

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

А.В. Пузаков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Оренбург
2020

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

Пузаков, А.В.

П 88 Исследование работы силовой установки электромобиля: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 23 с.

Методические указания содержат описание лабораторной работы и методику ее выполнения.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Техническое обслуживание электронных систем автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2020

© ОГУ, 2020

Содержание

1 Цель работы	4
2 Содержание работы.....	4
3 Оборудование	5
4 Порядок выполнения работы	5
4.1 Исследование рабочих характеристик асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля	5
4.2 Исследование рабочих характеристик электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля	10
4.3 Исследование рабочих характеристик при работе силовой установки электромобиля в полноприводном режиме.....	13
5 Контрольные вопросы	15
Список использованных источников	17
Приложение А Бланк лабораторной работы	18

1 Цель работы

Приобрести практические навыки исследования характеристик силовой установки электромобиля. Исследовать характеристики электродвигателей силовой установки при работе электромобиля в моноприводном и полноприводном режиме. Сделать вывод об эффективности совместной работы электродвигателей силовой установки электромобиля.

2 Содержание работы

1. Исследовать рабочие характеристики асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля. Рассчитать мощность и крутящий момент асинхронного электродвигателя и построить механические характеристики силовой установки электромобиля при работе в моноприводном режиме.

2. Исследовать рабочие характеристики электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля. Рассчитать мощность и крутящий момент электродвигателя постоянного тока и построить механические характеристики силовой установки электромобиля работе в моноприводном режиме.

3. Исследовать рабочие характеристики при совместной работе асинхронного электродвигателя и двигателя постоянного тока. Рассчитать мощность и крутящий момент и построить механические характеристики силовой установки электромобиля при работе в полноприводном режиме.

5. Определить расхождение между экспериментальными и расчетными механическими характеристиками силовой установки электромобиля работе в полноприводном режиме. Сделать вывод об эффективности совместной работы электродвигателей силовой установки электромобиля.

3 Оборудование

Стенд для исследования характеристик электродвигателей силовой установки электромобиля; двигатель постоянного тока параллельного возбуждения ПЛ-072Д; асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором ДПТ-П-21-4-С; нагрузочный генератор ПЛ-072Д; аккумуляторная батарея 6СТ55L (2 шт.); лабораторный реостат РСПС-3-9; электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, ваттметры); соединительные провода; лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2М; цифровой тахометр АТ-6; конденсатор (30 мкФ);

4 Порядок выполнения работы

4.1 Исследование рабочих характеристик асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Шкив электродвигателя посредством ременной передачи связан со шкивом нагрузочного генератора постоянного тока параллельного возбуждения. Обмотка возбуждения генератора подключается в аккумуляторной батарее. Обмотка якоря генератора соединяется с нагрузочным реостатом. Для измерения полезной мощности используются вольтметр и амперметр в цепи нагрузочного генератора.

Измерение частоты вращения вала асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля производится бесконтактным способом с помощью цифрового тахометра. Схема подключения приборов представлена на рисунке 1.

