

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.В. ЭНГОВАТОВА¹, О.В. ГРИГОРАШ², А.В. ЭНГОВАТОВ¹

¹ *Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: intrel@kubstu.ru*

² *Кубанский государственный аграрный университет
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13*

Представлен анализ перспективных направлений в сфере энергосбережения производств, надёжности и качества электроэнергии, а также приведены проблемы, возникшие при обеспечении этих показателей. Показаны обобщённые схемы автономных систем электроснабжения и систем бесперебойного электроснабжения, включающих традиционные источники (дизельные и газотурбинные электростанции) и возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ): ветроэнергетические установки, мини- гидроэлектростанции, можно создать качественное энергообеспечение предприятий. Дан анализ наиболее популярного резервного источника (дизельных электростанций) и причин его уникальности. Описана перспективная система бесперебойного электроснабжения (СБЭ), включающая в себя, кроме источника внешней сети, автономные источники электроэнергии (АИЭ), в том числе, автономные источники, выполненные с применением возобновляемой энергетики, а также один из основных узлов таких систем, стабилизатор параметров электроэнергии, применение которого необходимо, чтобы избежать непредвиденных ситуаций при обеспечении потребителей качественным энергоснабжением. Представлены возможные структуры систем бесперебойного электроснабжения промышленных потребителей в виде одной обобщённой структурной схемы, содержащей несколько источников электроэнергии как переменного, так и постоянного тока, преобразователи и стабилизаторы электроэнергии, системы контроля, управления и защиты. Разработаны - функциональная схема стабилизатора напряжения, выполненного на оптосимисторах и схема, выполненная на непосредственном преобразователе частоты (НПЧ), применяемая для стабилизации частоты и напряжения. Применение в составе системы управления НПЧ однофазно-трёхфазного трансформатора с вращающимся магнитным полем (ТВМП) и дросселя с управляющей обмоткой (ДУ), повышает эффективность его работы в несимметричных режимах и колебаниях напряжения автономного генератора. Предложены схемы с применением автономных источников электроэнергии, а также описаны технических средств по улучшению качества и обеспечения бесперебойной поставки электрической энергии, получаемой всевозможными потребителями.

Ключевые слова: энергоснабжение, энергетическая безопасность предприятий, альтернативные источники электроэнергии, система бесперебойного электроснабжения, автономные источники электроэнергии, автономные системы электроснабжения, стабилизатор напряжения, однофазный и трехфазный стабилизатор напряжения, непосредственный преобразователь частоты

Качество потребляемой электроэнергии и надёжность электроснабжения, как известно, является одной из главных задач промышленной безопасности

предприятия в целом. При управлении технологическими процессами и производственными комплексами в автоматическом режиме, развитых компьютерных системах связи, обработки информации, существует необходимость в надёжности электроснабжения, качеству электроэнергии, так как ее влияние на создание других видов продукции и качества этой продукции - очень велико.

Ущерб от перерывов в электроснабжении ответственных потребителей электроэнергии, а также от снижения показателей качества электроэнергии с каждым годом увеличивается.

Основными причинами изменения параметров электроснабжения являются:

- удаленность потребителей от автономных систем электроснабжения (АСЭ) или трансформаторной подстанции;
- наличие на питающем фидере мощных потребителей (мощность которых соизмерима с мощностью автономных источников электроэнергии (АИЭ));
- устаревший и не рассчитанный на современные электроприборы кабель;
- проводимые рядом сварочные работы и многое другое.

Отклонения величины или формы подаваемого напряжения принято называть искажениями или помехами.

Перспективным направлением в энергообеспечении является разработка систем бесперебойного электроснабжения (СБЭ) как для промышленных предприятий, так и для агропромышленного комплекса. СБЭ включает в себя, кроме источника внешней сети, АИЭ, в том числе, автономные источники, выполненные с применением возобновляемой энергетики.

В данной работе с помощью применения обобщённых схем АСЭ и СБЭ, включающих традиционные источники (дизельные и газотурбинные электростанции) и возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ): ветроэнергетические установки, мини- гидроэлектростанции, показана возможность создания качественного энергообеспечения предприятий.

