

УДК 621.314

UDC 621.314

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО И
АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ****SOURCES OF UNINTERRUPTED AND
AUTONOMOUS POWER SUPPLY**

Денисенко Евгений Александрович
к.т.н., старший преподаватель
denisenko_88@mail.ru
РИНЦ SPIN-код: 4263-0056

Denisenko Evgeniy Alexandrovich
Candidate of engineering sciences, senior lecturer
denisenko_88@mail.ru
SPIN-code: 4263-0056

Тарасов Максим Михайлович
студент
grigorasch61@mail.ru

Tarasov Maxim Mihaylovich
student
grigorasch61@mail.ru

Кривошей Александр Александрович
студент
grigorasch61@mail.ru

Krivoshey Alexandr Alexandrovich
student
grigorasch61@mail.ru

Бондарчук Андрей Викторович
студент
grigorasch61@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Bondarchuk Andrey Viktorovich
student
grigorasch61@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье рассмотрены основные структурные схемы трёх типов источников бесперебойного электроснабжения: резервные; интерактивные; двойного преобразования. Основными функциями которых являются: выполнение функции резервного или аварийного источника электроэнергии; выполнение функции защитных устройств (от токов перегрузки и короткого замыкания); улучшение качества напряжения источника питания. Раскрыты также особенности работы, достоинства и недостатки источников бесперебойного питания трёх групп: Off-Line/Stand-By/back-up UPS (пассивные - резервные); Line-Interactive (линейные интерактивные типа); On-Line. Раскрыты новые подходы в структурно-схемном решении источников бесперебойного питания основанные, в том числе на использовании возобновляемых источников энергии, так что неисправность одного из источников не ведет к выходу из работы всей системы электроснабжения. Как правило, такие системы строятся по модульному принципу. Показано, что в настоящее время для потребителей отдалённых от внешних сетей целесообразно применять системы автономного электроснабжения, представляющие совокупность источников и преобразователей электроэнергии, обеспечивающих бесперебойное электроснабжение потребителей. Раскрыт типовой состав автономных систем, приведён один из вариантов структурной схемы системы и даны пояснения и принципы её работы. Значительно повышаются показатели надёжности автономных систем при использовании модульного принципа построения основных её функциональных узлов.

The article describes the main block diagrams of three types of uninterruptible power supply: backup; interactive; double conversion. The main functions are: the function backup or emergency source of electrical power; the function of protective devices (from an overload currents and short-circuit); improving the quality of the power supply voltage. Also we have disclosed the features of the advantages and disadvantages of uninterruptible power supplies three groups: Off-Line / Stand-By / back-up UPS (passive - reserve); Line-Interactive (line interactive type); On-Line. The article discloses new approaches to structural and schematic-based uninterruptible power supply, including at use of renewable energy, so that the failure of one of the sources does not lead to exit from the operation of the entire of power supply system. As a rule, such systems are built on a modular principle. It is shown that now for remote users from external networks is advisable to apply a system autonomous power supply, representing the totality of sources and converters of electric power, ensuring uninterrupted power supply to consumers. We have presented a typical structure of autonomous systems and given an option of the block diagram of the system and are given explanations and principles of its work. Significantly improves performance reliability of autonomous systems using the modularity of its main functional units. In addition, to increase the efficiency of the system can be through the use in the construction of transformers with static converters rotating magnetic field. To improve the weight, which is important for the transport systems, it is necessary to use links with the intermediate high-frequency electric power conversion in static converters

Кроме того, повысить КПД системы можно за счёт применения в конструкции статических преобразователей трансформаторов с вращающимся магнитным полем. Для улучшения массы, что важно для транспортных систем, необходимо в составе статических преобразователей применять звенья с промежуточным высокочастотным преобразованием электроэнергии

Ключевые слова: ИСТОЧНИК БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ, ИНВЕРТОР, СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ, СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Keywords: UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY, INVERTER, VOLTAGE STABILIZER, AUTONOMOUS SYSTEM OF POWER SUPPLY

Известно, что источник бесперебойного питания (ИБП) обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергии в случае исчезновения внешней сети. ИБП, как правило, осуществляют функцию стабилизации напряжения. Время питания потребителей зависит от емкости аккумуляторных батарей (АБ), которые входят в состав ИБП [1].

