

УДК 620

UDC 620

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И СТАБИЛИЗАТОРЫ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

CONVERTERS AND STABILIZERS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES WITH ENHANCES TECHNICAL CHARACTERISTICS

Григораш Олег Владимирович
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой,
grigorasch61@mail.ru

Grigorash Oleg Vladimirovich
doctor of engineering sciences, professor, head of the
chair, grigorasch61@mail.ru

Оськина Анастасия Сергеевна
к.т.н.
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Oskina Anastasia Sergeevna
candidate of engineering sciences
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье рассматриваются структурно-схемные решения и особенности работы преобразователей и стабилизаторов параметров электроэнергии ветроэлектрических установок, солнечных и мини-гидроэлектростанций, новизна которых подтверждена патентами РФ

In this article we have examined the following issues: structure flowcharts' settlements and operational peculiarities of converters and stabilizers of electrical parameters of wind power plants, solar power plants and mini-hydropower plants. All technical decisions are covered by patents of the Russian Federation

Ключевые слова: ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, МИНИГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Keywords: RENEWABLE ENERGY SOURCES, WIND POWER PLANT, SOLAR POWER PLANT, MINI-HYDROPOWER PLANT

Энергия была и остаётся главной составляющей жизни человека, и без освоения новых видов энергии человек не способен полноценно существовать.

В настоящее время человечеством освоена добыча основных традиционных энергетических ресурсов – угля, нефти и газа, научились использовать энергию рек, освоен «мирный атом». Однако ограниченность ресурсов традиционной энергетики и отрицательное экологическое воздействие на окружающую среду заставляет человечество разрабатывать и внедрять новые виды энергии. К таким видам энергии относятся нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это энергия ветра, Солнца, геотермальная энергия, биомасса, энергия рек и энергия Мирового океана. Основное преимущество ВИЭ: неисчерпаемость и экологическая чистота. Их использование не изменяет энергетический баланс планеты. Повышен-

ные капиталовложения впоследствии окупаются за счет низких эксплуатационных затрат. Эти качества и послужили причиной бурного развития возобновляемой энергетики во всем мире и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем десятилетии [1, 2].

Перспективным регионом для внедрения ВИЭ является Краснодарский край. Валовый (теоретический) потенциал ВИЭ в крае составляет: 8,1 млрд кВт ч – энергия малых рек; 41,2 млрд кВт ч – солнечная энергия; 5016 млрд кВт ч – энергия ветра [3, 4].

Потенциал ветровой энергетики на территории Краснодарского края значительно превышает потенциал солнечной и гидроэнергетики. Однако неплохие перспективы у солнечной энергетики, поскольку больше 50% времени в году средняя облачность в Краснодарском крае не превышает 55%, при этом среднемесячное прямое излучение солнечной энергии в большинстве районов превышает 2 кВт м² [5]. Внедрение высокоэффективных минигидроэлектростанций (до 100 кВт) в предгорных и горных районах также повысит энергетический потенциал Краснодарского края [6].

Как известно, для преобразования энергии ветра и рек в электрическую энергию в составе ветроэлектрических установок (ВЭУ) и малых гидроэлектростанций (МГЭС), на предгорных и горных реках, используются электромеханические генераторы электроэнергии. Солнечную радиацию в электроэнергию преобразуют фотоэлементы солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ). Для согласования параметров выходной электроэнергии генераторов и фотоэлементов с параметрами нагрузки, а также для их стабилизации (в случае изменения величины и характера нагрузки), в составе автономных систем электроснабжения на ВИЭ применяются статические преобразователи и стабилизаторы параметров электроэнергии, которые в настоящее время имеют относительно низкие эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ) [7, 8].

В статье рассматриваются структурные и функциональные схемы и особенности работы преобразователей и стабилизаторов параметров электроэнергии ВЭУ, МГЭС и СФЭУ с улучшенными ЭТХ техническая новизна которых подтверждена патентами РФ [9 – 16].

Перспективными для использования в составе ВЭУ и МГЭС являются бесконтактные электромеханические генераторы электроэнергии; асинхронные генераторы с емкостным возбуждением (АГ) и синхронные генераторы с постоянными магнитами (СГПМ), которые имеют выше КПД и показатели надёжности более высокие по сравнению с эксплуатируемыми генераторами [3, 17].

На рисунке 1 приведена функциональная схема устройства стабилизации напряжения и частоты тока СГПМ, применяемого в составе ВЭУ.

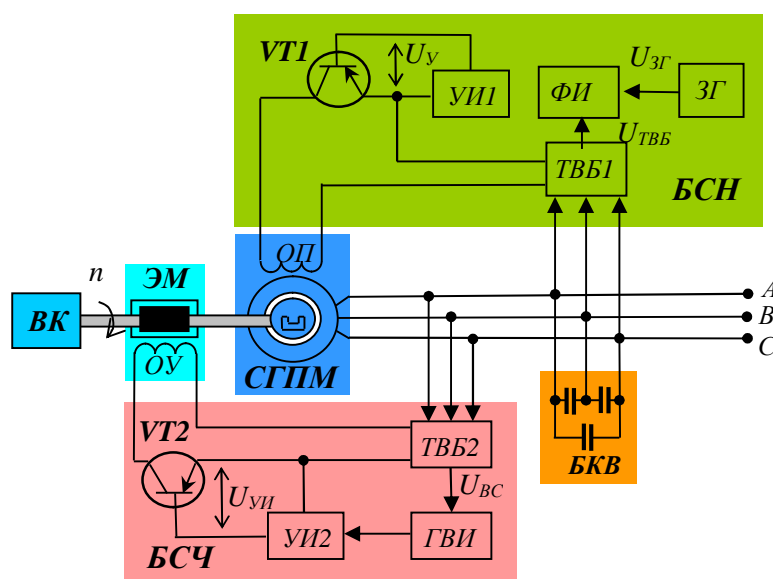


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства стабилизации напряжения и частоты тока СГПМ: ВК – ветроколесо; ЭМ – электромагнитная муфта; ОУ – обмотка управления ЭМ; БСЧ – блок стабилизации частоты; БСН – блок стабилизации напряжения; ОП – обмотка подмагничивания СГПМ; БКВ – блок конденсаторов возбуждения

