

оптимизационной задачи выбора УВ из условия обеспечения максимума пропускной способности сечения с минимизацией задействованного резерва реактивной мощности средств регулирования. При этом ограничениями выступают значения допустимой токовой нагрузки линий электропередач, а также наибольшие рабочие напряжения в узлах сети, а к управляемым переменным следует отнести эксплуатационное состояние и нагрузка СРН. Остальные параметры принимаются фиксированными для конкретной СРС. Также следует учесть накопленный научный и практический опыт в части снижения электрических потерь.

Таким образом, в развитии данной работы следует формализовать задачу оптимального выбора УВ, выбрать метод оптимизации, автоматизировать вычисления и проверить разработанный алгоритм решения оптимизационной задачи для других КС в Единой энергосистеме России.

Литература

1. Воронов И. В. О возможных способах покрытия дефицита электроэнергии и мощности в юго-восточной части энергосистемы иркутской области // Материалы XIII Международной научно-технической конференции: в 2 томах. Том 1. – 2023. – С. 23-26.
2. ГОСТ Р 57382-2017. Электроэнергетические системы. Стандартный ряд номинальных и наибольших рабочих напряжений. – Введ. 2017-01-16. – М.: Стандартинформ, 2017. – 12 с.
3. Неуймин В. Г., Останин А. Ю., Томалев А. А. Внедрение системы мониторинга запасов устойчивости при планировании и управлении электроэнергетическим режимом ОЭС Сибири // Энергия единой сети. – 2019. – № 6. – С. 32.
4. Положение по управлению режимами работы энергосистем в операционной зоне Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири.
5. Правила определения максимально допустимых и аварийно допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях: СТО 59012820.27.010.004-2020: утв. АО «СО ЕЭС» 09.07.2020: введ. в действие 09.07.2020. – М.: Официальный интернет-портал www.so-ups.ru, 2020. – 24 с.
6. Рец В. В. Управление напряжением и реактивной мощностью для максимизации пропускной способности сечения по активной мощности // Проблемы геологии и освоения недр : Труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 140-летию академика М.А. Усова, основателям Сибирской горно-геологической школы, Томск, 03–07 апреля 2023 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – С. 230-232.
7. Рец В. В., Прохоров А. В., Останин А. Ю. Разработка метода управления напряжением и реактивной мощностью для максимизации пропускной способности контролируемого сечения по активной мощности // Материалы XIII Международной научно-технической конференции: в 2 томах. Том 1. – 2023. – С. 114-117.
8. Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем». Утверждены приказом Минэнерго России от 03.08.2018 №630.
9. Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики». Утверждены приказом Минэнерго России от 12.06.2018 №548.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «РЕПЕАТ»

Самсонов Д.П.^{1,2}, В.Е. Рудник^{1,2}

Научный руководитель ассистент Б.Д. Малюта^{1,2}

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

²ООО «ДЖЭТ ЛАБ», г. Москва, Россия

В настоящее время наблюдаются значительный рост и расширение нефтегазодобычи, а также соответствующий рост электроэнергетических систем (ЭЭС), снабжающих её электроэнергией. В связи с этим становится всё более актуальным вопрос обеспечения устойчивой и эффективной работы. Одним из современных средств решения обозначенной выше проблемы является математическое моделирование.

В данной работе рассматриваются возможности российского программного комплекса REPEAT в области моделирования электрических систем

REPEAT – модельно-ориентированная среда проектирования и математического моделирования [1]. Данный программный комплекс позволяет пользователю разрабатывать различные модели энергообъектов, силового оборудования, релейной защиты и автоматики, создавать цифровые двойники, повышать эффективность ЭЭС, снижать затраты производственных процессов и т.д. В рамках демонстрации возможностей данного программного комплекса проведен анализ параллельно работающих синхронных генераторов [2].

Для исследования была использована топология ЭЭС, реализация которой в программном комплексе REPEAT приведена на рисунке 1. Для реализации модели были использованы следующие функциональные блоки: «Постоянно-кусочная функция», «Узел», «Нулевой потенциал», «Константа», «Синхронная машина (упрощенная модель)», «Трёхфазное последовательное сопротивление», «Трёхфазный источник напряжения», «Датчик», «блок RMS».

