



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 629.4.014.64

## ПРОБЛЕМАТИКА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

<sup>1</sup>Шульгинов П.А, <sup>2</sup>Вахромов А.О., <sup>3</sup>Чебаков С.А.

ФГБОУ ВО "УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ", Екатеринбург, Россия (620034, Свердловская область, город Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66), e-mail: <sup>1</sup>pavel.shulginov55@gmail.com, <sup>2</sup>arkadij392004@yandex.ru, <sup>3</sup>SChebakov@usurt.ru

В статье рассматриваются проблемы электропитания пассажирских вагонов. Описываются преимущества и недостатки подвагонных генераторов пассажирских вагонов, а также их неисправности. Кроме того, в статье приведены схемы подвагонного генератора и обычного генератора постоянного тока. Анализируются недостатки методов электропитания, существующих на сегодняшний день, их последствия для проводника и пассажиров и возможные способы их решения, цель которых – повысить эффективность эксплуатации электрооборудования.

Ключевые слова: Пассажирский вагон, электрооборудование, генератор, вагон-электростанция, рекуперативное торможение, аккумуляторная батарея.

## THE PROBLEM OF POWER SUPPLY FOR PASSENGER CARS

<sup>1</sup>Shulginov P.A., <sup>2</sup>Vakhromov A.O., <sup>3</sup>Chebakov S.A.

URAL STATE UNIVERSITY OF RAILWAY ENGINEERING, Yekaterinburg, Russia (620034, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Kolmogorova st., 66) e-mail: <sup>1</sup>pavel.shulginov55@gmail.com, <sup>2</sup>arkadij392004@yandex.ru, <sup>3</sup>SChebakov@usurt.ru

The article discusses the problems of power supply for passenger cars. The advantages and disadvantages of wagon generators of passenger cars, as well as their malfunctions, are described. In addition, the article provides diagrams of a wagon generator and a conventional DC generator. The disadvantages of current power supply methods are analyzed, their consequences for the conductor and passengers and possible ways to solve them, the purpose of which is to increase the efficiency of operation of electrical equipment.

Keywords: Passenger Car, electrical equipment, generator, power station car, regenerative braking, battery.

### Проблемы и преимущества генераторов пассажирских вагонов

Все вагоны для перевозки пассажиров оснащены системой, которая обеспечивает их электроэнергией. В этих системах основными источниками электричества являются генераторы. В вагонах с автономной системой электроснабжения генераторы приводятся в движение от оси колёсной пары. В автономной системе электроснабжения для питания потребителей используется только постоянный ток. Это связано с тем, что на вагоне, помимо генератора, установлена аккумуляторная батарея. Она служит резервным и аварийным источником питания. В пассажирских вагонах используются генераторы не только постоянного, но и переменного тока. Во втором случае для подключения генератора к батарее требуется выпрямитель. Генераторы в системах с приводом от оси колёсной пары работают в условиях, которые отличаются от условий работы стационарных генераторов:

- частота вращения генератора и его напряжение меняются в зависимости от скорости движения поезда;
- при изменении направления движения вагона меняется полярность генератора постоянного тока;
- на низкой скорости мощность генератора снижается и не может обеспечить энергией всех потребителей.

Поэтому нужны генераторы со сложными системами автоматического регулирования, которые гарантируют получение электроэнергии надлежащего качества. [1]

Генератор пассажирского вагона состоит, как и любой генератор, из статора — неподвижной части генератора, состоящей из магнитопровода и обмотки возбуждения; ротора — вращающейся части генератора, в состав которой входит сердечник, обмотка возбуждения и полюсы; корпуса — внешнего корпуса генератора, предназначенного для защиты внутренних частей от внешних воздействий. Также у генератора имеется привод, соединяющий его с осью колёсной пары. В применяемых на железной дороге системах электроснабжения используют, в основном, следующие генераторы: постоянного тока с поперечным магнитным полем смешанного возбуждения; постоянного тока с продольным магнитным полем и параллельным возбуждением; индукционные генераторы переменного 3-фазного тока.

