

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Кафедра тракторов и автомобилей

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**Для студентов специальностей
1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 – Техническое
обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ,
1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК**

Горки 2010

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов и автомобилей

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Для студентов специальностей

1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов
сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 – Техническое
обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ,
1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК

Горки 2010

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства
24.03.2010 (протокол №6).

Составили: А.Н. КАРТАШЕВИЧ, О.В. ПОНТАЛЕВ, А.Ф. СКАДОРВА.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	3
2. Порядок выполнения лабораторной работы.....	12
3. Контрольные вопросы.....	15
Литература.....	15

УДК 637.15: 658.562.012.12 (072)

Тракторы и автомобили. Генераторы переменного тока: методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; сост. А.Н. Карташевич, О.В. Понталев, А.Ф. Скадорва. Горки, 2010. 16 с.

Рассмотрены генераторы переменного тока отечественного и зарубежного производства, конструкция, принцип работы, основные отличия.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ, 1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК.

Таблиц 2. Рисунков 6. Библиогр. 3.

Рецензент А.С. ДОБЫШЕВ, доктор техн. наук, доцент.

© Составление. А.Н. Карташевич,
О.В. Понталёв, А.Ф. Скадорва, 2010
© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2010

Цель работы: изучение устройства и функционирование системы энергоснабжения автотракторных двигателей, её диагностики и поиска неисправностей.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд НТЦ-42, плакаты.

Рабочее задание.

1. Изучить устройство и принцип работы генератора переменного тока отечественного производства.

2. Изучить устройство и принцип работы генератора переменного тока производства фирмы «Bosch».

3. Изучить функционирование системы энергоснабжения двигателя.

4. Провести измерения в системе энергоснабжения двигателя;

5. Произвести поиск неисправностей в системе энергоснабжения двигателя.

6. По результатам рабочего задания составить отчет по лабораторной работе.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Генератор – основной источник электрической энергии на машине. Он снабжает потребителей электроэнергией и заряжает аккумуляторную батарею при работе двигателя.

Генераторы переменного тока (рис. 1) с электромагнитным возбуждением в настоящее время получили широкое распространение, так как в сравнении с генератором постоянного тока проще по конструкции, при той же мощности имеют меньшие размеры и массу, более надёжны в эксплуатации (из-за отсутствия коллектора) и обеспечивают заряд аккумуляторной батареи при малых частотах вращения коленчатого вала двигателя.

На валу 7 ротора закреплены стальная втулка 9, на которой установлена обмотка 14 возбуждения, и два клювообразных шестиполусных стальных наконечника 11, образующих двенадцатиполусную магнитную систему. Концы обмотки 14 возбуждения припаяны к двум контактным кольцам 2, изолированным от массы. К ним прижаты щетки 4, установленные в щеткодержатель 3.

Крышки 1 и 10 генератора отлиты из алюминиевого сплава. В крышке 1 расположен полупроводниковый выпрямитель 15. На валу 7 ротора установлены приводной шкив 6 и вентилятор 5.

Во время работы генератора обмотка возбуждения 14 питается постоянным током от выпрямителя 15 и только при запуске двигателя – от аккумуляторной батареи.

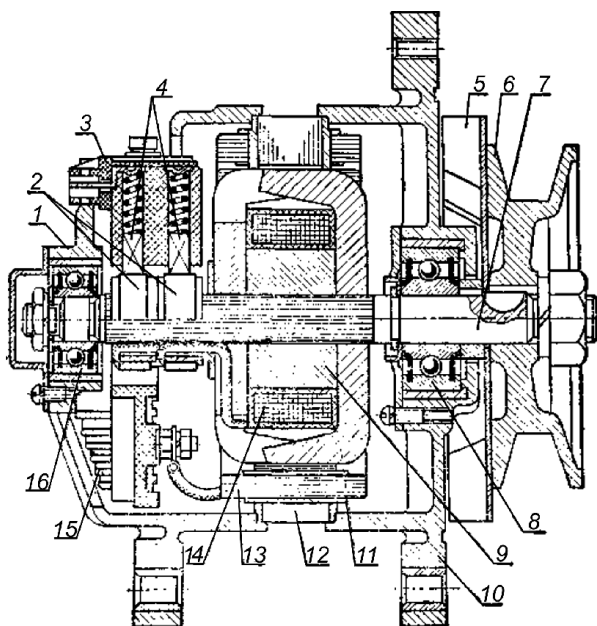


Рис. 1. Устройство генератора переменного тока:

- 1 – крышка со стороны контактных колец; 2 – контактные кольца;
- 3 – щеткодержатель; 4 – щетки; 5 – вентилятор; 6 – шкив; 7 – вал ротора;
- 8, 16 – шарикоподшипники; 9 – втулка; 10 – крышка со стороны привода;
- 11 – шестиполусный наконечник; 12 – статор; 13 – катушка статора;
- 14 – обмотка возбуждения; 15 – полупроводниковый выпрямитель.

