

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.100>

Volume 6, Number 334 (2020), 74 – 80

МРНТИ 44.29.31

Н.М. Айтжанов¹, Б. Онгар², П.А. Бисенбаев², Е.С. Байтенов², А. Жанибекұлы²

¹ Институт электроэнергетики и электротехники,

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан;

² Казахская академия трансформации и коммуникаций имени М.Тынышпаева, Алматы, Казахстан.

E-mail: ongar_bulbul@mail.ru

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Аннотация. Энергосберегающий стабилизатор напряжения относится к области электротехники и может быть использован для электропитания электротехнической аппаратуры, приводов, двигателей, осветительных сетей, блоков питания систем связи, автоматики и телемеханики с целью оптимизации работы электрооборудования и энергосбережения. Снижение расхода электроэнергии может быть достигнуто за счет исключения потребления нагрузкой ненужной для нормального режима работы энергии, и за счет снижения величины тока и потерь энергии в питающей сети. Кроме того, увеличится срок службы осветительных и бытовых электроприборов, которые будут работать при нормальном, а не повышенном напряжении. При снижении напряжения и потреблении нагрузкой той же мощности ток в сети увеличивается пропорционально уменьшению напряжения, что вызовет перегрев элементов сети до места установки стабилизатора, срабатывание автоматов, предохранителей и других элементов защиты, т.е. перебой в электроснабжении потребителей. Любой стабилизатор не является источником энергии, и его применение при значительном уменьшении напряжения в сети (дефиците мощности) не дает желаемого результата. К.П.Д. таких стабилизаторов составляет 95-97% , т.е до 5% энергии теряется в регулирующем устройстве, что ограничивает их применение в целях экономии энергии, а также возрастают масса, габариты и стоимость. Предлагаемое устройство основано на применении в качестве регулирующего органа маломощного трансформатора, работающего в режиме автотрансформатора с коэффициентом трансформации, близким к 1. Путем переключения обмотки высокого напряжения трансформатора под нагрузкой без разрыва цепи получают 3 режима работы устройства. Устройства регулирования используются: для снижения расхода электроэнергии до 20% в жилых и общественных зданиях, магазинах, сети наружного освещения; для обеспечения нормального режима работы станков с ЧПУ, технологических линий и т.д. По простоте схемы, окупаемости (около двух лет), надежности работы аналогов не имеет. Уменьшит допускаяемый во всем мире ненужный расход электроэнергии не менее чем на 10% и потери в сетях – до 40%.

Ключевые слова: стабилизатор напряжения, электрические сети, трехфазное и однофазное питание, регулирование напряжения, энергосбережение, синусоида токов сети, коэффициент мощности, ЭСУ-энергосберегающее устройство.

Введение. В последние десятилетия спрос на электроэнергию постоянно растет. Для того чтобы обеспечить поставку необходимого уровня напряжения для всех пользователей на той же инфраструктуре, а также учитывая тот факт, что напряжение постоянно колеблется в пределах $\pm 10\%$ в связи с изменением спроса на сети, многие учреждения получают более высокое напряжение, чем им на самом деле требуется.

Как результат, электросети изначально неэффективны, и что более важно перенапряжения поставляются на объекты по причинам биллинга, что приводит к расходу энергии, отказ оборудования и сокращение срока службы оборудования [1].

Так как все электрическое оборудование предназначено для работы в правовом диапазоне $220 \text{ В} \pm 5\%$, то эксплуатация этого оборудования на повышенном напряжении приводит к потерям электроэнергии.

Предлагаем альтернативное решение проблемы установкой на объект АО «Алель-Агро» энергосберегающего стабилизатора напряжения с функцией энергосбережения для оптимизации поставки электроэнергии и мониторинга сети.

Технический обзор ЭСУ. Качество электроэнергии является одним из ключевых показателей. В зависимости от типов нагрузки в системах и качества, обеспечиваемого поставщиком электроэнергии, пользователи сталкиваются с одной из перечисленных ниже проблем (или их комбинаций):

- гармонические искажения;
- неравномерная загрузка фаз;
- максимальный пусковой ток;
- кратковременное падение напряжения;
- снижение коэффициента мощности.

