

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*

# **АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург

2018

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

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

**Пузаков, А.В.**

П 88

Анализ работы системы электроснабжения автомобилей: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат порядок проведения анализа совместной работы генераторной установки и стартерной аккумуляторной батареи.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплин «Электрооборудование автомобилей и тракторов» и «Электротехника и электрооборудование автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2018

© ОГУ, 2018

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель работы .....	5
2 Содержание работы.....	5
3 Оборудование .....	5
4 Краткие теоретические сведения.....	6
4.1 Основные характеристики генераторов.....	6
4.2 Совместная работа генератора и аккумуляторной батареи.....	9
5 Порядок выполнения работы .....	12
5.1 Исследование внешней характеристики генератора.....	15
5.2 Анализ полученных результатов.....	16
6 Контрольные вопросы .....	17
Список использованных источников .....	19
Приложение А (рекомендуемое) Бланк лабораторной работы .....	21

## Введение

Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей выполняются в специализированной лаборатории в соответствии с учебным планом дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Лабораторная работа «Анализ работы системы электроснабжения автомобилей» содержит порядок проведения анализа совместной работы генераторной установки и аккумуляторной батареи, заключающегося в определении параметров системы электроснабжения автомобиля в наиболее характерных режимах работы путем графического совмещения зарядной характеристики аккумуляторной батареи и внешней характеристики автомобильного генератора.

Контрольные вопросы позволяют оценить, как степень подготовленности студентов к проведению лабораторной работы, так и общий уровень знаний по данному разделу курса.

Использование бланков, приведенных в приложении, позволяет снизить время на подготовку и оформление отчета по лабораторной работе.

## **1 Цель работы**

1. Приобрести практические навыки анализа работы системы электроснабжения автомобилей.
2. Исследовать внешнюю характеристику автомобильного генератора и зарядно-разрядную характеристику аккумуляторной батареи.
3. На основании анализа характеристик сделать выводы об основных режимах совместной работы автомобильного генератора, регулятора напряжения и аккумуляторной батареи.

## **2 Содержание работы**

Испытание системы электроснабжения при работе на постоянную нагрузку; построение характеристик системы электроснабжения; исследование зарядно-разрядной характеристики аккумуляторной батареи; исследование внешней характеристики автомобильного генератора; построение зарядно-разрядной характеристики аккумуляторной батареи и внешней характеристики автомобильного генератора в одних координатах; анализ режимов совместной работы автомобильного генератора, регулятора напряжения и аккумуляторной батареи; составление отчета

## **3 Оборудование**

Испытываемый генератор с регулятором напряжения, стартерная аккумуляторная батарея, специализированный лабораторный стенд.

## **4 Краткие теоретические сведения**

Система электроснабжения – это совокупность оборудования, обеспечивающего производство электроэнергии необходимого качества, распределение и передачу ее потребителям.

В систему электроснабжения входят: источники электроэнергии (генератор, АКБ, топливные элементы), регулирующие устройства, элементы контроля и защиты от возможных аварийных режимов.

Генератор требуется автомобилю для заряда аккумуляторной батареи и запитывания электрооборудования, такого как система зажигания и впрыска топлива, ЭБУ, освещение и др. Для заряда аккумуляторной батареи генератору необходимо выдавать больший ток, чем требуется включенному электрооборудованию.

Мощность генератора, емкость аккумуляторной батареи и потребляемая мощность электрооборудования должны соответствовать друг другу, чтобы при любых условиях эксплуатации в бортовую сеть поступал достаточный ток, и аккумуляторная батарея всегда достаточно заряжалась, то есть чтобы поддерживался положительный зарядный баланс.

Поскольку аккумуляторная батарея и многие элементы электрооборудования должны получать постоянный ток, вырабатываемый генератором переменный ток выпрямляется. Генератор оснащается регулятором напряжения, позволяющим подавать на аккумуляторную батарею и электрооборудование постоянное напряжение.

### **4.1 Основные характеристики генераторов**

К основным характеристикам автомобильного генератора относят: внешние, скоростные регулировочные, токоскоростные и холостого хода.

Характеристикой холостого хода генератора называют зависимость выпрямленного  $U_d$  или фазного  $U_\phi$  напряжения генератора без нагрузки при постоянной частоте вращения ротора от силы тока возбуждения  $I_b$  или магнитодвижущей силы (МДС) обмотки возбуждения  $F_b$  (см. рисунок 4.1).