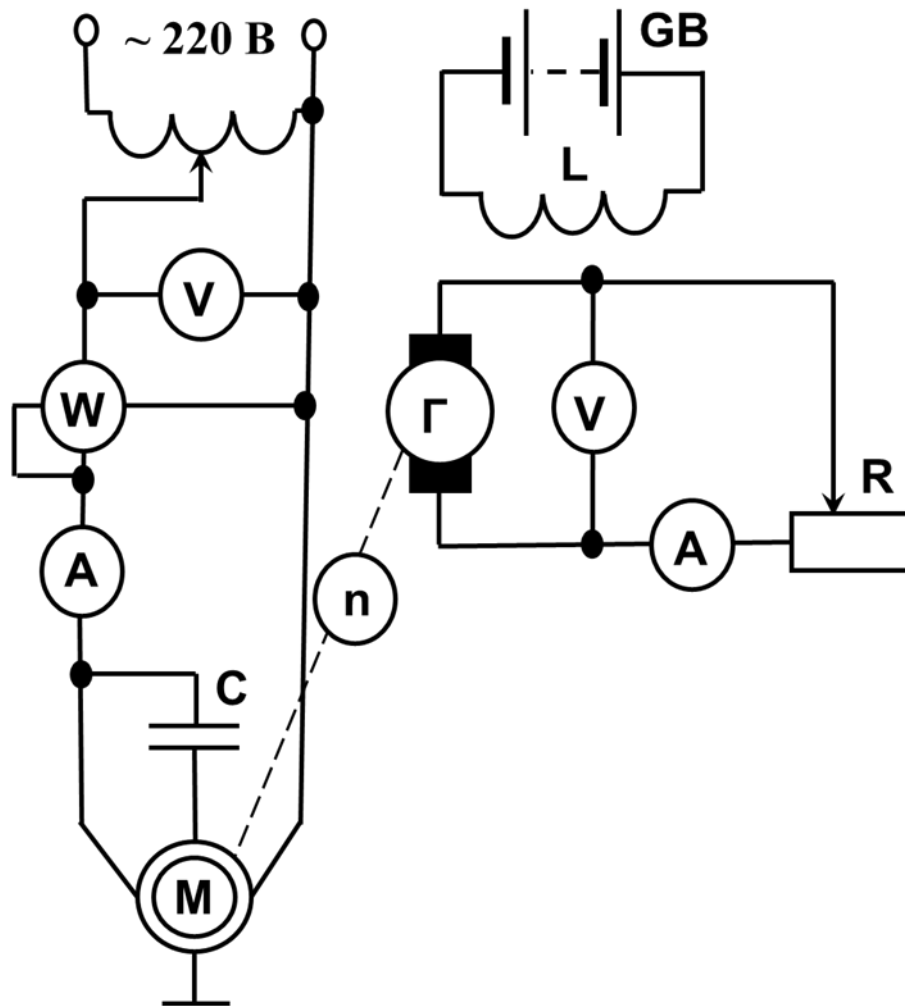


Рисунок 1 – Схема исследования работы асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Включают асинхронный электродвигатель силовой установки электромобиля путем плавного увеличения напряжения с помощью лабораторного автотрансформатора. Устанавливают номинальное напряжение и записывают параметры, соответствующие холостому ходу в таблицу по форме таблицы 1.

Устанавливают реостат в положение максимального сопротивления и подключают обмотку возбуждения нагрузочного генератора к аккумуляторной батарее. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты измерения параметров асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Параметры асинхронного двигателя				Параметры нагрузочного генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока
$U_1, В$	$I_1, А$	$P_1, Вт$	$n, 1/мин$	$U_Г, В$	$I_Г, А$

Далее уменьшают сопротивление реостата, тем самым увеличивая нагрузку на асинхронный электродвигатель силовой установки электромобиля и получают еще 5-6 рабочих точек. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 1.

Используя данные таблицы 1, производят расчет круговой частоты, скольжения, мощности нагрузочного генератора, мощности потерь и полезной мощности, вращающего момента, коэффициента мощности и коэффициента полезного действия. Результаты заносят в таблицу по форме таблицы 2.

Круговая частота $\omega, 1/с$

$$\omega = n/9,55 \quad , \quad (1)$$

где n – частота вращения вала электродвигателя, 1/мин.

Мощность нагрузочного генератора $P_Г, Вт$

$$P_{\Gamma} = U_{\Gamma} \cdot I_{\Gamma} , \quad (3)$$

где U_{Γ} – напряжение нагрузочного генератора, В;

I_{Γ} – сила тока нагрузочного генератора, А.

Мощность потерь в нагрузочном генераторе ΔP , Вт

$$\Delta P = I_{\Gamma}^2 \cdot r_{\text{я}} , \quad (4)$$

где $r_{\text{я}} = 0,67$ Ом – сопротивление обмотки якоря нагрузочного генератора.

Полезная мощность на валу асинхронного электродвигателя P_2 , Вт

$$P_2 = P_{\Gamma} + \Delta P + P_{\text{р}} , \quad (5)$$

где $P_{\text{р}} = 30$ Вт – потери в ременной передаче.

Крутящий момент на валу асинхронного электродвигателя M , Н·м

$$M = P_2 / \omega \quad (6)$$

Коэффициент полезного действия асинхронного электродвигателя η

$$\eta = P_2 / P_1 \quad (8)$$

По данным таблицы 2 производят построение механических характеристик асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля. При построении характеристик следует проводить сглаженные линии, равноудаленные от экспериментально полученных точек. Примерный вид механических характеристик приведен на рисунке 2.

Таблица 2 – Результаты вычисления параметров асинхронного электродвигателя силовой установки автомобиля

Круговая частота	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД
ω , 1/с	P_G , Вт	ΔP , Вт	P_2 , Вт	M , Н·м	η

