

УДК 621.311.4.031

**Синчук Олег Николаевич**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог, Украина. ул. XXII Партсъезда, 11, г. Кривой Рог, Украина, 50027, E-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)

**Бойко Сергей Николаевич**, асп., E-mail: [bsn1987@i.ua](mailto:bsn1987@i.ua)

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина. ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

**Дяченко Владимир Сергеевич**, асп., E-mail: [vova\\_dyak88@mail.ru](mailto:vova_dyak88@mail.ru)

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина. ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

### ОСОБЕННОСТИ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СОСТАВЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*Исследовано место и роль аккумуляторных батарей в составе ветроэнергетических комплексов в условиях пассажирских вагонов. Проанализированы характеристики и режимы заряда аккумуляторных батарей в составе ветроэнергетических комплексов в условиях пассажирских вагонов. Обосновано применение контроля заряда аккумуляторных батарей в составе ветроэнергетических комплексов, которые эксплуатируются в условиях пассажирских вагонов. Доказано, что устройство контроля заряда аккумуляторных батарей в составе ветроэнергетических комплексов есть необходимым компонентом, с позиции мониторинга состояния уровня заряда аккумуляторных батарей и своевременного выявления неисправностей. Библ. 10, табл. 0, рис. 2.*

**Ключевые слова:** электроснабжение, электрические установки, ветрогенераторная установка, альтернативные источники энергии, аккумуляторная батарея.

**Синчук Олег Миколайович**, д-р техн. наук, проф., завідувачий кафедрою автоматизованих електромеханічних систем в промисловості і транспорті.

ДВУЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна. вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027, E-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)

**Бойко Сергій Миколайович**, асп., E-mail: [bsn1987@i.ua](mailto:bsn1987@i.ua)

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна. вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

**Дяченко Володимир Сергійович**, асп., E-mail: [vova\\_dyak88@mail.ru](mailto:vova_dyak88@mail.ru)

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна. вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ У СКЛАДІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

*Досліджено місце і роль акумуляторних батарей у складі вітроенергетичних комплексів в умовах пасажирських вагонів. Проаналізовані характеристики і режими заряду акумуляторних батарей у складі вітроенергетичних комплексів в умовах пасажирських вагонів. Обґрунтовано застосування контролю заряду акумуляторних батарей у складі вітроенергетичних комплексів, які експлуатуються в умовах пасажирських вагонів. Доведено, що пристрій контролю заряду акумуляторних батарей у складі вітроенергетичних комплексів є необхідним компонентом, з позиції моніторингу стану рівня заряду акумуляторних батарей і своєчасного виявлення несправностей. Бібл. 10, табл. 0, рис. 2.*

**Ключові слова:** електропостачання, електричні установки, вітрогенераторна установка, альтернативні джерела енергії, акумуляторна батарея.

**Sinchyk Oleg Nikolaevich**, Ph. D., Professor, head of the Department of automated electro-mechanical systems in industry and transport.

State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih, Ukraine. vul. XXII Partz'yizdu 11, Kryvyi Rih, Ukraine, 50027, E-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)

**Boiko Sergey Nikolaevich**, Ph. D. student, E-mail: [bsn1987@i.ua](mailto:bsn1987@i.ua)

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600.

**Diachenko Vladimir Sergeevich**, Ph. D. student, E-mail: [vova\\_dyak88@mail.ru](mailto:vova_dyak88@mail.ru)

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, Ukraine, 39600.

## PECULIARITIES OF STORAGE BATTERIES CHARGE BEING A PART OF WIND-DRIVEN COMPLEX UNDER THE CONDITIONS OF PASSENGER CARRIAGES

*The place and role of storage batteries charge being a part of wind-driven complex under the conditions of passenger carriages is investigated. Characteristics and rates of storage batteries charge being a part of wind-driven complexes under the conditions of passenger carriages are analyzed. Applying of control of storage battery charge being a part of wind-driven complex exploiting under the conditions of passenger carriages is explained. It is proven that control device of storage battery charge being a part of wind-driven complex is an essential component from the position of monitoring of state of storage battery charge and early problem identification. Lib. 10, Table 0, Fig. 2.*

**Keywords:** *electrosaving, electric options, wind-driven complex, alternative energy sources, storage battery.*

### Введение

Магистральный железнодорожный транспорт занимает ведущее место в сфере отечественных грузовых и пассажирских перевозок. Исторически сложилось так, что наиболее распространенными системами электроснабжения пассажирских вагонов в Украине являются автономными или смешанными. Это означает, что для питания вагонных потребителей электрическая энергия вырабатывается непосредственно в самом вагоне подвагонным генератором, приводимым во вращение колесной парой. Распространение данной автономной системы электроснабжения объясняется наличием в Украине значительных участком неэлектрифицированных железных дорог и отсутствием при этом в этих типах тепловозов возможности производить напряжение требуемого уровня для дальнейшего обеспечения транспортирования его в вагонные сети электроснабжения [1].