Мощные источники бесперебойного электропитания являются основой построения СБЭ и обеспечивают качественную работу подключенной к ним нагрузки, как в штатном режиме (при наличии электропитания на входе), так и в автономном режиме (при отключении входной сети электропитания) за счёт энергии, накопленной в аккумуляторных батареях. При реализации СБЭ обеспечивается возможность функционирования ответственного оборудования потребителя при отказе стационарного ввода (вводов) электропитания в течение времени, достаточного для переключения на резервный источник электропитания или нормального завершения основных рабочих процессов в сетях.

Однако независимо от степени риска оказаться без центрального энергоснабжения, сегодня, практически все заказчики устанавливают СБЭ в обязательном порядке. И на первый план, естественно, выходит проблема выбора оборудования, в том числе стабилизаторов параметров электроэнергии [1].

По целому ряду объективных и субъективных причин параметры электрической сети и АИЭ не являются стабильными, а иногда проблемы с электропитанием могут возникнуть непосредственно на участке электросети.

Чтобы избежать непредвиденных ситуаций, необходима стабилизация этих параметров, а стабилизаторы параметров электроэнергии для АСЭ являются одним из основных узлов [1].

Бесперебойное электроснабжение потребителей обеспечивается наличием в АСЭ нескольких источников электроэнергии.

На сегодняшний день дизельные электростанции - это действительно наиболее популярный резервный источник. Связано это, прежде всего, с наличием у него целого набора совершенно уникальных свойств. Во-первых, дизельные электростанции имеют весьма простую конструкцию. Во-вторых, из всех существующих двигателей внутреннего сгорания дизельный двигатель - один из самых мощных и надёжных в работе. В-третьих, ДЭС позволяют экономить на топливе.

Промышленные потребители АСЭ могут не содержать вводов от внешней сети. В этом случае питание потребителей электроэнергии осуществляется от нескольких автономных источников электроэнергии.

Представим возможные структуры СБЭ промышленных потребителей в виде одной обобщённой структурной схемы (рисунок 1). Из этой обобщённой схемы, как частные случаи, могут быть сформированы все возможные структуры, в зависимости от предъявляемых требований потребителей, территориального их размещения и электротехнических характеристик (ЭТХ) функциональных узлов (ФУ) и элементов.

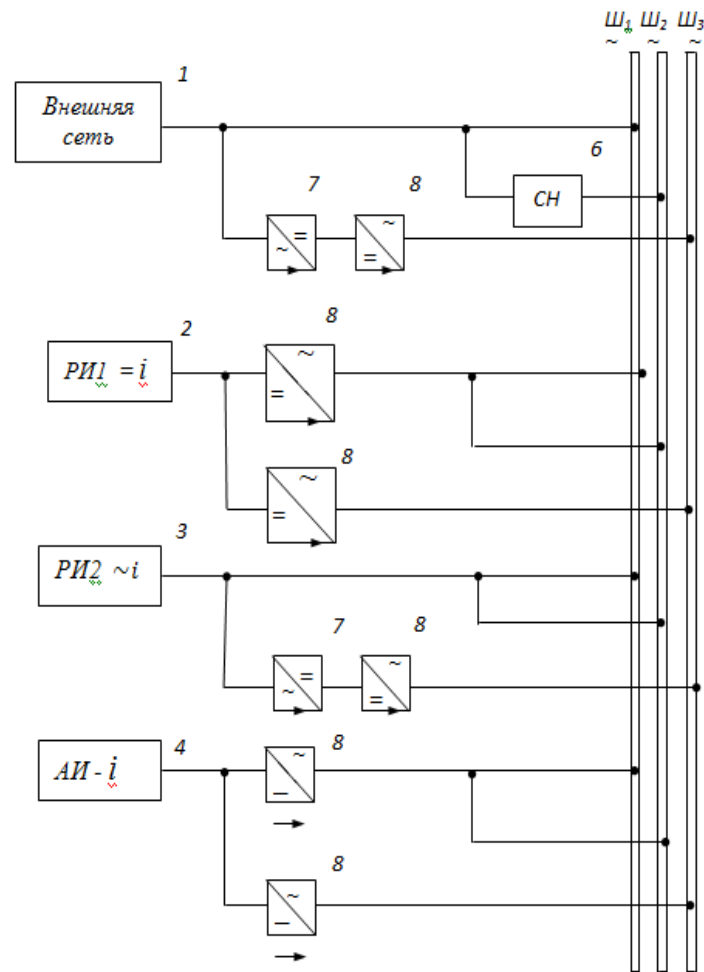
В промышленности преобладают потребители первой категории, следовательно, в обобщённой структурной схеме СБЭ должны быть предусмотрены две шины ($Ш_1$ и $Ш_2$ рисунок 1).