Сердечник статора *12* набран из тонких листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. На внутренней поверхности статора равномерно расположены по окружности восемнадцать выступов, на каждый из которых надета катушка *13*. Шесть соединенных последовательно катушек образуют группу (фазу). Одни концы (рис. 2) всех трех фаз объединены между собой, а вторые выведены в цепь (схема соединения – звезда).

При вращении ротора магнитный поток, пересекающий обмотки катушки статора *13*, изменяет свое направление и величину и индуцирует в обмотках ЭДС переменную по величине и направлению. Выводные концы фазных обмоток *14* статора соединены с выпрямителем, состоя-

щим из шести кремниевых диодов (вентилей). Каждая фаза обмотки статора связана с двумя диодами, из которых один прямой, а второй – обратной полярности.

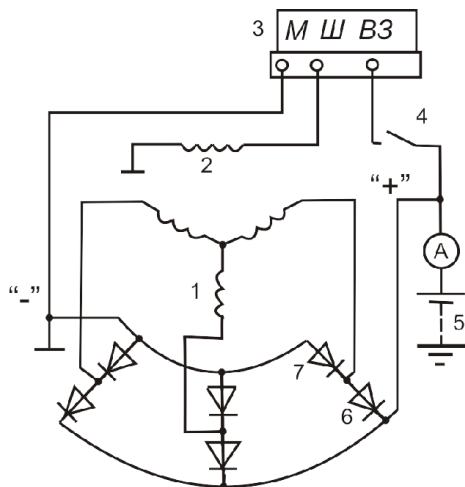


Рис. 2. Принципиальная схема генератора переменного тока с встроенным выпрямителем:

- 1 – обмотка статора; 2 – обмотка возбуждения; 3 – реле-регулятор;
4 – выключатель зажигания; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – диод прямой полярности; 7 – диод обратной полярности.

Реле-регулятор генераторов переменного тока состоит из двух приборов: 1) регулятора напряжения (РН), автоматически поддерживающего напряжение генератора в пределах, указанных в технической характеристике; 2) реле защиты (РЗ), обеспечивающего защиту транзистора реле-регулятора от перегрузки током при коротком замыкании в обмотке возбуждения генератора.

В отличие от генераторов, используемых на отечественных авто-тракторных двигателях, в состав которых не входит реле напряжения, западные фирмы-производители выпускают генераторы переменного тока с встроенным реле напряжения.

Так, например, уже в 90-х годах фирма «Bosch» начала выпуск для легковых автомобилей новой, более совершенной серии генераторов «компактной» конструкции с обозначениями GC, KC и NC.

Генераторы рассчитаны на большее передаточное отношение привода, частоту вращения и имеют встроенное реле-напряжения.

Конструкция генератора, выпускаемого фирмой «Bosch», представлена на рис. 3.

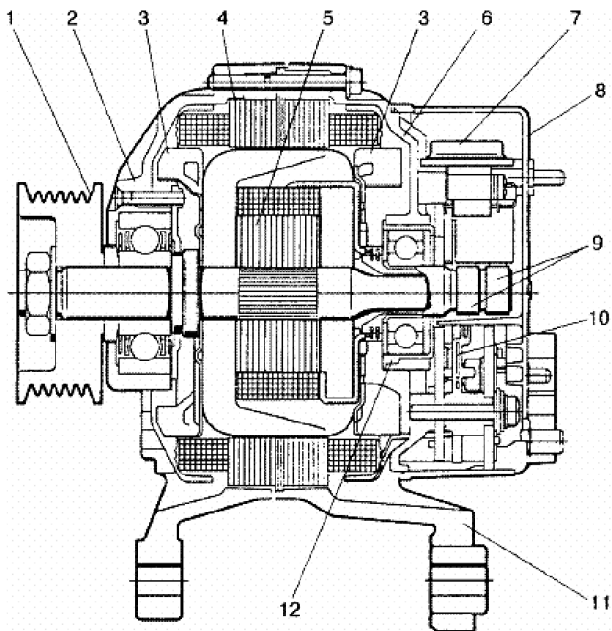


Рис. 3. Устройство генераторов GC, KC и NC фирмы Bosch:

- 1 – шкив; 2, 6 – передняя и задняя крышки. 3 – вентиляторы; 4 – статор;
- 5 – стяжной винт; 7 – узел "щеткодержатель - регулятор напряжения";
- 8 – защитный кожух; 9 – контактные кольца; 10 – выпрямительный блок;
- 11 – крепежная лапа; 12 – пластмассовый стаканчик.

Данный генератор имеет следующие отличия и преимущества в сравнении с отечественными генераторами: вместо внешнего центробежного вентилятора большого диаметра на роторе внутри генератора установлены два вентилятора малого диаметра. Это снизило уровень шума, увеличило КПД и сделало генератор более компактным, что особенно важно при его размещении на современных автомобилях с большой плотностью компоновки оборудования в подкапотном пространстве. Охлаждающий воздух входит в генератор с двух торцов и

уже нагретый выбрасывается через вентиляционные щели на цилиндрической поверхности крышек.

Контактные кольца вынесены на консольный конец вала с уменьшением их наружного диаметра до 15,5 мм, что повысило срок службы щеток, самих колеи и облегчило защиту всего узла от загрязнения.

Выпрямительный блок с теплоотводами, размещенными друг над другом, выполнен на силовых стабилитронах вместо обычных диодов в том же корпусе, в связи с чем уровень перенапряжений на зажимах генератора и в сети автомобиля не превышает 40 В. Все элементы блока (а не только положительный теплоотвод) имеют надежное изоляционное покрытие от воздействия окружающей среды и возможных замыканий. Блок размещен на наружном торце крышки и закрыт пластмассовым защитным кожухом с вентиляционными щелями, которые формируют направленный поток входящего воздуха. Для доступа к блоку достаточно снять защитный кожух. Все электрические соединения на монтажной плате блока сварные, в том числе и выводы фаз обмотки статора. Соединение фаз в схему производится в монтажной плате.

Схема регулятора напряжения выполнена в одном кристалле, что снизило потери мощности в регуляторе и повысило его надежность.

Изменена система сопряжения статора с крышками (посадка на выступающие в центре пакета пластины), что уменьшило возможные перекосы подшипников. Однако, такая конструкция имеет и недостаток, в связи с тем, что пакет статора не сжимается по торцам крышками. При эксплуатации в условиях повышенной влажности и отрицательных температур проникающая между пластинами влага при замерзании вызывает местные расслоения пакета в осевом направлении, пазовая изоляция нарушается и происходит замыкание обмотки статора на «массу».

Фирма «Восх» выпускает также модификации генераторов для установки на автомобили взамен генераторов других фирм. При этом для обеспечения полной взаимозаменяемости электрическая схема генератора и отдельные элементы конструкции могут отличаться от рассмотренных выше. Так же поступают и другие изготовители.

Регулятор напряжения – устройство, поддерживающее напряжение бортовой сети автомобиля в заданных пределах при изменении электрической нагрузки, частоты вращения ротора генератора и температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения имеют измерительные элементы, являющиеся датчиками напряжения, и исполнительные элементы, осуществляющие его регулирование.

Полупроводниковые бесконтактные электронные регуляторы, как правило, встроены в генератор и объединены со щеточным узлом. Они регулируют ток возбуждения путём изменения времени включения обмотки ротора в питающую сеть. Эти регуляторы не требуют никакого обслуживания, кроме контроля надёжности контактов.

Регуляторы напряжения обладают свойством термокомпенсации – изменения напряжения, подводимого к аккумуляторной батарее, в зависимости от температуры воздуха в подкапотном пространстве для оптимального заряда АКБ. Чем ниже температура воздуха, тем большее напряжение должно подводиться к батарее, и наоборот. Величина термокомпенсации достигает до 0,01 В на 1°С.

