

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра вагонов

Э. А. ЛИСИЧКИН, Н. А. ЯСЬКО

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Лабораторный практикум

Гомель 2019

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра вагонов

Э. А. ЛИСИЧКИН, Н. А. ЯСЬКО

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*Одобрено советом механического факультета в качестве
лабораторного практикума для студентов специальности 1-37 02 02
«Подвижной состав железнодорожного транспорта»*

Гомель 2019

УДК 629.45 : 621.331
ББК 39.24
Л63

Рецензент – доцент кафедры «Локомотивы» канд. техн. наук, доцент
С. Я. Френкель (БелГУТ)

Лисичкин, Э. А.

Л63 Электрооборудование пассажирских вагонов : лабораторный практикум / **Э. А. Лисичкин**, Н. А. Ясько ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 26 с.
ISBN 978- 985-554-819-6

Изложены теоретические основы и методика проведения лабораторных работ.

Предназначено для студентов специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта» специализации «Вагоны» при изучении курса «Электрооборудование пассажирских вагонов».

УДК 629.45 : 621.331
ББК 39.24

ISBN 978-985-554-819-6

© **Лисичкин Э. А.**, Ясько Н. А., 2019
© Оформление. БелГУТ, 2019

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед выполнением очередной работы студент обязан изучить данные, методические указания и знать теорию вопроса изучаемого раздела курса «Электрооборудование пассажирских вагонов». По окончании работы студент составляет и защищает отчет, отвечает на вопросы, содержащиеся в методических указаниях по каждой лабораторной работе.

До начала лабораторных работ студент должен получить инструктаж по мерам безопасности при работе с электрическим оборудованием и контрольно-измерительными приборами и обязательно расписаться в специальном журнале.

При выполнении работы от студентов требуются высокая организованность, дисциплинированность, неукоснительное выполнение мер безопасности и указаний преподавателя или лаборанта. Запрещается без разрешения преподавателя производить монтаж и демонтаж схем, включение электрических машин и стендов, приводить в действие пускорегулирующую аппаратуру, снимать ограждения для доступа к оборудованию.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАГОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ТИПА ГСВ

Цель работы. Изучить конструкцию, принцип действия и основные характеристики генератора переменного тока ГСВ-8Е.

1 Краткие сведения из теории

Вагонный генератор ГСВ-8Е является генератором трехфазного переменного тока индукторного типа. В отличие от синхронного генератора он не имеет обмоток на роторе и колец со щетками для подвода к нему тока. Ротор снабжен шестью выступами и шестью впадинами, образующими полюса машины.

Сердечник статора имеет пазы, в которых уложены основная и дополнительная трехфазные силовые обмотки. Основная обмотка соединена всегда по схеме звезда, а дополнительная может быть соединена по схеме звезда или треугольник (рисунок 1).

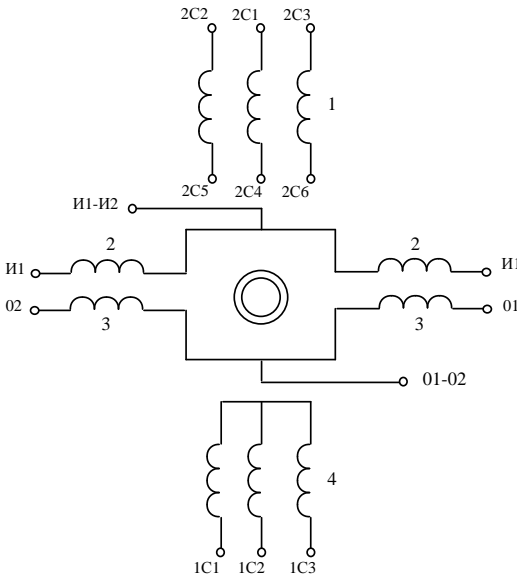


Рисунок 1 – Схема обмоток генератора ГСВ-8Е:

- 1 – дополнительная обмотка;
- 2 – параллельная обмотка возбуждения;
- 3 – последовательная обмотка возбуждения;
- 4 – основная трехфазная обмотка

Обмотки возбуждения также неподвижны и выполнены в виде двух кольцевых катушек, укрепленных в гнездах подшипниковых щитов. Магнитные потоки Φ , созданные катушками возбуждения, замыкаются внутри машины по ее элементам.

При вращении ротора поток, проходящий через каждый зубец статора, будет пульсировать от Φ_{\min} до Φ_{\max} , так как магнитное сопротивление этому потоку будет изменяться в зависимости от того, что находится против зубца статора – выступ или впадина ротора. Вследствие этого в трехфазных обмотках, охватывающих зубцы статора, будет индуцироваться ЭДС.

Основные эксплуатационные свойства генератора определяются следующими характеристиками:

Холостого хода генератора – это зависимость его ЭДС E от тока возбуждения I_b при постоянной частоте вращения. Она показывает, как должна уменьшаться величина тока возбуждения, необходимая для получения заданной ЭДС, при увеличении частоты вращения в режиме холостого хода.

Внешняя представляет собой зависимость напряжения генератора U_r от тока нагрузки I_n при неизменной частоте вращения n и неизменном сопротивлении R_b цепи возбуждения. Эта зависимость позволяет определить такой участок характеристики, на котором достигается устойчивая работа генератора. Характеристика снимается для различных частот вращения якоря.

Регулировочные определяются также для различных частот вращения и представляют собой зависимости тока возбуждения I_b от тока нагрузки I_n при неизменном напряжении U_r и постоянной частоте вращения якоря n . Эта характеристика показывает, как надо изменять ток в обмотке возбуждения генератора, чтобы напряжение его было постоянным.

Скоростная регулировочная (эксплуатационная) – это зависимость тока возбуждения I_b от частоты вращения n при постоянном напряжении U_r на зажимах генератора и неизменном токе нагрузки I_n . Обычно ее снимают для номинального напряжения при холостом ходе и номинальной нагрузке. По таким двум зависимостям можно установить диапазон изменения тока возбуждения для поддержания стабильного напряжения на нагрузке.

Короткого замыкания представляет собой зависимость тока короткого замыкания I_k (сопротивление нагрузки $R_n = 0$) от тока возбуждения I_b при постоянной частоте вращения n ротора и напряжения на зажимах генератора $U_r = 0$.

Нагрузочная – это зависимость напряжения машины U_r от тока возбуждения I_b при постоянных токе нагрузки I_n и частоте вращения n .

В индукторном генераторе реакция якоря оказывает весьма значительное размагничивающее воздействие. Для предотвращения резкого снижения напряжения в генераторах типа ГСВ предусмотрена последовательная обмотка возбуждения. Ее магнитный поток с возрастанием нагрузки будет усиливать магнитный поток машины, тем самым компенсируя снижение напряжения генератора от действия реакции якоря.

