

УДК 620.314

05.00.00 Технические науки

**СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Курзин Николай Николаевич
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
nik.kurzin2012@yandex.ru
РИНЦ SPIN-код 3539-9311

Коблев Бислан Аюбович
студент
*Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар,
Россия*

Известно, что отклонение напряжения от номинального значения приводит к изменению технических характеристик электрооборудования и может вызвать нарушение их работоспособности, в том числе привести к аварийной ситуации. В статье рассматриваются известные структурные схемы однофазных стабилизаторов напряжения переменного тока, раскрываются особенности их работы и недостатки. Для улучшения эксплуатационно-технических характеристик однофазных стабилизаторов напряжения переменного тока предложены функциональные схемы стабилизаторов, выполненные на автотрансформаторах, трансформаторах и оптосимисторах. Рассмотрены особенности работы предложенных схем стабилизаторов напряжения. Для стабилизации трёхфазного напряжения предложено использовать три однофазных стабилизатора. В этом случае, для повышения надежности работы, в резерве может находиться один однофазный стабилизатор, который подключается автоматически к соответствующей фазе при неисправности одного из работавших ранее электронных стабилизаторов напряжения. Для стабилизации трёхфазного напряжения стабилизатор может быть выполнен на базе трёхфазного трансформатора. В сравнении с применением в трёхфазной системе однофазных стабилизаторов, такой стабилизатор напряжения будет иметь улучшенные массогабаритные показатели. Значительно улучшить технические характеристики стабилизаторов напряжения, работающих в составе автономных систем электроснабжения, можно только за счёт применения современного математического аппарата, позволяющего моделировать физические процессы, протекающие в силовых схемах стабилизаторов в номинальных и аварийных режимах работы

Ключевые слова: СТАБИЛИЗАТОРЫ

UDC 620.314

Technical sciences

AC VOLTAGE STABILIZERS

Kurzin Nikolay Nikolaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the
chair, RSCI SPIN-code 3539-9311
nik.kurzin2012@yandex.ru

Koblev Bislan Ayubovich
student
*Kuban state agrarian University named after
I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia*

It is known, that the voltage deviation from the nominal value leads to a change in the technical characteristics of the equipment and may cause a violation of their working ability, including leading to an emergency. The article deals with the known structural diagram of single-phase voltage stabilizers of AC power, the peculiarities of their work and their disadvantages. To improve the performance characteristics of single-phase AC voltage stabilizers, we have proposed a functional scheme of the stabilizers performed on transformers, autotransformers and optosymistors. The article considers features of the proposed circuit voltage stabilizers. To stabilize three-phase voltage we have proposed using a three-phase stabilizer. In this case, to improve the reliability of the reserve there may be a single-phase stabilizer, which automatically connects to the appropriate phase at malfunction of one of the working electronic voltage stabilizers. To stabilize three-phase voltage, a stabilizer can be made based on the three-phase transformer. In comparison with the use of a single-phase stabilizer in a three-phase system, the voltage stabilizer will have improved weight and overall dimensions. To significantly improve the technical characteristics of voltage stabilizers, working in the autonomous power supply systems, it is possible only through the use of modern mathematical apparatus, allowing to simulate the physical processes in power circuits of stabilizers in nominal and emergency modes of operation

Keywords: VOLTAGE STABILIZERS, RELAY

НАПРЯЖЕНИЯ, РЕЛЕЙНЫЕ
СТАБИЛИЗАТОРЫ,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
СТАБИЛИЗАТОРЫ, ЭЛЕКТРОННЫЕ
СТАБИЛИЗАТОРЫ

STABILIZERS, ELECTRICAL STABILIZERS,
ELECTRONIC STABILIZERS

Doi: 10.21515/1990-4665-130-035

Сегодня, электроэнергия, используемая во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специальных свойств и непосредственно участвует в создании других видов продукции, влияя на их качество. Известно также, что потребители электроэнергии рассчитаны работать на номинальные значения параметров, обеспечивающих высокие значения КПД, показателей надёжности, а также длительное время работы (ресурс).