Стабилизация напряжения генератора осуществляется за счёт изменения величины тока в обмотке подмагничивания СГПМ путём изменения времени открытия транзистора $VT1$. Магнитный поток, создаваемый об-

моткой *ОП*, направлен встречно рабочему магнитному потоку, создаваемому статорными обмотками СГПМ, изменяя степень насыщения его магнитопровода. При повышении величины напряжения на выводах *A*, *B* и *C* генератора блок стабилизации напряжения БСН увеличивает время открытого состояния транзистора *VT1*, а при уменьшении – уменьшает время его открытого состояния, изменяя величину магнитного потока в обмотке *ОП*, обеспечивая стабилизацию напряжения на выводах *A*, *B* и *C* генератора.

Стабилизация частоты тока СГПМ осуществляется за счёт изменения величины тока в обмотке управления электромагнитной муфтой, размещенной на одном валу с ветроколесом ВЭУ. При повышении частоты тока СГПМ блок стабилизации частоты БСЧ увеличивает время открытого состояния транзистора *VT2*, а при уменьшении – уменьшает время открытого его состояния. Это приведет к увеличению или уменьшению тока в обмотке управления *ОУ* электромагнитной муфты *ЭМ*, и, соответственно, к увеличению или уменьшению крутящего момента на валу ротора генератора, обеспечивая стабилизацию частоты вращения вала ветроколеса и стабилизации частоты тока соответственно.

Для повышения эффективности непосредственных преобразователей частоты (НПЧ), применяемых в составе ВЭУ, необходимо, чтобы генератор генерировал напряжение частотой от 150 Гц (чем выше частота, тем лучше качество выходного напряжения НПЧ). Это может быть достигнуто за счёт увеличения числа пар полюсов или частоты вращения ротора электрической машины. Применение НПЧ позволит, отказавшись от автоматической системы стабилизации частоты вращения ветроколеса, упростить конструкцию механического редуктора и систему стабилизации параметров электроэнергии (напряжения и частоты тока) ВЭУ [18].

Силовые электронные схемы НПЧ могут быть выполнены на биполярных транзисторах (IGBT) или управляемых тиристорах. Схемы НПЧ на биполярных транзисторах значительно усложняют алгоритм работы и кон-

струкцию системы управления и защиты преобразователя, кроме того, стоимость транзисторов с изолированным затвором в настоящее время в 4–5 раз превышает стоимость тиристоров [3].

В качестве стабилизаторов параметров электроэнергии АГ могут использоваться два типа НПЧ – с естественной коммутацией силовых электронных приборов (НПЧЕ) и с искусственной коммутацией, обеспечивающей регулирование угла сдвига фаз на входе преобразователя (НПЧР).

Структурная схема ВЭУ, выполненная с использованием НПЧЕ, приведена на рисунке 2. АГ нормально работает в диапазоне частоты вращения 750 – 1500 об/мин, выдает мощность на преобразователь в диапазоне частот 200 – 400 Гц. Выходной фильтр Φ , обеспечивает непрерывность и, соответственно, синусоидальность выходного напряжения.

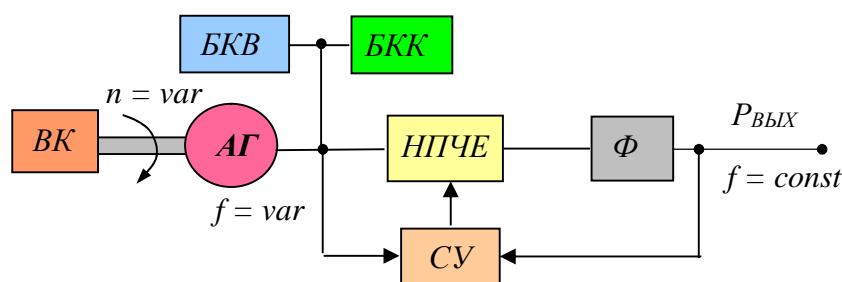


Рисунок 2 – Структурная схема ВЭУ на НПЧЕ: ВК – ветроколесо; АГ – асинхронный генератор; БКВ и БКК – блоки конденсаторов возбуждения и компенсации реактивной мощности нагрузки, соответственно; СУ – система управления; Φ – выходной фильтр

Оригинальной системой генерирования мощности ВЭУ является система, состоящая из АГ и НПЧР.

Особенность работы НПЧР заключается в его способности изменять реактивную составляющую входного тока и ее знак. Поэтому НПЧР можно использовать в двух целях: во-первых, для преобразования мощности с повышенной и изменяющейся частотой, генерируемой АГ, в выходную мощность постоянной более низкой частоты и, во-вторых, для питания АГ ре-

гулируемой реактивной мощностью, т.е. для регулирования его возбуждения [18].

Структурная схема ВЭУ, выполненная на базе системы АГ – НПЧР приведена на рисунке 3.