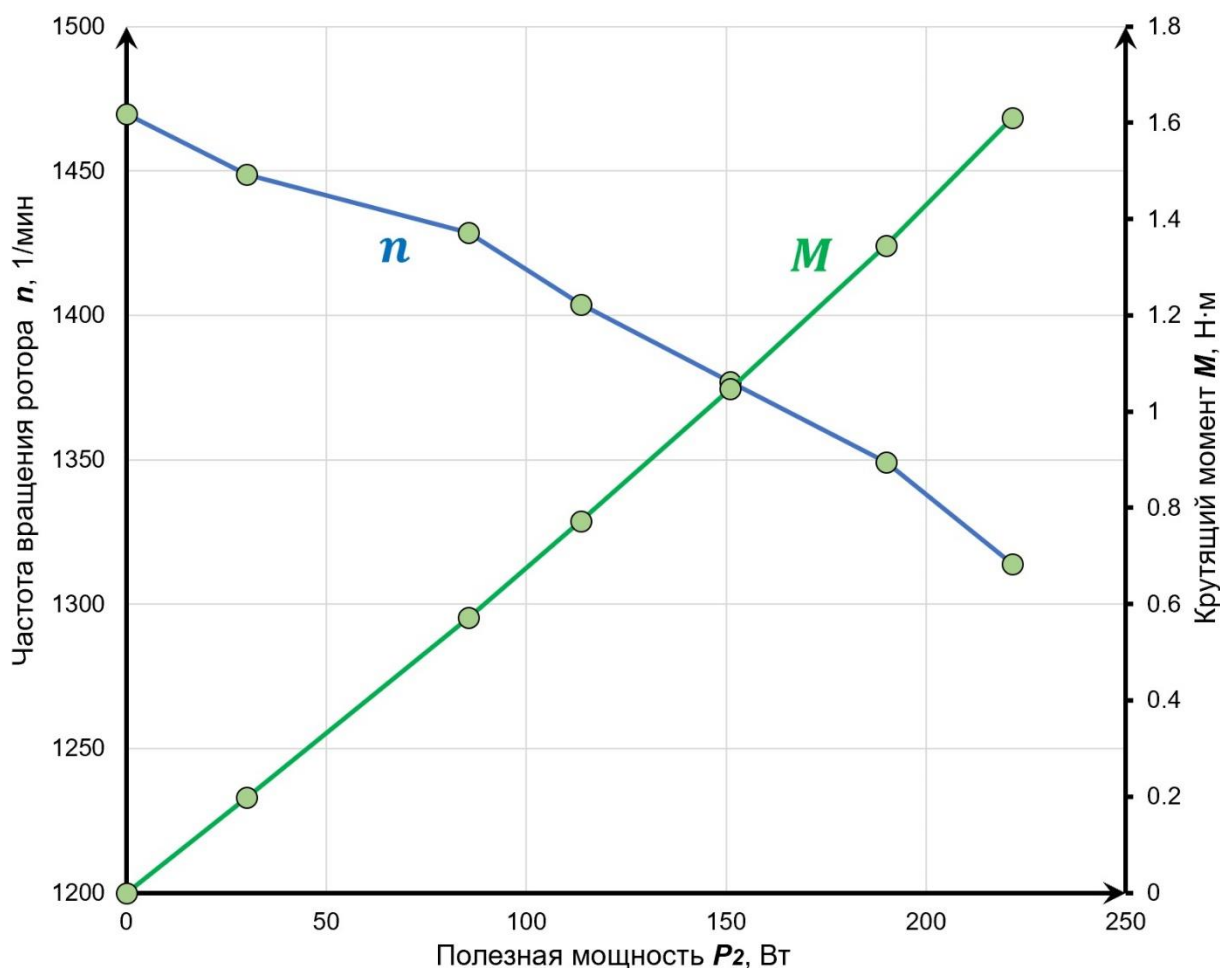


Рисунок 2 – Механические характеристики асинхронного электродвигателя силовой установки автомобиля

4.2 Исследование рабочих характеристик электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Шкив электродвигателя с помощью муфты сочленен со шкивом нагрузочного генератора постоянного тока параллельного возбуждения. Обмотка возбуждения генератора подключается в аккумуляторной батарее. Обмотка якоря генератора соединяется с нагрузочным реостатом. Для измерения полезной мощности используются вольтметр и амперметр в цепи нагрузочного генератора.

Измерение частоты вращения вала электродвигателя производится бесконтактным способом с помощью цифрового тахометра. Схема подключения приборов представлена на рисунке 3.

