

УДК 621.311.6

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ВЫБОР СПОСОБА СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕНЗОГЕНЕРАТОРА ПРИ ПИТАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Кирьяков Олег Владilenovich
к.т.н., доцент, доцент кафедры
«Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»
SPIN-код 9440-0579, ORCID – 0009-0002-4084-2854
тел. 8(910) 644-79-94
E-mail: olegkir1971@gmail.com
Рязанский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Рязань, Российская Федерация

Юдаев Юрий Алексеевич
д.т.н., доцент, профессор кафедры
«Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт», тел. 8(920) 632- 77-71
E-mail: yu.yudaev@mail.ru
Рязанский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Рязань, Российская Федерация

Трунина Ольга Евгеньевна
к.ф.-м.н., доцент кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»
тел. 8(910) 507-60-76
E-mail: oet@yandex.ru
Рязанский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Рязань, Российская Федерация

В настоящее время мобильные бригады выезжающие на ремонт оборудования в полевых условиях укомплектованы большим количеством технических средств, требующих питания 220-230В. Для этого, как правило, используют мобильные малогабаритные электробензогенераторы, одно из требований к которым – возможность переноски членами мобильной бригады. Сложность стабилизации напряжения в этом случае обусловлена отсутствием запаса мощности у электробензогенератора, и большой номенклатурой технических средств, одновременно подключаемых к нему. Применение серийно выпускаемых стабилизаторов напряжения затруднительно, из-за их габаритов, и так же, при их применении, не сглаживаются колебания нагрузки на

UDC 621.311.6

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

CHOOSING A METHOD FOR STABILIZING THE VOLTAGE OF AN ELECTRIC GASOLINE GENERATOR WHEN POWERING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT IN THE FIELD

Kiryakov Oleg Vladilenovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Power Engineering and Automobile Transport
RSCI SPIN-code 9440-0579, ORCID – 0009-0002-4084-2854
tel. 8(910) 644-79-94
E-mail: olegkir1971@gmail.com
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russian Federation

Yudaev Yuri Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Power Engineering and Automobile Transport
tel. 8(920) 632-77-71, E-mail: yu.yudaev@mail.ru
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russian Federation

Olga Evgenievna Trunina
Cand.Phys.-Math.Sci., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Power Engineering and Automobile Transport
tel. 8(910) 507-60-76, E-mail: oet@yandex.ru
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russian Federation

Currently, mobile teams traveling to repair equipment in the field are equipped with a large number of technical equipment requiring 220-230 V power supply. For this purpose, as a rule, small-sized mobile electric gasoline generators are used, one of the requirements for which is the ability to be carried by members of the mobile brigade. The difficulty of voltage stabilization in this case is due to the lack of power reserve in the electric gasoline generator, and a large range of technical means simultaneously connected to it. The use of commercially available voltage stabilizers is difficult due to their size, and also, when they are used, fluctuations in the load on the electric gasoline generator are not smoothed out. To stabilize the power consumption, and therefore the voltage and frequency of the generator, a device has been developed through which the entire load is connected to the generator. The stabilization device

электробензогенератор. Для стабилизации потребляемой мощности, а следовательно, и напряжения и частоты генератора, разработано устройство, через розетки на котором подключаются вся нагрузка к генератору. В состав устройства стабилизации входит автоматический коммутатор активной нагрузки и блок выбора мощности нагрузки для каждого из подключаемых устройств. Мощность при этом выбирается равной мощности потребляемой каждым из технических средств. При включении в работу соответствующего технического средства автоматический коммутатор отключает равную ему нагрузку, и таким образом минимизируются колебания потребляемой от электробензогенератора мощности и стабилизируется как частота, так и напряжение на его выходе. Приводятся осциллограммы показывающие колебания напряжения на выходе электробензогенератора при подключении электродвигателя и активной нагрузки

includes an automatic active load switch and a power selection unit. The power is selected to be equal to the power consumed by each of the technical means. When the appropriate technical means are switched on, the automatic switch turns off the load equal to it, and thus fluctuations in the power consumed from the electric gasoline generator are minimized and both the frequency and the voltage at its output are stabilized. Oscillograms showing voltage fluctuations at the output of an electric gasoline generator when an electric motor and an active load are connected are given

