

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*М.К.Бобожанов, д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжения»,
Ташкентского государственного технического университета*

*Р.Ч.Каримов, ТГТУ, заведующий кафедрой «Электротехнике»,
кандидат технических наук, доцент*

*И.М.Мухамадалиев, начальник отдела расчета электрических режимов
ГУП «Национальный диспетчерский центр»*

Аннотация: В этой статье сделан обзор и рассмотрены существующие стабилизаторы напряжения их преимущества и недостатки и сделаны выводы по каждому виду стабилизатора. Рассматриваются стабилизаторы напряжения с микроконтроллерным управлением, преимущества, недостатки и сделаны выводы.

Ключевые слова: стабилизатор напряжения, система управления, бесконтактное реле, тиристор, конденсатор, транзистор, симистор, микроконтроллер, автотрансформатор.

Annotation: This article reviews and discusses the existing voltage stabilizers, their advantages and disadvantages, and draws conclusions for each type of stabilizer. Voltage stabilizers with microcontroller control, advantages, disadvantages are considered and conclusions are drawn.

Keywords: power quality indicators, voltage stabilizer, control system, non-contact relay, thyristor, capacitor, transistor, triac, microcontroller, autotransformer.

На сегодняшней день бытовая техника очень чувствительна к перепаду напряжения. Длительное отклонение сетевого напряжения более чем на 10% от номинального значения 220 В во многих районах нашей страны, к сожалению, стало нередким явлением. При повышенном (до 240...250 В) напряжении в сети значительно сокращается срок службы осветительных приборов, увеличивается нагрев трансформаторных блоков питания и двигателей в компрессорах холодильников. Снижение сетевого напряжения ниже 160...170 В вызывает значительное увеличение нагрузки на ключевые транзисторы в импульсных блоках питания (это может привести к их перегреву и последующему тепловому пробую), а также заклинивание двигателей в компрессорах холодильников, что тоже приводит к их перегреву и выходу из строя. Еще большие колебания напряжения у однофазных потребителей, питающихся от трехфазной сети, возникают в случае обрыва нулевого провода на участке от точки подключения потребителя к четырехпроводной сети до трансформаторной подстанции. В этом

случае вследствие перекоса фаз напряжение в розетке может изменяться от нескольких десятков вольт вплоть до линейного 380 В, что неминуемо приведет к повреждению практически всей сложной бытовой техники, подключенной к розетке. Избежать неприятностей, связанных с экстремальными колебаниями напряжения в сети, поможет предлагаемый стабилизатор. Но сначала будет целесообразным обзор стабилизаторов напряжения. От того, каким способом происходит изменение числа витков вторичной обмотки, зависит, какой это тип стабилизатора. В настоящее время активно используются четыре вида стабилизаторов: электромеханические, релейные, гибридные, тиристорные. Рассмотрим эти виды:

Электромеханические, эти стабилизаторы еще называются сервоприводными. Они стабилизируют напряжение с помощью контакта-щётки, а иногда двух, которая двигается по катушке за счёт электродвигателя (именно его называют сервоприводом). Блок управления анализирует показания вольтметра, который измеряет входное напряжение. Если напряжение отличается от номинального, он посылает сигнал. Сигнал получает сервопривод и начинает вращаться в нужную для данного случая сторону. Вращение двигателя заставляет двигаться щётку. Щётка будет двигаться по виткам обмотки до тех пор, пока блок управления не отправит двигателю сигнал, что напряжение достигло до номинального значение, и оно остановиться. Преимущество этих стабилизаторов, это высокая точность стабилизации, они подходят чувствительной аппаратуре, плавно регулируют напряжение.

Недостатки этих стабилизаторов, это скорость регулировки, которая в 2 раза ниже, чем у релейных стабилизаторов и они работают только при положительных температурах, движущиеся щётки, при помощи которых осуществляется стабилизация, подвержены физическому износу. Эти стабилизаторы напряжения подходят для следующих целей, для загородных домов с отапливаемыми техническими помещениями, для районов, где проблемы с напряжением – не скачки, а постоянно пониженное или повышенное напряжение. Если планируется подключать осветительное оборудование – прожекторы, люстры и др. Для их нормальной работы важна плавность регулировки напряжения. Для подключения высокочувствительного оборудования. К такому могут относиться как дорогостоящие бытовые приборы, так и медицинское или звуковое оборудование.