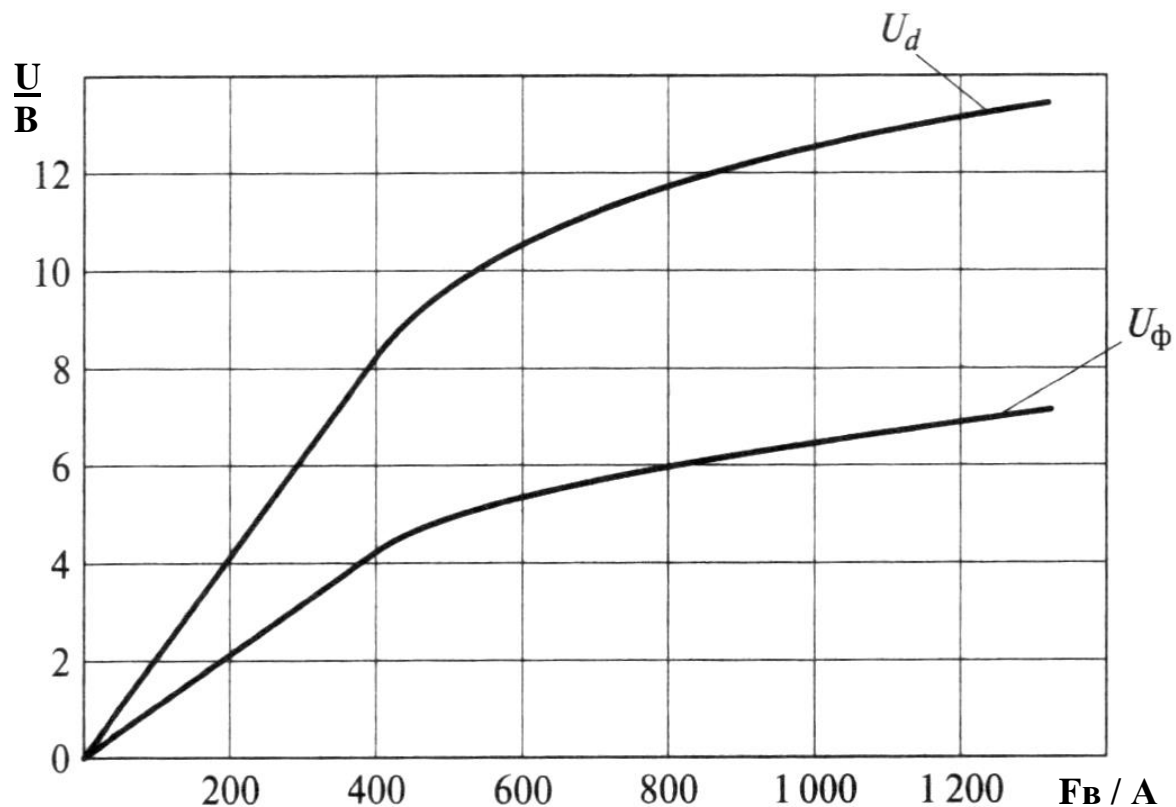


Рисунок 4.1 – Характеристики холостого хода генератора

Скоростная регулировочная характеристика генератора – это зависимость тока возбуждения  $I_b$  от частоты вращения  $n$  ротора. Характеристика снимается для постоянного значения тока нагрузки  $I_n$  (см. рисунок 4.2).

Внешняя характеристика – это зависимость напряжения генератора от тока нагрузки  $U_g = f(I_g)$  при постоянном скоростном режиме ( $n = const$ ). Характеристика может определяться при самовозбуждении и независимом возбуждении (см. рисунок 4.3).

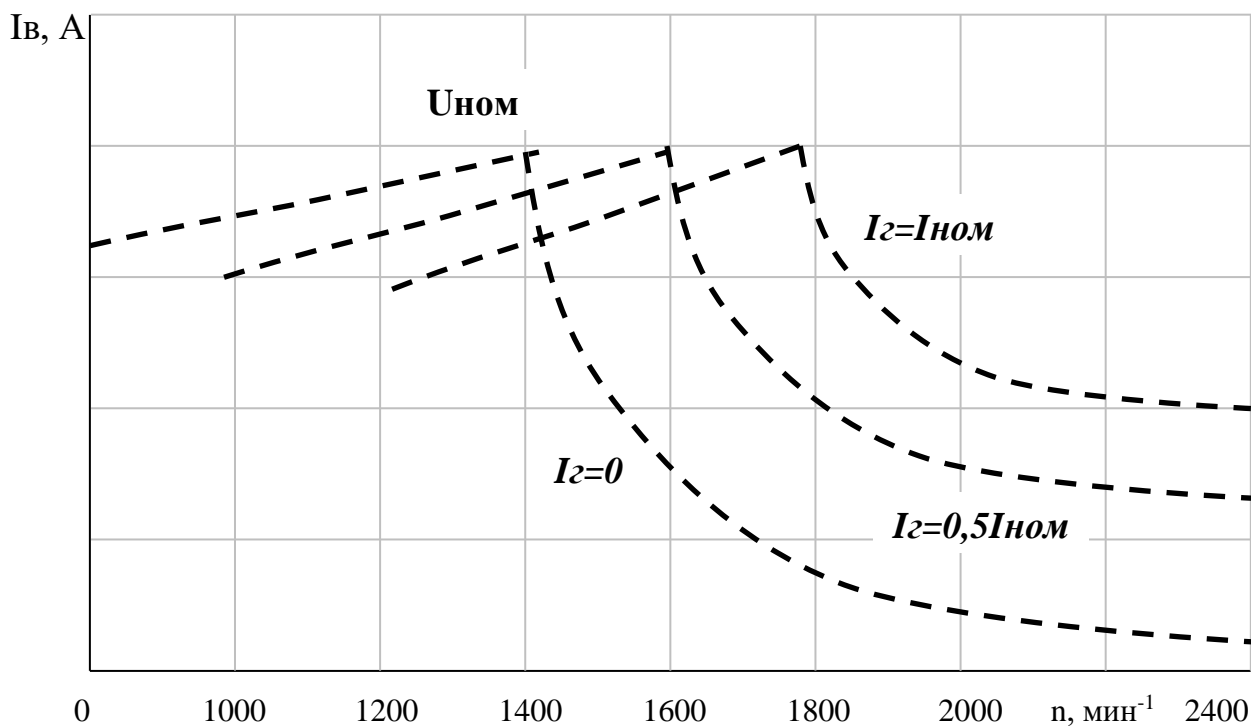
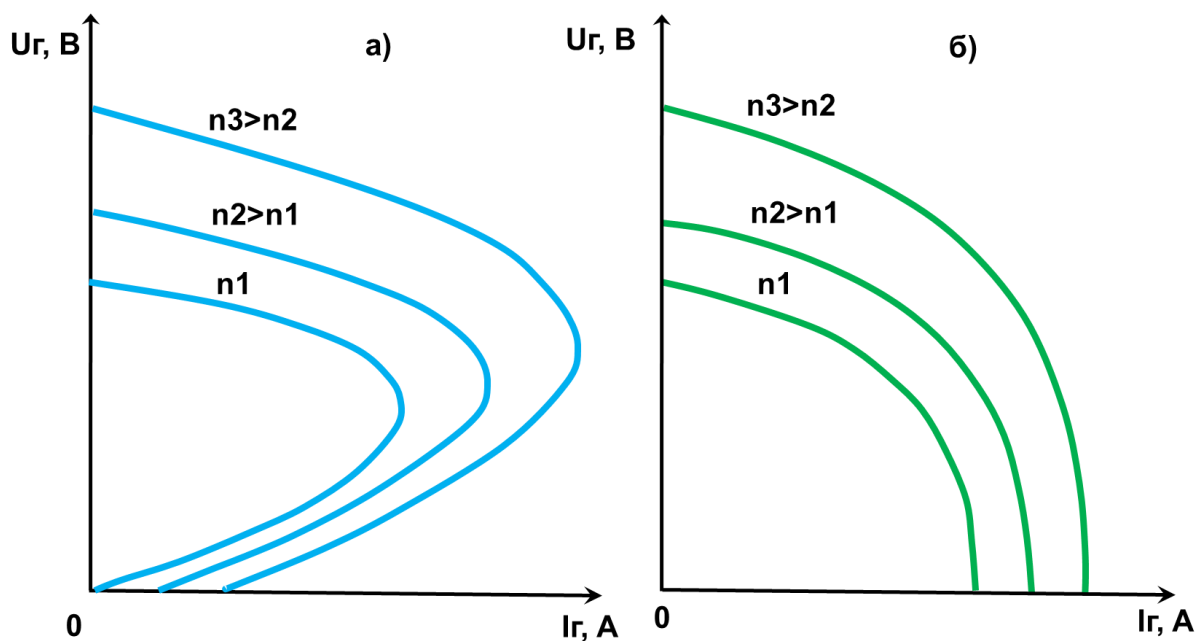


