

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

А.А. Нагирняк

Д И А Г Н О С Т И Р О В А Н И Е СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Методические указания
к практическим работам
для студентов специальности
26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок

Севастополь
СевГУ
2023

УДК [629.5.064.5:681.518.5](076.5)

ББК 39.46-08-5*я73

Н16

Р е ц е н з е н т :

С.А. Конева – заведующий кафедрой «Судовое электрооборудование»,
канд. техн. наук, доцент

Нагирняк А. А.

Н16 Диагностирование судового электрооборудования : методические указания к практическим работам для студентов специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок / А. А. Нагирняк; Севастопольский государственный университет, Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 31 с. – Текст : электронный.

Представлены материалы, обеспечивающие подготовку к практическим занятиям обучающихся, изучающих учебную дисциплину «Диагностирование судового электрооборудования».

Методические указания предназначено для студентов Севастопольского государственного университета, Морского института, специальности 26.05.06 - Эксплуатация судовых энергетических установок и направлено на формирование у профессиональных компетенций, обеспечивающих выпускнику осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с ФГОС ВО с учетом требований Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (Конвенции ПДНВ).

УДК [629.5.064.5:681.518.5](076.5)

ББК 39.46-08-5*я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Судовое электрооборудование», протокол № 10 от 26 апреля 2023 г.

© Нагирняк А.А., 2023

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Способы диагностирования и определения увлажненности изоляции электрооборудования	5
Лабораторная работа № 2. Исследование и диагностика аккумуляторной батареи	8
Лабораторная работа № 3. Исследование работоспособности генератора при помощи испытательного стенда	15
Лабораторная работа № 4. Способы диагностирования электрических контактов	22
Лабораторная работа № 5. Исследование регулятора напряжения генератора	24
Библиографический список	31

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее методическое указание предназначено в качестве учебного пособия для выполнения лабораторных работ по курсу «Диагностирование судового электрооборудования».

Лабораторные работы имеют целью закрепить теоретические знания, развить навыки экспериментальных исследований, научить студентов умело и целенаправленно оценивать технические характеристики и эксплуатационные свойства судового электрооборудования и судовых автоматизированных электроприводов.

Тематика лабораторных работ включает вопросы, связанные с изучением и исследованием судовых электрических машин постоянного и переменного тока, а также судовых электроприводов и функциональных устройств с различными схемами управления.

Лабораторные работы выполняются по цикловому методу группой, состоящей из двух-трех студентов. При подготовке к выполнению работы студенты обязаны проработать теоретический материал, относящийся к данной работе. Перед началом работы руководитель проводит контрольную проверку готовности студентов к выполнению работы.

Приступая к выполнению лабораторных работ, необходимо внимательно ознакомиться с назначением и содержанием работы, используя при этом материалы лекций, техническую литературу и данные методические указания.

Получив от преподавателя допуск, приступить к выполнению работы.

По окончании каждой лабораторной работы необходимо составить отчет по лабораторной работе, отвечая на все поставленные вопросы, сделать свои собственные выводы по изученному в данной работе типу электропривода, указать его достоинства и недостатки, целесообразные пути совершенствования схемы автоматизации управления приводом.

Отчет должен быть индивидуальным для каждого студента, оформлен на листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ 2.710-81.

Отчет должен содержать:

- а) название и цель работы;
- б) принципиальную электрическую схему;
- в) перечень элементов схемы;
- г) краткое описание основных режимов работы установки;
- д) выводы по работе.

Защита лабораторных работ производится бригадой, выполнявшей работы, с индивидуальным опросом каждого студента.

Лабораторная работа № 1

СПОСОБЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ УВЛАЖНЕННОСТИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель работы

Изучить способы диагностирования и определения увлажненности изоляции электрооборудования, приобрести практические навыки работы с диагностическими приборами.

План работы

1. Подготовка прибора для диагностирования изоляции электрооборудования.
- 2 . Определение различными способами местных дефектов изоляции.
3. Подготовка прибора для определения увлажненности изоляции электрооборудования.
4. Освоение методики определения увлажненности изоляции электрооборудования различными способами.

При испытании изоляции по току сквозной проводимости изоляцию считают исправной, если:

- 1) при повышении напряжения не наблюдают бросков тока;
- 2) ток утечки при напряжении 1800 В не превышает 95 мкА для одной фазы;
- 3) относительное приращение токов составляет не более 0,9, а коэффициент несимметрии токов утечки фаз не превышает 1,8. Определение местных дефектов изоляции по частичным разрядам проводят следующим образом: на изоляцию подают повышенное напряжение, а приемным колебательным контуром или антенной ИЧР (индикатор частичных разрядов) исследуют пространство вокруг изоляционной системы. При этом измерительный прибор ИЧР позволяет зафиксировать высокочастотные колебания и выявить место, где они имеют наибольшую амплитуду. Как правило, это место совпадает с местным дефектом (расслоение, трещиной и т. д.).

Тангенсом угла диэлектрических потерь называется соотношение активной составляющей тока протекающей через изоляцию и при приложении к ней переменного напряжения, к его емкостной составляющей.

Тестер позволяет задавать конкретный номер испытаний для разных параметров измерений. В этой связи один тестер может быть использован сразу на нескольких объектах, после чего результаты легко сортируются при их записи на компьютер. Индикатор памяти работает по принципу указателя уровня топлива в машине, отображая объем занятой памяти.

Результаты тестов сохраняются в виде электронных таблиц формата CSV (значения, разделенные запятыми) и могут вводиться в Microsoft Excel.

Для получения технических отчетов и сертификатов, результаты можно сразу записать в программу Megger Powersuite Professional, обладающую набором инструментов для создания профессионально составленной документации.



Рис. 1.1. Тестер изоляции и целостности цепи MIT 330

Измерения проводятся для различных видов электрооборудования (электродвигатели, пускозащитная аппаратура и др.). напряжение до 1800 В и фиксируют ток утечки;

Определение местных дефектов изоляции электрооборудования по току сквозной проводимости проводят в следующей последовательности: 1) подключают через микроамперметр обмотку одной из фаз к регулируемому источнику переменного напряжения; 2) плавно увеличивают напряжение до 1200 В и фиксируют ток утечки; 3) повышают напряжение до 1800 В и фиксируют ток утечки; 4) измерения проводят для остальных фаз; 5) результаты заносят в табл. 2.12. По полученным результатам следует построить график зависимости $I=f(U)$.

Оформление отчета

Цель и план работы. Результаты измерений, графики и анализ полученных результатов.

