретно Анексом IV ове директиве. Принциписки гледано, типско одобрење за возило издаје регулаторни државни орган на основу извештаја техничког сервиса који је овлашћен за обављање потребних испитивања.

Произвођач возила је у обавези да регулаторном државном телу и техничком сервису обезбеди информациони документ о возилу, чији је садржај детаљно дефинисан Анексом III директиве 2007/46/ЕС [3].

Информациони документ мора да садржи:

- Опште информације о возилу као што су марка, тип, комерцијална ознака, врста возила...
- Опште конструкционе карактеристике возила које укључују фотографије и цртеже возила репрезента типа, број точкова и осовина, број погонских осовина, положај и уградњу мотора...
- Маса и димензије возила које обухватају највећу дозвољену масу, распоред оптерећења по осовинама, размаке осовина...
- Податке о погонском агрегату – да ли је мотор са унутрашњим сагоревањем или електромотор, хибридни погон, врста горива, издувни систем, потрошња горива, емисија издувних гасова...
- Податке о систему за пренос снаге – тип и врста, број степени преноса, преносни односи, начин управљања...
- Осовине – број, распоред...
- Систем за ослањање – тип и конструкција за сваку осовину или точак, да ли има аутоматску нивелацију, да ли је пнеуматски систем...
- Систем за управљање – тип и конструкција, начин учвршћења на возилу, помоћни системи за асистенцију
- Систем за кочење – Опис система, да ли има АБС...
- Каросерија – облик и намена, број врата, број путника, ретровизори, унутрашњост, произвођачка плочица...

Детаљна листа потребних информације је дефинисана Анексом III Директиве 2007/46/EC.

Када се говори о захтевима који морају бити испуњени у сврху типског одобрења возила, све захтеве можемо поделити у три групе и то:

- Захтеве за типско одобрење возила које се производи у неограниченој серији
- Захтеве за типско одобрење возила које се производи у малој серији
- Захтеве за одобрење возила које се појединачно производе врсте M1 и N1 , произведених у великој серији у земљама, или за земље трећег света.

У табели Т.4.1 упоредо су приказани захтеви за возила која се производе у неограниченој серији врсте M1 и N1 и то за случај погона мотором са унутрашњим сагоревањем и за случај електро мотора (чисто електрично возило).

*Т.4.1 – Упоредни приказ захтева за возила која се производе у неограниченој серији врсте M1 и N1*

P. бр .	Subject	Предмет	Директива	УН Правил -ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
1	Sound level	Дозвољени ниво буке	Directive 70/157/EEC	51/02 59/00	x	x	x	x	
2	Emmision	Емисија	70/220/EEC	83/03 103/00	x	x	x	x	
3	Fuel tanks / rear protective devices	Резервоари за гориво и задња заштита	70/221/EEC	58/01 34/01 67/01 110/00	x	x	x	x	
4	Rear registration plate space	Простор за задњу регистарску таблицу	70/222/EEC		x	x	x	x	
5	Steering effort	Систем за управљање	70/311/EEC	79/01	x	x	x	x	
6	Door latches and hinges	Забрављивања и задржавања врата	70/387/EEC	11/02	x	x	x	x	
7	Audible warning	Звучна упозорења	70/388/EEC	28/00	x	x	x	x	

P. бр .	Subject	Предмет	Директива	УН Правил -ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
8	Indirect vision devices Rear view mirrors	Ретровизори и уређаји за индиректно гледање	2003/97/EC (8)	46/01	x	x	x	x	
8 A	Devices for indirect vision	Уређаји за индиректно гледање	2003/97/EC (8)	46/02	x	x	x	x	
9	Braking	Кочење	71/320/EEC	13/09 13H/00 90/01	x	x	x	x	
10	Radio interference (electromagnetic compatibility )	Радио сметње и ЕМС	72/245/EEC	10/02	x	x	x	x	
11	Diesel smoke	Димност дизела	72/306/EEC	24/03	x		x		
12	Interior fittings	Учвршћења делова и елемената у путничком простору	74/60/EEC	21/01	x	x	x	x	
13	Anti-theft and Immobilizer, Alarm systems, Unauthorised use	Уређаји против крађе, Алармни системи и неовлашћена употреба	74/61/EEC	18/02 97/00 116/00	x	x	x	x	
14	Protective steering (Behaviour of steering device under impact)	Понашање уређаја за управљање у случају удара	74/297/EEC	12/03	x	x	x	x	
15	Seat strength	Чврстоћа седишта	74/408/EEC	17/06 80/01	x	x	x	x	
16	Exterior projections	Спољње пројекције	74/483/EEC	26/02	x	x	-	-	
17	Speedometer and reverse gear	Брзиномери	75/443/EEC	39/00	x	x	x	x	
18	Plates	Плочнице	76/114/EEC		x	x	x	x	



Р. бр	Subject	Предмет	Директива	УН Правил-ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
	(statutory)	(таблице)							
19	Seat belt anchorages	Забрављивачи појасева	76/115/ЕЕС	14/04	x	x	x	x	
20	Installation of lighting and light signalling devices	Инсталација светлосне и светлосно сигналне опреме	76/756/ЕЕС	48/01	x	x	x	x	
21	Retro reflectors	Ретро рефлексија	76/757/ЕЕС	3/02	x	x	x	x	
22	End-outline, frontposition (side), rearposition (side), stop, side marker, daytime running lamps	Позициона светла и дневна светла	76/758/ЕЕС	7/02 87/00 91/00	x	x	x	x	
23	Direction indicators	Показивачи правца	76/759/ЕЕС	6/01	x	x	x	x	
24	Rear registration plate lamps	Осветлење задње регистарске таблице	76/760/ЕЕС	4/00	x	x	x	x	
25	Headlamps (including bulbs)	Главни фарови укључујући сијалице	76/761/ЕЕС	1/01 5/02 8/04 20/02 31/02 37/03 98/00 99/00	x	x	x	x	
26	Front fog lamps	Предња светла за маглу	76/762/ЕЕС	19/02	x	x	x	x	
27	Towing hooks	Вучне куке	77/389/ЕЕС		x	x	x	x	
28	Rear fog lamps	Задња светла за маглу	77/538/ЕЕС	38/00	x	x	x	x	
29	Reversing lamps	Светло за вожњу у назад	77/539/ЕЕС	23/00	x	x	x	x	

P. бр	Subject	Предмет	Директива	УН Правил-ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
30	Parking lamps	Паркинг светло	77/540/ЕЕС	77/00	x	x	x	x	
31	Seat belts and restraint systems	Појасеви и заштитни системи	77/541/ЕЕС	16/04 44/03	x	x	x	x	
32	Forward vision	Видно поље возача	77/649/ЕЕС	125	x	x	-	-	
33	Identification of controls	Идентификација контрола лампица	78/316/ЕЕС	121	x	x	x	x	
34	Defrost/demist	Систем за одмрзавање и одмагљивање	78/317/ЕЕС		x	x	x	x	Ne mora "adekvatno"
35	Wash/wipe	Прање и брисање	78/318/ЕЕС		x	x	x	x	
36	Heating systems	Систем за грејање	2001/56/ЕС		x	x	x	x	
37	Wheel guards	Блатобрани	78/549/ЕЕС		x	x	-	-	
38	Head restraints	Наслони за главу	78/932/ЕЕС	17/06 25/04	x	x	-	-	
39	CO2 emissions/fuel consumption	Емисија CO2	80/1268/ЕЕС	101/00	x	x	x	x	
40	Engine power	Снага мотора	80/1269/ЕЕС	85/00	x	x	x	x	
41	Diesel emissions	Емисија дизела	88/77/ЕЕС	49/02	x	-	x	-	
43	Spray-suppression systems	Заштита против прскања	91/226/ЕЕС		-	-	x	x	
44	Masses and dimensions (cars)	Масе и димензије	92/21/ЕЕС		x	x	-	-	
45	Safety glass	Сигурносна стакла	92/22/ЕЕС	43/00	x	x	x	x	
46	Tyres and rolling sound	Пнеуматици и бука котрљања	92/23/ЕЕС	30/02 54/00 64/00 117/00	x	x	x	x	

P. бр	Subject	Предмет	Директива	УН Правил-ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
48	Masses and dimensions (other than vehicles referred to in item 44)	Масе и димензије ( не укључујући ставку 44)	97/27/EC		-	-	x	x	
49	External projections of cabs	Спољне пројекције кабина	92/114/EEC		-	-	x	x	
50	Couplings	Уређаји за спајање	94/20/EC	55/01	x	x	x	x	Уколико је уграђено
51	Flammability	Запаљивост	95/28/EC	118/00	-	-	-	-	
53	Frontal impact	Чеони удар	96/79/EC	94/01	x	x	-	-	Ако је НДМ мања од 2500кг
54	Side impact	Бочни удар	96/27/EC	95/02	x	x	x	x	Ако је Р тачка седишта нижа од 700мм
55	empty	?	?	93/00					
56	Vehicles intended for the transport of dangerous goods	ADR возила	98/91/EC	105	-	-	x	x	Ако је возило АДР
58	Pedestrian protection	Заштита пешака	2003/102/EC Regulation (EC) No 78/2009		x	x	x	x	
59	Recyclability	Способност рециклаже	Directive 2005/64/EC		x	x	x	x	
60	empty								
61	Air-conditioning systems	Системи за климатизацију	Dir. 2006/40/EC		x	x	x	x	
62	Hydrogen system	Погон возила на водоник	Reg. (EC) No 79/2009		x	x	x	x	Ако има везе са овим погоном

P. бр	Subject	Предмет	Директива	УН Правил-ник	M1		N1		Напомена
					IC E	E V	IC E	E V	
63	General Safety	Општа сигурност	(EC) No 661/2009		x	x	x	x	
64	Gear shift indicators	Индикатори брзине мењачког преносника	(EC) No 661/2009 (EU) No 65/2012		x	x	-	-	
65	Advanced emergency braking system	Систем за кочење у случају опасности	(EC) No 661/2009 (EU) No 347/2012		-	-	-	-	
67	Specific components for liquefied petroleum gases (LPG) and their installation on motor vehicles	Опрема за ТНГ и уградња у возило	(EC) No 661/2009 (EU) No 351/2012	67	x	-	x	-	
68	Vehicle alarm systems (VAS)	Алармни системи	(EC) No 661/2009	97	x	x	x	x	Ако постоји
69	Electric safety	Електро сигурност	(EC) No 661/2009	100	-	x	-	x	
70	Specific components for CNG and their installation on motor vehicles	Опрема за КПГ и уградња у возило	(EC) No 661/2009	110/00	x	-	x	-	

Из приказане табеле се види да се захтеви за возила погоњена мотором са унутрашњим сагоревањем и мотором погоњеним електромотором у великој мери подударају. Конкретне разлике се могу уочити више кроз различите захтеве које одређена врста возила мора да задовољи.

Ипак, детаљнијом анализом правилника, могу се издвојити одређени правилници чији поједини делови садрже битне информације везане за додатне захтеве које возила погоњена електричним погоном морају да задовоље у односу на возила

погођена моторима са унутрашњим сагоревањем. Конкретни правилници наведени су у табели Т.4.2.