Структурная схема системы гарантированного электроснабжения содержит ещё одну шину переменного тока повышенной частоты ($Ш_3$ на рис. 1), предназначенную для потребителей, работающих с электрорежущим инструментом, осветительной нагрузкой на люминесцентных лампах и т.д.

На рис. 1 обозначено: 1- источник внешней сети; 2,3,4 – резервные источники электроэнергии; 5 - аварийный источник; 6 – стабилизатор напряжения; 7 - выпрямители; 8 - инверторы.

Рассматриваемые СБЭ, как правило, содержат три независимых источника электроэнергии:

- основной источник, переменного тока 1, с частотой тока 50 Гц , которым является внешняя сеть;
- резервный источник постоянного тока 2 ($PI \text{ } I = i$), выполненный, в общем случае, с использованием дизельных электростанций (ДЭС) постоянного тока или возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ);
- резервный источник переменного тока 3 ($PI \text{ } 2 \sim i$), выполненный с использованием дизельных электростанций (ДЭС);
- аварийный источник постоянного тока 4 ($AI = i$), выполненный на базе аккумуляторных батарей (АБ) [1].



$РИ1$, $РИ2$ – резервные источники электроэнергии; $СН$ – стабилизатор напряжения; $Ш_1$ – шина потребителей переменного тока нетребовательных к качеству электроэнергии и к бесперебойности электроснабжения; $Ш_2$ – шина потребителей переменного тока первой категории; $Ш_3$ – шина переменного тока повышенной частоты

Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема СБЭ

Сама же автономная система электроснабжения, в общем случае, представляют собой сложный энергетический комплекс, который содержит несколько источников электроэнергии как переменного, так и постоянного тока, преобразователи и стабилизаторы электроэнергии, системы контроля, управления и защиты.

Разработана функциональная схема стабилизатора напряжения, выполненного на оптосимисторах (рисунок 2). Каждая фаза генератора имеет по два вывода (A1 и A2, B1 и B2, C1 и C2), которые подключены к блокам напряжения автономного генератора электроэнергии стабилизации напряжения (БСН), выполненных на оптосимисторах VS1 и VS2[2].

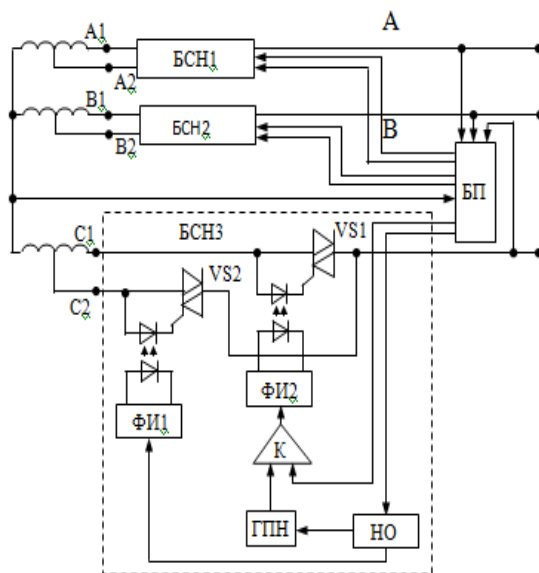


Рисунок 2 - Функциональная схема трёхфазного стабилизатора

Стабилизация напряжения осуществляется за счёт изменения угла управления оптосимисторами.