Рисунок 4.2 – Скоростные регулировочные характеристики генератора



а – с самовозбуждением; б – с независимым возбуждением

Рисунок 4.3 – Внешние характеристики генератора

Токоскоростная характеристика – это зависимость тока генератора  $I_g$ , подаваемого на питание нагрузки, от частоты вращения  $n$  ротора. Характеристика снимается при условии, что весь ток генератора идет на питание нагрузки и напряжение является постоянным (см. рисунок 4.4).



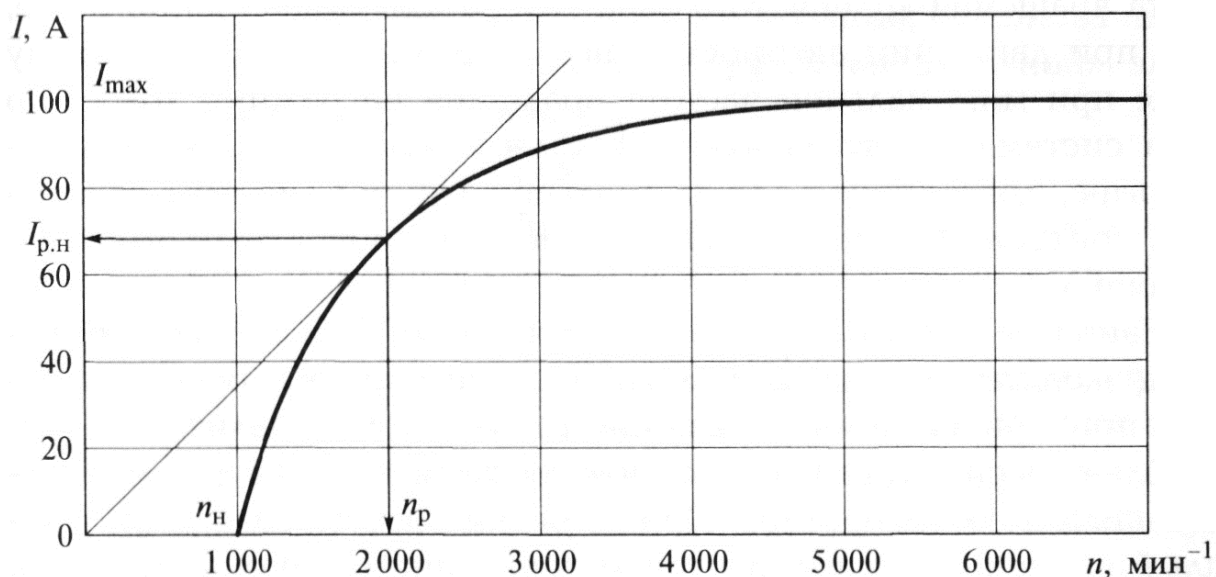


Рисунок 4.4 – Токоскоростная характеристика генератора

## 4.2 Совместная работа генератора и аккумуляторной батареи

На автомобиле генератор и аккумуляторная батарея включены параллельно и работают совместно, дополняя друг друга в зависимости от нагрузки. Основным источником электроэнергии является генератор, который при работе обеспечивает электропитание всех потребителей и заряд батареи. При неработающем двигателе электропитание осуществляется от батареи.

При работе автомобиля возможен режим, когда мощность подключенных потребителей превышает мощность, развиваемую генератором. В этом случае недостающую мощность компенсирует батарея, работая параллельно с генератором.

В соответствии с существующими требованиями на холостом ходу двигателя генератор должен обеспечивать питание системы зажигания, приборов, габаритных и номерных фонарей и отопителя при малой частоте вращения его вентилятора для автомобилей особо малого класса и грузовых автомобилей, а для автомобилей среднего класса добавляется обогреватель

стекла на половинной мощности, для автобусов – плафоны внутреннего освещения.

Поскольку на современных автомобилях устанавливают генераторы переменного тока, будем рассматривать работу аккумуляторной батареи только с такими генераторами. Характеристики совместной работы зависят от режима работы двигателя и от нагрузки.