Напряжение генератора без регулятора зависит от частоты вращения его ротора, магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения, а следовательно, от силы тока в этой обмотке и величины тока, отдаваемого генератором потребителям. Чем больше частота вращения и сила тока возбуждения, тем больше напряжение генератора, чем больше сила тока его нагрузки - тем меньше это напряжение.

Функцией регулятора напряжения является стабилизация напряжения при изменении частоты вращения и нагрузки за счет воздействия на ток возбуждения.

Электронные регуляторы изменяют ток возбуждения путем включения и отключения обмотки возбуждения от питающей сети, при этом меняется относительная продолжительность времени включения обмотки возбуждения. Если для стабилизации напряжения требуется уменьшить силу тока возбуждения, время включения обмотки возбуждения уменьшается, если нужно увеличить – увеличивается.

Принцип работы электронного регулятора типа EE 14V3 фирмы «Bosch» приведён на рис. 4.

Стабилитрон VD2 не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации. При достижении напряжением этой величины, стабилитрон «пробивается» и по нему начинает протекать ток. Таким образом, стабилитрон в регуляторе является эталоном напряжения, с которым сравнивается напряжение генератора.

Транзисторы VT1-VT3 пропускают ток между коллектором и эмиттером (открыты), если в цепи «база – эмиттер» протекает ток, и не пропускают этого тока (закрыты), если базовый ток прерывается. Напряже-

ние к стабилитрону $VD2$ подводится от вывода генератора "D+" через делитель напряжения на резисторах $(R1+R2)$, $R3$ и диод $VD1$, осуществляющий температурную компенсацию. Пока напряжение генератора невелико и напряжение на стабилитроне ниже его напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, через него, а следовательно, и в базовой цепи транзистора $VT1$ ток не протекает, транзистор $VT1$ также закрыт. В этом случае ток через резистор $R6$ от вывода "D+" поступает в базовую цепь транзистора $VT2$, который открывается, через его переход эмиттер – коллектор начинает протекать ток в базе транзистора $VT3$, который также открывается. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается подключена к цепи питания через переход эмиттер – коллектор $VT3$.

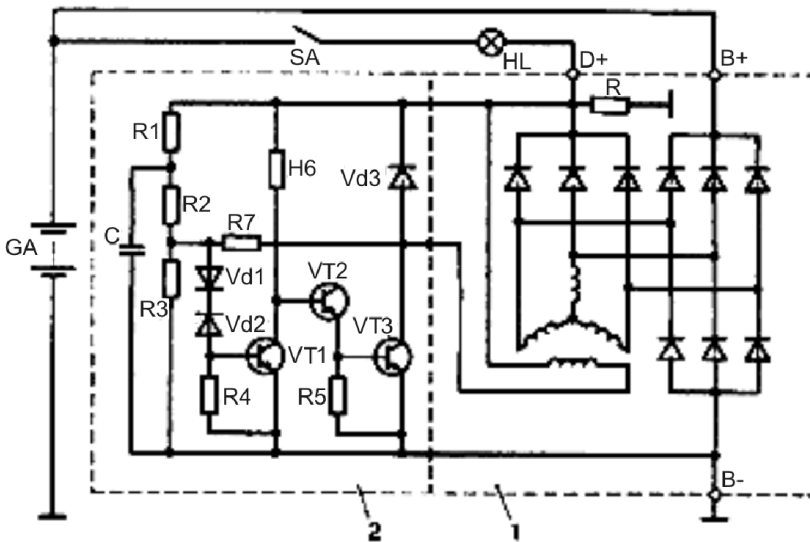


Рис. 4. Схема регулятора напряжения EE14V3 фирмы BOSCH:
1 – генератор, 2 – регулятор напряжения, SA – замок зажигания, HL – контрольная лампа на панели приборов.

Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне $VD2$. При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации, стабилитрон $VD2$ «пробивается», ток через него начина-

ет поступать в базовую цепь транзистора $VT1$, который открывается и своим переходом эмиттер – 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 $VD2$ и транзистор $VT1$, открывается составной транзистор $VT2-VT3$, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и процесс повторяется. Таким образом, регулирование напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь питания.

Если частота вращения генератора возросла или нагрузка его уменьшилась, то время включения обмотки уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла – увеличивается. В схеме регулятора имеются элементы, характерные для схем всех применяющихся на автомобилях регуляторов напряжения. Диод $VD3$ 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 $VD3$ носит название гасящего. Сопrotивление $R7$ является сопротивлением жесткой обратной связи.