Для стабилизации частоты и напряжения предлагается схема, выполненная на НПЧ (рисунок 3). Применение в составе системы управления НПЧ однофазно-трёхфазного трансформатора с вращающимся магнитным полем (ТВМП) и дросселя с управляющей обмоткой (ДУ), повышает эффективность его работы в несимметричных режимах и колебаниях напряжения автономного генератора [3].

Работа блока косинусной синхронизации (БКС), который является источником опорного сигнала, синхронизирована с одной фазой напряжения источника питания через ТВМП, а дроссель с управляющей обмоткой ДУ обеспечивает его стабильное значение в случаях колебания напряжения автономного источника электроэнергии.

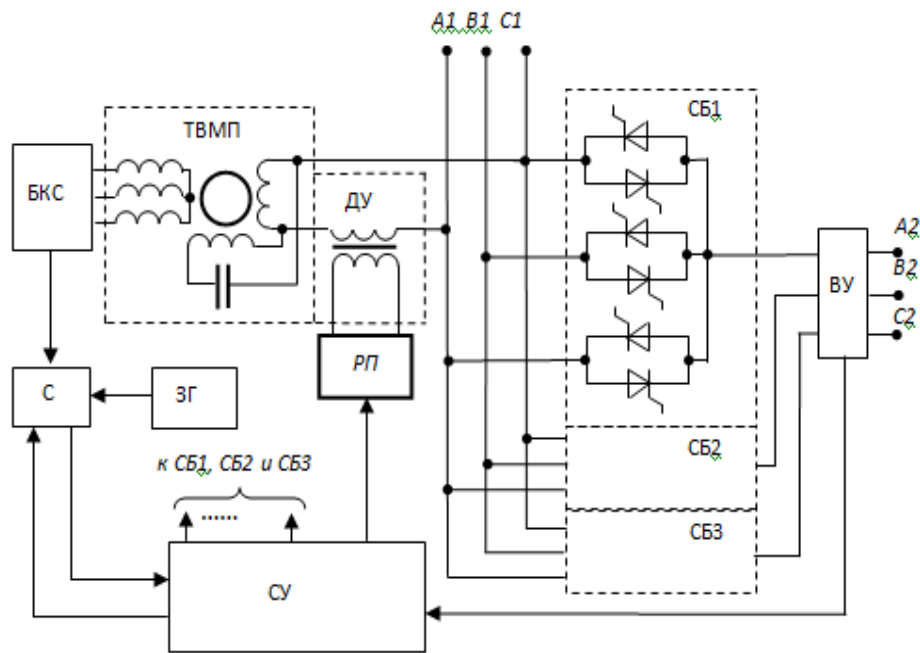


Рисунок 3 – Стабилизатор напряжения и частоты на НПЧ

Опорный и ведущий сигналы синусоидальной формы (с выхода задающего генератора) стабильной частоты поступают на входы сумматора, на вход которого поступает сигнал с выходного устройства (ВУ), пропорциональный величине выходного напряжения, через систему управления (СУ). Сигнал рассогласования эталонного напряжения с выходным поступает в систему управления, где формируются управляющие импульсы, поступающие на управляющие электроды тиристоров силовых блоков СБ1, СБ2 и СБ3. Изменение углов управления тиристорами силовых блоков обеспечивает стабилизацию напряжения и частоты на выходных выводах А2, В2 и С2 [1].

Стабилизация однофазного напряжения источника электроэнергии предприятий, в системах электроснабжения переменного тока, может осуществляться с помощью однофазного стабилизатора напряжения, тем самым обеспечив качество электроснабжения, предназначенное для однофазных потребителей [4].