*Т.4.2 Правилници чији поједини делови садрже битне информације везане за додатне захтеве које возила погођена електричним погоном морају да задовоље у односу на возила погођена моторима са унутрашњим сагоревањем*

Р. Бр. захтева	Subject	Предмет	Директива	УН Правилник	M <sub>1</sub>		N <sub>1</sub>		Напомена
					ICE	EV	ICE	EV	
10	Radio interference (electromagnetic compatibility)	Радио сметње и ЕМС	72/245/ЕЕС	10/02	x	x	x	x	
14	Protective steering (Behaviour of steering device under impact)	Понашање уређаја за управљање у случају удара	74/297/ЕЕС	12/03	x	x	x	x	
39	CO <sub>2</sub> emissions/fuel consumption	Емисија CO <sub>2</sub>	80/1268/ЕЕС	101/00	x	x	x	x	
40	Engine power	Снага мотора	80/1269/ЕЕС	85/00	x	x	x	x	
53	Frontal impact	Чеони удар	96/79/ЕС	94/01	x	x	-	-	Ако је НДМ мања од 2500kg
54	Side impact	Бочни удар	96/27/ЕС	95/02	x	x	x	x	Ако је Р тачка седишта нижа од 700mm
69	Electric safety	Електро сигурност	(ЕС) No 661/2009	100	-	x	-	x	
9	Braking	Кочење	71/320/ЕЕС	13/09 13Н/00 90/01	x	x	x	x	

Интересантно је закључити да су, осим УН Правилника бр. 100, који се бави сигурносним захтевима електро компоненти погонског система и модула батерија, остали наведени правилници обавезујући за сва возила без обзира на начин остварења погона и снабдевања погонског агрегата одговарајућим горивом-енергијом. Ово је јако битно напоменути баш у случају када говоримо о

---

захтевима које мора да испуни возило одобреног типа које се накнадно преправља у електрично возило.

На пример, возило које се производи у неограниченој серији и које има типско одобрење, мора да испуни захтеве наведене у табели Т.4.1. Уколико се такво, типски одобрено возило, модификује у смислу начина остваривања погона и снабдевања погонског агрегата одговарајућом енергијом, конкретно заменом мотора са унутрашњим сагоревањем електромотором и модулом батерија, онда ће морати да се исконтролише, односно испита шта је од постојећих захтева које је оригинално возило испуњавало нарушено и које додатне захтеве возило мора да задовољи.

У сваком случају, степен нарушености захтева које је оригинално возило испуњавало и потреба за додатним испитивањем у циљу испуњења потребних захтева зависиће од начина преправке возила. О томе је било више речи у поглављу о методи оптимизације параметара вучно-динамичких карактеристика возила у поступку конструисања.

#### ***4.1.4 Захтеви за појединачно одобрење модификације у чисто електрична возила***

Модификација (преправка возила) јесте промена конструктивних карактеристика возила којом се мења намена или врста возила или декларисане техничке карактеристике возила или декларисане карактеристике уређаја и склопова возила [4]. Модификовано (преправљено) возило јесте свако возило на коме су извршене промене конструкционих карактеристика возила којим се мења намена или врста возила или декларисане техничке карактеристике возила или декларисане карактеристике уређаја и склопова возила, као и остали видови преправки које се могу извршити [4].

Сваком модификацијом возила долази до нарушавања испуњености захтева које је оригинално возило испуњавало приликом одобрења типа, што доводи до закључка да је након сваке од модификација потребно извршити испитивање тако модификованог возила у циљу утврђивања ново добијених карактеристика и дати оцену саобразности са захтевима. Како је процес хомологације и одобрења типа

---

везан искључиво за новопроизведена возила делове и опрему, овде се, пошто је у питању испитивање преправљеног употребљаваног возила, приликом испитивања може само проверавати у ком степену су нарушена захтевана својства и да ли је возило и даље у функцији у смислу захтеваних техничко-безбедносних параметара. Такође, морају се испитати системи који су накнадно уграђени или преправљани.

У случају модификације типски одобреног возила које се погони мотором са унутрашњим сагоревањем у електро возило потребно је поред контроле захтева из табеле Т.4.1 посебно обратити пажњу и на додатне захтеве који су дефинисани правилницима наведеним у табели Т.4.2.

У основи, полазимо од УН правилника бр. 100 [5] чија област примене обухвата једнообразне одредбе у вези са типским одобрењем за возила погоњена електропогоном. Сам правилник се састоји из две целине које првенствено баве захтевима у погледу безбедности у смислу заштите од струјног удара.

Прва целина се односи на заштиту од високог напона, директног контакта са деловима под високим напонем, сигурносним уређајима, изолацијом, мониторингом систем и то углавном на начин где се тестови спроводе посебно дизајнираним шаблонима за приступ деловима под високим напонем. Посебан акценат је дат на обележавања ових делова као и на разлику у критеријумима прихватљивости за путнички и ван путнички простор.

Друга целина се бави захтевима у погледу електросигурности пуњивог система за складиштење енергије – модула батерија (*REESS*).

Дефинисан је читав низ тестова и то у погледу на издржљивост система на вибрације, топлотне ударе, механичке ударе, запаљивост, заштиту од прекомерног пуњења и брзог пражњења, високе температуре итд.

Приликом сваког од наведених тестова на модулу батерија не сме доћи до:

- цурења,
- прелома – прекида,
- пожара или
- експлозије.

---

Када је у питању испитивање на механички удар, важно је нагласити да се модули батерија или његове поједине компоненте могу испитивати на три начина и то:

- у склопу на возилу – где се систем и компоненте испитују заједно са возилом а испуњеност захтева у погледу безбедности се утврђује кроз креш тестове како је дефинисано УН Правилником бр. 12 [6], прилог 3, УН Правилником бр. 94, прилог 3 за чеони удар, и УН Правилником бр. 95 за бочни удар [7,8]
- Појединачним тестовима компоненти како је дефинисано Прилогом 8 УН Правилника бр. 100 [5].

Наредни правилник који је неопходно поменути јесте УН Правилник бр. 101, који се бави утврђивањем емисије угљен диоксида ( $\text{CO}_2$ ) и потрошње горива и/или потрошњом електричне енергије и аутономијом за возила која су погођена мотором са унутрашњим сагоревањем или хибридним погоном и мерењем потрошње електричне енергије и аутономијом за возила која су погођена искључиво електричним погоном [9].

У вези овог правилника, за потребе преправке возила на чисто електрични погон, од великог значаја су прилози 7 и 9 који се конкретно баве методама мерења потрошње електричне енергије и аутономије кретања електро возила. Описане методе су предвиђене за обављање мерења у лабораторијским условима. Када се говори о планирању и оптимизацији вучно-динамичких карактеристика возила, потребно је имати методу којом ће, са довољном поузданошћу, бити могуће проценити потрошњу и домет пре него што се возило преправи. Више о овој процени биће речи у оквиру поглавља 4.3 које се бави потрошњом енергије и аутономијом кретања.

Као једна од битнијих карактеристика погона а чији се податак уписује у скоро све извештаје везане за хомологациона испитивања јесте максимална снага и максимална тридесетоминутна снага. Начин утврђивања ових параметара дефинисан је УН правилником бр. 85 [10].

Приликом утврђивања нето и максималне снаге, контролер мора бити у режиму пуног оптерећења. Пре самог мерења, мотор мора три минута радити у режиму



---

80% од максималне снаге при брзини коју је препоручио произвођач. Након тога, мерење се мора обавити у опсегу брзина од нула до максималне брзине коју је препоручио произвођач. Комплетан тест мора бити готов у року од 5 минута. Максимална вредност снага мотора при пуном оптерећењу представља максималну нето снагу.

Тридесетоминутна максимална снага се утврђује на пробном столу – ваљцима. Испитивање траје 30 минута а своди се на то да се електропогон у року од 30 минута држи у режиму брзине и оптерећења за коју је потребно више од 90% максималне снаге мотора. Ова брзина треба да буде препоручена од стране произвођача. Максимална тридесетоминутна снага је средња вредност снаге измерене за период од 30 минута.

Један од најважнијих и уједно најсложенијих правилника је УН правилник бр. 10 који је бави електромагнетном компатибилношћу. Правилник се односи на појаве које се јављају приликом емитовања електромагнетних таласа, а чија појава је присутна код већине електричних уређаја. Посебно се испитује имуност уређаја на електромагнетна зрачења од стране других уређаја и возила, као и контрола од нежељеног зрачења и утицаја на друга возила и/или електроуређаје у непосредној близини [11].

О регенеративном кочењу и важности УН правилника бр. 13-Н [12] било је речи у поглављу 2.4.2 овог рада.

## **4.2 АНАЛИЗА СТАЊА У ЗЕМЉАМА У ОКРУЖЕЊУ И У ЕВРОПИ**

### ***4.2.1 Увод***

Како код нас тако и у свету возила на електрични погон су још увек заступљена у релативно малом проценту у односу на возила погоњена моторима са унутрашњим сагоревањем. У овом поглављу извршена је анализа стања у земљама у окружењу и у Европи по питању одобрења модификације возила погоњеног мотором СУС на електрични погон.

---

На пример, у Републици Хрватској, модификација возила погоњеног мотором са унутрашњим сагоревањем у возило на чист електрични погон је могућа и дозвољена, а испитивање обавља организација овлашћена од стране Министарства мора, промета и инфраструктуре, што је у овом случају Центар за возила Хрватске.

Основни прописи који се примењују приликом овакве модификације су:

- Закон о сигурности промета на цестама [13],
- Правилник о испитивању возила [14] и
- Правилник о техничким увјетима возила у промету на цестама [15].

Приликом испитивања возила проверава се да ли су конструкцијске и техничке особине возила и њихових делова, склопова уређаја у складу са прописима и нормама, односно да ли су испитане. Такође, уколико за возила, њихове делове и склопове не постоје одговарајући прописи и норме, примењују се међународни, у овом случају на пример УН ЕЦЕ Правилник број 100, односно прописи, стандарди и нормативи произвођача, а уколико ни они не постоје, примењују се уобичајена правила струке.

Како би се започео поступак испитивања потребно је од извођача радова на модификацији возила добити технички опис у којем су на једнозначан начин описане све преправке на возилу и у ком су наведени сви доступни извештаји и одобрења из којих се може утврдити да ли су поједини уређаји, делови или склопови испитани. На пример, сертификати са техничким карактеристикама мотора, батерија, пуњача, прикључака за пуњење, претварача напона, склопки, уређаја за грејање путничког простора, вакуум пумпе и слично.

Након извршених преправки, а уколико су испуњени сви услови, возило се подвргава испитивању на којем се проверавају ново уграђени елементи, функционалност возила, возне карактеристике међу којима су утицаји нове расподеле маса по осовинама, кочење, управљање, убрзање и максимална брзина. Техничка исправност возила се утврђује у станицама за технички преглед возила према важећим правилима.

---

Уколико извештај испитивања прикаже позитивне резултате и оцени преправку возила коректно, издаје се Потврда о испитивању возила с наведеним деловима, уређајима и опремом који су били предмет испитивања, а на основу ње се у било којој станици за технички преглед возила у Републици Хрватској евидентирају одобрене преправке у саобраћајну дозволу.

Слична је ситуација и поступак одобрења у Републици Словенији уз додатну напомену да Република Словенија у виду субвенција стимулише грађане да обављају преправке возила овог типа.

У Црној Гори је, на пример, ситуација скроз супротна. Нити је преправка ове врсте дефинисана било којим прописом нити уопште има интересовања за преправке ове врсте, што само даље указује на чињеницу да су возила на електрични погон још увек мало заступљена и да на њиховој популаризацији треба још доста да се ради.

У Пољској, оваква врста преправке је дозвољена. Одговорност за испитивање је на станицама за периодични технички преглед. Међутим, уколико обична станица техничког прегледа нема одговарајућу опрему и експерте, они могу проследити возило код овлашћеног експерта или у адекватан технички сервис, и онда, на основу њиховог извештаја, издају посебан документ за регистрацију таквог возила. Преправка се евидентира у националном регистру возила.