При номинальной частоте вращения генератора анализ совместной работы в зависимости от нагрузки целесообразно проводить графическим методом, совмещая внешнюю характеристику генератора  $U_g = f(I_g)$  при  $n_g = const$  и зарядно-разрядную характеристику батареи  $U_b = f(I_b)$  (рисунок 4.5). Сопротивлением соединительных проводов пренебрегаем, т. е. допускаем, что напряжения на генераторе и батарее равны ( $U_g \approx U_b$ ). В зависимости от нагрузки при параллельной работе возможны следующие характерные случаи (см. рисунок 4.5).

Нагрузка отсутствует и весь ток, вырабатываемый генератором, идет на заряд батареи;  $I_g = I_{бз}$  (точка 1, см. рисунок 4.5).

Нагрузка включена, напряжение генератора равно регулируемому  $U_g = U_{рег}$ . Ток генератора идет на заряд батареи и питание нагрузки  $I_g = I_{бз} + I_n$  (точка 2).

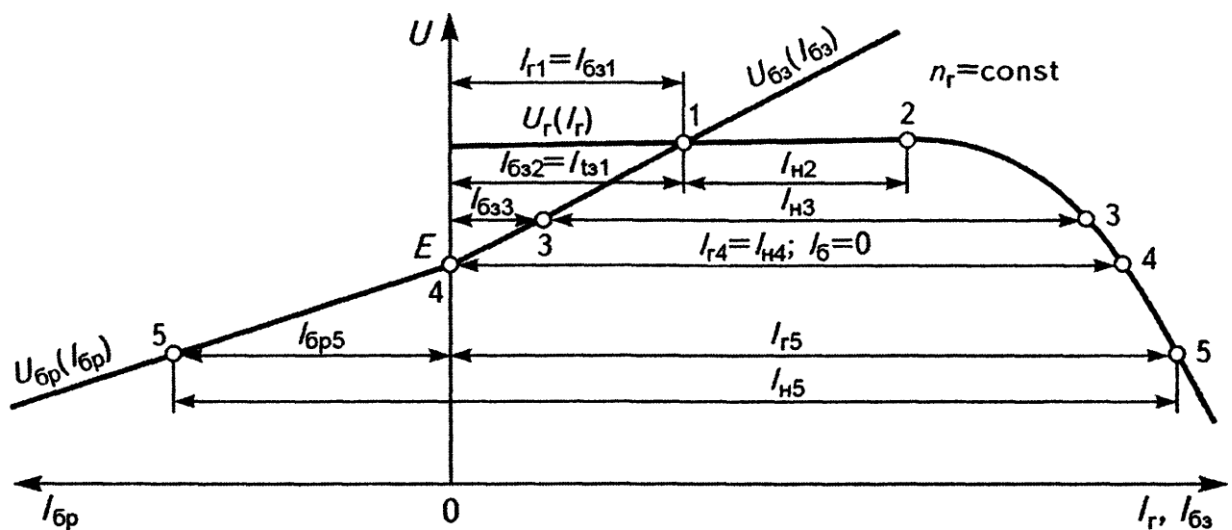


Рисунок 4.5 – Анализ совместной работы генератора и аккумуляторной батареи по внешним характеристикам генератора и зарядно-разрядной характеристике батареи

Возрастание нагрузки приводит к тому, что напряжение генератора становится ниже регулируемого, но оно остается выше ЭДС батареи  $E_b < U_g < U_{рег}$  (точка 3). В этом случае также генератор питает нагрузку и заряжает батарею:  $I_g = I_{бз} + I_n$ , но зарядный ток уменьшается.

Нагрузка возросла до значения, при котором  $U_g = E_b$ . При этом весь ток генератора идет в нагрузку. Ток заряда отсутствует:  $I_g = I_n$ ;  $I_{бз} = 0$  (точка 4).

Дальнейшее возрастание нагрузки приводит к тому, что напряжение генератора становится ниже ЭДС батареи, и она питает нагрузку совместно с генератором:  $I_n = I_g + I_{бр}$  (точка 5).

При учете падения напряжения в соединительных проводах между генератором и батареей напряжение генератора будет линейно уменьшаться с увеличением тока генератора, что приведет к разряду батареи при напряжении генератора большем, чем ЭДС батареи. Поэтому в эксплуатации необходимо следить за состоянием соединительных проводов и их клеммных соединений.

Зарядный ток батареи можно также увеличить или уменьшить за счет изменения регулируемого напряжения. Факторы, приводящие к увеличению внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи (понижение температуры, увеличение износа батареи, уменьшение емкости), приводят к уменьшению зарядного тока, так как зарядная характеристика при этом будет изменяться более круто.

Из приведенного анализа совместной работы двух источников электроэнергии автомобиля ясно, что существуют режимы, когда аккумуляторная батарея отдает накопленную энергию потребителям; в то же время она восстанавливает ее, когда генератор обеспечивает подзаряд батареи.

Интенсивность этого подзаряда зависит от частоты вращения генератора и тока нагрузки. При этом мощность установленного генератора должна быть такой, чтобы был обеспечен положительный зарядный баланс аккумуляторной батареи, т. е. количество электричества, полученное при заряде, должно полностью компенсировать количество электричества, отданное при разряде.

## 5 Порядок выполнения работы

Проверку совместной работы автомобильного генератора, аккумуляторной батареи и регулятора напряжения осуществляют путем подключения его к испытательному стенду ГУ-ТЭРА по схеме, представленной на рисунке 5.1.

