

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 0,4 КВ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

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

*Э. Г. Усманов, к. т. н., доцент кафедры «Электроснабжения»,
Ташкентского государственного технического университета
И. М. Мухамадалиев, начальник отдела расчета электрических режимов
ГУП «Национальный диспетчерский центр»*

Аннотация: В статье рассматривается способ улучшения качества электроэнергии до 0,4 кВ бытовой техники за счет регулирования напряжения. В качестве исполнительного устройства используется вольтодобавочный трансформатор с двумя вторичными обмотками, включенными согласно с первичной обмоткой. В качестве чувствительного устройства к изменениям входного напряжения, а также устройства, переключающего вторичные обмотки вольтодобавочного трансформатора, используются быстродействующие бесконтактные реле напряжения.

Ключевые слова: тиристор, конденсатор, транзистор, симистор, микроконтроллер, бесконтактное реле, автотрансформатор.

Annotation: The article discusses a way to improve the quality of electricity up to 0.4 kV of household appliances through voltage regulation. A booster transformer with two secondary windings connected in accordance with the primary winding is used as an actuator. High-speed non-contact voltage relays are used as a sensitive device to changes in input voltage, as well as a device that switches the secondary windings of a booster transformer.

Keywords: thyristor, capacitor, transistor, triac, microcontroller, contactless relay, autotransformer.

Введение

Электроэнергия, как особый вид продукции, обладает определенными характеристиками, которые позволяют судить о ее пригодности для различных производственных процессов.

Совокупность характеристик, при которых приемники электроэнергии способны выполнять заложенные в них функции, объединены общим понятием качество электроэнергии, наряду с надежностью, безопасностью, является одним из обязательных требований, предъявляемых к системам электроснабжения. Качество электроэнергии характеризуется совокупностью свойств и показателей. Обеспечение необходимого качества электрической энергии – это проблема, которая решается, при её генерации, передаче, распределении и потреблении. Основным параметром и показателем качества электрической энергии принято считать напряжение и его качество. Задачей управления качеством электрической энергии является обеспечение технических допустимых значений показателей качества на зажимах электроприемников электрической энергии. Отклонение этих показателей от допустимых значений приводит к нарушению нормальной работы электроприемников, сокращению

срока их службы, возникновению брака продукции, снижению производительности в промышленности, т.е. к различному ущербу. В области управления качеством электрической энергии были получены значительные результаты, соответствующие достигнутому уровню средств измерения показателей качества электрической энергии. Именно средства измерения показателей качества напряжения дали возможность сделать следующий шаг в решении задачи улучшения качества электрической энергии.

Для количественной оценки качества электроэнергии необходима такая система единичных или обобщенных (интегральных) показателей, чтобы качество было измеримым, сравнимым и доступным для контроля и управления.

На электростанциях производят электроэнергию достаточно высокого качества, а ухудшение качества электроэнергии происходит в процессе ее передачи и потребления в результате влияния электрических приемников. Характерные свойства электроэнергии, необходимые для определения требований к системе показателей качества электроэнергии, состоят в следующем:

- при симметрии и синусоидальности трехфазной системы напряжений и значениях напряжения и частоты, равных или близких к номинальным значениям для электрооборудования, требования, сформулированные выше, практически полностью удовлетворяются. Наибольшая народнохозяйственная эффективность может быть достигнута при некоторых отступлениях от указанных условий;

- неблагоприятное влияние на потребителей может проявляться как постоянно, путем накопления необратимых изменений (брак или недоотпуск продукции, старение изоляции и др.), так и скачкообразно (отказы или сбои в работе автоматических устройств, взрывы батарей конденсаторов и др.). Это обстоятельство свидетельствует о необходимости ограничения допустимых значений понижением качества электроэнергии, определяющих указанные отрицательные воздействия;

- электромагнитные и другие характеристики электрических систем и систем электроснабжения потребителей изменяются во времени, как правило, по вероятностным законам, поэтому изменения качества электроэнергии являются случайными величинами.

Одной из причин ухудшения качества электроэнергии являются так называемые «провалы» напряжения, которые наблюдаются при коммутации мощных нагрузок: полупроводниковых преобразователей и т.п. Провалы напряжения приводят не только к ухудшению работы электроприемников на таких предприятиях, но и к полной остановке всего технологического процесса. Например, до 0,4 кВ бытовой техники приводит большому ущербу.