Возила се прегледају у складу са одговарајућим националним техничким условима, које је донело Министарство инфраструктуре и грађевине, који покривају основне техничке карактеристике које су погођене преправком, као што су највећа брзина возила, маса возила спремног за вожњу, кочни систем само у случају да су највећа брзина и маса возила спремног за вожњу одступају значајније од оригиналних вредности, електромагнетна компатибилност. Не постоје посебне процедуре за испитивање овако преправљених возила обзиром да су предмет додатних активности на станицама за периодични технички преглед возила.

Сертификовање по ЕС Whole Vehicle Type-Approval процедурама није применљиво у случају преправљаних возила, јер су ове врсте испитивања

---

резервисане за произвођаче возила и нова возила која никада нису била регистрована.

#### **4.2.2 Анкета**

Извршено је истраживање у сарадњи са Међународним комитетом за инспекцију моторних возила (International Motor Vehicle Inspection Committee – CITA), у виду анкете која је преко ове светске организације дистрибуирна свим члановима. Тема је била уско повезана са модификацијом возила, начином испитивања, надлежностима за испитивања и законској регулативи, а циљ јој је био да се прикаже стање у свету у смислу да ли су уопште овакве врсте модификација дозвољене и препознате као потреба да се обављају. Постављена су следећа питања:

1. Да ли је могуће регистровати возило које је произведено да буде погоњено мотором са унутрашњим сагоревањем, а преправљено на потпуно електрични погон?
2. Којим прописима су дефинисани захтеви за преправку и уређен процес одобравања преправке погона возила и стављања у употребу?
3. Ко је надлежан и ко обавља испитивања (и одобравања преправке) оваквих возила, односно ко обезбеђује сертификате?
4. Да ли постоје процедуре за испитивање овако преправљених возила и издавање сертификата?
5. Да ли постоје смернице за овакву врсту преправки?

У анкети је учествовала 19 организација која се бави испитивањима и техничким прегледима возила из 11 земаља углавном са европског континента [16] што је приказано у табели Т.4.3.

T.4.3 – Земље и организације које су учествовале у анкети

Р.бр.	Земља	Организација
6	Аустрија	<i>Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung WST8</i>
21	Велика Британија	<i>DVSA</i>
13	Катар	<i>Woqod vehicle inspection (Fahes)</i>
12	Луксембург	<i>SNCT</i>
1	Немачка	<i>DEKRA Automobil GmbH</i>
4	Немачка	<i>TÜV Rheinland</i>
9	Немачка	<i>TÜV SÜD Auto Service GmbH</i>
16	Немачка	<i>TÜV SÜD</i>
19	Немачка	<i>TÜV NORD Mobility</i>
8	Нови Зеланд	<i>Vehicle Testing NZ Ltd</i>
11	Нови Зеланд	<i>VINZ</i>
20	Саудијска арабија	<i>motor vehicles periodic inspection (MVPI)</i>
10	Словачка	<i>Testek, a.s.</i>
3	Холандија	<i>RDW</i>
2	Швајцарска	<i>asa - Association des services des automobiles</i>
7	Шпанија	<i>ITVASA</i>
15	Шпанија	<i>DEKRA</i>
17	Шпанија	<i>Certio ITV</i>
18	Шпанија	<i>GRUPO ITEVELESA</i>

У табели Т.4.4 приказани су одговори на постављена питања учесника истраживања.

Т.4.4 – Одговори на постављена питања

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
6	Аустрија	<i>Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung WST8</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ДА</li> <li>2. Национални пропис дефинише захтеве. Национално типско одобрење је засновано на европским законима</li> <li>3. Испитивања обављају технички сервиси као што је на пример TÜV, а на основу којег покрајинска влада издаје одобрење.</li> <li>4. Зависи од промене на возилу. Електрични делови морају да задовоље УН ЕЦЕ правилнике број 100 и број 10, и можда неке друге који су везани за кочење, масе снагу мотора итд.</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
21	Велика Британија	<i>DVSA</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. УН ЕЦЕ правилник број 100, национални прописи о друмским возилима, конструкцији и употреби</li> <li>3. Технички сервиси преко IVA (Individual Type Approval) и DVSA (Driver and Vehicles Standards Agency)</li> <li>4. Кроз WVTА или кроз националне прописе за мале серије или појединачна одобрења</li> <li>5. Постоје смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
13	Катар	<i>Woqod vehicle inspection (Fahes)</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Оделење за транспорт у оквиру Министарства унутрашњих послова одлучује и доноси критеријуме</li> <li>Нема специфичних захтева</li> <li>Оделење за транспорт у оквиру Министарства унутрашњих послова спроводи провере и може тражити асистенцију инспекцијских лабораторија</li> <li>Нема специфичних процедура за ову врсту преправки</li> <li>Са оваквом врстом модификације Оделење за транспорт се још увек није сусрело. Обзиром на ниску цену горива оваквих модификација вероватно неће ни бити у неком наредном периоду.</li> </ol>
12	Луксембург	<i>SNCT</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Да</li> <li>Национално друштво за саобраћај - Société Nationale de Circulation Automobile (SNCT)</li> <li>–</li> <li>–</li> <li>–</li> </ol>
1	Немачка	<i>DEKRA Automobil GmbH</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Да</li> <li>УН ЕЦЕ правилник број 100 и национални прописи: VdTÜV технички листови број 764</li> <li>Техничке службе</li> <li>Захтеви из тачке 2</li> <li>Постоје смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
4	Немачка	<i>TÜV Rheinland</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Да</li> <li>УН ЕЦЕ правилник број 100 и национални прописи (StVZO)</li> <li>„АСС“ прописи</li> <li>Технички сервиси и експерти</li> <li>Постоје смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
9	Немачка	<i>TÜV SÜD Auto Service GmbH</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Национални и европски прописи</li> <li>3. За испитивања су одговорни технички сервиси и лиценцирани експерти, а за одобрења надлежни државни органи</li> <li>4. Може варирати од случаја до случаја у зависности од доступне документације и извештаја испитивања. У сваком случају морају се прикупити сви докази од стране независног експерта који може издати позитиван извештај. На основу његовог извештаја надлежни Државни орган може издати документ о возилу.</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
16	Немачка	<i>TÜV SÜD</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. УН ЕЦЕ правилници бр: 10; 13(Н); 79; 85; 94; 95; 100; 101; 136 и национални немачки прописи према §21 StVZO</li> <li>3. Било који акредитовани технички сервис или технички институт</li> <li>4. По процедурама лабораторија акредитованих према DIN ISO17025</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
19	Немачка	<i>TÜV NORD Mobility</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Директива 2007/46 ЕС допуњена немачким прописом StVZO</li> <li>3. Технички сервиси</li> <li>4. Испитивање свих адекватних система и делова</li> <li>5. Генералне смернице за инспекторе на периодичним техничким прегледима и нека документа за експертизе</li> </ol>



Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
8	Нови Зеланд	<i>Vehicle Testing NZ Ltd</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Правила за копнени транспорт: саобразност са стандардима за возила и стандардима за малолитражна возила (<a href="http://www.lvvt.org.nz">www.lvvt.org.nz</a>)</li> <li>3. Удружење за мало литражна возила за возила до 3500 kg и специјализовани оцењивачи (сертификатори) за тешка возила за возила преко 3500 kg.</li> <li>4. Процедуре дефинисане од стране органа из тачке 3</li> <li>5. Постоје смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
11	Нови Зеланд	<i>VINZ</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да, али мора проћи комплетан поступак одобрења како би се потврдили стандарди и безбедност</li> <li>2. Национални прописи за одобрење појединачно произведених возила (слично као за „kit cars“)</li> <li>3. Специјализовани оцењивачи (сертификатори) који се морају уверити да возила испуњавају законске услове</li> <li>4. Све модификације морају бити испитане од стране овлашћеног инжењера који се уверава су инжењерске и безбедносне смернице испоштоване</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
20	Саудијска арабија	<i>motor vehicles periodic inspection (MVPI)</i>	Ове врсте преправки нису дозвољене

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
10	Словачка	<i>Testek, a.s.</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Директива 2007/46/ЕС, Правилник ЕС 661/2009, UN ECE R 100 и национални прописи</li> <li>3. Министарство саобраћаја и технички сервиси за типска одобрења. У Словачкој тренутно не постоји лабораторија за правилник UN ECE R 100, па се прихватају извештаји страних техничких сервиса</li> <li>4. Процедуре прате прописе из тачке 2</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
3	Холандија	<i>RDW</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да уколико испуњава захтеве последње ревизије UN ECE R 100</li> <li>2. UN ECE R 100 и Европске прописе за нова возила пратећи најновије измене</li> <li>3. У Холандији RDW</li> <li>4. Постоје доступне процедуре на сајту <a href="http://wetten.overheid.nl/BWBR0025798/2017-10-01">http://wetten.overheid.nl/BWBR0025798/2017-10-01</a></li> <li>5. Постоје смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
2	Швајцарска	<i>asa - Association des services des automobiles</i>	Ове врсте преправки нису дозвољене

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
7	Шпанија	ITVASA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Национални пропис „Royal Decree 866/2010“, који је базиран на европским прописима за типска одобрења</li> <li>3. Произвођач возила (или, алтернативно, технички сервис овлашћен од стране Министарства) је одговорно за испуњење услова за возила. Радионица је одговорна за квалитет извршене преправке а станица за периодични технички преглед је одговорна да верификује саобразност између возила и извештаја испитивања.</li> <li>4. Као генерално правило, неопходна је уска сарадња између произвођача возила, радионице која преправља возило и станице за периодични технички преглед</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
15	Шпанија	DEKRA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да само ако је реч о регистрованом возилу</li> <li>2. Уколико је реч о регистрованом возилу онда се примењују национални прописи „Royal Decree 866/2010“</li> <li>3. Произвођач возила или акредитована лабораторија</li> <li>4. Проверава се испуњеност услова из тачке 2</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>
17	Шпанија	Certio ITV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да али ова организација није имала таквих случајева</li> <li>2. Национални прописи и нормативи који регулишу све преправке на возилима</li> <li>3. Инжењер који одобри преправку, лабораторија која је испита и на крају станица периодичног техничког прегледа која проверава читав процес</li> <li>4. Инжењер прави пројекат преправке. Лабораторија прегледа документацију и возило. Периодични технички преглед проверава све процесе</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>

Р.бр.	Земља	Организација	Одговори на питања
18	Шпанија	<i>GRUPO ITEVELESA</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да али је неубичајена модификација</li> <li>2. Национални прописи „Royal Decree 866/2010“ за модификована возила и UN ECE R 100</li> <li>3. Произвођач возила и ауторизована лабораторија</li> <li>4. На Периодичном техничком прегледу се презентују добијени сертификати и возило</li> <li>5. Не постоје конкретне смернице за овакву врсту преправке</li> </ol>

На основу резултата анкете приказаних у табели Т.5.2 може се закључити да су овакве врсте преправки у већини земаља из којих су добијени одговори дозвољене, али под одређеним условима. За очекивати је било да овакве преправке нису дозвољене у Саудијској Арабији, а одговор организације из Катарa довољно говори о стандарду грађана.

Видљиво је да су преправке возила у чисто електрична возила у свим земљама дефинисане законским и подзаконским актима. Све земље се ослањају на европске прописе које дефинишу ову област, али обавезно и на националне прописе који су у мањој или већој мери ослоњени на европске.

Очекивано је било видети да се комплетан поступак испитивања и одобрења преправке, као што важи и за било коју другу преправку која се изврши на возилу, завршава на нивоу државног органа надлежног за одобрење возила и овлашћених техничких сервиса.

