ЭНЕРГЕТИКА. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
*****
POWER ENGINEERING. AUTOMATION SYSTEMS

УДК 620

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ SIMINTECH

MODELING OF NON-STATIONARY MODES OF POWER SUPPLY SYSTEMS ON THE SIMINTECH PLATFORM

Андрианов Дмитрий Петрович
кандидат технических наук,
доцент,
доцент кафедры электротехники и электроэнергетики,
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
andrianov@vlsu.ru

Соколов Владислав Александрович
студент,
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
sokolov-vlad23@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается переходный процесс в системе электроснабжения при подключении дополнительного источника электрической энергии. Имитационное моделирование проводилось на платформе SimInTech.

Ключевые слова: имитационное моделирование, системы электроснабжения.

Andrianov Dmitry Petrovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Electrical Engineering
and Power Engineering,
Vladimir State University
named after A.G. and N.G. Stoletov
andrianov@vlsu.ru

Sokolov Vladislav Aleksandrovich
Student,
Vladimir State University
named after A.G. and N.G. Stoletov
sokolov-vlad23@yandex.ru

Annotation. The article discusses the transition process in the power supply system when an additional source of electrical energy is connected. Simulation modeling was conducted using the SimInTech platform.

Keywords: simulation modeling, power supply systems.

Одним их важных вопросов обеспечения эффективной работы проектировщиков является выбор программной среды, на которой осуществляется моделирование. Современный программный инструментарий, сопутствующий вычислительным комплексам, достаточно разнообразен.

Можно выделить следующие группы программного обеспечения, характеризуемые общими признаками:

– среды программирования (Fortran, Pascal, Si, Python и др),
– RAD-системы программирования (Delphi, Si-Builder, Visual Basic и др),
– математические пакеты (MATLAB, MathCad и др),
– системы имитационного моделирования (Simulink MATLAB, VisSim, SimInTech, Sci-Lab и др).

Затраты времени расчетчиков в зависимости от использования программ из вышеуказанных групп ощутимо различаются.

Наибольшие временные затраты характерны при использовании программных сред, основанных на операторной записи расчетных алгоритмов, прежде всего при отладке исходного текста.

RAD-системы более производительны, имеют меньший объем исходного текста, однако при моделировании сложных объектов требуется использование встроенных отладочных средств.

Математические пакеты имеют развитой расчетный функционал, но от работы с исходным текстом не избавлены.

Дальнейшее развитие программного обеспечения получило в форме систем имитационного моделирования, когда рассматриваемый объект представляется в виде совокупности блоков с определенными свойствами, между которыми устанавливаются связи.

При проектировании систем электроснабжения немаловажным является предварительная оценка возможного поведения их элементов в случае переключений, изменения нагрузки и т.д.

В [1] рассматривалась возможность моделирования нестационарных режимов систем электроснабжения с помощью математического пакета MathCad. Электрическая цепь описывалась системой дифференциальных уравнений 21 порядка. Визуальный интерактивный интерфейс программы дает ряд преимуществ, однако ограничения со стороны имеющихся ресурсов исчерпало возможности вычислительной машины. Расчетная матрица, представляемая визуально, без сшивки из нескольких матриц, ограничивается 600 элементами. При отладке исходного текста пришлось потратить ощутимое время даже несмотря на отсутствие операторной формы записи счетного алгоритма.

Более перспективным представляется использование платформы SimInTech [2] – среды имитационного моделирования. Прототипом указанной системы является Simulink MATLAB. Разработчики SimInTech пошли на дальнейшее наращивание структуры и доработку интерфейса программы.

В качестве эксперимента рассматривалась более сложная система электроснабжения (без учета влияния силовых трансформаторов динамику поведения системы описывает матрица 29-го порядка). При составлении расчетной схемы использовалась библиотека ЭЦ-Динамика.

Моделировалось поведение системы (рис. 1) из 3 источников электроэнергии (генерируемая мощность не ограничивалась, напряжение 110 кВ, частота 50 Гц), 8 потребителей (потребляемая мощность от 50 до 160 МВт) и 13 воздушных линий электропередач протяженностью от 4 до 250 километров. Рассматривалась однолинейная схема электроснабжения.

