

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

И

ВОДОПОДГОТОВКА

2014

№4(90)
август



РУБРИКА «ТОВАРЫ И УСЛУГИ»

*Предложения ведущих компаний
в области водоподготовки
и энергосбережения
стр. 21*

Расчетная оценка эффективности
декарбонизации и деминерализации
воды в схемах химического
обессоливания

*А.Б. Ларин
(ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный
энергетический университет
имени В.И. Ленина»)
стр.6*

Схемно-технологические решения
водоподготовительных установок на
базе интегрированных мембранных
технологий для парогазовых ТЭС

*А.А. Пантелеев
В.Ф. Очкаев
(ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский
университет «МЭИ»)
С.С. Гавриленко
(«Мосэнергопроект» (МЭП)
филиал ОАО «ТЭК Мосэнерго»)
стр.11*

Главный редактор
Е.М. МАРЧЕНКО

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**

В.С. АГАБАБОВ
В.С. АЗАРОВ
Р.А. АМЕРХАНОВ
А.В. АНДРЮШИН
Ю.В. БАЛАБАН-ИРМЕНИН
П. БАЛТРЕНАС (Литва)
В.Д. БУРОВ
Б.Х. ГАЙТОВ
Я.В. ВАНДРАШ (Польша)
Л.Г. ВАСИНА
М.Х.-Г. ИБРАГИМОВ
В.И. КОРМИЛИЦЫН
В.А. КУПЧЕНКО
В.В. КУЛИЧИХИН
Б.М. ЛАРИН
В.И. ЛЕЛЕКОВ
С.И. МАГИД
М.Е. МАРЧЕНКО
Е.Е. НОВГОРОДСКИЙ
А.Б. ПЕРМЯКОВ
В.И. РАЧКОВ
Я.Е. РЕЗНИК
А.С. СЕДЛОВ
В.П. СПИРИДОНОВ
Б.Г. ТУВАЛЬБАЕВ
Л.А. ХОМЕНОК
В.И. ШАРАПОВ
Е.Б. ЮРЧЕВСКИЙ

Учредитель:
ООО «ЭНИВ»

*Издается в интересах
и на средства подписчиков.*

*Журнал зарегистрирован
Государственным Комитетом
Российской Федерации по печати.
Свидетельство № 016042
от 30 апреля 1997 г.
Свидетельство о перерегистрации
ПИ № ФС77-44018
от 01 марта 2011 г.*

Подписные индексы
42815 - Объединенный
каталог «Пресса России»
20142 - Каталог «Роспечать»

Почтовый адрес редакции:
107241, г. Москва,
а/я 35, ООО «ЭНИВ»

Телефон (495) 504-7503

E-mail: eniv2013@gmail.com
info@energija.ru
www.energija.ru
www.enivpress.jimdo.com

Подписано в печать
20.08.2014

Тираж 1200 экз.

Отпечатано в типографии
Onebook.ru

ООО «Сам Полиграфист»
г. Москва, Протопоповский пер., 6

Свободная цена

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
Издается с 1997 года

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ВОДОПОДГОТОВКА

№ 4 (90)