Схемы подключения различных диагностических приборов и их основные технические характеристики.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация изоляции электрооборудования по видам и типам.
2. Требования по механической прочности, предъявляемые изоляции электрооборудования.
3. Требования по нагревостойкости, предъявляемые к изоляции электрооборудования.
4. Достоинства и недостатки различных видов изоляции электрооборудования.
5. Способы определения увлажненности изоляции электрооборудования.

6. Способы диагностирования изоляции.

7. Устройство и принцип действия приборов применяемых для диагностирования изоляции электрооборудования.

Лабораторная работа № 2 **ИССЛЕДОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА** **АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ**

Цель работы

Изучение устройства основных типов аккумуляторных батарей. Получение навыков обслуживания, диагностирования и устранения простейших неисправностей обслуживаемых аккумуляторных батарей. Получение навыков работы с измерительными приборами, которые используются при диагностике аккумуляторных батарей.

1 Общие положения

На судах применяют свинцовые аккумуляторные батареи.

Элемент свинцово-кислотного аккумулятора состоит из положительных и отрицательных электродов, сепараторов (разделительных решеток) и электролита. Положительные электроды представляют собой свинцовую решётку, а активным веществом является перекись свинца (PbO_2). Отрицательные электроды также представляют собой свинцовую решётку, а активным веществом является губчатый свинец (Pb). Электроды погружены в электролит, состоящий из разбавленной серной кислоты (H_2SO_4). Наибольшая проводимость этого раствора при комнатной температуре (что означает наименьшее внутреннее сопротивление и наименьшие внутренние потери) достигается при его плотности $1,26 \text{ г/см}^3$. Однако в районах с холодным климатом применяются и более высокие концентрации серной кислоты, до $1,29 - 1,31 \text{ г/см}^3$. Это делается потому, что при разряде свинцово-кислотного аккумулятора плотность электролита падает, и температура его замерзания становится выше, то есть разряженный аккумулятор может не выдержать холода, электролит кристаллизуется и расширяется в объёме, может треснуть ёмкость. Плотность электролита для эксплуатации в различных климатических районах показана в таблице 2.1.

Зависимость температуры замерзания электролита от его плотности показана в таблице 2.2.

Принцип работы свинцово-кислотных аккумуляторов основан на электрохимических реакциях свинца и диоксида свинца в сернокислотной среде.

Энергия возникает в результате окисления свинца серной кислотой до сульфата. Электрод из оксида свинца мог бы быть графитовым с выделением водорода. Оксид свинца нужен только, чтобы предотвратить выделение водорода на электроде. Водород реагирует с кислородом оксида и образует воду, восстанавливая оксид до металла.

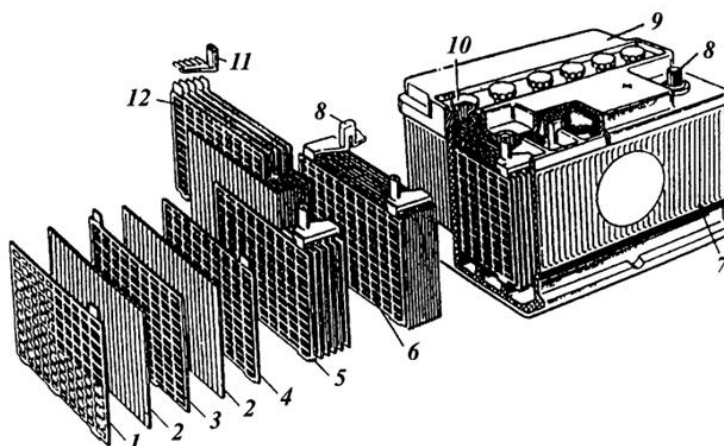


Рис. 2.1. Устройство аккумуляторной батареи:

- 1 - решетка; 2 - сепаратор; 3, 4 - положительный и отрицательный электроды;
 5 - полублок электродов; 6 - блок электродов с сепараторами; 7 - корпус моноблока;
 8 - полюсный вывод; 9 - общая крышка; 10 - пробка; 11 - мостик с борном;
 12 - полублок положительных электродов

Таблица 2.1 – Плотность электролита для эксплуатации в различных климатических районах

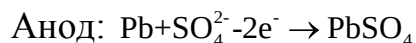
Климатические районы по ГОСТ 16350-80	Время года	Плотность электролита, приведенная к 25 °С, г/см ³	
		заливаемого	заряженной батареи
Очень холодный (-50... -30 °С)	Зима	1,28	1,30
	Лето	1,24	1,26
Холодный (-30...-15 °С)	Круглый год	1,26	1,28
Умеренный (-15...-3 °С)	То же	1,24	1,26
Жаркий сухой (-15...+4 °С)	То же	1,21	1,23
Теплый влажный (0...+4 °С)	То же	1,21	1,23

Таблица 2.2 – Температура замерзания электролита

Плотность электролита, приве- денная к темпера- туре 25 °С, г/см ³	Температура замерзания, °С	Плотность электролита, приве- денная к температуре 25 °С, г/см ³	Температура замерзания, °С
1,09	-7	1,24	-50
1,12	-10	1,26	-58
1,14	-14	1,29	-66
1,16	-18	1,30	-68
1,18	-22	1,40	-36
1,20	-28	1,50	-29
1,22	-40	1,70	-14
1,23	-42	1,80	+6

Во время разряда происходит восстановление диоксида свинца на катоде и окисление свинца на аноде. При заряде протекают обратные реакции, к которым в конце заряда добавляется реакция электролиза воды, сопровождающаяся выделением кислорода на положительном электроде и водорода — на отрицательном.

Химическая реакция (слева-направо — разряд, справа-налево — заряд):



В итоге получается, что при разряде аккумулятора расходуется серная кислота с одновременным образованием воды (и плотность электролита падает), а при заряде, наоборот, вода «расходуется» на образование серной кислоты (плотность электролита растёт). В конце заряда, при некоторых критических значениях концентрации сульфата свинца у электродов, начинает преобладать процесс электролиза воды. При этом на катоде выделяется водород, на аноде — кислород.

Пригодность аккумуляторных батарей для питания электрооборудования автомобилей определяется качеством изготовления, ремонта и существенно зависит от соблюдения правил эксплуатации. Нарушения технологии изготовления аккумуляторов и отклонения от инструкций по эксплуатации аккумуляторов и электрооборудования автомобилей вызывают снижение емкости аккумуляторов и приводят к преждевременному выходу их из строя.

При этом наиболее часто наблюдаются следующие неисправности и дефекты:

1. Осыпание активной массы электродов.
2. Замыкание разнополюсных электродов.
3. Оплывание активных масс электродов.
4. Сульфатация пластин.