В настоящее время мировое развитие компьютерных систем связи, обработки информации, а также автоматических систем управления технологическими процессами и производственными комплексами, предъявляют повышенные требования не только к надёжности электроснабжения, но и к качеству электроэнергии. С каждым годом ущерб от перерывов в электроснабжении и снижения показателей качества электроэнергии неуклонно возрастает.

Параметры электрической энергии внешней сети и автономных источников электроэнергии не являются стабильными по целому ряду объективных и субъективных причин, а иногда проблемы с электропитанием возникают непосредственно на участке электросети и без стабилизации этих параметров не обойтись.

Основными причинами изменения напряжения от номинальных значений являются: удаленность потребителей от системы электроснабжения или трансформаторной подстанции, наличие на питающем фидере мощных потребителей (мощность которых соизмерима с мощностью автономных источников), устаревшие и не рассчитанные для работы с современными электроприборами линии электропередач, в том

числе кабельные, просто ведущиеся рядом сварочные работы и многое другое. Отклонения величины или формы подаваемого напряжения принято называть искажениями (колебаниями) или помехами. Без стабилизатора переменного напряжения эти искажения по-разному влияют на работу электрооборудования.

Кроме того, ухудшение качества параметров электроэнергии приводит также к нарушению нормальной работы потребителей. Важным показателем качества напряжения является его отклонение. Особенно чувствительны к отклонениям напряжения осветительные установки. В современном производстве нашло широкое применение ультрафиолетовое облучение как в медицине и сельском хозяйстве. При понижении напряжения заметно уменьшается световой поток, а при его повышении повышается доза облучения, резко снижается срок службы ламп, и происходит перерасход электроэнергии.

По мере усложнения структуры систем электроснабжения все острее начинает проявляться проблема с отклонением напряжения от номинального значения [1, 2]. Важным является тот факт, что потребители электроэнергии имеют наилучшие эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ), в том числе ресурс, при номинальных значениях параметров электроэнергии (напряжения, мощности). Отклонение напряжения от номинального значения приводит к изменению технических характеристик электрооборудования и может вызвать нарушение их работоспособности, в том числе привести к аварийной ситуации.

Как известно, по принципу действия стабилизаторы напряжения классифицируются следующим образом: ступенчатые корректоры напряжения (релейные и электромеханические); электронные; феррорезонансные; стабилизаторы с подмагничиванием трансформатора.

В настоящее время широко используются три типа стабилизаторов напряжения: релейные, электромеханические и электронные. Феррорезонансные стабилизаторы и стабилизаторы с подмагничиванием трансформатора имеют низкий КПД, большую массу и габариты.

В общем случае выбор типа стабилизатора напряжения определяется, как правило, требованиями потребителей электроэнергии (точность и скорость стабилизации, срок эксплуатации), а также критериями эффективности (экономические показатели, показатели надёжности и качества электроэнергии, КПД, а для транспортных систем важными являются массогабаритные показатели). В последнее время к стабилизаторам также предъявляются требования по уровню или защите от электромагнитных помех [3].

Релейные стабилизаторы напряжения

Схемы работы релейных стабилизаторов основаны на ступенчатом регулировании напряжения путём автоматической коммутации выводов вторичной обмотки трансформатора. Коммутация (изменение числа витков обмоток) происходит с помощью контакторов, управлением работой которых осуществляет электронная система управления (СУ). Процессор СУ осуществляет контроль входного и выходного напряжения, и осуществляет коммутацию силовых цепей посредством контактов контакторов. Принципиальная силовая электрическая схема релейного стабилизатора напряжения приведена на рисунке 1.