Релейные. Эти стабилизаторы регулируют напряжение ступенчато, при помощи системы реле. Обычно бывает от 4 до 9 ступеней. Чем больше ступеней, тем более плавно происходит процесс стабилизации. Устройство релейного стабилизатора составляют реле, плата – «мозг» устройства и вольтодобавочный трансформатор, который добавляет или отключает дополнительные обмотки

катушки, тем самым стабилизируя напряжение. Плата считывает данные, измеряет входной ток и определяет его «нормальность», так рассчитывается величина в вольтах, на которую должно повыситься или понизиться выходной ток. Плата посылает сигнал на вольтодобавочный трансформатор, он подключает необходимое количество обмоток, за действуя реле. Подключение обмоток происходит ступенчато, сначала срабатывает реле на одной обмотке, добавляя определённое количество вольт. Затем, если уровень выходного напряжения еще не соответствует норме, срабатывает другое реле и происходит подключение еще одной обмотки. Преимущество этих стабилизаторов, высокая скорость срабатывания, независимо от того, насколько большой скачок напряжения зафиксирован, широкий диапазон входного напряжения, морозостойкость – релейные стабилизаторы выдерживают морозы до -30°C , более доступные цены по сравнению с другими типами стабилизаторов.

Недостатки этих стабилизаторов, точность стабилизации релейных стабилизаторов обычно ниже, чем у других видов. Погрешность в среднем может составлять от 5 до 10%, ступенчатое переключение реле. Светодиодные лампы и галогенные лампы чувствительно реагируют на переключение реле и могут помаргивать или немного приглушаться в моменты подключения дополнительных обмоток, некоторые пользователи относят к минусам слышимость работы релейных стабилизаторов. При переключении реле раздаются характерные щелчки и чем больше в сети скачков напряжения, тем больше щелчков будет издавать стабилизатор.

Эти стабилизаторы напряжения подходят для следующих целей, релейные стабилизаторы небольших мощностей – прекрасное решение для защиты газовых котлов. Для дач, здесь пригодятся такие плюсы релейного, как морозостойкость и невысокая цена. Для районов, где проблемы с напряжением – не постоянно пониженное или повышенное напряжение, а скачки в сети. Если скачки в сети достигают экстремальных значений и скорость реакции стабилизатора имеет важное значение. Для защиты большинства бытовой техники и другого оборудования, которые не требуют высокой точности выходных показателей сети.

Гибридные. Этот вид стабилизаторов напряжения относительно новый и подразумевает в себе сочетание двух принципов стабилизации напряжения – электромеханического и релейного. Это позволило расширить диапазон входного напряжения и сочетать положительные стороны обоих типов стабилизаторов. В основном диапазоне напряжения (140-260 В) гибридный стабилизатор работает как электромеханический, то есть регулирует напряжение плавно при помощи щёток. Если же напряжение выходит за пределы основных значений, то подключается система реле и моментально реагирует на эти

экстремальные скачки, выводя эти показатели из критических значений. Преимущество этих стабилизаторов, широкий диапазон входного напряжения, плавность работы в основном диапазоне и мгновенная реакция на сильные перепады напряжения, высокая точность стабилизации в основном диапазоне напряжения

Недостатки этих стабилизаторов, возможность эксплуатации только при положительных температурах, повышение погрешности, когда подключается релейный принцип.

Эти стабилизаторы напряжения подходят для следующих целей, для загородных домов с отапливаемыми техническими помещениями, для районов, где в основном наблюдается стабильно низкий или повышенный уровень напряжения, но иногда бывают большие скачки, которые вредят бытовой технике, если планируется подключать осветительное оборудование – прожекторы, люстры и др. Для их нормальной работы важна плавность регулировки напряжения. Для подключения высокочувствительного оборудования. В этих случаях обращайте внимание насколько часто случаются скачки в сети и насколько они велики.

Тиристорные. Эти стабилизаторы работают по той же схеме, что и релейные, с разницей в переключении, которое выполняется тиристорами (симисторами). Работа этих стабилизаторов построена полностью на электронном управлении и регулировании напряжения. Преимущество этих стабилизаторов, высокая точность стабилизации позволяет использовать их даже с самым чувствительным медицинским и лабораторным оборудованием, высокая скорость реакции стабилизирует напряжение практически незаметно для техники, морозостойкость. Стабилизаторы можно устанавливать даже в неотапливаемых помещениях, стабилизаторы работают бесшумно, в них ничего не гудит и не щелкает, так как в тиристорных стабилизаторах нет движущихся деталей, изнашиваться нечему и потому срок их беспроблемной эксплуатации, как и гарантийный срок – дольше, чем у других типов стабилизаторов.