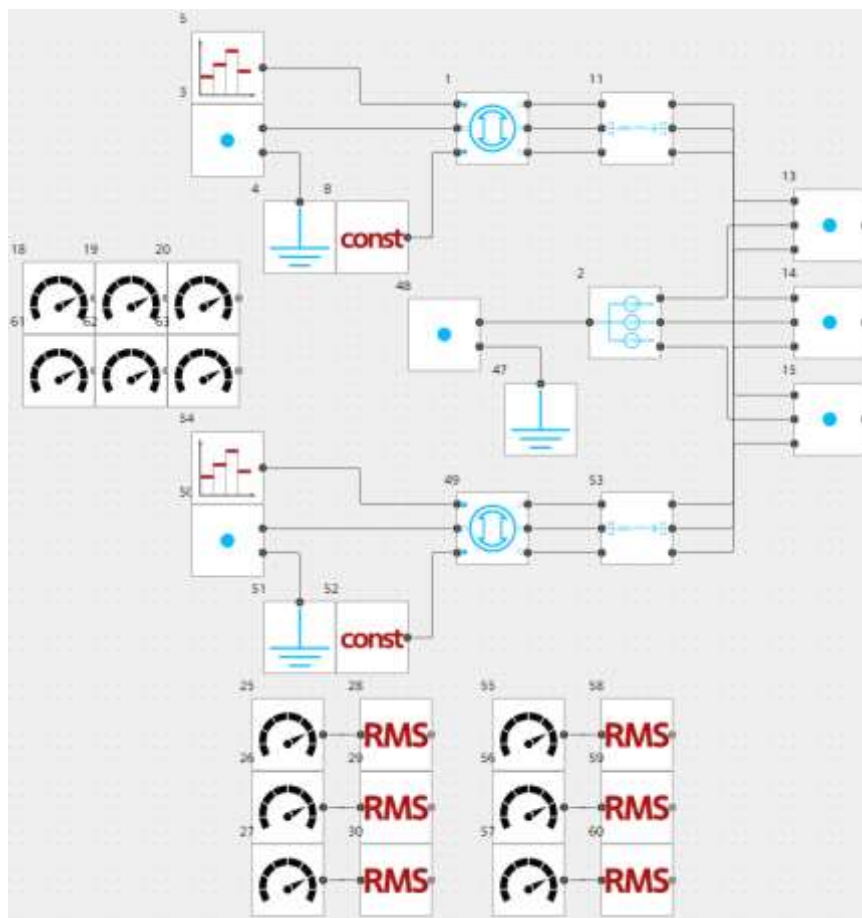


Рис. 1. Схема энергосистемы с параллельно работающими синхронными генераторами

В каждом блоке заданы необходимые параметры. «Трёхфазное последовательное сопротивление» в данном случае имитирует линию электропередачи (ЛЭП) и характеризуется только активным сопротивлением (при желании пользователь может выбрать различные конфигурации данного блока (R, RL, RLC и т.д.). Блок «Трёхфазный источник напряжения» в данной схеме играет роль шины бесконечной мощности и характеризуется частотой источника 50 Гц, фазой источника 0°, номинальным линейным напряжением источника 10,5 кВ и внутренним сопротивлением источника 0,1 Ом. Для обеспечения возможности изменения выдаваемой активной мощности синхронного генератора используется блок «Постоянно-кусочная функция». Параметры блока «Синхронная машина (упрощённая модель)» представлены в таблице.

Таблица

Параметры синхронных машин

Синхронная машина 1						
Режим работы	Тип входа	S _{ном} , ВА	U _{ном} , В	f _{ном} , Гц	J, кг·м ²	K _D
Генератор	Механическая мощность	100000000	10500	50	10000	70
p	R, Ом	L, Гн	Δω ₀ , %	Θ ₀	I _{0A} ; I _{0B} ; I _{0C} , А	
1	0,0204	0,0008104	1	0	7500; 7500; 7500	
Синхронная машина 2						
Режим работы	Тип входа	S _{ном} , ВА	U _{ном} , В	f _{ном} , Гц	J, кг·м ²	K _D
Генератор	Механическая мощность	100000000	10500	50	10000	70
p	R, Ом	L, Гн	Δω ₀ , %	Θ ₀	I _{0A} ; I _{0B} ; I _{0C} , А	
1	0.0204	0.0008104	1	10	7500; 7500; 7500	

Где $S_{ном}$ – номинальная полная мощность машины, $U_{ном}$ – номинальное линейное напряжение машины, $f_{ном}$ – номинальная частота машины, J – момент инерции машины, K_D – коэффициент демпфирования, p – число пар полюсов, R – активное сопротивление обмотки статора, L – индуктивность обмотки статора, $\Delta\omega_0$ – начальное отклонение частоты, Θ_0 – начальный электрический угол ротора, $I_{0A}; I_{0B}; I_{0C}$ – начальные токи фаз обмотки статора.