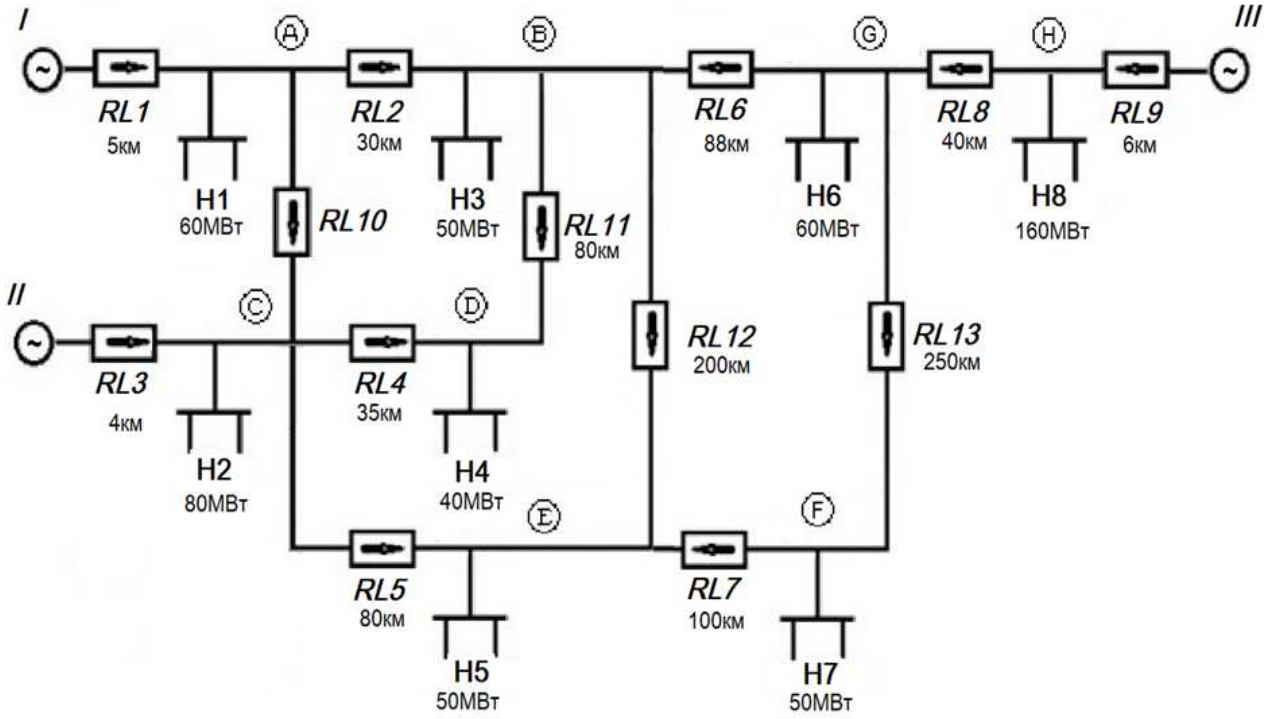

Рисунок 1 – Расчетная схема системы электроснабжения

Подключение потребителей к линиям высокого напряжения через силовые трансформаторы с учетом взаимной индуктивности (коэффициент трансформации 21,875).

Источники энергии рассматривались без учета обратной связи по нагрузке (разомкнутая система).

Система электроснабжения содержит три кольцевых структуры:

RL2 – H3 – RL11 – H4 – RL4 – RL10,

RL2 – H3 – RL12 – H5 – RL5 – RL10,

RL2 – H3 – RL6 – H6 – RL13 – H7 – RL7 – H5 – RL5 – RL10.

Изначально считалось, что система электроснабжения запитана от двух источников электроэнергии (I и II), третий источник подключался ключом (мгновенное замыкание), расположенным между нагрузкой H8 и воздушной линией RL9.

При составлении расчетной схемы (рис. 2) субблоки не использовались.