При открытии составного транзистора $VT2-VT3$ сопротивление $R7$ оказывается подключенным параллельно сопротивлению $R3$ делителя напряжения, при этом напряжение на стабилитроне $VT2$ резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора и повышает частоту этого переключения, что благотворно сказывается на качестве напряжения генераторной установки. Конденсатор $C1$ является своеобразным 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 переключение 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 его нагрев и потери энергии в нём.

Лампа *HL* предназначена для контроля работоспособного состояния генераторной установки (лампа контроля заряда на панели приборов автомобиля).

При неработающем двигателе автомобиля замыкание контактов выключателя зажигания *SA* позволяет току от аккумуляторной батареи *GA* через лампу *HL* поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивает его первоначальное возбуждение. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва. После запуска двигателя на выводах генератора "*D+*" и "*B+*" появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генератор при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа *HL* продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генератора или обрыве приводного ремня. Введение резистора *R* в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы. При наличии данного резистора в случае обрыва цепи обмотки возбуждения при работающем двигателе автомобиля лампа *HL* загорается. В настоящее время все больше фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения. В этом случае в регулятор заводятся вывод фазы генератора. При неработающем двигателе автомобиля напряжение на выводе фазы генератора отсутствует и регулятор напряжения в данном случае переходит в режим, препятствующий разряду аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения. Например, при включении выключателя зажигания схема регулятора переводит его выходной транзистор в колебательный режим, при котором 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.

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 – уменьшалось. 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.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Перед включением автомата питания стенда все тумблеры должны находиться в нижнем положении, а ручка «задание скорости» – в положение «min».

2. Собрать схему (по заданию преподавателя), представленную на рис. 5 либо на рис. 6.

3. Включить автомат питания стенда *QF1*.

4. Повернуть ключ зажигания по часовой стрелке до упора.

5. Включить инвертор тумблером *SA2*. Задать частоту напряжения питания 20 Гц. В этот момент контрольная лампа *HL1* должна погаснуть.

6. Снять зависимость напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянстве частоты вращения и изменении нагрузки, результаты измерения занести в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерения напряжения генератора в зависимости от тока возбуждения при переменной частоте вращения двигателя и постоянной нагрузке

Номер	U_r , В	I_B , А	n , мин ⁻¹
1			
...			
5			

7. Снять зависимость напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянной нагрузке и изменении частоты вращения, результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты измерения напряжения генератора в зависимости от тока возбуждения при переменной нагрузке и постоянной частоте вращения двигателя

Номер	U_r , В	I_B , А	R, Ом
1			
...			
5			

8. По результатам, представленным в табл. 1 и 2, построить зависимости $U_r=f(I_B)$ при $R=\text{const}$ и $U_r=f(I_B)$ при $n=\text{const}$.

9. Определить неисправность генератора, заданную преподавателем.