2014, август

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ..... | 3 |
| Шарапов В.И., Пазушкина О.В., Кудрявцева Е.В. О возможности повышения энергетической эффективности ТЭЦ путем совершенствования технологий деаэрации подпиточной воды теплосети..... | 3 |
| Ларин А.Б. Расчетная оценка эффективности декарбонизации и деминерализации воды в схемах химического обессоливания..... | 6 |
| Пантелеев А.А., Очков В.Ф., Гавриленко С.С. Схемно-технологические решения водоподготовительных установок на базе интегрированных мембранных технологий для парогазовых ТЭС... | 11 |
| Агеев М.К., Сайфульмулюков Ф.И. Автоматизированные системы управления организацией водоснабжения и водоотведения..... | 17 |
| ТОВАРЫ И УСЛУГИ..... | 21 |
| БОРЬБА С НАКИПЬЮ И КОРРОЗИЕЙ..... | 23 |
| Полевич А.Н., Мишенин Ю.Е. Результаты экспериментальных исследований метода парогазовой очистки внутренних поверхностей нагрева котла от железоокисных отложений..... | 23 |
| Костина З.И., Крылова С.А., Понурко И.В. Защита водонагревательных элементов бытовых приборов от коррозии и солеотложений..... | 28 |
| ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ..... | 33 |
| Агабабов В.С., Голов П.В., Никишов К.С., Семичев А.М., Попов Н.В. Перспективы использования детандер-генераторной технологии на электростанциях ОАО «Мосэнерго»..... | 33 |
| Тувальбаев Б.Г., Моисеев В.И. Использование кислорода спутной выработки дополнительного производства в технологическом процессе ТЭС..... | 40 |
| Гайтова Т.Б., Попов С.А., Ладенко Н.В. Аксиальный привод асинхронного двигателя-дезинтегратора..... | 44 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАСЧЕТЫ..... | 47 |
| Путилова И.В., Путилов В.Я., Хасяншина А.Р. Исследование влияния формы и полидисперсности частиц на критические скорости пылегазовых потоков..... | 47 |
| Шумов Ю.Н., Сафонов А.С. Электрические машины для электромеханических накопителей энергии: обзор состояния, перспективы новых конструкций, зарубежный опыт..... | 53 |
| Гольдберг О.Д., Хелемская С.П., Иванов О.А. Автономная система электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии..... | 60 |
| ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ..... | 64 |
| Зройчиков Н.А., Кормилицын В.И., Юшков Н.Б. Снижение выбросов вредных веществ при сжигании топлива в паровых котлах..... | 64 |
| ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ..... | 70 |
| Шелоков Я.М. Условия и параметры экономического развития..... | 70 |
| Самарин О.Д. Энергоресурсосбережение при установке квартирных водосчетчиков..... | 73 |
| Олейник Н.С. Предложения по модернизации и повышению уровня технологического развития Нижегородской области..... | 76 |
| ИНФОРМАЦИЯ..... | 79 |
| ЛИТЕРАТУРНАЯ СТРАНИЦА..... | 80 |

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

О.Д. ГОЛЬДБЕРГ, д.т.н., профессор

С.П. ХЕЛЕМСКАЯ, к.т.н., профессор

О.А. ИВАНОВ, инженер

ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», 107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38

Аннотация. В статье предложена автономная система электроснабжения ответственного потребителя на основе нетрадиционных источников энергии, а именно: ветрогенератор и солнечная панель, обеспечивающая полную энергонезависимость потребителя. Исследованы основные проблемы построения подобных систем и методы их решения. Используя построенную компьютерную модель представленной структуры, изучены основные ее свойства и характеристики. В результате была получена система, позволяющая добиться высоких показателей качества и надежности электроснабжения.

Ключевые слова: автономная система электроснабжения, перегрузочная способность, гальваническая развязка, ветрогенератор, солнечная панель, выпрямительно-инверторный преобразователь, коэффициент несинусоидальности.

В последнее время все большую популярность набирают системы автономного бесперебойного питания, построенные на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Нетрадиционные источники электроэнергии могут использоваться в качестве основных источников в автономных системах или в качестве резервных в системах гарантированного и бесперебойного электроснабжения (совместно с сетью) [5]. Если в данном случае планируется использовать совместно несколько типов ВИЭ: к примеру, солнечные батареи и ветрогенератор, то возникает ряд неизбежных проблем, связанных в том числе и с несогласованностью их работы, а именно:

1. Низкая перегрузочная способность используемых типов инверторов, вызванная ограничениями применяемых компонентов, а также отсутствием гальванической развязки между нагрузкой и ВИЭ.

2. Согласование двух параллельных источников постоянного напряжения (ветрогенератор и солнечная панель).