Интересантно је приметити да ни једна од земаља учесница није конкретно одговорила на питање под редним бројем 4 а које се односило на процедуру испитивања возила. Сви су се углавном позивали на регулаторна акта и процедуре које та акта прописују, али нико није описао тачан пут од тренутка почетка преправке возила па до издавања уверења о испуњењу техничких захтева и пуштања таквог возила у саобраћај.

Још је интересантнија чињеница да већина земаља нема развијене конкретне смернице за овакву врсту преправки возила што није повољна ситуација за

---

власника возила који се упушта у овакву врсту превравке која може бити јако скупа.

У Републици Србији тренутно статус возила које је у погледу погона преврављено у чисто електрично возило није јасно дефинисан. Не може се стриктно рећи да је превравка овакве врсте забрањена, али недостаје неколико ствари које би требало дефинисати и у погледу подзаконских аката и у погледу овлашћивања лабораторија које би се овом врстом испитивања бавиле.

Слободно би се могло рећи да систем испитивања возила која се преврављају на чисто електрични погон не постоји. Такође, могло би се рећи да потреба за уређеним системом постоји, обзиром на заинтересованост како физичких тако и правних лица за ове врсте превравки.

У сваком случају, приликом разматрања оваквих врста превравки, на националном нивоу, потребно је уложити одређени напор да се на самом почетку дефинишу јасни услови око могућности и начина превравки.

Потреба очигледно постоји, тако да би одговор на прво питање овог истраживања, да ли је могуће регистровати возило које је произведено да буде погоњено мотором са унутрашњим сагоревањем, а преврављено на потпуно електрични погон, одговор морао бити: да, могуће је.

## **4.3 ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ И АУТОНОМИЈА КРЕТАЊА**

### ***4.3.1 Опис методе према хомологационим правилницима***

Мерење потрошње енергије и аутономије кретања при хомологационим испитивањима обавља се према методама и испитним циклусима дефинисаним UN ECE Правилником бр. 101 и то анексима 7 и 9 [17]. Тестове спроводе овлашћени технички сервиси.

Резултат мерења потрошње електричне енергије мора бити изражен у Ват-часовима по километру (Wh/km) а аутономија кретања у километрима (km). Обе вредности се заокружују на најближи цео број.

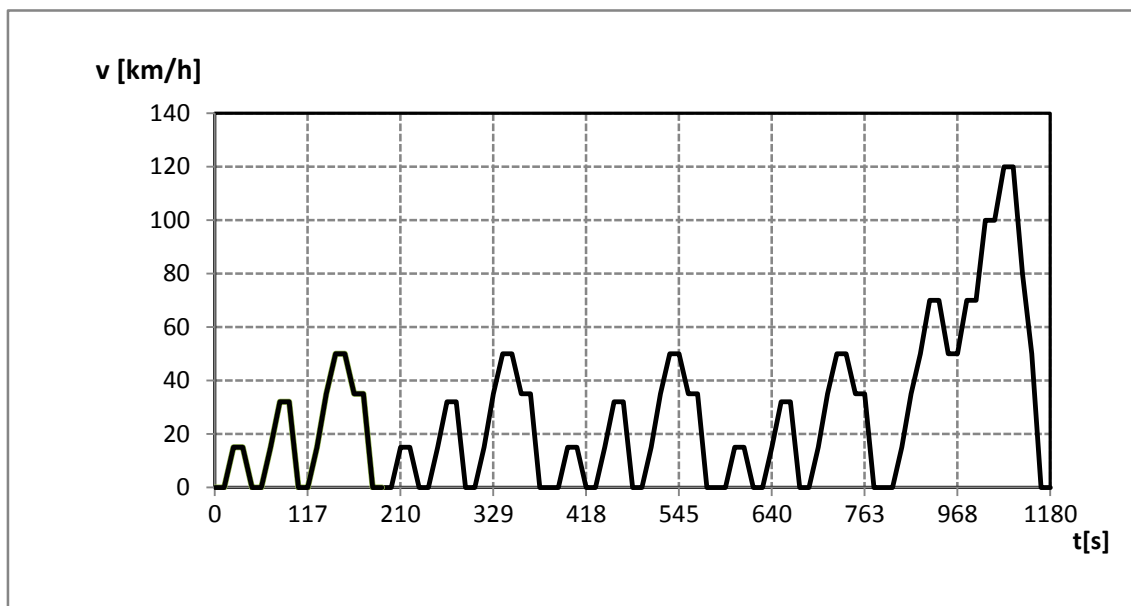
---

Вредност аутономије кретања електричног возила која се усваја као типски одобрена вредност треба да буде она вредност коју је декларисао поизвођач под условом да она није већа од вредности која је добијена мерењем од стране техничког сервиса. Декларисана вредност може бити мања од измерене без икаквих ограничења.

Ако декларисана вредност аутономије кретања прелази вредност која је измерена од стране техничког сервиса, онда се спроводи још један тест на истом возилу. Након тога, уколико декларисана вредност не прелази средњу вредност ова два мерења, онда се вредност декларисана од стране произвођача узима као вредност за типско одобрење. Уколико декларисана вредност и даље прелази средњу вредност измерених вредности, спроводи се коначан тест. Као вредност за типско одобрење узеће се средња вредност од добијена три резултата.

Мерење потрошње енергије као и мерење аутономије кретања возила обавља се на динамометријским ваљцима. Метод мерења потрошње електричне енергије возила погоњеног електропогоном спроводи се тест секвенцом која се се састоји из два дела као што је приказано на слици Сл.4.1:

- а) градски циклус који се састоји од 4 елементарна градска циклуса и
- б) ван градски циклус

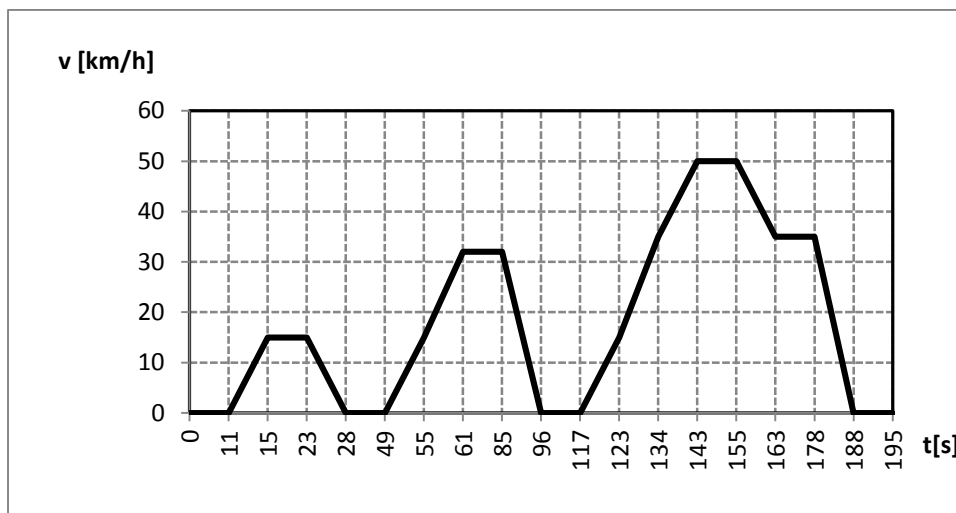


Сл.4.1 – Тест секвенца за мерење потрошње електричне енергије према УН Правилнику бр. 101

Градски циклус се састоји од четири елементарна циклуса у трајању од по 195 секунди и траје укупно 780 седкунди. Опис је дат у табели Т.4.5 и на дијаграму, слика Сл.4.2.

Т.4.5 – Елементарни градски циклус – задати параметри

Р.бр. операције	Тип операције	елементарни градски циклус			трајање операције (s)	трајање мода (s)	укупно време (s)
		мод	убрзање (m/s <sup>2</sup> )	брзина (km/h)			
1	стоп	1	0,00	0	11	11	11
2	убрзање	2	1,04	0-15	4	4	15
3	константна брзина	3	0,00	15	8	8	23
4	успорјење	4	-0,83	15-0	5	5	28
5	стоп	5	0,00	0	21	21	49
6	убрзање	6	0,69	0-15	6	12	55
7	убрзање		0,79	15-32	6		61
8	константна брзина	7	0,00	32	24	24	85
9	успорјење	8	-0,81	32-0	11	11	96
10	стоп	9	0,00	0	21	21	117
11	убрзање	10	0,69	0-15	6	26	123
12	убрзање		0,51	15-35	11		134
13	убрзање		0,46	35-50	9		143
14	константна брзина	11	0,00	50	12	12	155
15	успорјење	12	-0,52	50-35	8	8	163
16	константна брзина	13	0,00	35	15	15	178
17	успорјење	14	-0,97	35-0	10	10	188
18	стоп	15	0,00	0	7	7	195



Сл.4.2– Елементарни градски циклус

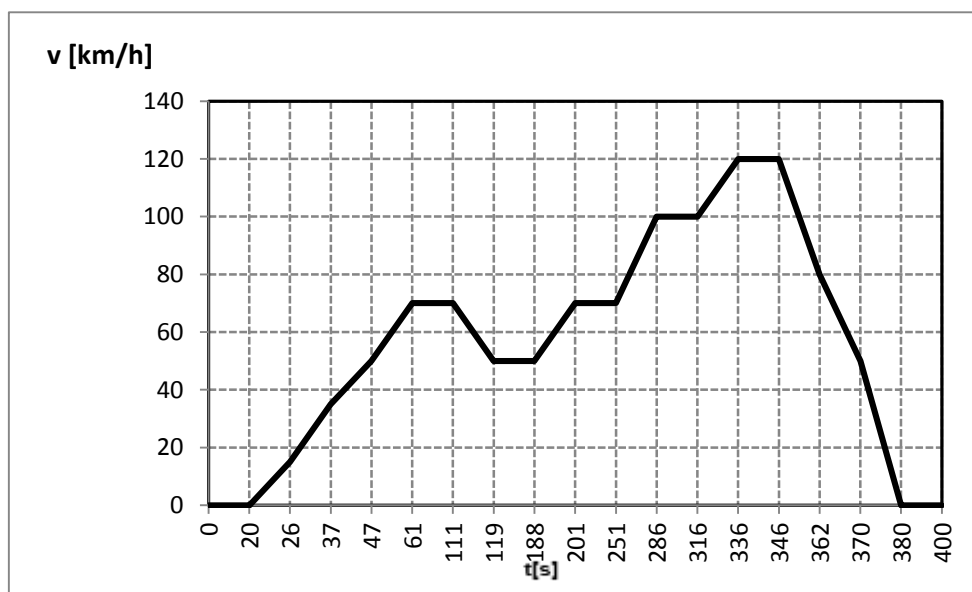
Опис ванградског циклуса, односно отвореног пута, дат је у табели Т.4.6 и на дијаграму, слика Сл.4.3.