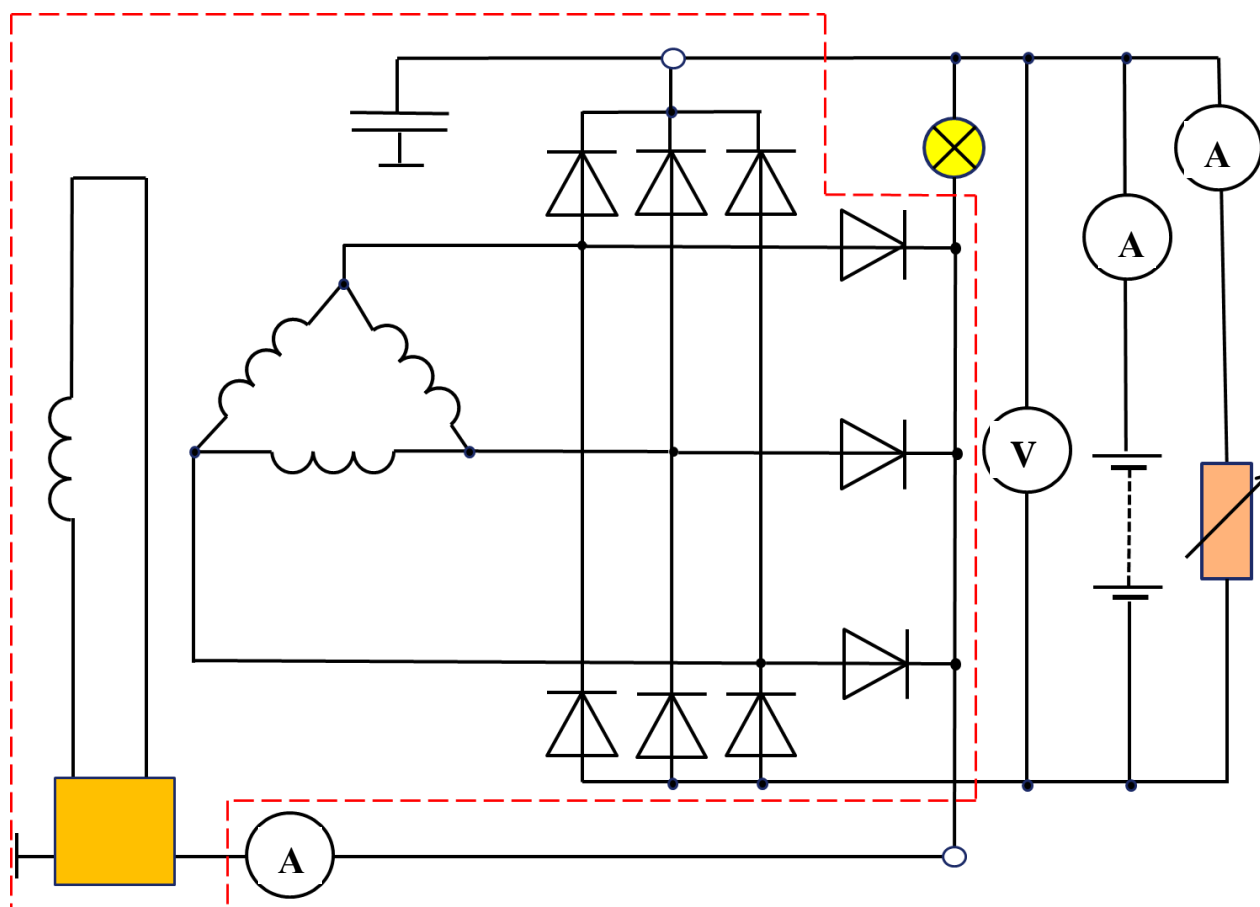


Рисунок 5.1 – Электрическая схема испытания генератора

Для проведения испытания системы электроснабжения рукоятку нагрузки устанавливают в среднее положение (по указанию преподавателя), тумблеры ввода неисправностей – в нижнее, выключатель стенда и выключатель аккумуляторной батареи в нижнее положение.

Порядок проведения испытания следующий:

1. Подключают аккумуляторную батарею и записывают значения напряжения бортовой сети, силы тока обмотки возбуждения генератора и силы тока аккумуляторной батареи в таблицу по форме таблицы 5.1.

2. Включают питание стенда, при этом приводной двигатель начинает работать, обеспечивая вращение вала ротора испытываемого генератора.

3. Устанавливают частоту вращения по тахометру, примерно соответствующую  $800 - 1000 \text{ мин}^{-1}$ . Записывают показания вольтметра, амперметров в цепи обмотки возбуждения, аккумуляторной батареи и генератора, а также тахометра в таблицу по форме таблицы 5.1.

4. Затем, увеличивая частоту вращения ротора, снимают еще несколько точек характеристики системы электроснабжения, занося показания приборов в таблицу 5.1.

5. По данным таблицы 5.1 строят характеристики системы электроснабжения, вид которых показан на рисунке 5.2.

Таблица 5.1 – Характеристики системы электроснабжения

<b>Параметры</b>	<b>Результаты измерений</b>						
Частота вращения, $n, \text{мин}^{-1}$	0	800	1000	1200	1400	1600	1800
Напряжение бортовой сети, $U_b, \text{В}$							
Ток аккумуляторной батареи, $I_b, \text{А}$							
Ток обмотки возбуждения, $I_v, \text{А}$							
Ток генератора, $I_g, \text{А}$							
Мощность генератора, $P_g, \text{Вт}$							
КПД, $\eta, \text{о.е.}$							

Мощность генератора, Вт, вычисляется по формуле:

$$P_{Г} = I_{Г} \cdot U_{Г} \quad (1)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) генератора:

$$\eta = I_{Н} / I_{Г} , \quad (2)$$

где  $I_{Н}$  – полезный ток нагрузки, А.

$$I_{Н} = I_{Г} - I_{Б} - I_{В} \quad (3)$$

При вычислении тока нагрузки следует учитывать знак тока  $I_{Б}$ .