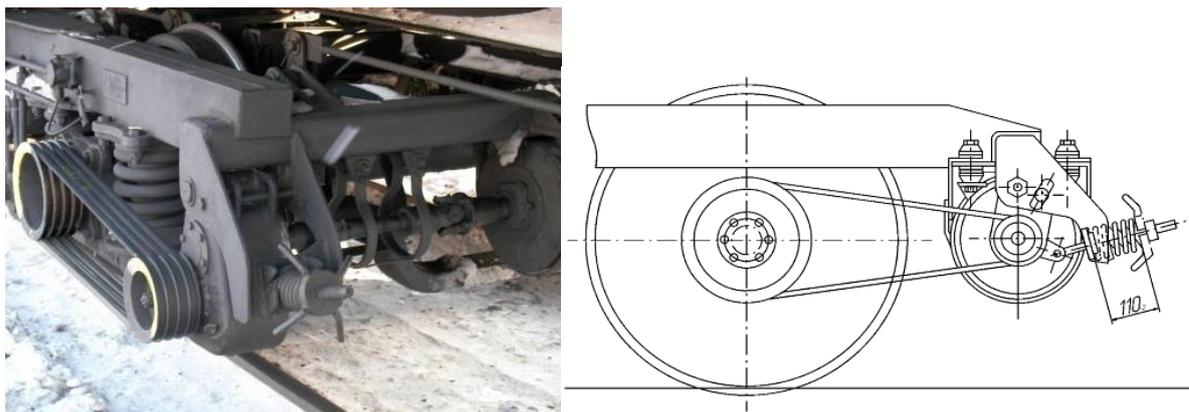


Рисунок 1. - Подвагонный генератор

### **Неисправности генераторов пассажирских вагонов**

Наиболее частой причиной неисправностей генераторно-приводной установки пассажирского вагона является поломка карданного привода генератора. Генераторно-приводная установка (ГПУ) состоит из генератора, закреплённого на кузове вагона и карданного привода, соединяющего генератор с осью колёсной пары. В ходе эксплуатации выяснилось, что карданный привод имеет очень низкую надёжность и является слабым местом ГПУ. Как показывает статистика, около 1/3 всех поломок пассажирских вагонов приходится на ГПУ, причём почти половина из них – это разрушение карданного вала привода генератора. По причине данной неисправности весь вагон может остаться без электричества, а также это часто приводит к остановке поезда и, как следствие, задержкам. Чтобы избежать данных неисправностей, можно создать генератор, который будет располагаться на тележке вагона и вращаться непосредственно от оси колёсной пары, то есть без карданной передачи крутящего момента. В таком случае крутящий момент будет передаваться через напрессованный на ось фланец на эластичную муфту ГПУ, а далее на редуктор и через предохранительную муфту на

генератор. Данная конструкция поможет избежать не только частых поломок генератора, но и снизить передаваемые на вагон вибрации и шум, а также повысить рабочий диапазон скоростей генератора до 35–200 км/ч. [2]

Что касается диапазона скоростей, при которых генератор способен эффективно работать, то тут возникает следующий недостаток. При низкой скорости движения поезда, а также на стоянках генераторы вагонов не функционируют. В таком случае электроснабжение происходит от аккумуляторной батареи, но при этом освещение становится более тусклым, а батарея со временем разряжается. Решением данной проблемы может послужить вагон-электростанция, работающий на дизельном топливе. При наличии вагона-электростанции весь поезд обеспечивается электроэнергией и отоплением бесперебойно. Ещё одно преимущество применения вагона-электростанции заключается в том, что обычные низковольтные генераторы пассажирских вагонов сильно затрудняют тягу поезда, а если имеется вагон-электростанция, то такая проблема исчезает. Это играет очень важную роль для высокоскоростных поездов. [3]

У генераторов переменного тока в пассажирских вагонах существует недостаток, который заключается в отсутствии защиты от перегрева обмоток, возникающего из-за перегрузки генератора или неисправности автоматического регулирования возбуждения. Исправить данный недостаток генератора может позволить установка в статор генератора датчика температуры, выполненного в виде обмоток из медного провода определённого сопротивления. Эти обмотки будут проходить вдоль проводников силовых обмоток генератора и подключаться к вторичному прибору измерения температуры, который в свою очередь подсоединён к регулятору напряжений. Это позволит осуществить защиту обмоток генератора от перегрева, а также повысит надёжность устройства. [4]