Т.4.6 – Ван градски циклус – задати параметри

Р.бр. операције	Тип операције	елементарни градски циклус			трајање операције (s)	трајање мода (s)	укупно време (s)
		мод	убрзање (m/s <sup>2</sup> )	брзина (km/h)			
							0
1	стоп	1	0,00	0	20	20	20
2	убрзање	2	0,69	0-15	6	41	26
3	убрзање		0,51	15-35	11		37
4	убрзање		0,42	35-50	10		47
5	убрзање		0,40	50-70	14		61
6	константна брзина	3	0,00	70	50	50	111
7	успорјење	4	-0,69	70-50	8	8	119
8	константна брзина	5	0,00	50	69	69	188



Р.бр. операције	Тип операције	елементарни градски циклус			трајање операције (s)	трајање мода (s)	укупно време (s)
		мод	убрзање (m/s <sup>2</sup> )	брзина (km/h)			
9	убрзање	6	0,43	50-70	13	13	201
10	константна брзина	7	0,00	70	50	50	251
11	убрзање	8	0,24	70-100	35	35	286
12	константна брзина	9	0,00	100	30	30	316
13	убрзање	10	0,28	100-120	20	20	336
14	константна брзина	11	0,00	120	10	10	346
15	успорјење	12	-0,69	120-80	16	34	362
16	успорјење		-1,04	80-50	8		370
17	успорјење		-1,39	50-0	10		380
18	стоп	13	0,00	0	20	20	400



Сл.4.3 – Ван градски циклус

---

Приликом испитивања, притисак у пнеуматицима мора бити једнак притиску прописаном од стране произвођача на амбијенталној температури. Вискозност уља у покретним механичким склоповима мора бити у складу са декларацијом произвођача. Светлосна и светлосно-сигнална опрема, као и додатни уређаји требају бити искључени, осим оних који су неопходни за испитивање и оних који се уобичајено користе при свакодневној употреби возила. Сви системи за складиштење енергије који се користе за покретање возила (електрични, хидраулични, пнеуматски...) требају бити напуњени до њиховог максимума а према спецификацији произвођача.

Метода мерења потрошње енергије укључује четири корака:

- иницијално пуњење батерија,
- спровођење две тест секвенце,
- пуњење батерија и
- израчунавање потрошње електричне енергије

Сваки од наведених корака јасно је дефинисан УН ЕЦЕ Правилником бр. 101. На почетку испитивања, након припреме возила, потребно је испразнити батерије у току вожње на стази или на динамометријским ваљцима. Сматра се да су батерије празне када возило не може да достигне 65% максималне тридесетоминутне брзине, када се на инструментима возила прикаже обавештење да треба зауставити возило или након пређеног растојања од 100 km.

Након тога батерије се пуне према процедури за нормално ноћно пуњење. Пуњење се спроводи помоћу уграђеног пуњача, екстерног пуњача препорученог од стране произвођача користећи модел прописан за нормално пуњење и у амбијенталној температури између 20°C и 30°C, а прекида се након истека 12 сати непрекидног пуњења, осим у случају када уграђени индикатори на инструмент табли јасно не покажу да батерије још увек нису напуњене до свог максимума. Евидентира се време прекида пуњења  $t_o$ .

Испитивање је потребно започети најкасније у року од 4 сата од времена  $t_o$ . Спроводи се описана тест секвенца 2 пута за редом. На крају испитивања

---

измерено растојање потребно је забележити а возило се мора прикључити на мрежу ради пуњења у року од 30 минута.

Пуњење се обавља према процедури за нормално ноћно пуњење. Мерна опрема за мерење енергије, постављена између утичнице и пуњача на возилу мери енергију пуњења из мреже као и време трајања пуњења. Пуњење се зауставља најкасније 24 часа од времена  $t_o$ . У случају да из неког разлога дође до прекида напајања из мреже, период од 24 часа се продужава сразмерно времену које је протекло без напајања.

Енергија  $E$  [Wh] и време пуњења се евидентирају у извештајима о испитивању.

Потрошња електричне енергије  $c$  је дефинисана формулом:

$$c = \frac{E}{D_{test}} \left[ \frac{Wh}{km} \right]$$

где је:  $D_{test}$  [km] измерен пређени пут за време теста.

Добијена вредност потрошње електричне енергије  $c$  се заокружује на најближи цео број.

Аутономија кретања електричног возила изражава се у километрима. Што се тиче параметара који се мере као и услова мерења и припреме возила, услови су идентични условима за мерење потрошње возила, а који су наведени раније. За мерење се примењује иста тест секвенца која се користи и при мерењу потрошње енергије, уз ту разлику што се овом приликом понавља све док се не потроши енергија из батерија.

Крај испитивања је тренутак када возило више не може да достигне преко 50 km/h или кад индикатор на возачким инструментима почне сигнализирати возачу да заустави возило. Тада возило треба успорити до 5 km/h само ослобађањем педале акцелератора, без додиривања педале кочнице, па тек након тога помоћу кочнице зауставити возило. На крају, мера  $De$  измерене дистанце у километрима је аутономија кретања електро возила. Та вредност треба бити заокружена на најближи цео број.

---

Испитивање потрошње енергије и аутономије кретања се обавља на динамометријским ваљцима који морају бити подешени према условима дефинисаним додатку Анекса 7 УН Правилника 101[17].

Описана метода мерења примењује се у циљу потврђивања карактеристика ново произведеног возила декларисаних од стране произвођача, а обавља се приликом хомологационих испитивања у циљу давања типског одобрења за возило. Јасно је да се оваква испитивања обављају у строго прописаним лабораторијским условима и употребом опреме чија набавка подразумева високе трошкове. Најважнији део ове опреме су свакако динамометријски ваљци који дозвољавају подешавања сила кочења у захтеваним распонима, али и довољну величину замајних (инерционих) маса који би лабораторијске услове што боље приближили реалним условима вожње возила на путу, према захтевима Правилника.

Како су овакви ваљци доста скупи, размотрена је могућност да се на приступачнијим и доступнијим ваљцима изврше испитивања која ће бити таквог карактера да се могу донети релевантни закључци по питању потрошње енергије и аутономије кретања. Овакви ваљци имају ограничене ресурсе јер њихова подешавања зависе од уграђеног комерцијалног софтвера, који је затвореног типа и дозвољава онолико подешавања колико је предвидео произвођач опреме. С друге стране ови ваљци немају могућност подешавања момента инерције односно промене замајних маса, тако да је подешавање оптерећења ограничено на регулацију кочнице која је ограниченог карактера и времена одзива.

Како се ради о испитивању употребљаваних и модификованих возила, дискутабилно је колико би резултати примењених метода намењених за испитивање нових возила били валидни у случају употребљаваних возила. Једноставан разлог за то је чињеница да, када се обављају испитивања новопроизведених возила, из серије се бира репрезент типа, а подразумева се да су сви остали примерци идентични. То се за употребљавано возило не може применити јер је свако возило примерак за себе. Није могуће прогласити једно возило репрезентом типа јер је сигурно употребљавано у различитим условима експлоатације у односу на било које друго употребљавано возило истог произвођача и истог типа. Додатно, трошкови испитивања репрезента типа по

---

возилу су много мањи јер се деле на сва возила које репрезентује наведени тип, док код испитивања појединачног возила трошкови не могу да се поделе. Ово намеће потребу да се утврди метода испитивања која ће по садржају и обиму бити економски прихватљива, а довољна да се потврде декларисане карактеристике возила, првенствено у погледу безбедности и заштите животне средине.

#### **4.3.2 Експериментално испитивање**

Циљ експеримента је да се дефинише метода испитивања потрошње енергије и аутономије кретања возила са чисто електричним погоном у сврху појединачног одобрења, у условима ограничених ресурса.

При дефинисању методе испитивања пошло се од претпоставке да је неопходно обезбедити услове испитивања који, што је могуће боље, одговарају условима хомологационих испитивања наведених карактеристика, дефинисаних у УН правилнику бр 101. Циљ испитивања је утврђивање могућности да се прихвате резултати испитивања потрошње и аутономије кретања на динамометарским ваљцима ограничених могућности, а како на располагању нису били ваљци који задовољавају услове из УН Правилника бр 101, као референтни услов усвојено је лабораторијско-путно испитивање возила на изабраној деоници која најприближније одговара условима дефинисаним у правилнику.

Испитивање је извршено на два возила: модификованом возилу у које је уместо погона дизел мотором уграђен електро-погон и хомологованом возилу са електро погоном, са идејом да се, уколико се за оба возила добије поклапање резултата испитивања у лабораторијско-путним и лабораторијским испитивањима, може тврдити да су лабораторијска испитивања на расположивим динамометарским ваљцима поновљива и довољна за одобрење возила у погледу погонских карактеристика, односно потврђивања карактеристика потрошње енергије и аутономије кретања декларисаних од произвођача.

Под дефинисаним експлоатационим условима у смислу овог експеримента подразумевају се услови дефинисани УН Правилником бр. 101 и то анексама 7 и 9 у погледу подешавања возила и режима вожње.

---

Приликом испитивања није искључено регенеративно кочење, па се у резултатима јављају и подаци који укључују ову врсту пуњења батерија у току вожње. Како су узимани подаци и са уређаја за управљање системом батерија (*BMS-a*), било је могуће утврдити о којој енергији се ради па је и потрошња могла бити упоредива у ова два случаја: са и без регенеративног кочења.

Такође, потребно је нагласити да начин изједначавања (балансирања) напона у ћелијама [18] може имати утицаја на крајње резултате. Наиме, уколико је принцип изједначавања напона у ћелијама батерије такав да се приликом пуњења батерија изједначавања напона у ћелијама врши струјом из спољне мреже а не струјом већ напуњених батерија, тада ће од тренутка завршеног пуњења па до искључења возила са спољне мреже доћи до пораста потрошње енергије за онолико колико је утрошено за балансирање напона у ћелијама. Други начин балансирања (изједначавања) напона ћелија у батеријама је такав да се врши „преливање“ напона из најнапуњеније ћелије у ону празнију у оквиру модула батерија без додатног повлачења струје из спољне мреже током пуњења батерија.

Предмети испитивања су били модификовано возило *FIAT PUNTO* [1] у које је уместо погона дизел мотором уграђен електро-погон и фабрички произведено и хомологовано возило *VOLKSWAGEN E-GOLF* [19]. Код возила *FIAT PUNTO* принцип балансирања напона у ћелијама батерије је такав да се приликом пуњења батерија балансирање напона у ћелијама врши струјом из спољне мреже, док је у случају возила *VOLKSWAGEN E-GOLF* принцип такав да се врши „преливање“ напона из најнапуњеније ћелије у ону празнију у оквиру модула батерија без додатног повлачења струје из спољне мреже током пуњења батерија.

Испитивање је спроведено у три фазе, односно, мерења према дефинисаним режимима вожње су извршена три пута и то

- На путу – на деоници која одговара условима дефинисаним правилником 101 у погледу подлоге, дужине и нагиба пута
- На динамометријским ваљцима – у инерционом режиму без додатне употребе кочнице, само са отпорима котрљања и отпорима убрзавања и успоравања ваљака
- На динамометријском ваљцима – са употребом кочнице при чему су отпори прорачунати од стране уграђеног комерцијалног софтвера, а према унетим почетним параметрима.

---

Испитивање на путу је изабрано као референтно због тога што нису били на располагању адекватни ваљци који омогућавају подешавања дефинисана додатком Анекса 7 УН Правилника бр. 101. Овим додатком су дефинисана одређена путна испитивања у циљу утврђивања отпора котрљања како би се могли на адекватан начин подесити динамометријски ваљци.

У периоду од седам дана пре испитивања, возило је прешло 300 km као што је и дефинисано УН Правилником бр. 101. Пре самог испитивања, батерије су потпуно испразњене према описаној процедури и извршено је њихово пуњење. На почетку испитивања батерије су биле напуњене, а стање мерача са електричног бројила је евидентирано.

При лабораторијско-путном испитивању коришћена је следећа опрема:

- *Kistler Corevit L-350 Aqua*, безконтактни, оптички сензор брзине, који поседује дигитални излаз сигнала
- *Arduino MEGA 2560*, развојни систем на бази *Atmel ATmega2560* микроконтролера, који је коришћен за аквизицију и обраду дигиталног сигнала са бесконтактног оптичког сензора.