В настоящее время известны три структурно-схемных решения ИБП: резервный; интерактивный; двойного преобразования.

Резервные ИБП используются в основном для питания персональных компьютеров. При выходе параметров электроэнергии за нормированные значения или исчезновении напряжения ИБП автоматически подключает потребители электроэнергии к питанию от АБ через автономный инвертор. При нормализации параметров электроэнергии ИБП снова переключает нагрузку на питание от внешней сети. Недостатком рассмотренной схемы ИБП является низкое качество выходного напряжения (несинусоидальной формы), не обеспечивают стабилизацию напряжения и частоты, а также имеют относительно длительное время переключения на питание от АБ. Однако они имеют КПД не ниже 97 % и практически бесшумны.

Отличие **интерактивных ИБП** состоит в том, что к их входу подключён ступенчатый стабилизатор напряжения, обеспечивающий требуемое качество выходного напряжения для потребителей. Автономные

инверторы интерактивных ИБП формируют напряжение как прямоугольной или трапецеидальной формы, как и резервных ИБП, так и синусоидальной формы. Время переключения на питание от АБ меньше, чем в резервных ИБП, так как работа инвертора синхронизирована с входным напряжением. Они имеют несколько ниже КПД, чем резервные ИБП.

Двойного преобразования ИБП используются для питания автономных вычислительных систем, а также другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству электроэнергии. Их принцип работы основан на двойном преобразовании электроэнергии. В начале входное напряжение переменного тока преобразуется в напряжение постоянного тока, а затем с помощью инвертора в напряжение переменного тока. ИБП двойного преобразования имеют КПД 82 – 92 %. Важным достоинством ИБП двойного преобразования является то, что они кроме стабилизации напряжения осуществляют стабилизацию частоты тока.

В общем случае основными функциями ИБП являются [1]:

- 1) выполнение функции резервного или аварийного источника электроэнергии;
- 2) выполнение функции защитных устройств (от токов перегрузки и короткого замыкания);
- 3) улучшение качества напряжения источника питания.

Работа современным ИБП основана с использованием программного обеспечения и поэтому они дополнительно к рассмотренным функциям могут выполнять следующие функции:

- 1) перезапускать оборудование при восстановлении сетевого питания;
- 2) мониторинг и запись в состоянии (значение напряжения, уровень заряда АБ и другие параметры);
- 3) отображение параметров электрической сети, в том числе выходного напряжения, тока и мощности;

4) выдачу предупреждающих сигналов о возможных аварийных ситуациях (звуковые сигналы, запуск внешних программ и т.п.).

ИБП классифицируют по принципу действия на три основные группы:

- Off-Line/Stand-By/back-up UPS (пассивные - резервные);
- Line-Interactive (линейные интер-активные типа);
- On-Line.

ИБП пассивные - резервные в нормальном режиме функционирования не работают. В это время нагрузка получает питание от внешней сети при допустимых отклонениях входного напряжения и частоты тока. В случаях, когда параметры входного напряжения внешней сети отличаются от номинальных значений, определяемых стандартами, тогда подключается инвертор источника ИБП, обеспечивающий бесперебойное электроснабжение нагрузки. Источником электроэнергии инвертора являются АБ.

Это ИБП являются относительно простыми в конструкции и имеют невысокую стоимость (рисунок 1). ИБП состоит из двух параллельных ветвей. В первую ветвь входит фильтр (Ф) и нагрузка (Н), а во вторую – выпрямитель (В), аккумуляторная батарея (Б), инвертор (И) и нагрузка (Н).