Ключевые слов: ЭЛЕКТРОБЕНЗОГЕНЕРАТОР, СТАБИЛИЗАЦИЯ, МОБИЛЬНЫЙ, КАЧЕСТВО ПИТАНИЯ, АВТОБАЛЛАСТНАЯ НАГРУЗКА

Keywords: ELECTRIC GASOLINE GENERATOR, STABILIZATION, MOBILE, POWER QUALITY, BALLAST LOAD

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-210-055>

В настоящее время для проведения ремонтных мероприятий и диагностики технологического оборудования в полевых условиях применяется значительная номенклатура оборудования, требующего питание от сети 220 - 230 В переменного тока. Известно большое количество способов дополнительной стабилизации напряжения переносных электробензогенераторов со стабилизацией напряжения на основе центробежного регулятора. При выборе применимого для данного случая метода необходимо учитывать следующее:

1. Для комплектования мобильных бригад необходимо применять по возможности серийно выпускаемое оборудование, для облегчения проведения ТО (технического обслуживания), ремонта его, и в случае поломки возможности оперативной замены на аналогичное оборудование.
2. Оборудование выбирается минимального веса и габаритов, как для снижения требований к транспортным средствам, применяемым для

доставки оборудования и мобильной бригады к месту проведения ремонта, так и для возможности переноски оборудования в руках силами членов мобильной бригады, в условиях разрушенных или отсутствующих дорог, поэтому выбор электробензогенератора с большим запасом мощности недопустим.

3. Для ремонтных мероприятий и диагностики вышедшего из строя оборудования применяют специальные технические средства переносного исполнения, рассчитанные на более низкое качество параметров питающей сети, таких как величина и стабильность выходного напряжения, частоты электрического тока [1]. При стационарном использовании оборудования к электрическому питанию применяются более высокими требованиями к качеству напряжения питающей сети [2, 3].

Электроснабжение комплекса оборудования непосредственно от бензогенератора чаще всего не обеспечивает стабильную работу при питании от одного источника. Изменения потребляемой мощности, например, при подключении сварочных аппаратов, приводят к колебаниям напряжения на выходе электробензогенератора и частоты. Во многих случаях это отражается на стабильности работы питаемых приборов [1, 4, 5].

Устройство стабилизации напряжения необходимо разрабатывать в виде отдельного блока, который подключается к бензогенератору без изменения алгоритма работы подключаемого оборудования.

Способы создания блоков дополнительной стабилизации напряжения в малой энергетике можно разделить на 2 вида - с накопителями энергии и без них. Стабилизаторы с накопителями энергии (в качестве накопителей используются аккумуляторы) имеют достаточно большие массогабаритные параметры, поэтому они плохо пригодны для мобильного применения.

Из литературы [6] известно достаточно много способов стабилизации напряжения от малогабаритных электростанций, разработанных как правило для маломощных гидроэлектростанций. В этих способах обычно рассматриваются проблемы стабилизации напряжения и частоты отдельно.

При эксплуатации малых гидростанций большой проблемой является стабилизация частоты выходного напряжения, которой уделяют особое внимание. Применяя автобалластную нагрузку можно управлять отклонением частоты генерируемого напряжения от номинального значения. При использовании электробензогенераторов – частота выходного напряжения стабилизируется центробежным регулятором и значительно отклоняется от номинального значения только на время переходного процесса.