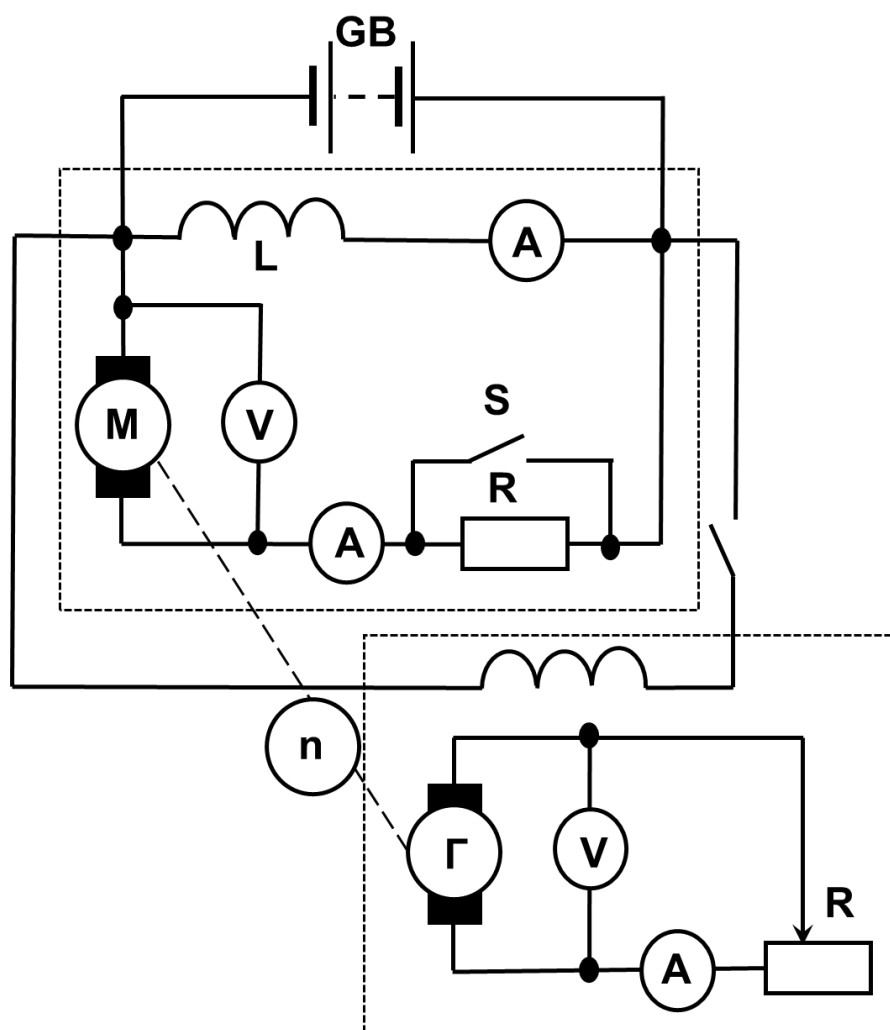


Рисунок 3 – Схема испытания электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Включают электродвигатель постоянного тока силовой установки электромобиля присоединив выводы его обмоток к аккумуляторной батарее. Записывают параметры, соответствующие холостому ходу в таблицу по форме таблицы 3.

Устанавливают нагрузочный реостат генератора в положение максимального сопротивления и подключают обмотку возбуждения нагрузочного генератора к аккумуляторной батарее. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 3.

Далее уменьшают сопротивление реостата, тем самым увеличивая нагрузку на двигатель постоянного тока параллельного возбуждения и получают еще 5-6 рабочих точек. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты измерения параметров электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Параметры постоянного тока параллельного возбуждения				Параметры нагрузочного генератора	
Ток возбуждения	Напряжение	Ток двигателя	Частота вращения якоря	Напряжение	Ток генератора
I_B, A	U_D, B	I_D, A	$n, 1/мин$	U_G, B	I_G, A

Используя данные таблицы 3, производят расчет круговой частоты, мощности нагрузочного генератора, мощности потерь и полезной мощности, вращающего момента и коэффициента полезного действия электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля. Результаты заносят в таблицу по форме таблицы 4.

Мощность, потребляемая электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля P_1 , Вт

$$P_1 = U_D \cdot (I_D + I_B), \quad (2)$$

где U_D – напряжение на выводах электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля, В;

I_D – сила тока обмотки якоря электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля, А;

I_B – сила тока параллельной обмотки возбуждения, А.

Полезная мощность на валу электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля P_2 , Вт

$$P_2 = P_T + \Delta P \quad (5)$$

Крутящий момент на валу электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля M , Н·м

$$M = P_2 / \omega \quad (6)$$

Таблица 4 – Результаты вычисления параметров электродвигателя постоянного тока силовой установки автомобиля

Круговая частота	Потребляемая мощность	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД
ω , 1/с	P_1 , Вт	P_T , Вт	ΔP , Вт	P_2 , Вт	M , Н·м	η

По данным таблицы 4 производят построение механических характеристик электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля. Примерный вид рабочих характеристик приведен на рисунке 4.