Критерием работоспособности аккумулятора для эксплуатации является способность заряженной батареи отдавать при разряде зимой более 50 % своей номинальной емкости, а в летний период свыше 75 %.

Существует несколько способов измерения емкости аккумуляторных батарей.

Разрядная емкость C вычисляется по уравнению

$$C_p = I_p \cdot t_p,$$

где I_p — сила разрядного тока; t_p — продолжительность разряда.

В первом, более точном способе, оценка емкости аккумуляторов проводится в режиме разряда при силе тока 20- или 10-часового разряда. В первом случае разряд ведут до напряжения на аккумуляторе 1,75 В, а во втором — до 1,7 В, или 10,5 В и 10,2 В на клеммах соответственно. Этот способ, несмотря на хорошую точность, требует длительных измерений.

Более быстро емкость аккумуляторных батарей определяется измерением снижения плотности электролита в процессе разряда. В основе такого способа лежат реакции, протекающие при разряде на катоде и аноде.

По плотности электролита судят о степени разряженности свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = \frac{100(p_3 - p_{25})}{p_3 - p_p},$$

где ΔC_p – степень разряженности аккумулятора, %; p_3 и p_p – плотность электролита полностью заряженного и полностью разряженного соответственно аккумулятора при температуре 25 °С; p_{25} – измеренная плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см³.

Приблизительно плотность электролита может быть вычислена по эмпирической формуле:

$$E = 0,84 + p_3,$$

где E – равновесная ЭДС свинцового аккумулятора, В; p_3 – плотность электролита при 25 °С, г/см³.

Для приведения к температуре измерения плотности электролита пользуются зависимостью:

$$p_3 = p_{изм} + 0,0007(t - 25^\circ \text{C}),$$

где t – температура электролита в момент измерения.

Обычно исходят из эмпирического правила, что уменьшение плотности электролита на 0,01 г/см³ соответствует изменению степени разряженности на 6,25 %. Такой способ оценки емкости аккумуляторов требует знания плотности электролита в заряженном и разряженном состояниях.

Достаточно просто и быстро можно определить емкость аккумуляторов по изменению напряжения на аккумуляторе с помощью пробников с нагрузочными сопротивлениями (нагрузочных вилок). Этими приборами осуществляется проверка способности аккумулятора поддерживать определенный разрядный ток.

2 Приборы и оборудование

Для выполнения лабораторной работы необходимы мультиметр MASTECH MS8229, нагрузочная вилка Ливи -101, ареометр для электролита, дистиллированная вода, ветошь, наждачная бумага, раствор соды.

Цифровой мультиметр Mastech MS8229 обладает всеми необходимыми функциями, он позволяет с большой точностью измерять силу постоянного и переменного тока, величину постоянного и переменного напряжения, сопротивление. Прибор соответствует международному стандарту IEC1010-1 CATII 1000V / CATIII 600V. Mastech MS8229 имеет возможность автомати-

ческого или ручного выбора пределов измерений. Прибор обладает большим ЖК дисплеем с подсветкой. Полученные результаты можно зафиксировать с помощью функции DATA HOLD. С помощью цифрового мультиметра MS8229 можно проверять полупроводниковые диоды и прозванивать электрические цепи.

3 Порядок выполнения работы

Залитую электролитом новую аккумуляторную батарею протереть ветошью. Следы кислоты удалить ветошью, смоченной в 10%-м растворе соды. Наждачной бумагой или специальными щетками зачистить выводные полюса. Все полученные и расчетные данные заносить в таблицу 2.3.

1. Ознакомиться с оборудованием для лабораторной работы.

2. Проверить состояние герметичности моноблока и мастики.

3. Измерить уровень электролита. При этом иметь в виду, что контроль и корректировка уровня электролита в настоящее время для различных типов аккумуляторных батарей имеют принципиальные различия. Батареи, в том числе необслуживаемые, собранные в прозрачных моноблоках, имеют на боковых поверхностях две отметки, соответствующие минимально и максимально допустимым уровням электролита. Нижнюю отметку считать за 0, верхнюю за 100%. Поскольку моноблоки прозрачны, то уровень электролита виден через боковые стенки. Если уровень выше верхней черты, то количество электролита должно быть уменьшено. Если уровень электролита меньше или совпадает с нижней отметкой, то следует долить дистиллированной воды до уровня, соответствующего верхней отметке. Определения уровня электролита в батареях с непрозрачными моноблоками производятся следующим образом. Выворачиваются пробки из заливных отверстий. В отверстие по очереди вертикально погружается мерная трубка до упора в предохранительную сетку над блоком электродов. Далее верхнее отверстие уровнемерной трубки следует плотно закрыть пальцем, поднять мерную трубку и посмотреть, на какой отметке трубки верхний край электролита, находящегося в трубке. Он должен быть на высоте 12–15 мм. При уровне более 15 мм часть электролита следует отобрать, при уровне менее 10 мм следует долить дистиллированной воды.

4. Измерить температуру электролита с помощью термометра, соблюдая технику безопасности и следя за тем, чтобы электролит не попал на кожу и одежду. После измерения термометр промыть в воде или растворе соды.

5. Измерить плотность электролита. Измерение плотности электролита с помощью ареометра выполнить следующим образом: вывернуть пробки из заливной горловины, в отверстие каждой горловины поочередно опустить наконечник цилиндра ареометра, предварительно нажав на резиновую грушу. Набрать в стеклянный цилиндр этого прибора электролит в количестве, необходимом для того, чтобы в широкой верхней части стеклянного цилиндра свободно, не касаясь стенок и не упираясь вверху, плавал поплавков. На кор-

пуге поплавка нанесены деления. Считать цифру на поплавке, совпадающую с уровнем электролита. Это и будет его плотность при данной температуре. После отсчета, осторожно сжимая грушу рукой, слить электролит в эту же горловину и завернуть пробку. Аналогично определяется плотность электролита денсиметром, у которого поплавки изготовлены из пластмассовых цилиндров разного веса. В этом случае плотность электролита считывается по шкале на корпусе против последнего всплывшего поплавка.

6. Измерить равновесные ЭДС аккумуляторов и рассчитать плотность электролита по выражениям $\rho = E - 0,84$, сравнивая с заранее измеренными в п. 5. Считая, что плотность электролита при 25 °С в заряженном состоянии 1,27 г/см³, определяют уровень заряда аккумуляторов.