Имеется большое количество работ, посвященных регулированию напряжения при помощи трансформаторов и автотрансформаторов за счет изменения коэффициента трансформации. Однако переключения ответвлений обмоток трансформаторов происходят за счет электромеханических контактов, что уменьшает их быстродействие. Устройства, которые могли бы компенсировать провалы напряжения в питающей сети, должны отвечать

следующим требованиям: быстродействие и чувствительность к изменениям величины напряжения на входе данного устройства.

Исследование бесконтактное устройства. К таким устройствам можно отнести вольтодобавочные трансформаторы с бесконтактным переключением вторичных обмоток. Исполнительным органом, переключающим вторичные обмотки вольтодобавочные трансформаторы, которое отвечает вышеизложенным требованиям является бесконтактное реле напряжения, разработанное на кафедре «Электротехнике» Ташкентского государственного технического университета, схема которого показана на рис. 1.

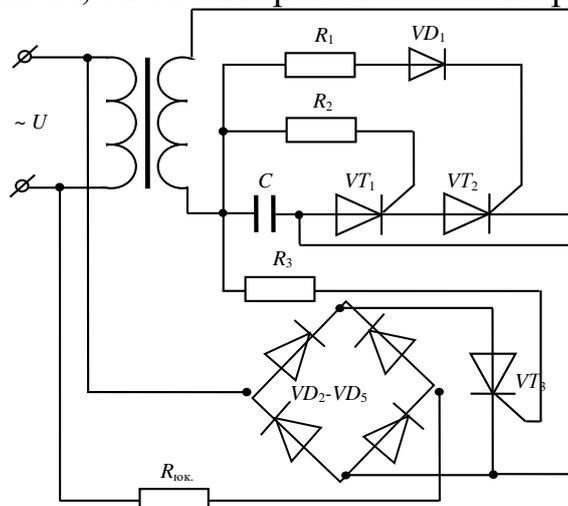


Рис.1. Принципиальная схема бесконтактное тиристорное реле напряжение

Известно что, управляя моментом отпирания тиристора можно влиять на форму кривой тока нагрузки. Если сдвиг фаз φ между началом «положительного» полупериода анодного напряжения и началом протекания прямого тока равен нулю, форма кривой тока нагрузки будет синусоидальной.

В статье исследована схема тиристорного реле напряжения с несинусоидальной формой кривой напряжения на нагрузке. Для многих электроустановок это не является номинальным режимом работы. Чтобы обеспечить синусоидальность формы кривых тока и напряжения на нагрузке необходимо достичь, открытие тиристора при прохождении тока через ноль.

На рис.1 изображена принципиальная электрическая схема бесконтактного реле напряжения с синусоидальным напряжением на нагрузке.

Бесконтактное реле напряжения работает следующим образом. При достижении определенного значения входного напряжения будет достаточным отпиранием сигнал на управляющем электроде тиристора VT_2 , для открытия с углом 90° . После открытия тиристора VT_2 открывается тиристор VT_1 и конденсатор C заряжается до напряжения вторичной обмотки. В этот же момент с обкладок конденсатора C подается импульс управляющего сигнала на силовой тиристор VT_3 , имеющую форму, показанную на рис.2.

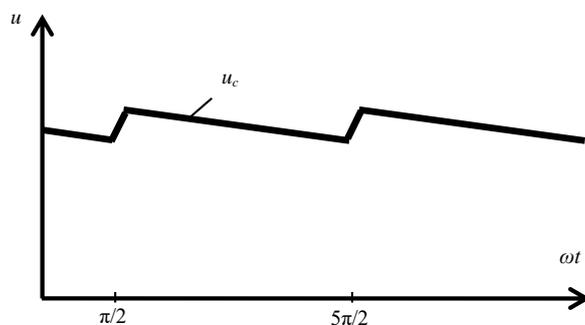


Рис.2. Форма кривой напряжения на емкости

Так как на управляющие электроды тиристора VT_2 подается сигнал постоянного тока, то он остается постоянно открытым, и по нагрузке R_4 будет протекать ток синусоидальной формы. Момент срабатывания тиристор VT_2 регулируется при помощи подбора параметра резистора R_1 .

При испытании использованы в качестве тиристор VT_1, VT_2, VT_3 соответственно тиристоры типа КУ202И, КУ202И, КУ202Р в качестве диодного моста КЦ402Б, в качестве активных сопротивлений R_1, R_2, R_3, R_4 соответственно 5,6 кОм, 160 Ом, 390 Ом, 2,4 кОм, в качестве емкости C конденсатор с емкостью 30 мкФ, в качестве трансформатора использовано однофазный трансформатор с напряжением 220/20 В. Экспериментальные исследования показали, что нагрузка $R_4=2,4$ кОм включалась в сеть при напряжении 200 В.