Электромеханические стабилизаторы напряжения

Схема работы электромеханических стабилизаторов напряжения основана на плавном регулировании напряжения за счёт изменения числа витков обмоток автотрансформатора. Изменение числа витков автотрансформатора происходит с помощью подвижного контакта, приводимого в движение электроприводом. Положение подвижного контакта определяет СУ. Как только напряжение на входе стабилизатора

изменяется, то СУ даёт команду на перемещение подвижного контакта до момента установления номинального значения напряжения на выходе. Плавное и точное изменение напряжения электромеханических стабилизаторов является основным их преимуществом над релейными стабилизаторами.

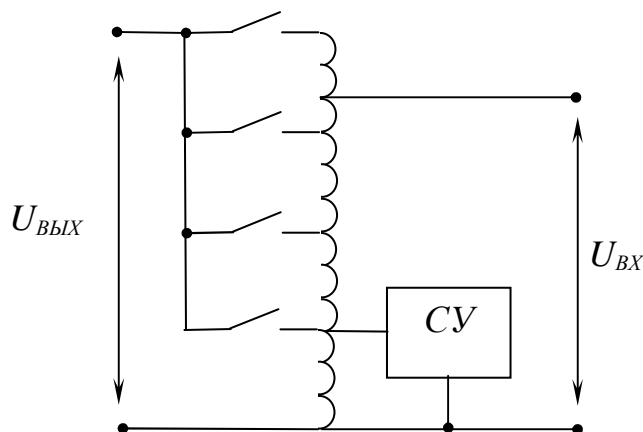


Рисунок 1 – Принципиальная силовая электрическая схема релейного стабилизатора напряжения

Принципиальная силовая электрическая схема электромеханического стабилизатора напряжения приведена на рисунке 2. Основными недостатками электромеханических стабилизаторов в сравнении с релейными является относительно большое время стабилизации напряжения, а также меньшее время (ресурс) работы из-за быстрого физического износа подвижного контакта.

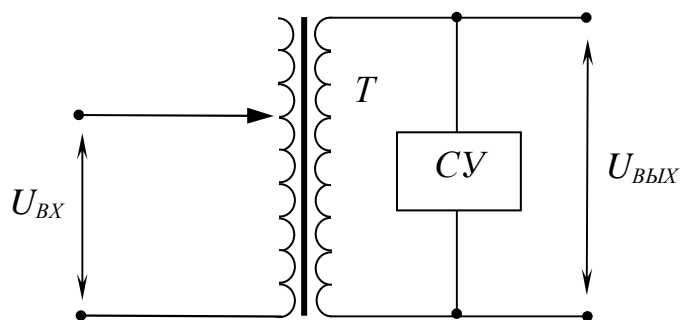


Рисунок 2 – Принципиальная силовая электрическая схема электромеханического стабилизатора напряжения

Электронные стабилизаторы напряжения

Схема работы электронного стабилизатора напряжения также основана на ступенчатом регулировании напряжения путём автоматической коммутации секций вторичных обмоток трансформатора. Коммутация секций обмоток осуществляется с помощью силовых электронных приборов (тиристоров, симисторов) работой которых управляет электронная СУ. Напряжение на выходе стабилизатора в случае применения схемы вольтодобавочного типа определяется суммированием основного и добавочного напряжения. Принципиальная силовая электрическая схема электронного стабилизатора напряжения приведена на рисунке 3. Электронный стабилизатор позволяет быстро и эффективно стабилизировать напряжение в нужном диапазоне, обеспечивая высокую надёжность и бесшумность работы. Это и является основными его преимуществами в сравнении с рассмотренными типами стабилизаторов напряжения.

Для улучшения показателей надёжности электронных стабилизаторов коммутацию витков можно осуществлять двумя оптосимисторами. При этом, один оптосимистор подключает к выходу обмотку высокого напряжения, а второй – обмотку низкого напряжения [4, 5]. На рисунке 4 приведена функциональная схема такого стабилизатора. Схема содержит оптосимисторы VS_1 и VS_2 , автотрансформатор АТ и систему управления СУ. На рисунке 4 показаны также оптронные пары ОП₁ и ОП₂ через которые СУ осуществляет изменение времени открытого состояния оптосимисторов VS_1 и VS_2 .

