

Технико-экономическое обоснование выбора СНЭЭ

Средства накопления электроэнергии являются важной частью ВСГ, поскольку именно они позволяют сглаживать провалы активной мощности и, как следствие, частоты. Наиболее перспективной технологией на данный момент являются гравитационные накопители электроэнергии, выступающие в качестве СНЭЭ. В отличие от литиевых накопителей гравитационные обладают ресурсом работы, большим в 10-20 раз, потери электроэнергии при хранении равны 0, а также КПД, равным 75 %. Кроме того, с теоретической точки зрения нельзя не рассматривать водородные накопители электроэнергии. Согласно распоряжению правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 года N 2162-р была принята концепция развития водородной энергетики. Также существуют проточные накопители, которые основаны на ионном обмене двух электролитов. В отличие от литиевых батарей данный вид накопителей может работать 20 лет. Проточные накопители электроэнергии обладают лучшими компоновочными свойствами при сравнении с остальными СНЭЭ, быстрым временем отклика при разрядке, отсутствием выбросов в атмосферу и возможность стабильной работы в арктической среде. Из недостатков можно отнести низкую скорость зарядки и дороговизну технологии из-за ванадия, входящего в состав электролита. Наиболее подходящим СНЭЭ для АГЭК является проточный накопитель по причине высоких компоновочных свойств, высокой мобильности, быстрого времени отклика и отсутствии взрывоопасности.

Выводы

В статье рассматриваются результаты исследований внедрения алгоритма ВСГ на основе АГЭК. Результаты исследований и проведенных тестов утверждают об ВСГ и внедрения в данную систему проточных накопителей электроэнергии.

Литература

1. Dhingra K., Singh M. Frequency support in a micro-grid using virtual synchronous generator based charging station // IET Renewable Power Generation. – 2018. – Т. 12. – № 9. – С. 1034-1044.
2. Guo X. et al. Dynamic inertia evaluation for type-3 wind turbines based on inertia function // IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems. – 2021. – Т. 11. – № 1. – С. 28-38.
3. Li P. et al. A frequency control strategy of electric vehicles in microgrid using virtual synchronous generator control // Energy. – 2019. – Т. 189. – С. 116389.
4. Liu B. et al. Nonlinear virtual inertia control of WTGs for enhancing primary frequency response and suppressing drivetrain torsional oscillations // IEEE Transactions on Power Systems. – 2021. – Т. 36. – № 5. – С. 4102-4113.
5. Ma S. et al. Clustering-based coordinated control of large-scale wind farm for power system frequency support // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 1555-1564.
6. Palacio R. C. A., Mezaroba M., Pinheiro J. R. VSG based control application for inverter-interfaced distributed generators in microgrids // 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP). – IEEE, 2017. – С. 1-6.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОВОЙ СТУПЕНЧАТОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «РЕПЕАТ»

Петрова А.Е.^{1,2}, Малюта Б.Д.^{1,2}

Научный руководитель В.Е. Рудник^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²ООО «ДЖЭТ ЛАБ», г. Москва, Россия

В России нефтегазовая промышленность является одной из основных отраслей развития экономики. Так, по итогам трех кварталов 2023 года доля нефтегазовых доходов составила 28,3 % от общих поступлений в бюджет страны, в 2024 году эта цифра прогнозируется на уровне 33 % [1]. По запасам нефти наша страна находится на 6 месте в мире, обладая также третьей частью всех мировых запасов природного газа [4]. Как для любых предприятий промышленности, при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений необходимо обеспечить надежное электроснабжение оборудования как на вновь осваиваемых, так и давно используемых месторождениях. Для решения этого вопроса необходимо помимо выбора резервных источников питания осуществить также корректный выбор и настройку устройств релейной защиты и автоматики для минимизации недостаточного или излишнего срабатывания защит. С учетом количества разрабатываемых и вновь открытых (за 2023 было открыто 43 новых углеводородных месторождения [1]) месторождений, для проектирования релейной защиты и ее настройки целесообразно использовать специализированные программные комплексы, позволяющие создавать математические модели элементов энергосистемы. В данной статье рассматриваются возможности программного комплекса РЕПЕАТ в части моделирования токовой ступенчатой защиты линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 110 кВ.

РЕПЕАТ (REal-time Platform for Engineering Automated Technologies) – это модельно-ориентированная среда проектирования и математического моделирования. Данный программный комплекс предоставляется в виде облачного средства с полнофункциональным доступом через Веб-браузер [5]. РЕПЕАТ позволяет пользователю в рамках разработки симуляционной модели электроэнергетической системы провести анализ установившихся режимов, статической и динамической устойчивости энергосистемы, рассчитать токи коротких замыканий, смоделировать устройства релейной защиты и автоматики [5].

Для моделирования действия токовой ступенчатой защиты в РЕПЕАТ была реализована модель энергосистемы, которая представлена на рисунке 1.