При лабораторијском испитивању коришћена је следећа опрема:

- Оптички ротациони енкодер *TOKY ST-HY38A6-P4AR-100* са резолуцијом од 100 импулса по кругу, монтиран на наплатак
- *Arduino MEGA 2560*, развојни систем на бази *Atmel ATmega2560* микроконтролера, који је коришћен за аквизицију и обраду дигиталног сигнала са оптичког ротационог енкодера.

Приликом и једних и других испитивања коришћени су следећи софтвери:

- *Ciklus Driver*, наменски развијен софтвер за инструкирање вожње по задатом циклусу и логовање брзине кретања возила.
- *REC BMS Master Control* софтвер за логовање параметара електричне енергије из батерија

---

За мерење потрошње електричне енергије коришћено је трофазно електрично бројило произвођача *CITI d.o.o. tip DST1 3x230/400V* које је изоловано од утицаја осталих потрошача на електродистрибутивној мрежи.

Извршена је возња према дефинисаном циклусу на путу на релацији ауто-пута од изласка за Руму и Шабац до наплатне рампе у Шимановцима (деоница започета одмах иза надвожњака у смеру ка Београду одакле креће раван део пута). До места почетка испитивања возило је доведено на приколици како би се избегла додатна и неконтролисана потрошња електричне енергије батерија.

Након одвезеног циклуса возило је поново на приколици враћено у лабораторију при чему је прикључено на извор електричне енергије у циљу допуне батерија. Пуњење се вршило 24 часа од тренутка почетка испитивања. Након пуњења евидентирано је стање на електричном бројилу. Разлика између два евидентирана стања на бројилу представља потрошњу електричне енергије.

Исти поступак припреме и испитивања је спроведен и за мерења на динамометријским ваљцима [20], уз напомену да није било потребе возило транспортовати из лабораторије.

Прописан циклус траје 40 минута, односно 2360 секунди и за то време се пређе 22 км. Средња брзина остварена приликом теста је око 33 km/h. За прикупљање и обраду података испитивања коришћени су подаци који су добијени из уређаја за управљање системом батерија испитиваног возила – уређаја који је између осталог задужен за обезбеђивање исте вредности напона на свим ћелијама.

У табели Т.4.7 су дати добијени резултати потрошње електричне енергије, као и одступања у потрошњи у односу на режим возње на путним испитивањима.



*T.4.7 – Приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње измерене електричним бројилом за модификовано возило FIAT PUNTO*

Режим вожње	Почетак пуњења (kWh)	Крај пуњења (kWh)	Потрошена енергија (kWh)	Потрошена енергија (kWh/100km)	одступање
Путна испитивања	559,38	564,35	4,97	23,02	
Ваљци без отпора	575,43	579,14	3,71	16,86	-33,96%
Ваљци са отпором	590,79	596,25	5,46	24,82	7,25%

Из табеле се види да је у односу на путна испитивања, потрошња у режиму вожње на ваљцима без отпора за скоро 34% нижа, док је потрошња у режиму вожње на ваљцима са отпором за око 7% виша. Како је испитивање обављено по идентичном возном циклусу, закључује се да су настале разлике последица различитих, реалних и симулираних, отпора кретању возила и инерционих маса возила и ваљака.

Приликом обављања експеримента измерени су и прорачунати и следећи параметри који су приказани у табели T.4.8:

T.4.8 – резултати испитивања модификованог возила FIAT PUNTO

Р.бр	карактеристика	Путна испитивања	Ваљци без отпора	Ваљци са отпором
1	Време испитивања (s)	2360,00	2360,00	2360,00
2	Средња брзина (km/h)	33,04	33,38	33,57
3	Пређени пут (km)	21,60	22	22
4	Средња снага по балансеру (W)	4341,01	3273,93	5001,40
5	Средња снага по балансеру (kW)	4,34	3,27	5,00
6	Средња снага по балансеру без рекуперације (kW)	4,62	3,35	5,01
7	Средња снага без стационарне потрошње и рекуперације	4,55	3,28	4,94
8	Потрошња без рекуперације (Wh)	3014,86	2196,94	3286,91
9	Потрошња са рекуперацијом (Wh)	2844,52	2148,97	3278,64
10	Потрошња без стационарне потрошње и без рекуперације (Wh)	2978,35	2151,63	3240,11
11	Потрошња без стационарне потрошње и са рекуперацијом (Wh)	2808,01	2103,66	3231,85
12	Потрошња по струјомеру – прорачуната (Wh)	4740,87	3581,62	5464,41
13	Потрошња по струјомеру – очитана (kWh)	4,97	3,71	5,46
14	Средња снага по бројилу	7237,97	5456,55	8339,07
15	Регенеративно пуњење	-170,34	-47,97	-8,26
16	Просечан напон батерија	196,25	196,39	194,98

Возило које је стављено у режим употребе и при мировању троши одређену количину енергије што је и овде евидентирано. Вредности су дате у табели под

редним бројевима 5, 8 и 9. Поређењем ових вредности са вредностима у нормалом режиму рада добија се разлика од неких 1,5%, која је занемарљива и која не може лоше утицати на резултате мерења.

Мерења у циљу провере и подешавања опреме и мерења обављана у циљу добијања резултата на модификованом возилу FIAT PUNTO показала су да потрошена електричне енергије током испитивања коју приказује балансер представља 60% потрошене електричне енергије која је очитана са струјомера. Тај однос је константан и поновљив и као такав је коришћен за анализу резултата.

Када се упореде просечна потрошена енергија за време циклуса и потрошња у режиму рада са и без регенеративног кочења, долази се до закључка да су отпори пута знатно утицали на ове односе. Наиме, при путним испитивањима, као што је приказано у табели Т.4.9, потрошња енергије и просечна снага су у режиму са регенеративним кочењем били за 6% мањи него у режиму без регенеративног кочења. Приликом испитивања на ваљцима без употребе кочнице ова разлика је била око 2,2%, док је при испитивању на ваљцима са употребом кочнице ова разлика мања од 0,25%.

*Т.4.9 – приказ потрошње енергије модификованог возила FIAT PUNTO са и без утицаја регенеративног кочења*

Потрошња (Wh)	Путна испитивања	Ваљци без отпора	Ваљци са отпором
Са регенеративним кочењем	2844,52	2148,97	3278,64
Без регенеративног кочења	3014,86	2196,94	3286,91
Однос	94,35%	97,82%	99,75%

Аутономија кретања возила мерена је у два случаја. Извршена је вожња возила у комбинованим, градским и ванградским условима, насумице, без дефинисаног циклуса, на онај начин како би се возило употребљавало у току једног радног дана. Вожња је обављена у Београду. Испитивање је трајало 3 сата и 40 минута а

возило је за то време прешло 107 км. Испитивање је завршено када возило више није могло да достигне брзину већу од 50 km/h .

Након тога, аутономија кретања је испитивана на динамометријским ваљцима у лабораторијским условима, подешавањима каква су била приликом испитивања потрошње возила на ваљцима са отпором и по дефинисаној тест секвенци. Испитивање је трајало 4 сата и 12 минута. За то време возило је на ваљцима прешло 120 км.

Упоредни резултати мерења дати су у табели Т.4.10.

*Т.4.10 – Упоредни резултати мерења аутономије кретања модификованог возила FIAT PUNTO*

Р.бр	Карактеристика	Аутономија кретања		
		Комбинована насумична вожња	Ваљци	
1	Време испитивања (s)	12582	15423	
2	Средња брзина (km/h)	29,48	28,86	
3	Пређени пут (km)	107	120	
4	Средња снага по балансеру (W)	4553,62	3786,06	83,14%
5	Средња снага по балансеру (kW)	4,55	3,79	83,14%
6	Средња снага по балансеру без рекупериције (kW)	5,14	3,79	73,77%
7	Средња снага без стационарне потрошње и рекупериције	5,06	3,70	73,03%
8	Потрошња без рекупериције (Wh)	18255,76	16246,57	88,99%
9	Потрошња са рекуперицијом (Wh)	16256,35	16220,06	99,78%
10	Потрошња без стационарне потрошње и без рекупериције (Wh)	18072,79	15838,33	87,64%
11	Потрошња без стационарне потрошње и са	16073,38	15811,82	98,37%

Р.бр	Карактеристика	Аутономија кретања		
		Комбинована насумична вожња	Ваљци	
	рекуперацијом (Wh)			
12	Потрошња по бројилу – прорачуната (Wh)	27093,92	27033,44	99,78%
13	Потрошња по бројилу – очитана (kWh)	20,63	19,56	94,81%
14	Средња снага по бројилу	7589,33	6310,49	83,15%
15	Регенеративно пуњење	-1999,40	-26,51	1,33%
16	Просечан напон батерија	193,17	193,98	100,42%

Из табеле се види да је просечна потребна снага у случају комбиноване насумичне вожње била већа него при вожњи на ваљцима. Такође, види се и да је вредност регенеративног пуњења знатно већа при вожњи у реалним условима него на ваљцима. То је и логично јер су услови за регенеративно пуњење у реалним условима знатно повољнији него на ваљцима. Наиме, приликом вожње возила на путу, убрзава се маса целог возила, па се одузимањем „гаса“ успорење обавља спорије због инерцијалне силе која настаје управо од масе целог возила, што омогућује дуже регенеративно пуњење. То код ваљака није случај јер се приликом вожње возила на њима у ствари убрзавају и успоравају масе ваљака које су знатно мање од масе целог возила.

Интересантно је прокоментарисати потрошњу енергије у режиму са и без регенеративног кочења. Потрошња енергије без урачунатог регенеративног пуњења у случају вожње у реалним условима је за око 11% била већа од потрошње енергије приликом вожње на ваљцима. Приликом узимања у обзир регенеративног пуњења ова разлика износи мање од једног процента.

Међутим, све измерене величине у току овог експеримента не могу наћи практичну примену у неким будућим испитивањима и на различитим возилима. Разлог је тај што се не може увек у напред знати који је принцип управљања батеријама примењен. Због тога, мерења потрошње енергије и аутономије кретања треба свести на лако мерљиве величине. У том смислу, у табели Т.4.11 дати су резултати потрошње енергије који су добијени читавањем са бројила електричне

---

енергије. Приликом свих испитивања, допуна батерија је била временски иста на тај начин што је пуњење искључивано 24 часа након почетка испитивања.

*Т.4.11 – Резултати потрошње енергије добијени читавањем са бројила електричне енергије и сведени на 100 km пређеног пута*

Тип возње	Почетак пуњења (kWh)	Крај пуњења (kWh)	Потрошена енергија (kWh)	Потрошена енергија (kWh/100km)
Путна испитивања	559,38	564,35	4,97	23,02
Ваљци без отпора	575,43	579,14	3,71	16,86
Ваљци са отпором	590,79	596,25	5,46	24,82

Из табеле се види да се потрошња енергије сведена на 100 км пређеног пута у зависности од врсте спроведеног испитивања не разликује значајно. Не узимајући у обзир испитивања у режиму „Ваљци без отпора“, јер се тај режим не може повезати ни са каквим реалним условима, разлика у потрошњи енергије поредећи путно-лабораторијска испитивања и лабораторијска испитивања у типу возње „Ваљци са отпором“ износи мање од 8% што је као резултат овог експеримента, у ком је био циљ да се пронађе релативно лак начин за мерење потрошње енергије електричног возила, прихватљиво.

Уколико у анализу резултата уведемо и податке које смо у току испитивања добили читавањем напона и струје са уређаја за изједначавање напона у ћелијама батерија долазимо до резултата приказаних у табели Т.4.12.