В настоящее время создаются системы, содержащие традиционные источники электроэнергии, включая внешнюю централизованную сеть и <http://ntk.kubstu.ru/file/410>

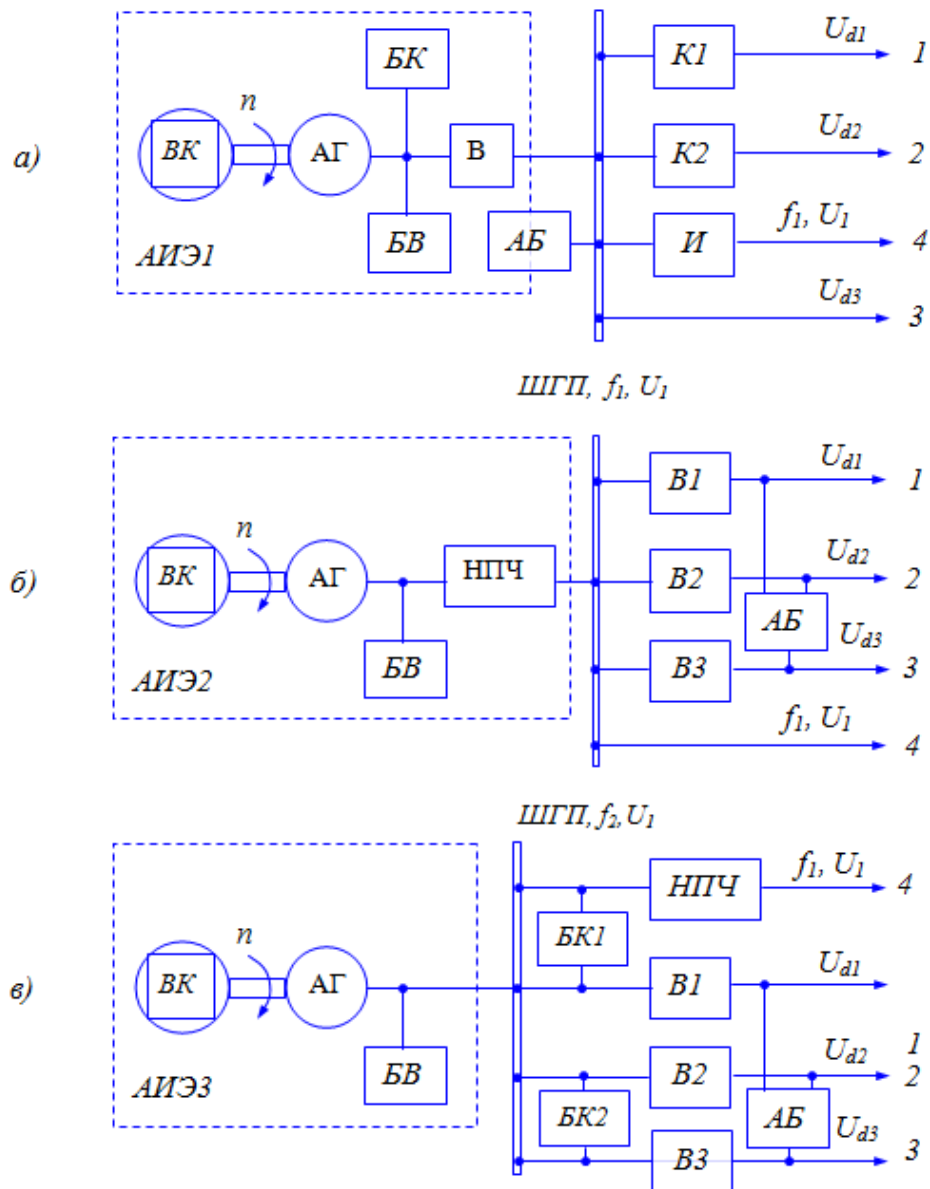
несколько типов ВИЭ. Эти системы содержат два основных функциональных узла: автономные источники электроэнергии и стабилизаторы параметров электроэнергии (СПЭ).

В схеме, рисунок 3, *а*, АИЭ является источником напряжения постоянного тока. Здесь функции стабилизации напряжения выполняет трёхфазная схема управляемого выпрямителя *В*. Применяемые в АСЭ конверторы с промежуточным высокочастотным преобразованием *К1* и *К2* имеют хорошие показатели удельной массы и качества выходного напряжения. Целесообразность применения рассмотренной схемы, с точки зрения основных критериев её эффективности (КПД и массогабаритных показателей), будет в том случае, когда потребляемая энергия постоянного тока будет составлять 70% и более от установленной мощности АИЭ.