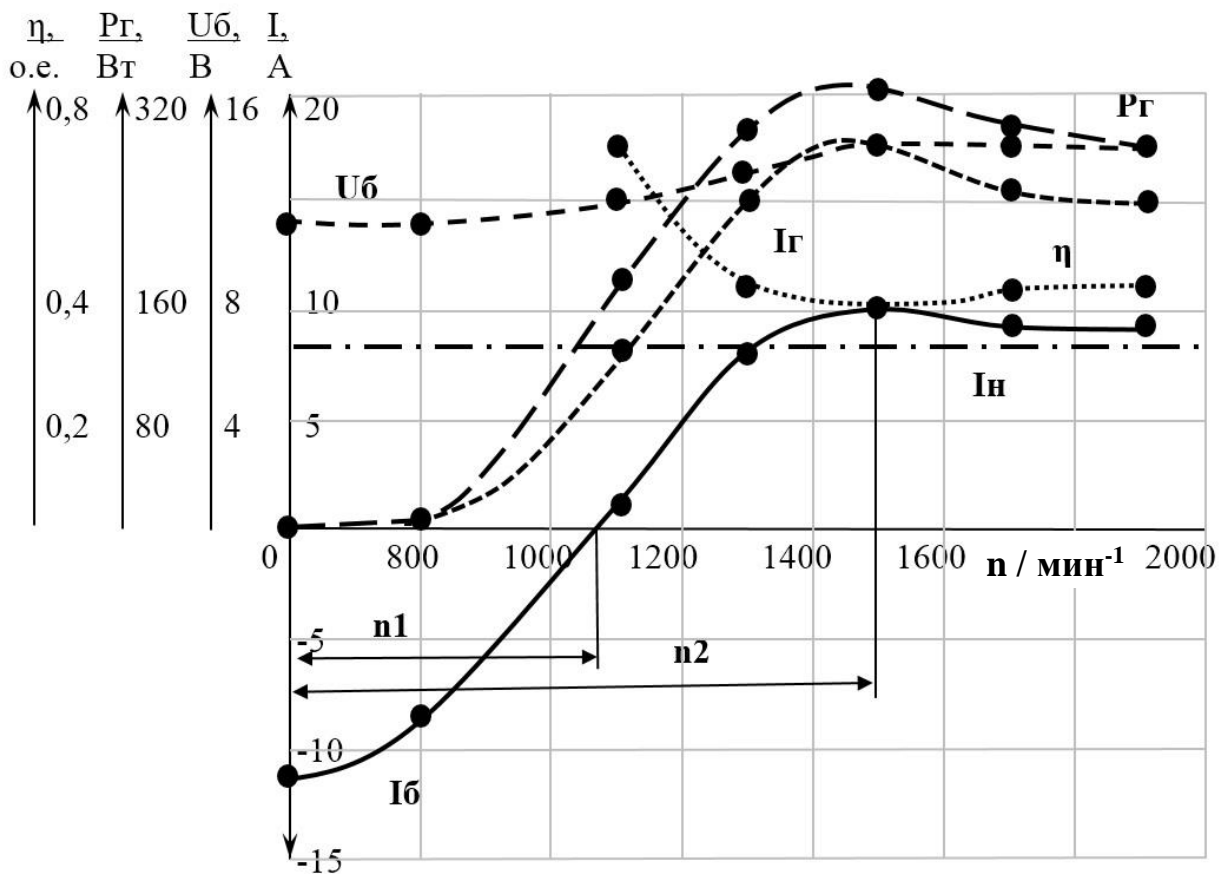


Рисунок 5.2 – Характеристики системы электроснабжения

## 5.1 Исследование внешней характеристики генератора

Для проведения анализа зарядного баланса необходимо исследовать внешнюю характеристику автомобильного генератора и зарядно-разрядную характеристику аккумуляторной батареи [2].

Для исследования внешней характеристики генератора рукоятку нагрузки устанавливают в крайнее левое положение, тумблеры ввода неисправностей – в нижнее, выключатель стенда и выключатель аккумуляторной батареи в нижнее положение.

Порядок проведения исследования следующий:

1. Включают питание стенда, при этом приводной двигатель начинает работать, обеспечивая вращение вала ротора испытываемого генератора.
2. Подключают аккумуляторную батарею, тем самым обеспечивая возбуждение генератора и выработку им электроэнергии.
3. Устанавливают частоту вращения по тахометру, примерно соответствующую 14 В напряжения генератора (при работе без регулятора напряжения) или 13 В (при работе с регулятором напряжения). Записывают показания вольтметра и амперметра в цепи генератора в таблицу по форме таблицы 5.2.
4. Затем переводят рукоятку нагрузки в следующие положения по часовой стрелке и записывают показания приборов в таблицу 5.2.
5. По данным таблицы 5.2 строят внешнюю характеристику генератора, вид которой показан на рисунке 5.3.

Таблица 5.2 – Внешняя характеристика генератора при  $n = \text{const}$

Параметры	Результаты измерений					
Напряжение генератора, $U_g$ , В						
Ток генератора, $I_g$ , А						
Мощность генератора, $P_g$ , Вт						