В зависимости от конкретной системы устранение описанных выше проблем может сэкономить 10–40% энергии в зависимости от степени проявления каждого из негативных факторов.

Энергосберегающее устройство ЭСУ обеспечивает комплексное решение перечисленных выше проблем, одной из которых является корректировка коэффициента мощности, при этом основное внимание уделяется экономии электроэнергии.

Коммутирующий блок выполнен на базе управляющих выходов анализатора, которые через помехоподавляющую схему, состоящую из RC-супрессора и конденсаторных пускателей с группой подавления пусковых токов или контакторов типа двунормально открытых или двунормально закрытых, совершают коммутацию первичной обмотки регулирующего трансформатора.

Размыкающий и замыкающий контакты соединены последовательно, при этом первичная обмотка трансформатора подключена с одной стороны параллельно вторичной первыми одноименными выводами непосредственно, с другой – через второй размыкающий контакт [2-3].

К точке соединения второго вывода первичной обмотки и второго размыкающего контакта подключен второй замыкающий контакт от блока управления, совмещенного с анализатором, параллельно первичной обмотке упомянутого трансформатора включен конденсатор, а параллельно коммутирующим элементам включены RC-цепи.

Параллельно нагрузке включен выходной конденсатор, в него введен силовой двухполюсный автомат с независимым расцепителем, контакты которого включены последовательно в цепь нагрузки на входе и выходе регулирующего узла, между сетью и входом и между нагрузкой и выходом упомянутого узла.

Дополнительный узел защиты с дистанционным управлением, подключенный входом к точке соединения первого силового контакта со входом регулирующего узла, выходом к нейтральному проводу сети.

Второй и третий контакты трехполюсного автомата защиты упомянутого дополнительного узла подключены между нейтральным проводом и точкой соединения упомянутого второго замыкающего контакта с конденсатором первой RC-цепи и между выходным выводом первичной обмотки трансформатора и точкой соединения вторых замыкающего и размыкающего контактов коммутирующего блока.

Энергосберегающий эффект устройства основан на принципе независимого пофазного регулирования напряжения в сети, что позволяет добиться экономии до 40% электроэнергии по сравнению с аналогами и получить КПД устройства не менее 99,7%. При этом потери активной мощности на стабилизаторе напряжения в 15 раз меньше по сравнению с аналогами, а срок службы составляет 20-25 лет [4].

Энергосберегающее устройство предназначено для использования на гражданских и промышленных объектах в сетях 0,4 кВ.

Для контроля и регистрации параметров электросети и режимов работы устройства предусмотрена возможность дистанционного управления и резервирования, а также использования средств связи, как, например, сотовый модем 3G. Подключение и передача данных осуществляется по протоколу TCP/IP и интерфейсу Ethernet.

Схема подключения ЭСУ.

ЭСУ подключается последовательно в сеть после счетчика электрической энергии (рис. 1). Монтаж выполняется квалифицированным персоналом с группой по электробезопасности не ниже третьей.