Недостатком генератора является наличие большой длины магнитного потока (ротор, оба подшипниковых щита, корпус и два воздушных зазора), что приводит к потерям в машине и требует больших размеров обмоток возбуждения. По этим причинам создание индукторных генераторов большой мощности весьма затруднительно.

2 Оборудование и приборы

- 1 Генератор переменного тока ГСВ-8Е.
- 2 Выпрямитель ВСА-5К.
- 3 Двигатель постоянного тока.
- 4 Реостат регулировочный – 3 шт.
- 5 Вольтметр постоянного тока на 75 В.
- 6 Амперметр постоянного тока на 150 А.
- 7 Амперметр постоянного тока на 3 А.
- 8 Реостат нагрузочный.
- 9 Тахометр.

3 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с устройством генератора типа ГСВ на разобранной модели и записать его технические данные.
- 2 Собрать схему (рисунок 2).
- 3 Произвести пробный пуск двигателя M . По указанию преподавателя установить регулировочными реостатами $R_{\text{рег}}$ частоту его вращения, соответствующую номинальной частоте вращения испытуемого генератора, которая во время испытаний по пп. 4–7 остается постоянной.

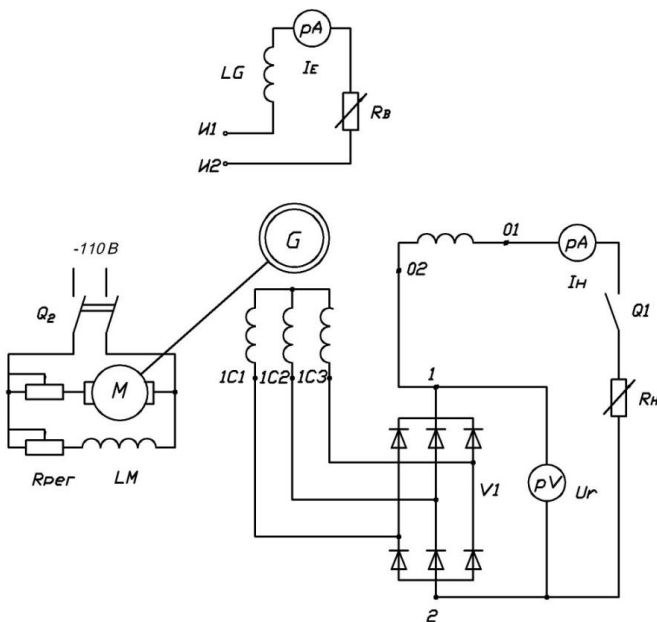


Рисунок 2 – Электрическая схема испытания генератора ГСВ-8Е:
(дополнительная трехфазная обмотка генератора не показана)

4 Снять характеристику холостого хода генератора. Для этого выключателем $Q1$ отключить нагрузку R_n . Присоединить клемму $И1$ к «+», а клемму $И2$ – к «-» источника постоянного тока. Уменьшая сопротивление R_b , увеличивать ток возбуждения I_b . Фиксировать значения величины I_b , U_r и занести в таблицу 1.

Таблица 1

Номер опыта	I_b , А	U_r , В	Примечание
1			$I_n = 0$
2			
...			
6			

5 Снять характеристику короткого замыкания генератора. Включить выключатель $Q1$, установить сопротивление нагрузки $R_n = 0$. Ток возбуждения I_b увеличить от нуля до такого значения, при котором ток короткого замыкания на 20 % превысит величину номинального тока генератора, т. е. $I_k = I_n = 1,2 I_{ном}$. Результаты измерений I_b и I_k занести в таблицу 2.

Таблица 2

Номер опыта	I_b , А	I_k , А	Примечание
1			$R_n = 0$
2			
...			$U_r = 0$
6			

6 Снять регулировочную характеристику машины. В схеме п. 5 установить максимальное сопротивление нагрузки R_n . Затем, уменьшая это сопротивление, изменять ток нагрузки I_n . Напряжение генератора путем изменения тока возбуждения I_b поддерживать постоянным, равным 50 В. Записывать значения I_n , I_b в таблицу 3.

Таблица 3

Номер опыта	I_n , А	I_b , А	Примечание
1			
2			
...			
6			

Таблица 4

Номер опыта	I_b , А	U_r , В	Примечание
1			
2			
...			
6			

7 Снять нагрузочную характеристику генератора. В схеме п. 6 установить номинальный ток нагрузки $I_H = I_{\text{ном}}$ при номинальном напряжении $U_r = U_{\text{ном}}$. Затем уменьшать сопротивление нагрузки R_H . Поддерживать ток нагрузки постоянным путем изменения тока возбуждения I_B . Результаты измерений величин U_r и I_B занести в таблицу 4.

8 Снять скоростную регулировочную характеристику генератора. В схеме п. 7 установить номинальную нагрузку, т. е. $I_H = I_{\text{ном}}$ и $U_r = U_{\text{ном}}$ при минимальной частоте вращения электродвигателя M увеличивать частоту вращения n ротора, изменением тока возбуждения I_B , поддерживая напряжение генератора постоянным. Записывать значения I_B и n в таблицу 5.

Таблица 5

Номер опыта	I_B , А	n , 1/мин	Примечание
1			$I_H = \text{const}$
2			
...			$U_r = \text{const}$
6			

9 Снять внешнюю характеристику машины. В схеме (рисунок 2) клемму $И1$ присоединить к клемме 1, а клемму $И2$ – к клемме 2. Включить электродвигатель M . Установить номинальную частоту вращения n генератора и максимальное сопротивление нагрузки R_H . Установить номинальное напряжение $U_r = U_{\text{ном}}$. Величина сопротивления R_B в процессе испытания остается постоянной. Уменьшая сопротивление нагрузки R_H , фиксировать значения U_r , I_H , I_B . Результаты опытов занести в таблицу 6.

10 По данным таблиц 1–6, построить графики зависимостей соответственно $U_r = f(I_B)$, $I_k = f(I_B)$, $I_B = f(I_H)$, $I_B = f(n)$, $U_r = f(I_H)$.

