

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Направление подготовки/профиль:** 13.06.01 Электро- и теплотехника, 05.14.02 –  
Электрические станции и электроэнергетические системы

**Школа:** Инженерная школа энергетики

**Отделение:** Отделение электроэнергетики и электротехники

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>АВТОНОМНАЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА</b>

УДК 621.311.29:621.31.031:621.3.024

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A8-42	Муравьев Дмитрий Игоревич		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный руководитель ООП	Шутов Евгений Алексеевич	к.т.н., доцент		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭЭ ИШЭ	Ивашутенко Александр Сергеевич	к.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭЭ ИШЭ	Лукутин Борис Владимирович	д.т.н., профессор		

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характерной особенностью большинства дизель-генераторных установок (ДГУ) в автономных системах электроснабжения (АСЭС) не только в России, но и в мире, является значительный уровень морального устаревания и физического износа дизельных двигателей, вызванный резко переменной нагрузкой. Следствием эксплуатации таких установок становятся большой расход органического топлива на выработку кВт·ч электроэнергии и растущий уровень антропогенного следа. К слову, удельный расход условного топлива на полезный отпуск электроэнергии на объектах генерации в АСЭС России составляет в среднем 476 г у.т./кВт·ч. В тоже время полноценной замены ДГУ без снижения надёжности и критерия гарантированного электроснабжения нет. Поэтому электроснабжение децентрализованных регионов является злободневной задачей энергетики России, от решения которой зависит не только её социально-экономическое развитие, но и энергетическая безопасность значительной части её населения. Реальным же способом повышения энергетической эффективности АСЭС на базе ДГУ является включение в их состав возобновляемых источников энергии (ВИЭ), среди которых наиболее универсальными являются фотоэлектрические системы (ФЭС).

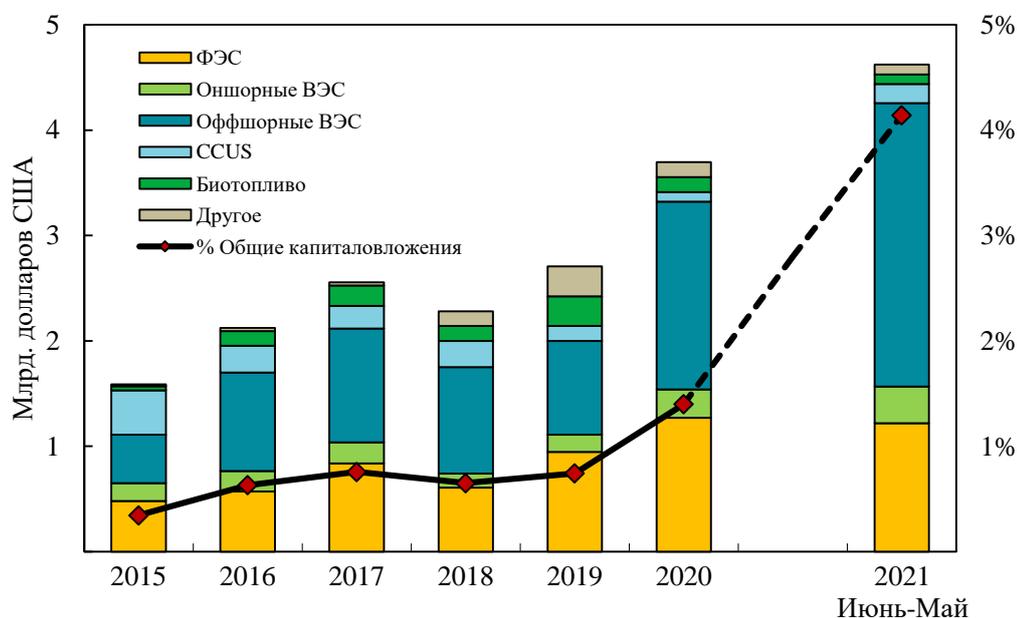


Рисунок 1 – Инвестиции в "зелёные" технологии, сделанные отдельными нефтегазовыми компаниями, включая данные за май 2021 г.

Капитальные вложения в "зелёные" технологии, сделанные крупными нефтегазовыми компаниями, включая данные за май 2021 г. показывают возрастающий тренд. Рисунок 1 описывает распределение финансов среди установок возобновляемой энергетики (ФЭС, оншорные и оффшорные ВЭС), CCUS (англ. Carbon Capture, Usage and Storage – технологии улавливания, использования и хранения углерода), биотоплива и др. Компании, включенные в исследование, являются признанными лидерами мирового энергетического комплекса: ADNOC (англ. The Abu Dhabi National Oil Company – Национальная нефтяная компания Абу-Даби), CNPC (англ. China National Petroleum Corporation – Китайская национальная нефтяная корпорация), CNOOC (англ. China National Offshore Oil Corporation – Китайская национальная шельфовая нефтяная корпорация), Equinor (Норвегия), ПАО «Газпром», Кувейтская нефтяная корпорация, ПАО «Лукойл», Petrobras (Бразилия), Repsol (Испания), ПАО «НК "Роснефть"», Saudi Aramco (Саудовская Аравия), Sinorec (КНР) и Sonatrach (Алжир). Предполагаемая доля

общих капиталовложений в 2021 году основана на проектах, объявленных до 9 мая 2021 года.

Причинами такого интереса традиционного сектора энергетического комплекса являются энергетические стратегии стран по снижению углеродного следа, диверсификации использования энергетического сырья, рост надёжного производства электроэнергии с установками ВИЭ, а также снижению стоимости производства установок ВИЭ. К примеру, ФЭС, использующие модульную технологию, могут быть запроектированы на различную мощность: от ватт до мегаватт, где пессимистический сценарий ввода станции в эксплуатацию составляет не более одного года. Ранее большое количество фотоэлектрических батарей (массивов) применялось лишь в промышленности, но теперь они используются как для коммерческих, так и для бытовых нужд.

На сегодняшний день, в мире распространена практика использования микросетевых решений (от англ. microgrids), включающих одновременно несколько видов ВИЭ, резервируемых ДГУ, системой накопления электроэнергии (СНЭЭ). Обоснование состава генерирующих источников, их установленной мощности, ёмкости СНЭЭ, а также увеличение вклада ВИЭ в общем энергетическом балансе должно осуществляться за счёт применения современного высокоэффективного оборудования, оптимизации рабочих режимов генерирующих установок с учётом интеллектуального выбора алгоритмов управления. Всё это можно достигнуть с помощью применения топологии постоянного тока на стадиях генерации, преобразования и распределения электрической энергии, обладающей рядом преимуществ по сравнению с топологией переменного тока (отсутствует ограничения на сетевом инверторе, усугубляющее выработку мощности от ФЭС в параллели с ДГУ на уровне 40%).

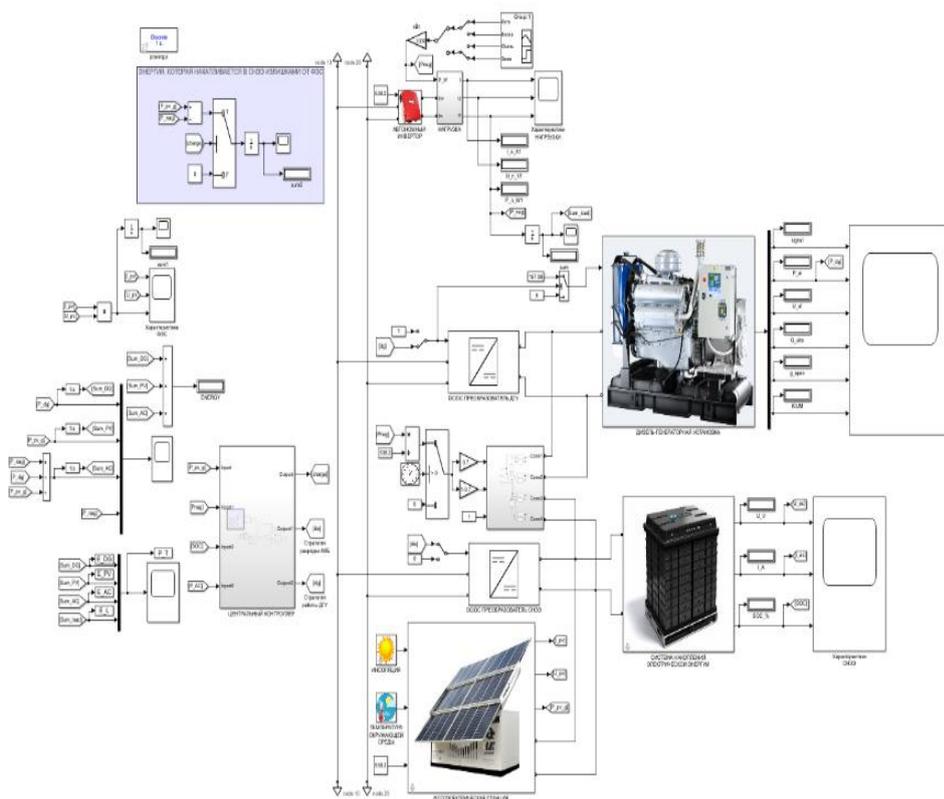


Рисунок 2 – Внешний вид имитационной модели фото-дизельной системы электроснабжения на постоянном токе в MATLAB/Simulink/Stateflow

Данная работа посвящена изучению, моделированию и анализу фото-дизельной системы электроснабжения (ФДЭС) на постоянном токе, способной увеличить долю фотоэлектричества относительно топологии переменного тока. Работа посвящена

разработке структуры и алгоритмов управления процессами преобразования и распределения энергии в АСЭС с генерирующими установками различной физической природы для обеспечения их высокой энергетической эффективности. Также, актуальной задачей является разработка комплексной методики оптимизации состава АСЭС на базе ДГУ, ФЭС, СНЭЭ на постоянном токе с учётом разрабатываемых алгоритмов их управления.

В ходе выполнения экспериментальных исследований было определено, что алгоритм минимизации себестоимости вырабатываемой электроэнергии гибридной системы электроснабжения постоянного тока показал свою эффективность для рассмотренных примеров на уровне 30% в сторону уменьшения действующего тарифа. Снижается уровень карбонизации воздуха от ДГУ на уровне до 20%. Повышение моторесурса и экономии дизельного топлива в гибридной ФДЭС на постоянном токе в перспективе целесообразно рассматривать при переменной частоте вращения ДГУ с внедрением соответствующих устройств преобразования и стабилизации напряжения генератора.