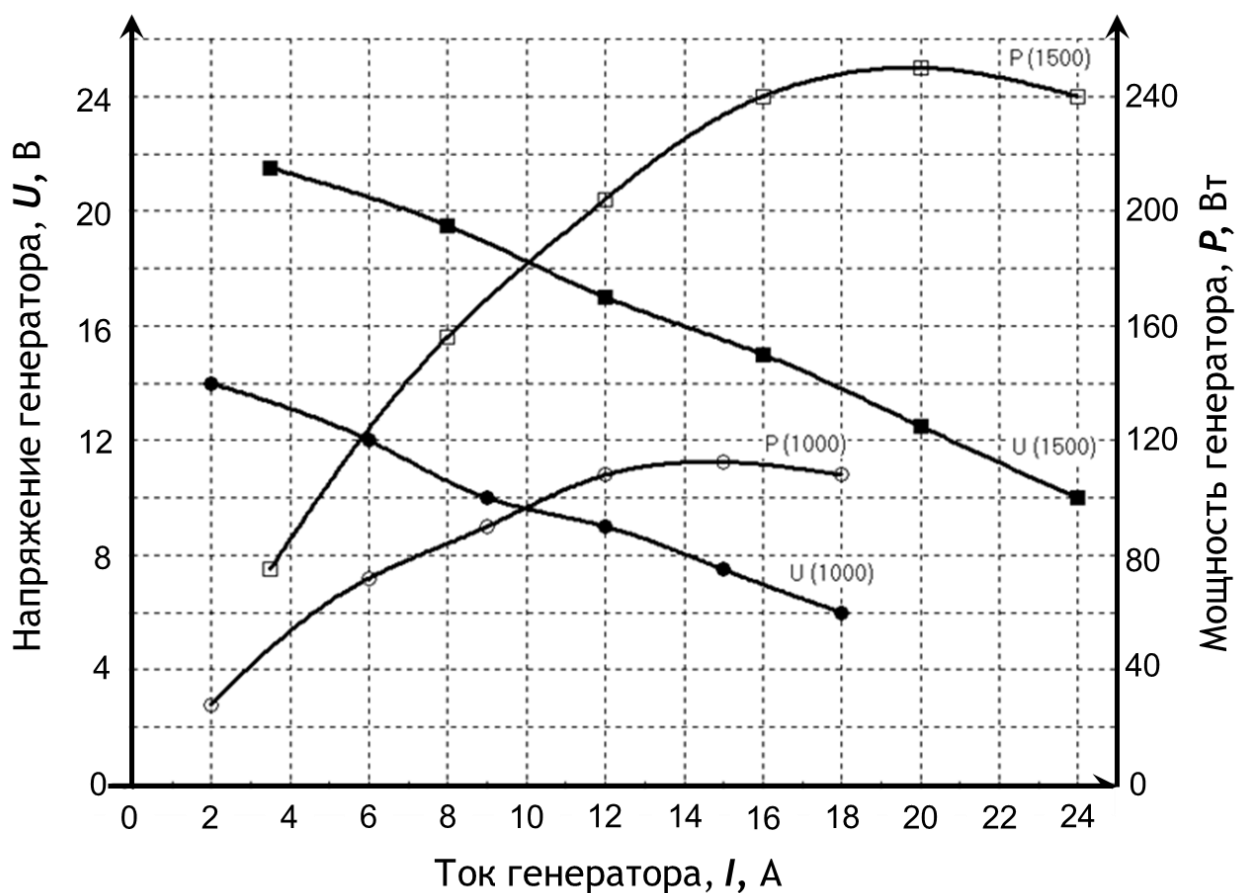


Рисунок 5.3 – Внешние характеристики генератора

## 5.2 Анализ полученных результатов

При анализе характеристик системы электроснабжения (рисунок 5.2) необходимо обратить внимание на две точки: точку, в которой ток



аккумуляторной батареи переходит через ноль, становясь положительным (начинается заряд батареи генератором) и точку, в которой начинается снижение тока обмотки возбуждения (регулятор напряжения вступает в действие).

В выводе необходимо отразить, какая частота вращения ротора генератора соответствует первой и второй характерной точке.

При анализе совместной работы автомобильного генератора, регулятора напряжения и аккумуляторной батареи (рисунок 4.5) необходимо определить:

- максимальный ток заряда аккумуляторной батареи (пересечение внешней характеристики генератора и зарядной характеристики батареи в точке 1 рисунка 4.5);

- максимальный ток отдачи генератора, соответствующий точке 4 рисунка 4.5;

- максимальный ток нагрузки, отдаваемый потребителям, соответствующий точке 5 рисунка 4.5.

## **6 Контрольные вопросы**

1. Дайте определение системы электроснабжения автомобиля.
2. Что входит в систему электроснабжения?
3. Что такое зарядный баланс? От какие факторов он зависит?
4. Что называют скоростной регулировочной характеристикой генератора? Изобразите ее.
5. Что называют внешней характеристикой генератора? Изобразите ее.
6. Что называют токоскоростной характеристикой генератора? Изобразите ее.

7. Как проводится анализ совместной работы генератора и аккумуляторной батареи?
8. Перечислите характерные точки совмещенной характеристики генератора и аккумуляторной батареи.
9. В каком случае происходит прогрессивный разряд аккумуляторной батареи?
10. При каких условиях весь ток генератора идет на снабжение потребителей?
11. Какие частоты вращения ротора генератора характерны для движения в городском цикле?
12. Какие частоты вращения ротора генератора характерны для движения в загородном цикле?
13. Объясните процедуру исследования работы системы электроснабжения.
14. Какие характерные точки можно выделить на зависимостях токов и напряжения системы электроснабжения?
15. Почему КПД генератора при низких частотах вращения может быть больше единицы?
16. Как получить разрядно-зарядную характеристику аккумуляторной батареи?
17. Почему внешняя характеристика генератора сильно зависит от частоты вращения ротора генератора?
18. Как определить максимальный ток отдачи генератора для заданных условий?
19. Как определить максимальный ток нагрузки, обеспечиваемый системой электроснабжения?
20. Как определить максимальный ток заряда аккумуляторной батареи от генератора?

## Список использованных источников

1. Пузаков, А.В. Расчет элементов и систем электрооборудования автомобилей: методические указания / А.В. Пузаков. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 78 с.
2. Пузаков, А.В. Оценка технического состояния стартерных аккумуляторных батарей: методические указания / А.В. Пузаков, А.М. Федотов. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 70 с.
3. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / В.Е. Ютт – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 440 с.
4. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для вузов / Ю. П. Чижков – М.: Машиностроение, 2007. – 656 с.
5. Волков, В.С. Электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. С. Волков – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 384 с.
6. Набоких, В.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. А. Набоких. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.
7. Автомобильный справочник: пер. с англ. ООО «СтарСПб». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
8. Bosch Автомобильная электрика и электроника; под редакцией Конрада Райфа; перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». – М.: ООО «Издательство «За рулем», 2014. – 616 с.
9. Соснин, Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей: учебник для вузов / Д.А. Соснин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015 – 416 с.