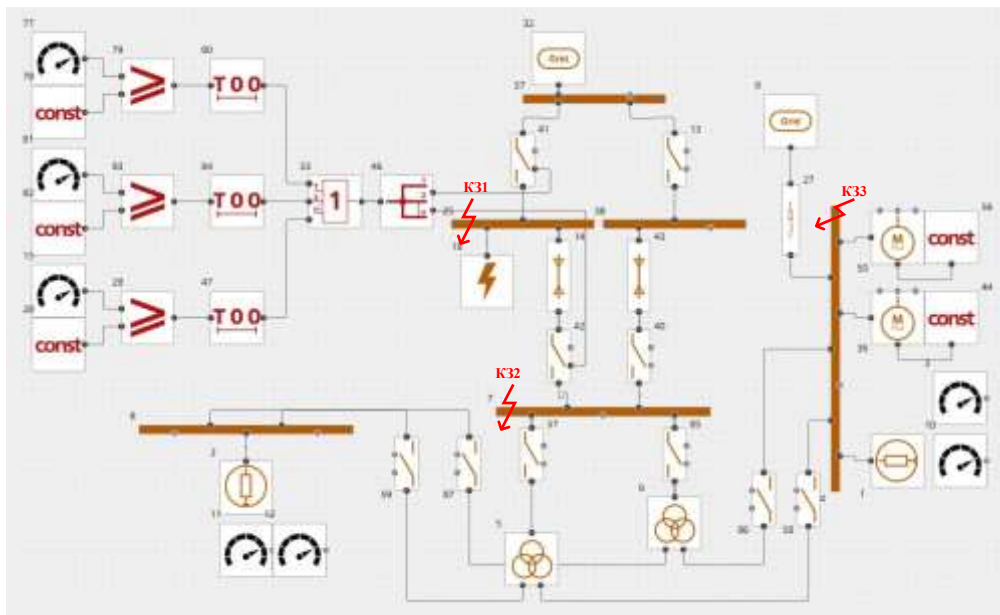


Рис. 1. Модель энергосистемы для исследования токовой ступенчатой защиты

Представленная модель содержит: два трансформатора типа ТДТН-63000/110-115/38,5/6,6; двухцепную линию электропередачи напряжением 110 кВ длиной 120 км, выполненную проводами АС 120/19; нагрузки на напряжении 35 кВ $S_{н\Gamma\ 35} = (42,66 + j32)$ МВА и 6,3 кВ $S_{н\Gamma\ 6,3} = (68,04 + j58,19)$ МВА; асинхронные двигатели типа А4-400У-6; шины бесконечной мощности.

В рамках приведенной энергосистемы была смоделирована токовая ступенчатая защита одной цепи ЛЭП 110 кВ (I ступень – токовая отсечка без выдержки времени, II ступень – токовая отсечка с выдержкой времени, III ступень – максимальная токовая защита). Для моделирования защиты были использованы блоки из раздела библиотеки «Автоматика»: константа, элемент сравнения, задержка по включению, логическое ИЛИ и разветвитель сигнала. Логика работы схемы, следующая: в каждой ступени защиты присутствует уставка по току срабатывания (константа) и величина тока, протекающего через силовой выключатель 41 (датчик). При превышении заданной уставки сигнал после блока сравнения «Больше или равно» через заданную выдержку времени поступает на блок ИЛИ и затем на разветвитель сигнала – для отключения выключателей по концам линии.

Параметры срабатывания токовой ступенчатой защиты были рассчитаны согласно [2, 3]. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица 1
Результаты расчета параметров срабатывания токовой ступенчатой защиты ЛЭП 110 кВ

№ ступени	Уставка по току срабатывания, А	Выдержка времени, с
I	1243	0,1
II	834	0,4
III	88	0,8

Для проверки правильности выполнения логики защиты и рассчитанных уставок были произведены короткие замыкания (КЗ) в точках КЗ1, КЗ2 и КЗ3. Полученные осциллограммы тока приведены на рисунках 2 – 4.