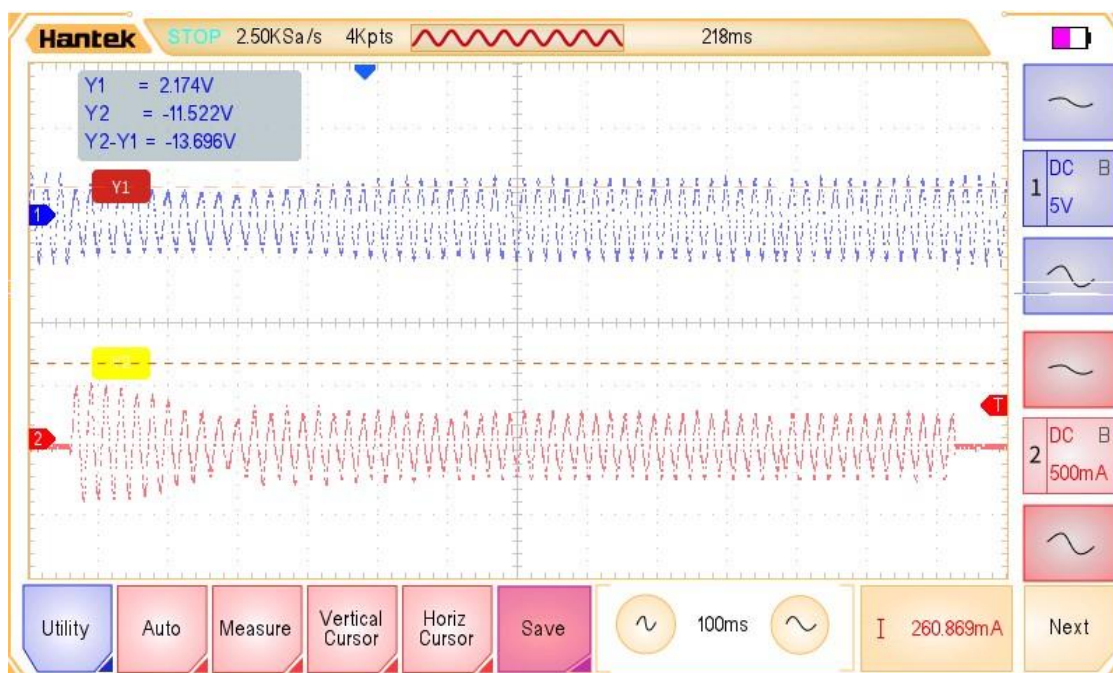
Существует достаточно большое количество выпускаемых промышленностью стабилизаторов напряжения предназначенных для работы с электробензогенераторами, в основном двух типов – содержащие в своем составе автотрансформатор и устройство коммутации его обмоток, и инверторные стабилизаторы. Недостаток первых – это невозможность стабилизации частоты напряжения, недостаток вторых – как правило выходное напряжение представляет собой аппроксимированную синусоиду. Общий недостаток обоих способов стабилизации напряжения – это в первую очередь массогабаритные показатели стабилизаторов, и так же применение подобных стабилизаторов не компенсирует провал в генерируемой мощности электробензогенератора при подключении нагрузки вызванного низким быстродействием системы механической стабилизации оборотов двигателя. При подключении нагрузки близкой к максимальной подобные стабилизаторы могут только усугубить проблему нехватки мощности при переходном режиме.

Для определения особенностей стабилизации напряжения электробензогенераторов, были сняты осциллограммы с выхода малогабаритного электробензогенератора мощностью 1,5 кВт. Подобные генераторы удобно применять для комплектации мобильных бригад, так как они предназначены для переноски одним человеком.