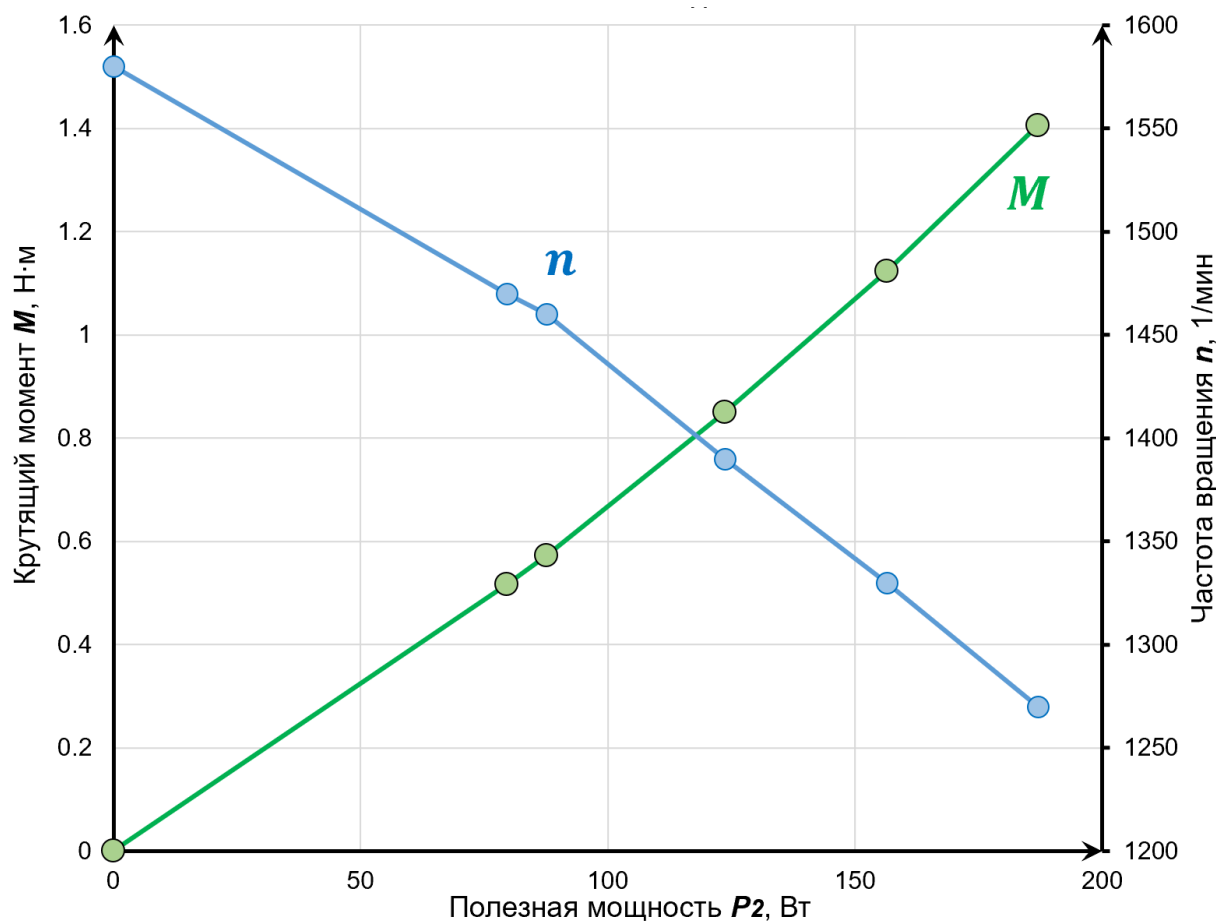


Рисунок 4 – Механические характеристики электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

4.3 Исследование рабочих характеристик при работе силовой установки электромобиля в полноприводном режиме

Включают асинхронный электродвигатель силовой установки электромобиля путем плавного увеличения напряжения с помощью лабораторного автотрансформатора и устанавливают номинальное напряжение. Включают электродвигатель постоянного тока силовой установки электромобиля присоединив выводы его обмоток к

аккумуляторной батарее. Записывают параметры холостого хода полноприводного режима работы силовой установки электромотоцикла в таблицу по форме таблицы 5.

Таблица 5 – Измеренные параметры электродвигателей при работе силовой установки электромотоцикла в полноприводном режиме

Параметры асинхронного электродвигателя				Параметры двигателя постоянного тока			Параметры нагрузочного генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока	Ток возбуждения	Напряжение	Сила тока

По результатам таблицы 5 производится вычисление полезной мощности и крутящего момента электродвигателей. Результаты заносятся в таблицу по форме таблицы 6.

Таблица 6 – Вычисляемые параметры электродвигателей при работе силовой установки электромотоцикла в полноприводном режиме

Потребляемая мощность ДПТ	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность обоих двигателей	КПД обоих двигателей	Крутящий момент обоих двигателей

По данным таблиц 6 строятся механические характеристики электродвигателей в моно- и полноприводном режиме работы силовой установки автомобиля (рисунок 5).