*T.4.12– Упоредни приказ потрошене енергије при различитим режимима возње модификованог возила FIAT PUNTO измерене читавањем са електричног бројила и из уређаја за управљање системом батерија и сведене на 100 km пређеног пута*

		Путна испитивања	Ваљци без отпора	Ваљци са отпором	Аутономија кретања на ваљцима	Аутономија кретања комбинована насумична возња
Потрошња [kWh]	по бројилу	4,97	3,71	5,46	19,56	20,63
	по балансеру	2,84	2,15	3,28	16,22	16,26
Потрошња [kWh/ 100 km]	по бројилу	23,02	16,86	24,82	16,30	19,28
	по балансеру	13,17	9,77	14,90	13,52	15,19
балансер/бројило		57,22%	57,92%	60,05%	82,92%	78,80%
балансер/бројило на 100		57,22%	57,92%	60,05%	82,92%	78,80%

Из табеле T.4.12 се види да постоји значајна разлика у односу потрошене енергије која је измерена преко бројила електричне енергије и која је измерена читавањем података из балансера приликом испитивања. Интересантно је напоменути да је та разлика поновљива у односу на врсту испитивања.

Наиме, приликом испитивања потрошње енергије (прве три колоне), трајање испитивања је трајало по 40 минута при чему је пређени пут износио 22 километра. Том приликом, у сва три случаја, однос потрошње према уређају за управљање системом батерија у односу на струјомер је износио око 60%. Приликом испитивања аутономије кретања, где је испитивање трајало знатно дуже и где је возило вожено док се батерије нису испразниле, овај однос је износио око 80%.

Већ је речено да се на модификованом возилу *FIAT PUNTO* изједначавање напона у хелијама система батерија приликом пуњења врши узимањем струје из спољне мреже. Приликом испитивања потрошње енергије, према подацима добијеним из уређаја за управљање системом батерија, потрошено је 20 % капацитета батерија.

Приликом испитивања аутономије кретања, потрошено је око 80%. Након испитивања возило је прикључено на спољну мрежу ради пуњења које је у оба случаја трајало више од 12 часова, односно до 24 часа од почетка испитивања. У случају допуне батерија за 20% капацитета потрошено је више енергије на изједначавање напона у ћелијама него при пуњењу батерија за 80% капацитета. Другим речима, јасно је да пуњење батерија за 80% капацитета траје дуже него за допуну за 20% капацитета. С тога, уколико се возило и након потпуне напуњености батерија и даље држи укључено на спољни извор напајања, то ће се временом константно трошити енергија за изједначавање напона на ћелијама батерија. То време такозваног балансирања ће код допуне за 20% капацитета бити дуже него код допуне за 80% капацитета а што су и резултати испитивања потврдили.

Међутим, уколико се упореди потрошена енергија која је измерена читавањем са уређаја за управљање системом батерија сведена на 100 километара пређеног пута, видимо да је та разлика у односу врсту спроведеног испитивања знатно мања.

Уколико добијене резултате међусобно упоредимо у односу на потрошњу добијену приликом путних испитивања добијамо резултете приказане у табели Т.4.13.

*Т.4.13 – Приказ потрошене енергије при различитим режимима вожње модификованог возила FIAT PUNTO добијене из уређаја за управљање системом батерија и сведене на 100 km пређеног пута*

	Путна испитивања	Ваљци без отпора	Ваљци са отпором	Аутономија кретања на ваљцима	Аутономија кретања - комбинована насумична вожња
Потрошња по балансеру [kWh/100km]	13,17	9,77	14,90	13,52	15,19
Однос		25,85%	8,05%	2,61%	15,33%

У циљу остварења поновљивости резултата извршена су поједина испитивања на фабрички произведеном хомологованом чисто електричном возилу.



Мерење потрошње енергије извршено је при идентичним условима као и у случају испитивања модификованог возила *FIAT PUNTO*. Због недостата посебне опреме за приступ уређајима за управљање електричним компонентама произвођача возила, није било могућности да се мери потрошња очитана са уређаја за управљање системом батерија или са електронске управљачке јединице возила. Потрошња је мерена директним очитавањем стања електричног бројила. Резултати су дати у табели Т.4.14 и табели Т.4.15.

*Т.4.14 - Приказ потрошене енергије при различитим режимима возње измерене електричним бројилом за возило VOLKSWAGEN E-GOLF*

	Почетак пуњења [kWh]	Крај пуњења [kWh]	Потрошена енергија [kWh]	Потрошена енергија [kWh/100km]	Однос
Путна испитивања	661,97	665,5	3,53	16,05	
Ваљци са отпором	696,49	700,52	4,03	18,32	12,41%
Аутономија кретања на ваљцима	707,26	741,66	34,4	16,86	4,85%

*Т.4.15 – Скраћени приказ потрошене енергије при различитим режимима возње измерене електричним бројилом за возило VOLKSWAGEN E-GOLF*

	Путна испитивања	Ваљци са отпором	Аутономија кретања на ваљцима
Потрошена енергија [kWh/100km]	16,05	18,32	16,86
Однос		12,41%	4.85%

Резултати говоре да начин изједначавања напона у ћелијама није утицао на упоредне резултате мерења потрошње. Приликом испитивања оба возила при истим условима добијено је да је потрошња енергије мерена на динамометријским ваљцима у оба случаја већа у односу на потрошњу енергије приликом путних испитивања. Добијена је разлика у односу од неких 5%, што може бити последица различитих параметара на основу којих су подешавани отпори на

---

динамометријским ваљцима, јер су и возила која су упоредо испитивана била различита.

Интересантно је прокоментарисати да се, када се упореде добијена потрошња енергије за оба возила сведена на 100 км пређеног пута и потрошена енергија приликом мерења аутономије кретања такође сведена на 100 км пређеног пута, добијају вредности које се добро поклапају. Разлика од мање од 5 % је прихватљива.

Овај резултат отвара могућност даљег истраживања у погледу мерења потрошње електричне енергије и аутономије кретања јединственим поступком. УН правилником бр. 101 за мерење потрошње енергије и аутономије кретања возила предвиђене су две различите методе. Резултати добијени описаним испитивањима говоре да би се задате методе, у случају модификованих употребљаваних возила могле објединити у једну универзалну.

#### 4.4 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Vladimir Popović, Ženeva – Beograd Tehnički propisi u oblasti homologacije vozila, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2015.
- [2] ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.4 - Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3), dostupno na:  
<https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html> ,  
pristup: 27.04.2018.
- [3] Directive 2007/46/EC Of The European Parliament And Of The Council - establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles, dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32007L0046> , pristup: 27.04.2018.
- [4] Правилник о испитивању возила - "Службени гласник РС", бр. 8/12, 13/13, 31/13, 114/13, 40/14, 140/14, 18/15, 82/15, 88/16 и 108/16, dostupno na:  
[http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20ispitivanju%20vozila\\_2.pdf](http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20ispitivanju%20vozila_2.pdf), pristup: 14.07.2018.

- 
- [5] UN Regulation No. 100 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train  
E/ECE/324/Rev.2/Add.99/Rev.2-E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.99/Rev.2
- [6] UN Regulation No. 12 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the driver against the steering mechanism in the event of impact E/ECE/324/Add.11/Rev.4-E/ECE/TRANS/505/Add.11/Rev.4
- [7] UN Regulation No. 94 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a frontal collision  
E/ECE/324/Rev.1/Add.93/Rev.3-E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.93/Rev.3
- [8] UN Regulation No. 95 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision  
E/ECE/324/Rev.1/Add.94/Rev.2-E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.94/Rev.2
- [9] UN Regulation No. 101 - Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range  
E/ECE/324/Rev.2/Add.100/Rev.3-E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.100/Rev.3
- [10] UN Regulation No. 85 Uniform provisions concerning the approval of internal combustion engines or electric drive trains intended for the propulsion of motor vehicles of categories M and N with regard to the measurement of net power and the maximum 30 minutes power of electric drive trains  
E/ECE/324/Rev.1/Add.84/Rev.1-E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.84/Rev.1
- [11] UN Regulation No. 10 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility  
E/ECE/324/Add.9/Rev.5-E/ECE/TRANS/505/Add.9/Rev.5

- 
- [12] UN Regulation No. 13-H Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking  
E/ECE/324/Rev.2/Add.12H/Rev.4–E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.12H/Rev.4
- [13] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (Urednički pročišćeni tekst, "Narodne novine", broj 67/08, 48/10 - OUSRH, 74/11, 80/13, 158/13 - Odluka i Rješenje USRH, 89/14 - OUSRH i 92/14 i 64/15
- [14] Pravilnik o ispitivanju vozila, Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, NN 152/2009
- [15] Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, NN 59/1998
- [16] CITA Questionnaire: Electric vehicles; 14.12.2017.
- [17] UN Regulation No. 101 - Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range
- [18] Stefano Zanella, Texas Instruments, [Active and passive balancing for battery management systems](#) Power System Design, North America, December 2015, Page 21, dostupno na <http://www.powersystemsdesign.com/digital-issues> ; pristup 04.07.2018.
- [19] [Neftin WestLake Volkswagen](#) Official Blog; Improvements to the latest VW e-Golf; dostupno na: <http://www.neftinvw.com/blog/2017-volkswagen-e-golf-specifications/> , pristup 04.07.2018.
- [20] V-Tech, V-tech Dynamometers typ VT-2/B1, user manual

---

## 5. ЗАКЉУЧЦИ

Од последњег леденог доба температура на глобалном нивоу је порасла за неких 4 до 7°C кроз период од неких 5000 година. Само у прошлом веку, температура се попела за 0,7°C, што је, грубо говорећи, десет пута брже од просечне стопе загревања у периоду опоравка Земље од леденог доба. Та чињеница указује да се на глобалном нивоу морају предузети неопходне мере како би се тренд пораста температуре смањило, ако се не може потпуно зауставити.

Како сектор транспорта учествује као узрочник са неких 23% глобалне емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште, од којих 44,5% представљају лака теретна возила, могло би се рећи да се, што се тиче сектора транспорта, највећа концентрација криваца за настанак убрзаног глобалног загревања налази у градским срединама јер се ове врсте возила на таквим местима највише и користе. У прилог томе, сведоци смо и чињенице да је концентрација загађености ваздуха већа у градским него у ванградским срединама.

То даје могућност локалног смањења концентрације како загађивача ваздуха тако и гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Годинама у назад ради се на развоју алтернативних погона, односно употребе алтернативних горива која, уз минималне модификације возила, могу обезбедити несметан рад мотора са унутрашњим сагоревањем, без смањења перформанси возила али са побољшањем квалитета издувне емисије.

Једна од могућности локалног смањења концентрације загађивача дата је и у овом раду. Односи се на модификације возила у смислу обезбеђења погона возила путем чисте електричне енергије. Та врста модификације није новина, али није ни нешто пуно заступљена чиме се отвара простор за даља истраживања.

За електрична возила се обично каже да нису загађивачи. Било да је реч о новопроизведеним или да је реч о модификованим возилима, свакако тврдња да нису загађивачи није истинита. Да се не улази у причу о производњи возила, батерија и рециклажи истих, остаје питање на који начин се добија електрична

---

енергија. Уколико су то обновљиви извори енергије онда је констатација да електрична возила нису загађивачи са аспекта потрошње енергије тачна. Али, ако је у питању рад термоелектране која као погонско гориво користи угаљ, онда се никако не може говорити о чистој енергији.

Међутим и измештање загађивача ван градских средина повољно ће утицати на смањење загађености ваздуха и емисију гасова који изазивају ефекат стаклене баште.

У раду је акценат стављен на процес одобравања возила (утврђивање захтева, метода испитивања и нормативног уређења) која су, као последица модификације, постала електрична возила, односно код којих је извршена замена погонског агрегата, мотора са унутрашњим сагоревањем електромотором са свом потребном пратећом опремом.

