

УДК 629.016

UDC 629.016

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Technical Sciences

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЗАРЯДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА****ANALYSIS METHODS TO INCREASE THE CHARGING VOLTAGE OF THE ALTERNATOR**

Исмаилов Владимир Атабаевич  
к.т.н. доцент  
SPIN-код: 5811-6454  
E-mail: [vladimirismailov@yandex.ru](mailto:vladimirismailov@yandex.ru)

Ismailov Vladimir Atabaevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
SPIN-code: 5811-6454  
E-mail: [vladimirismailov@yandex.ru](mailto:vladimirismailov@yandex.ru)

Цубера Игорь Геннадьевич  
студент  
*Азово-Черноморский инженерный институт  
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Зерноград, Россия*

Tsybera Igor Gennadievich  
student  
*Azov-black sea engineering Institute of Donskoy State  
agrarian University, Zernograd, Russia*

В статье рассмотрена проблема недостаточности зарядного напряжения при совместной работе аккумуляторной батареи и автомобильного генератора. Проведен сравнительный анализ предлагаемых способов повышения зарядного напряжения генератора

The article considers the problem of insufficient charging voltage during the joint operation of the battery and alternator. A comparative analysis of the proposed ways of increasing the charging voltage of the generator

Ключевые слова: АВТОМОБИЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР, АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ, РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ЗАРЯДНЫЙ БАЛАНС, СТЕПЕНЬ ЗАРЯЖЕННОСТИ

Keywords: ALTERNATOR, BATTERY, VOLTAGE REGULATOR, CHARGE BALANCE, CHARGE LEVEL

**Doi: 10.21515/1990-4665-135-015**

Как известно, совместная работа автомобильной генераторной установки и аккумуляторной батареи определяется по совмещенной внешней характеристике генератора и зарядно-разрядной характеристике батареи /Ютт/. При этом баланс токов в системе электроснабжения определяется режимом нагружения системы, степенью заряженности АКБ и частотой вращения ротора генератора (скоростным режимом работы двигателя).

При чередовании режимов разряда и заряда батареи, наблюдаемом в ходе штатной ее работы на автомобиле, неперенным условием является соблюдение положительного зарядного баланса [4], которое выполнимо только при достаточности мощности и выходного напряжения установленного генератора. Современные стартерные аккумуляторные батареи, изготавливаемые по на основе свинцово-кальциевого сплава, крайне чувствительны к минимальной величине зарядного напряжения, от которой

зависит степень их заряженности и, как результат, срок службы. При этом они в меньшей степени, нежели традиционные малосурьмянистые батареи, склонны к газовыделению в конце заряда, а потому могут заряжаться напряжением до 15 В.

Рекомендуемое напряжение заряда, устанавливаемое в генераторах составляет 13,8-14,4 В, однако, в ряде случаев, такого уровня напряжения может быть недостаточно для поддержания полной заряженности АКБ.

Так в зимний период при движении с включенным ближним светом фар, обогревом стекол и зеркал средняя степень заряженности аккумулятора может не превышать 70–75% даже при рекомендуемом уровне напряжения. Этому виной возрастающее при пониженных температурах внутреннее сопротивление аккумулятора, а также достаточно быстрое снижение зарядного тока при постоянном напряжении.

При напряжении заряда ниже 13,8 В имеет место явление прогрессирующего недозаряда АКБ. К примеру, если эксплуатировать аккумулятор при средней нагрузке (интенсивности), величине зарядного напряжения 13,6 В и положительной температуре, то степень заряженности АКБ составит приблизительно 65%, в случае с использованием батареи при отрицательных температурах окружающего воздуха данный показатель составит менее 50%.

Продолжительная работа АКБ, характеризующаяся степенью заряженности на уровне 50–60%, влечет за собой быстрое снижение ее рабочих характеристик. Все это виной повышение скорости оплывания активной массы электродов батареи [2, 4]. Еще более усложняется данная ситуация в зимний период, так как в сильно разряженном аккумуляторе при низкой температуре повышается вероятность замерзания электролита, а это в свою очередь грозит разрушением корпуса батареи и окончательным выходом ее из строя.