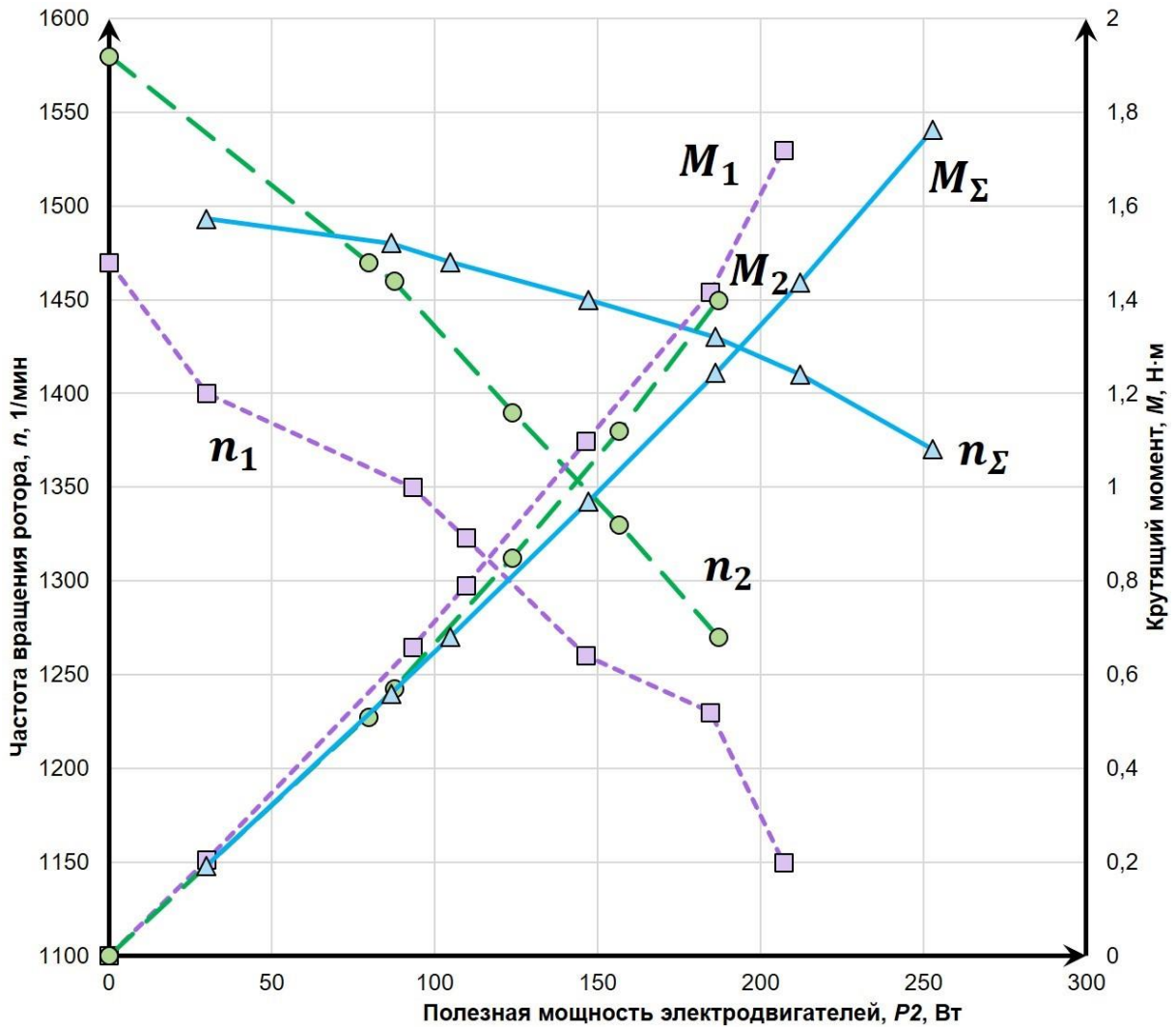


Рисунок 5 – Механические характеристики электродвигателей при работе в моно- и полноприводном режиме работы силовой установки автомобиля

5 Контрольные вопросы

1. Назовите тенденции, вызвавшие рост популярности гибридных автомобилей и электромобилей.
2. Каковы основные преимущества и недостатки электромобилей?

3. Какие факторы, на Ваш взгляд могут привести к увеличению сегмента, занимаемого гибридными автомобилями и электромобилями?
4. Приведите классификацию гибридных автомобилей и электромобилей.
5. Перечислите основные компоненты гибридных автомобилей и электромобилей.
6. Устройство и принцип действия электродвигателя-генератора.
7. Устройство и принцип действия высоковольтной батареи.
8. Особенности высоковольтной электропроводки.
9. Устройство и принцип работы электромобилей на топливных элементах.
10. Достоинства и недостатки электромобилей на топливных элементах.
11. Устройство и принцип работы батарейных электромобилей.
12. Достоинства и недостатки батарейных электромобилей.
13. Охарактеризуйте отечественные разработки в области электромобилей.
14. Приведите примеры перспективных разработок в области гибридных автомобилей и электромобилей.

