

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Политехнический институт  
Факультет «Автотранспортный»  
Кафедра «Автомобильный транспорт»

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент, к.т.н., доцент кафедры  
«Тракторы, сельскохозяйственные  
машины и земледелие» ИАИ  
ЮУрГАУ

\_\_\_\_\_ Н. А. Кузнецов

«    »                    2019 г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Зав. кафедрой, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ Ю. В. Рождественский

«    »                    2019 г.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УСКОРЕННОЙ  
ЗАРЯДКИ НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ГОНОЧНОГО БОЛИДА В  
РЕЖИМЕ ПАСИВНОЙ БАЛАНСИРОВКИ С УЧЕТОМ РЕГЛАМЕНТА  
«ФОРМУЛА СТУДЕНТ»**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

ЮУрГУ–13.04.02.2019.102.00 ПЗ ВКР

Научный руководитель,  
д.т.н. профессор.

\_\_\_\_\_ А.В.Гриценко

Автор работы

студент группы П-211

\_\_\_\_\_ М.Е. Папшев

Нормоконтроль, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Д. В. Астафьев

«    »                    2019 г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Папшев М.Е                      Разработка и  
исследование системы ускоренной  
зарядки накопителя энергии гоночного  
болида в режиме пассивной  
балансировки с учетом регламента  
«Формула студент» – Челябинск:  
ЮУрГУ, АТ, П-211;2019, 72 с.

В магистерской диссертации представлена разработка системы ускоренной зарядки накопителя энергии гоночного болида в режиме пассивной балансировки с учетом регламента «Формула студент». Для достижения поставленной цели выполнен обзор научной и технической литературы, рассмотрены различные существующие способы зарядки аккумуляторных батарей, выполнено сравнение различных типов литий-ионных батарей, рассмотрены различные способы балансировки батарей, изучен регламент соревнований «Формула студент». Сформулированы задачи, решаемые в процессе разработки, определены требования к функциям, разработан алгоритм управления зарядным устройством. Произведены необходимые расчеты и разработана схема соединения использующихся плат и устройств.

					<b>13.04.02.2019.102.00 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Папшев</i>				Разработка и исследование системы ускоренной зарядки накопителя энергии гоночного болида в режиме пассивной балансировки с учетом регламента «Формула студент».	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Гриценко</i>					Д	6	72
<i>Т. контр.</i>						НИУ ЮУрГУ Кафедра АВТ		
<i>Н. контр.</i>	<i>Астафьев</i>							
<i>Утверд</i>	<i>Рождественский</i>							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 ТИПЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	10
1.1 Литий-кобальтовый аккумулятор ( $\text{LiCoO}_2$ ).....	13
1.2 Литий-марганцевый аккумулятор ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) .....	15
1.3 Литий-никель-марганец-кобальт-оксидный аккумулятор ( $\text{LiNiMnCoO}_2$ или NMC) .....	17
1.4 Литий-железо-фосфатный аккумулятор ( $\text{LiFePO}_4$ ).....	19
1.5 Литий-никель-кобальт-алюминий-оксидный аккумулятор ( $\text{LiNiCoAlO}_2$ ) .....	21
1.6 Литий-титанатный аккумулятор ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ) .....	22
2 СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ЗАРЯДКЕ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	25
2.1 Способы заряда аккумуляторных батарей.....	25
2.2 Появление разности напряжений.....	27
2.3 Перегрев литий-ионных батарей.....	28
2.4 Переохлаждение .....	29
2.5 Перезаряд.....	30
2.6 Глубокий разряд .....	32
3 СПОСОБЫ БАЛАНСИРОВКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ.....	34
3.1 Активный способ балансирования .....	34
3.2 Пассивный способ балансирования.....	36
3.3 Способы реализации различных схем балансиров .....	37
4 ВЫДЕРЖКИ ИЗ РЕГЛАМЕНТА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ», РАСПОЛОЖЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЧЕЕК В БОЛИДЕ,	

									Лист
									7
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	13.04.02.2019.102.00 ПЗ				

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАРЯДКИ И НАПИСАНИЕ

АЛГОРИТМА.....	48
4.1 Выписки из регламента «Формула студент».....	48
4.2 Особенности конструкции и компоновки болида «Формула студент» .....	51
4.3 Разработка зарядного устройства и написание алгоритма.....	55
4.4 Компоновка зарядного устройства на болиде «Формула Студент» .....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	71

									Лист
									8
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	13.04.02.2019.102.00 ПЗ				

## ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом растет спрос на использование электромобилей как источника передвижения в городском стиле, ведь они не используют привычные нам источники энергии, такие как бензин, дизель, принцип работы которых заключался на превращении химической энергии топлива в механическую энергию, путем сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания. На смену автомобилям с ДВС приходят автомобили с гибридными установками и электромобили. В электромобилях основными источниками энергии являются накопители энергии или по-простому аккумуляторные батареи. В роли накопителей энергии выступают литий-ионные аккумуляторные батареи. Чаще всего литий-ионные батареи собираются в ячейки, а затем в блоки. Для слаженной работы и долгой службы аккумуляторной батареи требуется правильная эксплуатация, балансировка ячеек и их зарядка.

Исходя из этого целью работы является разработка системы ускоренной зарядки аккумуляторной батареи в режиме пассивной балансировки.

В работе рассмотрены типы литий-ионных аккумуляторов, методы заряда аккумуляторных батарей и проблемы с которыми мы можем столкнуться в процессе зарядки и их эксплуатации, способы балансировки ячеек и реализация их на различных микросхемах. Была разработана схема зарядного устройства и алгоритм её работы.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	13.04.02.2019.102.00 ПЗ					

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После выполнения всех этапов магистерской диссертации, была разработана и исследована система ускоренной зарядки накопителя энергии гоночного болида в режиме пассивной балансировки с учетом регламента «Формула студент».

Рассмотрены виды литий-ионных батарей и способы их зарядки. Литий-ионная батарея, установленная на болид, была рассчитана и выбрана с учетом регламента «Формула Студент». Были рассмотрены и изучены схемы балансировки литий-ионных батарей.

Предложен способ реализации зарядного устройства на платах и микросхемах пассивной балансировки представленных в магистерской работе. Зарядное устройство рассчитано и разработано с защитой от появления разности напряжений ячеек, перегрева, перезаряда и не до заряда. Для корректной работы зарядного устройства, был написан алгоритм для каждого этапа зарядки. Был предложен способ установки зарядного устройства на болид.

									Лист
									70
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	13.04.02.2019.102.00 ПЗ				



15. Литий-кобальтовый аккумулятор - <https://www.lumentorg.ru/review/compare-batteries/>
16. Литий-марганцевый аккумулятор - <https://www.vardex.ru/articles/batteries/>
17. Зарядка литий-ионных батарей - <http://silatoka.net/kak-zaryazhat-li-ion>
18. Батарея EVE-LF50 - <https://www.li-force.ru/shop/view/litij-zelezo-fosfatnyj-lifepo4-akkumulator-eve-lf50-73103-2-50000-mac>

					<i>13.04.02.2019.102.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>72</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		