При этом в обоих из выше приведенных вариантов в состав систем электроснабжения входят АБ служащие источником питания электрических приёмников вагонов во время его стояния. В свою очередь АБ являются и потребителями ЭЭ. При этом, дополним, что недостатком существующих систем электроснабжения является то, что для начала питания потребителей и заряда аккумуляторных батарей требуется, чтобы вагон развил скорость не менее 35 км/ч. Данный недостаток является наиболее критичным, с точки зрения обеспечения комфорта пассажиров, так как он означает, что во время стоянок и при движении поезда на низких скоростях вагонные, электропотребители вынуждены получать питание от аккумуляторных батарей, при этом мощные потребители должны быть отключены [1].

С целью устранения этого однозначного момента, в ряде исследований рассматривается возможность и делаются конкретные предложения по включению в автономные сети электроснабжения пассажирских вагонов возобновляемых источников электрической энергии, в частности ветрогенераторов, солнечных батарей или их совокупность [1]. Такие решения позволяют произвести заряд АБ независимо от состояния вагона – движение или стоянка. Вместе с тем, при этом (впрочем, и без этих элементов) обязательно необходимо контролировать уровень заряда АБ.

К сожалению известные способы контроля не всегда приемлемы для условий такого транспортного средства как пассажирские вагоны. То есть исследование и разработка современных систем нового уровня заряда АБ для условий систем электроснабжения пассажирских вагонов является актуальной задачей.

### Постановка задачи и цель работы

Целью работы является обоснование необходимости и разработка способа контроля заряда аккумуляторных батарей как элемента автономной системы электроснабжения пассажирского вагона с применением ветрогенераторов.

### Материалы и результаты исследования

Анализ автономных систем электроснабжения пассажирских вагонов, используемых ныне, показал ряд их недостатков системы (рис. 1) [2, 3]:

В частности:

- 1) для начала процесса заряда аккумулятора требуется разгон поезда до скорости не менее 35 км/ч. Если скорость не набрана, питание нагрузки продолжает осуществляться от аккумулятора;

2) большая инерционность системы, так как управление выходным напряжением индукторного генератора (ИГ) происходит за счет регулирования тока в высокоинерционной цепи обмотки возбуждения (ОВ) (рис. 1).

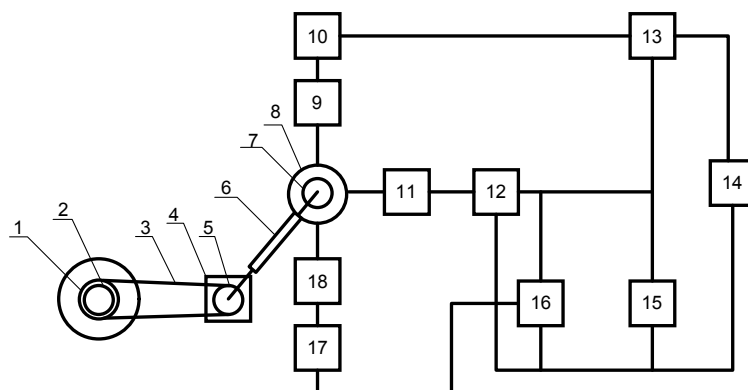


Рис. 1. Структурная схема автономной системой электроснабжения пассажирского вагона с использованием подкузовного генератора: 1 – ведущий шкив; 2 – ось колесной пары; 3 – клиновые ремни; 4 – редуктор; 5 – ведомый шкив; 6 – карданный вал; 7 – якорь; 8 – генератор; 9 – дополнительная обмотка генератора; 10, 12, 17 – выпрямители; 11 – основная обмотка генератора; 13 – переключающее устройство; 14 – аккумуляторная батарея; 15 – потребители электроэнергии; 16 – регулятор напряжения; 18 – шунтирующая обмотка

Вместе с тем требования к автономным системам электроснабжения пассажирских вагонов [2]:

- обеспечение стабильности напряжения питания при точности поддержания выходного напряжения в более широком диапазоне изменения скоростей поезда для бесперебойной работы системы вентиляции и кондиционирования вагона;
- продление ресурса аккумуляторных батарей за счет наличия стабильного напряжения, устанавливаемого в функции температуры аккумуляторных батарей, и ограничения тока заряда аккумуляторных батарей ;
- использование в системе ныне существующей схемы выработки, хранения и распределения электроэнергии: ИГ с механической передачей к колесной паре, понижающий трансформатор 3 x 380/88, подключаемый на стоянке к электрической сети, буферная схема подключения аккумуляторных батарей к нагрузке.

Анализ электрооборудования, применяемого в отечественных пассажирских вагонах, показал, что имеет место использование последнего для освещения салонов, купе, коридоров, туалетов; вентиляции помещений вагона; отопления вагона и подогрева подаваемого в него воздуха зимой; охлаждения подаваемого воздуха летом; охлаждения продуктов питания и питьевой воды; радиовещания и работы устройств связи; создания комфортных условий для перевозки пассажиров и облегчения обслуживания поездной бригадой, а так же, для обеспечения работы устройств сигнализации и контроля безопасности [4, 5].

Пассажирские вагоны с автономной системой электроснабжения характеризуются тем, что имеют собственные источники электрической энергии, обеспечивающие питание низковольтных потребителей электроэнергии при движении и на стоянках.

Преимуществом этой системы является ее независимость от внешнего источника питания, что позволяет эксплуатировать вагоны в любом поезде, в любом направлении и не зависимо от типа поездного локомотива.

В этой системе для низковольтных потребителей применяется исключительно постоянный ток. Это объясняется тем, что на вагоне установлена аккумуляторная батарея, которая служит резервным и аварийным источником питания. Кроме того, в системах с

приводом от оси колесной пары генератор работает с переменной частотой вращения, пропорциональной скорости движения поезда.

Как резервный и аварийный источник энергии используется аккумуляторная батарея, которая питает основные потребители поезда при неработающем генераторе (при его неисправности, на стоянке), а также при малой скорости движения поезда, когда генератор не развивает необходимую мощность. Кроме того, аккумуляторная батарея воспринимает пики нагрузки, возникающие при одновременном включении нескольких потребителей большой мощности, пуске электрических двигателей, кратковременных перегрузках и др.

При скорости поезда выше 35–40 км/ч все потребители получают питание от подвагонного генератора, а аккумуляторная батарея находится в режиме зарядки от зарядного устройства. На современных вагонах устанавливаются генераторы переменного тока, которые проще по конструкции и более надежны в эксплуатации по сравнению с генераторами постоянного тока. В связи с этим электропотребители подключены через выпрямительный мост. Во время стоянки и при низкой скорости движения потребители получают питание от аккумуляторной батареи. Когда вагон находится на длительной стоянке – в отстое, потребители получают питание от внешнего источника питания через блок внешнего источника электроэнергии, преобразующий переменное трехфазное напряжение внешней сети 380/220 В переменное трехфазное напряжение 142 В, которое выпрямляется так же, как и переменное напряжение генератора через трехфазный выпрямительный мост [6, 7].

Для пассажирских вагонов применяются кислотные и щелочные батареи, состоящие из определенного количества аккумуляторов, соединенных между собой последовательно. Аккумулятором называется химический источник тока, который способен накапливать и сохранять электрическую энергию, полученную от вагонного генератора или извне от зарядного агрегата, а затем отдавать ее. Кислотные аккумуляторные батареи (АБ) бывают свинцовые, щелочные - никель - железные и никель - кадмиевые.

Неисправности кислотных АБ [8, 9]:

1. Короткое замыкание – между "+" и "-" в результате разрушения сепараторов, выпадение на дно сосуда большого количества активной массы, коробления пластин и образования на них наростов. Короткозамкнутая АБ быстро разряжается и пластины сульфатируются. Напряжение их либо равно "0", либо значительно ниже, чем в исправных АБ.

2. Повышенный саморазряд – происходит при замыкании выводных клемм грязью и разлитым электролитом, замыкании пластин осыпающейся активной массой. АБ с повышенным саморазрядом определяют по быстрому уменьшению плотности электролита и напряжения. Резкая потеря емкости у отключенной АБ.