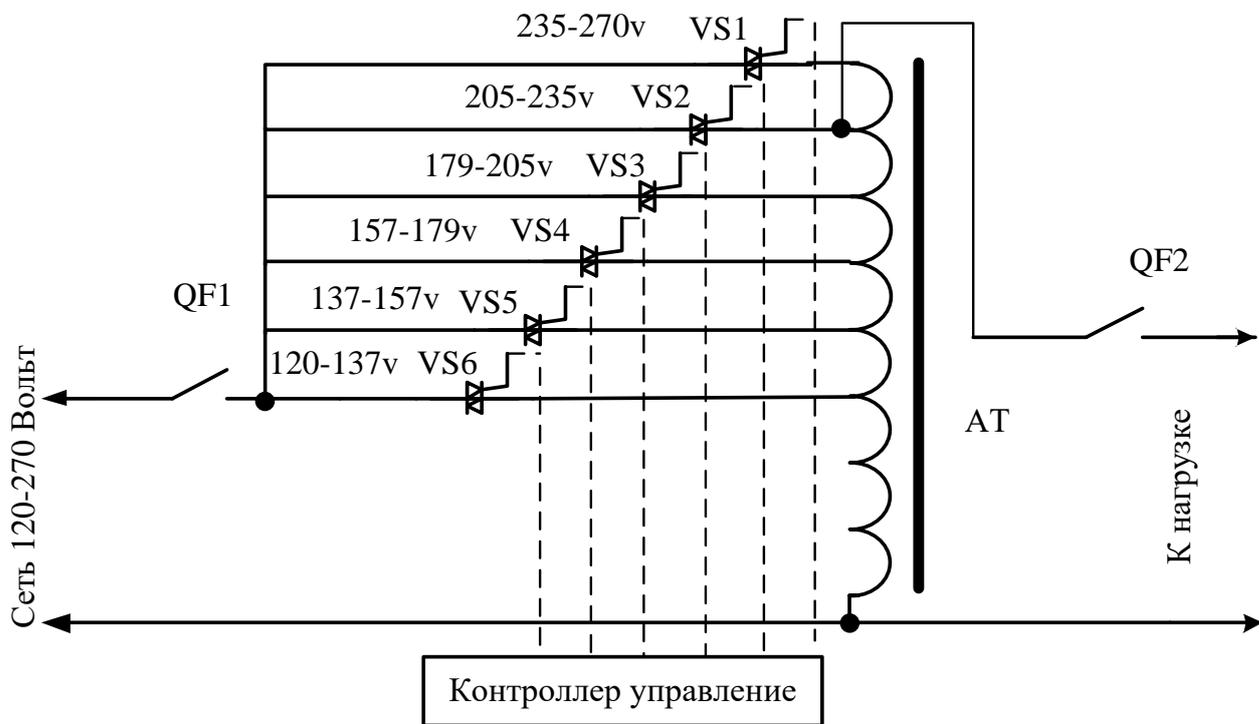
Недостатки этих стабилизаторов, цена на тиристорные стабилизаторы заметно выше, чем на другие их виды, потому конструкция этих стабилизаторов сложнее и для их производства требуются высококачественные дорогостоящие детали.

Эти стабилизаторы напряжения подходят для следующих целей, долгосрочная защита техники в загородных домах и коттеджах, для разных проблем с напряжением – тиристорные стабилизаторы надёжно выровняют как скачки, так и постоянно пониженное/повышенное напряжение. Если планируется подключать чувствительное к качеству напряжения оборудование и дорогостоящую бытовую технику.