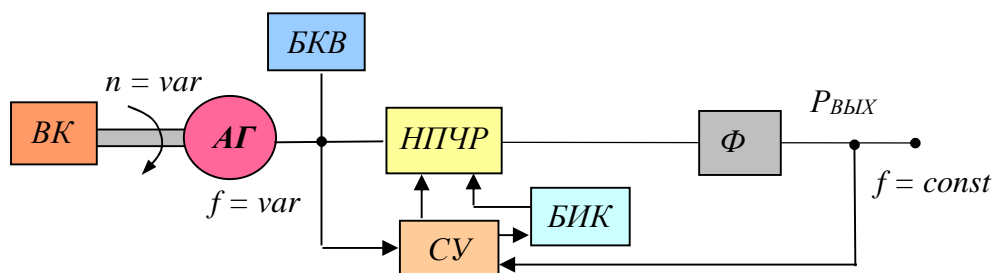


Рисунок 3 – Структурная схема ВЭУ на НПЧР: ВК – ветроколесо; АГ – генератор; БКВ – блок конденсаторов возбуждения; СУ – система управления; БИК – блок искусственной коммутации; Ф – выходной фильтр

Основным достоинством системы АГ– НПЧЕ является относительно несложная силовая схема и система управления, а основным недостатком стабилизатора, выполненного на НПЧЕ, является то, что на входе преобразователя угол сдвига фаз постоянно отстающий, т.е. НПЧЕ для АГ является активно-индуктивной нагрузкой, что требует применения повышенной ёмкости конденсаторов, обеспечивающих возбуждение и компенсацию реактивной мощности нагрузки.

Основным достоинством системы АГ– НПЧР является то, что на его входе ток опережает напряжение, а, значит, преобразователь для АГ является активно-емкостной нагрузкой, что позволяет значительно уменьшить массу конденсаторов, применяемых для возбуждения генератора, и практически исключить из схемы блок конденсаторов компенсации БКК (рисунки 2 и 3). Основными недостатками НПЧР как стабилизатора параметров электроэнергии является сложная силовая часть из-за применения блока искусственной коммутации БИК (рисунок 3), в состав которого входит блок реактивных элементов и силовые полупроводниковые ключи, и, соответственно, усложнена система управления, обеспечивающая не

только стабилизацию параметров электроэнергии, но и искусственную коммутацию силовых полупроводниковых приборов.

На рисунке 4 приведена функциональная схема стабилизатора напряжения АГ, выполненная на повышающих трансформаторах. При этом блок трансформаторов БТ содержит три однофазных трансформатора, содержащих по две вторичные обмотки. Первые и вторые вторичные обмотки трансформаторов соединены между собой согласно, однако между собой они включаются встречно. Такое соединение обмоток позволяет дополнительно увеличить напряжение, подключаемое к конденсаторам генератора и значительно уменьшить массу конденсаторов возбуждения и компенсации реактивной мощности нагрузки [3].

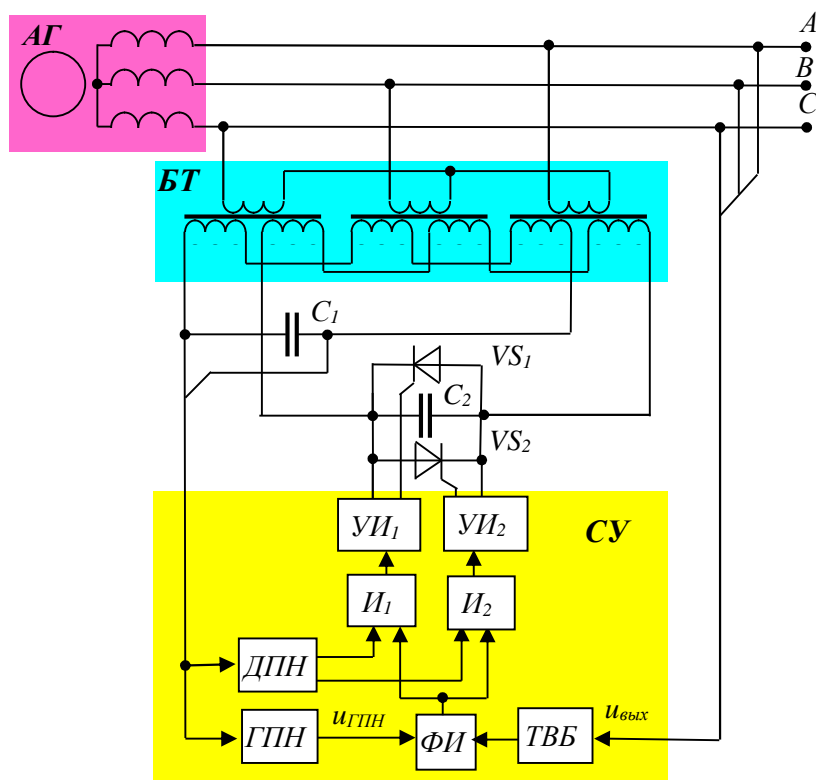


Рисунок 4 – Функциональная схема стабилизатора напряжения АГ на повышающих трансформаторах: БТ – блок повышающих трансформаторов; СУ – система управления; C_1 и C_2 – конденсаторы возбуждения и компенсации реактивной мощности соответственно

Принцип стабилизации напряжения на выводах A , B и C генератора состоит в изменении времени открытого состояния тиристоров VS_1 и VS_2 , подключённых встречно-параллельно конденсатору C_2 , ёмкость которого обеспечивает компенсацию реактивной мощности нагрузки. Увеличение времени открытого состояния тиристоров VS_1 и VS_2 приводит к уменьшению емкостного тока в статорных обмотках АГ и уменьшению напряжения на его выводах A , B и C соответственно. Если же уменьшить время открытого состояния тиристоров VS_1 и VS_2 , то увеличится значение емкостного тока и увеличится напряжение на выводах генератора.

Применение в составе системы стабилизации напряжения АГ повышающих трансформаторов рассмотренного способа соединения их вторичных обмоток, а также предложенного способа стабилизации, повышает показатели надёжности устройства стабилизации напряжения, поскольку для стабилизации напряжения применяются только два силовых полупроводниковых прибора, и уменьшает массу конденсаторов возбуждения.