Таблица 2.3 – Результаты испытания аккумуляторной батареи

Показатели	Нормы по ТУ	Номера аккумуляторов					
Уровень электролита, %	100						
Температура электролита, °С	-						
Плотность электролита, г/см ³	-						
Плотность электролита, приведенная к 25 °С, г/см ³	1,27						
Уровень заряда аккумулятора по расчету	Лето 50 % Зима 75 %						
Напряжение под нагрузкой, В	1,7-1,8						
Внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом	-						
Внутреннее сопротивление батареи, Ом	0,01-0,015						

7. Оценить уровень заряда аккумуляторной батареи при помощи нагрузочной вилки. При подключении пробников к полюсным выводам аккумуляторной батареи необходимо, чтобы контактные ножки прокалывали свинцовую оксидную пленку на поверхности и обеспечивали надежный электрический контакт. Время выдержки нагрузки под напряжением не рекомендуется более 5 с, т.к. возможно перегревание нагрузочных резисторов.

8. Определить внутреннее сопротивление аккумуляторов, используя результаты измерения тока через заданное сопротивление R и выражение закона Ома для полной цепи:

$$R_B = \frac{E}{I_P} - R_H ,$$

где R_B – внутреннее сопротивление аккумулятора; I_P – ток разряда; R_H – сопротивление нагрузки.

9. Провести все расчеты, записи и сделать вывод о техническом состоянии и о возможных условиях эксплуатации батареи.

4 Протокол отчета

Протокол отчета должен содержать следующие пункты:

1. Цель работы.
2. Краткое описание используемого в лабораторной работе оборудования.
3. Таблицу 2.3.
4. Выводы. В выводах дается вывод о техническом состоянии батареи и возможности ее дальнейшей эксплуатации.

5 Контрольные вопросы

1. Основные типы конструкций аккумуляторных батарей.
2. Каков принцип работы аккумулятора?
3. Основные дефекты аккумуляторных батарей.
4. Влияние температуры на параметры аккумулятора.
5. Что такое емкость аккумулятора и как ее измерить?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГЕНЕРАТОРА ПРИ ПОМОЩИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Цель работы

Исследование устройства и режимов функционирования автомобильных генераторных установок, получение навыков диагностики и устранения неисправностей генераторов с помощью испытательного стенда.

1 Общие положения

Исправная генераторная установка должна обеспечивать положительный баланс электроэнергии на автомобиле при заданном уровне напряжения, т.е. обеспечивать заряд аккумуляторной батареи и питание всех приемников. Для контроля за зарядным процессом на автомобилях устанавливаются вольтметры, амперметры или контрольные лампочки.

В зависимости от режима работы генераторной установки, технического состояния аккумуляторной батареи, числа включенных приемников возможны различные соотношения между токами генератора и нагрузки.

При исправной генераторной установке напряжение генератора поддерживается на определенном уровне, и зарядный ток будет иметь конечное значение, определяемое степенью разряженности аккумуляторной батареи.

Неисправность может быть в силовой цепи (обмотки статора, выпрямительный блок, соединительный провод между генератором и аккумуляторной батареей), или же в цепи возбуждения (обмотка возбуждения, щеточный узел, регулятор напряжения, соединительные провода от замка зажигания к регулятору напряжения и от регулятора напряженно к щеточному узлу генератора).

Чтобы определить отказавшую цепь, необходимо отсоединить провода от щеточного узла и подать напряжение в обмотку возбуждения непосредственно от батареи. Если при работающем двигателе появится зарядный ток, значит, неисправность была в цепи возбуждения или в выносном регуляторе напряжения. При отсутствии зарядного тока неисправен генератор.

Признаком неисправности генераторной установки является также постоянное наличие большого тока. В этом случае неисправность обуславливается выходом из строя регулятора напряжения, который или не регулирует напряжение генератора, или настроен на большее значение напряжения.

Техническое состояние генераторов переменного тока характеризуется следующими параметрами:

- минимальной частотой вращения, при которой генератор развивает номинальное напряжение (начальная частота вращения без нагрузки);
- номинальной частотой вращения, при которой генератор отдает номинальный ток нагрузки (начальная частота вращения под нагрузкой).

Способность генераторной установки обеспечивать электропитанием потребителей электроэнергии на автомобиле во всех режимах его работы характеризует токоскоростная характеристика (ТСХ), т.е. зависимость силы тока, отдаваемого генератором в нагрузку, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора. Характеристика эта определяется при работе генераторной установки в комплекте с полностью заряженной аккумуляторной батареей с номинальной емкостью, выраженной в А-ч, составляющей не менее 50 % номинальной силы тока генератора. Характеристика может определяться в холодном и нагретом состоянии генератора. При этом под холодным состоянием понимается такое, при котором температура всех частей и узлов генератора равна температуре окружающей среды, величина которой должна быть $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$. Температура воздуха определяется в точке на расстоянии 5 см от воздухозаборника генератора. Токоскоростные характеристики могут определяться при номинальном напряжении, т.е. 220 В. Однако снять такие характеристики возможно только с регулятором, специально перестроенным на высокий уровень поддержания напряжения. Чтобы предотвратить работу регулятора напряжения при снятии токоскоростной характеристики, ее определяют при напряжениях $13,5 \pm 0,1$ ($27 \pm 0,2$) В. Допускается и ускоренный метод определения токоскоростной характеристики, требующий специального автоматизированного стенда, при котором генератор прогревается в течение 30 мин при частоте вращения ротора 3000 мин⁻¹, соответствующей этой частоте силе тока и указанном выше напряжении. Время снятия характеристики не должно превышать 30 с при постоянно меняющейся частоте вращения.

Токоскоростная характеристика имеет характерные точки, к которым относятся:

n_0 – начальная частота вращения ротора без нагрузки. Поскольку обычно снятие характеристики начинают с тока нагрузки около 2 А, то эта точка получается экстраполяцией снятой характеристики до пересечения с осью абсцисс.

$n_{гд}$ – минимальная рабочая частота вращения ротора, т.е. частота вращения, примерно соответствующая оборотам холостого хода двигателя. Условно принимается, $n_{гд} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ (для высокоскоростных генераторов – 1800 мин⁻¹). Сила тока при этой частоте обычно составляет 40–50 % номинального тока и во всяком случае должна быть достаточна для обеспечения питанием жизненно важных потребителей энергии на автомобиле.

n_n – номинальная частота вращения ротора, при которой вырабатывается номинальный ток I_n , т.е. ток, сила которого не должна быть меньше номинальной величины.

n_{max} – максимальная частота вращения ротора. При этой частоте генератор вырабатывает максимальный ток I_{max} , сила которого мало отличается от силы номинального тока.

Принципиальные электрические схемы генераторных установок приведены на рис. 3.1.