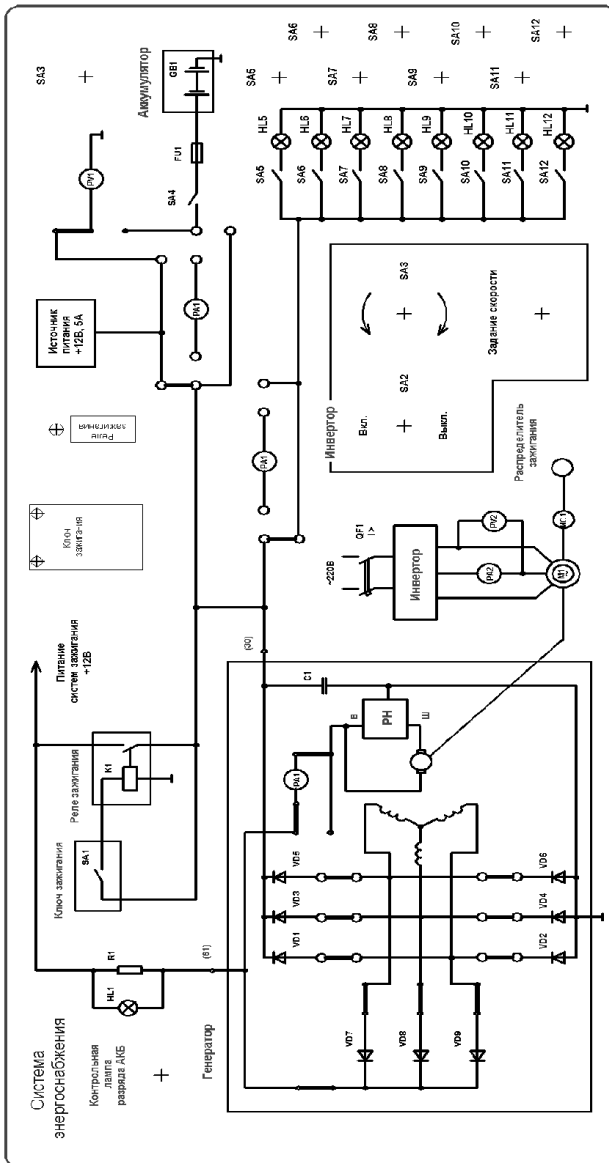


Рис. 5. Схема лабораторной установки при использовании блока питания.

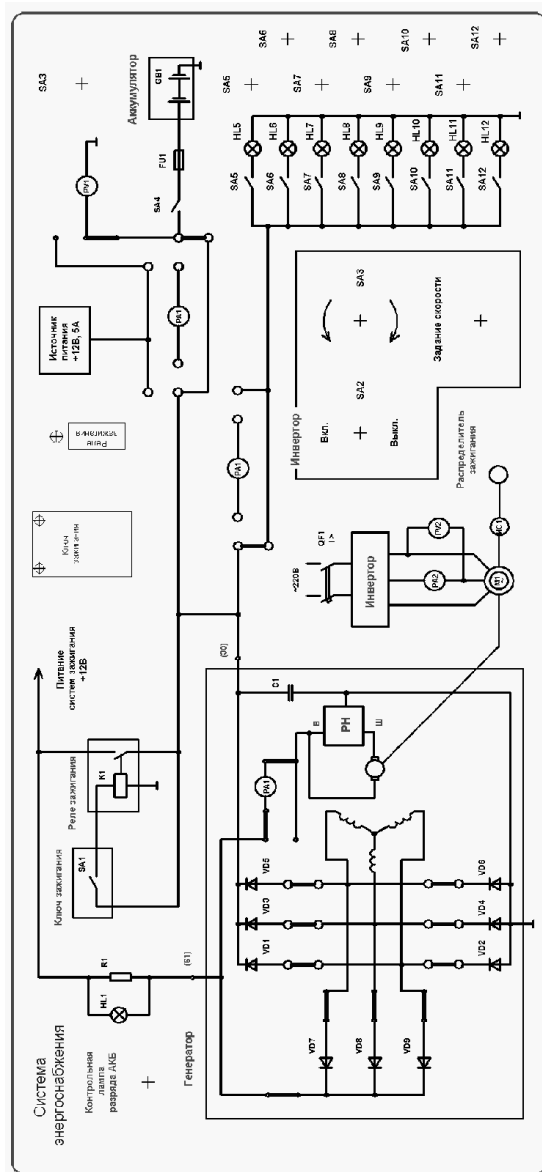


Рис. 6. Схема лабораторной установки при использовании аккумулятора.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение генератора.
2. Назначение регулятора напряжения.
3. Принцип работы генератора.
4. Принцип работы регулятора напряжения.
5. Анализ полученных графических зависимостей.
6. Пояснение причин возникновения неисправностей генератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов, Е. Л. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. М.: Книжное изд-во «За рулём», 2005. 336 с.
2. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник / Ю.П. Чижков. М.: Машиностроение, 2007. 655 с.
3. Набоких, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов: учебник / В.А. Набоких. 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 240 с.

Учебно-методическое издание

Анатолий Николаевич Карташевич
Олег Владимирович Понталёв
Андрей Феликсович Скадурва

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Методические указания к лабораторной работе

Редактор Е.А. Юрченко
Техн. редактор Н.К. Шапрунова
Корректор Л.С. Разинкевич

ЛИ №348 от 16.06.2009. Подписано в печать 13.05.2010.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.
Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».
Усл. печ. л. 0,93. Уч.- изд. л. 0,80.
Тираж 100 экз. Заказ . Цена 1160 руб.

Редакционно-издательский отдел БГСХА
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы, ризографии
и художественно-оформительской деятельности БГСХА
г. Горки, ул. Мичурина, 5