

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} H_C &= \varepsilon_0 \partial E_C / \partial t + \partial P^0(E_{eff}) / \partial t + \operatorname{rot} [P^0(E_{eff}) \times v] + J_e^0(E_{eff}) + \rho_e^0 v & (I); \\ \operatorname{rot} E_C &= -\mu_0 \partial H_C / \partial t - \mu_0 \partial M^0(H_{eff}) / \partial t - \mu_0 \operatorname{rot} [M^0(H_{eff}) \times v] & (II); \\ \operatorname{div} [\varepsilon_0 E_C + P^0(E_{eff})] &= \rho_e^0 + c^{-2} v \times J_e^0(E_{eff}) & (III); \\ \operatorname{div} [H_C + M^0(H_{eff})] &= 0 & (IV); \quad \operatorname{div} J_e^0(E_{eff}) = -\partial \rho_e^0 / \partial t & (V). \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Система уравнений (23) описывает электромагнитные процессы в системе движущихся (в общем случае – ускоренно) материальных тел, скорости которых удовлетворяют условию  $|v|/c \ll 1$ , и характеризуются нелинейными электрической и магнитной поляризациями, а также нелинейной электрической проводимостью. К указанному классу систем относятся все электромеханические устройства.

### Выводы

Получены уравнения, позволяющие корректно применять уравнения Максвелла – Минковского для описания электромеханических устройств в общем случае с произвольным движением токоведущих частей и нелинейными электрическими и магнитными характеристиками.

Получение уравнений квазистационарного электромагнитного поля (**задача В**) основано на разложении искомого решения в степенной ряд по малому параметру  $\gamma$ , определенному соотношением (5). Обоснование применяемой для этого техники требует привлечения методов функционального анализа и будет приведено авторами в последующих публикациях.

В заключение отметим, что первоначальный вариант описанной выше теории был опубликован одним из авторов в работе [7].

### Литература

1. Minkowski H. Die Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern // Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse: 53–111.
2. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, 1991. – 328 с.
3. Толмачев В.В. и др. Термодинамика и электродинамика сплошной среды. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 232 с.
4. Седов Л.И., Цыпкин А.Г. Основы макроскопических теорий гравитации и электромагнетизма. – М.: Наука, 1989. – 272 с.
5. Поливанов К.М. Электродинамика движущихся тел. – М.: Энергоиздат, 1982. – 192 с.
6. Fano R.M., Chu L.J. and Adler R.B. Electromagnetic Fields, Energy and Forces. – New York – London: “John Wiley & Sons Inc”, 1960. – 520 p.
7. Шендеровский И.М. Математические модели электромеханики как асимптотика уравнений Максвелла-Минковского // Техника машиностроения. – 2003. № 3. – С. 85-93.

### Устройство для компенсации саморазряда аккумуляторных батарей

Новиков С.В., к.т.н. доц. Рогачёв В.Д.

*Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище  
им. генерала армии В.Ф. Маргелова (РВВДКУ)*

**Аннотация.** Предложено электронное устройство, компенсирующее саморазряд аккумуляторной батареи, приведенной в рабочее состояние и находящейся на хранении. Проведено сравнение данного устройства с известными образцами. Его автономность позволяет преобразовывать солнечную энергию в электрическую и компенсировать саморазряд аккумуляторной батареи, находящейся на хранении.

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, компенсация саморазряда.

Аккумуляторная батарея, отключенная от разрядной цепи, самопроизвольно разряжа-

ется и теряет свою ёмкость. Такое явление аккумуляторной батареи называется саморазрядом [1 – 3].

Саморазряд бывает нормальным и повышенным. Нормальный саморазряд для свинцовой аккумуляторной батареи – явление неизбежное. Саморазряд считается повышенным, если после 14-суточного бездействия батарей среднесуточная величина его превышает 0,7 % номинальной ёмкости автомобильных батарей и 0,5 – 0,6 % номинальной ёмкости танковых батарей при температуре окружающей среды 15 – 25 °С.

В руководстве по свинцовым аккумуляторным батареям описано устройство по компенсации саморазряда аккумуляторных батарей, подзаряжающее их малыми токами. Токи данного устройства имеют фиксированные значения 50, 100 или 150 мА.