На рисунке 2 представлены результаты включения на параллельную работу синхронных генераторов. Благодаря блоку «Постоянно-кусочная функция» в момент времени 10 сек. происходит изменение механических мощностей турбин генераторов. Изменение мощности турбины генератора 1 происходит с 40 МВт до 13,7 МВт, а для турбины генератора 2 с 40 МВт до 35,4 МВт.

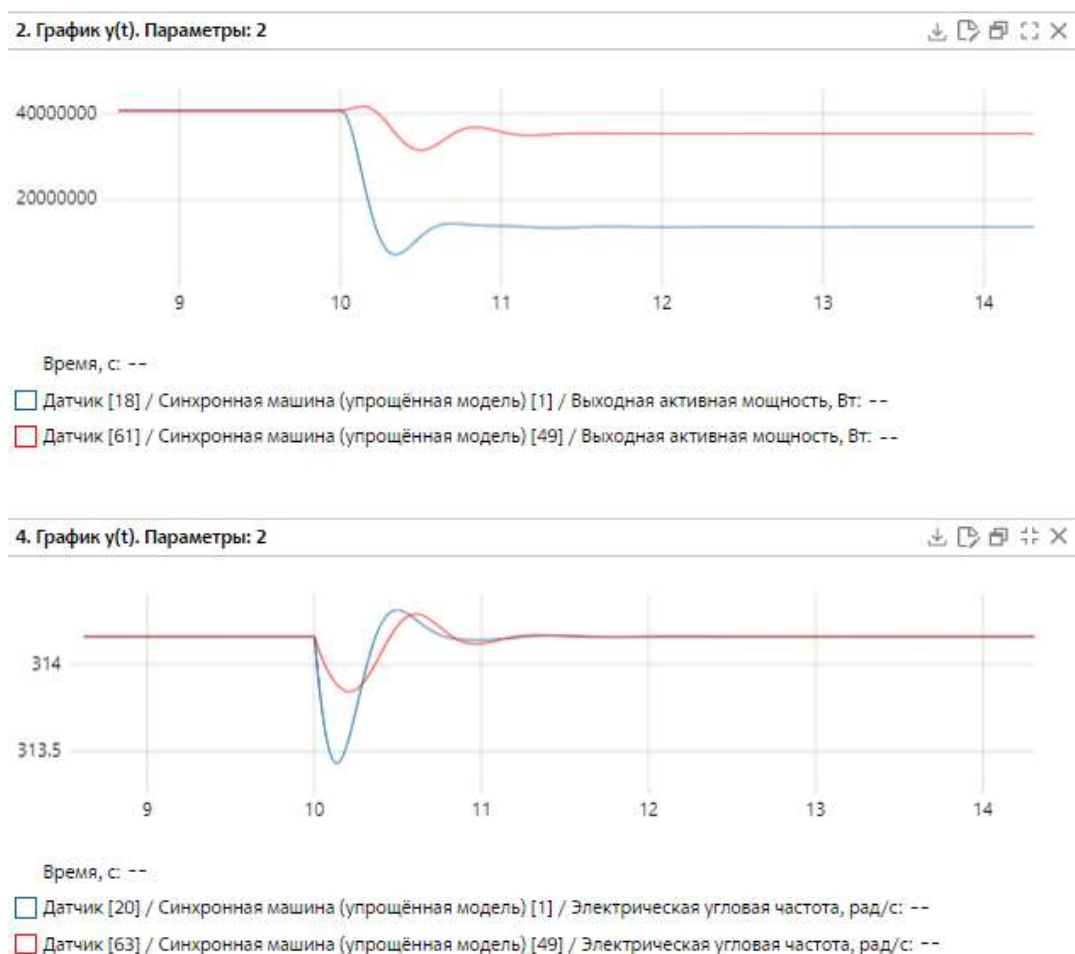


Рис. 2. График выходной активной мощности и электрической угловой частоты

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что программный комплекс «REPEAT» позволяет воспроизводить переходные процессы при моделировании ЭЭС. Одним из достоинств данного программного комплекса является то, что сложные электротехнические системы возможно моделировать, комбинируя методы структурного и имитационного моделирования.

Литература

1. Программное обеспечение REPEAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://repeatlab.ru/>, свободный – (25.02.2024).
2. Bachev I. et al. Application of Synchronous Machines' Models for Distance Learning Purposes // 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA). – IEEE, 2021. – С. 1-5.