Таблица 6

Номер опыта	I_H , А	U_r , В	I_B , А	Примечание
1				
2				
...				
6				

Содержание отчета

Тема занятий; дата проведения работы; цель работы; номинальные данные генератора; электрическая схема испытаний; таблицы с результатами измерений; графические зависимости согласно пп. 10–15; выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Основные узлы генератора переменного тока типа ГСВ.
- 2 Чем отличается синхронный генератор индукторного типа от обычных синхронных машин переменного тока?
- 3 Каким образом замыкаются магнитные потоки в генераторе типа ГСВ?
- 4 Как создается переменное магнитное поле, пересекающее трехфазные обмотки статора?
- 5 Сколько магнитных полюсов имеет генератор?
- 6 Где расположены обмотки возбуждения генератора?
- 7 Какое назначение обмоток возбуждения машины?
- 8 Какие характеристики определяют свойства вагонного генератора переменного тока?
- 9 В чем недостатки генераторов трехфазного переменного тока типа ГСВ?

Лабораторная работа № 2

ИСПЫТАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТИПА ПСЖ-2

Цель работы. Изучить устройство, принцип действия и характеристики преобразователя постоянного тока в переменный типа ПСЖ-2, произвести проверку его технических характеристик.

1 Краткие сведения из теории

Преобразователь серии ПСЖ-2 предназначен для питания потребителей переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц, установленных в пассажирских вагонах с кондиционированием воздуха и имеющих систему электроснабжения на постоянном токе напряжением 110 В.

Диапазон регулирования и точность поддержания выходного напряжения обеспечивают возможность работы преобразователя от бортовой сети вагона при изменении питающего напряжения в пределах 83–147 В.

В преобразователе предусмотрены защиты от повышения входного напряжения свыше 147 В, понижения входного напряжения ниже 83 В, перегрузок и коротких замыканий по выходу, повышения температуры силового блока свыше 70 °С. При достижении входным напряжением установленных значений пределов защиты автоматически восстанавливаются. В преобразователе не обеспечена защита от неправильного подключения полярности питающей сети. Поэтому перед присоединением цепи постоянного тока от сети необходимо проверить полярность напряжения. Охлаждение преобразователя воздушное принудительное.

Основные технические характеристики преобразователя:

- номинальное значение входного напряжения, В 110
- отклонение напряжения питающей сети, В 83–147
- номинальное значение выходного напряжения, В 220

– точность поддержания выходного напряжения, В	± 11
– номинальное значение частоты выходного переменного напряжения, Гц	50
– точность поддержания частоты выходного переменного напряжения, Гц	$\pm 1,0$
– масса, кг.....	38

2 Оборудование и приборы

- 1 Преобразователь типа ПСЖ-2.
- 2 Вольтметр постоянного тока на 150 В.
- 3 Вольтметр переменного тока на 250 В.
- 4 Амперметр постоянного тока на 150 А.
- 5 Амперметр переменного тока на 75 А.
- 6 Частотомер.
- 7 Набор люминесцентных ламп.
- 8 Выключатели и розетки.

Схема лабораторного стенда изображена на рисунке 1. Питание стенда производится от регулятора напряжения, подключенного к сети переменного тока через выпрямитель.

3 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с устройством преобразователя и схемой его включения на лабораторном стенде (см. рисунок 1).

2 Рубильником $Q2$ включить питание преобразователя от сети постоянного тока.

3 Обратит внимание на зажигание индикаторных светодиодов «Защита» и «Питание». Через 5–10 секунд индикатор «Защита» гаснет и на вольтметре панели преобразователя отображается выходное напряжение переменного тока.

4 Включить автоматический выключатель, расположенный на панели преобразователя. По вольтметру $PV1$ убедиться в подаче напряжения потребителям переменного тока.

5 Выключателем $Q1$ включить люминесцентные лампы. Установить входное напряжение $U_2 = 110$ В.

6 Уменьшая входное напряжение U_2 до 80 В ступенями через 5 В, фиксировать значения показаний приборов. Обратит внимание на срабатывание защиты от понижения входного напряжения. Результаты опытов занести в таблицу 1.

7 Увеличивая входное напряжение U_2 до 150 В ступенями через 5–10 В, фиксировать значения показаний приборов. Обратит внимание на срабатывание защиты от повышения входного напряжения. Результаты опытов занести в таблицу 2.

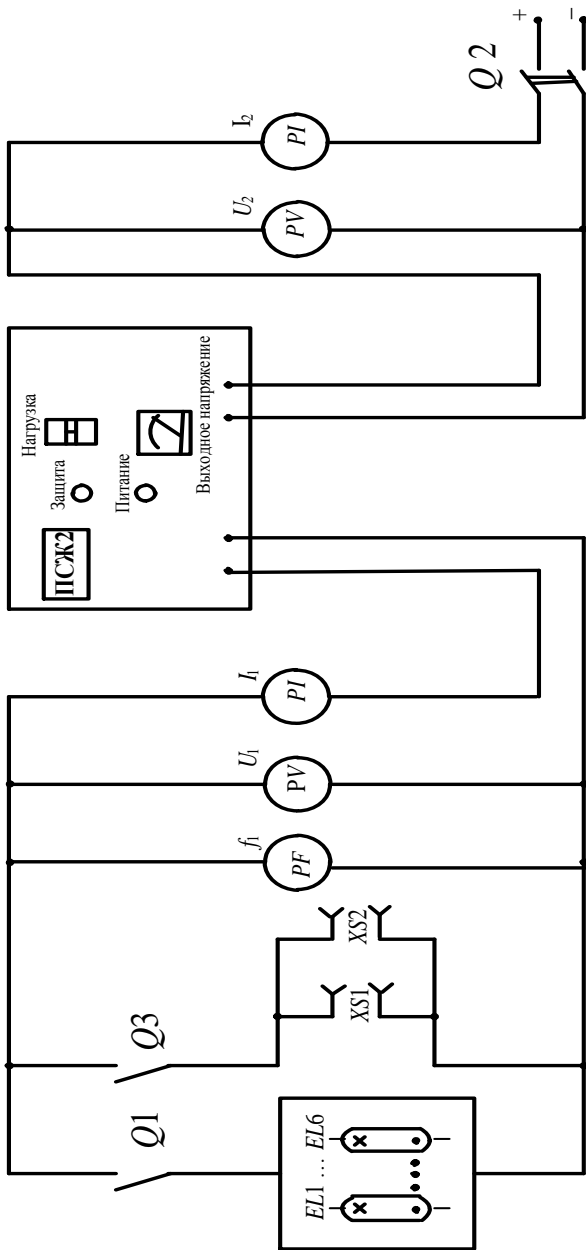


Рисунок 1 – Схема лабораторного стенда

Таблица 1

Номер опыта	U_1 , В	I_1 , А	f_1 , Гц	U_2 , В	I_2 , А	Примечание
1				110		
2				105		
3				100		
4				95		
5				90		
6				85		
7				80		

Таблица 2

Номер опыта	U_1 , В	I_1 , А	f_1 , Гц	U_2 , В	I_2 , А	Примечание
1				110		
2				120		
3				130		
4				135		
5				140		
6				145		
7				150		

8 По данным таблиц 1 и 2 построить графики зависимостей

$$U_1=f(U_2), f_1=f(U_2).$$

9 Сделать анализ полученных зависимостей.