Таким образом, для сохранения работоспособности аккумуляторной батареи необходимо обеспечить как можно больший (в рекомендуемом диапазоне) уровень напряжения на ее полюсных выводах. Однако в ряде отечественных генераторных установках, таких как 372.3701(РН 54.3702), 9402.3701(РН 55.3702), 5102.3771(РН 881.3702), проблема пониженного напряжения возникает в рядовых условиях эксплуатации автомобиля даже при положительных температурах. Дело в том, что диодные мосты всех вышеперечисленных генераторов, кроме основного выпрямителя (шесть силовых диодов) имеют дополнительные три диода, через которые осуществляется питание обмотки возбуждения (Рисунок 1).

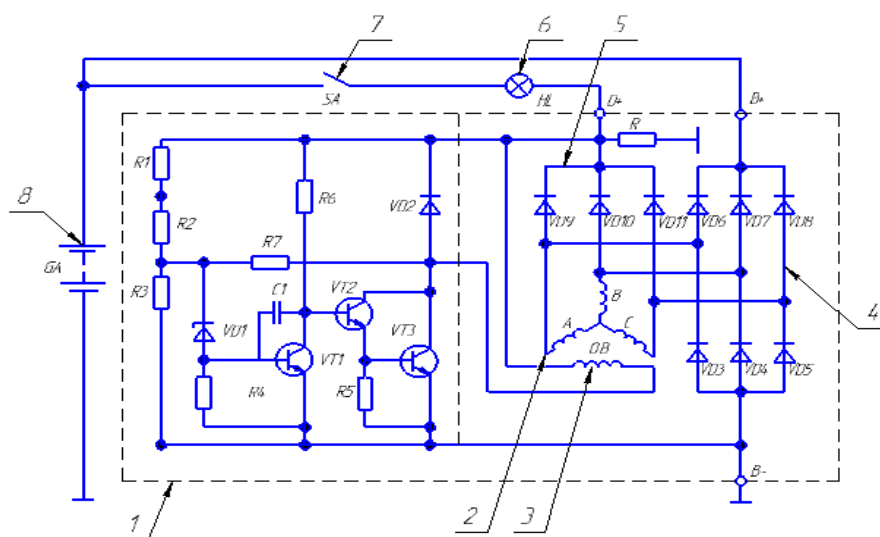


Рисунок 1– Стандартная схема генератора

1-регулятор напряжения; 2-основная обмотка; 3-обмотка возбуждения; 4-силовой трехфазный выпрямитель; 5-дополнительный выпрямитель; 6-контрольная лампа; 7-контакты замка зажигания; 8-аккумуляторная батарея

Регуляторы напряжения, применяемые на этих генераторах, имеют совмещённую цепь питания и измерения напряжения (вывод D+). При этом, когда в бортовой сети появляется существенная нагрузка (фары, обогрев заднего стекла и т.д), подключенная к силовому выпрямителю

(шпилька В+ или вывод 30) генератора, напряжение в бортовой сети начинает снижаться, и в это время должен включиться регулятор напряжения, чтобы удерживать его на заданной отметке. Но так как он подключен к дополнительным диодам, а там нет значительно падения напряжения, так как кроме регулятора напряжения с обмоткой возбуждения, другой нагрузки они не имеют, то и напряжение на выходе этого выпрямителя остаётся практически неизменным.

В итоге при частоте вращения коленчатого вала от холостых до средних оборотов, наблюдается просадка напряжения при включении средней до 30 А нагрузки[1]. Как результат нарушение положительного энергобаланса АКБ.

В литературных, а так же интернет-источниках [1, 3, 5] предлагаются различные способы решения возникающей проблемы, отличающиеся компонентной базой, схемой, а также достигаемым эффектом.