10. Пузаков, А.В. Оценка технического состояния системы электроснабжения автомобилей /А.В. Пузаков, А.М. Федотов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 103 с.

11. Пузаков, А.В. Системы электроснабжения автомобилей: учебное пособие / А.В. Пузаков, М.И. Филатов. – Оренбург: Университет. – 2018. – 336 с.

12. Пузаков, А.В. Оценка технического состояния автомобильных генераторов: методические указания / А.В. Пузаков. – Оренбург: ОГУ. – 2018. – 40 с.

13. Пузаков, А.В. Исследование работы стартерной аккумуляторной батареи: методические указания / А.В. Пузаков. – Оренбург: ОГУ. – 2018. – 38 с.

# Приложение А (рекомендуемое)

## Бланк лабораторной работы

### Анализ работы системы электроснабжения автомобиля

**А.1 Цель работы:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Модель генератора: \_\_\_\_\_

Модель регулятора напряжения: \_\_\_\_\_

Модель аккумуляторной батареи: \_\_\_\_\_

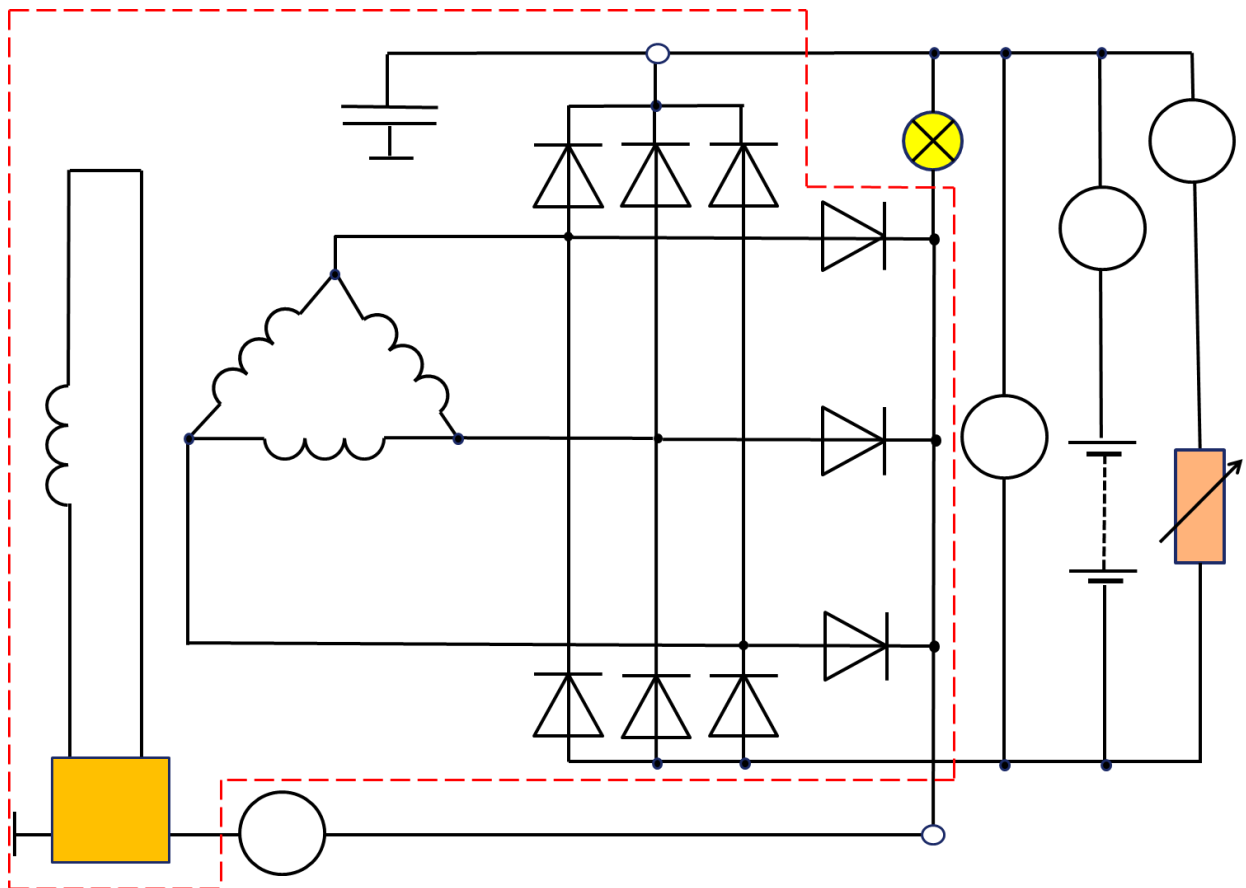


Рисунок А.1 – Схема испытания автомобильного генератора

## А.2 Испытание системы электроснабжения

Таблица А.1

Параметры	Результаты измерений						


Рисунок А.2 – Характеристики системы электроснабжения автомобиля

### А.3 Исследование внешних характеристик генератора

Таблица А.2 – Внешняя характеристика генератора при  $n = \text{const}$

<b>Параметры</b>	<b>Результаты измерений</b>					
Напряжение генератора, $U_g$ , В						
Ток генератора, $I_g$ , А						
Мощность генератора, $P_g$ , Вт						


Рисунок А.3 – Внешние характеристики генератора

## **А.4 Исследование совместной работы генератора и аккумуляторной батареи**

Таблица А.3

Параметры		Результаты измерений					
Разряд батареи							
Заряд батареи							


Рисунок А.4 – Совместная работа генератора и аккумуляторной батареи

## **А.5 Выводы и анализ полученных результатов**

---

---

---

---

---

---