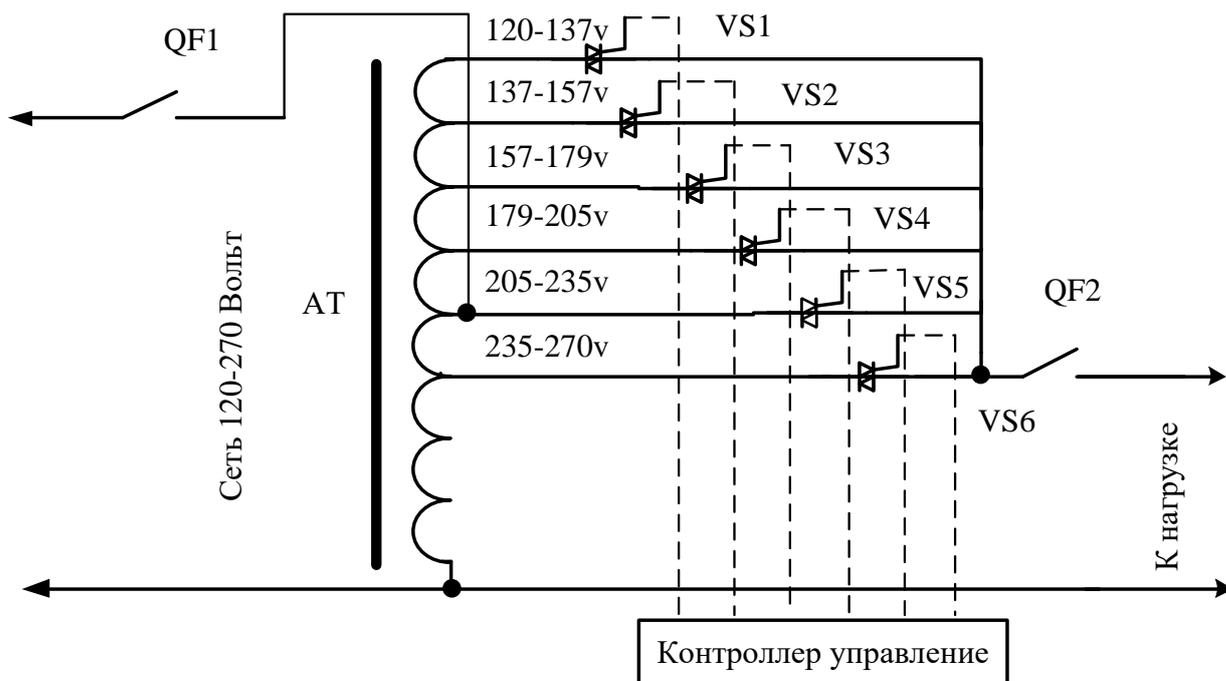
Нами предлагаемый стабилизатор напряжение с микроконтроллерным управлением имеет следующие основные характеристики, входное напряжение стабилизатора, В - 120 ... 270, выходное напряжение стабилизатора, В - 205 ... 235, мощность нагрузки, кВт - 3,0, время переключения (отключения) нагрузки, мс – 10, работоспособность контроллера при напряжении в сети, В - 95 ... 380.

Стабилизатор работает по принципу ступенчатой коррекции напряжения, осуществляемой переключением отводов обмотки автотрансформатора АТ2 с помощью симисторных ключей VS1-VS6 под управлением микроконтроллера (МК), следящего за уровнем напряжения в сети. После включения автомата напряжение сети поступает на трансформатор Т1 и микроконтроллер начинает работать по заданной программе. По способу коммутации отводов автотрансформатора АТ2 различают: 1. Коммутация отводов "по входу", симисторные ключи стоят до автотрансформатора, коммутируя отводы так, чтобы нагрузка, всегда снимаемая с одного отвода (№5 снизу по схеме), находилась в необходимом диапазоне выходного напряжения 205...235 Вольт.

Преимущества, при намотке автотрансформатора не нужно учитывать коэффициент перенапряжения до 380 Вольт ($380/220=1,7$), что сказывается и на габаритах сердечника, и количестве меди, необходимой для намотки. Также возможно применение низковольтных симисторов ВТА40 - 600, так как симисторы при превышении 270 Вольт просто отключают автотрансформатор от сети. Недостатки, ток протекающий через симисторы и первичную обмотку автотрансформатора ограничен на уровне 25 Ампер, и как следствие ток выходной обмотки равен 14,5 Ампер. Выводы, вариант коммутации "по входу" позволяет снять с симистора ВТА40-600 3 кВт полезной мощности. На лицо экономия на меди, сердечнике и симисторах. По нашей оценке в ней больше достоинств, чем недостатков.



2. Коммутация отводов "по выходу". Сетевое напряжение подключается к отводу №2. Симисторные ключи стоят после автотрансформатора, подключая к нагрузке тот отвод, на котором напряжение находится в необходимых пределах 205...235 Вольт.



Преимущества, данный вариант подключения позволяет "снять" с симистора ВТА 40-600 5,5 кВт полезной мощности, что почти в 2 раза больше варианта коммутации "по входу".