Основным недостатком рассмотренного устройства стабилизации напряжения АГ является небольшой диапазон стабилизации напряжения в несимметричных режимах работы нагрузки. Этот недостаток исключён в функциональной схеме стабилизатора напряжения, показанной на рисунке 5. Каждая из фаз статорных обмоток имеет ответвление. При необходимости повышения напряжения, к примеру фазы A , блок стабилизации БСН₁ большее время, за период изменения выходного напряжения, на нагрузке удерживает повышенное напряжение ($U_{A_0A_2}$) в сравнении с пониженным напряжением ($U_{A_0A_2}$), и наоборот, если необходимо уменьшить напряжение, то повышенное напряжение ($U_{A_0A_2}$) в сравнении с пониженным напряжением ($U_{A_0A_2}$), меньшее время подключается к нагрузке в течении периода изменения выходного напряжения. Коммутация ответвлений в статорных обмотках АГ осуществляется оптосимисторами.

Конструкция и принцип работы оптосимисторов позволяет обеспечить гальваническую развязку между силовой частью стабилизатора и его системой управления, повышая надёжность её работы.

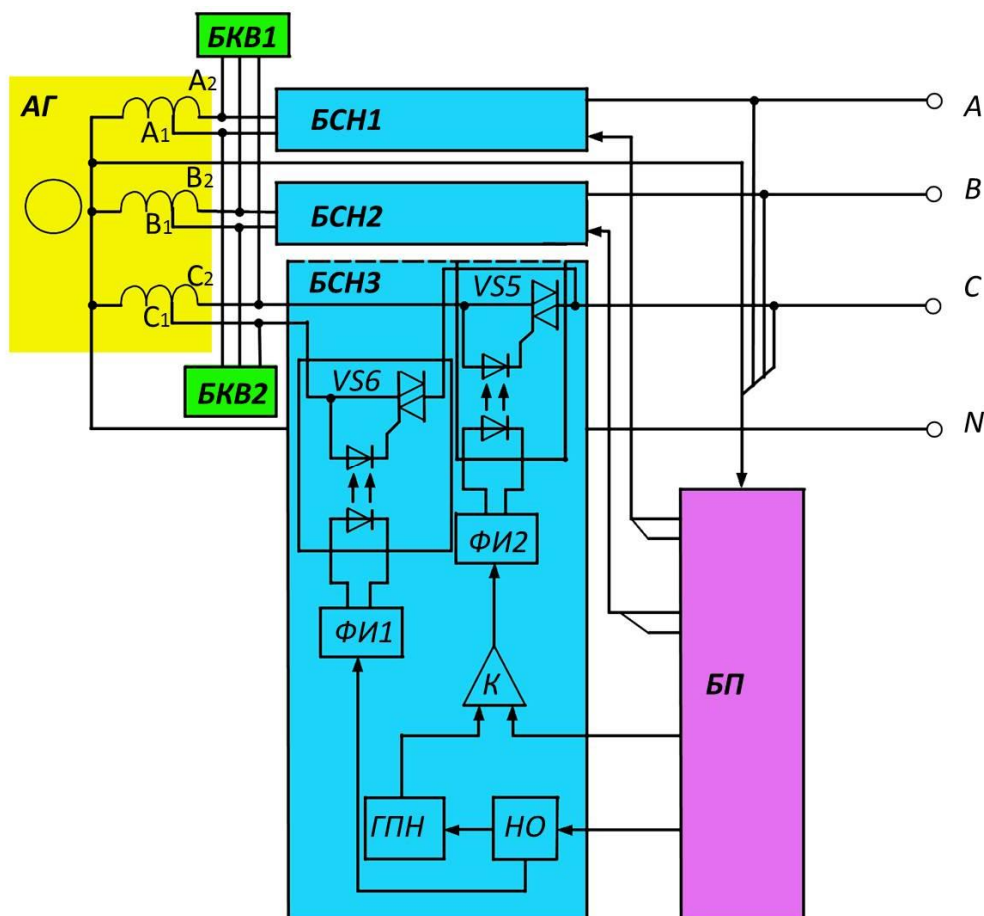


Рисунок 5 – Функциональная схема трёхфазного стабилизатора напряжения АГ на оптосимисторах: БКВ₁ и БКВ₂ – блоки конденсаторов возбуждения; БСН₁, БСН₂, БСН₃ – блоки стабилизации напряжения; БП – блок питания. Каждый из блоков стабилизации напряжения содержит по два оптосимисторы (на рисунок 5 показаны VS₅ и VS₆), нуль-орган НО, генератор пилообразного напряжения ГПН, компаратор К, формирователи импульсов ФИ₁ и ФИ₂.

Перспективным является направление применения в составе статических преобразователей электроэнергии трансформаторов с вращающимся магнитным полем (ТВМП). Важным преимуществом конструкции ТВМП является то, что они позволяют из однофазного напряжения переменного тока получать многофазную симметричную систему

напряжений. А это приведёт к исключению трёхфазных статических преобразователей и применению однофазных, а трёхфазную систему напряжений получать с помощью однофазно-трёхфазных ТВМП [19]. Уменьшение в составе автономных инверторов силовых полупроводниковых приборов позволяет упростить силовую схему и систему управления и повысить показатели надёжности и КПД автономных инверторов СФЭУ. Значительно повышается эффект от использования ТВМП для обеспечения параллельной работы автономных инверторов СФЭС.

На рисунке 6 приведена функциональная схема устройства для обеспечения параллельной работы АИ, выполненная на ТВМП.