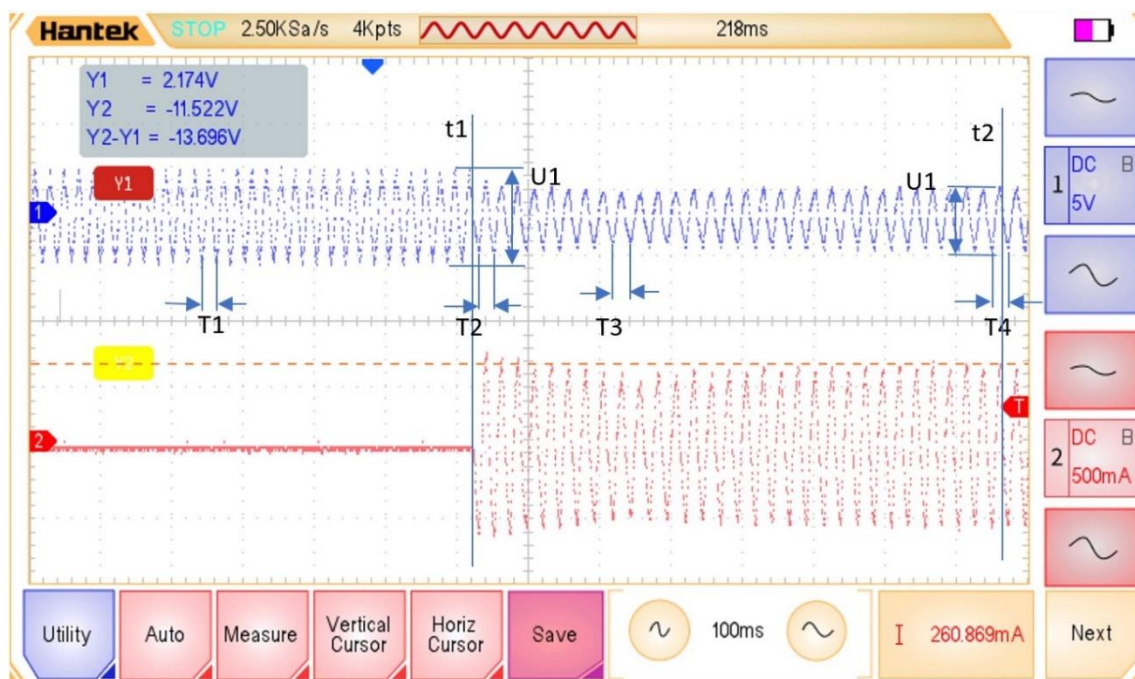
На рисунке 1 приведены осциллограммы переходного режима работы генератора Вепрь АБП 1,5-230 номинальная мощность 1,5 кВт и напряжением на выходе 230 В. На вход 1 осциллографа подано напряжение с выхода генератора с использованием делителя 1:100, на вход 2 - напряжение с токовых клещей с делителем 1:10. Кратковременное снижение частоты достигает 39% в моменты времени Т1 и Т3. Установившаяся частота снижена на 16% в моменты времени Т1 и Т4. Установившееся напряжение снижено на 34% относительно номинального в моменты времени Т1 и Т4. Время стабилизации частоты – 0,5 с. При подключении нагрузки при которой потребляемая ею мощность превышает выходную мощность бензогенератора, частота напряжения стабилизируется в течении нескольких секунд и генератор продолжает стабильно работать но с пониженным напряжением. Частота на выходе снижается как из-за падения оборотов двигателя в следствии нехватки мощности и астатизма центробежного регулятора.

Согласно [2] напряжение питания нормируется установившимися характеристиками напряжения:

- отклонение частоты $\pm 5\%$ в течении одного периода в изолированных системах и $0,4\%$ в синхронизированных системах;
- медленные изменения напряжения за 10 минут;
- колебания напряжения и фликер (менее 1 минуты);
- несинусоидальность напряжения.



a



б

Рисунок 1 – Осциллограммы работы генератора Вепрь АБП 1,5-230
a - в момент включения дренажного насоса мощностью 750 Вт; *б* - в момент подключения нагрузки мощностью 2,5 кВт.

Применяемый в электробензогенераторах центробежный регулятор оборотов имеет возможность подстройки, и поэтому при применении

стабилизации за счет коммутируемой нагрузки, имеется возможность отрегулировать частоту напряжения под номинальной нагрузкой. При работе разработанного устройства стабилизации частота поддерживается на уровне 50 Гц, что трудно достижимо при других способах стабилизации. При применении генератора для питания одного устройства возможности сбоя, из-за низкого качества питающего напряжения, возможно только в момент включения оборудования. После окончания переходного процесса в системе стабилизации электробензогенератора, напряжение стабилизируется. В случае, если генератор используется для питания нескольких потребителей, изменение качества напряжения, вызванное подключением части оборудования во время рабочего цикла другого комплекса оборудования, может вызвать критичный сбой в работе.

В малых гидроэлектростанциях часто применяется балластная нагрузка с фазовым управлением. У данного способа стабилизации много достоинств, главное из которых – возможно плавно регулировать балластную нагрузку практически от 0 и до максимальной мощности. Основной недостаток подобного управления заключается в снижении качества электроэнергии за счет появления высших гармоник в генерируемом напряжении, что недопустимо для большого класса оборудования используемого для тестирования технических средств.