Обзиром на чињеницу да је број регистрованих новопроизведених електричних возила далеко мањи у односу на број возила погоњених мотором са унутрашњим сагоревањем, свест о употреби електричних возила још увек није на жељеном нивоу. Иако је у већини земаља које су обухваћене истраживањем модификација возила на електрични погон дозвољена, нема масовне појаве оваквих случајева. Чак ни економски моменат, где се могу остварити значајне уштеде у експлоатацији возила још увек не привлачи људе да се баве оваквим стварима. Овакве врсте преправки у већини земаља које су се прикључиле истраживању су дозвољене, али под одређеним условима.

Модификације возила у чисто електрична возила у свим земљама уређене су одговарајућим нормативним актима. На основу истраживања које је реализовано путем анкете, може се закључити да у Европи постоји јединствен нормативни оквир који утврђује опште захтеве, као сегмент нормативног оквира који уређује оцењивање усаглашености моторних возила уопште, уз напомену да је детаљније дефинисање захтева препуштено државама чланицама, односно да се решава на националном нивоу. Ово се посебно односи на преправке возила, чије нормативно уређење је практично искључиво у надлежности држава чланица.

Очекивано је било видети да се комплетан поступак испитивања и одобрења преправке, као што важи и за било коју другу преправку која се изврши на возилу,

---

завршава на нивоу државног ауторитативног тела и овлашћених техничких сервиса.

Извршеном упоредом анализом захтева за возила која се производе у неограниченим серијама дефинисаних у УН Правилницима, закључује се да захтеви за возила погоњена мотором са унутрашњим сагоревањем и возила погоњена електромотором у великој мери подударају. Разлика у погледу области примене УН правилника готово и да нема у погледу јасне поделе између возила која се погоне мотором са унутрашњим сагоревањем и возила погоњених електропогоном. Конкретне разлике се могу уочити више кроз различите захтеве које одређена врста возила мора да задовољи.

Ипак, детаљнијом анализом, могу се издвојити одређени УН правилници чији поједини делови садрже битне информације везане за додатне захтеве које возила погоњена електричним погоном морају да задовоље у односу на возила погоњена моторима са унутрашњим сагоревањем, што и треба да буде водиља за дефинисање захтева за одобрење модификованих возила на националном нивоу, као и утврђивање обима и метода испитивања ових возила.

Кроз методу оптимизације параметара вучно-динамичких карактеристика возила у поступку конструисања показано је да се модификација возила мора пажљиво планирати и анализирати како би се на крају добили жељени резултати како у погледу техничко-безбедносних карактеристика, тако и у погледу економске исплативости модификације возила.

Једна од најважнијих ствари при реконструкцији је вођење рачуна о маси возила, осовинским оптерећењима, као и томе да се не би требала прекорачити највећа дозвољена маса коју је декларисао произвођач возила које се модификује. Додатно, треба водити рачуна о томе да се приликом модификације возила преправке осталих система на возилу сведу на најмању могућу меру. То омогућује лакше испитивање и снижава трошкове како модификације тако и испитивања. Остајући у распонима карактеристика декларисаним од стране произвођача возила, осигурава се валидност резултата испитивања која су спроведена приликом одобрења типа.

---

У другом делу истраживања је на возилу које је делимично прошло поступак оптимизације параметара вучно-динамичких карактеристика и које је модификовано извршен експеримент у циљу дефинисања методе испитивања потрошње енергије и аутономије кретања возила са чисто електричним погоном у сврху појединачног одобрења, у условима ограничених ресурса. У експерименту су коришћена два возила. Једно је било модификовано а друго фабрички произведено.

Услови и метод испитивања за оба возила били су идентични. Прво су урађена путна испитивања према дефинисаном циклусу на истој релацији ауто пута. Након тога извршена су испитивања према идентичном циклусу али у лабораторијским условима на динамометриским ваљцима са употребом кочнице чији је задатак био да симулира отпоре који су прорачунати од стране уграђеног комерцијалног софтвера, а према унетим почетним параметрима датог возила.

Приликом испитивања оба возила при истим условима добијено је да је потрошња енергије мерена на динамометријским ваљцима у оба случаја већа у односу на потрошњу енергије приликом путних испитивања. Резултати показују да је код модификованог возила у односу на путна испитивања потрошња енергије у режиму вожње на динамометријским ваљцима са отпором за око 7% виша, док је код фабричког хомологованог возила ова разлика је била око 12%. Како је испитивање обављено по идентичном возном циклусу, закључује се да добијена разлика од неких 5% последица различитих, реалних и симулираних, отпора кретању возила и инерционих маса возила и ваљака, јер су и возила која су упоредо испитивана била различита. Такође, важно је нагласити да начин изједначавања напона у ћелијама није утицао на упоредне резултате мерења потрошње.

Интересантано је прокоментарисати да се, када се упореде добијена потрошња енергије за оба возила сведена на 100 км пређеног пута и потрошена енергија приликом мерења аутономије кретања такође сведена на 100 км пређеног пута, добијају вредности које се добро поклапају. Разлика од мање од 5 % је прихватљива.



---

Овај резултат отвара могућност даљег истраживања у погледу мерења потрошње електричне енергије и аутономије кретања јединственим поступком. УН Правилником бр. 101 за мерење потрошње енергије и аутономије кретања возила предвиђене су две различите методе. Резултати добијени описаним испитивањима говоре да би се методе дефинисале у поменутом УН Правилнику за одобрење типа серијски произведених возила, у случају модификованих употребљаваних возила могле објединити у једну универзалну.

У Републици Србији, тренутно, статус возила које је у погледу погона модификовано у чисто електрично возило није јасно дефинисан. Не може се стриктно рећи да је преправка овакве врсте забрањена, али недостаје неколико ствари које би требало дефинисати и у погледу подзаконских аката и у погледу овлашћивања лабораторија које би се овом врстом испитивања бавиле.

Слободно би се могло рећи да систем испитивања возила која се преправљају на чисто електрични погон не постоји. Такође, могло би се рећи да потреба за уређеним системом постоји, обзиром на заинтересованост како физичких тако и правних лица за ове врсте преправки.

У сваком случају, приликом разматрања оваквих врсти модификација, на националном нивоу, потребно је уложити одређени напор да се на самом почетку дефинишу јасни услови око могућности и начина преправки.

Управо недостатак већег броја модификованих возила, као и тренутно слаба понуда нових електричних возила у Републици Србији довели су до одређених ограничења при обављању истраживања наведених у овом раду. Уколико би се ситуација променила, постојала би могућност да се испитивањем таквих возила прикупљају подаци и временом усаврше методе процене и оптимизације без додатних путно-лабораторијских испитивања.

Реализована истраживања могла би бити добар основ за почетак израде националног оквира, законских и подзаконских аката којима би се дефинисале како субвенције на употребу електричних и хибридно електричних возила, тако и одређена правила која би дефинисала дозвољене радње при модификацији возила али и процедуре и методе испитивања таквих возила у условима ограничених ресурса.

---

Чињеница да ни у свету електрична возила нису заступљена у саобраћају ни приближно колико и возила погоњена мотором са унутрашњим сагоревањем, углавном због проблема са аутономијом кретања и временом потребним за допуну батерија, може се очекивати да ће у блиској будућности све већи удео у броју возила у саобраћају имати хибридна електрична возила. Стога, у том прелазном периоду, који је неминован, потребно је пажљиво градити инфраструктуру за подршку електричном виду погона.

---

## БИОГРАФИЈА

Мирко Гордић, дипл. инж. маш., рођен је 12.07.1975. у Београду. Завршио је Техничку школу „Петар Драпшин“ 1994. године и стекао диплому машинског техничара. Након завршетка средње школе уписао је Машински факултет Универзитета у Београду као редован студент и дипломирао је почетком 2001. године на Катедри за моторна возила. Тема дипломског рада је била „Погодност одржавања: одређивање, методе, алокација и примена у области моторних возила“ из предмета Теорија ефективности. Ментор дипломског рада био је проф. др Градимир Ивановић.

Радно искуство:

- од 2001. до 2003. радио у „Лола Флуидоматик“ д.о.о. на месту Главног пројектанта где је обављао послове конструисања, праћења производње и контроле квалитета компонената за ауто индустрију и то: пнеуматских цилиндара и разводника, комплетних механизма за отварање врата на аутобусима и механизма за брисање веробранског стакла на аутобусима;
- од 2003. до 2007. радио у „АМС ОСИГУРАЊЕ“ А.Д.О. у Сектору процене и ликвидације штета на месту Референта процене и ликвидације штета; поред тог посла активно је обављао обуку проценитеља у погледу нових достигнућа у ауто-индустрији;
- од 2007. ради у „АМСС-Центар за моторна возила“ д.о.о., и то до 2012. на радном месту Водећег инжењера, а од 2012. године на месту Директора сектора прегледа возила и експертиза; за то време обављао је послове вештачења и провере регуларности возила и испитивања возила која се појединачно производе и преправљају, учествовао на научно-стручним скуповима, завршио обуку у иностранству за недеструктивне и деструктивне методе утврђивања оригиналности идентификационих ознака возила. Од 2014. године обавља послове Директора сектора за возила

---

Решењем Министарства правде Републике Србије бр. 740-05-01755/2010-03 од 06.07.2011. године именован је за судског вештака за област моторних возила.

У току вишегодишњег рада стекао је знања у области конструисања и пројектовања делова и опреме за возила, активно учествовао у изради технологије оправке оштећених (хаварисаних) возила и реализацији исте, постигао значајне резултате у области утврђивања идентитета возила, стално радио на усавршавању процедура за испитивање појединачно произведених и преправљених возила, обављао перманентну обуку запослених, итд. Као спољни сарадник учествовао је у настави из предмета „Форензичко инжењерство“ на Катедри за моторна возила Машинског факултета Универзитета у Београду, на основу ангажовања од стране проф. др. Чедомира Дубоке у периоду од 2009. до 2013. године, као и на Криминалистичко-полицијској академији, где је био ангажован од стране проф. др. Крсте Липовца 2010. године.

У периоду од децембра 2015. До децембра 2016. године био је члан комисије Међународне аутомобилске федерације (*FIA*) за спортска такмичења електричних и возила која користе нове енергије за свој погон (*FIA – ENECC – Electric and New Energy Championship Commission*).

Породично стање: ожењен, супруга је дипломирани економиста; има троје деце, две ћерке и сина.

---

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Име и презиме аутора: Мирко М. Гордић

Број индекса: Д 11/07

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКИХ И БЕЗБЕДНОСНИХ  
ПАРАМЕТАРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ЊИХОВОМ МОДИФИКАЦИЈОМ  
НА ЕЛЕКТРО-ПОГОН**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, 25.09.2018.

---

---

## ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА

Име и презиме аутора: Мирко М. Гордић, дипл. маш. инж.

Број индекса Д 11/07

Студијски програм: Докторске студије

Наслов рада: МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКИХ И  
БЕЗБЕДНОСНИХ ПАРАМЕТАРА МОТОРНИХ  
ВОЗИЛА ЊИХОВОМ МОДИФИКАЦИЈОМ НА  
ЕЛЕКТРО-ПОГОН

Ментор: проф. др. Владимир Поповић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, 25.09.2018.

---

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**МОДЕЛ УНАПРЕЂЕЊА ЕКОЛОШКИХ И БЕЗБЕДНОСНИХ ПАРАМЕТАРА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ЊИХОВОМ МОДИФИКАЦИЈОМ НА ЕЛЕКТРО-ПОГОН**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

У Београду, 25.08.2018.

**Потпис аутора**

---