Различают два типа невзаимозаменяемых регуляторов напряжения: в одном типе (рис. 3.1, а) выходной коммутирующий элемент регулятора напряжения соединяет вывод обмотки возбуждения генератора с «+» бортовой сети, в другом типе (рис. 3.1, б, в) – с «-» бортсети. Транзисторные регуляторы напряжения второго типа являются более распространенными.

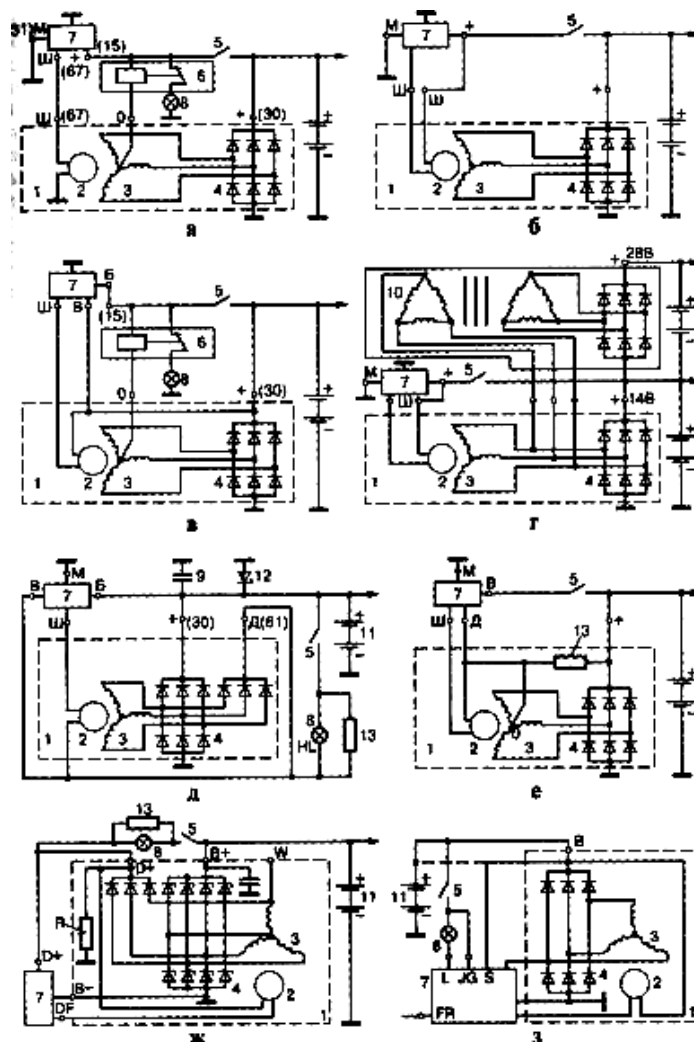


Рис. 3.1. Схемы генераторных установок:

- 1 – генератор; 2 – обмотка возбуждения; 3 – обмотка статора; 4 – выпрямитель;
- 5 – выключатель; 6 – репе контрольной лампы; 7 – регулятор напряжения;
- 8 – контрольная лампа; 9 – помехоподавительный конденсатор;
- 10 – трансформаторно-выпрямительный блок; 11 – аккумуляторная батарея;
- 12 – стабилизатор защиты от всплесков напряжения; 13 – резистор

Чтобы на стоянке аккумуляторная батарея не разряжалась, цепь обмотки возбуждения генератора (рис. 3.1, а, б) запитывается через выключатель зажигания. Однако при этом контакты выключателя коммутируют ток до 5 А, что неблагоприятно сказывается на их сроке службы. Разгрузить контакты выключателя можно, используя промежуточное реле, но более прогрессивно если через выключатель зажигания запитывается лишь цепь управления регулятора напряжения (рис. 3.1, в), потребляющая ток силой в доли ампера.

Прерывание тока в цепи управления переводит электронное реле регулятора в выключенное состояние, что не позволяет току протекать через обмотку возбуждения. Однако применение выключателя зажигания в цепи генераторной установки снижает ее надежность и усложняет монтаж на автомобиле. Кроме того, в схемах на рис. 3.1 а, б, в, падение напряжения в выключателе зажигания и других коммутирующих или защитных элементах, включенных в цепь регулятора (штекерные соединения, предохранители), влияет на уровень поддерживаемого регулятором напряжения и частоту переключения его выходного транзистора, что может сопровождаться миганием ламп осветительной и светосигнальной аппаратуры, колебанием стрелок вольтметра и амперметра.

Поэтому более перспективной является схема на рис. 3.1, д. В этой схеме обмотка возбуждения имеет свой дополнительный выпрямитель, состоящий из трех диодов. К выводу «Д» этого выпрямителя и подсоединяется обмотка возбуждения генератора.

В схему (рис 3.1, д) введено подвозбуждение генератора от аккумуляторной батареи через контрольную лампу 8. Небольшой ток, поступающий в обмотку возбуждения через эту лампу от аккумуляторной батареи, достаточен для возбуждения генератора и в то же время не может существенно влиять на разряд аккумуляторной батареи. Обычно параллельно контрольной лампе включают резистор 13, чтобы даже в случае перегорания контрольной лампы генератор мог возбудиться. Контрольная лампа в схеме (рис. 3.1, д) является одновременно и элементом контроля работоспособности генераторной установки. В схеме применен стабилитрон 12, гасящий всплески напряжения, опасные для электронной аппаратуры.

С целью контроля работоспособности в схему (рис. 3.1, а) введено реле с нормально замкнутыми контактами, через которое получает питание контрольная лампа 8. Эта лампа загорается после включения замка зажигания и гаснет после пуска двигателя, т.к. под действием напряжения от генератора, реле, обмотка которого подключена к нулевой точке обмотки статора, разрывает свои нормально замкнутые контакты и отключает лампу. Если лампа 8 при работающем двигателе горит, значит генераторная установка неисправна. В некоторых случаях обмотка реле контрольной лампы 6 подключается на вывод фазы генератора.

Схема рис. 3.1, е характерна для генераторных установок с номинальным напряжением 220 В. В этой схеме обмотка возбуждения включена на нулевую точку обмотки статора генератора, т.е. питается напряжением, вдвое меньшим, чем напряжение генератора.

При этом приблизительно вдвое снижаются и величины импульсов напряжения, возникающих при работе генераторной установки, что благоприятно сказывается на надежности работы полупроводниковых элементов регулятора напряжения. Резистор 13 служит тем же целям, что и контрольная лампа в схеме рис. 3.1, д, т.е. обеспечивает уверенное возбуждение генератора. В некоторых генераторных установках зарубежного и отечественного

производства регулятор напряжения поддерживает напряжение не на силовом выводе генератора «+», а на выводе его дополнительного выпрямителя, как показано на схеме рис. 3.1, ж. Схема является модификацией схемы рис. 3.1, д.