1) Установка в цепь питания обмотки возбуждения четырехконтактного реле типа 98.3777-10 (Рисунок 2). При включении зажигания через контрольную лампу напряжение подаётся на обмотку реле. Поскольку вход D+ коммутируется через контакты реле, и от дополнительных диодов он «оторван», то напряжение в точке D+ в момент включения зажигания будет порядка 8В. Этого достаточно чтобы реле включилось, и D+ регулятора напряжения оказался подключен к шпильке В+ (+АКБ).

После запуска двигателя генератор гарантированно возбуждается, и в точке D, подключенной к дополнительным диодам моста появится напряжение, вырабатываемое генератором, которое и будет удерживать реле в замкнутом состоянии до тех пор, пока работает двигатель, контрольная лампа на панели приборов при этом гаснет.

Достоинством способа можно считать простоту; возможность запитать обмотку реле от любого провода, на котором появляется напряжение после включения зажигания, дополнительная нагрузка в момент запуска,

до возбуждения генератора, при этом составит около 180 мА (ток потребления обмотки).

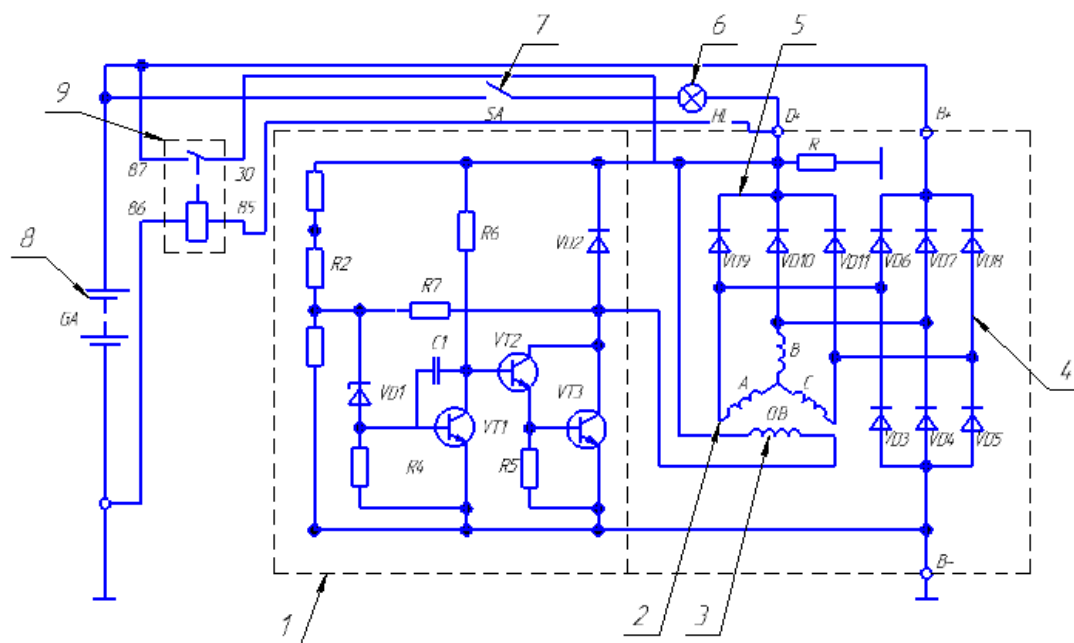


Рисунок 2 – Схема с четырех-контактным реле  
1 – 8 (см. рисунок 1); 9-четырёх-контактное реле

К недостаткам можно отнести следующее:

- контрольная лампа на панели приборов, включенная последовательно с обмоткой реле, в то время, когда она должна гореть (то есть когда зажигание включено, но двигатель не запущен, либо двигатель запущен, но генератор не работает), гореть будет, но в четверть накала;

- в случае, если в панели приборов по цепи начального возбуждения стоит резистор на минус, то есть вероятность не включения реле при включении зажигания, так как обмотка будет шунтирована этим резистором.

2) Установка в цепи питания обмотки возбуждения пяти-контактного реле типа 231.3787 (Рисунок 3) При включении зажигания через контрольную лампу напряжение подаётся на нормально замкнутые контакты реле

88-30, при этом регулятор напряжения получает начальное возбуждение по штатной схеме.