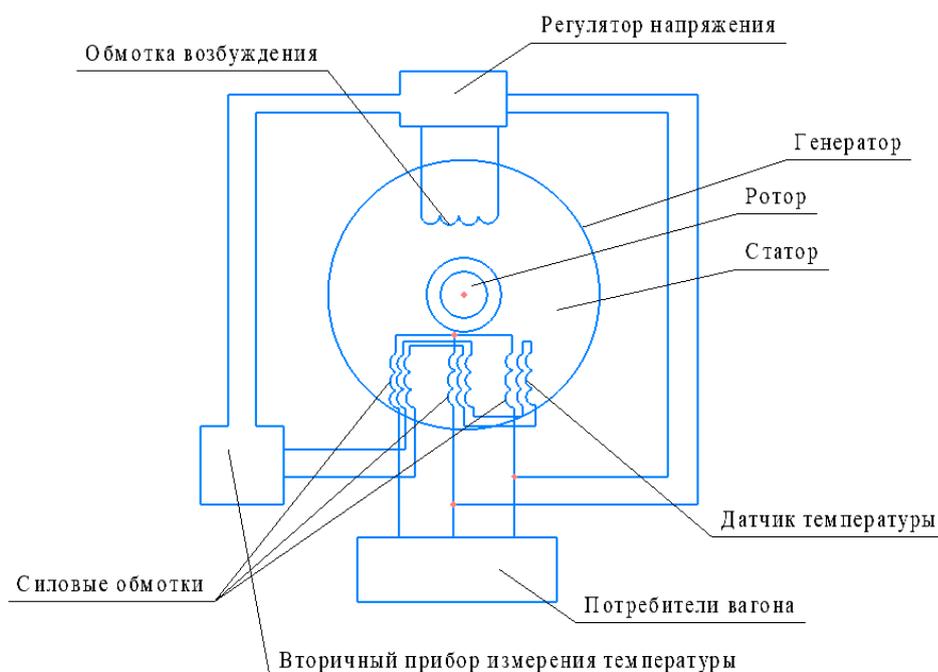


Рисунок 2. - Генератор постоянного тока

### Преимущества и недостатки генераторов постоянного тока

К преимуществам можно отнести:

1. Простота конструкции
2. Может работать в сложных условиях
3. Эффективная производительность.

К недостаткам можно отнести:

1. Сложность конструкции
2. Малую надёжность
3. Необходимость частых ревизий
4. Высокую стоимость.
5. Ограниченный срок службы щеточно-коллекторного узла. [5]

### **Возможные методы решения проблем электропитания пассажирских вагонов**

К сожалению, в пассажирских вагонах во время движения поезда нередки случаи выхода из строя систем жизнеобеспечения, а именно: освещения, биотуалетов (особенно вакуумного типа), кипятильников, отопления и самого уязвимого – установки кондиционирования воздуха. Причины таких случаев заключаются по большей части в том, что электроэнергии, запаасающейся в аккумуляторных батареях и вырабатываемой теми приборами, которые имеются на вагонах на сегодняшний день – подвагонными генераторами – недостаточно для непрерывной работы всех этих систем.

Приведём пример из практики проводника пассажирского вагона, работавшего летом на одном из рейсов южного направления. Пока поезд движется по перегону со скоростью более 40 км/ч, питание систем жизнеобеспечения вагона происходит за счёт вращения генератора, принимающего крутящий момент от колёсных пар. Все системы работают нормально. Однако по прибытии на станцию, где стоянка длится более 5 минут, отключается кондиционер и снова он включится, когда поезд разгонится до 40 км/ч. Пассажиры, очевидно, недовольны, но у проводника на это есть объяснение – установка кондиционирования воздуха пассажирского вагона (УКВ ПВ) потребляет электроэнергии намного больше, чем все остальные приборы, а генератор на стоянке электричество не вырабатывает. Следовательно, всё электрооборудование автоматически переходит на питание от аккумуляторной батареи, и если УКВ ПВ при таком питании оставить работающим, то батарея очень быстро разрядится и тогда в вагоне перестанет работать практически всё: остынет кипятильник, не включится кондиционер, выйдет из строя санузел, останется работать лишь аварийное освещение – вплоть до возвращения поезда в пункт формирования. Именно поэтому проводник ОБЯЗАН при стоянке дольше 5 минут отключать кондиционер, даже если стоянка техническая. Хотя, есть одно исключение из правил – допускается оставлять кондиционер работающим на длительной стоянке, пока напряжение в аккумуляторе не менее 100 В. Но такие случаи редки, а значит поиск решений по усовершенствованию электропитания вагона актуален.

Рассмотрим 2 варианта усовершенствования системы электропитания, их достоинства и недостатки:

1. Использование вагона-электростанции;
2. Использование рекуперативного торможения в качестве дополнительного источника питания вагонов.