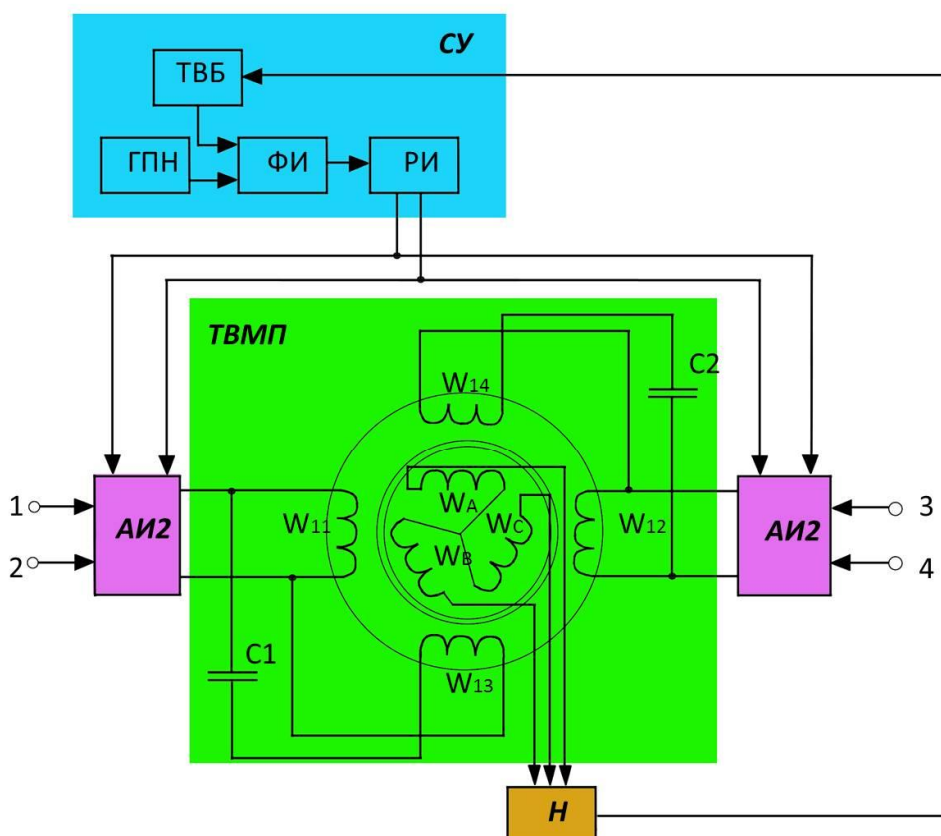


Рисунок 6 – Функциональная схема устройства параллельной работы автономных инверторов АИ1 и АИ2, выполненная с использованием ТВМП: СУ – система управления, содержащая трансформаторно-выпрямительный блок ТВБ, генератор пилообразного напряжения ГПН, формирователь импульсов ФИ, распределитель импульсов РИ; Н – нагрузка; 1, 2 и 3, 4 – выходы для подключения источника напряжения постоянного тока

Система управления СУ обеспечивает параллельную работу инверторов АИ1 и АИ2 и стабилизацию напряжения на нагрузке за счёт изменения длительности импульсов управления (изменения длительности паузы в работе силовых ключей).

Основным недостатком рассмотренной схемы является то, что ТВМП выполнены с использованием фазосдвигающих конденсаторов, обеспечивающих сдвиг токов в первичных обмотках, при несимметричных режимах в нагрузке может значительно искажаться форма вращающегося магнитного поля (круговое искажается в эллиптическое), что приводит к усилению несимметричного режима [3, 19].

Чтобы форма вращающегося магнитного поля не искажалась, разработана функциональная схема преобразователя напряжения постоянного тока в переменный ток на двух автономных инверторах, питающих от одного источника напряжения постоянного тока, приведённая на рисунке 7.

Преобразователь работает следующим образом. Напряжение источника питания постоянного тока U_{BX} (рисунок 7) прикладывается к входным выводам 1 и 2. При переменной работе транзисторов $VT1$ и $VT2$, а также $VT3$ и $VT4$, в первичных обмотках ТВМП W_{11} , W_{12} протекают переменные токи, вызывающие действие двух переменных магнитных потоков. В магнитопроводе эти потоки суммируются, создавая суммарный поток Φ_{Σ} , который образует круговое вращающееся магнитное поле и вызывает действие ЭДС во вторичных обмотках W_{21} , W_{22} , W_{23} .

При дестабилизирующих факторах на выходных выводах АИ (А, В, С) система управления СУ обеспечивает стабилизацию выходного напряжения за счёт изменения времени открытого состояния транзисторов $VT1$ и $VT2$, а также $VT3$ и $VT4$. Фазосдвигающее устройство $\Phi СУ$ постоянно обеспечивает угол сдвига фаз между выходными напряжениями первого и второго инверторов на 90° , за счёт чего не происходит искажение формы магнитного поля.

В настоящее время разработаны АИ мощностью от сотен ватт до сотен киловатт. Как известно, при частоте тока 50 Гц в зависимости от мощности от 60 до 80% массы приходится на трансформаторы, при этом их удельная масса превышает 8 кг/кВт . КПД автономных инверторов находится в пределах $0,7 - 0,8$. Один из способов улучшения ЭТХ АИ является применение в структуре инверторов звена с повышенной частотой тока [20].