Содержание отчета

Тема занятий; дата проведения работы; цель работы; схема стенда; таблицы с результатами опытов и вычислений; графические зависимости согласно п. 8; выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Какое назначение преобразователя ПСЖ-2?
- 2 Какое назначение приборов, установленных на лицевой панели?
- 3 В каких пределах изменения входного напряжения работает преобразователь?
- 4 Какова точность поддержания выходного напряжения?
- 5 Какова погрешность частоты выходного напряжения?
- 6 Какие виды защит предусмотрены в преобразователе?

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАГРЕВА БУКС С ПОЗИСТОРАМИ (СКНБП)

Цель работы. Изучить основные элементы, схему и режимы работы системы контроля нагрева роликовых букс с позисторами для пассажирских вагонов.

1 Краткие сведения из теории

Система контроля нагрева букс с позисторами (СКНБП) предназначена для контроля температуры роликовых букс пассажирских вагонов. Она состоит из блока контроля нагрева букс БКНБ (рисунок 1), размещенного в распределительном шкафу и подключенного к системе электроснабжения вагона, восьми последовательно соединенных позисторных датчиков типа 005.000, размещенных на каждой буксе, и элементов контроля и управления (сигнальная лампа, выключатель звонка, кнопка контроля исправности цепей) расположенных на лицевой панели управления ПУ распределительного шкафа. Позисторные датчики имеют корпус прижимной конструкции, что позволяет при замене тележек не отсоединять провода датчиков и не вскрывать клеммные коробки.

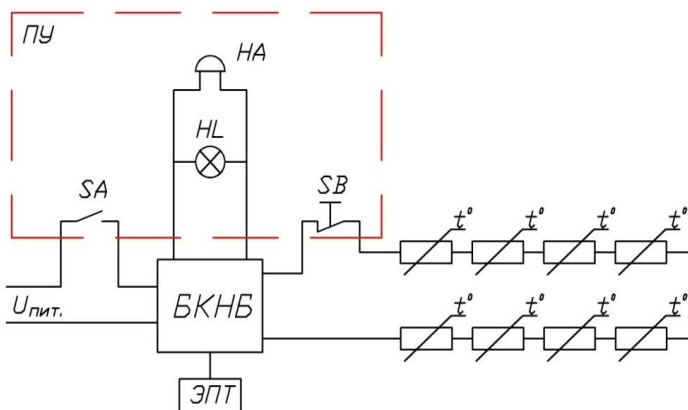


Рисунок 1 – Блок-схема СКНБП

Работа системы основана на принципе контроля величины суммарного сопротивления позисторных датчиков. Датчик представляет собой термозистор, сопротивление которого при нагреве свыше $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается в 30 и более раз. При нагреве буксы (при резком увеличении сопротивления цепи датчиков) выше $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ БКНБ выдает непрерывный световой и звуковой сигналы «перегрев». Одновременно подается питание в цепи электропнев-

матического тормоза (ЭПТ). После устранения причин, сигнал «перегрев» прекращается кратковременным отключением питания выключателем SA.

При повреждении электрической цепи датчиков (обрыв или короткое замыкание цепи, замыкание на корпус) подается прерывистый звуковой и световой сигнал «Неисправность». Этот сигнал прекращается сразу после устранения повреждения.

Соединения блока с внешними цепями производится с помощью контактных клемм (рисунок 2). Напряжение питания подается на клеммы 2 (+50 В) или 1 (+110 В) и 7 (общий минус). К клеммам 4 и 5 подключаются цепь звонка и сигнальной лампы, а к клеммам 6 и 7 – цепь с последовательно соединенными позисторными датчиками и кнопкой контроля SB. Клемма 3 предназначена для подключения цепи ЭПТ.

Блок контроля нагрева букс включает в себя: узел выявления и фиксации перегрева букс, узел выявления обрыва цепи термодатчиков, узел выявления короткого замыкания, генератор прямоугольных импульсов, и узел стабилизации питания.

Работа схемы БКНБ происходит следующим образом. В нормальном режиме работы общее сопротивление термодатчиков сравнительно невелико. В этих условиях транзистор V5 открыт, а транзисторы V7 и V4 – закрыты. Тиристор V10 и транзисторы V17 и V19 тоже находятся в закрытом состоянии. Минусовая цепь сигнальной лампы HL2 и звонка A1 отключена от минуса источника питания.

При нагреве одной (или нескольких) буксы выше 110 °С сопротивление соответствующего датчика увеличивается. В этом случае транзистор V5 еще остается открытым, кроме того открывается транзистор V7 (повышается напряжение в цепи резистора R3). Транзистор V7 отпирает тиристор V10. Через тиристор V10 к минусу источника питания подключается цепь сигнальной лампы HL2 и звонка A1. Подается напряжение на цепь ЭПТ. Одновременно открытый тиристор V10 шунтирует стабилитрон V13, что исключает возможность запуска генератора прямоугольных импульсов (транзисторы V17 и V19). Если термодатчик остынет, то сигнал «перегрев» не прекратится до тех пор, пока не будет отключено питание блока (отключение тиристора V10).

Если происходит обрыв цепи датчиков, транзистор V5 закрывается. Диод V14 прекращает подачу напряжения на базу транзистора V17. Начинает работу генератор прямоугольных импульсов. При каждом периодическом открывании транзистора V19 цепь лампы и звонка подключается к минусу источника питания. Создается прерывистый сигнал «неисправность». Время подачи сигнала определено величинами сопротивлений R11, R9 и емкости C4. После восстановления целостности цепи датчиков сигнал «неисправность» прекращается, т. к. открывается транзистор V5, а транзисторы V17 и V19 закрываются.