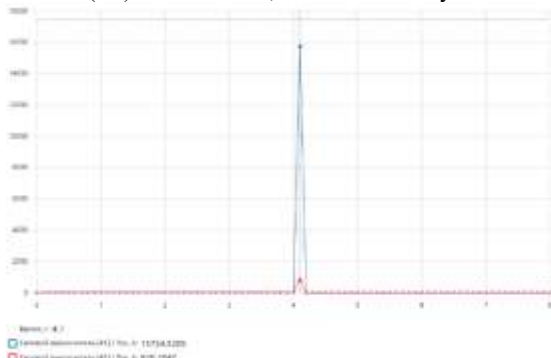


Рис. 2. Осциллограммы тока при КЗ в точке КЗ1

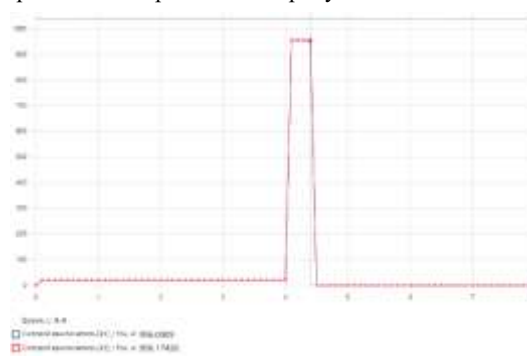


Рис. 3. Осциллограммы тока при КЗ в точке КЗ2

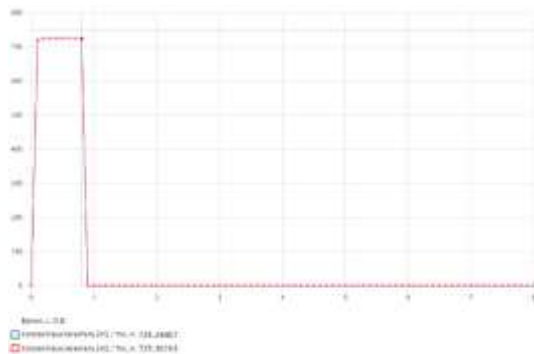


Рис. 4. Осциллограммы тока при КЗ в точке КЗ3

Исходя из рисунка 2 делаем вывод о срабатывании I степени защиты с выдержкой времени 0,1 с при КЗ в начале линии. При повреждении в конце линии срабатывает II степень с выдержкой времени 0,4 с, что видно из рисунка 3. При КЗ на низкой стороне трансформатора с выдержкой времени 0,8 с срабатывает III степень защиты. Таким образом, реализованные ступени защиты корректно отрабатывают при КЗ в соответствующих местах схемы. Следовательно, параметры защиты рассчитаны верно, логика защиты передана корректно.

Резюмируя, в данной работе было показано, что программный комплекс REPEAT позволяет осуществить моделирование не только самой энергосистемы, но и устройств релейной защиты, поскольку результаты моделирования показали корректную работу логики токовой ступенчатой защиты. Важно также отметить, что REPEAT является отечественной разработкой. Главной особенностью данного комплекса является облачная инфраструктура, которая дает гибкий доступ через Web-браузер или приложение с любого устройства. Относительно дальнейшего исследования рассмотренной модели, в будущем возможно добавление к данной защите автоматики повторного включения линии, а также моделирование защит с более сложной логикой.

Литература

1. Алифирова Е.В. Итоги 2023 г. от А. Новака [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический портал Neftegaz.RU, 25.01.2024. Режим доступа: <https://ngv.ru/articles/itogi-2023-goda-neftegazovye-dokhody-tormozyat-eksport-derzhitsya-na-plavu/?ysclid=ltmum3bjjm532103532>, свободный. – (11.03.2024)
2. Басс Э.И. Релейная защита электроэнергетических систем / Э.И. Басс, В.Г. Дорогунцев. - Москва.: МЭИ, 2002. - 296 с.
3. Копьев, В.Н. Релейная защита: учебное пособие / В.Н. Копьев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 160 с.
4. Нефтегазовая промышленность России [Электронный ресурс] // Нефтегаз-2024. 23-я международная выставка «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса». Режим доступа: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/neftegazovaya-promyshlennost-rossii/?ysclid=ltmuja5urs570625649>, свободный. – (11.03.2024)
5. Программное обеспечение REPEAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://repeatlab.ru/>, свободный – (07.03.2024)

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Платонов В.Д.

Научный руководитель доцент И.А. Разживин

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, Россия

Нефтегазовая промышленность является одним из ключевых секторов экономики и играет важную роль в обеспечении энергетической безопасности страны. В тоже время, традиционные источники энергии, такие как нефть и газ, имеют свои ограничения и ряд проблем, такие как истощение ресурсов и негативное воздействие на окружающую среду.

Поэтому применение возобновляемых источников энергии в нефтегазовой отрасли привлекает все большее внимание, поскольку данный вид энергии – это экологически чистый и неисчерпаемый вариант источника энергии, который может быть использован для питания не только мало энергоёмких потребителей, но целых объектов нефтегазовой отрасли.

В данной статье рассматриваются возможности и сопутствующие с этим ограничения по применению возобновляемых источников энергии в нефтегазовой отрасли. Разобраны основные виды источников зеленой энергии, их сильные и слабые стороны. Также рассмотрены варианты их эффективного использования в нефтегазовой отрасли. Как автоматизация процессов взаимосвязана с использованием возобновляемых источников энергии, а также способы повышения эффективности и безопасности операций.

Вариативность в применении экологически чистых источников энергии в нефтегазовой промышленности включают использование ветроэнергетических установок, солнечных панелей, биогазовых установок, гидроэнергетических установок, геотермальной энергии, энергии волн и приливов, биотоплива и множество других видов «зеленой» энергии. Наиболее распространенными являются оборудование, генерирующее электроэнергию от течения рек, скорости ветра и солнечного излучения.

Солнечная энергия – это солнечное излучение, с помощью которого можно производить необходимое тепло, вызывать различные химические реакции и генерировать самое главное - электричество. Солнечная энергия является неиссякаемым ресурсом. Оборудование, генерирующее энергию от солнца, включают в себя такие элементы как фотоэлектрические элементы и панели, которые в свою очередь являются главным элементом современных