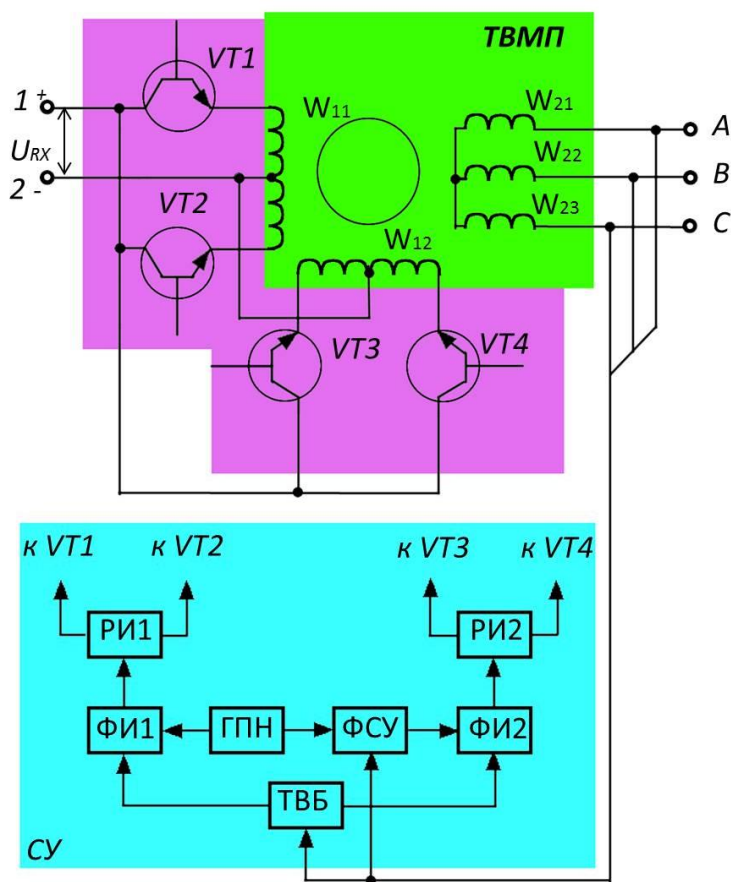


Рисунок 7 – Функциональная схема автономного инвертора на ТВМП: система управления СУ содержит трансформаторно-выпрямительный блок ТВБ, генератор пилообразного напряжения ГПН, фазосдвигающее устройство ФСУ, формирователи импульсов ФИ1 и ФИ2, распределители импульсов РИ1 и РИ2.

На рисунке 8 приведена функциональная схема АИ на реверсивном выпрямителе. Надёжность работы АИ на реверсивном выпрямителе повышается за счёт применения в трансформаторе Т первичной обмотки со

средней точкой за счёт уменьшения количества силовых электронных ключей.

АИ на реверсивном выпрямителе работает следующим образом. Напряжение постоянного тока от источника прикладывается к входу автономного инвертора АИ, на выходе которого формируется напряжение переменного тока повышенной частоты. В трансформаторе напряжение преобразуется до требуемого уровня, необходимого для нагрузки. На выходе реверсивного выпрямителя *PB* из участков высокочастотного напряжения формируется низкочастотный сигнал, фильтр Φ обеспечивает требуемое качество выходного напряжения синусоидального тока.

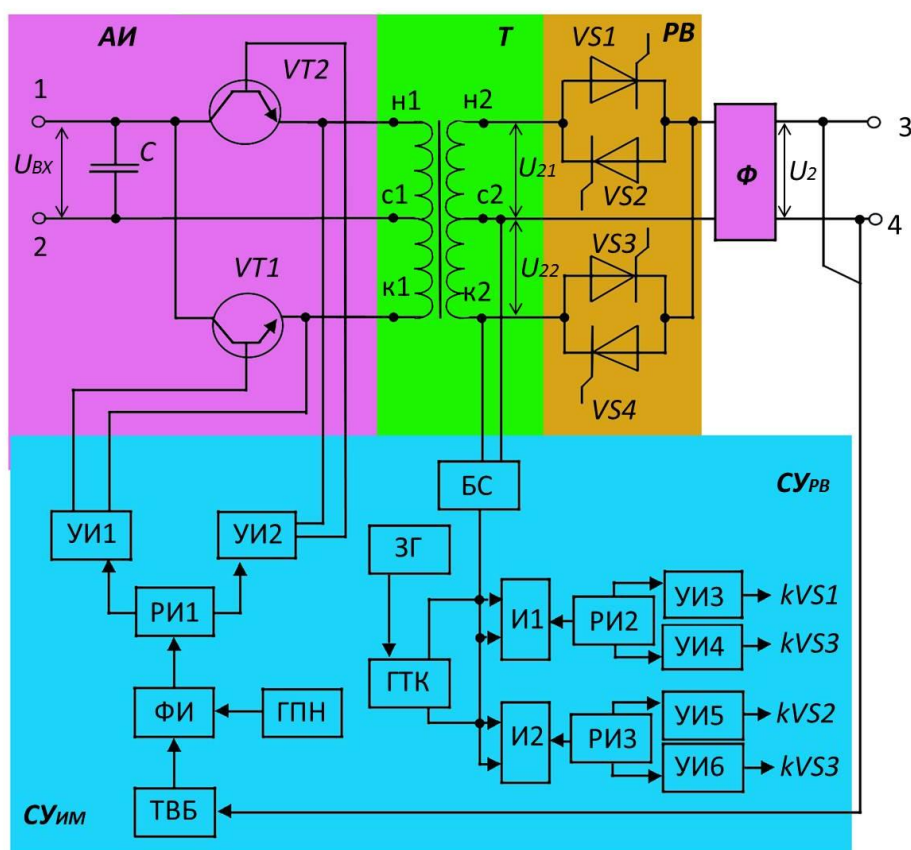


Рисунок 8 – Функциональная схема автономного инвертора (АИ) на реверсивном выпрямителе (РВ): С – входной фильтр; Φ – выходной фильтр; $СУ_{ИМ}$ – система управления инверторным мостом, содержит генератор пилообразного напряжения $ГПН$, формирователь импульсов $ФИ$, трансформаторно-выпрямительный блок $ТВБ$, распределитель импульсов $РИ$, первый и второй усилители импульсов $УИ1$ и $УИ2$; $СУ_{РВ}$ – система управления реверсивным выпрямителем содержит блок синхронизации $БС$, задающий генератор $ЗГ$, генератор типа кривой $ГТК$, логические элементы $И1$ и $И2$, распределители импульсов $РИ1$ и $РИ2$, усилители импульсов $УИ1$ и $УИ2$.