3. Естественные вольт-амперные характеристики (ВАХ) ВИЭ отличаются нестабильностью как из-за наличия существенного внутреннего сопротивления, имеющего в основном нелинейный характер, так и из-за нестабильности внешних условий, определяющих уровень генерируемого напряжения.

4. Отсутствие собственных систем регулирования электрических режимов нагрузки и защиты в аварийных режимах.

5. Отсутствие систем управления потоком мощности и качества вырабатываемой электроэнергии.

Во-первых, для решения данных проблем можно изолировать выходы ветрогенератора

/ солнечной батареи и аккумуляторных батарей (АКБ), что позволит нейтрализовать влияние неустойчивого выходного напряжения от ВИЭ на АКБ, значительно увеличив их срок службы.

Во-вторых, большинство существующих систем, имеют довольно низкую перегрузочную способность, что создает проблематичность, а порой и даже невозможность их применения в качестве мощных промышленных трехфазных электропитающих установок. Одним из решений является включение в состав системы трансформатора, гальванически изолирующего ВИЭ от нагрузки.

Более всего указанные недостатки становятся заметны в системах средней и большой мощности (от 5-8 кВА). Тем более данные принципы преобразования энергии на текущий момент являются не полностью проработанными, особенно в нашей стране, и требуют дальнейших долгосрочных исследований. Возможность широкого использования энергоустановок прямого преобразования энергии как в народном хозяйстве, так и для специальных целей определяются в основном тремя важнейшими факторами: стоимостью ЭУ, ее надежностью и эффективностью.

Относительная стоимость установок прямого преобразования энергии имеет устойчивую тенденцию к снижению стоимости за счет совершенствования технологии изготовления основных элементов ЭУ, применения новых дешевых и недефицитных материалов и пр. Поэтому вопрос о конкурентоспособности нетрадиционных энергоустановок в значительной степени связывают с надежностью работы, длительным ресурсом и высокой эффективностью.