Список использованных источников

1. Автомобильный справочник Пер. с англ. ООО «СтарСПб» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
2. Bosch Автомобильная электрика и электроника. / под редакцией К. Райфа; перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». – М.: ООО «Издательство «За рулем», 2014. – 616 с.
3. Осаулко, Я.Ю. Разработка стенда для изучения режимов работы гибридных силовых установок / Я.Ю. Осаулко, А.В. Пузаков // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-15 дек. 2015 г., Тюмень. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2015. – В 2-х томах. Т. 2. – С. 91-94.
4. Плахотя, Д.С. Разработка стенда для изучения режимов работы гибридных силовых установок / Д.С. Плахотя, Д.А. Рыбчук, А.А. Мотовилов // Управление качеством в транспортной и социальной сферах: сборник научных трудов студентов: под. ред. В.И. Рассохи. – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 23-26.
5. Пузаков, А.В. Исследование характеристик электромобиля на лабораторном стенде / А.В. Пузаков // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2019. – С. 1582-1589.
6. Традиционные и гибридные приводы / под редакцией К. Райфа; перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». – М.: ООО «Издательство «За рулем», 2014. – 224 с.

Приложение А (рекомендуемое)

Бланк лабораторной работы

Исследование работы силовой установки электромобиля

А.1 Цель работы: _____

А.2 Исследование рабочих характеристик асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Модель асинхронного электродвигателя _____

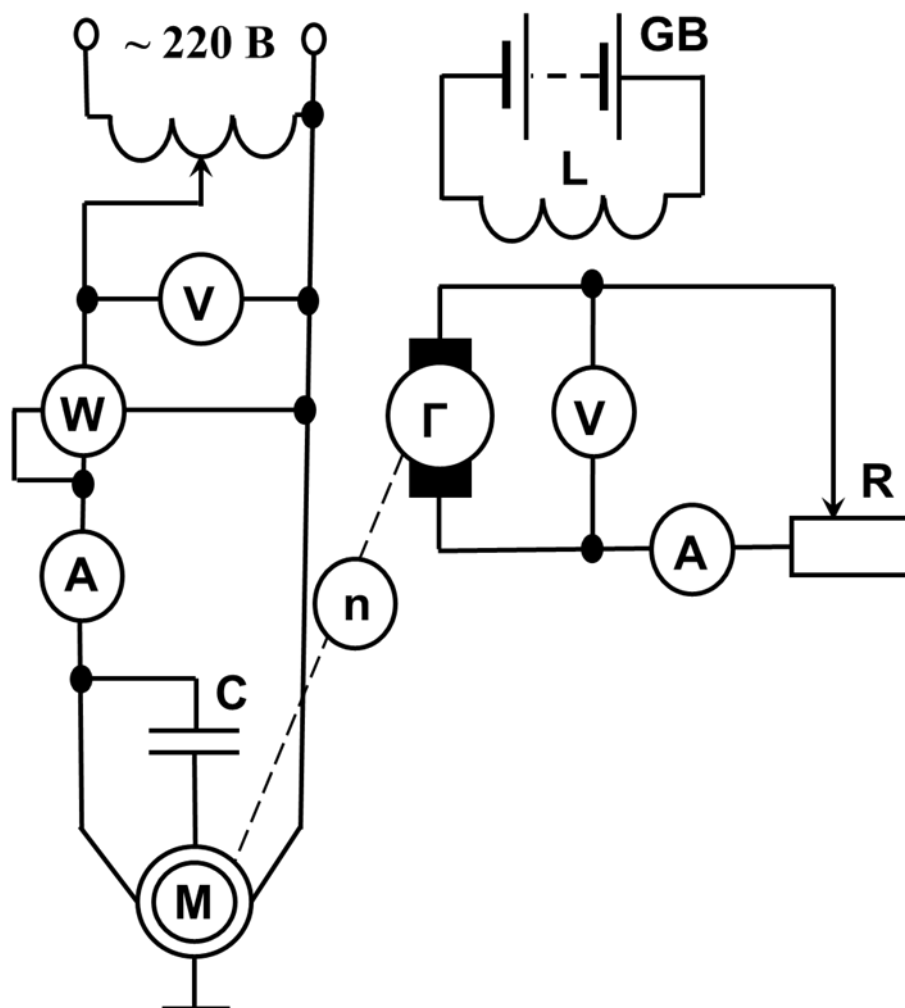


Рисунок А.1 – Схема исследования работы асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Таблица А.1 – Результаты измерения параметров асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Параметры асинхронного двигателя				Параметры нагрузочного генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока
$U_1, В$	$I_1, А$	$P_1, Вт$	$n, 1/мин$	$U_Г, В$	$I_Г, А$