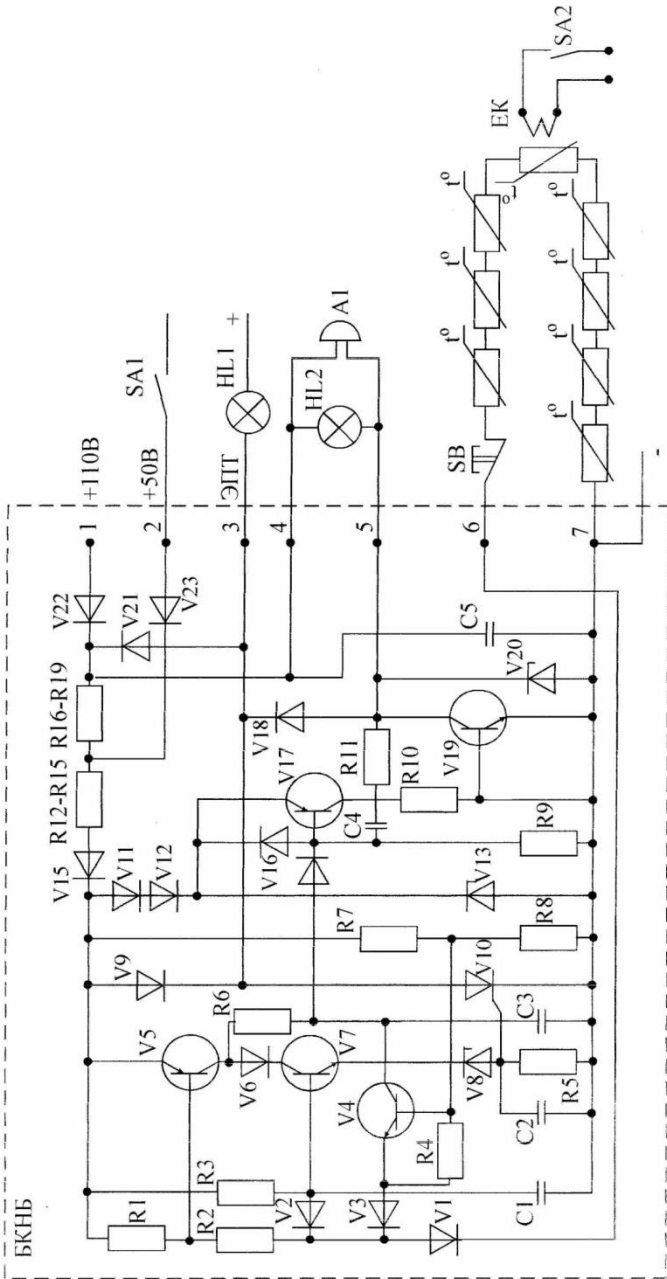


Рисунок 2 – Схема лабораторного стенда

При коротком замыкании цепи датчиков (замыкание клемм 6 и 7) транзистор V4 открывается, а диод V14 закрывается. Создаются условия для возбуждения генератора прямоугольных импульсов и подачи прерывистого сигнала «неисправность». После устранения короткого замыкания в цепи термодатчиков сигнал «неисправность» прекращается т. к. транзисторы V4, V17 и V19 закрываются и генератор прямоугольных импульсов прекращает свою работу.

2 Оборудование и приборы

- 1 Блок контроля нагрева букс.
- 2 Позисторные термодатчики типа 005.000 – 8 шт.
- 3 Цифровой омметр P380.
- 4 Электрический нагреватель.
- 5 Выпрямитель ВСА–5К.
- 6 Термометр со шкалой 150 °С.

3 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с устройством и схемой блока контроля нагрева букс.
- 2 Подключить к омметру позисторный термодатчик.
- 3 Включить нагреватель Н.
- 4 Фиксировать изменение величины сопротивления датчика через интервал температуры 20 °С в пределах 20–140 °С.
- 5 Подключить источник питания к клеммам 2 и 7.
- 6 Соединить последовательно термодатчики и подключить цепь термодатчиков к клеммам 6 и 7 в соответствии со схемой рисунка 4.
- 7 Включить нагреватель Н. Обратит внимание на срабатывание БКНБ в режиме «перегрев» и появление тока в цепи ЭПТ (загорание лампочки HL1).
- 8 Выключить нагреватель. Охладить термодатчик. Выключателем В1 произвести кратковременное отключение блока питания. Отметить восстановление работы схемы.
- 9 Нажатием кнопки K_n имитировать обрыв цепи датчиков. Фиксировать подачу звукового и светового сигнала «неисправность».
- 10 Отпустить кнопку K_n . Обратит внимание на прекращение сигнала «неисправность».
- 11 Перемычкой произвести короткое замыкание клемм 6 и 7. Фиксировать подачу звукового сигнала «неисправность».
- 12 Убрать перемычку. Обратит внимание на прекращение сигнала «неисправность».
- 13 Отключить источник питания. Разобрать схему.
- 14 По данным пункта 4 построить график зависимости $R = f(t)$.

Содержание отчета

Тема занятий; дата проведения работы; цель работы; блок-схема СКНБП; таблица с результатами опыта; график зависимости согласно п.14; выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каковы назначение и основные элементы системы контроля нагрева букс с позисторами?
- 2 Какие основные узлы БКНБ контроля нагрева букс?
- 3 Что такое позисторный датчик и его характеристика?
- 4 В чем заключается работа БКНБ при нагреве букс?
- 5 Как происходит работа БКНБ при обрыве цепи датчиков?
- 6 Как происходит работа БКНБ при коротком замыкании цепи датчиков?
- 7 Каким образом происходит восстановление работы схемы БКНБ после устранения причин, вызвавших его срабатывание?

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ВАГОННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭВ10.02.26

Цель работы. Изучить основные узлы распределительного устройства системы электроснабжения ЭВ10.02.26, режимы работы вагонной электростанции с генератором переменного тока 2ГВ.003.

1 Краткие сведения из теории

Система электрооборудования ЭВ10.02.26 установлена в некупированных вагонах без кондиционирования воздуха типа 61-425 постройки Тверского вагоностроительного завода. В ее состав входят:

- источники электрической энергии: генератор 2ГВ.003.12У1, аккумуляторная батарея 38 ТНЖ-350У2;
- пульт управления 2ПУ.040;
- ящик подвагонный 2ЯА.061, в котором размещены два блока силовых выпрямителей, магнитный усилитель, входящий в регулятор заряда аккумуляторной батареи, и резисторы тиристорной защиты;
- ящик подвагонный 2ЯА.042.05 с высоковольтной аппаратурой;
- потребители электрической энергии: электродвигатели (вентилятора, насоса отопления, водоохладителя); преобразователь люминесцентного освещения; сеть освещения лампами накаливания; нагреватели кипятильника и наливных труб; преобразователь тока для питания электробритв; высоковольтные нагреватели отопительного котла;
- подвагонные магистрали.

Потребители электрической энергии вагона питаются выпрямленным напряжением 50 ± 3 В, которое поддерживается тиристорным регулятором напряжения генератора (блок 2Б.231, см. методические указания к лабораторной работе № 2). На стоянке поезда напряжение в сети потребителей определяется состоянием аккумуляторной батареи.