#### *1. Вагон-электростанция*

Вагон-электростанция содержит кузов с машинным отделением, в котором установлены дизель-генераторы с оборудованием для подачи топлива, запуска и охлаждения, и

расположенные в одном из торцов кузова вагона служебное помещение и купе с туалетом для бригады обслуживания. [6]

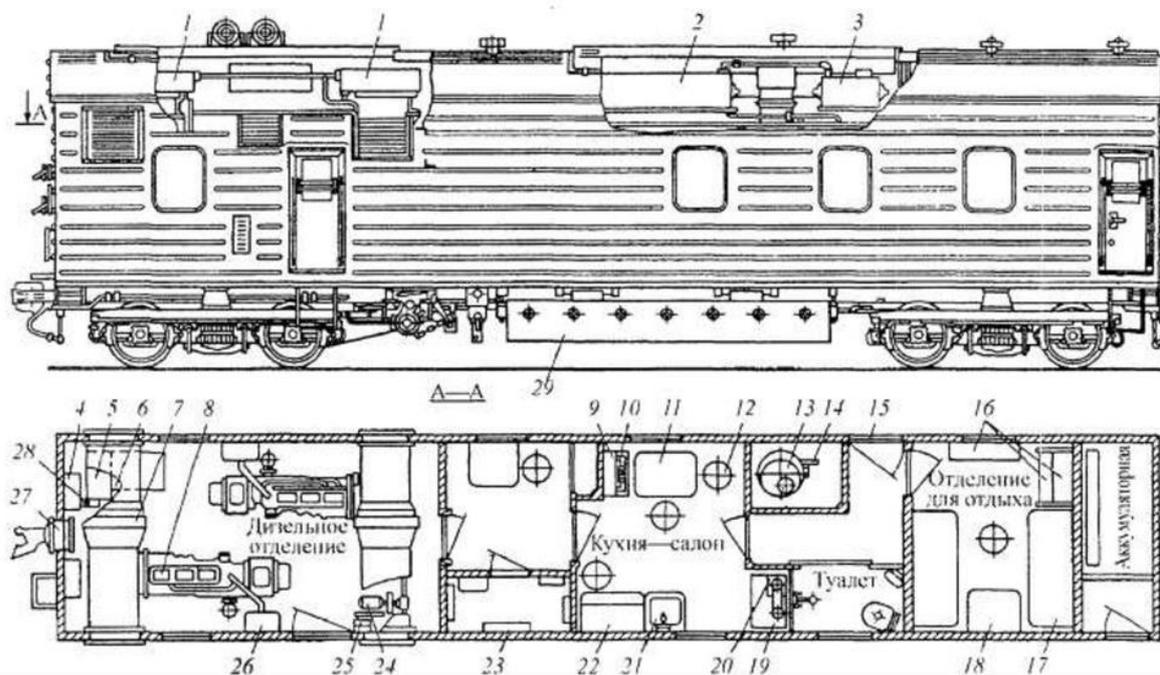


Рисунок 3. - Вагон-электростанция

Достоинства:

- Использование вагона-электростанции позволяет обеспечить полностью автономное электроснабжение пассажирского состава в том числе во время стоянки, когда подвагонный генератор не работает.
- Решается проблема эксплуатации во время длительных стоянок оборудования, требующего высоких энергозатрат (в частности УКВ ПВ), снижается нагрузка на подвагонный аккумулятор.

Недостатки:

- Вагон-электростанция намного тяжелее пассажирских вагонов, поэтому его добавление в состав потребует увеличения локомотивной тяги, в противном случае скорость движения уменьшится, что в свою очередь приведёт к массовым задержкам поездов.
- Обслуживание вагона-электростанции очень дорого: необходимо будет дополнительно оплачивать дизельное топливо для выработки электричества и работу бригады, обслуживающей такой вагон. Это негативно скажется на стоимости билетов.
- Вагон-электростанция занимает полезную длину станционного пути, что усложняет посадку-высадку пассажиров на малых станциях. Кроме того, для проводника головного вагона усложняется ещё и взаимодействие с локомотивной бригадой (например, машинист может не увидеть сигнал, подаваемый проводником).

2. *Использование рекуперативного торможения в качестве дополнительного источника питания вагонов.*

Рекуперативным торможением на железнодорожном транспорте называется процесс преобразования кинетической энергии движения поезда в электрическую энергию тяговыми электродвигателями (ТЭД), работающими в режиме генераторов. Эта энергия, как правило, возвращается в контактную сеть, либо же просто греет машинное отделение локомотива (всё равно, что тратится впустую). В этой статье предлагается следующий вариант: вся энергия, выработанная ТЭД в режиме генератора, уходит не в контактную сеть, а расходуется на зарядку аккумуляторных батарей. [7]

Достоинства:

- Появляется дополнительный источник энергии для зарядки аккумуляторов пассажирских вагонов.
- Такой способ расходования энергии, вырабатываемой ТЭД в режиме генератора, более эффективен, чем её возвращение в контактную сеть.
- Может применяться при движении поезда в режиме выбега в гористой местности.