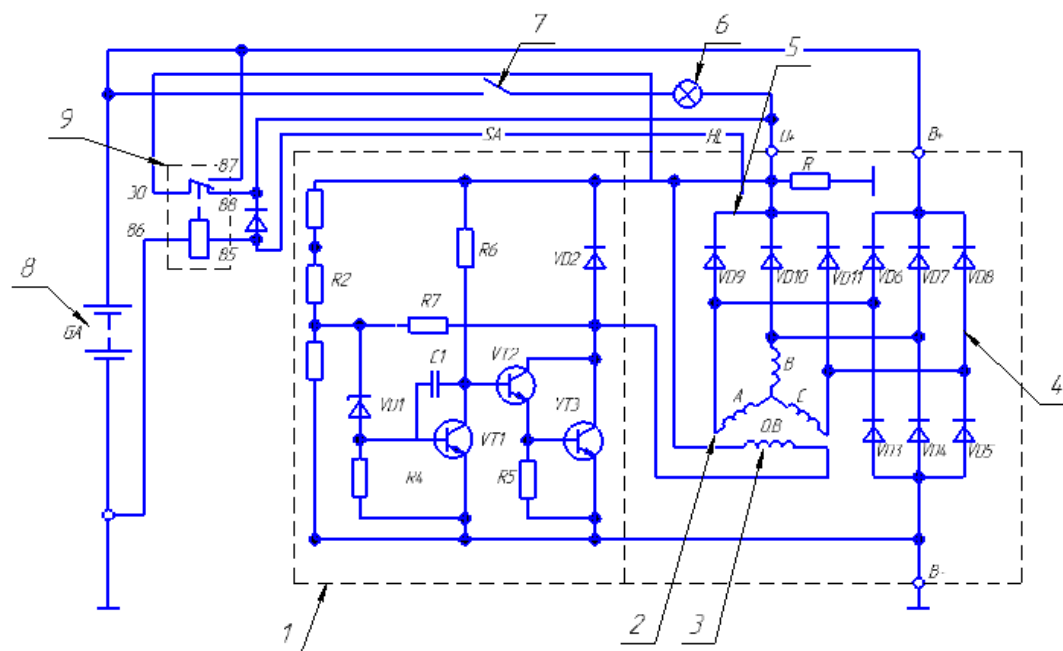


Рисунок 3 – Схема с пяти-контактным реле  
1 – 8 (см. рисунок 1); 9-пятиконтактное реле

Но так как вход D+ регулятора напряжения по схеме «оторван» от дополнительных диодов, то необходим ещё один диод между контактами реле 85-88. Через него на время запуска генератора подключаются дополнительные диоды, без этого генератор не возбуждается на оборотах холостого хода. Этот диод и осуществляет запуск генератора по «штатной схеме», однако это не единственное его назначение.

После запуска двигателя генератор возбуждается, и в точке D+, подключенной к дополнительным диодам моста, появится напряжение, вырабатываемое генератором, которое включит и будет удерживать реле в замкнутом состоянии до тех пор, пока работает двигатель, лампа на панели приборов при этом гаснет за счёт установленного дополнительного диода. В этом случае контакт D+ регулятора напряжения будет подключен уже через нормально разомкнутые контакты реле 87-30 к шпильке B+ (+АКБ).

Достоинства способа:

- запуск генератора происходит по штатной схеме, то есть даже при наличии резистора на минус в панели приборов, генератор возбуждётся;
- лампа на панели приборов будет работать в штатном режиме с той же яркостью.

Недостатки:

- усложнение схемы и проводки по сравнению с первым вариантом, дополнительный диод;
- общим недостатком для любой схемы с дополнительным реле (четырёх- и пяти-контактным) является то, что в случае залипания контактов реле, после выключения зажигания регулятор напряжения и обмотка ротора останутся подключёнными к +АКБ и будут потреблять ток в размере 3 А.