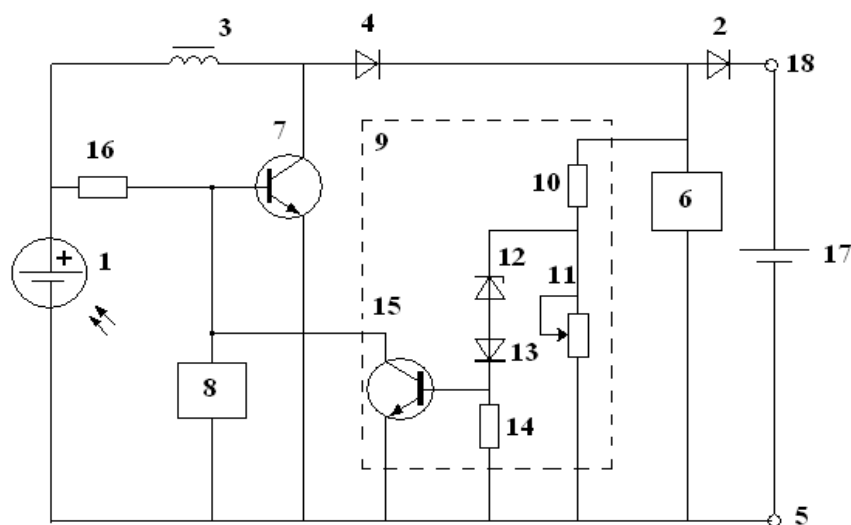
Недостатками данной установки является отсутствие защиты от короткого замыкания, неточная компенсация саморазряда, т. к. на все батареи подается одинаковое напряжение, а строго фиксированные значения токов подзаряда не позволяют установить их равными току саморазряда. Невозможность проведения регулировки уровня зарядного напряжения в зависимости от температуры окружающей среды, что снижает точность компенсации саморазряда. В результате получается, что одни батареи перезаряжаются, а другие недозаряжаются – это и понижает срок службы аккумуляторных батарей. Эта установка также требует постоянного контроля за выполнением требований безопасности, так как внешняя получаемая электрическая энергия с напряжением 220 В.

Последующие устройства, разрабатываемые для компенсации саморазряда совершенствовались, имели индивидуальную настройку для компенсации саморазряда каждой аккумуляторной батареи, но были также энергозависимы от внешней сети с напряжением 220 В.

Предлагаемое устройство компенсации саморазряда аккумуляторной батареи (рисунок 1) подразумевает использование фотоэлемента в качестве независимого источника питания, напряжение в цепи устройства которого будет абсолютно безопасно для человека и будет включать в себя автоматическое управление токами подзарядки.

Отличительной чертой данного устройства является то, что в его схему для компенсации саморазряда аккумуляторной батареи, содержащую фотоэлемент и диод защиты, дополнительно введены последовательно соединенные дроссель и диод, накопительный элемент, коммутирующий транзистор, задающий генератор импульсов и пороговое устройство.

Введение указанных элементов упрощает схему устройства и расширяет его применение, т.к. возможно использование фотоэлемента с любой величиной выходного напряжения. Одно устройство сможет подзаряжать 12-ти и 24-х вольтовые аккумуляторные батареи.



**Рисунок 1. Схема электрическая устройства для компенсации саморазряда**

На рисунке 1 представлена схема устройства для компенсации саморазряда аккумуляторной батареи. Устройство содержит в себе фотоэлемент 1 – источник тока, диод 2 защиты от инверсного включения аккумуляторной батареи. Между плюсовым выводом фотоэlemen-

та 1 и анодом диода 2 защиты включены последовательно соединенные дроссель 3 и диод 4, а между анодом диода 2 и минусовой шиной 5 устройства включен накопительный элемент 6. Между средней точкой соединения дросселя 3 и диода 4 и минусовой шиной 5 включен коммутирующий транзистор 7, к базе которого подключены выходы задающего генератора 8 и порогового устройства 9. На входе порогового устройства 9 включен регулирующий делитель напряжения, соединенный параллельно накопительному элементу 6. В пороговом устройстве между средней точкой соединения резистора 10 и потенциометра 11 и минусовой шиной 5 включены последовательно соединенные стабилитрон 12, диод 13 и резистор 14, подключенный параллельно переходу база - эмиттер транзистора 15. Выход порогового устройства 9 через коллектор транзистора 15 подключен к базе коммутирующего транзистора 7. Резистор 16 задает смещение на базе коммутирующего транзистора 7. Аккумуляторная батарея подключается к устройству между плюсовой клеммой 18 и минусовой шиной 5.

Работу данного устройства можно описать следующим образом. Фотоэлемент 1 вырабатывает напряжение, которое при открытом состоянии коммутирующего транзистора 7 вызывает ток через дроссель 3. Коммутирующий транзистор 7 периодически открывается и закрывается под действием управляющих импульсов задающего генератора 8. В момент закрытия коммутирующего транзистора 7 на дросселе 3 наводится ЭДС, по величине значительно большая напряжения фотоэлемента 1. Под действием ЭДС дросселя 3 заряжается накопительный элемент 6 через диод 4. Диод 4 исключает разряд накопительного элемента 6 через фотоэлемент 1.

Накопительным элементом в данном случае применяются конденсаторы большой ёмкости или ионисторы. Величина напряжения заряда накопительного элемента регулируется потенциометром 11 порогового устройства 9. С достижением на накопительном элементе 6 напряжения требуемой величины стабилитрон 12 пробивается, транзистор 15 открывается, а коммутирующий транзистор 7 закрывается и заряд накопительного элемента 6 прекращается. Диод 2 служит защитой схемы устройства от инверсного включения аккумуляторной батареи.

При понижении температуры для увеличения напряжения, подаваемого на накопительный элемент с целью улучшения подзаряда аккумуляторной батареи применяется диод 13, имеющий температурный коэффициент.