Принцип стабилизации напряжения состоит в изменении времени подключения обмотки высокого напряжения (u_2) и обмотки низкого напряжения (u_1) к выходным выводам стабилизатора. К примеру, если напряжение на входе стабилизатора u_{BX} уменьшится, то СУ увеличивает время открытого состояния оптосимистора VS_2 и уменьшает время

открытого состояния оптосимистора VS_1 . В этом случае к выходным выводам больше время будет подключено обмотка высокого напряжения (u_2) в сравнении с обмоткой низкого напряжения (u_1) в результате напряжение на выходе стабилизатора $u_{ВЫХ}$ увеличиться.

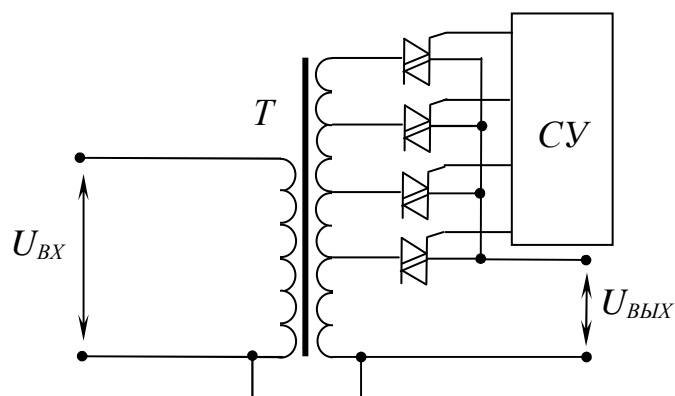


Рисунок 3 – Принципиальная силовая электрическая схема электронного стабилизатора напряжения