3) Установка в цепи питания обмотки возбуждения дополнительного диода (Рисунок 4). Для повышения напряжения регулирования штатного регулятора напряжения в простейшем случае можно использовать дополнительный диод (менее 5 А), включаемый в его положительную цепь. Конструктивно диод может быть либо впаян в шину дополнительных диодов либо вставлен в разрыв штатных разъемов.

4) Аналогичный результат достигается установкой такого же диода в минусовую цепь регулятора напряжения (Рисунок 5)

Возможна также замена диода резистором сопротивлением 0,2-0,3 Ом, чем обеспечивается отрицательная обратная связь по напряжению с аналогичным эффектом. Мощность резистора должна составлять не менее 5 Вт, и необходим теплоотвод. Но такие схемы, могут отличаться нестабильностью напряжения регулирования.

Недостатком этих решений является некоторое снижение тока через обмотку ротора из-за падения напряжения на диоде или резисторе и, как следствие, небольшое снижение максимальной мощности генератора.

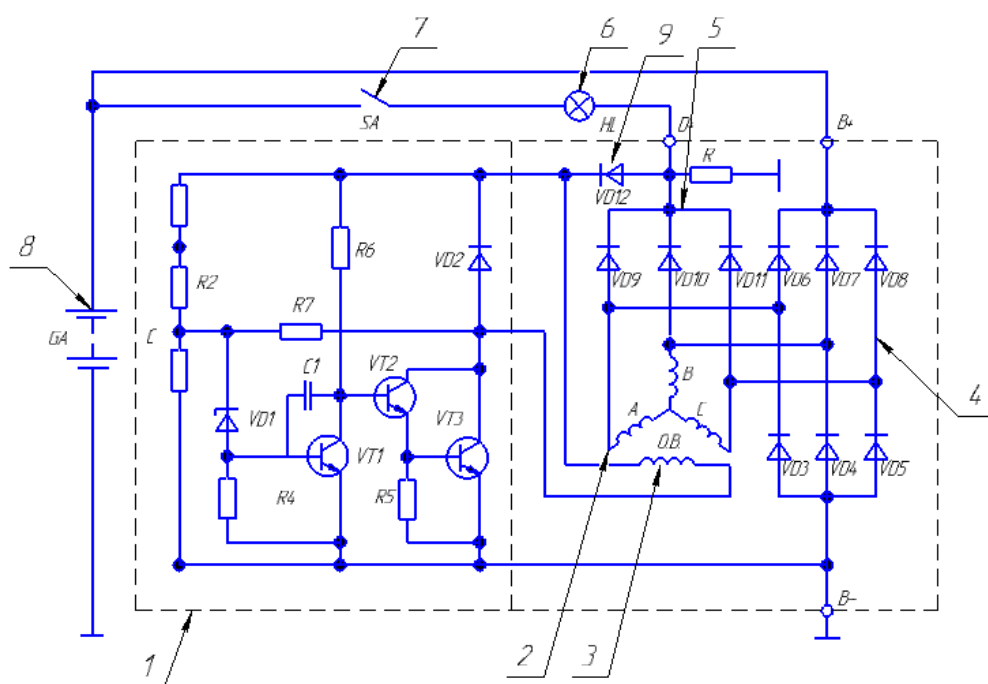


Рисунок 4 - Схема с установкой дополнительного диода в плюсовую цепь регулятора напряжения