Таблица А.2 – Результаты вычисления параметров асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

Круговая частота	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД
$\omega, 1/с$	$P_Г, Вт$	$\Delta P, Вт$	$P_2, Вт$	$M, Н\cdot м$	η

Рисунок А.2 – Механические характеристики асинхронного электродвигателя силовой установки электромобиля

А.3 Исследование рабочих характеристик электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Модель электродвигателя постоянного тока _____

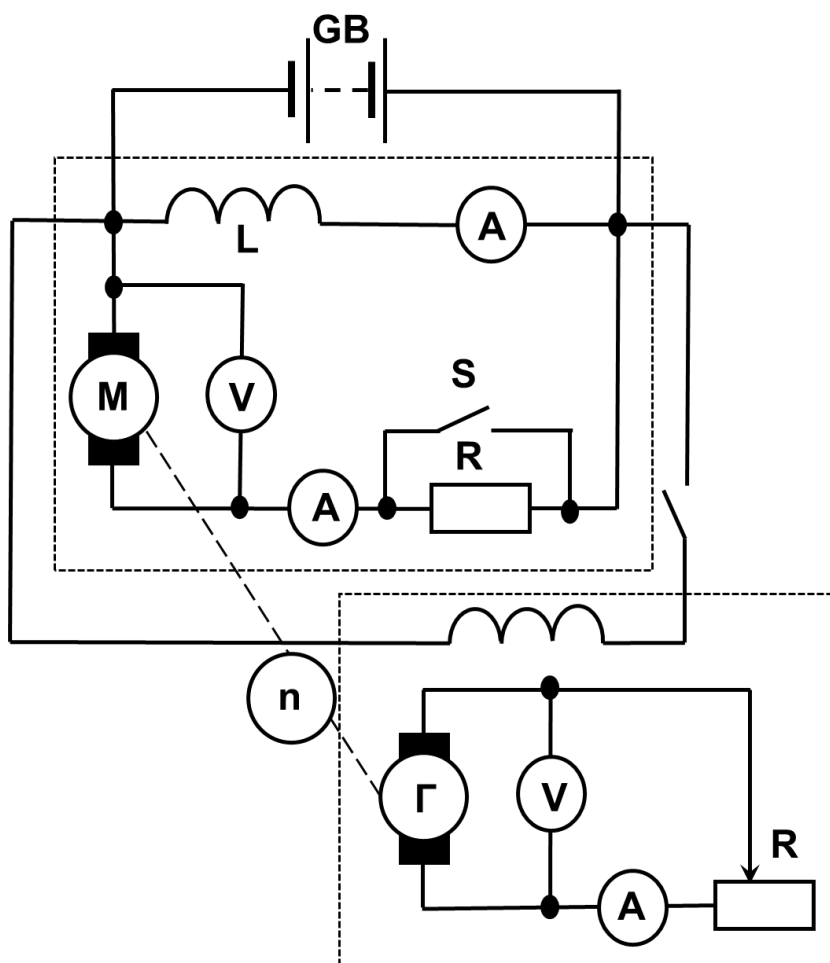


Рисунок А.3 – Схема испытания электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Таблица А.3 – Результаты измерения параметров электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Параметры постоянного тока параллельного возбуждения				Параметры нагрузочного генератора	
Ток возбуждения	Напряжение	Ток двигателя	Частота вращения якоря	Напряжение	Ток генератора
I_B, A	U_D, B	I_D, A	$n, 1/мин$	U_G, B	I_G, A

Таблица А.4 – Результаты вычисления параметров электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

Круговая частота	Потребляемая мощность	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД
ω , 1/с	P_1 , Вт	P_G , Вт	ΔP , Вт	P_2 , Вт	M , Н·м	η

Рисунок А.4 – Механические характеристики электродвигателя постоянного тока силовой установки электромобиля

А.4 Исследование рабочих характеристик при работе силовой установки электромобиля в полноприводном режиме

Таблица А.5 – Измеренные параметры электродвигателей при работе силовой установки электромобиля в полноприводном режиме

Параметры асинхронного электродвигателя				Параметры двигателя постоянного тока			Параметры нагр. генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока	Ток возбуждения	Напряжение	Сила тока

Таблица А.6 – Вычисляемые параметры электродвигателей при работе силовой установки электромобиля в полноприводном режиме

Потребляемая мощность ДПТ	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность обоих двигателей	КПД обоих двигателей	Крутящий момент обоих двигателей

Рисунок А.5 – Механические характеристики электродвигателей при работе полноприводном режиме работы силовой установки электромобиля

А.5 Выводы и анализ полученных результатов
