

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ 9-ТИ УЗЛОВОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «РЕПЕАТ»

Стулей Е.О.^{1,2}, В.Е. Рудник^{1,2}

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

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

²ООО «ДЖЭТ ЛАБ», г. Москва, Россия

Нефтегазодобывающая отрасль в России является одной из наиболее крупных и динамично развивающихся частей экономики. Структура предприятий данной отрасли крайне сложна и включает в себя множество различных объектов электроэнергетики [1], а с увеличением объёмов добычи нефти и газа растет и масштаб электрических систем, её обеспечивающих. Таким образом становится критически важным обеспечение стабильного и эффективного электроснабжения такого рода объектов [2].

В настоящее время для решения данной задачи активно применяются инструменты математического моделирования, одним из которых является российский программный комплекс REPEAT. Данная работа посвящена исследованию REPEAT на предмет применимости в области решения задач расчёта установившихся режимов. Для этого была выбрана типовая задача расчёта установившегося режима в энергосистеме, состоящей из 9 шин [3, 4], сформулированная в Институте Инженеров Электротехники и Электроники (ИИЭЭ).

Модель 9-ти узловой энергосистемы [3-4] состоит из 3-х источников энергии, 3-х трансформаторов, 6-ти линий электропередачи (ЛЭП), 9-ти узлов и 3-х нагрузок. Схема энергосистемы, собранная в ПО Repeat представлена на рисунке 1.

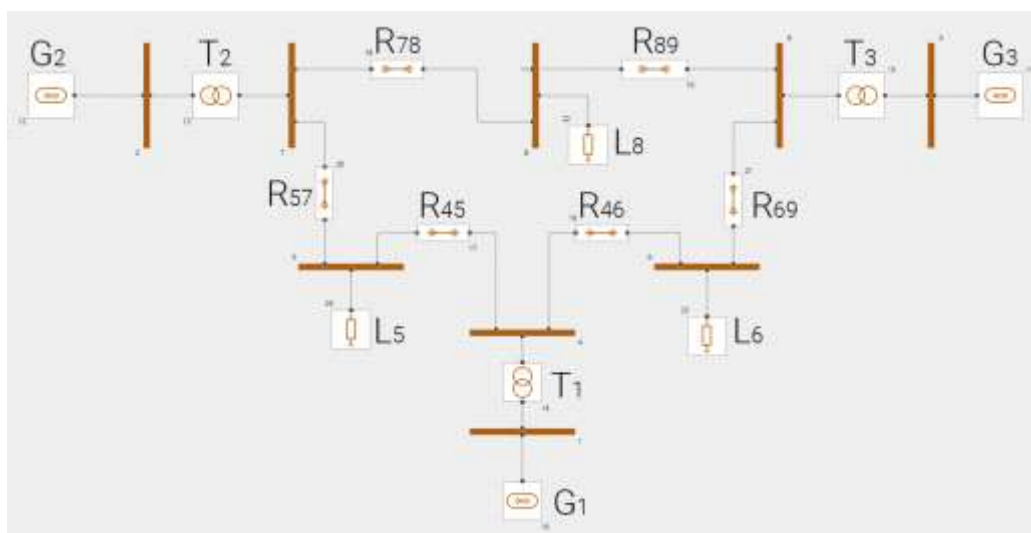


Рис. 1. Исходная схема энергосистемы

Таблица 1

Параметры источников

Источник ЭДС на шине	Напряжение, В	Частота, Гц	Фаза, град
1	16500	60	0
2	18000	60	9.17
3	13800	60	4.56

Таблица 2

Параметры нагрузок

Нагрузка	P, МВА	Q, МВар	U, В
5	125	50	230
6	90	30	230
8	100	35	230

Таблица 3

Параметры трансформаторов

Трансформатор	Мощность, МВА	Коэффициент трансформации	Напряжение первичной обмотки, кВ	Напряжение КЗ, %	Потери КЗ, кВт	Потери XX, кВт	Ток XX, %
1	100	13.9393	16,5	35	7,5	43	0,6
2	100	12.777	18	35	7,5	43	0,6
3	100	16.666	16,8	35	7,5	43	0,6

С помощью программного комплекса REPEAT [5] были получены значения перетоков мощностей в ЛЭП, напряжение на шинах в нормальном режиме работы (таблица 4, 5) и при коротком замыкании на шине 8 (таблица 6, 7)

Таблица 4

Перетоки мощности в ЛЭП в нормальном режиме

Линия	P, МВА	Q, МВар
14	85,63	4,08
27	65,08	2,21
39	123,41	-7,89
45	63,07	12,52
46	21,97	2,22
57	41,81	9,21
69	55,34	1,38
78	22,52	9,6
98	66,09	5,55

Таблица 5

Напряжения в узлах в нормальном режиме

Узел	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, кВ	16,52	17,77	14,25	214,65	210,67	213,16	218,35	216,51	220,39

Таблица 6

Перетоки мощности в ЛЭП при КЗ на шине 8

Линия	P, МВА	Q, МВар
14	25,35	67,16
27	8,19	42,73
39	17,54	57,81
45	18,65	35,58
46	4,7	21,86
57	-3,7	-32,5
69	7,23	-21,3
78	0	0
98	0	0

Таблица 7

Напряжения в узлах при КЗ на шине 8

Узел	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, кВ	16,52	17,77	14,25	96,55	79,38	83,73	43,81	0	63,51

В ходе исследования применимости программного комплекса REPEAT для расчёта установившихся режимов в энергосистеме была выполнена задача расчёта установившегося режима в энергосистеме, состоящей из 9 шин согласно стандарту IEEE. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что REPEAT успешно справляется с моделированием перетоков мощности в линиях электропередачи и напряжений на шинах как в нормальном режиме работы системы, так и при коротком замыкании на одной из шин. Результаты исследования свидетельствуют о высокой применимости REPEAT к задачам расчёта установившихся режимов в энергосистемах.

Литература

1. Гарифуллина Э.И. Проблемы эффективности нефтегазодобывающей отрасли // Вестник экономики и менеджмента. – 2022. – № 2. – С. 4-9
2. 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. – (12.01.2024)
3. Chatterjee B., Sarkar S. A discrete Fourier transform based fault identification scheme for IEEE 9-bus system // 2021 Second International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics (ICSTCEE). – IEEE, 2021. – С. 1-5.
4. Kucukaydin B., Arkan O. Performance Analysis of Fault Current Limiting Methods on IEEE 9-Bus System // 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO). – IEEE, 2019. – С. 131-135.
5. Программное обеспечение REPEAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://repeatlab.ru/>, свободный – (12.01.2024).