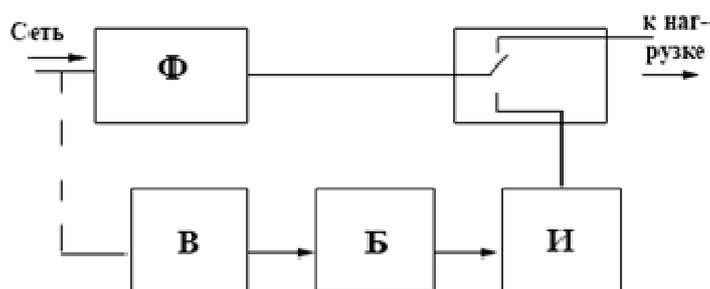


Рисунок 1 – Структурная схема ИБП пассивного типа

При нормальных параметрах внешней сети, напряжение прикладывается к нагрузке через фильтр, который фильтрует

всевозможные помехи. В это же время через выпрямитель подзаряжаются аккумуляторные батареи. При исчезновении или при выходе за установленные диапазоны входного напряжения, питание нагрузки автоматически переключается от аккумуляторных батарей через инвертор. Переключатель обеспечивает время переключения от 0,002 до 0,015 мс. Как правило, время коммутации находится в пределах 0,01 – 0,02 с и не оказывает влияние на компьютерные системы, которые бесперебойно работают при отключении питания. Пассивные-резервные ИБП поддерживают работу персонального компьютера, как правило, 5 – 10 мин.

Основные недостатки пассивных ИБП:

1) неустойчивая работа от внешних сетей с низким качеством электрической энергии;

2) неэффективная защита при отклонениях параметров электроэнергии, превышающие допустимые значения напряжения, изменений частоты тока и формы входного напряжения;

3) недостаточно времени восстановления для заряда аккумуляторных батарей при частых переключениях на питание от них;

4) несинусоидальная форма выходного напряжения при питании от аккумуляторной батареи.

Таким образом, пассивные ИБП должны применяться для защиты нагрузки с не частыми отклонениями напряжения питающей внешней сети.

В ИБП линейно-интерактивного типа (рисунок 2) имеют преимущества ИБП группы On-line и имеют надежность и эффективность резервных (standby). В ИБП этого типа в отличие от технологии Off-line в цепь включен ступенчатый автоматический регулятор напряжения (автотрансформатор), построенный на основе трансформатора с переключающимися обмотками. Иногда в конструкции ИБП применяется сетевой стабилизатор напряжения.

Когда инвертор подключён к нагрузке она также получает питание от стабилизированного напряжения переменного тока внешней сети. Нагрузка подключается полностью к питанию от инвертора, когда входное напряжение внешней сети пропадает [2].

Из-за такого взаимодействия работы инвертора с входным сетевым напряжением рассмотренная структура ИБП получила свое название. При изменениях сетевого напряжения, выходное напряжение поддерживается в заданных пределах за счет переключения обмоток трансформатора либо за счёт стабилизатора напряжения. Инвертор осуществляет стабилизацию напряжения и осуществляет подзарядку аккумуляторных батарей до тех пор, пока не потребуются его включение для полного питания нагрузки при несоответствии параметров электроэнергии внешней сети. Линейно-интерактивные ИБП нашли широкое применение в системах защиты компьютерных систем [3].

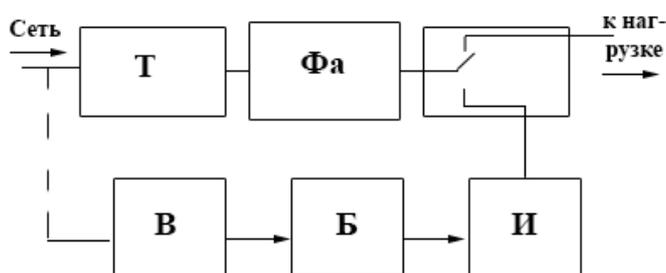


Рисунок 2 – Схема ИБП линейного интерактивного типа: Ф – трансформатор с переключающимися обмотками; Фа – фильтр автоматический; В – выпрямитель; Б – батарея; И – инвертор

Трансформатор кроме преобразования напряжения, осуществляет его сглаживание при скачках напряжения, как правило, возникающих во время коммутации, при этом ИБП реже работает от аккумуляторной батареи, и, следовательно, повышается срок службы батареи. Время переключения питания от аккумуляторов или обратно составляет не более 0,002 с.