Стабилизация напряжения осуществляется за счёт изменения времени открытого состояния транзисторов $VT1$ и $VT2$ инвертора.

Если использовать вместо тиристоров в реверсивном выпрямителе транзисторы, то также улучшатся показатели надёжности АИ.

Применение в составе АИ промежуточного высокочастотного преобразования и силовых транзисторов позволяет значительно уменьшить их массу. Так для АИ мощностью от 10 до 20 кВт и при промежуточной частоте преобразования, находящейся в пределах $16 - 20$ кГц, их удельная масса составляет $0,1 - 0,2$ кг/кВт [20].

Таким образом, применение предложенных технических решений преобразователей и стабилизаторов, позволит значительно улучшить технические характеристик ВЭУ, МГЭС и СФЭУ.

Список литературы

1. Григораш О.В. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии / О. В. Григораш, Ю. И. Стрелков // Промышленная энергетика. – 2001. – № 4. – С.37–40.
2. Амерханов Р.А. Перспективы использования возобновляемых источников энергии / Р. А. Амерханов, Б.К. Цыганков, С.Н. Бегдай и др. // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2013. – № 42. – С. 185 – 189.
3. Григораш О.В. Возобновляемые источники электроэнергии: Монография / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, Р. А. Сулейманов, Е. А. Власенко, А. Г. Власов; под общ. ред. О.В. Григораш. – Краснодар: КубГАУ. – 2012. – 272 с.
4. Григораш О.В. Современное состояние производства электроэнергии возобновляемыми источниками в мире и России / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, А. С. Пономаренко, Ю. В. Кондратенко // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2012. – № 6. – С. 159 – 163.
5. Григораш О.В. Перспективы возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае / О. В. Григораш, В. П. Коваленко, Е. В. Воробьёв, А. Г. Власов // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2012. – № 6. – С. 123 – 127.

6. Григораш О.В. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае / О.В. Григораш, В.В. Тропин, А.С. Оськина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(083). С. 506 – 517. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.

7. Григораш О.В. Возобновляемые источники энергии: термины, определения, достоинства и недостатки / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, А. Е. Усков, А. В. Квитко // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2011. – № 5. – С. 189 – 192.

8. Никитенко Г. В. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения: монография / Г. В. Никитенко, Е. В. Коноплев. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь АГРУС. – 2008. – С. 152.

9. Пат. РФ 2216097, МПК H02P 9/46, H02J 3/16. Устройство для стабилизации частоты и напряжения автономного асинхронного генератора / Н.И. Богатырёв, О.В. Григораш, А.С. Креймер и др. Оpubл. БИ № 31, 10.11.2003.

10. Пат. РФ 2366071, МПК H02P 9/46. Устройство для стабилизации частоты и напряжения автономных бесконтактных генераторов / О.В. Григораш, А.А. Хамула, Е.А. Денисенко и др. Оpubл. БИ № 24, 27.08.2009.

11. Пат. РФ 2366072, МПК H02P 9/46. Устройство для стабилизации напряжения бесконтактных генераторов переменного тока / О.В. Григораш, А.А. Хамула, А. С. Олешко и др. Оpubл. БИ № 24, 27.08.2009.

12. Пат. РФ 2262182, МПК H02P 9/46. Устройство для стабилизации напряжения асинхронного генератора / О.В. Григораш, О. В. Новокрещёнов, А.А. Хамула и др. Оpubл. БИ № 28, 10.10.2005.

13. Пат. РФ 2421867, МПК H02M 5/27. Непосредственный трёхфазный преобразователь частоты с естественной коммутацией / О.В. Григораш, А.В. Квитко, В.В. Алмазов и др. Оpubл. БИ № 17, 20.06.2011.

14. Пат. РФ 2443903, МПК F03D 9/00, H02P 9/06, H02P 9/30. Устройство стабилизации напряжения и частоты ветроэнергетической установки / О. В. Григораш, К. А. Гарькавый, А. В. Квитко и др. Оpubл. БИ № 6, 27.02.2012.

15. Пат. РФ 2420855, МПК H02M 7/539. Преобразователь напряжения постоянного тока на реверсивном выпрямителе / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, Е.А. Власенко и др. Оpubл. БИ № 16, 10.06.2011.

16. Пат. РФ 2494437, МПК G05F 5/04. Устройство для обеспечения параллельной работы автономных инверторов солнечных электростанций / О. В. Григораш, А. Е. Усков, А. Г. Власов и др. Опубл. БИ № 27, 27.09.2013.

17. Григораш О.В. Асинхронные генераторы в системах автономного электроснабжения / О. В. Григораш // Электротехника. – 2002. – № 1. – С. 30 – 35.

18. Григораш О. В. Непосредственные преобразователи частоты: Монография / О. В. Григораш, С. В. Божко, В. А. Нефедовский, Д. А. Столбчатый. – Краснодар: КубГАУ. – 2008. – 148 с.

19. Григораш О.В. Преобразователи электрической энергии на базе трансформаторов с вращающимся магнитным полем для систем автономного электроснабжения / О. В. Григораш // Промышленная энергетика. – 1997. – № 7. – С. 21 – 26.

20. Григораш О. В. Автономные инверторы модуляционного типа: Монография / О. В. Григораш, Ю. П. Степура, С. В. Божко и др. – Краснодар: КубГАУ. – 2008. – 187 с.