На рис. 3.1, ж показана схема с дополнительным плечом выпрямителя, выполненная на стабилитронах, которые в нормальном режиме работают, как обычные выпрямительные диоды, а в аварийных режимах предотвращают появление опасных всплесков напряжения. Резистор R, как было показано выше, расширяет диагностические возможности схемы.

Генераторные установки без дополнительного выпрямителя, но с подводом к регулятору вывода фаз, применение которых, особенно японскими и американскими фирмами, расширяется, выполняются по схеме рис. 3.1, з.

Стабилитрон 12, защищающий от всплесков напряжения дополнительное плечо выпрямителя, а также выпрямители на стабилитронах могут быть использованы в любой из приведенных схем.

2 Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы вольтметр, амперметр, регулируемый источник питания, соединительные провода, генератор, испытательный стенд для регулировки генератора.

Стенд предназначен для диагностики генераторных агрегатов.

Обеспечивает проверку: генераторов на холостом ходу и под нагрузкой.

Принцип работы стенда заключается в имитации рабочих режимов и измерении выходных характеристик генератора с целью проверки его работоспособности и определения технического состояния и поиска неисправностей.

3 Порядок выполнения работы

Проверка обмотки возбуждения генератора переменного тока.

1. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения.

2. Включить стенд. Ручкой регулятора источника регулируемого напряжения установить номинальное напряжение на обмотке возбуждения.

5. Считать показание амперметра. Полученное значение силы тока должно быть равно отношению установленного напряжения на обмотке возбуждения к сопротивлению обмотки возбуждения. Отсутствие тока свидетельствует об обрыве обмотки возбуждения, повышенное значение — о замыкании витков.

Построение токоскоростной характеристики генератора.

1. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения и установить номинальное напряжение 220 В.

2. Включить стенд.

3. Считать показание амперметра, установив такую величину нагрузки, чтобы напряжение генератора было равно номинальному 220 В.

4. Повторить измерения для нескольких значений оборотов. По результатам измерений построить ТСХ.

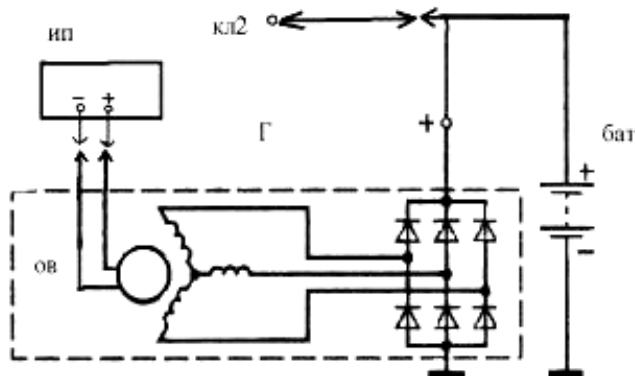


Рис. 3.2. Схема измерения ТСХ генератора

Измерение регулировочной характеристики генератора.

1. Подсоединить обмотку возбуждения генератора к источнику регулируемого напряжения.

2. Включить стенд. Ручкой регулятора источника регулируемого напряжения ОВ установить номинальное напряжение на выходе генератора.

3. Снять показания вольтметра и амперметра на обмотке возбуждения для нескольких значений оборотов ОВ генератора.

4. По результатам измерений постройте характеристику.

4 Оформление отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальная схема установки.
3. Результаты проверки обмотки возбуждения генератора.
4. Токоскоростную характеристику генератора.
5. Регулировочную характеристику генератора.
6. Выводы.

5 Контрольные вопросы

1. Какие конструкции генераторов переменного тока применяются на современных судах?

2. Из каких основных элементов состоит генератор переменного тока?

3. За счет чего в современных генераторах происходит ограничение максимального тока?

4. Каким образом происходит процесс регулирования напряжения генератора?

5. Что такое «начало отдачи» и «полная отдача» генератора?

6. Назовите логическую последовательность проверки генераторной установки.

7. Какое влияние может оказывать изменение температурных условий на режим работы генераторной установки и как осуществляется термокомпенсация?

8. Перечислите основные операции по уходу за генераторными установками переменного тока.

9. Перечислите неисправности генераторов, их причины и способы выявления неисправностей.

Лабораторная работа № 4

СПОСОБЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ

Цель работы

Изучить способы диагностирования электрических контактов и приобрести практические навыки работы с диагностическими приборами.

1 План работы

1. Приборы, применяемые для диагностировании электрических контактов.
 2. Измерить переходное сопротивление электрических контактов и определить зависимость переходного сопротивления от усилия сжатия.
 3. Определить площадь соприкосновения электрических контактов и сделать вывод об их работоспособности.
 4. Измерить зазоры (растворы) и провалы в электрических контактах.
- Рекомендации по выполнению лабораторной работы.

2 Теоретическая часть

Важной частью коммутационного аппарата являются электрические контакты. В коммутационных аппаратах применяют мостиковые, врубные и пальцевые контакты, которые рассчитаны на большие номинальные токи. Контакты с плоскими пружинами, прежде всего, применяются в других аппаратах (например, в реле). Аппарат может содержать одну или несколько пар контактов. Один контакт из пары установлен неподвижно, второй является подвижным.

Контактирующая поверхность – это поверхность, где соприкасаются подвижные и неподвижные контакты, которые бывают точечными, плоскостными или линейными. Контакты, которые используются для работы при небольшой силе тока, изготавливаются из серебра, вольфрама или сплавов этих металлов. Для экономии дорогостоящих металлов (медь и серебро) контакты изготавливают биметаллические, также производят металлокерамические контакты, которые обладают высокой изнosoустойчивостью. Переходным сопротивлением контакта называют дополнительное сопротивление в месте перехода тока из одной контактной поверхности в другую, обусловленное сужением площади сечения контакта в неровностях поверхности, а также сопротивлением газовых и масляных пленок, пыли и других веществ.

Значение переходного сопротивления зависит от многих факторов (микрорельеф, усилие сжатия и материал контактной поверхности, состояние поверхности контактирования и др.). На величину переходного сопротивления контактов может влиять величина протекающего через него тока, и это связано с повышением пластичности материала контактов при увеличении их

нагревания током. Площадь соприкосновения контактов характеризует качество их настройки или степень износа.

В исправном состоянии фактическая площадь соприкосновения составляет менее 70 % от номинальной площади контакта. Следует измерить (штангенциркулем или другим измерительным прибором) площадь соприкосновения контактов и сделать вывод об их работоспособности Раствором (зазором) контакт называют наибольшее расстояние L_p между поверхностями соприкосновения при разомкнутом состоянии контактов, в зависимости от типа аппарата эта величина может составлять от 3 до 50 мм.