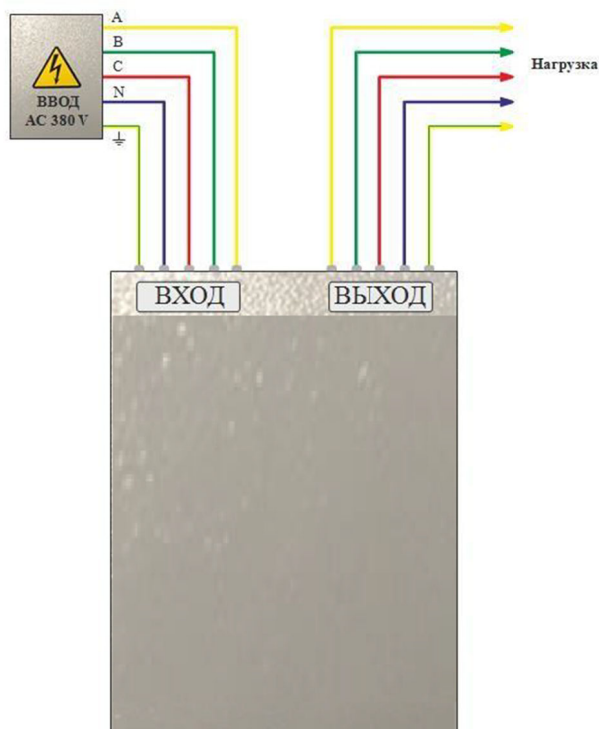


Рисунок 1 – Схема подключения ЭСУ

Отличия энергосберегающего устройства ЭСУ от подобных / похожих устройств

- Реальная экономия электроэнергии до 25%.
- Бесплатная дополнительная электрическая мощность.
- Функция стабилизации напряжения.
- Продление срока эксплуатации электроприборов в 1,5 - 2,5 раза.
- КПД=99,7% против макс 96% у стабилизаторов. Коэффициент передачи мощности сети в нагрузку электромагнитным путем составляет 1:18, у стабилизаторов он равен 1:2.
- Потребляемая мощность ЭСУ от фактической мощности нагрузки не превышает 0,4%.
- Конструкция проста и надежна, без сложных коммутационных элементов, что является гарантом долгой эксплуатации.
- Устройство снабжено системой «Байпас».
- Процесс регулирования происходит без разрыва цепи и искажения синусоиды напряжения.
- Мощность нагрузки может колебаться от 0 до 100%, что не сказывается на качестве регулирования.
- Массогабаритные показатели ниже в 2- 2,5 раза, а также стоимость и срок окупаемости оборудования.

Параметры экономии электроэнергии с помощью ЭСУ в АО «Алель-Агро»

На объекте были установлены энергосберегающий стабилизатор «ЭСУ» и УКРМ (автоматическая конденсаторная установка) на 25 кВАр в компрессорном цеху [5].

В компрессорном цеху установлен компрессор Z40-154Y фирмы Frascold со следующими электротехническими характеристиками:

- максимальная мощность кВт- 37,9 кВт;
- максимальный рабочий ток А-77,9 А;

- объемная производительность м3/час-154,4;
- коэффициент мощности $\cos\phi$ - 0,75;
- трехфазное напряжение питания-380-420В.

На щит управления в компрессорном цеху АО «Алель Агро» был установлен анализатор качества электрической энергий «Circutor ARI-5» номер поверки-ВА-04-01-08929 на период 4 часа с 12:39 до 16:39 26.08.19г.

Параметры электрической сети до и после установки стабилизатора ЭСУ и УКРМ 25 кВАр»

Таблица 1 – Параметры электрической сети до установки стабилизатора ЭСУ и УКРМ 25 кВАр»

Date 26.08.2019 12:39:59		Period: 04:00:00			
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase III	
Voltage [V]	227	228	224	226	~
Current [A]	31.918	28.942	27.983	29.614	~
Apparent Power [VA]	7245.386 ~	6598.776 ~	6268.192 ~	20173	
Power [W]	5473	4610	4672	14755	
Reactive P. L [var]	4801	4777	4227	13805	
Reactive P. C [var]	0	0	0	0	
Power factor	0.75	0.69	0.74	0.73	
Frequency [Hz]					50.0

Таблица 2 – Параметры электрической сети после установки стабилизатора ЭСУ и УКРМ 25 кВАр»

Date 26.08.2019 18:47:08		Period: 04:00:00			
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase III	
Voltage [V]	223	224	220	222	~
Current [A]	20.290	18.020	18.083	18.798	~
Apparent Power [VA]	4124.670 ~	3736.480 ~	3686.000 ~	11547	
Power [W]	4102	3696	3686	11484	
Reactive P. L [var]	411	464	129	1004	
Reactive P. C [var]	0	0	0	0	
Power factor	0.99	0.98	1.00	0.99	
Frequency [Hz]					50.0

Таблица 3 – Результаты установки ЭСУ на 80А и УКРМ 25 кВАр на компрессоре Z40-154У фирмы Frascold

Параметры	ЭСУ и СЭБ Energy-S выключен	ЭСУ и СЭБ Energy-S включен
Напряжение, В	226	222
Ток, А	29,614	18,798
Кэф. мощности, $\cos\phi$	0,73	0,99
Макс ток, А	33,462	22,308
Активная мощность, квт.	14,755	11,484
ИТОГО	ОБЩАЯ ЭКОНОМИЯ КВТ.Ч СОСТАВИЛО 22,1%	
Срок окупаемости	1,2 года	