1 – 8 (см. рисунок 1); 9-дополнительный диод

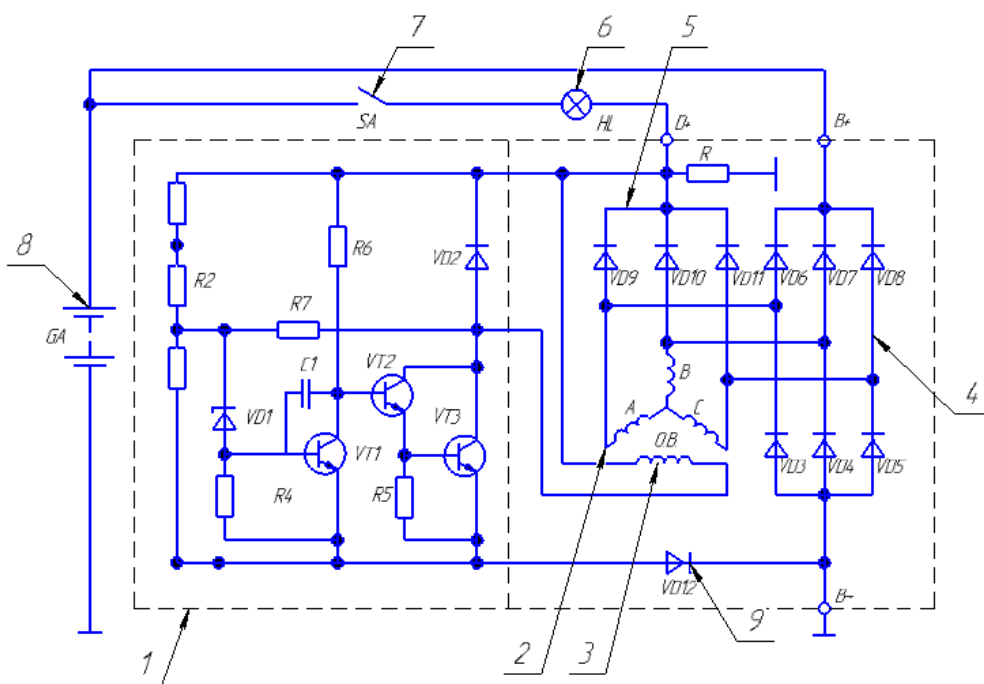


Рисунок 5–Схема с установкой дополнительного диода в минусовую цепь регулятора напряжения



1 – 8 (см. рисунок 1); 9-дополнительный диод

5) Более правильной является схема с двумя диодами в плюсовой ветви регулятора (Рисунок 6)

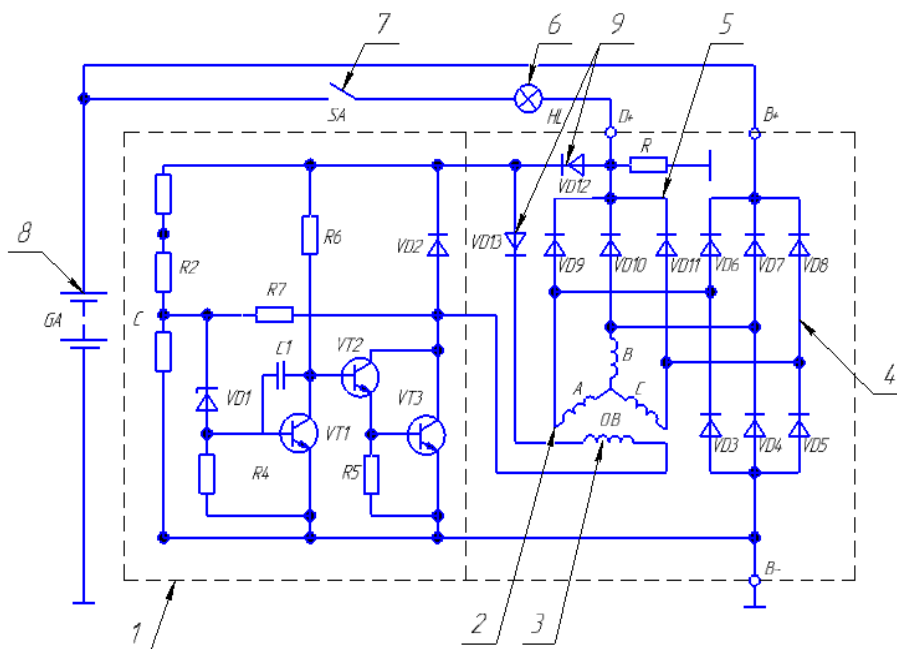


Рисунок 6 – Схема с установкой двух дополнительных диодов в плюсовую цепь регулятора напряжения