Недостатки, недостатком является необходимость применения симисторов, рассчитанных на рабочее напряжение не менее 800 Вольт (в трех верхних по схеме отводах автотрансформатора ВТА40-800), и в 1,7 раза увеличенное число витков обмотки автотрансформатора.

Выводы, для устранения вышеперечисленных недостатков потребуется введение в схему дополнительного мощного симисторного ключа на 80 Ампер (ТС142-80-8) непосредственно перед автотрансформатором, который будет отключать первичную обмотку (отвод №2 снизу по схеме) при выходе напряжения сети за пределы 120...270 Вольт. В аналоговых вариантах это приведет к значительному усложнению схемы контроллера, поэтому предпочтительней схема коммутации "по входу". В микроконтроллерном варианте это можно реализовать, дописав в программе микроконтроллера несколько строк.

Возможно применение дешевых симисторов ВТА41В варианте коммутации "по входу" максимальная мощность в нагрузке составит 1,2 кВт. Все симисторы могут быть ВТА41-600. На выходе автотрансформатора (перед нагрузкой) необходимо поставить автомат QF2 на 6 А, а в качестве QF1 применить автомат на 10 А.

В варианте коммутации "по выходу" максимальная мощность в нагрузке составит 2,2 кВт. В трех верхних по схеме отводах нужно использовать симисторы ВТА41-800. Это необходимо, т.к. напряжения в этих отводах при аварийном напряжении в сети 380 Вольт превысит, либо будет близко к 600 Вольтам. Преимущества, использования микроконтроллеров (AVR), АЦП, при управлении стабилизаторами напряжения микроконтроллерного типа. В современной цифровой технике использования микроконтроллеров получила достаточно широкое применение. Микроконтроллеры AVR изначально имеют возможность генерации сигналов. Ключевой особенностью использования именно этого устройства становится регулировка постоянной составляющей для выходных сигналов при использовании логических элементов системы.

Управление стабилизатором напряжения выполняется также с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Основными характеристиками устройства становится его, точность – абсолютная величина, характеризующая отклонение реальной величины от идеальных показателей, разрешающая способность, позволяющая отличать несколько полученных значений входного сигнала, частота дискретизации – параметр характеризующий быстродействие устройства (определяется исходя из количества выборок, выполняемых за секунду), диапазон входного напряжения (его максимум и минимум). Принцип его работы заключается в подаче на вход аналогового сигнала, получая на выходе цифровой.

Литература

1. Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. Оптоэлектронное бесконтактное реле напряжения // Агентство по интеллектуальной собственности РесУз. Патент на изобретение № IAP 05122. 29.10.2015.
2. Абдураимов Э.Х., Халманов Д.Х. Силовые бесконтактные коммутирующие устройства Международная конференция «INNOVATION–2017» Сборник научных статей. Ташкент, 2017, -С.219-220.
3. Абдураимов Э.Х., Халманов Д.Х. Энергосберегающие бесконтактные коммутирующие устройства. Международная конференция «Проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в отраслях агро-промышленного комплекса» ТИИИиМСХ г. Ташкент 28 ноябрь 2018 г. С-134-138.
4. Каримов И.Ч., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимларида контактсиз ускуналарнинг ишлатилиши // «Техника юлдузлари» журнали (ISSN: 1682-7686). Тошкент, 2017. - №4. – Б.53-56.
5. Бобожанов М.Қ., Расулов А.Н., Каримов Р.Ч., Саттаров Х.А. Электр таъминоти тизимида контактсиз кучланиш стабилизаторларини тадқиқ қилиш // «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» журнали (ISSN: 2181-9211). Тошкент, 2018. - №3(5). – Б.106-109.
6. Каримов Р.Ч., Рўзиназаров М.Р., Паноев А.Т. Электр таъминоти тизимида сифимли филтрли тўғрилагични таҳлил қилиш // «Фан ва технологиялар тараққиёти» илмий-техникавий журнали. Бухоро, 2017. - №1. – Б.22-27.
7. Каримов Р.Ч., Рафиқова Г.Р. Сифимли тўплагичлар энергиясини зарядловчи қурилмаларнинг параметрлари ва иш режимларини танлаш // «Фан ва технологиялар тараққиёти» илмий-техникавий журнали. Бухоро, 2016. - №1. – Б.9-19.
8. Суллийев А.Х., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимида оптоэлектронли контактсиз кучланиш релесини ишлатиш // «ТошТЙМИ ахбороти» журнали (ISSN: 2091-5365). Тошкент, 2018. - №4. – Б.149-154.
9. Абдураимов Э.Х., Халманов Д.Х., Хамидова Н.Э. Высокоэффективные и надёжные бесконтактные коммутирующие устройства. Материалы республиканской научно-технической конф. «Интеграция науки, образования и производства важнейший фактор в реализации инвестиционных проектов» Фил. Рос.Гос Университета Н и Г им. Губкина. Ташкент -2019, С.247-249.
10. Бобожанов М.Қ., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимида оптоэлектронли резистив занжирларни тадқиқ қилиш // «ТошДТУ хабарлари» журнали (ISSN: 1684-789X). Тошкент, 2017. - №4(101). – Б.53-57.
11. Расулов А.Н., Каримов Р.Ч., Абдураимов Э.Х., Рўзиназаров М.Р. Электр таъминоти тизимида транзисторли резистив занжирларни ишлатиш // «ТошДТУ хабарлари» журнали (ISSN: 1684-789X). Тошкент, 2015. - №3(92). – Б.108-113.
12. Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. Использование бесконтактных реле для улучшения качества электроэнергии // Журнал «Вестник ТашГТУ» (ISSN: 1684-789X). Ташкент, 2013. - №3-4. – С.48-51.
13. Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч., Авлакулов Х.П. Ночизикли электр занжирида динамик жараёнларнинг таҳлили // «ТошДТУ