Для перевода питания нагрузок с батареи на генератор и обратно используется переключающее устройство, состоящее из реле частоты и контактора. Реле

частоты является измерительным элементом устройства. При достижении определенной частоты вращения ротора генератора, а следовательно, и определенной частоты переменного тока, реле частоты срабатывает и замыкающим контактом своего исполнительного реле включает контактор. Последний своим замыкающим контактом включает аккумуляторную батарею на зарядку на суммарное напряжение основного и дополнительного выпрямителя, размыкающим контактом отключая ее от нагрузок. Обратный перевод произойдет при более низкой частоте вращения ротора генератора, что обусловлено величиной коэффициента возврата реле частоты и предохраняет переключающее устройство от звонковой работы.

Для регулирования заряда аккумуляторной батареи предусмотрен специальный регулятор. Уровень зарядного напряжения устанавливается регулятором в зависимости от температуры наружного воздуха. Этот процесс обеспечивается путем изменения тока в обмотке управления магнитного усилителя регулятора автоматически под контролем реле температуры или вручную с помощью переключателя. Необходимое зарядное напряжение устанавливается и поддерживается независимо от частоты вращения ротора генератора и величины электрической нагрузки на генератор.

С целью ограничения потребляемой мощности в схеме электроснабжения имеются блокировки, исключающие одновременную работу некоторых потребителей. При питании нагрузок от генератора при включении электрических нагревателей кипятильника автоматически отключаются двигатели насоса отопления и водоохладителя, вентилятор переводится с высокой и средней частоты вращения на низкую. Включение преобразователя люминесцентного освещения сопровождается отключением аварийного освещения. На стоянке поезда во избежание повышенного разряда аккумуляторной батареи происходит отключение нагревателей кипятильника и перевод вращения двигателя вентилятора на низкую частоту.

При отключении мощных потребителей электрической энергии (кипятильника, аккумуляторной батареи) от генератора в схеме электроснабжения появляются коммутационные перенапряжения, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на цепи потребителей. Для ограничения времени воздействия перенапряжений на потребителей в системе предусмотрена быстродействующая тиристорная защита. Принцип действия этой защиты заключается в том, что при возникновении повышенного напряжения на шинах потребителей к ним через несколько микросекунд тиристором подключается низкоомное (0,315 Ом) сопротивление. Нагрузка генератора возрастает, что приводит к снижению его выходного напряжения. Одновременно защита разрывает цепь питания обмотки возбуждения генератора, отключает аккумуляторную батарею от сети и включает аварийное освещение.

Чтобы предотвратить возможность длительного повышения напряжения, подводимого к потребителям, система электроснабжения оборудована специальной схемой защиты. Основным ее элементом является электронное реле. В случае недопустимого повышения напряжения реле может срабатывать по двум каналам. При повышении напряжения выше 60 В реле с выдержкой вре-

мени 5 с прекращает подачу тока в обмотку возбуждения генератора. Это предотвращает ложное срабатывание при коммутационных выключениях нагрузок. При повышении напряжения выше 80 В реле срабатывает без выдержки времени.

С целью исключения недопустимого разряда аккумуляторной батареи в системе предусмотрено реле пониженного напряжения (РПН). При понижении напряжения на зажимах аккумуляторной батареи ниже допустимого РПН через исполнительное реле разрывает цепи управления основных потребителей, отключая последние от батареи, включает сигнальную лампу на панели пульта и сеть освещения лампами накаливания.

При обрыве одной из фаз генератор попадает в режим перегрузки. Во избежание этого предусмотрена специальная защита от перекоса фаз, которая при нарушении симметрии выходного напряжения основной обмотки снимает возбуждение с генератора, разрывая цепь питания обмотки возбуждения и включая сигнальную лампу.

Схема имеет аварийную защиту. Она включается в аварийных ситуациях путем нажатия кнопки «Аварийная». Защита отключает источники энергии от общей сети электроснабжения, обесточивает генератор и включает аварийное освещение и сигнальные фонари на питание от аккумуляторной батареи.

Восстановление работоспособности схем защит после устранения вызвавших их срабатывание причин производится нажатием кнопки «Возврат защиты» на правой панели пульта управления.

Система электроснабжения ЭВ10.02.26 оборудована схемами контроля нагрева роликовых букс, состояния изоляции проводов, сигнализации наполнения баков водой и вызывной сигнализации.

Поскольку изучаемая система электрооборудования устанавливается на вагонах, имеющих комбинированное отопление, в схеме электроснабжения предусматривается комплекс аппаратуры для питания, защиты и управления работой высоковольтных нагревателей отопительного котла вагона.

Отличительной особенностью системы электроснабжения ЭВ10.02.26 является широкое использование полупроводниковых приборов. В устройствах автоматического регулирования и защиты использованы электронные блоки, выполненные с печатным монтажом, со штепсельными разъемами, что обеспечивает высокую надежность работы, удобство в эксплуатации и легкость замены при ремонте.

Пульт управления типа 2ПУ.040 предназначен для размещения аппаратуры управления потребителями системы и устройств автоматического регулирования источниками электроэнергии. Пульт имеет металлический каркас, обшитый стальными листами.

На лицевой стороне пульта имеются двери-панели, на которых установлены измерительные приборы, сигнальные лампы, выключатели и переключатели, кнопки, малогабаритные плавкие предохранители, которые позволяют оператору вести наблюдение за работой электрооборудования и производить замену предохранителей, не открывая двери пульта.

Аппараты и приборы на панелях размещены по функциональному назначению: на правой панели установлены аппараты защиты и контроля источников электроснабжения, на левой – потребителей.

Пакетные переключатели цепей освещения и автоматы включения двигателей насоса отопления и водоохладителя, подвагонной магистрали смонтированы на отдельной средней панели.

Нижняя лицевая часть пульта закрыта двумя дверями с жалюзи. Внутри смонтированы коммутационная аппаратура, аппаратура регулирования и защиты. Задняя часть пульта имеет доступ для осмотра аппаратов.

2 Оборудование и приборы

- 1 Генератор типа 2ГВ.003.12.
- 2 Пульт управления типа 2ПУ.040.
- 3 Подвагонный ящик 2ЯА.061.
- 4 Электродвигатель асинхронный с фазным ротором.
- 5 Вентиляционный агрегат пассажирского вагона.
- 6 Нагрузочные и регулировочные реостаты.
- 7 Набор ламп накаливания.
- 8 Тахометр.