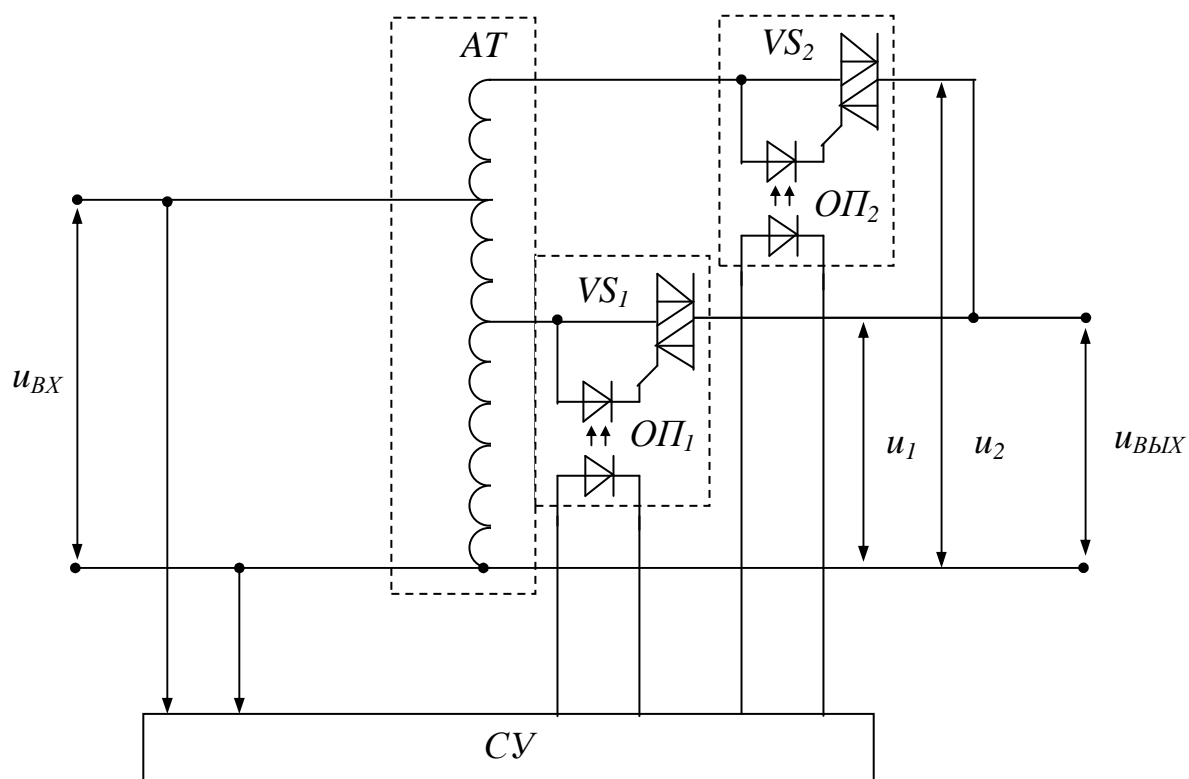


Рисунок 4 – Функциональная схема электронного стабилизатора напряжения выполненного на автотрансформаторе и оптосимисторах

Таким образом, в результате поочередной работе оптосимисторов VS_1 и VS_2 на выходе стабилизатора будет формироваться номинальное напряжение. При необходимости улучшения качества выходного напряжения это можно достичь двумя способами. Первый предполагает увеличение числа отпаек в автотрансформаторе, а второй – использование на выходе стабилизатора Г-образных LC-фильтров. Однако необходимо учесть, что в первом случае это приведет к ухудшению показателей надежности стабилизатора, а во втором – к увеличению его массогабаритных показателей.

Основной недостаток, рассмотренной схемы электронного стабилизатора на оптосимисторах и автотрансформаторе, является не обеспечение гальванической развязки между источником и потребителями электроэнергии. Этот недостаток устраняется, если вместо автотрансформатора применить трансформатор Т (рисунок 5). Однако в этом случае в 1,3–1,5 раз, в зависимости от мощности, увеличиваются массогабаритные показатели стабилизатора.

Для стабилизации трёхфазного напряжения можно использовать три однофазных стабилизатора. В этом случае для повышения надежности работы в резерве может находиться один однофазный стабилизатор, который подключается автоматически к соответствующей фазе при неисправности одного из работавших ранее электронных стабилизаторов напряжения.

Для стабилизации трёхфазного напряжения стабилизатор может быть выполнен на базе трёхфазного трансформатора. В сравнении с применением в трёхфазной системе однофазных стабилизаторов, такой стабилизатор напряжения будет иметь улучшенные массогабаритные показатели.

Таким образом, применение в составе систем электроснабжения предложенных технических решений стабилизаторов напряжения

переменного тока, выполненных с использованием оптосимисторов, автотрансформатор и трансформаторов, позволит повысить показатели надежности и улучшить их эксплуатационно-технические характеристики в комплексе в сравнении с релейными и электромеханическими стабилизаторами напряжения.