Нам известно контактная схема включения и отключение обмоток вольтодобавочного трансформатора. Недостатком таких устройств, применение в блоке управления ферромагнитного элемента и электромеханического ключа, увеличение весогабаритных показателей, также сравнительно низкое надежность работы. В бесконтактный устройства который построенной по вольтодобавочной схеме, есть своё преимущество - процесс коммутации осуществляется без прерывания тока через нагрузку во время переключения силовых ключей.

Путём использования бесконтактных реле напряжения собрана система управления вольтодобавочного трансформатора, обеспечивающим номинальное напряжение на нагрузке, при уменьшении напряжения в питающей сети (рис.3).

На рис.3. изображена принципиальная электрическая схема на основе бесконтактного реле напряжения включение и отключение обмотки вольтодобавочного трансформатора. Устройство состоит из двух бесконтактных реле на базе оптотиристорах. При достижении определенного значения входного напряжения срабатывает I-реле и подается сигнал управления на открытие силового тиристора VT_4 , который включает обмотку вольтодобавочного трансформатора в сеть. При дальнейшем увеличении входного напряжения срабатывает II-реле напряжения, шунтируя диодную цепь VU_1 оптопары I-реле, своей тиристорной цепью оптопары. Тем самым, прекращая доступ сигнала управления на силовой тиристор, т.е. достигается отключение силового тиристора, как только ток нагрузки пройдет через ноль.

Рассмотрим схему бесконтактного переключающего устройства (рис.3) на базе бесконтактного реле напряжение. Включение обмотки вольтодобавочного

трансформатора в сеть осуществляется посредством диодного моста VD₃-VD₆, в диагональ диодного моста включен управляемый силовой тиристор VT₄. К управляющему электроду силового тиристора сигналы управления подаются через резистор R₄ с обкладок конденсатора C₁ (I-реле), который в свою очередь подключается к вторичной обмотке маломощного трансформатора через два маломощных управляемых тиристора VT₁, VT₂.