3. Повышенная сульфатация пластин – возникает при систематических разрядах и недоразрядах, длительном пребывании АБ в разряженном состоянии, использование электролита повышенной плотности и его загрязнении, недостаточном уровне электролита, а также наличии короткого замыкания между пластинами.

4. Переполюсовка – при глубоких разрядах (ниже 1, 8 В на аккумулятор) или установки в батарею аккумуляторов пониженной емкости, они разряжаются быстрее, и разрядный ток протекающий через них, заряжает их, образуя при этом на отрицательных пластинах перекись свинца, а на положительных – губчатый свинец. В результате происходит переполюсовка пластин.

5. Обрыв цепи может возникнуть вследствие сгорания ее предохранителей, неплотного или окисленного контакта, обрыва межаккумуляторного соединения, выводного штыря, мостика или отсутствие электролита в каком - либо аккумуляторе.

Таким образом, исходя из выше перечисленных недостатков и проблем автономной системы электроснабжения пассажирских вагонов, и использованием ветроэнергетического комплекса в составе автономной системы электроснабжения пассажирского вагона, было предложено использовать для контроля состояния аккумуляторных батарей устройство, схема которого представлена на рис. 2.

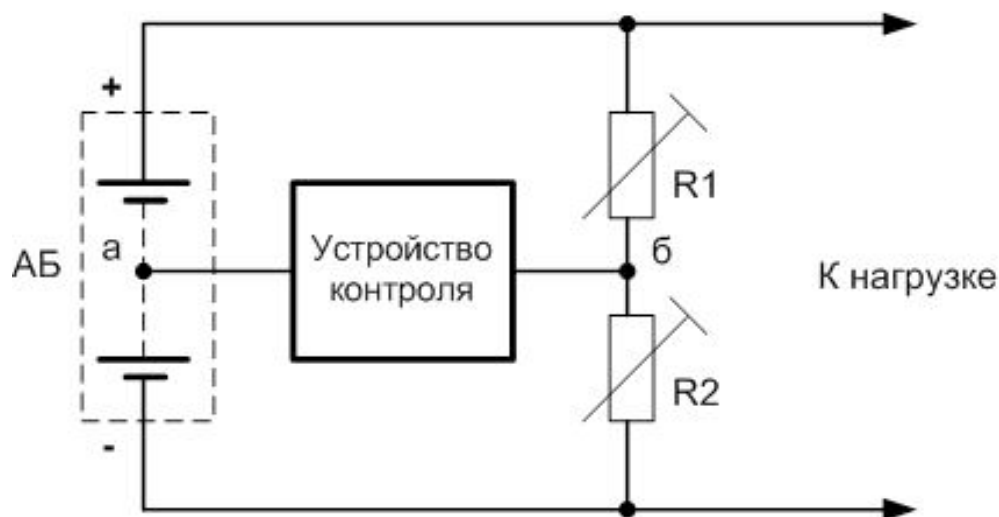


Рис. 2. Устройство контроля аккумуляторной батареи

Согласно принципу действия устройства неполадки в аккумуляторной батарее определяют путем сравнения напряжений на двух половинах аккумуляторной батареи. Систему контроля выполняют в виде делителя напряжения и устройства контроля разницы напряжений. При этом делитель напряжения выполняют с помощью последовательно соединенных резисторов которые подключают к исходным контактам аккумуляторной батареи. Устройство контроля разницы напряжения подключают между средней точкой аккумуляторной батареи и средней точкой делителя напряжения. Аккумуляторную батарею подключают к нагрузке или зарядному устройству [10].

Способ выявления неполадок в АБ решается следующим образом.

Устройство контроля разницы напряжений на двух половинах АБ подключается к средней точке АБ и к средней точке делителя напряжения. Делитель напряжения исполняется в виде последовательно соединенных резисторов, которые подключены к выходным контактам АБ.

Устройство контроля разницы напряжения имеет возможность действия на сигнал для дальнейшего отключения АБ.

При исправной АБ в каких-либо эксплуатационных режимах, – как при заряде, так и в нагрузочном режиме, – напряжение между средней точкой АБ и средней точкой делителя напряжения близка нулю.

При либо-каких неполадках АБ, – таких как короткие замыкания или обрывы в середине отдельных элементов, короткие замыкания или обрывы внешних соединений элементов батареи, изменение внутренних сопротивлений и сопротивлений межэлементных соединений, изменение ёмкости, переплюсовка элементов, и так далее, – баланс нарушается и возникает напряжение, что фиксируется устройством контроля состояния аккумуляторных батарей.