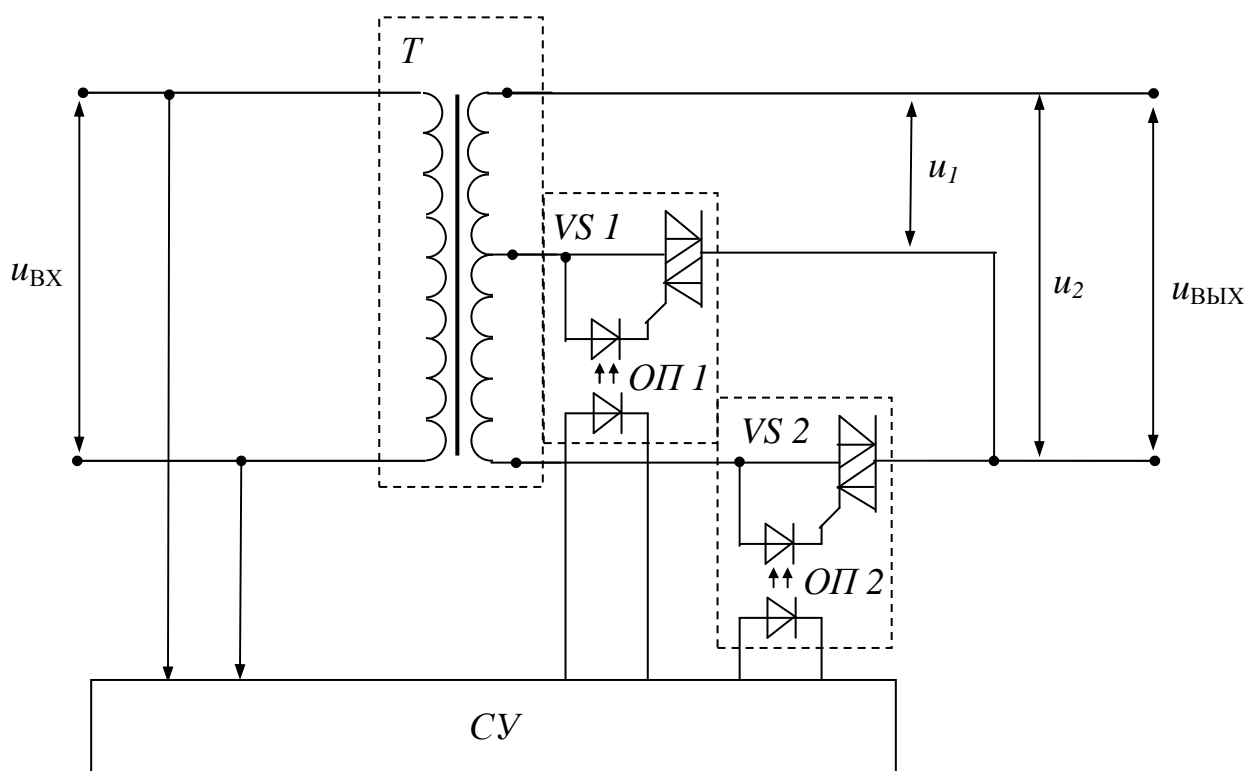


Рисунок 5 – Функциональная схема стабилизатора напряжения, выполненного на трансформаторе и оптосимисторах

Улучшиться технические характеристики, в частности, автономных систем, обеспечивающих бесперебойное электроснабжение потребителей, если в их составе будут применяться трансформаторы с вращающимся магнитным полем, универсальные статические преобразователи и бесконтактные коммутационные аппараты [6–8].

Интересным является также направление применения в качестве стабилизатора напряжения и частоты тока в автономных системах электроснабжения непосредственных преобразователей частоты. Однако они эффективно работают в качестве стабилизаторов напряжения, если

входная частота тока в несколько раз больше выходной промышленной частоты [9, 10].

Значительно улучшить технические характеристики стабилизаторов напряжения, работающих в составе автономных систем электроснабжения, можно только за счёт применения современного математического аппарата, позволяющего моделировать физические процессы, протекающие в силовых схемах стабилизаторов в номинальных и аварийных режимах работы [11].