Выводы. Основным принципом работы прибора ЭСУ является приведение уровня питающего напряжения к оптимально низкому (допустимому по ГОСТ) значению. Эффект применения тем больше, чем значительнее отличие питающего напряжения от минимально допустимого напряжения - 209 В. Важнейшее значение имеет характер нагрузки, которая, по сути дела, делится на две основные группы:

1. Освещение и смешанная (бытовая) нагрузка: бытовые эл. приборы, компьютеры, однофазные эл. двигатели и т.п. – это офисные здания, магазины, больницы, школы, вокзалы, физкультурно-оздоровительные комплексы и т.п. (9% – 21% эффект экономии).

2. Асинхронные электродвигатели (насосные, компрессорные станции, крупные вент. Системы). На такой нагрузке можно снижать питающее напряжение только в том случае, если уровень

загрузки двигателей по мощности составит менее 50%-55% (зависит от его ном. $\cos \phi$), здесь снижение напряжения приведёт к снижению общего тока в двигателе, и к экономии порядка 4%-18%.

Если же уровень загрузки асинхронных двигателей будет более 70%-75% эффекта либо вообще не будет, либо он будет обратный (рост тока в роторе, нагрев, потери), хотя формально все параметры в ГОСТе.

Следует заметить, что, как правило, усреднённый уровень загрузки не превышает 65%, но в каждом отдельном случае необходимо проводить замеры, сопоставляя номинальный паспортный ток с реально протекающим. Вышеизложенные рассуждения позволяют сделать следующие выводы:

а) Объекты с освещением и смешанной нагрузкой (п.1) дают максимальный эффект, если питающее напряжение на них составляет 226В - 240В. Это позволит нам регулировать напряжение на 12В - 16В, получать эффект в 10% - 20%. Малые регулировки напряжения 215В-221В дадут и эффект в 5%-7%.

б) Объекты с асинхронными двигателями прежде всего надо оборудовать устройствами компенсации реактивной мощности и желательно индивидуальной компенсации.

в) Объекты, на которых есть и то, и другое можно оценить, интегрируя методики пунктов А и Б.

Например, если в структуре присутствуют 75% активной нагрузки, а двигатели составляют 25%, сетевое напряжение – порядка 225В-231В, то все предложенные мероприятия, скорее всего, приведут к экономии в 10% - 15%.

г) Надо также помнить, что ЭСУ применяется и для стабилизации напряжения сети, которая при пониженном напряжении (меньше 207В) не даёт экономии по расходу эл. энергии, но благотворно влияет на технологический процесс.

д) Надо понимать, что окупаемость прибора напрямую зависит от его мощности и от времени его использования, например, в течение года. Чем выше мощность ЭСУ, тем меньше его удельная стоимость на 1кВт. Объекты с приборами от 80 -100 кВт и более, с продолжительностью работы 12 ч и более 365 дней в год и тарифом от 20 тенге окупаются примерно за 1- 3 года.

е) Замеры производятся в планируемых местах установки ЭСУ анализатором качества сети. На длинных линиях необходимо измерять параметры и в начале, и в конце линии (выборочно вольтметром), дабы не снизить напряжение ниже допустимого.

ж) Фидера, питаемые от одного источника (трансформатора), можно консолидировано пропускать через один ЭСУ, если учёт на них общий и это целесообразно с экономической точки зрения.

