

С.Б. Сейдазимов – магистр, ассистент кафедры "Информационные технологии"; Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: syreken.ss@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

З.А. Жилкишбаева – магистрант кафедры "Информационные технологии"; Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

Information about the authors

A. Kalizhanova* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies; Almaty Technological University, Kazakhstan; *e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5979-9756>

S. Seidazimov – master, assistant of the department "Information technologies"; Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: syreken.ss@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

Z. Zhilkishbayeva – master's student of the Department of Information Technology; Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-1(5)-4

МРНТИ: 28.23.33

С.Т. Сулейменова¹, Н.П. Кабулов^{1*}, Ж. Мүсіріпша¹, Е.А. Оспанов^{2*}

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 010008, Республика Казахстан, г. Астана, ул. К. Сатпаева, 2

²Университет имени Шакарима города Семей, 071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: 78oea@mail.ru

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ МАЛЫМИ ГЭС

Аннотация: Проблема обеспечения дешевой электроэнергией как промышленных предприятий, так и поселений, был и остается весьма актуальным. Более 1 миллионов человек живут в зонах децентрализованного электроснабжения. Это особенно важно для отдаленных районов южного Казахстана, где нет развитой сети ЛЭП, а население получает электроэнергию по 3-4 часа в сутки от дизель-электрической станции (ДЭС). Строительство малых гидроэлектростанций (МГЭС) может изменить условия жизни этих людей, обеспечить энергетическую безопасность регионов и способствуют развитию экономики.

В настоящее время при решении задач, связанных с реконструкцией и строительством новых малых ГЭС, необходимо применять недорогие и эффективные решения по автоматизации и дистанционному управлению работой электростанций без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для эффективного контроля и защиты МГЭС должно быть предусмотрено относительно большое количество функциональных возможностей по сравнению с более крупными электростанциями. Стандартизованное интеллектуальное электронное устройство (ИЭУ) может обеспечить автономную работу и определить приоритетность безопасного управления водой. ИЭУ должен быть компактным и интегрированным с контролем электрических и механических элементов, включая систему подачи воды, связи, мониторинга и защиты для малых гидроэлектростанций.

Ключевые слова: малые ГЭС, гидроэнергетический потенциал, интеллектуальные сети, алгоритм работы, электроэнергетическая система, система дистанционного управления, гидротурбина, система возбуждения, синхронный генератор, моделирование.

Введение

В наши дни в мире все чаще поднимается вопрос о глобальной энергетической организации. Одной из задач такой организации является обеспечение доступности электричества для каждого потребителя. Снабжение электричеством потребителей в удаленных регионах целесообразно осуществлять от локальных источников электроэнергии. Гидроэнергетический мощь МГЭС оценивается в 345,7 млрд. квтч/год. На огромных территориях проблемой является транспортировка электричества, для осуществления которого необходимо сооружение целой электросетевой инфраструктуры, что не всегда рентабельно и скорее всего в комплексных ландшафтах. Если также учитывать уменьшение ущерба после аварии при работе станции в изолированной среде, то использование малых ГЭС несет в себе экономическую выгоду.

На сегодняшний день в мире накоплен огромный опыт строительства и эксплуатации МГЭС. По сравнению с шестидесятыми годами прошлого века удельные затраты и издержки на 1кВт мощности значительно снизились. Уменьшились затраты на обслуживающий персонал. Также капитальные вложения за счет более современных строительных технологии тоже уменьшились. В то же время имеются свои недостатки МГЭС:

- зависимость выработки электроэнергии от гидроэлектрических условия;
- недостаточная изученность гидрологии малых рек.

Основные капитальные вложения будут заложены в потребление гидроагрегатов и сооружение машинного зала в теле плотины.

Проблема обеспечения электричеством как промышленных предприятий, так и поселений, был и остается весьма актуальным. Больше четверти населения Казахстана живут в зонах децентрализованного электроснабжения. Это особенно важно для отдаленные районы южного Казахстана, где нет развитой сети ЛЭП, а население получает электричество по несколько часов в сутки от дизель-электрическая станция (ДЭС). Строительство малых гидроэлектростанций (МГЭС) может изменить условия жизни этих людей, обеспечить энергетическую безопасность регионов и способствуют развитию экономики.

Единственный источник получения электроэнергии в таких условиях – это дизель – электрические станции. Однако известно, что для получения 1 квтч электричества при этом расходуется около 250 г. Дизельного топлива, которое постоянно дорожает. Сегодня, например, себестоимость 1 кВт·ч, произведенной на ДЭС, на одном из предприятий южного региона уже достигает 100 тенге. При такой цене электроэнергии значительно возрастают эксплуатационные затраты, и по этой причине многие месторождения становятся нерентабельными для освоения. В мире существует много факторов, которые способствуют повышенному вниманию к развитию малой гидроэнергетики, но главным фактором является уже достигнутый высокий уровень освоенной части гидроэнергетических ресурсов, которые используются при строительстве крупных ГЭС.

Как в процессе строительства, так и во время эксплуатации МГЭС сохраняет природный ландшафт и не оказывает влияния на окружающую среду.

Методы исследования

В настоящее время при решении задач, связанных с реконструкцией и строительством новых малых ГЭС, необходимо применять недорогие и эффективные решения по автоматизации и дистанционному управлению работой электростанций без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для эффективного контроля и защиты МГЭС должно быть предусмотрено относительно большое количество функциональных возможностей по сравнению с более крупными электростанциями. Стандартизованное интеллектуальное электронное устройство (ИЭУ) может обеспечить автономную работу и определить приоритетность безопасного управления водой. ИЭУ должен быть компактным и интегрированным с контролем электрических и механических элементов, включая систему подачи воды, связи, мониторинга и защиты для малых гидроэлектростанций.

Целесообразно использовать коммуникационный блок, с дополнительными методами дистанционной связи на удаленном персональном компьютере (ПК) или в диспетчерского оператора. Функциональность, требуемая для управления малой гидроэлектростанцией, обеспечивается функциональными блоками, как показано на рисунке 1.

Функциональные блоки имеют параметры, которые позволяют адаптироваться к электростанции.

Для получения схематической модели гидроэлектростанции с помощью базовых функциональных блоков используется Simulink в Matlab. Такое решение лучше, чем использование компиляции программного кода, как в других программах. Библиотека программных продуктов Simulink включает функциональные блоки, которые можно связать и отредактировать.

Другие достижения в области искусственного интеллекта – создание искусственных нейронных систем (ИНС), который был описан как «инструмент искусственного интеллекта», который пытается имитировать физический процесс, на котором базируется интуиция – то есть, путем моделирования процесса адаптивного биологического обучения. ИНС, по сути, представляет собой сеть компьютеров, которые сгруппированы воедино способами, подобными конфигурации мозга в области биологической обработки.

Существует несколько применений искусственных нейронных сетей для электрических систем, поскольку они являются отличной альтернативой решению проблем управления, прогнозирования, обслуживания и оптимизации в нелинейных сложных электрических системах. В электрических системах одним из основных применений ИНС является прогнозирование нагрузки и спроса, поскольку ключевая задача предприятия – предлагать своим клиентам качественную электроэнергию. Правильное прогнозирование нагрузки важно для оптимизации работы ГЭС. Спрос напрямую связан с потреблением электрической энергии, следовательно, с переменными, которые непосредственно влияют на количество производимой электроэнергии.

Интеллектуальная основа для управления малой ГЭС должна иметь соответствующий комплекс алгоритмов и программ, реализованных в управляющих устройствах (контроллерах и датчиках). На рынке электроэнергии с участием МГЭС соответствующие устройства используются для контроля своего режима при ограниченном притоке воды, что позволяет достичь максимальной выработки электроэнергии и доходов.

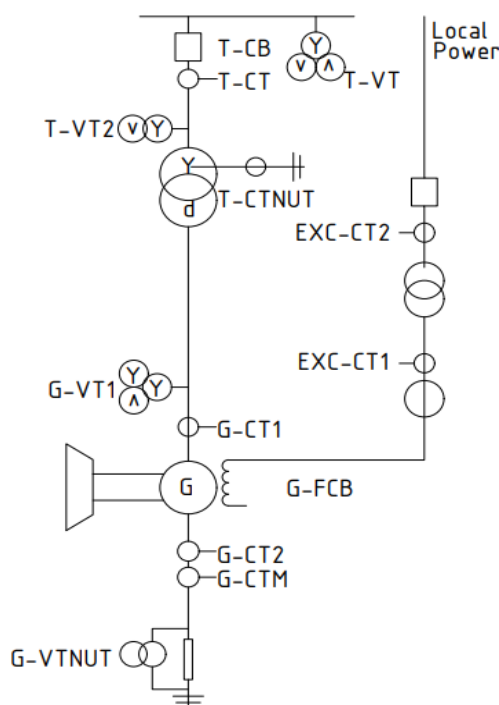


Рисунок 1 – Схема с функциональными блоками для управления МГЭС

Функциональные блоки имеют параметры, которые позволяют адаптироваться к электростанции.

Блок связи предназначен для работы в качестве шлюза между сетью станций и глобальной сетью для обеспечения безопасного дистанционного управления. Необходимо добавить дополнительную функциональность сервера, чтобы включить локальный графический интерфейс, используя только стандартный веб-браузер в качестве дисплея. Веб-браузер можно установить на постоянно установленном сенсорном экране или, альтернативно, на ноутбуке, который пользователь имеет при посещении станции. Для электрической защиты эта сеть основана на оптически локальных сетях для обеспечения гальванической изоляции.

Результаты исследований

Чтобы проверить предлагаемое решение управления и проиллюстрировать поведение, реализация была выполнена с точки зрения модели Simulink. Была добавлена модель, моделирование проводилось в соответствии с различными режимами работы – непрерывным контролем уровня, контролем уровня до пределов и прерывистой работой. На рисунке 2 показан случай прерывистой работы, когда приток воды в резервуар остается постоянным.



Рисунок 2 – Схема прерывистой работы

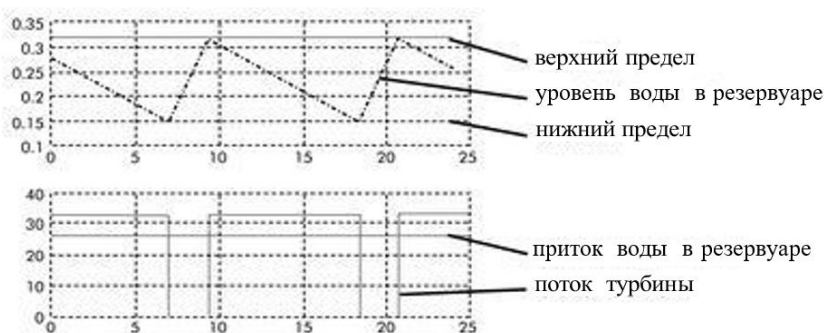


Рисунок 3 – Управление уровня в пределах

На рисунке 3 показан случай контроля уровня в пределах, где искусственный шаг нарушает приток резервуара.

Шкала контроля непрерывного уровня (на рисунке 4) применяется, когда нет резервуара или он очень маленький. Здесь приток становится достаточно высоким в течение короткого периода времени, чтобы потребовать открытия аварийного затвора. Стандартизированной интегрированной (автоматизированной) концепцией предусматривается значительное снижение издержек и выгод (таблица 1).

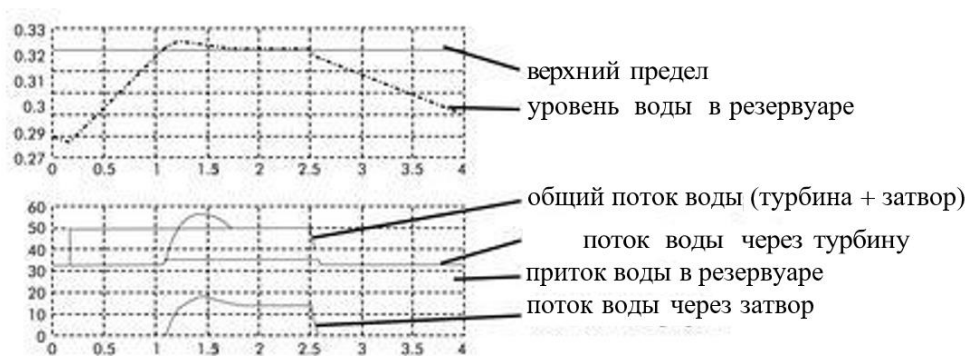


Рисунок 4 – Управление непрерывного уровня

Таблица 1 – Преимущества стандартизированной интегрированной концепции от установленного в настоящее время оборудования на МГЭС

Категория	Установка	Эксплуатация	Обслуживание	Анализ
Полностью интегрированный (автоматизация системы)	50%	20%	20%	10%
Автономный (без подключения к локальной сети)	10%	10%	10%	5%
Новые функции (добавление в оборудование функциональные блоки)	5%	10%	10%	10%
Связь (дистанционное управление)	-	10%	-	50%

Закключение

Южные регионы имеют высокий гидроэнергетический потенциал. Благодаря совершенствованию и развитию новых технологий можно значительно повысить энергоснабжение и уровень энергетической независимости за счет производства электроэнергии с использованием водных ресурсов.

Интеллектуальная основа для управления малой ГЭС должна иметь соответствующий комплекс алгоритмов и программ, реализованных в управляющих устройствах (контроллерах и датчиках). На рынке электроэнергии с участием МГЭС соответствующие устройства используются для контроля своего режима при ограниченном притоке воды, что позволяет достичь максимальной выработки электроэнергии и доходов.

Соответствующие методы математического программирования позволяют выбрать наиболее подходящий алгоритм для управления работой МГЭС при ограниченных водных ресурсах.

Список литературы

1. Берг Л. Гидроэнергетика как фактор устойчивого развития. Гидроэнергетика. / Новые разработки и технологии: шеста научно-техническая конференция, доклады и выступления. Санкт-Петербург. Изд-во «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева». – 2012. – С.130-167.
2. Михайлов, Л.П., Фельдман, Б.Н., Марканова, Т.К., и др. Малая гидроэнергетика. / М.: Энергаториздат. – 1989. – 184 с.
3. Малые ГЭС в Латвии и интеллектуализация их систем управления. // Small hydropower in Latvia and intellectualization of its operating system. Mahnitko F., Linkevics J., Umbrasko J. Latv. J. Phys. and Techn. Sci. – 2013, 56. – № 6. – с. 3-15.
4. Волков Д.Р., Анакин С.Ю., Коньков С.А., Кулагин А.Г. Опыт разработки и внедрения систем автоматического управления и дистанционного контроля малых ГЭС // Гидротехника. 2016. – №1. – С. 10-11.
5. Искусственный интеллект для управления малыми ГЭС. AI / Balgardl., Lidberg V. (ABBAB, CorpateResearch, Vasteras 721 78 Sweden)/Int. – 2004. 56, – № 8. – с. 20-22.

References

1. Berg L. Hydropower as a factor of sustainable development. Hydropower. New developments and technologies: sixth scientific and technical conference, reports and speeches. St. Petersburg. Publishing house "VNIIG im. B. E. Vedeneeva. 2012. P.130-167. (In Russian).
2. Mikhailov, L.P., Feldman, B.N., Markanova, T.K., et al. Small hydropower. / Moscow: Energatomizdat. – 1989. – 184 p. (In Russian).
3. Small HPPs in Latvia and intellectualization of their control systems. // Small hydropower in Latvia and intellectualization of its operating system. Mahnitko F., Linkevics J., Umbrasko J. Latv. J. Phys. and Techn. sci. – 2013. 50, – no. 6. – p. 3-15. (In English).
4. Volkov D.R., Anakin S.Yu., Konkov S.A., Kulagin A.G. Experience in the development and implementation of automatic control and remote control systems for small HPPs // Hydrotechnics. – 2016. – No. 1. – pp. 10-11. (In Russian).
5. Artificial intelligence for managing small hydropower plants. AI. / Balgardi., Lidberg V. (ABBAB, Corporate Research, Vasteras 721 78 Sweden) Int. – 2004. 56. – no. 8. – p. 20-22. (In English).

С.Т. Сулейменова¹, Н.П. Кабулов¹, Ж. Мүсіріпша¹, Е.А. Оспанов²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Қ. Сатпаев к-сі., 2

²Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

*e-mail: iamkabulov@gmail.com

ШАҒЫН СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ

Өнеркәсіптік кәсіпорындарды да, елді мекендерді де арзан электр энергиясымен қамтамасыз ету мәселесі өте өзекті болды және болып қала береді. Орталықтандырылмаған электрмен жабдықтау аймақтарында 1 миллионнан астам адам тұрады. Бұл әсіресе дамыған ЭБЖ желісі жоқ, ал халық электр энергиясын тәулігіне 3-4 сағаттан дизель-электр станциясынан (ДЭС) алатын оңтүстік Қазақстанның шалғай аудандары үшін маңызды. Шағын су электр станцияларының (ШСЭС) құрылысы бұл адамдардың өмір сүру жағдайларын өзгерте алады, өңірлердің энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз етеді және экономиканың дамуына ықпал етеді.

Қазіргі уақытта жаңа шағын СЭС реконструкциялауға және салуға байланысты міндеттерді шешу кезінде қызмет көрсетуші персоналдың тұрақты қатысуынсыз электр станцияларының жұмысын автоматтандыру және қашықтан басқару бойынша арзан әрі тиімді шешімдер қолдану қажет.

ШСЭС тиімді бақылау және қорғау үшін ірі электр станцияларымен салыстырғанда функционалдық мүмкіндіктердің салыстырмалы түрде көп саны көзделуге тиіс. Стандартталған интеллектуалды электронды құрылғы (ИЭҚ) автономды жұмысты қамтамасыз ете алады және суды қауіпсіз басқарудың басымдылығын анықтай алады. ИЭҚ шағын және шағын су электр станциялары үшін су беру, байланыс, мониторинг және қорғау жүйесін қоса алғанда, электр және механикалық элементтерді бақылаумен интеграцияланған болуы тиіс.

Түйін сөздер: шағын СЭС, гидроэнергетикалық әлеует, интеллектуалды желілер, жұмыс алгоритмі, электр энергетикалық жүйе, қашықтан басқару жүйесі, гидротурбина, қоздыру жүйесі, синхронды генератор, модельдеу.

S.T. Suleimenova¹, N.P. Kabulov¹, Zh. Musiripsha¹, Ye.A. Ospanov^{2*}

¹L.N.Gumilyov Eurasian National University,
010008, Republic of Kazakhstan, Astana, 2 K. Satpaev Street

²Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

*e-mail: iamkabulov@gmail.com

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CONTROL SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS

The problem of providing cheap electricity to both industrial enterprises and settlements has been and remains very relevant. More than 1 million people live in decentralized power supply

zones. This is especially important for the remote areas of southern Kazakhstan, where there is no developed power transmission network, and the population receives electricity for 3-4 hours a day from a diesel-electric power station (DPP). The construction of small hydroelectric power plants (SHPPs) can change the living conditions of these people, ensure the energy security of the regions and contribute to the development of the economy.

At present, when solving problems related to the reconstruction and construction of new small hydropower plants, it is necessary to apply inexpensive and effective solutions for automation and remote control of power plants without the constant presence of maintenance personnel.

To effectively control and protect SHPs, a relatively large amount of functionality must be provided compared to larger power plants. A standardized intelligent electronic device (IED) can provide autonomous operation and prioritize safe water management. The IED shall be compact and integrated with the control of electrical and mechanical elements, including the water supply, communication, monitoring and protection system for small hydro power plants.

Key words: small hydropower plants, hydropower potential, smart grids, operation algorithm, electric power system, remote control system, hydraulic turbine, excitation system, synchronous generator, simulation.

Сведения об авторах

С.Т. Сулейменова – PhD кафедры «Системный анализ и управления»; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан; e-mail: salamat_ka@mail.ru.

Н.П. Кабулов – магистрант кафедры «Системный анализ и управления»; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Ж. Мүсіріпша – магистрант кафедры «Системный анализ и управления»; Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Е.А. Оспанов* – PhD кафедры «Автоматизация, информационные технологии и градостроительство»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: 78oea@mail.ru.

Авторлар туралы мәліметтер

С.Т. Сулейменова – «Жүйелік талдау және басқару» кафедрасының PhD; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: salamat_ka@mail.ru.

Н.П. Кабулов – «Жүйелік талдау және басқару» кафедрасының магистранты; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Ж. Мүсіріпша – «Жүйелік талдау және басқару» кафедрасының магистранты; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Е.А. Оспанов* – «Автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы» кафедрасының PhD; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: 78oea@mail.ru.

Information about the authors

S.T. Suleimenova – PhD, of the Department «System analysis and management»; L.N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: salamat_ka@mail.ru.

N.P. Kabulov – Master's student of the Department «System analysis and management»; L.N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Zh.Musiripsha – Master's student of the Department «System analysis and management»; L.N. Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: janasy_l_1999@mail.ru.

Ye.A. Ospanov* – PhD of the Department "Automation, Information Technologies and Urban Planning"; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: 78oea@mail.ru.