Трансформатор имеет несколько дополнительных отводов во вторичной обмотке, переключением отводов и соответственно уровня напряжения при изменениях входного напряжения для его стабилизации управляет система управления – контроллер. Таким образом, ИБП линейного интер-активного типа работает по принципу управляемого автотрансформатора (ЛАТРа) и реже переключается на питание от аккумуляторных батарей при скачках входного напряжения.

Одним из преимуществ ИБП такого типа является широкий диапазон допустимых входных напряжений.

Технология On-Line позволяет реализовать самый надежный тип ИБП, схема которого приведена на(рисунок 3. От выпрямителя напряжение сети прикладывается к преобразователю постоянного напряжения высокого уровня в низкое ПН1 (конвертор), и далее – к преобразователю напряжения постоянного тока в напряжение переменного тока (ПН2) – инвертор. Питание преобразователя ПН2 осуществляется от аккумуляторных батарей и от внешней сети через выпрямитель. При нормальных параметрах входного напряжения переменного тока преобразователь ПН2 питается от выпрямителя. При отклонениях напряжения питающей сети от номинальных значений, источником питания для преобразователя ПН2 является аккумуляторная батарея (АБ).

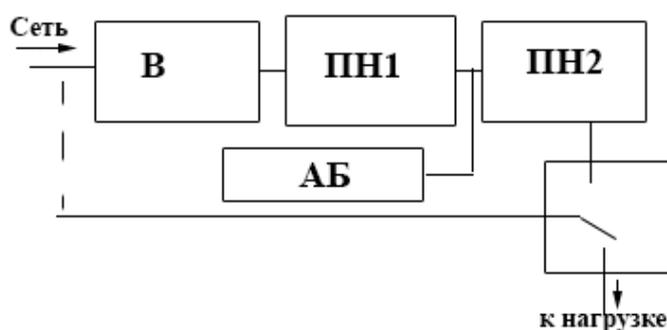


Рисунок 3 – Схем ИБП On-Line типа

В большинстве ИБП мощностью до 5 кВА вместо непрерывно подключенных аккумуляторных батарей, подключён резервный

преобразователь напряжения постоянного тока, включающийся при сбоях параметров электроэнергии внешней сети и дублирующий шину напряжения постоянного тока.

В случаях незначительных отклонений параметров входного напряжения от номинальных значений ИБП обеспечивает на выходе номинальное напряжение при отклонениях находящихся в пределах $\pm 1 - 3\%$. Наличие дополнительной цепи позволяет подключать нагрузку непосредственно к силовой внешней сети. Качество напряжения и надежность электроснабжения в рассмотренном типе ИБП существенно выше, чем у предыдущих.

Недостатки ИБП On-line типа являются невысокий КПД (85–90%) из-за двойного преобразования электроэнергии и высокая стоимость.

В настоящее время имеется несколько новых модификаций ИБП: by-pass; triple-conversion; ferrups.

Первая модификация (by-pass) как и на рисунке 3 представляет собой дополнительную цепь передачи электроэнергии в нагрузку, её наличие позволяет обеспечить высокую надежность работы устройства. Переключение в режим On-line производится автоматически при отклонении параметров электроэнергии выходной сети от нормы либо же в аварийных ситуациях. Таким образом, этот режим способствует увеличению надежности работы.