АИЭ, рисунок 3, *б*, является источником напряжения переменного тока промышленной частоты. В схеме АИЭ отсутствует блок конденсаторов обеспечивающий компенсацию реактивной мощности нагрузки так как НПЧ выполняет функции, как стабилизации напряжения, так и частоты.

Компенсация реактивной мощности нагрузки осуществляется за счёт изменения угла сдвига фаз на входе НПЧ с искусственной коммутацией силовых вентилях. Критерии эффективности АСЭ повышаются, когда потребляемая энергия переменного тока составляет основную долю от её установленной мощности.

АИЭ, рисунок 3, *в*, является источником напряжения переменного тока повышенной частоты. Блоки компенсации *БК1* и *БК2* кроме функции обеспечения компенсации реактивной мощности нагрузки выполняют функции входных фильтров ПЭ. Повышенная частота генерируемого напряжения позволяет значительно улучшить МПП выпрямителей, улучшить качество напряжения постоянного тока и быстродействие систем защиты и стабилизации параметров электроэнергии, как преобразователей, так и АИЭ.



АИЭ – автономные источники электроэнергии; ВК – ветроколесо; АГ – асинхронный генератор; БВ и БК – блоки конденсаторов возбуждения и компенсации реактивной мощности нагрузки соответственно; ШГП – шина гарантированного питания; АБ – аккумуляторная батарея; К – конверторы; И - инвертор; НПЧ – непосредственный преобразователь частоты; В – выпрямители; 1...4 – выходы для подключения нагрузки

Рисунок 3 – Схемы автономных источников электроэнергии

Основной недостаток схем АИЭ рисунок 3, (б, в) - это не реализовано техническое решение по обеспечению гарантированного электроснабжения потребителей электроэнергии переменного тока. Схемы АИЭ на рисунок 3, (а, б) имеют ниже КПД и худшие МГП в сравнении со схемой АИЭ на рисунок 3,

(е). Однако это не является основными аргументами, ради которых необходимо отказываться от тех или иных рассмотренных технических решений АИЭ. Здесь определяющими являются критерии эффективности АСЭ в целом, определяемые требованиями потребителей и, прежде всего, - к качеству электроэнергии, непрерывности электроснабжения и мощности потребляемой электроэнергии на постоянном и переменном токе [1].

Экономическое и техническое развитие современной сферы производства России, как впрочем, и всего мира, требует поиска, разработки и внедрения новых методов и технических средств по улучшению качества и обеспечения бесперебойной поставки электрической энергии, получаемой всевозможными потребителями.

В то же время, несмотря на огромный научный и производственный потенциал России и зарубежья, решающий данную проблему, с каждым годом растёт ущерб от перерывов в электроснабжении и снижении качества вырабатываемой электроэнергии. Естественно, уровень ущерба при этом в значительной степени зависит от вида производства и его масштабов.

Однако в любом случае ущерб имеет огромную величину, а потому вопросы разработки способов и устройств по обеспечению надлежащего качества электроэнергии систем электроснабжения, в том числе автономных, весьма актуальны и требуют своего решения.

Таким образом, одним из эффективных путей повышения качества электроэнергии и повышения надёжности электроснабжения потребителей является применение автономной и бесперебойной системы электроснабжения, являющейся, как известно, подсистемой единой электрической сети. В составе автономных систем электроснабжения должны применяться не только дизельные и газотурбинные электростанции, но и возобновляемые источники электроэнергии.

При разработке АСЭ, появляется необходимость решения ряда важных научно-технических задач, связанных с разработкой эффективных стабилизаторов параметров электроэнергии, с методикой определения

оптимальных структур АСЭ, обеспечивающих требуемые, на современном этапе, эксплуатационно-технические показатели: показатели качества электроэнергии, надёжности, КПД и электромагнитной совместимости, что позволит полностью обеспечить энергетическую безопасность предприятий за счет использования АСЭ [1].