1 – 8 (см. рисунок 1); 9-дополнительные диоды

Здесь силовая и контрольная цепи регулятора напряжения разделены, а диод, показанный на схеме справа, включен только в последнюю. Параллельно ему установлен диод, необходимый для гашения тока самоиндукции обмотки ротора. Он совместно с диодом в самом регуляторе напряжения предотвращает пробой силового ключа регулятора напряжения при коммутации обмотки. Реализация этой схемы конструктивно сложнее, поскольку требует разъединения нередко сваренных контактов в самом щеточном узле. Здесь необходимо плюсовую щетку, соединяющуюся через клемму «папа» с выпрямителем, отключить от вывода, выходяще-

го из корпуса регулятора напряжения, а в образовавшийся зазор впаять диоды и обеспечить их изоляции[5].

Схемы с дополнительными реле реализуют взаимосвязь между выводами «В+» и «D+» обеспечивая более быструю реакцию регулятора напряжения на появляющуюся нагрузку – на падение напряжения генератора. Однако обе схемы сложнее и не лишены потенциальных отказов.

Схемы с дополнительными диодами в цепи регулятора напряжения направлены на своеобразный «обман» последнего, имитируя понижение напряжения от возникающих нагрузок. При этом они конструктивно проще и могут быть реализованы без выносных элементов, с сохранением габаритов генераторной установки неизменными.

Для более тщательной оценки преимуществ и недостатков предлагаемых способов необходимо проведение сравнительных испытаний генераторных установок с предлагаемыми усовершенствованиями. В ходе таких испытаний необходимо симитировать различные скоростные и нагрузочные режимы работы автомобильных генераторов, а также реализовать диагностическую модель для оценки состояния АКБ при изменяющемся зарядном напряжении. Такие испытания являются предметом дальнейших исследований и публикаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Информационно - аналитическое агентство, автомобильный форум [Электронный ресурс]: Установка дополнительного реле генератора. – Режим доступа: <http://autolada.ru/viewtopic.php?t=336943>
2. Коратаев, К.Э. Обоснование рациональных параметров и режимов работы генераторных установок для сельскохозяйственных машин: автореф. дисс. канд. техн. Наук / К.Э. Коратаев. – Барнаул, 2004. – 198 с.
3. Устройство автомобилей [Электронный ресурс]: Генераторы переменного тока. - Режим доступа: [http://k-a-t.ru/mdk.01.01\\_elektro/21-generator/index.shtml](http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elektro/21-generator/index.shtml)
4. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов /В.Е. Ютт. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 440 с.
5. NIVA-FAQ [Электронный ресурс]: Варианты доработки реле-регулятора напряжения. – Режим доступа: <https://www.niva-faq.msk.ru/tehnika/elektro/generat/rr.htm>

#### References

1. Informacionno - analiticheskoe agentstvo, avtomobil'nyj forum [Jelek-tronnyj resurs]: Ustanovka dopolnitel'nogo rele generatora. – Rezhim dostupa: <http://autolada.ru/viewtopic.php?t=336943>
2. Korataev, K.Je. Obosnovanie racional'nyh parametrov i rezhimov raboty generatornyh ustanovok dlja sel'skohozjajstvennyh mashin: avtoref. diss. kand. tehn. Nauk / K.Je. Korataev. – Barnaul, 2004. – 198 s.
3. Ustrojstvo avtomobilej [Jelektronnyj resurs]: Generatory peremennogo to-ka. - Rezhim dostupa:[http://k-a-t.ru/mdk.01.01\\_elekto/21-generator/index.shtml](http://k-a-t.ru/mdk.01.01_elekto/21-generator/index.shtml)
4. Jutt, V.E. Jelektooborudovanie avtomobilej: uchebnik dlja vuzov /V.E. Jutt. – M.: Gorjachaja linija-Telekom, 2009. – 440 s.
5. NIVA-FAQ [Jelektronnyj resurs]: Varianty dorabotki rele-reguljatora naprjazhenija. – Rezhim dostupa: <https://www.niva-faq.msk.ru/tehnika/elektro/generat/rr.htm>