Вторая модификация (triple-conversion) содержит блок, обеспечивающий корректировку значения коэффициента мощности.

В третьей модификации (ferrups) применен феррорезонансный трансформатор, обеспечивающий высокие показатели надежности и широкий диапазон изменения входных напряжений.

Новые подходы в структурно-схемном решении ИБП основываются на использовании систем с резервируемыми вводами источников электроэнергии, неисправность одного из которых не ведет к выходу из

работы всей системы электроснабжения. Как правило, это модульные системы, сконструированные по трём принципам: повышения мощности нагрузки; повышения надежности системы электроснабжения; повышения мощности нагрузки и повышения надёжности электроснабжения. Несколько вариантов технических решений таких ИБП приведены в [1, 4].

Первый вариант содержит автоматический переключатель (АП) (рисунок 4). Входы источников питания подключены к единой сети, а с нагрузкой соединяются через АП. Информация о состоянии работы установок, управляющие команды поступают от системы управления ИБП.

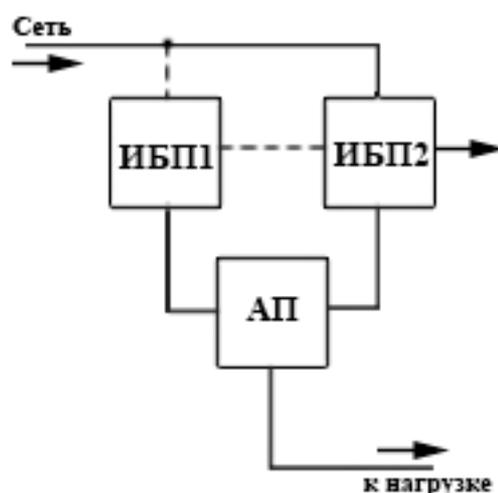


Рисунок 4 – Параллельная схема ИБП с использованием автоматического переключателя