Генератор приводится во вращение электродвигателем переменного тока. В фазы обмотки ротора двигателя включен регулировочный реостат, с помощью которого изменяется частота вращения ротора генератора. В цепь потребителей системы электроснабжения включены электродвигатель вентилятора, нагрузочные реостаты, лампы накаливания.

3 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с устройством пульта управления, изучить назначение аппаратуры на его панелях.

2 Ознакомиться с устройством подвагонного ящика 2ЯА.061.

3 Подключить генератор, аппаратуру подвагонного ящика и потребителей к пульта управления согласно схеме, имеющейся на пульте.

4 Произвести пробный пуск электродвигателя (привести во вращение ротор генератора). Регулировочным реостатом изменять частоту вращения двигателя. По вольтметру на правой панели пульта убедиться в работе регулятора напряжения (напряжение генератора остается постоянным).

5 По указанию преподавателя установить частоту вращения генератора. Тумблером «Проверка» на левой панели пульта проверить исправность цепей контроля нагрева букс. Произвести контроль состояния изоляции включением соответствующих тумблеров на правой панели. Нажать кнопки вызова на отдельном щитке стенда. Убедиться в работе вызывной сигнализации.

6 Включить группы освещения пакетными переключателями, установленными на средней панели пульта управления. Включить двигатель вентилятора.

7 Включить тумблером нагревательные элементы кипятильника. Обратить внимание на срабатывание схемы блокировки (перевод вращения электродвигателя вентилятора на низкую частоту).

8 Нажать кнопку «Проверка РМН» на правой панели пульта. Убедиться в срабатывании схемы защиты от повышенного напряжения. Восстановить работу системы с помощью кнопки «Возврат защиты».

9 Проверить действие аварийной защиты, нажимая кнопку «Аварийная». Вернуть схему в исходное состояние нажатием кнопки «Возврат защиты».

Содержание отчета

Тема занятий; дата проведения работы; цель работы; описание испытательного стенда; эскизы панелей пульта управления с указанием приборов и аппаратуры, размещенных на них; выводы по работе.

Контрольные вопросы

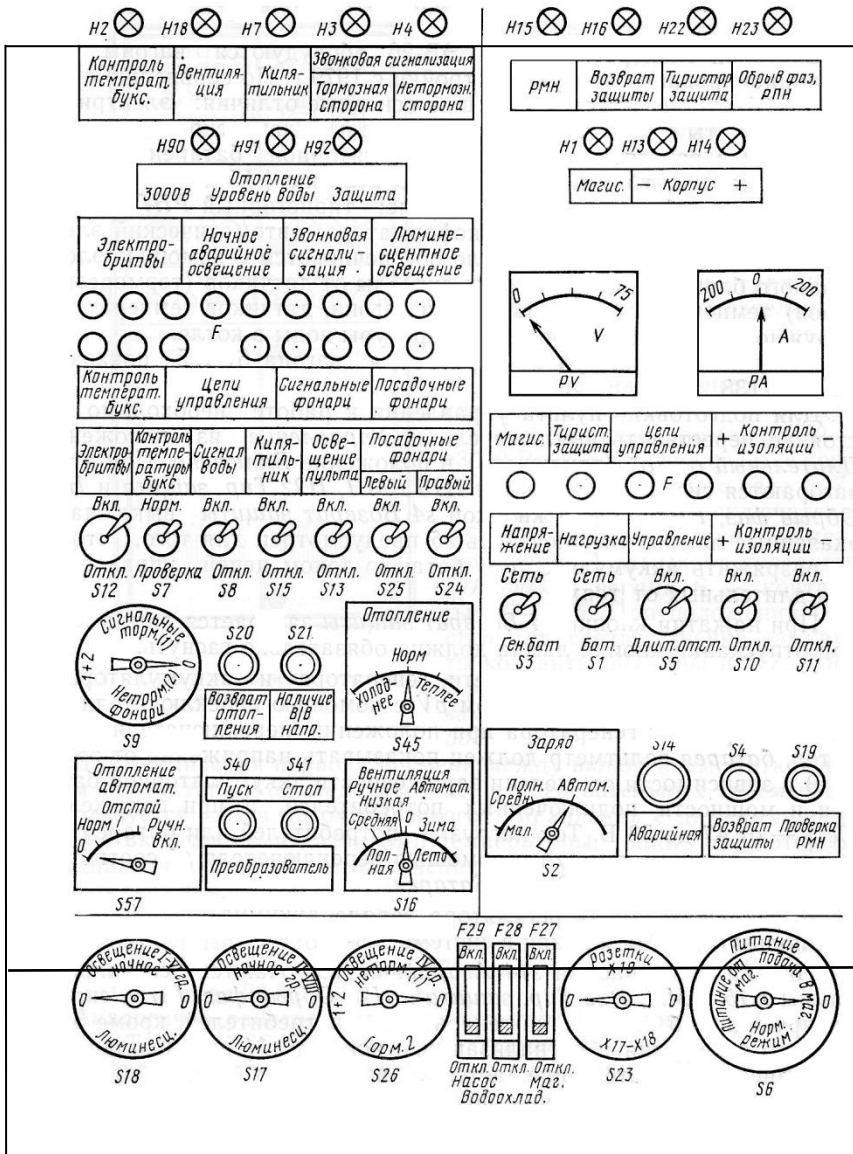
- 1 Опишите структуру системы электроснабжения вагонов ЭВ10.02.26.
- 2 В чем заключается назначение и принцип действия переключающего устройства?
- 3 Каким образом регулируется заряд аккумуляторной батареи?
- 4 С какой целью и какие блокировки применены в системе ЭВ10.02.26?
- 5 Как защищена система электроснабжения от повышенного напряжения генератора?
- 6 Каковы назначение и принцип действия тиристорной защиты?
- 7 С какой целью в систему электроснабжения включено реле пониженного напряжения?
- 8 Какова функция защиты от обрыва фаз?
- 9 Какие схемы сигнализации предусмотрены в системе ЭВ10.02.26?
- 10 Какая аппаратура установлена в подвагонном ящике 2ЯА.061?
- 11 Расскажите об устройстве пульта управления.
- 12 В чем заключается отличие системы ЭВ10.02.26 от подобных систем электроснабжения пассажирских вагонов без кондиционирования воздуха?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Зорохович, А. Е.** Электро- и радиооборудование пассажирских вагонов / А. Е. Зорохович, А.З. Либман. – М. : Транспорт, 1977. – 400 с.
- 2 **Косарев, А. А.** Электрооборудование пассажирских вагонов / А. А. Косарев. – М. : Транспорт, 1971. – 270 с.
- 3 Электрооборудование вагонов / А. Е. Зорохович [и др.]. – М. : Транспорт, 1982. – 368 с.
- 4 Электрооборудование ЭВ10.07.1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Рига : Рижский электромашиностроительный завод, 1977. – 61 с.
- 5 Электрооборудование ЭВ10.02. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Для вагона 61-425 (ЭВ10.02.26). Рига : Рижский электромашиностроительный завод, 1978. – 174 с.
- 6 Электрооборудование пассажирских вагонов модели 61-425 ЦМВО-66 / под ред. Б. Н. Ребрика. – М. : Транспорт, 1977. – 138 с.
- 7 Электрооборудование ЭВ10.02.29. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Рига : Рижский электромашиностроительный завод, 1987. – 140 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Панель управления электрооборудованием вагона с системой ЭВ10.02.26