Для решения этой проблемы предлагается использовать для стабилизации напряжения автоматически отключаемую регулируемую активную нагрузку, мощность которой примерно равна активной мощности оборудования. Структурная схема устройства, приведена на рисунке 2.

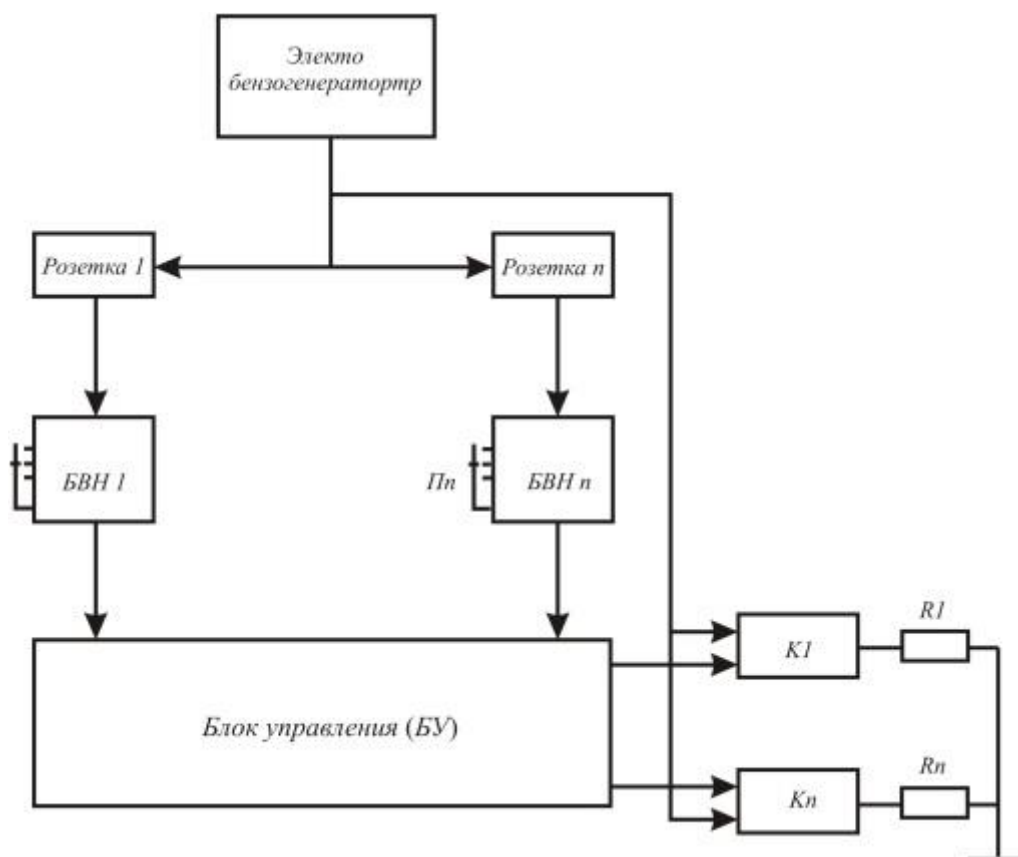


Рисунок 2 - Структурная схема устройства стабилизации напряжения

Перед началом работы происходит подключение потребителей к розеткам расположенным на устройстве (*Розетка 1, ... Розетка n*). С помощью соответствующих переключателей блоков $\Pi 1, \dots \Pi n$ выбора нагрузки ($БВН1, \dots БВНn$) устанавливается потребляемая мощность устройства. При работе устройства стабилизации напряжения блок управления $БУ$ суммирует заданные мощности, и с помощью коммутаторов $K1, \dots Kt$ подключает балластную нагрузку, набираемую из балластных резисторов $R1, \dots Rn$. При включении нагрузки, подключенной в соответствующую розетку, сигнал с блока розеток поступает в блок выбора нагрузки, и затем в блок управления. Требуемое значение нагрузки вычитается из заданной, и происходит перекоммутация балластной нагрузки $R1, \dots Rn$ с помощью коммутаторов $K1, \dots Kn$, и повышение