Провалом контактов называют расстояние L_p , на которое перемещается подвижный контакт, не теряя соприкосновения с неподвижным контактом при замыкании или размыкании цепи. Для низковольтных аппаратов провал составляет 3–6 мм.

3 Практическая часть

В качестве исследуемых объектов в лабораторной работе используются: автоматические выключатели, магнитные пускатели, светильники и электродвигатели разных типов. Для имеющегося оборудования следует (по указанию преподавателя) определить виды электрических контактов.

4 Оформление отчета

В отчете обязательно должны быть указаны:

1. Цель работы.
2. Ход работы.
3. Данные, полученные при выполнении лабораторной работы.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА

Цель работы

Изучение устройства и принципов работы регулятора напряжения генераторной установки.

1 Общие положения

Регулятор напряжения поддерживает напряжение сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды.

Кроме того, он может выполнять дополнительные функции: защищать элементы генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки, автоматически включать в бортовую сеть цепь обмотки возбуждения или систему сигнализации аварийной работы генераторной установки.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу. Напряжение генератора определяется тремя факторами – частотой вращения ротора, силой тока, отдаваемой генератором в нагрузку, и величиной магнитного потока, создаваемой током обмотки возбуждения. Чем выше частота вращения ротора и меньше нагрузка на генератор, тем выше напряжение генератора. Увеличение силы тока в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и с ним напряжение генератора, снижение тока возбуждения уменьшает напряжение. Все регуляторы напряжения, отечественные и зарубежные, стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Если напряжение возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы. Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 5.1. Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора 2 U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения сравнивается с эталонным значением $U_{эт}$.

Если величина $U_{изм}$ отличается от эталонной величины $U_{эт}$, на выходе измерительного элемента появляется сигнал U_0 , который активирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение генератора вернулось в заданные пределы.

Таким образом, к регулятору напряжения обязательно должно быть подведено напряжение генератора или напряжение из другого места сети, где необходима его стабилизация, например, от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора.

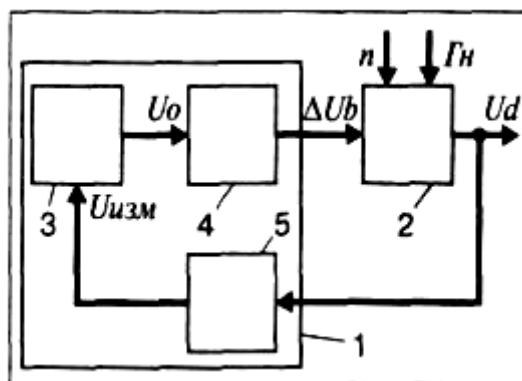


Рис. 5.1. Блок-схема регулятора напряжения.

Если функции регулятора расширены, то и число подсоединений его в схему растет.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и «пробивается», т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону.

В вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах чувствительный элемент представлен в виде обмотки электромагнитного реле, напряжение к которой, впрочем, тоже может подводиться через входной делитель, а эталонная величина – это сила натяжения пружины, противодействующая силе притяжения электромагнита. Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или, в контактно-транзисторном регуляторе, полупроводниковая схема, управляемая этими контактами. Особенностью регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения (в транзисторных регуляторах) или последовательно с обмоткой дополнительного резистора (в вибрационных и контактно-транзисторных регуляторах), при этом меняется относительная продолжительность включения обмотки или дополнительного резистора.

Поскольку вибрационные и контактно-транзисторные регуляторы представляют лишь исторический интерес, а в отечественных и зарубежных генераторных установках в настоящее время применяются электронные транзисторные регуляторы, удобно рассмотреть принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору (рис. 5.2).

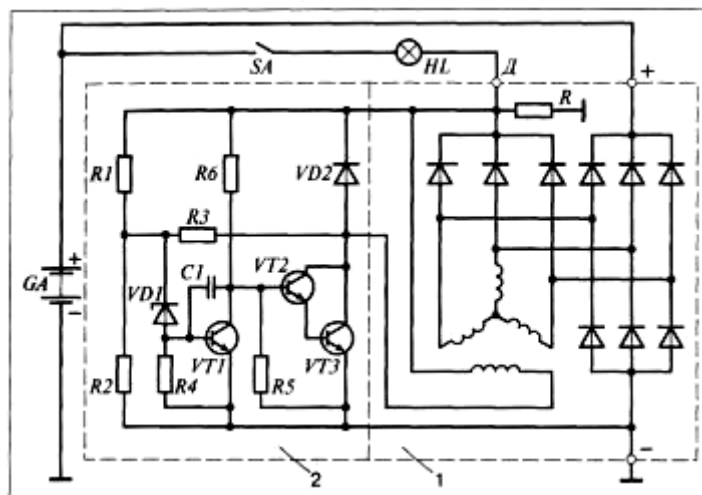


Рис. 5.2. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор; 2 – регулятор

Регулятор 2 на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. Чтобы понять работу схемы, следует вспомнить, что, как было показано выше, стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины стабилитрон пробивается и по нему начинает протекать ток.

Транзисторы же пропускают ток между коллектором и эмиттером, т.е. открыты, если в цепи база-эмиттер ток протекает, и не пропускают этого тока, т.е. закрыты, если базовый ток прерывается.

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния. Если напряжение генератора возросло, например из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1.

При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмит-

тер-коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD2, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и т.д., процесс повторяется.

Таким образом, регулировка напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения цепи питания. При этом ток в обмотке возбуждения изменяется так, как показано на рис. 5.3. Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, время включения обмотки уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла – увеличивается.

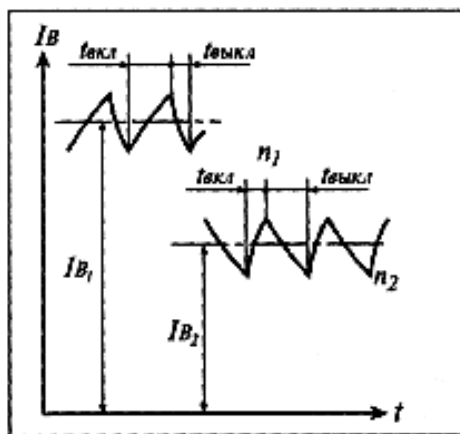


Рис. 5.3. Изменение силы тока в обмотке возбуждения I_B по времени t , $t_{\text{вкл}}$ и $t_{\text{выкл}}$ – соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора; n_1 и n_2 – частоты вращения ротора генератора, причем n_2 больше n_1 ; I_{B1} и I_{B2} – среднее значение тока в обмотке возбуждения

В схеме регулятора (рис. 5.2) имеются элементы, характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения. Диод VD2 при закрытии составного транзистора VT2, VT3 предотвращает опасные всплески напряжения, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения со значительной индуктивностью.