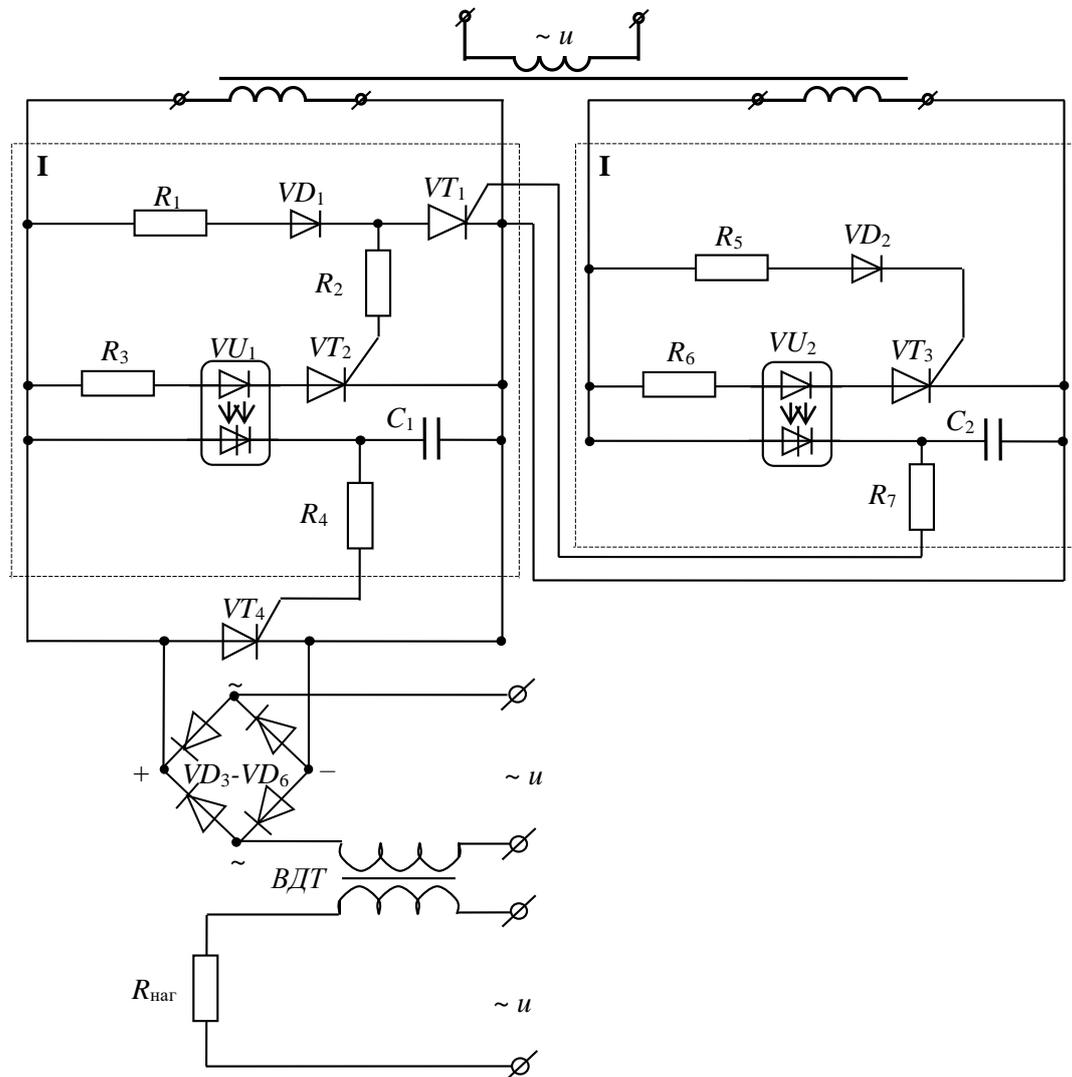


Рис.3. Принципиальная схема бесконтактного устройства для включения-отключения обмоток вольтодобавочного трансформатора

Сигнал управления для тиристора VT₁ подается из вторичной обмотки маломощного трансформатора через последовательно соединенный R₃. Сигнал управления для тиристора VT₂ подается из вторичной обмотки маломощного трансформатора через последовательно соединенный R₁, R₂ и диод VD₂, а также через резистор R₅, так как тиристор VT₃ закрыт. Отключение обмотки вольтодобавочного трансформатора от сети осуществляется за счет действия второго реле напряжения (II), содержащий ограничительный резистор R₄ через которого подается сигнал к управляющему электроду тиристора VT₃. Открытие тиристора VT₃ приведет к отключению сигнала управления тиристора VT₂ (I-реле), тем самым закрывается VT₂ и это приведет к отключению управляющего сигнала

силового тиристора VT_4 . Остальная часть схемы реле (II) выполняется аналогично, как и для реле (I). Переменные резисторы R_2 в обоих реле служат для регулирования уставки срабатывания реле.

Разработанная схема бесконтактного устройства для включения и отключения вольтодобавочного трансформатора имеет улучшение весогабарит-ные показатели и обеспечивает высокой надежности.

Данное бесконтактное тиристорное устройство, испытано в лаборатории кафедры «Электротехнике». При этом использованы в качестве тиристоры VT_1, VT_2, VT_3, VT_4 соответственно тиристоры типа: КУ202Ж, КУ201К, КУ202Н, КУ202Е; в качестве диодов VD_1, VD_2 – Д226Б, в качестве активных сопротивлений $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_{юк}$ соответственно резисторы на 820 Ом, 5,1 кОм, 1,3 кОм, 6,8 кОм, 22 кОм, 24 кОм, 6,8 кОм, 20 кОм, в качестве емкостей C_1 и C_2 – конденсаторы переменного напряжения на 500 В. с емкостью 2 мкФ, в качестве оптопары VU_1 и VU_2 использованы тиристорные оптопары МОП, диодный мост VD_3 - VD_6 - КЦ402В. Экспериментальные исследования показали, что вольто-добавочная обмотка трансформатора 3 включалась в сеть при напряжении 190 В и отключалась при напряжении 220 В.

Экспериментальный анализ бесконтактного реле напряжения.

В научно-исследовательской лаборатории кафедры «Электротехнике» Ташкентской государственной технической университете при помощи осциллографа типа LeCroy WaveRunner 64 Xi-A приведено опыт и получены экспериментальные данные для амплитудного значения напряжения. Осциллограф типа WaveRunner 64 Xi-A 64 MXi-A было разработана ведущей компанией LeCroy США по выпуску цифровых осциллоскоп (<https://www.rlocman.ru/op/tovar.html?di=59773&/WR-64Mxi-A>).

