

Система управления на базе Smart Grid для повышения эффективности работы гибридной дизель-солнечной электростанции

¹*УРАЛОВ Байдулла Кидирбаевич, к.т.н., старший преподаватель, uralov-1973.2@mail.ru,

¹ТУРЫМБЕТОВА Гульзухра Джурабековна, PhD, зав. кафедрой, gulzuhra62@mail.ru,

¹САХМЕТОВА Гульмира Едиловна, PhD, старший преподаватель, 17-07-70@mail.ru,

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова», Казахстан, Шымкент, пр. Тауке хана, 5,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматривается вопрос о концепции создания системы управления на базе «умных сетей» Smart Grid возобновляемых источников энергии, а именно дизель-солнечной электростанции. Главное внимание уделяется методу экономии дизельного топлива путем включения модулей солнечной электростанции с помощью автоматического ввода резервного питания. Целью статьи является ознакомление с расчетами солнечной и дизельной электростанции в условиях Южного Казахстана, произведенными на программе System Advisor Model. Дается характеристика о «зеленых» инициативах энергетики Республики Казахстан, а именно сбережение энергетических ресурсов, замены сжигания угля на газ, экономия сжигания дизельного топлива на дизельных электростанциях, покрытие дефицита электрической энергии внедрением возобновляемых источников энергии. Проблема исследования заключается в использовании концепции Smart Grid в электроснабжении и электропотреблении потребителей электрической энергии. Исследование направлено на изучение гибридных возобновляемых источников энергии, а именно совместную работу дизельной и солнечной электростанции. Главной целью было создание единой интеллектуальной системы управления для мониторинга, прогнозирования основных технических параметров сгенерированной энергии.

Ключевые слова: Smart Grid, интеллектуальные сети, гибридная энергетика, автономное электроснабжение, дизель-солнечная электростанция, система управления, мониторинг и прогнозирование, System Advisor Model, традиционные источники энергии, возобновляемая энергетика.

Введение. В большинстве развитых стран мира для выработки электроэнергии все шире используются возобновляемые источники энергии, доля которых в ряде стран достигла свыше 20%. В связи с этим является актуальным исследование параметров качества и динамические характеристики электрических режимов работы солнечной электростанции (СЭС), при параллельной работе с традиционной энергетической системой.

Для получения надежной системы управления всего процесса генерирования электрической энергии необходимо собрать в единую систему все составные части, отвечающие за добычу, транспортировку и распределение электрической энергии вплоть до потребителей. Единая система необходима для синхронности данных и тщательного анализа всех возможных процессов. Этим требованиям отвечает концепция создания «умных сетей» Smart Grid. Суть данной системы заключается не только в передаче электрической

энергии до разных категорий потребителей, но и способствует сбору информации. На основе собранной информации ведется учет тарифа, прогнозирование и планирование потребления и генерирование электрической энергии [1].

Умная система управления способствует объединению традиционных источников энергии с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии. Это гибридная работа теплоэлектростанций (ТЭС), гидроэлектростанций (ГЭС), атомных электростанций (АЭС), дизельных электростанций (ДЭС) с солнечными электростанциями (СЭС), ветровыми электростанциями (ВЭС) и другими возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) [2].

Методы исследования. Казахстан в контексте Киотского протокола реализует «зеленую» энергетику и старается уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу от традиционных электрических станций. В таблице указаны на-

правления развития Казахстана в сторону возобновляемых источников энергии.

Необходимо повысить эффективность всей системы электроснабжения Казахстана. Для этого нужно осуществить модернизацию энергосистемы, внедряя энергоэффективные технологии и систему управления с необходимыми инструментами для мониторинга процесса потребления и генерации электрической энергии, позволяющие обеспечить необходимую степень надежности новой системы электроснабжения [3].

На сегодняшний день график электропотребления Казахстана стоит выше производства электрической энергии. Поэтому с развитием технологий и увеличением количества потребителей необходимо ограничение режима потребления электрической энергии (рисунок 1, расчеты Ranking.kz на основе данных АО «KEGOC»).

Для качественного управления всеми системами гибридных установок необходима сеть с большими функциональными возможностями. В этом случае целесообразно внедрение «умных» сетей управления. Сети Smart Grid будут связывать системы управления солнечными панелями с блоком

управления дизель-генераторными установками [4]. Вся система будет синхронизировать данные и находиться в оптимальном режиме работы.

Сети Smart Grid для управления гибридной установкой (солнечная электростанция + дизель-генератор) будут содержать основные функциональные модули:

1. Модуль управления солнечной электростанцией;
2. Управление мощностью дизельных генераторов;
3. Модуль сбора и обработки данных;
4. Управление мощностью, передаваемой из солнечной станции к дизельной станции и наоборот – при пиковых нагрузках в течение дня.

Из модуля сбора и обработки данных поступает необходимая информация о включении или отключении дизельных генераторов для уменьшения расхода дизельного топлива и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу [5].

Модуль управления солнечной электростанцией анализирует нагрузку сети и передает необходимые данные на модуль сбора и обработки данных. После этого принимается решение на-

«Зеленые» инициативы развития Республики Казахстан			
Наименование мероприятий	Единицы измерения	Снижение выбросов ПГ на ед. изм., кг CO ₂	Стоимость, тенге
Электроэнергия с СЭС	кВт*ч	0,84	34,6
Электроэнергия с ВЭС	кВт*ч	0,84	22,7
Сбережение электроэнергии	кВт*ч	1,08	18
Перевод угольной генерации на газ	кВт*ч	0,36	13,2
Снижение факельного сжигания	м3	2,27	20
Снижение потребления ПГ	м3	0,7	21

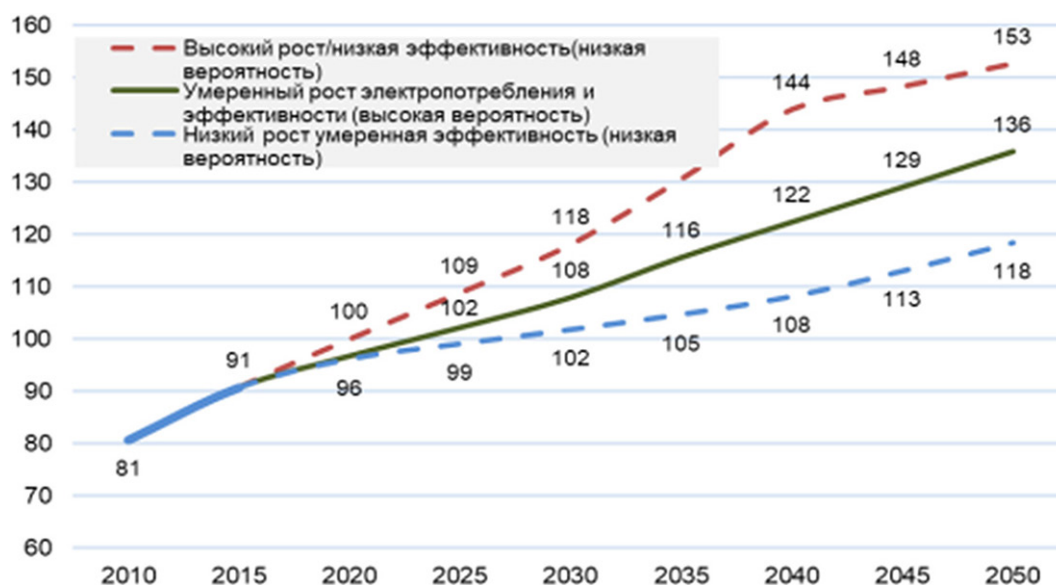


Рисунок 1 – Прогноз роста электропотребления, млн кВт*час

править электрическую энергию в блок аккумуляторов или в общую энергосеть. Эти процессы зависят от наличия того или иного метода хранения электрической энергии [6].

Модернизация системы управления гибридной работы дизельной и солнечной электростанций заключается в быстром и точном определении необходимой мощности нагрузки, а также получении близкого прогноза выработки и потребления электрической энергии. Одним из важных аспектов является качественный мониторинг при пиковых нагрузках, а также защита от всех возможных аварийных ситуаций, происходящих при коммутации и переключениях между электрическими станциями [7].

Интеграция аппаратов защиты и мониторинга в систему электроснабжения дает следующие изменения в системе:

1. Самовосстановление после сбоев;
2. Обратная связь между потребителями и источником;
3. Защита от различных родов атак, как физических так и кибернетических;
4. Повышение качества электроэнергии при генерации и транспортировке;
5. Синхронная работа всех станций;
6. Улучшение качества работы энергосистемы;
7. Снижение тарифа за электрическую энергию;
8. Увеличение качества электротехнических показателей.

Объединение фотоэлектрических панелей

и традиционных дизельных генераторов даст огромный энергетический потенциал. Так как солнечная энергия является бесплатной и возобновляемой. К тому же солнечная энергия является основным источником энергии, поскольку она доступна везде и каждый день во многих регионах Казахстана, как в пустынных районах, так и в горных (рисунок 2).

Для условий Казахстана перспективным вариантом для децентрализованного электроснабжения представляется интеграция в дизельную систему электроснабжения фотоэлектрических станций. Дизельная установка будет установлена по мощностям, соответствующим СЭС. Предпочтение отдается продукции ДЭС от «EDISON GROUP LIMITED».

Известно, что такие станции строятся на карьерах, горнодобывающих шахтах и других видах производств, куда не протянуты линии электропередач.

Надежная работа данной гибридной электрической станции обеспечивается возможностью в данных условиях свободного, бесперебойного снабжения топливом дизельной системы, а солнечная инсоляция достаточна в Казахстане для генерации электрической энергии.

СЭС в таких условиях может сэкономить до 500 тон литров топлива в год, а это также способствует снижению нагрузки на генераторные установки [8].

Научные результаты. Математическое моделирование энергосистемы предоставляет воз-

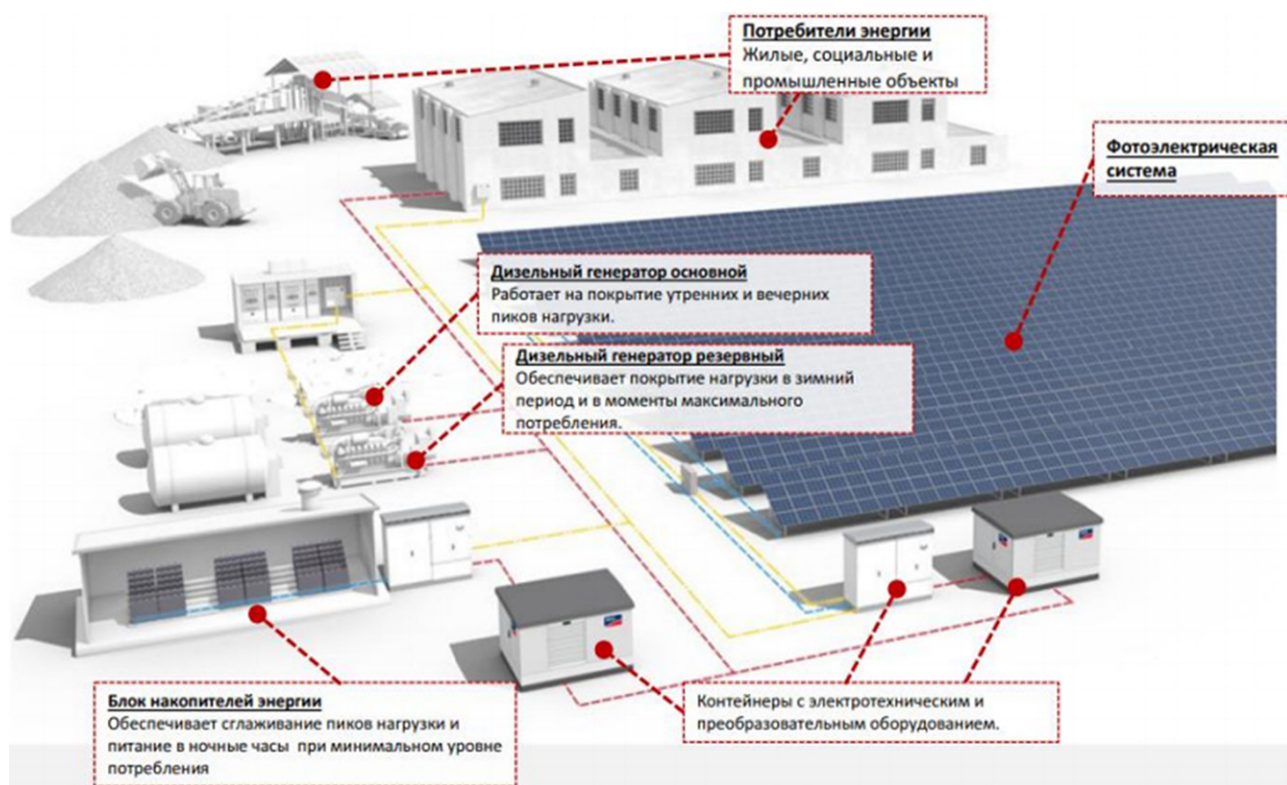


Рисунок 2 – Автономная гибридная дизель-солнечная электростанция

возможность провести виртуальное стимулирование процесса генерирования электрической энергии и создания системы управления.

Математическое моделирование производилось на программе System Advisor Model. Это технико-экономическая программная модель, которая облегчает принятие решений в отрасли возобновляемых источников энергии. Были произведены расчеты солнечной и дизельной электростанции в условиях Южного Казахстана. В программе System Advisor Model во главе Orientation and Tracking были заданы следующие параметры: Tilt (наклон солнечных панелей) – 51 градус; Azimuth (азимут) – 77 градусов.

На рисунке 3 указаны введенные выше параметры.

Программой System Advisor Model были получены результаты ежемесячного генерирования электрической энергии (рисунок 4). Пик генерирования попадает на май, июнь и июль, а минимум в ноябре и декабре.

Мощность солнечной электростанции снижается в период с сентября по январь, а с февраля по август повышается.

Также была получена термическая диаграмма дневного потребления солнечной энергии фотоэлектрическими панелями. Красным указана солнечная активность днем, а синим – ночная активность. По вертикали указаны часы, а по горизонтали дни (рисунок 5).

По диаграмме видно, пик солнечного дня в разные время года разный. Но в основном солнечная активность варьируется с 10 часов утра до 15 часов:

- MAX – 1538,46 кВт;
- Min 153,846 кВт.

Также в программе System Advisor Model были рассчитаны потери электрической энергии. Введены следующие параметры региона в System losses (рисунок 6):

- Soiling (загрязнение, наличие пыли в атмосфере региона) – 2%;

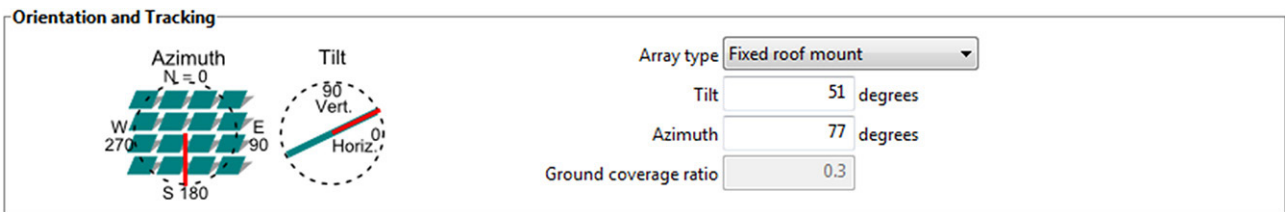


Рисунок 3 – Введение пространственных параметров

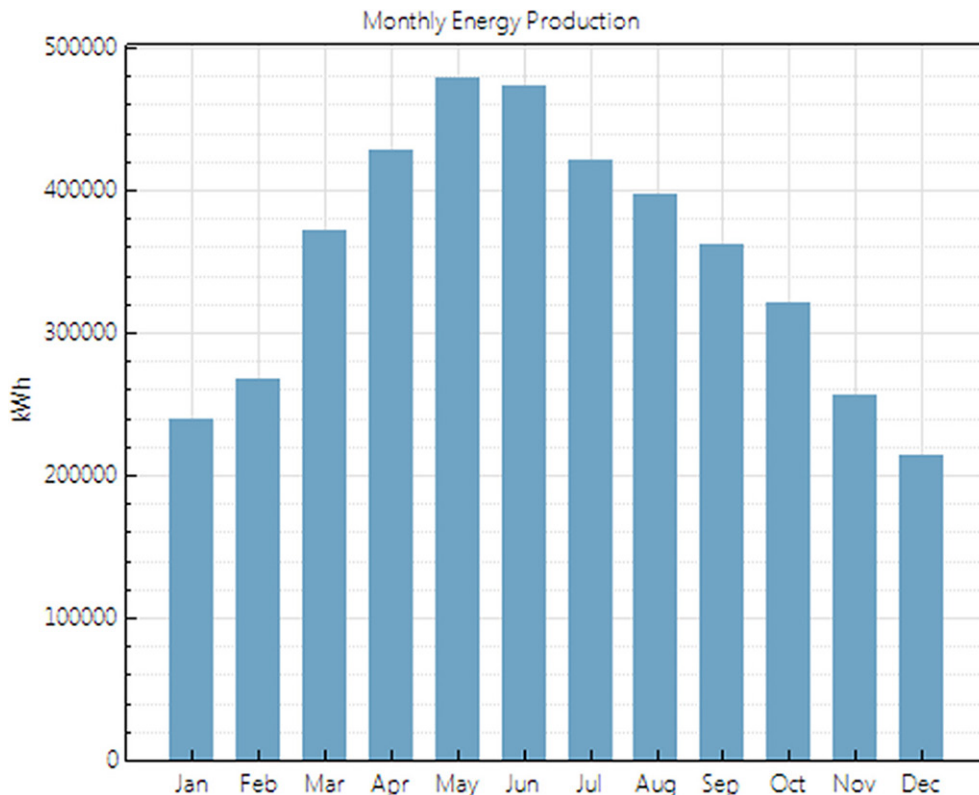


Рисунок 4 – Ежемесячное генерирование электрической энергии

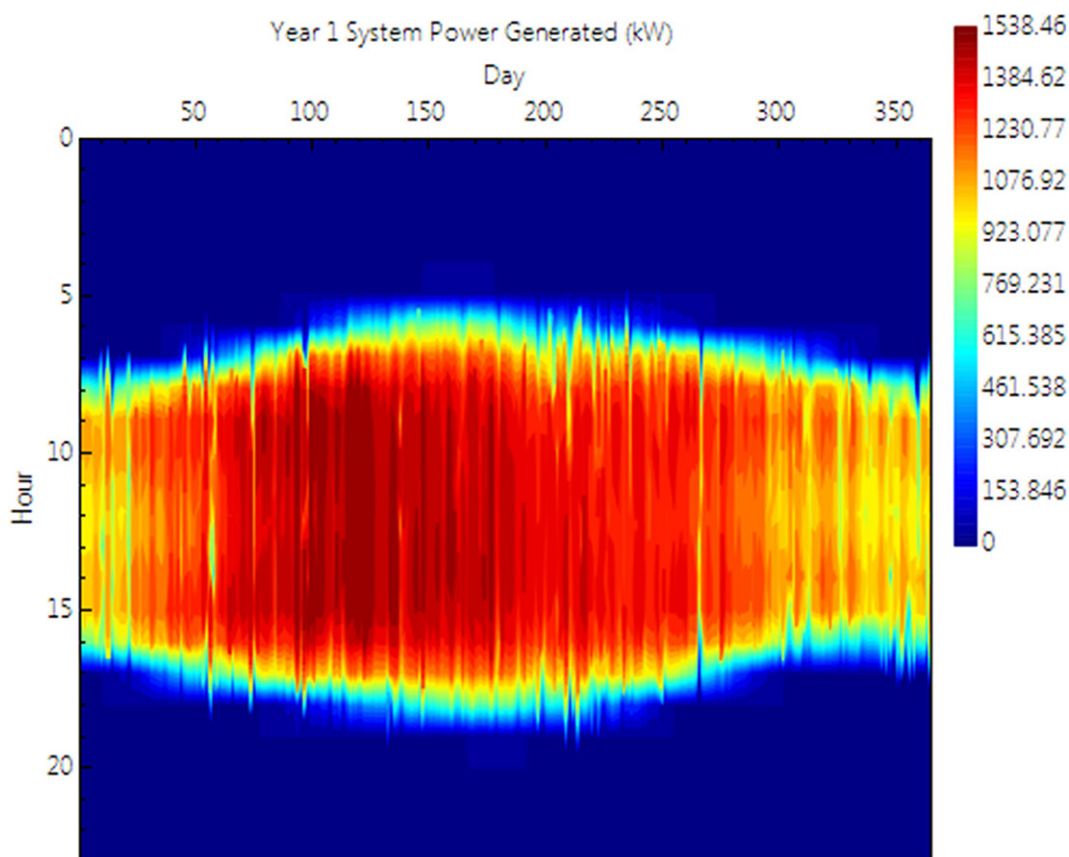


Рисунок 5 – Термическая диаграмма дневного потребления солнечной энергии фотоэлектрическими панелями

System Losses
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling <input type="text" value="2"/> %	Connections <input type="text" value="0.5"/> %
Shading <input type="text" value="3"/> %	Light-induced degradation <input type="text" value="1.5"/> %
Snow <input type="text" value="0"/> %	Nameplate <input type="text" value="1"/> %
Mismatch <input type="text" value="2"/> %	Age <input type="text" value="0"/> %
Wiring <input type="text" value="2"/> %	Availability <input type="text" value="3"/> %
Total system losses <input type="text" value="14.08"/> %	

Рисунок 6 – Данные системы потерь

- Shading (тень) – 3%.

Были получены потери постоянного тока, выработанного из солнечных панелей [9]. Это потери на нагревание Energy Loss, преобразования при использовании инвертора и контроллера управления (рисунок 7).

Заключение. Поставленные задачи в начале исследования были достигнуты, а также проведен глубокий оценочный анализ полученных результатов:

- Оценка эффективности солнечного дня: MAX – 1538,46 кВт; Min – 153,846 кВт.

- Потери электрической энергии: в инверторе Min – 1%; потери постоянного тока 10%.

Были также выдвинуты рекомендации по конкретному использованию полученных результатов после завершения исследования [10]:

- использование работы дизельной и солнечной электростанций как автономный источник энергии в области сельского хозяйства и аграрной промышленности;

- использование автономного источника в отдаленных от сетей линий электропередач регионов страны;

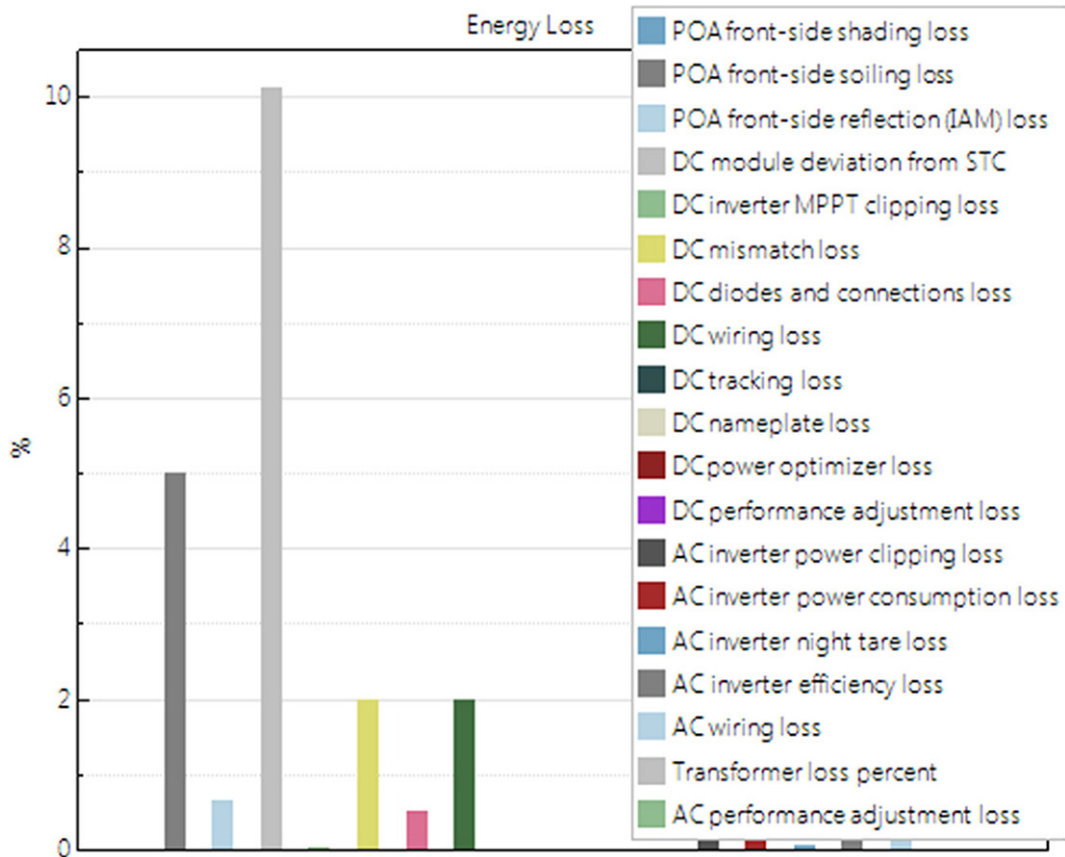


Рисунок 7 – Все виды потерь СЭС

- введение технологий «умных сетей» для контроля процессом генерирования традиционных источников энергии ТЭС, ТЭЦ, КЭС;
 - использование для мониторинга потребленной электрической энергии городов и сел страны,

для дальнейшего прогнозирования мощностей;
 - переход на совместные работы традиционных и возобновляемых источников энергии для улучшения качества традиционной энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раевский, Н.В., Яковлев Д.А., Дурнов В.Г. Выбор оптимальной методики прогнозирования временных рядов электропотребления // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. № 3 (31). 2011.
2. Никифоров, А.П. Диспетчер smart-грид в каждом устройстве потребителя. Технические и экономические задачи / А.П. Никифоров // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: № 12 (200). – 2012. – С. 236-240.
3. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Гапов М.Р. и др. Стратегическое управление инновационной деятельностью: анализ, планирование, моделирование, принятие решений, организация, оценка. – Санкт-Петербург, 2017. – 312 с.
4. Ильин И.В., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. и др. Математические методы и инструментальные средства оценивания эффективности инвестиций в инновационные проекты. – Санкт-Петербург, 2018. – 289 с.
5. Secati C. et al. An overview on the smart grid concept // IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2010. Pp. 3322-3327.
6. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии: учебное пособие для вузов / Баранов, Н.Н. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 383 с.
7. Gharavi N., Ghafurian R. Smart Grid: The Electric Energy System of the Future [Scanning the Issue]. 2011.
8. Белоусов О.А. Вопросы энергосберегающего управления тепловыми аппаратами с электронагревом / О.А. Белоусов, Ю.Т. Зырянов, Р.Ю. Кур, А.П. Бурман. Основы современной энергетики / А.П. Бурман, П.А. Бутырин, П.А. Виссарионов // М.: МЭИ, 2013. С. 452.
9. Гнездова О.Е. Энергообеспечение тепличных хозяйств с генерацией электрической и тепловой энергии и выработкой CO₂ / Гнездова О.Е., Чугункова Е.С. // М.: Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019 2 (3). С. 141-151.
10. Астапова Ю.О. Когенеративные установки / Ю.О. Астапова, К.С. Шульга, А.А. Бубенчиков // Потенциал современной науки, 2014. № 8.

Гибридік дизель-күн электр станциясы жүйе жұмысының тиімділігін арттыруға арналған Smart Grid базасындағы басқару жүйесі

¹*УРАЛОВ Байдулла Кидирбаевич, т.ғ.к., аға оқушы, uralov-1973.2@mail.ru,

¹ТУРЫМБЕТОВА Гульзұхра Джүрабековна, PhD, кафедра меңгерушісі, gulzuhra62@mail.ru,

¹САХМЕТОВА Гульмира Едиловна, PhD, аға оқушы, 17-07-70@mail.ru,

¹«Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, Қазақстан, Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Smart Grid жаңартылатын энергия көздерінің, атап айтқанда дизель-күн электр станциясының «ақылды желілері» негізінде басқару жүйесін құру тұжырымдамасы туралы мәселе қарастырылады. Автоматты резервтік қуат көзін енгізу арқылы күн электр станциясының модульдерін қосу арқылы дизель отынын үнемдеу әдісіне басты назар аударылады. Мақаланың мақсаты System Advisor Model бағдарламасында өндірілген Оңтүстік Қазақстан жағдайындағы күн және дизель электр станциясының есептерімен танысу болып табылады. Қазақстан Республикасы энергетикасының «жасыл» бағдарламалары туралы сипаттама беріледі, атап айтқанда, көмірді газға алмастырудың энергетикалық ресурстарын үнемдеу, дизель электр станцияларында дизель отынын жағуды үнемдеу, жаңартылатын энергия көздерін енгізумен электр энергиясының дефицитін жабу. Зерттеу проблемасы-Smart Grid тұжырымдамасын электр энергиясын тұтынушылардың электр қуаты мен электр тұтынуында қолдану. Зерттеу гибриді жаңартылатын энергия көздерін, атап айтқанда дизель және күн электр станцияларының бірлескен жұмысын зерттеуге бағытталған. Негізгі мақсат мониторинг үшін бірыңғай интеллектуалды басқару жүйесін құру, өндірілген энергияның негізгі техникалық параметрлерін болжау болды.

Кілт сөздер: Smart Grid, зияткерлік желілер, гибридік энергетика, автономды электрмен жабдықтау, дизель-күн электр станциясы, басқару жүйесі, мониторинг және болжау, System Advisor Model, дәстүрлі энергия көздері, жаңартылатын энергетика.

Smart Grid Control System to Improve the Efficiency of Hybrid Diesel-solar Power Plant

¹*URALOV Baidulla, Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, uralov-1973.2@mail.ru,

¹TURYMBETOVA Gulzuhra, PhD, Head of Department, gulzuhra62@mail.ru,

¹SAHMETOVA Gulmira, PhD, Senior Lecturer, 17-07-70@mail.ru,

¹NCJSC «Mukhtar Auezov South Kazakhstan University», Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Avenue, 5,

*corresponding author.

Abstract. The issue of the concept of creating a control system based on smart grids of renewable energy sources, namely a diesel-solar power plant, is being considered. The main attention is paid to the method of saving diesel fuel by switching on solar power plant modules using automatic input of backup power. The purpose of the article is to familiarize with the calculations of solar and diesel power plants in the conditions of Southern Kazakhstan, made on the System Advisor Model program. A characteristic is given about the «green» initiatives of the energy sector of the Republic of Kazakhstan, namely, saving energy resources by replacing coal burning with gas, saving diesel fuel burning at diesel power plants, covering the electric energy deficit with the introduction of renewable energy sources. The problem of the study is the use of the Smart Grid concept in the power supply and power consumption of electric energy consumers. The research is aimed at studying hybrid renewable energy sources, namely the joint operation of a diesel and solar power plant. The main goal was to create a unified intelligent control system for monitoring and forecasting the main technical parameters of the generated energy.

Keywords: Smart Grid, smart grids, hybrid energy, autonomous power supply, diesel-solar power plant, control system, monitoring and forecasting, System Advisor Model, traditional energy sources, renewable energy.

REFERENCES

1. Raevskij, N.V., YAKovlev D.A., Durnov V.G. Vybór optimal'noj metodiki prognozirovaniya vremennyh ryadov elektropotrebleniya // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie*. No. 3 (31). 2011.
2. Nikiforov, A.P. Dispetcher smart-grid v kazhdom ustrojstve potrebitelya. *Tekhnicheskie i ekonomicheskie zadachi* / A.P. Nikiforov // *Nauchnye trudy Doneckogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: No. 12 (200)*. – 2012. – Pp. 236-240.
3. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Gapov M.R. i dr. *Strategicheskoe upravlenie innovacionnoj deyatel'nost'yu: analiz, planirovanie, modelirovanie, prinyatie reshenij, organizaciya, ocenka*. – Saint Petersburg, 2017. – 312 p.
4. Il'in I.V., Anisimov V.G., Anisimov E.G. i dr. *Matematicheskie metody i instrumental'nye sredstva ocenivaniya effektivnosti investitsij v innovacionnye proekty*. – Saint Petersburg, 2018. – 289 p.
5. Cecati C. et al. An overview on the smart grid concept // *IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2010. Pp. 3322-3327.
6. *Netradicionnye istochniki i metody preobrazovaniya energii: uchebnoe posobie dlya vuzov* / Baranov, N.N. – Moscow: Publishing House MEI, 2012. – 383 p.
7. Gharavi H., Ghafurian R. *Smart Grid: The Electric Energy System of the Future [Scanning the Issue]*. 2011.
8. Belousov O.A. *Voprosy energosberegayushchego upravleniya teplovymi apparatami s elektronagrevom* / O.A. Belousov, YU.T. Zyryanov, R.YU. Kur, Burman A.P. *Osnovy sovremennoj energetiki* / A.P. Burman, P.A. Butyrin, P.A. Vissarionov // Moscow: MEI, 2013. P. 452.
9. Gnezdova O.E. *Energoobespechenie teplichnyh hozyajstv s generaciej elektricheskoy i teplovoj energii i vyrabotkoj CO₂* / Gnezdova O.E., CHugunkova E.S. // *Moscow: Silovoe i energeticheskoe oborudovanie. Avtonomnye sistemy*. 2019 2 (3). Pp. 141-151.
10. Astapova YU.O. *Kogenerativnye ustanovki* / YU.O. Astapova, K.S. SHul'ga, A.A. Bubenchikov // *Potencial sovremennoj nauki*, 2014. No. 8.