В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод, и опасных всплесков напряжения не происходит.

Поэтому диод VD2 носит название гасящего. Сопротивление R3 является сопротивлением жесткой обратной связи. При открытии составного транзистора VT2, VT3 оно оказывается подключенным параллельно сопротивлению R2 делителя напряжения. При этом напряжение на стабилитроне VD2 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту этого переключения. Это благотворно сказывается на качестве напряжения генераторной установки. Конденсатор C1 является своеобразным

разным фильтром, защищающим регулятор от влияния импульсов напряжения на его входе.

Вообще конденсаторы в схеме регулятора либо предотвращают переход этой схемы в колебательный режим и возможность влияния посторонних высокочастотных помех на работу регулятора, либо ускоряют переключения транзисторов.

В последнем случае конденсатор, заряжаясь в один момент времени, разряжается на базовую цепь транзистора в другой момент, ускоряя броском разрядного тока переключение транзистора и, следовательно, снижая потери мощности в нем и его нагрев.

Из рис. 5.2 хорошо видна роль лампы контроля работоспособного состояния генераторной установки HL.

При неработающем двигателе внутреннего сгорания замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивается первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя, на выводах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа погасает. Если генераторная установка при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генераторной установки или обрыве приводного ремня.

Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы HL. Наличие этого резистора при работающем двигателе автомобиля дает возможность определить обрыв цепи обмотки возбуждения, то лампа HL загорится.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры – понижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включаемый в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах.

В рассмотренной схеме регулятора напряжения, как и во всех регуляторах аналогичного типа, частота переключений в цепи обмотки возбуждения изменяется по мере изменения режима работы генератора.

Однако имеется и другая разновидность схем электронных регуляторов, в которых частота переключения строго задана. Регуляторы такого типа оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ), который и обеспечивает заданную частоту переключения. Применение ШИМ снижает влияние

на работу регулятора внешних воздействий, например, уровня пульсаций выпрямленного напряжения и т.п.

В настоящее время все больше зарубежных фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя. Для автоматического предотвращения разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля в регулятор такого типа заводится фаза генератора. Регуляторы, как правило, оборудованы ШИМ, который, например, при неработающем двигателе переводит выходной транзистор в колебательный режим, при этом ток в обмотке возбуждения невелик и составляет доли ампера.

После запуска двигателя сигнал с вывода фазы генератора переводит схему регулятора в нормальный режим работы.

Схема регулятора осуществляет в этом случае и управление лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки.

2 Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы вольтметр, амперметр, регулируемый источник питания, соединительные провода, генератор, осциллограф.

3 Порядок выполнения работы

Часть 1. Исследование работы регулятора напряжения Я112В

1. Собрать схему на рис. 5.4.
2. Плавно изменяя напряжение источника питания измерить напряжение включения – выключения регулятора напряжения и частоту переключения регулятора.
3. Измерить ток потребления.

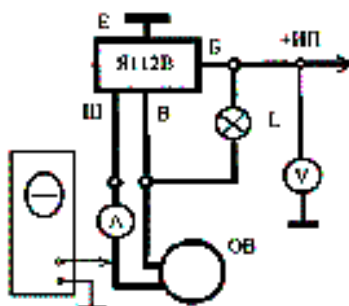


Рис. 5.4. Схема включения регулятора напряжения Я112В для измерений параметров

Часть 2. Исследование работы регулятора напряжения В

1. Собрать схему на рис. 5.5.
2. Плавно изменяя напряжение источника питания измерить напряжение включения – выключения регулятора напряжения и частоту переключения

ния регулятора. Измерить время включенного и выключенного состояния регулятора в зависимости от изменяемого напряжения питания.

3. Измерить ток потребления при включенном и выключенном питании на выводе Р регулятора.

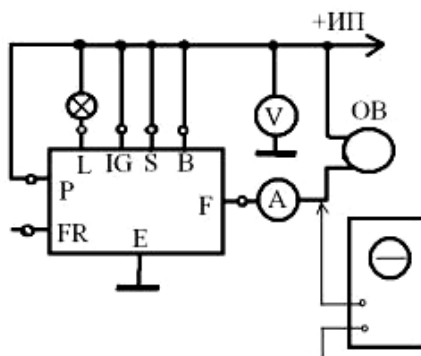


Рис. 5.5. Схема включения регулятора напряжения с ШИМ для измерений параметров

4 Оформление отчета

В отчете обязательно должны быть указаны:

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Ход работы.
- 4.3. Данные, полученные при выполнении частей 1 и 2 лабораторной работы.
- 4.4. Выводы.

5 Контрольные вопросы

1. В каких пределах выбирается регулируемое напряжение и чем оно определяется?
2. Какие типы регуляторов напряжения существуют?
3. Каким образом на судне осуществляется контроль работоспособности генераторной установки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чубенко Д.Н. Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин : учебно-практическое пособие / Д.Н.Чубенко. – Владивосток: ВГУЭС, 2013. – 72 с.
2. Русан В.И. Диагностика судового электрооборудования / В.И. Русан., К.Ю. Шварц: учебно-методический комплекс. – Минск.: БГТАУ, 2012. – 296 с.
3. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств/В.Ю. Воскобович, Т.Н. Корнилова, В.А. Павлова. – СПб.: «Элмор», 2001.– 384 с.
4. Коноплев К.Г., Конева С.А. Системы автоматического регулирования напряжения синхронных генераторов / К.Г. Коноплев, С.А. Конева. – Изд-во СевНТУ, 2007. – 173 с.
5. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок / В.Н. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с.
6. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах / Ю.А. Куликов. – М.: Мир, 2003. - 283 с.
7. Осокин Б.В. Электрооборудование судов / Б.В. Осокин, О.П. Хайдуков. - М.: Транспорт 1982. – 296 с.
8. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр судоходства.– СПб.: Регистр РФ, 2001.– 843 с.
9. Роджеро Н.И. Справочник судового электромеханика и электрика/Н.И. Роджеро. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.

Нагирняк Александр Анатольевич

**Д И А Г Н О С Т И Р О В А Н И Е
СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания
к практическим работам*

В авторской редакции

Изд. № 129/2023. Объем 2 п.л. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,96.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»