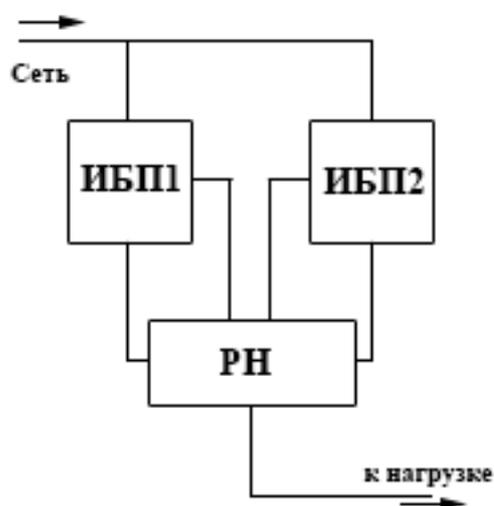


Рисунок 5 – Параллельная схема с использованием распределителя нагрузки

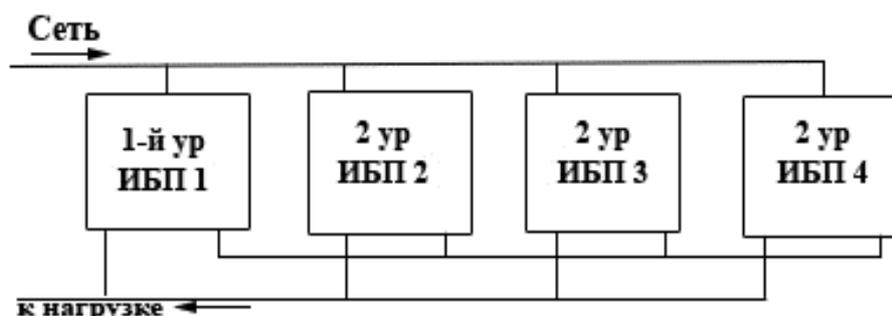


Рисунок 6 – Параллельная схема ИБП на основе двухуровневой системы

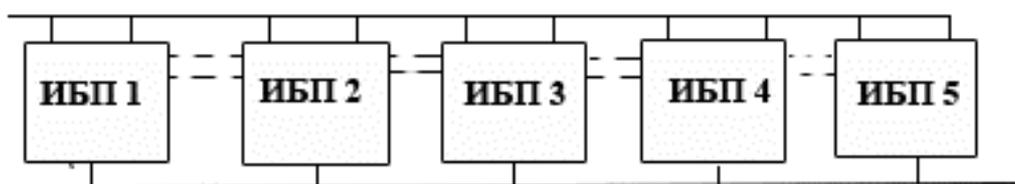


Рисунок 7 – Схема ИБП резервируемой параллельной системы

В настоящее время для потребителей отдалённых от внешних сетей целесообразно применять системы автономного электроснабжения (САЭ), представляющие совокупность источников, в том числе возобновляемых, и преобразователей электроэнергии, обеспечивающих бесперебойное электроснабжение потребителей [5, 6].

Типовой состав САЭ:

- источники электроэнергии (газо-, бензо-, дизель электростанция, а также солнечные или ветроэлектростанции);
- система преобразования электроэнергии (инверторы служащие для преобразования постоянного тока в переменный (220/380 В), а также выполняющие функции зарядных устройств для аккумуляторных батарей);
- блок коммутации, система автоматического управления и контроля за параметрами электроэнергии системы;
- аккумуляторные батареи;

- ввод для подключения внешней сети;
- стабилизаторы параметров электроэнергии.

При работе от внешней электрической сети (рисунок 8) происходит заряд аккумуляторных батарей (АБ) системы через инвертор (И). После отключения внешней сети инвертор мгновенно, за время, не превышающее 0,02 с переключается на питание от АБ. Блок коммутации (БК) контролирует состояние АБ и при их разряде через систему автоматического управления включает генератор электроэнергии (Г). После выхода на режим генератора БК переключает нагрузку на него, а инвертор выполняет функции зарядного устройства АБ. После заряда батарей, либо при не нормальной работе генератора, БК переключает питание нагрузки через инвертор, генератор в этом режиме выключается.

Преимуществом данной системы является неограниченное время работы (допустимое время работы генератора обычно до 12 часов, аккумуляторных батарей в зависимости от ёмкости батарей и мощности потребителей). Ограничением является ёмкость бака привода генератора и моторесурс непрерывной работы электромеханического генератора электроэнергии.

Значительно повышаются показатели надёжности САЭ при использовании модульного принципа построения основных её функциональных узлов [1]. Кроме того, повысить КПД САЭ можно за счёт применения в конструкции статических преобразователей трансформаторов с вращающимся магнитным полем [7, 8]. Для улучшения массы САЭ, что важно для транспортных систем необходимо в составе статических преобразователей применять звенья с промежуточным высокочастотным преобразованием электроэнергии.