На рис.4 показаны опытным путем полученный осциллограмма изменение напряжений для активной нагрузки с применением в системе управления бесконтактный реле напряжения для коммутации обмоток вольтодобавочного трансформатора.

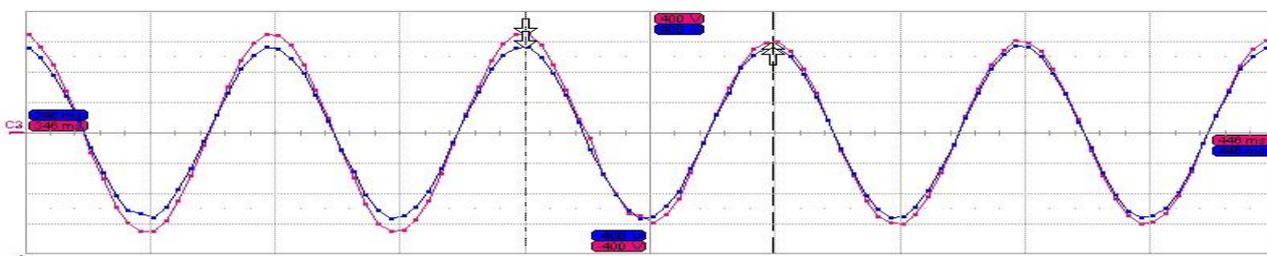


Рис.4. Осциллограмма изменение напряжение «вход-выход» реле напряжения

Заключение

Результаты эксперимента показывает что, бесконтактной реле напряжение в системе управления производить коммутации обмоток вольтодобавочного трансформатора при напряжении управление 18 В за 0,32 секунд.

Таким образом, целью и задачи статья получены результаты исследования:

разработана бесконтактной реле напряжения; с применением в системе управления для коммутации обмоток вольтодобавочного трансформатора предложена схема бесконтактного устройства; применение устройства привело к энергосберегающей технологии, уменьшению потреблению энергоресурсов.

Испытание опытного образца реле напряжения обеспечить отклонение напряжение в допустимых пределах $\pm 5\%$, что приводит к улучшению качество электроэнергии.

На основе анализа разработанного реле напряжения, предложена в системе управления схема устройства для бесконтактной коммутации обмоток вольтодобавочного трансформатора.

Полученные от управления обмоток вольтодобавочного трансформатора, бесконтактной коммутации, энергетические характеристики показывает высокую степень надежности.

Таким образом, при помощи данного устройства можно поддерживать напряжение нагрузки стабильным.

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. Каримов И.Ч., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимларида контактсиз ускуналарнинг ишлатилиши // «Техника юлдузлари» журналы (ISSN: 1682-7686). Тошкент, 2017. - №4. – Б.53-56.

4. Бобожанов М.Қ., Расулов А.Н., Каримов Р.Ч., Саттаров Х.А. Электр таъминоти тизимида контактсиз кучланиш стабилизаторларини тадқиқ қилиш // «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» журналы (ISSN: 2181-9211). Тошкент, 2018. - №3(5). – Б.106-109.

5. Каримов Р.Ч., Рўзиназаров М.Р., Паноев А.Т. Электр таъминоти тизимида сифимли филтрли тўғрилагични таҳлил қилиш // «Фан ва технологиялар тараққиёти» илмий-техникавий журналы. Бухоро, 2017. - №1. – Б.22-27.

6. Каримов Р.Ч., Рафиқова Г.Р. Сифимли тўплағичлар энергиясини зарядловчи курилмаларнинг параметрлари ва иш режимларини танлаш // «Фан ва технологиялар тараққиёти» илмий-техникавий журналы. Бухоро, 2016. - №1. – Б.9-19.

7. Суллийев А.Х., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимида оптоэлектронли контактсиз кучланиш релесини ишлатиш // «ТошТЙМИ ахбороти» журналы (ISSN: 2091-5365). Тошкент, 2018. - №4. – Б.149-154.

8. 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.

9. Бобожанов М.Қ., Каримов Р.Ч. Электр таъминоти тизимида оптоэлектронли резистив занжирларни тадқиқ қилиш // «ТошДТУ хабарлари» журналы (ISSN: 1684-789X). Тошкент, 2017. - №4(101). – Б.53-57.

10. 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.

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. Ночизиқли 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. 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.