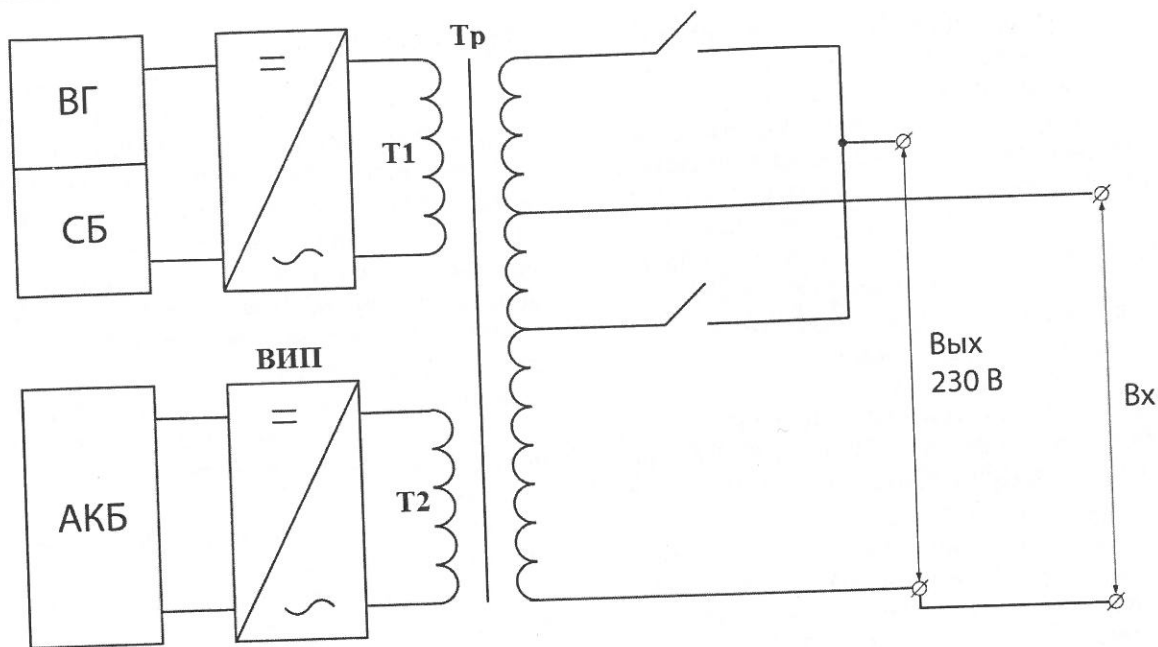


Рис.1. Блок-схема автономной системы электроснабжения.

Приняв во внимание все вышесказанное, была предложена полностью автономная система, принципиальная блок-схема которой изображена на рис.1. Необходимость применения трансформатора вызвана не только погрешностью гальванической развязки входа источника питания и нагрузки, но и наличием разного уровня напряжения на выходе ВИЭ, АКБ и самой системы. За основу выбранной структуры была взята модель линейно-интерактивного источника бесперебойного питания с фазовым переключением коэффициента трансформации. В таких регуляторах плавное регулирование выходного напряжения трансформатора достигается за счет однократного, в пределах полупериода питающего напряжения, переключения коэффициента трансформации с помощью полупроводниковых коммутаторов. Для указанной системы вполне можно было бы использовать немного доработанный мощный онлайн ИБП с выходным трансформатором, однако, это в значительной мере удорожит и усложнит структуру.

В нормальном режиме работы ветрогенератор ВГ совместно с солнечными панелями СП через специальный преобразователь питают переменным напряжением 220 В первичную обмотку Т1 трансформатора. В том случае, когда мощность ветрогенератора и солнечных панелей больше требуемой мощности нагрузки, то часть энергии передается в вторичную обмотку Т2, и через двунаправленный выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) происходит подзаряд АКБ. Если

мощности ВИЭ недостаточно для поддержания нагрузки, то ВИП переходит в инверторный режим, тогда ВИЭ уже совместно с АКБ начинают питания нагрузку.

Далее будут более подробно описаны основные структурные элементы выбранной системы. В данной статье мы не будем рассматривать подробные схемы решений и принципы управления и работы – основное внимание будет уделено наиболее перспективным вариантам реализации системы автономного бесперебойного питания на основе нетрадиционных источников энергии.

1. Ветрогенератор.

Ветрогенераторные установки обычно конструируются таким образом, что они работают при скоростях ветра от 4 до 25-30 м/с. При этом при скорости ветра 4 м/с турбина вступает в работу, в том случае, если скорость ветра превышает 25-30 м/с, турбина отключается во избежание опасности разрушения. Коэффициент полезного использования воздушного потока таких установок около 35%. Мощность ветрогенератора P определяется, исходя из следующего соотношения:

$$P = \xi \pi R^2 \cdot 0,5 V^3 \rho \eta_{\text{red}} \eta_{\text{gen}},$$

где ξ – коэффициент использования воздушного потока; R – радиус ветроколеса; V – скорость набегающего потока; ρ – плотность набегающего воздушного потока.

Таким образом, при расчетной скорости ветра порядка 10 м/с и диаметре лопастей турбины 4 метра можно получить с одной ветрогенераторной установки около 5 кВт элек-

троэнергии. Для достижения подобной мощности можно использовать несколько ветрогенераторов меньшего размера, но необходимо учитывать квадратичную зависимость вырабатываемой мощности от радиуса лопастей. Также очень важно поддерживать напряжение на выходе ветрогенератора и солнечной панели на примерно одинаковом уровне, чтобы не было лишних перетоков энергии в соответствии с возникшей разницей потенциалов.

2. Солнечная электростанция.