хабарлари» журнали (ISSN: 1684-789X). Тошкент, 2010. - №1-2. – Б.72-75.

14. Усманов Э.Г., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. Нелинейная динамическая цепь с тиристором // Журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2006. - № 2-3. – С.37-41.

15. Кадыров Т.М., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимларида контактсиз реле ва ростловчи ускуналар // «Техника юлдузлари» журнали (ISSN: 1682-7686). Тошкент, 2006. - № 1. –Б.39-41.

16. Абдураимов Э.Х., Расулов А.Н., Каримов Р.Ч., Рўзиназаров М.Р. Электр таъминоти тизимида куч тиристорларини бошқаришида оптоэлектронли резистив занжирларни ишлатиш // «ТошДТУ хабарлари» журнали (ISSN: 1684-789X). Тошкент, 2015. - №2(90). – Б.103-108.

17. Bobojanov M.K., Usmanov E.G., Abduraimov E.H., Karimov R.Ch. Resistive time delay switches // Scientific journal «European Science Review» (ISSN: 2310-5577). Vienna (Austria), 2018, January–February. №1-2. – PP.210-212.

18. Karimov R.Ch., Rasulov A.N., Meliqo'ziyev M.V., Almardonov O., Rafiqov M.Z. Analysis on diode electrical circuits // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. Issue 3, March 2019, - №6, – P.8294-8298.

19. Rasulov A.N., Karimov R.Ch. The Contactless Relay of Tension in System of Power Supply // Scientific journal «Eastern European» (ISSN: 2199-7977). Dusseldorf (Germany), Ausgabe. 2015. - №4. – PP.174-178.

20. Rasulov A.N., Karimov R.Ch. The Contactless Thyristor Device for Inclusion and Shutdown of Condenser Installations in System of Power Supply // Scientific journal «Eastern European» (ISSN: 2199-7977). Dusseldorf (Germany), Ausgabe. 2015. - №4. – PP.179-183.

21. Каримов Р.Ч., Каримов И.Ч. Электр таъминоти тизимларида контактсиз ускуналарнинг ишлатилиши // ТошДТУ “Фан ва техника тараккиётида интеллектуал ёшларнинг ўрни” мавзусида ўтказиладиган Республика илмий-техник анжумани, Тошкент. 2017 йил 17-20 апрель, – Б.272-274.

22. Мухиддинов Ш.С., Абдураимов Э.Х., Каримов Р.Ч. Оптоэлектронные резистивные цепи // Сборнике материалов IV-международной научно-практической конференции «Наука и современное общество: взаимодействие и развитие». Россия, Уфа, 2017. Том 2. – С.72-75.

23. E.Abduraimov, B.Nurmatov, Application of numerical and graphical methods of analysis in nonlinear resistive circuits of electronic devices. E3S Web of Conferences 384, 01052 (2023). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338401052>