References

1. Grigorash O.V. Netradicionnye avtonomnye istochniki jelektrojenergii / O. V. Grigorash, Ju. I. Strelkov // Promyshlennaja jenergetika. – 2001. – № 4. – S.37–40.

2. Amerhanov R.A. Perspektivy ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии / R. A. Amerhanov, B.K. Cygankov, S.N. Begdaj i dr. // Trudy KubGAU. – Krasnodar. – 2013. – № 42. – S. 185 – 189.

3. Grigorash O.V. Vozobnovljaemye istochniki jelektrojenergii: Monografija / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, R. A. Sulejmanov, E. A. Vlasenko, A. G. Vlasov; pod obshh. red. O.V. Grigorash. – Krasnodar: KubGAU. – 2012. – 272 s.

4. Grigorash O.V. Sovremennoe sostojanie proizvodstva jelektrojenergii vozobnovljaemyimi istochnikami v mire i Rossii / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, A. S. Ponomarenko, Ju. V. Kondratenko // Trudy KubGAU. – Krasnodar. – 2012. – № 6. – S. 159 – 163.

5. Grigorash O.V. Perspektivy vozobnovljaemyh istochnikov jelektrojenergii v Krasnodarskom krae / O. V. Grigorash, V. P. Kovalenko, E. V. Vorob'jov, A. G. Vlasov // Trudy KubGAU. – Krasnodar. – 2012. – № 6. – S. 123 – 127.

6. Grigorash O.V. Ob jeffektivnosti i celesoobraznosti ispol'zovanija vozobnovljaemyh istochnikov jelektrojenergii v Krasnodarskom krae / O.V. Grigorash, V.V. Tropin, A.S. Os'kina // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №09(083). S. 506 – 517. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/38.pdf>.

7. Grigorash O.V. Vozobnovljaemye istochniki jenerгии: terminy, opredelenija, dostoinstva i nedostatki / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, A. E. Uskov, A. V. Kvitko // Trudy KubGAU. – Krasnodar. – 2011. – № 5. – S. 189 – 192.

8. Nikitenko G. V. Vetrojenergeticheskie ustanovki v sistemah avtonomnogo jelektrosnabzhenija: monografija / G. V. Nikitenko, E. V. Konoplev. Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Stavropol' AGRUS. – 2008. – S. 152.

9. Pat. RF 2216097, MPK N02R 9/46, N02J 3/16. Ustrojstvo dlja stabilizacii chastoty i naprjazhenija avtonomnogo asinhronnogo generatora / N.I Bogatyrjov, O.V. Grigorash, A.S. Krejmer i dr. Opubl. BI № 31, 10.11.2003.

10. Pat. RF 2366071, MPK N02R 9/46. Ustrojstvo dlja stabilizacii chastoty i naprjazhenija avtonomnyh beskontaktnyh generatorov / O.V. Grigorash, A.A. Hamula, E.A. Denisenko i dr. Opubl. BI № 24, 27.08.2009.

11. Pat. RF 2366072, MPK N02R 9/46. Ustrojstvo dlja stabilizacii naprjazhenija beskontaktnyh generatorov peremennogo toka / O.V. Grigorash, A.A. Hamula, A. S. Oleshko i dr. Opubl. BI № 24, 27.08.2009.

12. Pat. RF 2262182, MPK N02R 9/46. Ustrojstvo dlja stabilizacii naprjazhenija asinhronnogo generatora / O.V. Grigorash, O. V. Novokreshhjonov, A.A. Hamula i dr. Opubl. BI № 28, 10.10.2005.

13. Pat. RF 2421867, MPK N02M 5/27. Neposredstvennyj trjohfaznyj preobrazovatel' chastoty s estestvennoj kommutaciej / O.V. Grigorash, A.V. Kvitko, V.V. Almazov i dr. Opubl. BI № 17, 20.06.2011.

14. Pat. RF 2443903, MPK F03D 9/00, N02R 9/06, N02R 9/30. Ustrojstvo stabilizacii naprjazhenija i chastoty vetrojenergeticheskoj ustanovki / O. V. Grigorash, K. A. Gar'kavyj, A. V. Kvitko i dr. Opubl. BI № 6, 27.02.2012.

15. Pat. RF 2420855, MPK N02M 7/539. Preobrazovatel' naprjazhenija postojannogo toka na reversivnom vyprjamitele / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, E.A. Vlasenko i dr. Opubl. BI № 16, 10.06.2011.

16. Pat. RF 2494437, MPK G05F 5/04. Ustrojstvo dlja obespechenija parallel'noj raboty avtonomnyh invertorov solnechnyh jelektrostantsij / O. V. Grigorash, A. E. uskov, A. G. Vlasov i dr. Opubl. BI № 27, 27.09.2013.

17. Grigorash O.V. Asinhronnye generatory v sistemah avtonomnogo jelektrosnabzhenija / O. V. Grigorash // Jelektrotehnika. – 2002. – № 1. – S. 30 – 35.

18. Grigorash O. V. Neposredstvennye preobrazovateli chastoty: Monografija / O. V. Grigorash, S. V. Bozhko, V. A. Nefedovskij, D. A. Stolbchatyj. – Krasnodar: KubGAU. – 2008. – 148 s.

19. Grigorash O.V. Preobrazovateli jelektricheskoj jenergii na baze transformatov s vrashhajushhimsja magnitnym polem dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija / O. V. Grigorash // Promyshlennaja jenergetika. – 1997. – № 7. – S. 21 – 26.

20. Grigorash O. V. Avtonomnye inventory moduljacionnogo tipa: Monografija / O. V. Grigorash, Ju. P. Stepura, S. V. Bozhko i dr. – Krasnodar: KubGAU. – 2008. – 187 s.