На ярком солнечном свете с 1 м^2 современных солнечных батарей можно получить электрическую мощность от 100 до 200 Вт, при этом не происходит никакого загрязнения окружающей среды вредными химическими веществами. Отработанной теплотой и пр. При интенсивности солнечной радиации $S=800 \text{ Вт/м}^2$ полезная электрическая мощность N практически не превышает 130 Вт/м^2 . КПД солнечной батареи составляет около 15-16%. Во время выбора и расчета мощности солнечной АКБ следует учитывать и множество других важных факторов, таких как: угол наклона солнечной панели, текущее время года, погодные условия. Однако, если для системы взять кремниевые солнечные панели общей площадью порядка 100 м^2 с углом наклона около 70° , то можно получить 5-6 кВт электроэнергии, чего совместно с ветрогенератором должно хватить для поддержания требуемой нагрузки и заряда аккумуляторных батарей.

3. Двухнаправленный инверторно-выпрямительный преобразователь.

Данный тип преобразователя, необходим для подзаряда аккумуляторных батарей в случае избытка вырабатываемой мощности либо для питания нагрузки от АКБ в случае недостатка мощности [6]. Такая схема, для реализации которой используются биполярные транзисторы с изолированным затвором под управлением специальных высокочастотных ШИМ-сигналов, позволяет добиться высокого качества выпрямленного [3] и инвертированного напряжения, с коэффициентом нелинейных искажений менее 5%.

4. Трехобмоточный силовой трансформатор.

Основными причинами включения с состав данной структуры силового трансформатора является: необходимость увеличения перегрузочной, что способствует возможности применения системы в качестве мощной питающей установки для промышленного применения; гальваническая развязка всех основных элементов схемы (нагрузка, НИЭ и аккумуляторные батареи), а также согласование их уровней

напряжения. Так как перед нами не стояло задачи уменьшение массогабаритных показателей, то выбор трансформатора является вполне обоснованным решением.

В результате проведенного анализа и расчета силового трансформатора выбор был сделан в сторону трехобмоточного трансформатора со стержневым ленточным магнитопроводом типа ПЛ. Напряжения первой, второй и третьей обмоток составляет соответственно 12 В, 12 В, 230 В и мощность 5кВА.

Учитывая необходимость уменьшения добавочных потерь, вызванных высшими гармониками, можно предложить использовать два способа:

- разбиение обмотки высшего напряжения на два участка;
- разбиение двух обмоток низшего напряжения на две параллельные ветви.

Для повышения качества работы трансформатора [1], а значит и всей системы автономного электроснабжения можно предложить использование обоих способов разбиения обмоток, что приведет к значительному уменьшению полей рассеяния – более чем в два раза.

5. Фазовый преобразователь коэффициента трансформации.

Трансформатор Тр.1 имеет силовую обмотку с регулировочными отводами 1 и 2. В процессе регулирования нагрузка подключается или к отводу 1, что соответствует большому коэффициенту трансформации

$$k_\beta = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 + W_2} \text{ или}$$

к отводу 2, что соответствует меньшему коэффициенту трансформации $k_\alpha = \frac{W_1}{W_1 + W_2}$.

Переключение отводов происходит с помощью полупроводниковых коммутаторов. Переключение коммутаторов в процессе регулирования может осуществляться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения напряжения [2]. С применением данной системы регулирования появляется возможность получить допустимые отклонения в качестве выходных характеристик при достаточно низком коэффициенте несинусоидальности.

Данный принцип регулирования был смоделирован в программном комплексе Mathlab [4]. В результате были получены гармонический состав выходного напряжения и значения коэффициента несинусоидальности.

Таким образом, на основе полученных результатов появляется возможность разработ-

ки нового поколения современных отечественных автономных систем электроснабжения с экологически чистыми источниками энергии и высокими техническими характеристиками, позволяющим обеспечить бесперебойное электроснабжение особо ответственных объектов управления в важнейших отраслях техники. При обеспечении дополнительного режима активной фильтрации высших гармоник тока, возникающих при работе на нелинейную нагрузку, могут быть также снижены потери мощности от их протекания в системе электроснабжения и исключение их негативного влияния на работу оборудования.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Иванов И.А., Увайсов С.У., Увайсов Р.И. Вибродиагностика блоков радиоэлектронных средств // Надежность и качество: труды Международного симпозиума: в 2-х т./ под ред. Н.К.Юркова.- Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2009. С.75-77.
2. Иванов И.А. Формирование списка диагностируемых электрорадиоэлементов при заданном значении

полноты проверки // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции.- М.: МИЭМ, 2010. С.239-241.