потребляемой мощности потребителей компенсируется уменьшением балластной мощности. При этом не происходит изменение потребляемой мощности и поэтому не происходит колебания питающего напряжения. Для уменьшения помех при коммутации нагрузки, в качестве коммутаторов $K1$, ... Kn применяются коммутаторы на тиристорах, осуществляющих коммутацию при переходе питающего напряжения через ноль. Использование подобного способ стабилизации напряжения электробензогенератора позволяет значительно снизить влияние одновременно включаемых нагрузок, уменьшить колебание питающего напряжения при включении/выключении нагрузки.

Литература

1. ГОСТ 33105-2014. Установки электрогенераторные с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические требования [Текст]. – Введ. 2016–06–01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. – Введ. 2014–07–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт); – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
3. ГОСТ 29322 — 2014. Напряжения стандартные [Текст]. – Введ. 2015–10–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2015. – 13 с.
4. Лукутин, Б. В., Обухов, С. Г., Шандарова, Е. Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанций [Текст]. – Томск: STT, 2001. – 120 с.
5. Юдаев Ю.А. Расчет однофазного короткого замыкания. [Текст] / Ю.А. Юдаев, А.С. Морозов, Д.И. Сигунов // ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АПК. [Текст] : материалы III Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Н.В. Бышова. - Рязань, 2023. - С. 248-253.
6. Фатьянов С.О. Защита электродвигателей сельскохозяйственных установок от несимметрии напряжения в сети и перегрузок [Текст] / С.О. Фатьянов, А.С. Морозов, Д.Е. Каширин, Ю.А. Юдаев // Транспортная отрасль Российской Федерации: текущее состояние и перспективы развития. [Текст] : материалы Всероссийской студенческой научно- практической конференции, посвященной Дню Российской науки. - Рязань, 2024. - С. 108-113.

References

1. GOST 33105-2014. Ustanovki jelegktrogeneratornye s dvigateljami vnutrennego sgoranija. Obshhie tehicheskie trebovanija [Tekst]. – Vved. 2016–06–01 / Mezghosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii; – M.: Standartinform, 2018. – 19 s.
2. GOST 32144-2013. Jelektricheskaja jenergija. Sovmestimost' tehicheskikh sredstv jelektromagnitnaja. Normy kachestva jelektricheskoy jenerгии v sistemah jelektrosnabzhenija obshhego naznachenija [Tekst]. – Vved. 2014–07–01 / Federal'noe agentstvo po tehicheskomu regulirovaniju i metrologii (Rosstandart); – M.: Standartinform, 2014. – 19 s.
3. GOST 29322 — 2014. Naprjazhenija standartnye [Tekst]. – Vved. 2015–10–01 / Federal'noe agentstvo po tehicheskomu regulirovaniju i metrologii (Rosstandart) – Izd. oficial'noe. – M.: Standartinform, 2015. – 13 s.
4. Judaev Ju.A. Raschet odnofaznogo korotkogo zamykanija. [Tekst] / Ju.A. Judaev, A.S. Morozov, D.I. Sigunov // INNOVACIONNYJ VEKTOR RAZVITIJa OTEChESTVENNOGO APK. [Tekst] : materialy III Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj pamjati doktora tehicheskikh nauk, professora N.V. Byshova. - Rjazan', 2023. - S. 248-253.
5. Judaev Ju.A. Raschet odnofaznogo korotkogo zamykanija. [Tekst] / Ju.A. Judaev, A.S. Morozov, D.I. Sigunov // INNOVACIONNYJ VEKTOR RAZVITIJa OTEChESTVENNOGO APK. [Tekst] : materialy III Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj pamjati doktora tehicheskikh nauk, professora N.V. Byshova. - Rjazan', 2023. - S. 248-253.
6. Lukutin, B. V., Obuhov, S. G., Shandarova, E. B. Avtonomnoe jelektrosnabzhenie ot mikrogidroelektrostantsij [Tekst]. – Tomsk: STT, 2001. – 120 s.