### Выводы

Предлагаемый способ своевременного выявления неполадок АБ, в составе ветроэнергетического комплекса в условиях пассажирского вагона, позволяет увеличить срок службы батарей и снизить расходы на их эксплуатацию, а также поддерживать бесперебойность автономной системы электроснабжения потребителей электрической энергии.

### Список литературы

1. Зыков Ю. В. Расчет и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагона ремонтного предприятия: Методическое пособие УрГУПС. – Екатеринбург, 2009. – 66 с.
2. Сапунков М. Л. Исследование переходных и квазиустойчивых процессов в электроприводе рудничного аккумуляторного электровоза с тиристорным управлением. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Пермь, 1970 – 19 с.
3. Elektrische energi eversorgung fur Wagen der Reiszugwagenbauart: UIC 550 // UIC Codex, 1969. – 13 p.
4. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983.– 200 с.

5. R. Datta and V.-T. Ranganathan, "A method of tracking the peak power points for a variable speed wind energy conversion system," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 18, P. 163–168, March 2003.
6. G. Moor and H. Beukes, "Power point trackers for wind turbines", *Power Electronics Specialist Conference (PESC)*, P. 2044–2049, 2004.
7. T. Nakamura, S. Morimoto, M. Sanada, and Y. Takeda, "Optimum control of ipmsg for wind generation system," *Power Conversion Conference (PCC)*, vol. 3, P. 1435–1440, 2002.
8. Q. Wang and L.-C. Chang, "An intelligent maximum power extraction algorithm for inverter-based variable speed wind turbine systems," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 19, P. 1242–1249, September 2004.
9. E. Koutroulis and K. Kalaitzakis, "Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, April 2006.
10. Патент України, МПК H02P9/00 Система керування асинхронним генератором у складі вітроелектротехнічного комплексу / О. Н. Сінчук, Д. А. Михайличенко, С. М. Бойко, М. А. Щербак; патент України № 84633, заява № u201305538 від 29.04 2013, опубл. 25.10 2013. Бюл. №20, 2013 р.

#### References

1. Zyikov Yu. V. *Calculation and choice of power equipment of passenger carriage and вагоно of repair enterprise* [Расчет и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагоноремонтного предприятия]: Metodicheskoe posobie UrGUPS. – Ekaterinburg, 2009. – 66 p.
2. Sapunkov M. L. *Research of transitional and quasistable processes in the electromechanic of mine storage-battery electric locomotive with a tiristorniy management* [Issledovanie perehodnyih i kvazistoychivyyih protsessov v elektroprivode rudnichnogo akkumulyatornogo elektrovoza s tiristorniyim upravleniem]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tehnikeskikh nauk. – Perm, 1970 – 19 p.
3. Elektrische energi eversorgung fur Wagen der Reiszugwagenbauart: UIC 550 // UIC Codex, 1969. – 13 p.
4. Shefter Ya.I. *Use of energy of wind* [Ispolzovanie energii vetra]. – M.: Energoatomizdat, 1983.– 200 p.
5. R. Datta and V.-T. Ranganathan, "A method of tracking the peak power points for a variable speed wind energy conversion system", *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 18, P. 163–168, March 2003.
6. G. Moor and H. Beukes, "Power point trackers for wind turbines", *Power Electronics Specialist Conference (PESC)*, P. 2044-2049, 2004.
7. T. Nakamura, S. Morimoto, M. Sanada, and Y. Takeda, "Optimum control of ipmsg for wind generation system", *Power Conversion Conference (PCC)*, vol. 3, P. 1435–1440, 2002.
8. Q. Wang and L.-C. Chang, "An intelligent maximum power extraction algorithm for inverter-based variable speed wind turbine systems", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 19, P. 1242–1249, September 2004.
9. E. Koutroulis and K. Kalaitzakis, "Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, April 2006.
10. Patent Ukraini, MPK H02P9/00 *Control the system by an asynchronous generator is in composition a wind-energy complex* [Sistema keruvannya asinhronnim generatorom u skladi vitroelektrotehnikhnogo kompleksu] / O. N. Sinchuk, D. A. Mihaylichenko, S. M. Boiko, M. A. Scherbak; patent UkraYini 84633, zayava #u201305538 vid 29.04.2013, opubl. 25.10 2013. Byul. 20, 2013 r.

Поступила в редакцию 20.03 2016 г.