3. Сулейманов С.П., Увайсов С.У., Увайсов Р.И., Иванов И.А. Программный комплекс DiaTerm мониторинга качества печатных узлов // Качество и ИПИ (CALS)-технологии. 2006. №1. С.38.

4. Иванов О.А., Коробков С.А. Высшие гармоники в системах бесперебойного питания // Надежность и качество: труды Международного симпозиума.- Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2011. С.396-397.

5. Иванов О.А., Коробков С.А. Особенности современных типов источников бесперебойного питания / Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции.- М.: МИЭМ, 2013. С.151-153.

6. Иванов О.А., Коробков С.А. Надежность и качество регулирования напряжения в статических преобразователях // Надежность и качество: труды Международного симпозиума.- Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2010. С.372-374.

INDEPENDENT POWER SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY

O.D. GOL'DBERG, D.Sc. (Tech.)

S.P. KHELEMSKAYA, Ph.D. (Tech.)

O.A. IVANOV, Eng.

Moscow State Technical University "MAMI", 38, B. Semenovskaya Str., Moscow, 107023, Russia

Abstract. The paper proposes an autonomous power supply system based on responsible consumer of alternative energy sources, namely wind turbine and solar panel to ensure complete customer volatility. The basic problem of constructing such systems and methods for their solution. Using a computer model built structure presented, studied its basic properties and characteristics. The result was a system that allows you to achieve high quality and reliability of power supply. Based on these results it is possible to develop a new generation of modern domestic autonomous power supply systems with environmentally friendly energy sources and high specification that allows ensuring uninterrupted power supply especially important facilities management in the major branches of engineering. By providing an additional mode, active harmonic filtering current arising at work on a nonlinear load can also be reduced by the loss of power from their occurrence in the power supply system and the elimination of their negative impact on the operation of the equipment.

Key words: autonomous power supply system, overload capability, galvanic isolate, wind generator, solar panel, rectifier-inverter converter, rate of nonsinusoidal.

REFERENCES.

1. Ivanov, I.A., Uvaisov, S.U., Uvaisov, R.I. Вибродиагностика блоков радиоэлектронных средств // Надежность и качество: труды Международного симпозиума: в 2-х т./ под ред. Н.К.Юркова.- Пенза, Информационно-издательский центр ПензГУ, 2009, pp.75-77.
2. Ivanov, I.A. Формирование списка диагностируемых электрорадиоэлементов при заданном значении полноты проверки // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции.- Moscow, MIEM, 2010, pp.239-241.
3. Suleimanov, S.P., Uvaisov, S.U., Uvaisov, R.I., Ivanov, I.A. Программный комплекс DiaTerm мониторинга качества печатных узлов // Качество и ИПИ (CALS)-технологии, 2006, No.1, p.38.
4. Ivanov, O.A., Korobkov, S.A. Высшие гармоники в системах бесперебойного питания // Надежность и качество: труды Международного симпозиума.- Пенза, Информационно-издательский центр ПензГУ, 2011, pp.396-397.
5. Ivanov, O.A., Korobkov, S.A. Особенности современных типов источников бесперебойного питания / Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции.- Moscow, MIEM, 2013, pp.151-153.
6. Ivanov, O.A., Korobkov, S.A. Надежность и качество регулирования напряжения в статических преобразователях // Надежность и качество: труды Международного симпозиума.- Пенза, Информационно-издательский центр ПензГУ, 2010, pp.372-374.