Список литературы

1. Атрощенко В. А., Григораш О. В., Ланчу В. В. Современное состояние и перспективы развития систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика. – 1994. – № 5. – С.33–36.
2. Григораш О. В., Дацко А. В., Мелехов С. В. К вопросу электромагнитной совместимости основных узлов систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика. – 2001. – № 2. – С.44–47.
3. Григораш О. В., Степура Ю. П., Усков А. Е. Статические преобразователи и стабилизаторы автономных систем электроснабжения. – Краснодар. – 2011. – 188 с.
4. Патент на изобретение № 2282886. Однофазный стабилизатор напряжения / Григораш О. В., Цыганков Б. К., Энговатова В. В. и др. Бюл. № 24, от 27.08.2006.
5. Патент на изобретение № 2281542. Стабилизатор трехфазного напряжения / Григораш О. В., Савенко А. В., Головенко Д. С. и др. Бюл. № 22, от 10.08.2006.
6. Григораш О. В. Преобразователи электрической энергии на базе трансформаторов с вращающимся магнитным полем для систем автономного электроснабжения // Промышленная энергетика. – 1997. – № 7. – С.21–25.
7. Григораш О. В., Кабанков Ю. А. К вопросу применения трансформаторов с вращающимся магнитным полем в составе преобразователей электроэнергии // Электротехника. – 2002. – № 3. – С.22–26.
8. Григораш О. В., Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Тельнов Г. В. Электрические аппараты низкого напряжения. – Краснодар : КубГАУ. – 2000. – 313 с.
9. Атрощенко В. А., Григораш О. В. Непосредственные преобразователи частоты с улучшенными техническими характеристиками для систем автономного электроснабжения // Электротехника. – 1997. – № 11. – С.56–60.
10. Григораш О. В., Божко С. В., Нефедовский В. А., Столбчатый Д. А. Непосредственные преобразователи частоты. – Краснодар. – 2008. – 148 с.
11. Григораш О. В., Богатырев Н. И., Курзин Н. Н., Казаков Д. А. Математический аппарат для оценки эффективности систем гарантированного электроснабжения. – Краснодар : Б/И. – 2002. – 285 с.

References

1. Atroshhenko V.A., Grigorash O.V., Lanchu V.V. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika. – 1994. – № 5. – S.33–36.
2. Grigorash O.V., Dacko A.V., Melehov S.V. K voprosu jelektromagnitnoj sovместимости osnovnyh uzlov sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika. – 2001. – № 2. – S.44– 47.
3. Grigorash O.V., Stepura Ju.P., Uskov A.E. Statischešie preobrazovateli i stabilizatory avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija. – Krasnodar. – 2011. – 188 s.
4. Patent na izobretenie № 2282886. Odnofaznyj stabilizator naprjazhenija / Grigorash O.V., Cygankov B.K., Jengovatova V.V. i dr. Bjul. № 24, ot 27.08.2006.
5. Patent na izobretenie № 2281542. Stabilizator trehfaznogo naprjazhenija / Grigorash O.V., Savenko A.V., Golovenko D.S. i dr. Bjul. № 22, ot 10.08.2006.
6. Grigorash O.V. Preobrazovateli jelektricheskoj jenerгии na baze transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika. – 1997. – № 7. – S.21– 25.
7. Grigorash O.V., Kabankov Ju.A. K voprosu primenenija transformatorov s vrashhajushhimsja magnitnym polem v sostave preobrazovatelej jelektrojenerгии // Jelektrotehnika. – 2002. – № 3. – S.22–26.
8. Grigorash O.V., Bogatyrev N.I., Kurzin N.N., Tel'nov G.V. Jelektricheskie apparaty nizkogo naprjazhenija. – Krasnodar: KubGAU. – 2000. – 313 s.
9. Atroshhenko V.A., Grigorash O.V. Neposredstvennye preobrazovateli chastoty s uluchshennymi tehničeskimi harakteristikami dlja sistem avtonomnogo jelektrosnabzhenija // Jelektrotehnika. – 1997. – № 11. – S.56–60.
10. Grigorash O.V., Bozhko S.V., Nefedovskij V.A., Stolbchatyj D.A. Neposredstvennye preobrazovateli chastoty. – Krasnodar. – 2008. – 148 s.
11. Grigorash O.V., Bogatyrev N.I., Kurzin N.N., Kazakov D.A. Matematiceskij apparat dlja ocenki jeffektivnosti sistem garantirovannogo jelektrosnabzhenija. – Krasnodar : B/I. – 2002. – 285 s.