Н.М. Айтжанов¹, Б. Онгар², П. Бисенбаев², Е.С. Байтенов², А. Жанибекұлы²

¹Алматы энергетика және байланыс университеті,

Электроэнергетика және электротехника институты, Алматы, Қазақстан;

²М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан

ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫН ЖЕЛІСІНДЕГІ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ

Аннотация. Энергияны үнемдейтін кернеу тұрақтандырғышы электротехника саласына жатады және электр жабдықтарының жұмысын оңтайландыру және электр қуатын үнемдеу мақсатында электр жабдығы, жетек, қозғалтқыш, жарықтандыру желісі, байланыс жүйелерінің қуат көзін, автоматика мен телематиканы электрмен жабдықтауда қолдануға болады. Энергия шығынын азайтуға энергияның қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетсіз жүктемені тұтынуды жою және жеткізу желісіндегі ток пен энергия шығынын азайту арқылы қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, жарықтандыру және тұрмыстық электр құрылғыларының қызмет ету мерзімі артады, олар қалыпты және кернеу орташа жұмыс істейді. Кернеу төмендегенде және жүктеме бірдей қуат тұтынғанда желідегі ток кернеудің төмендеуіне пропорционалды түрде өседі әрі бұл тұрақтандырғыш орнатылған жерге, желілік элементтердің қызып кетуіне, автоматты құрылғы, сақтандырғыш және басқа қорғаныс элементтерінің жұмысына ықпал етеді, яғни тұтынушыларды электрмен жабдықтаудағы үзіліс болып есептеледі. Кез-келген тұрақтандырғыш энергия көзі болып саналмайды және оны желідегі кернеудің айтарлықтай төмендеуі арқылы пайдалану (қуат тапшылығы) қажетті нәтиже бермейді. ПӘК осындай

тұрақтандырғыштардың 95-97% құрайды, яғни 5%-ке дейін энергияны реттеуші құрылғыда жоғалтады, бұл энергияны үнемдеу, сондай-ақ салмағын, мөлшері мен құнын арттыру мақсатында оларды пайдалануды шектейді. Ұсынылған қондырғы трансформация коэффициенті 1-ге жақын автотрансформатор режимінде жұмыс істейтін төмен қуатты трансформатордың реттегіш органы ретінде пайдалануға негізделген. Трансформатордың жоғары вольтты орамасын жүктеме кезінде контурды бұзбай ауыстыру арқылы құрылғының 3 жұмыс режимі алынады. Басқару құрылғылары келесідей қолданылады: тұрғын және қоғамдық ғимарат, дүкен, сыртқы жарықтандыру желілерінде электр энергиясын тұтынуды 20% дейін азайту; сандық бағдарламаны басқарушы машиналары мен технологиялық желілердің, т.б. қалыпты жұмысын қамтамасыз ету. Оның схеманың қарапайымдылығы, өзін-өзі ақтау (екі жылға жуық) және пайдалану сенімділігі бойынша баламалары кездеспейді. Бұл бүкіл әлемде рұқсат етілмеген энергияны тұтынуды кем дегенде 10%-ға және желі шығынын 40%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Сонымен, номиналды кернеудің жоғарылауы барысында ысырап болатын қуат пен электр энергиясы азайып, пайдалану шығыны төмендейді, сым қимасы мен желі құрылысына металл шығыны азаяды, желілер бойынша берілетін шекті қуат артады, болашақта желінің дамуы жеңілдетіледі, бірақ желі құрылысына капиталдық салым артады. Электр энергиясы мен қуат шығынының артуы үлкен эксплуатациялық шығынға ұшыратады, сонымен қатар өткізу қабілеті әлсіз. Осыған байланысты оны жобалау кезінде желінің номиналды кернеуін дұрыс таңдаудың маңыздылығы айқын болады. Экономикалық мақсатқа сай номиналды кернеу жүктеме қуаты, корек көзінен қашықтыққа, олардың бір-біріне қатысты орналасуы, электр желісінің таңдалған конфигурациясы, кернеуді реттеу тәсілдері сынды бірқатар факторларға тәуелді. Сым мен кабель қимасын қажет ететін қыздыру шарттары бойынша таңдау электр желілерінің сенімді жұмыс атқаруы үшін аса маңызды міндет болып саналады. Өнеркәсіп электр желілеріндегі есептеу нәтижелері – модельдеу және энергия үнемдеу.

Түйін сөздер: кернеу тұрақтандырғышы, электр желілері, үшфазалы және бірфазалы электрмен жабдықтау, кернеу реттеу, энергия үнемдеу, синусомдық желілер, қуат коэффициенті, энергия үнемдейтін құрылғы.