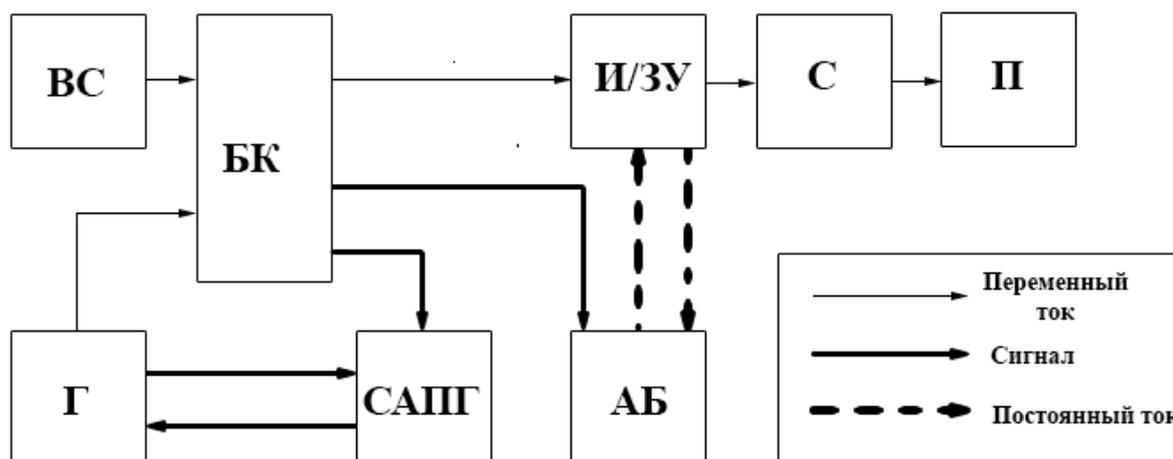


Рисунок 8 – Система автономного электроснабжения (ВС – внешняя сеть; Г – генератор; САПГ - система автоматического пуска генератора); БК – блок коммутации; И/ЗУ – инвертор/зарядное устройство; АБ – аккумуляторные батареи; С – стабилизатор; П – потребитель)

Список литературы

1. Григораш О.В., Божко С.В., Нормов Д.А. и др. Модульные системы гарантированного электроснабжения. Краснодар. 2005. С. 306.
2. Григораш О.В., Степура Ю.П., Усков А.Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. Краснодар. 2011. С. 188.
3. Богатырев Н.И., Григораш О.В. Курзин Н.Н. и др. Преобразователи электрической энергии: основы теории, расчёта и проектирования. – Краснодар, 2002, с. 358.
4. Григораш О.В., Дацко А.В., Мелехов С.В. К вопросу электромагнитной совместимости узлов САЭ. Промышленная энергетика. 2001. № 2. С.44-47.
5. Григораш О.В., Божко С.В., Попов А.Ю. и др. Автономные источники электроэнергии: состояние и перспективы. Краснодар. 2012. С.174.
6. Григораш О.В., Коваленко В.П., Воробьев Е.В., Власов В.Г. Перспективы возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае. Труды КубГАУ. – Краснодар, 2012, № 6, с.159-163.
7. Григораш О.В. Преобразователи электрической энергии на базе трансформаторов с вращающимся магнитным полем для систем автономного электроснабжения. Промышленная энергетика. 1997. № 7. С.21-26.
8. Григораш О.В., Кабанков Ю.А. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии. Электротехника. 2002. № 3. С.22-26.

References

1. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Normov D.A. i dr. Modul'nye sistemy garantirovannogo jelektrosnabzhenija. Krasnodar. 2005. S. 306.
2. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E. Sticheskie preobrazovateli i stabilizatory avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija. Krasnodar. 2011. S. 188.

3. Bogatyrev N.I., Grigorash O.V. Kurzin N.N. i dr. Preobrazovateli jelektri-cheskoj jenerгии: osnovy teorii, raschjota i proektirovanija. – Krasnodar, 2002, s. 358.
4. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelectromagnitnoj sov-mestivosti uzlov SAJe. Promyshlennaja jenergetika. 2001. № 2. S.44-47.
5. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Popov A.Ju. i dr. Avtonomnye istochniki jelek-trojenerгии: sostojanie i perspektivy. Krasnodar. 2012. S.174.
6. Grigorash O.V., Kovalenko V.P., Vorob'ev E.V., Vlasov V.G. Perspektivy vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v Krasnodarskom krae. Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2012, № 6, s.159-163.
7. Grigorash O.V. Preobrazovateli jelektricheskoj jenerгии na baze transforma-torov s vrashhajushhimsja magnitnym polem dlja sistem avtonomnogo jelectrosnabzhenija. Promyshlennaja jenergetika. 1997. № 7. S.21-26.
8. Grigorash O.V., Kabankov Ju.A. K voprosu primenenija transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem v sostave preobrazovatelej jelectrojenerгии. Jelectro-tehnika. 2002. № 3. S.22-26.