ЛИТЕРАТУРА

1 Энговатова В.В. Стабилизаторы параметров электроэнергии автономных систем электроснабжения с улучшенными техническими характеристиками: Дис. ... канд. техн. наук, 05.09.03. Краснодар: КубГТУ. 2009. 146 с.

2. Трёхфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией. Патент РФ № 2349019 С1 МПК Н02М 5/27 Бюл. № 7. 2009 / Григораш О.В., Хамула А.А., Столбчатый Д.В., Пугачёв Ю.Г.

3. Непосредственный трёхфазный преобразователь частоты. Патент РФ № 2337460 С1 МПК Н02М 5/22 Н02Р 9/42 Бюл. № 30, 2008 / Григораш О.В., Хамула А.А., Столбчатый Д.В., Григораш А.О.

4. Однофазный стабилизатор напряжения. Патент РФ № 2882886. МПК G05 F 1/20. Бюл. № 24 2006. / Григораш О.В., Цыганков Б.К., Новокрещёнов О.В., Хамула А. А.

REFERENCES

1 Engovatova V.V. Stabilizatory parametrov elektroenergii avtonomnykh sistem elektrosnabzheniya s uluchshennymi tekhnicheskimi kharakteristikami: Dis. ... kand. tekhn. nauk, 05.09.03. Krasnodar: KubGTU. 2009. 146 s.

2. Trekhfaznyy preobrazovatel chastoty s estestvennoy kommutatsiiey. Patent RF № 2349019 S1 MPK N02M 5/27 Byul. № 7. 2009 / Grigorash O.V., Khamula A.A., Stolbchatyy D.V., Pugachev Yu.G.

3. Neposredstvennyy trekhfaznyy preobrazovatel chastoty. Patent RF № 2337460 S1 MPK N02M 5/22 N02R 9/42 Byul. № 30, 2008 / Grigorash O.V., Khamula A.A., Stolbchatyy D.V., Grigorash A.O.

4. Odnofaznyy stabilizator napryazheniya. Patent RF № 2882886. MPK G05 F 1/20. Byul. № 24 2006. / Grigorash O.V., Tsygankov B.K., Novokreshchenov O.V., Khamula A. A.

PROMISING TECHNOLOGIES FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS ENTERPRISES

VV ENGOVATOVA¹, OV GRIGORASH², AV ENGOVATOV¹

¹*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: intrel@kubstu.ru*

²*Kuban State Agrarian University
13, Kalinin str., Krasnodar, Russian Federation, 350044*

The analysis of promising directions in the field of energy-saving industries, the reliability and quality of electricity, as well as given the problems arose-Chiyah in providing these indicators. Showing generalized scheme of autonomous power systems and uninterrupted power supply systems, including traditional sources (diesel and gas turbine power plants) and renewable energy sources (RES): wind turbines, mini-hydro, you can create high-quality power supply enterprises. The analysis of the most popular backup source (diesel power plant) and the reasons for its uniqueness. Described promising uninterruptible power supply (UPS), which includes, in addition to the external network source, independent sources of electricity (alternative energy sources), including independent sources, made with the use of renewable energy, as well as one of the basic units of such systems, the stabilizer parameters of electric power, the use of which is necessary to avoid unforeseen situations while providing consumers with quality energy supply. Shows the possible structure of uninterruptible power supply industrial consumers in the form of a generalized block diagram containing several sources of electricity both AC and DC power converters and regulators power system monitoring, control and protection. Developed - a functional diagram of the voltage regulator, and performed on optosimistorah circuit configured to direct frequency converter (DFC), used to stabilize the frequency and voltage. Used as part of a control system FPGA single-phase three-phase transformer, with a rotating magnetic field (TVMP) and throttle control winding (control) increases the efficiency of its work in single-ended mode and voltage fluctuations autonomous generator. Schemes using independent sources of electricity, and describes technical means to improve the quality and to ensure uninterrupted supply of electrical energy received all kinds of consumers.

Key words: energy, energy security companies, alternative energy sources, uninterruptible power supply, independent sources of power, autonomous power systems, voltage regulator, single-phase and three-phase voltage, direct frequency convertermers with quality energy supply.