Для подготовки пульта управления к работе необходимо на стоянке переставить выключатель *S5* «Управление» из положения «Длительный отстой» (отключено) в положение «Включено». При этом загораются сигнальные лампы *H15* «РМН», *H22* «Тиристорная защита» и *H23* «Обрыв фаз, РПН». Затем кнопкой *S4* «Возврат защиты» выключают указанные лампы. При нажатии этой кнопки загорается лампа *H16*, при отпуске кнопки лампа должна погаснуть.

Напряжение на зажимах сети, генератора и аккумуляторной батареи измеряется вольтметром *PV* с помощью переключателя *S3*. Во время работы генератора при положении переключателя «Генератор, батарея» вольтметр показывает напряжение заряда аккумуляторной батареи (55–72 В), а при неработающем генераторе – напряжение разряда (43–53 В). Ток нагрузки потребителей или заряда (разряда) батареи измеряется амперметром *PA* с помощью переключателя *S1* соответственно при положениях «Сеть» и «Батарея».

Уровень зарядного напряжения и режимы зарядки устанавливаются переключателем *S2*.

При срабатывании защиты от недопустимого повышения напряжения в сети снимается напряжение с генератора и загорается лампа *H15* «РМН». На стоянке при неработающем генераторе функционирование защиты от превышения напряжения проверяют нажатием кнопки *S19* «Проверка РМН». При исправной защите сигнальная лампа *H15* должна гореть.

При обрыве фазы работающего генератора или на стоянке при чрезмерном разряде аккумуляторной батареи горит лампа *H23* «Обрыв фаз, РПН».

Нажатием кнопки *S14* «Аварийная» приводится в действие тиристорная защита. Этой кнопкой пользуются только в аварийных ситуациях и при проверке работы тиристорной защиты.

Восстановление схем после срабатывания защит производится кнопкой *S4* «Возврат защиты».

Для включения люминесцентного освещения нажимается кнопка *S40* «Пуск» преобразователя. Преобразователь включается на холостые обороты без нагрузки. Затем рукоятки пакетных переключателей *S18* и *S17* переводятся в положение «Люминесцентное освещение» в результате чего включаются все люминесцентные лампы двух групп. Одновременно выключаются лампы накаливания аварийного освещения в люминесцентных светильниках. Остальные включаются переключателем *S26*.

Переключателем *S23* подключаются к сети напряжением 50 В розетки для пылесоса.

При нормальной эксплуатации переключатель *S6* установлен в положении «Нормальный режим». При положениях «Питание от магистрали» и «Поддача в магистраль» общий минусовой провод подключается к корпусу вагона, обеспечивая передачу и прием электроэнергии, от соседнего вагона по однопроводной системе. В обоих случаях горит сигнальная лампа *H1* наличия напряжения в магистрали вагона лампа *H13* горит полным накалом, а лампа *H14* гаснет.

Электродвигатель циркуляционного насоса отопления включается автоматическим выключателем *F29*, водоохладитель – *F28* и подвагонная магистраль *F27*. Эти выключатели одновременно защищают указанные цепи от перегрузок и коротких замыканий.

Переключатель *S16* предназначен для управления электродвигателем приточной вентиляции. С его помощью устанавливаются режимы работы вентиляционной установки, осуществляется ее пуск и остановка.

Два полупроводниковых преобразователя для питания электробритв, розетки с напряжением 220 В, которые установлены в туалетах, включаются выключателем *S12*, электрокипятильник – выключателем *S15*, посадочные фонари – выключателями *S25* и *S24*.

Режим работы комбинированного отопления устанавливается переключателем *S57*. При нормальной эксплуатации переключатель находится в положении «Нормально», и температура в вагоне поддерживается в пределах 20 ± 2 °С. Корректировать температуру в вагоне в пределах ± 2 °С можно вручную с помощью переключателя *S45*. На длительных стоянках в парках формирования переключатель *S57* ставится в положение «Отстой». При этом температура в вагоне поддерживается в пределах 5–12 °С. В случае выхода из строя автоматики переключатель ставится в положение «Ручное включение», и электродвигатель работает только под контролем датчиков температуры в котле. При температуре 95 °С нагреватели отключаются, при 85 °С – включаются.

Для сигнализации наличия высокого напряжения в вагоне служит лампа *H90* «3000 В», которая при отключенном отоплении загорается только с нажатием кнопки *S21* «Наличие в/в напряжения», а при включенном отоплении горит постоянно. Лампа *H91* горит при недостаточном уровне воды в котле, а лампа *H92* – при срабатывании дифференциальной защиты от перегрузки нагревательных элементов в случае замыкания на корпус. В обоих случаях электронагреватели воды в котле отключаются. После устранения причины отключения схема восстанавливается нажатием кнопки *S20* «Возврат отопления», в результате чего нагревательные элементы включаются, а лампы *H91* и *H92* гаснут.

При возгорании в системе переключатель *S57* ставится в положение «0» и нажимается кнопка *S14* «Аварийная».

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания по выполнению лабораторных работ.....	3
Лабораторная работа № 1. Исследование вагонного генератора переменного тока типа ГСВ.....	4
Лабораторная работа № 2. Испытание статического преобразователя типа ПСЖ-2.....	9
Лабораторная работа № 3. Исследование системы контроля нагрева букс с позисторами (СКНБП).....	13
Лабораторная работа № 4. Изучение работы вагонной электростанции системы электропитания ЭВ10.02.26.....	17
Список литературы.....	22
Приложение А. Панель управления электрооборудованием вагона с системой ЭВ10.02.26.....	23

Учебное издание

ЛИСИЧКИН Эрнст Афанасьевич
ЯСЬКО Николай Аркадьевич

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Лабораторный практикум

Редактор *А.А. Емельяненко*
Технический редактор *В.Н. Кучерова*

Подписано в печать 27.02.2019 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,51. Тираж 100 экз.
Зак № 910. Изд. № 97.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель