

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МИКРОГРИД В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Хоютанов А.М., Давыдов Г.И., Васильев П.Ф.

Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, Якутск, Россия

Ключевые слова: микрогрид, динамическая модель, фотоэлектрические панели, Крайний Север, островной режим работы.

Аннотация. В данной статье рассматриваются результаты работы микрогрид, а также особенности моделирования фотоэлектрических панелей в условиях Севера. За основу выбрана характерная изолированная электроэнергетическая система, в которой установлена дизельная генерация мощностью 150 кВт, фотоэлектрические панели мощностью 30 кВт, система накопления электрической энергии, выдающая в сеть 10 кВт активной мощности, постоянная нагрузка – 50 кВт, диапазон изменения динамической нагрузки от 50 до 70 кВт, общая длина линий электропередачи 550 м. Основной целью моделирования является оценка работоспособности разработанной модели, а также оценка адекватности возникающих переходных процессов.

STUDY OF MICROGRID OPERATING MODES IN THE CONDITIONS OF THE NORTH

Khoiutanov A.M., Davydov G.I., Vasilyev P.F.

Institute of Physical and Technical Problems of the North SB RAS, Yakutsk, Russia

Keywords: microgrid, dynamic model, photovoltaic cell, Far North, island mode of operation.

Abstract. This paper discusses the results of microgrid and the peculiarities of modeling of photovoltaic panels in the conditions of the North. A characteristic isolated electric power system is chosen as a basis, in which a diesel generation of 150 kW, photovoltaic panels of 30 kW, a system of electric energy storage, outputting 10 kW of active power to the grid, constant load – 50 kW, the range of dynamic load variation from 50 to 70 kW, the total length of transmission lines 550 m is installed. The main purpose of modeling is to evaluate the performance of the developed model, as well as to assess the adequacy of the emerging transients.

В последние годы концепция микрогрид, которая включает в себя коммуникационные технологии, взаимосвязанную энергосистему, передовые технологии управления и интеллектуальный учет, начала применяться и для внедрения возобновляемой энергетики [1-3].

Основной целью данной работы является моделирование, оценка работоспособности разработанной модели, а также адекватности возникающих переходных процессов в отдельном кусте электроэнергетической системы при отключении ее от электрической цепи 6(10) кВ, питающей распределительную трансформаторную подстанцию. Исследование производилось при возникновении двух событий: 1 – отключения от питающей электрической сети среднего напряжения и переход в островной режим работы; 2 – увеличение нагрузки в заданном диапазоне.

Блок дизельной генерации. Модель расчета дизельной генерации реализована с помощью взаимной связи дизельного двигателя и синхронной машины. Зависимость выходных показателей описываются передаточными функциями в связке «дизельный двигатель» и «система регулирования». Первое входное значение – эталонная скорость, второе – измеряемая скорость. На выходе – механическая мощность дизельного двигателя. Учитывается совпадение моментов инерции на валу двигателя и генератора.

Регулирование возбуждения синхронной машины реализовано на основе модели системы возбуждения IEEE типа AC1A.

Реализация динамической модели в блоке дизельной генерации, который структурно состоит из синхронного генератора, дизельного регулятора и системы возбуждения. Входными данными для указанного блока являются: требуемое значение скорости и требуемое значение напряжения.

Блок трансформатор и линия электропередачи (ЛЭП). Блок трансформатора представлен стандартной моделью «Three-Phase Transformer (Two Windings)» и «Line (Series)» из библиотеки Simulink.

Блок солнечной электростанции (СЭС) с инвертором. Модель расчета показателей солнечного излучения и продолжительности светового дня в зависимости от местоположения солнечной электростанции учитывает профиль солнечного излучения и продолжительность светового дня в зависимости от местоположения исследованного объекта.

При расчете вырабатываемой энергии необходим учет потерь на функционирование системы накопления энергии, контроллеров заряда и силового инвертора. После определения коэффициентов эффективности функционирования ФЭП при различных погодных условиях необходимо приведение количества дней в году в соответствии с учетом видов погодных условий (ясные, облачные и пасмурные дни) выполняется:

- расчет вырабатываемой энергии от СЭС при ясной погоде в определенный месяц;
- расчет вырабатываемой энергии от СЭС при облачной погоде в определенный месяц;
- производится расчет месячной выработанной мощности СЭС с учетом погодных условий, продолжительности солнечного сияния и др.;
- производится расчет годовой выработанной мощности СЭС.

В имитационном моделировании изолированной электроэнергетической системы была использована вышеуказанная модель солнечной электростанции с инвертором, которая имитирует моделирование потока в векторном отображении. Входом в этот блок является выходная мощность фотоэлектрической батареи, подключенной к сети.

Блок системы накопления электрической энергии (СНЭ). Блок СНЭ представлен на основе модели, описывающей основные процессы, которые возникают при зарядке и разряде аккумуляторных батарей, подключенных к системе через контроллер. Данный блок представлен 4 основными подблоками, имеющими следующие функции: контроль за уровнем зарядки и

разрядки аккумуляторных батарей, расчет имеющегося запаса электрической энергии в накопителе, моделирование реактивной составляющей электрической энергии и инвертор указанных значений для последующей передачи в шину переменного тока системы.

Входами в этот блок являются заданная активная и реактивная мощность СНЭ.

Имитационная модель. Имитационная модель состоит из отдельного куста изолированной электроэнергетической системы, в которой установлена: дизельная генерация мощностью 150 кВт, солнечная электростанция мощностью 30 кВт, система накопления электрической энергии, выдающая в сеть 10 кВт активной мощности, постоянная нагрузка – 50 кВт, диапазон изменения динамической нагрузки от 50 до 70 кВт, общая длина линий электропередачи 550 м (рис. 1). Номинальное напряжение питающей сети – 6 кВ, номинальное напряжение в рассматриваемом кусте ЭЭС – 0,4 кВ.

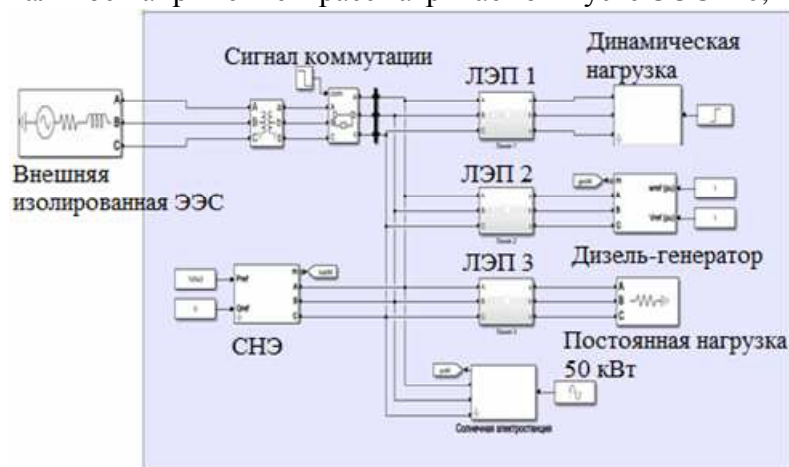


Рис. 1. Имитационная модель микрогрида

При отключении от централизованного питания изолированной ЭЭС происходит понижение напряжения в отключенном кусте системы до значения 200 В, и понижение частоты микрогрида до 49,3 Гц, далее после увеличения выдачи мощности с дизельной генерации до 73 кВт и солнечной электростанции до 20 кВт, стабилизируются до 400 В и 50 Гц соответственно, время переходного режима с момента отключения от линии среднего напряжения до установившегося значения составляет 5,2 с для частоты и 1 секунду для напряжения.

Результаты моделирования представлены на рисунках 2-4.

При увеличении нагрузки на 20 кВт частота сети микрогрида опускается до 49,7 Гц, а продолжительность переходного режима составляет 4,3 секунды, при этом значения напряжения практически не меняются. Выдача мощности с дизельной генерации увеличивается пропорционально. Разряжение системы накопления электрической энергии происходит в установленном моделированием порядке, и выдача в сеть остается постоянной на всем протяжении моделирования.

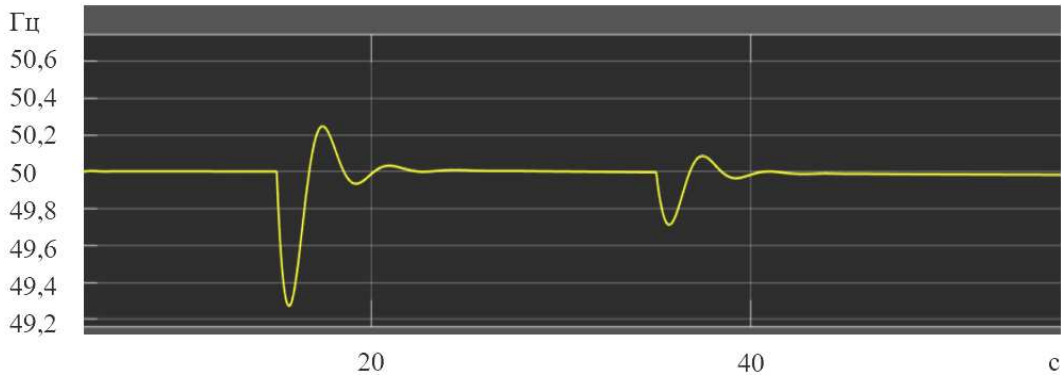


Рис. 2. График изменения частоты питающей сети

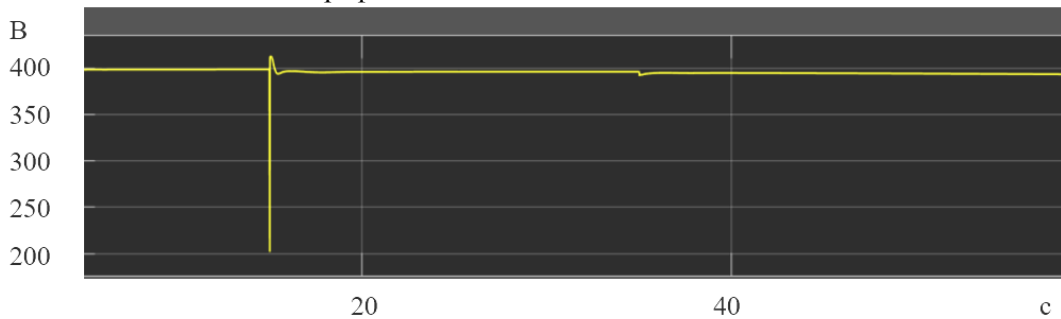


Рис. 3. График изменения напряжение в микрогрид

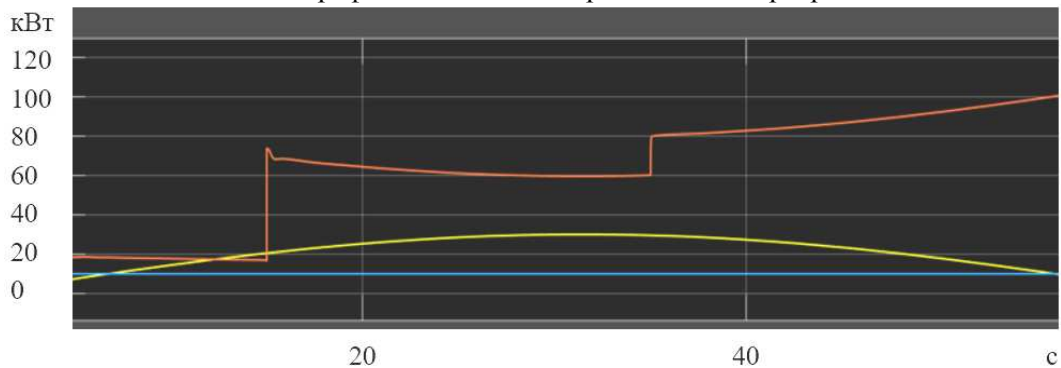


Рис. 4. График выдачи мощности с источников

Исходя из результатов, можно сделать вывод, что динамическая модель отдельного куста изолированной ЭЭС отображает основные происходящие процессы при возникновении переходных режимов работы системы. Некоторые возникающие процессы требуют учета комплексных электромеханических составляющей переходных процессов. Требуется дополнение усложненными приближенными к реальным объектам микрогрид систем элементами, по разработанным моделям в системе динамического моделирования, а также исследование протекающих процессов с учетом результатов исследования данного этапа.

Таким образом, динамическая модель отдельного куста изолированной микрогрид отображает основные происходящие процессы при возникновении переходных режимов работы системы, а также требуется дополнение

приближенными к реальным объектам микрогрид систем элементами, по разработанным моделям в системе динамического моделирования, а также исследование протекающих процессов с учетом результатов исследования.

Список литературы

1. Давыдов Г.И., Хоютанов А.М., Васильев П.Ф. Транспорт электрической энергии в условиях Арктики // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – № 22. – С. 48-51. – doi.org/10.26160/2474-5901-2020-22-48-51.
2. Давыдов Г.И., Хоютанов А.М., Васильев П.Ф., Местников Н.П. Новые типы подстанций на напряжение 6-10/0,4 КВ в распределительных сетях децентрализованного электроснабжения Республики Саха (Якутия) // EURASTRENCOLD-2022. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2022. – С. 120-123.
3. Хоютанов А.М., Васильев П.Ф., Давыдов Г.И. Применение оптимизационных методов для повышения качества электрической энергии в распределительных сетях 10/0,4 КВ // Актуальные вопросы теплофизики, энергетики и гидрогазодинамики в условиях Арктики. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. – С. 184-186.

References

1. Davydov G.I., Khoiutanov A.M., Vasilyev P.F. Electric energy transportation in the Arctic // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020, iss. 22, pp. 48-51. doi.org/10.26160/2474-5901-2020-22-48-51.
2. Davydov G.I., Khoiutanov A.M., Vasilyev P.F., Mestnikov N.P. New types of substations for voltage 6-10/0.4 KV in distribution networks of decentralized power supply of the Republic of Sakha (Yakutia) // EURASTRENCOLD-2022. – Kirov: Interregional center of innovative technologies in education. 2022, pp. 120-123.
3. Khoiutanov A.M., Vasilyev P.F., Davydov G.I. Application of optimization methods to improve the quality of electrical energy in the distribution networks 10/0,4 KV // Actual issues of thermophysics, power engineering and hydrogasodynamics in the Arctic conditions. – Kirov: Interregional center of innovative technologies in education. 2021, pp. 184-186.

Хоютанов Александр Михайлович – научный сотрудник	Khoiutanov Aleksandr Mikhaylovich – researcher
Давыдов Геннадий Иванович – научный сотрудник	Davydov Gennadiy Ivanovich – researcher
Васильев Павел Филиппович – ведущий научный сотрудник	Vasilyev Pavel Filippovich – lead researcher
a.m.khoiutanov@mail.ru	

Received 20.12.2023