N.M. Aitzhanov¹, B. Ongar², P.A. Bissenbaev², E.S. Baitenov², A. Zhanibekuly²

¹ Institute of electric power and electrical engineering,

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan;

² Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspayev, Almaty, Kazakhstan

ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND POSSIBILITY OF USE IN THE NETWORKS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES VOLTAGE STABILIZER WITH ENERGY SAVING FUNCTION

Abstract. The energy-saving voltage stabilizer belongs to the field of electrical engineering and can be used to supply power to electrical equipment, drives, motors, lighting networks, power supplies for communication systems, automation and telematics in order to optimize the operation of electrical equipment and energy saving. Reducing power consumption can be achieved by eliminating the consumption of the load unnecessary for normal operation of energy, and by reducing the amount of current and energy losses in the supply network. In addition, the service life of lighting and household electrical appliances will increase, which will operate at normal and not increased voltage. When the voltage decreases and the load consumes the same power, the current in the network increases in proportion to the decrease in voltage, which will cause overheating of the network elements to the place where the stabilizer is installed, the operation of automatic devices, fuses and other protection elements, i.e. interruption in power supply to consumers. Any stabilizer is not a source of energy, and its use with a significant decrease in the voltage in the network (power shortage) does not give the desired result. ECE of such stabilizers is 95-97%, that is, up to 5% of energy is lost in the regulating device, which limits their use in order to save energy, as well as increase the weight, dimensions and cost. The proposed device is based on the use as a regulating body of a low-power transformer operating in the autotransformer mode with a transformation ratio close to 1. By switching the high-voltage winding of the transformer under load without breaking the circuit, 3 operating modes of the device are obtained. Control devices are used: to reduce electricity consumption by up to 20% in residential and public buildings, shops, outdoor lighting networks; to ensure the normal operation of numerically controlled machines, technological lines, etc. It has no analogs in terms of simplicity of the scheme, payback (about two years), and reliability of operation. It will reduce the unnecessary energy consumption allowed worldwide by at least 10% and network losses by up to 40%.

Thus, an increase in the rated voltage reduces power and electricity losses, reduces operating costs, reduces the cross-section of wires and metal structures, increases the maximum network capacity, contributes to the further development of the network, but increases capital investments in network construction. The increase in electricity and power consumption leads to high operating costs as well as low bandwidth. In this regard, when designing it, it is

important to choose the correct rated voltage. The nominal voltage for economic purposes depends on a number of factors: load capacity, distance from power sources, their relative position, the chosen configuration of the power grid, methods of voltage regulation. The selection of the cross-section of wires and cables for the permissible heating conditions is a very important task for the reliable operation of electrical networks. Calculation results of modeling industrial electrical networks and energy saving.

Key words: voltage stabilizer, electrical networks, three-phase and single-phase power supply, voltage regulation, energy saving, sinusoidal network currents, power factor, ESD-energy-saving device.

Information about authors:

Aitzhanov Nurgali, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Department Almaty, Kazakhstan; nurgali53@mail.ru; <https://orchid.org/0000-0001-7482-4828>;

Ongar Bulbul, Doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; ongar_bulbul@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8333-8343>;

Bissenbaeyev Parassat, master student, Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; parasatbisenbaev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8121-004X>;

Baitenov Erkinbek, master student, Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; erkinbek.baytenov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7460-3539>;

Zhanibekuly Ayan, master student, Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; zh_ayan@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8547-2968>

REFERENCES

[1] Inventor Andre Smit Current Assignee Siemens Industry Inc. Method and system for programming and implementing automated fault isolation and restoration using sequential logic. 13 апрель, 2011 г.

[2] Neal George Stewart Wing Ling Cheng Current Assignee Edge Electrons Ltd. Energy saving high frequency series buck AC voltage regulator system. 2014

[3] Guy J. Lestician. Power pod controller system. August 23, 2000

[4] Simon James REDFORD (GB) Simon James REDFORD Lee JUBIE (GB) Lee JUBIE James William DERBY (GB) James William DERBY Stephen James MANGAN (GB) Stephen James MANGAN. Voltage stabilization device. August 10, 2005

[5] Igor Viktorovich Fomin, Valentin Mikhailovich Shevtsov. Method of protection of a switching voltage regulator. 1986 SU.