При подсоединении на подзарядку аккумуляторную батарею с помощью потенциометра 11 устанавливается уровень напряжения на накопительном элементе 6, равный ЭДС заряженной батареи. Соответствующий уровень напряжения определяют по нулевым показателям миллиамперметра, который при этом включается последовательно с батареей к выходу устройства.

В процессе саморазряда аккумуляторной батареи величина ЭДС снижается, и она начинает заряжаться от накопительного элемента 6, напряжение на нём тоже снижается, что приводит к закрытию стабилитрона 12 и транзистора 15. После этого начинает работать задающий генератор 8 и переключаться коммутирующий транзистор 7, а на дросселе 3 наводится ЭДС, что приводит к заряду накопительного элемента 6 до установленного уровня.

В результате изучения различных устройств по компенсации саморазряда аккумуляторных батарей, их недостатки стало возможным устранить и добиться большей эффективности путём введения дополнительных элементов, а именно дросселя с последовательно соединенным диодом, накопительного элемента, коммутирующего транзистора, задающего генератора и порогового устройства. Это, несомненно, совершенствует схему устройства и позволяет обеспечить требуемое напряжение подзаряда при фотоэлементе с любым напряжением и при любом освещении, что существенно расширяет сферу применения данного устройства.

### Литература

1. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов. – М.: Машиностроение, 2007. - 656 с.
2. Шарипов В.М, Апельинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция / Под

общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.

3. Руководство по свинцовым аккумуляторным батареям. Утверждено заместителем начальника Главного бронетанкового управления и заместителем начальника Центрального автотракторного управления. – М.: Воениздат, 1983. – 183 с.

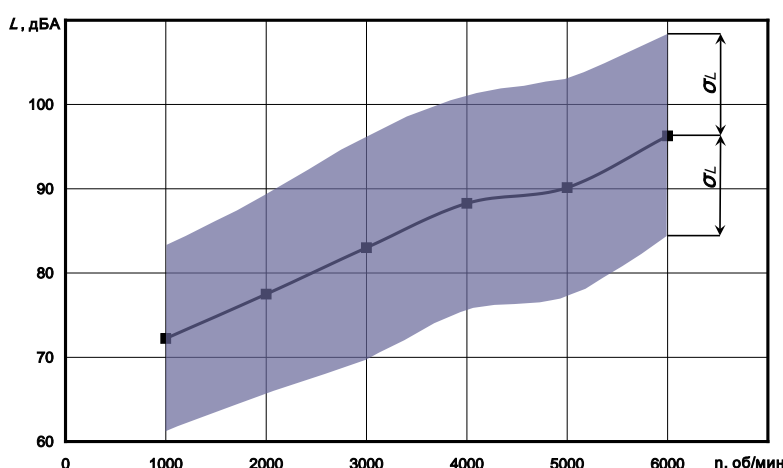
### **Расчётное определение разброса шума тягово-транспортных средств**

к.т.н. проф. Победин А.В., Долотов А.А., Искалиев А.И.  
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)  
+78442248162, [ts@vstu.ru](mailto:ts@vstu.ru)

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с возможностью получения величины разброса шума тягово-транспортных средств (ТТС) расчетным путем. Получены математические выражения для определения указанного разброса в зависимости от доверительного интервала шумности отдельных источников. Приведена общая методика оценки вероятного разброса результатов расчётной шумности ТТС.

**Ключевые слова:** тягово-транспортное средство (ТТС), методика, доверительный интервал, вероятность, статистика, разброс шума, уровень звукового давления (УЗД), частная производная.

Уровень шума вокруг тягово-транспортных средств (ТТС) и на рабочем месте оператора, как показывают экспериментальные данные [1 – 3], имеет большой разброс значений даже у одной и той же модели, выпущенной одним и тем же предприятием в одно и то же время. Это относится практически ко всем видам ТТС – новым и имеющим определённую наработку, при массовом, единичном и серийном производстве, и при совершенно одинаковых условиях эксплуатации. Вместе с тем статистические исследования шума ТТС в различных точках создаваемого им шумового поля показывают, что такой разброс существенен [4 – 6]. Так, для новых автомобилей ВАЗ, прошедших только предпродажную подготовку (имеющих практически нулевой пробег), общий уровень шума под капотом на одном и том же режиме работы ДВС и в одних и тех же условиях окружающей среды имеет разброс в 5...7 дБА. Разброс уровня шума автомобилей ГАЗ, находящихся в эксплуатации, существенно выше (рисунк 1.) [3, 7, 8]. Причины этого, видимо, прежде всего определяются полями допусков на изготовление деталей и регулировки (или сборки) систем и агрегатов ТТС.



**Рисунок 1. Статистическая зависимость уровня звука у КП автомобиля ГАЗ от частоты вращения ДВС**

При этом если методика статистической обработки результатов измерения шумности различных технических объектов довольно хорошо отлажена [8, 9], то методики расчётной оценки возможного разброса шума ТТС в настоящее время нет. А она была бы весьма полезна разработчикам для предварительной оценки шумности ТТС на этапе его проектирования,