Недостатки:

- В отличие от вагона-электростанции, этот метод не решает полностью проблему эксплуатации энергозатратного оборудования во время длительной стоянки.
- Реализация такого метода требует переоборудования тягового электродвигателя электровоза и аккумуляторов вагонов таким образом, чтобы можно было соединить их друг с другом – это довольно трудоёмкий процесс.

### **Заключение**

Анализируя эти методы, приходим к выводу, что оба этих метода имеют место быть, однако на сегодняшний день применение вагона-электростанции более реально, чем использование рекуперативного торможения. Рекуперативное торможение, конечно, более экологичный вариант, чем вагон-электростанция, но пока ещё нет локомотивов с такими тяговыми электродвигателями, которые могут использовать энергию рекуперативного торможения для зарядки аккумуляторных батарей вагона.

### **Список литературы**

1. Понкратов Ю. И. Электропривод и преобразователи подвижного состава: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 190 с.
2. Ведется разработка новой генераторно-приводной установки для пассажирских вагонов [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZcUw4CfcYBZn0hbD> (дата обращения 16.11.2024)
3. И у любви у нашей не сядет батарейка. Красивое описание и неясная экономика: на сеть РЖД поставили очередной вагон-электростанцию [Электронный ресурс]. URL: <https://vgudok.com/lenta/i-u-lyubvi-u-nashey-ne-syadet-batareyka-krasivoe-opisanie-i-neyasnaya-ekonomika-na-set-rzhd> (дата обращения 16.11.2024)
4. RU5954U1 – Генератор пассажирского вагона [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU5954U1\\_19980216](https://yandex.ru/patents/doc/RU5954U1_19980216) (дата обращения 16.11.2024)
5. Плюсы и минусы генератора постоянного тока [Электронный ресурс]. URL: <https://plusiminius.ru/plyusy-i-minusy-generatora-postoyannogo-toka/> (дата обращения 16.11.2024)

6. Вагон-электростанция [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38460813> (дата обращения 21.11.2024)
7. Рекуперативное торможение [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Рекуперативное\\_торможение#:~:text=Рекуперативное%20торможение%20\(от%20лат.%20recuperatio,или%20возвращается%20в%20электрическую%20сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рекуперативное_торможение#:~:text=Рекуперативное%20торможение%20(от%20лат.%20recuperatio,или%20возвращается%20в%20электрическую%20сеть) (дата обращения 21.11.2024).

## References

1. Ponkratov Yu. I. Electric drive and converters of rolling stock: Textbook for technical schools and colleges of railway transport. – M.: State Educational Institution "Educational and methodological Center for education in railway transport", 2007. – 190 p.
  2. A new generator-drive unit for passenger cars is being developed [Electronic resource]. URL: <https://dzen.ru/a/ZcUw4CfcYBZn0hbD> (accessed 11/16/2024)
  3. And our love will not run out of battery. A beautiful description and an obscure economy: another power station wagon was installed on the Russian Railways network [Electronic resource]. URL: <https://vgudok.com/lenta/i-u-lyubvi-u-nashey-ne-syadet-batareyka-krasivo-opisanie-i-neyasnaya-ekonomika-na-set-rzhd> (accessed 11/16/2024)
  4. RU5954U1 – Passenger car generator [Electronic resource]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU5954U1\\_19980216](https://yandex.ru/patents/doc/RU5954U1_19980216) (accessed 11/16/2024)
  5. The pros and cons of a DC generator [Electronic resource]. URL: <https://plusminusi.ru/plyusy-i-minusy-generatora-postoyannogo-toka/> (accessed 11/16/2024)
  6. The power station wagon [Electronic resource]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38460813> (accessed 11/21/2024)
  7. Regenerative braking [Electronic resource]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Regenerative\\_inhibition#:~:text=Regenerative%20inhibition%20\(from%20\).%20recuperatio,or%20returns%20to%20electric%20grid](https://ru.wikipedia.org/wiki/Regenerative_inhibition#:~:text=Regenerative%20inhibition%20(from%20).%20recuperatio,or%20returns%20to%20electric%20grid) (accessed 11/21/2024).
-