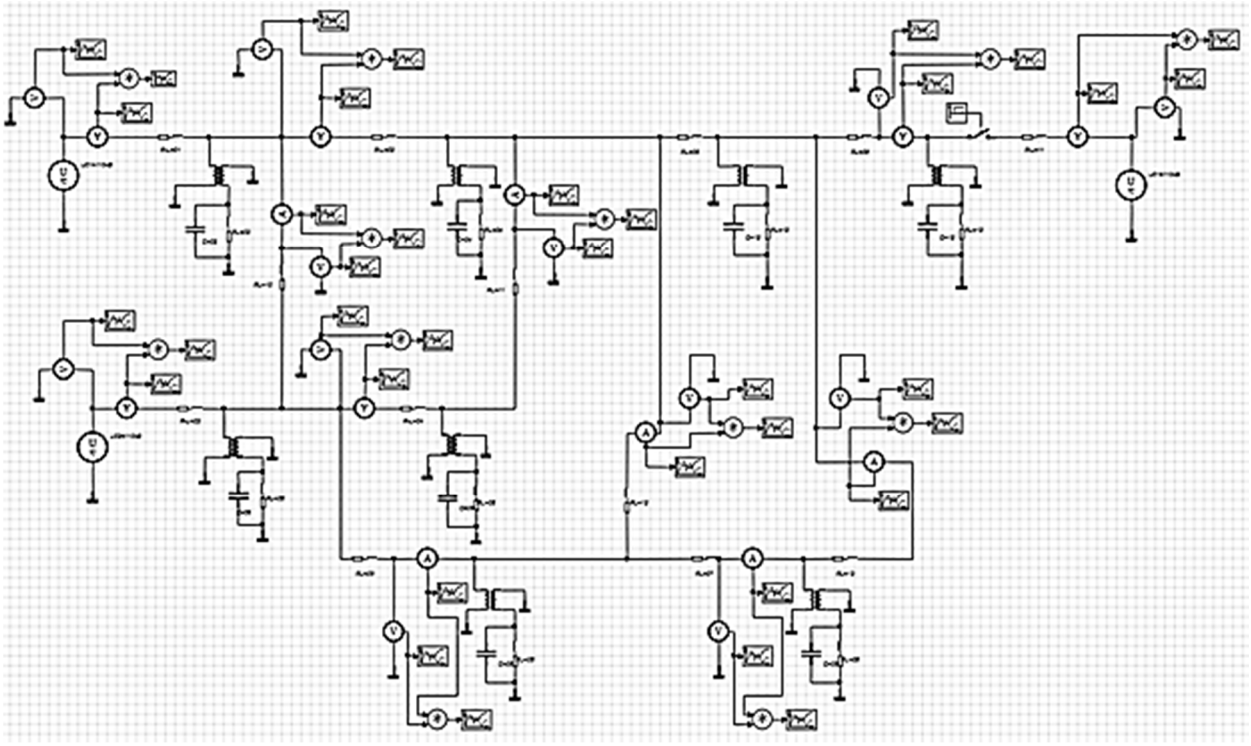

Рисунок 2 – Расчетная схема системы электроснабжения в SimInTech

Типовая схема для одиночной нагрузки показана на рисунке 3. Потребитель представляется как параллельные ветви активно-индуктивной и емкостной нагрузки. Величины индуктивности и активного сопротивления нагрузки определялись исходя их потребляемой мощности, напряжения питания нагрузки на низкой стороне трансформатора и косинуса φ. Величина емкости не оптимизирована, то есть не компенсирует реактивную мощность, что прослеживается на осциллограммах изменения мгновенной мощности как наложение реактивной мощности на активную с получением деформации формы колебаний.

На рисунке 4 приведены результаты моделирования при подключении к системе электроснабжения третьего источника энергии. На осциллограммах показано изменение мгновенной мощности в указанных точках замера.

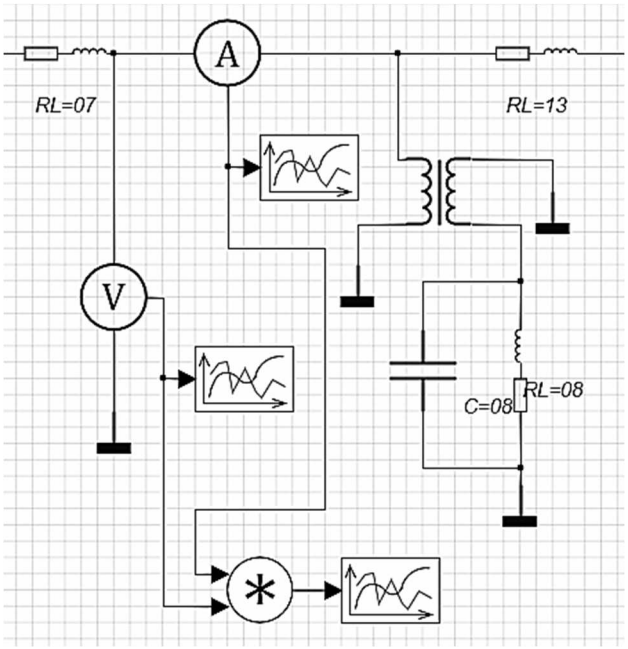

Рисунок 3 – Фрагмент расчетной схемы с нагрузкой

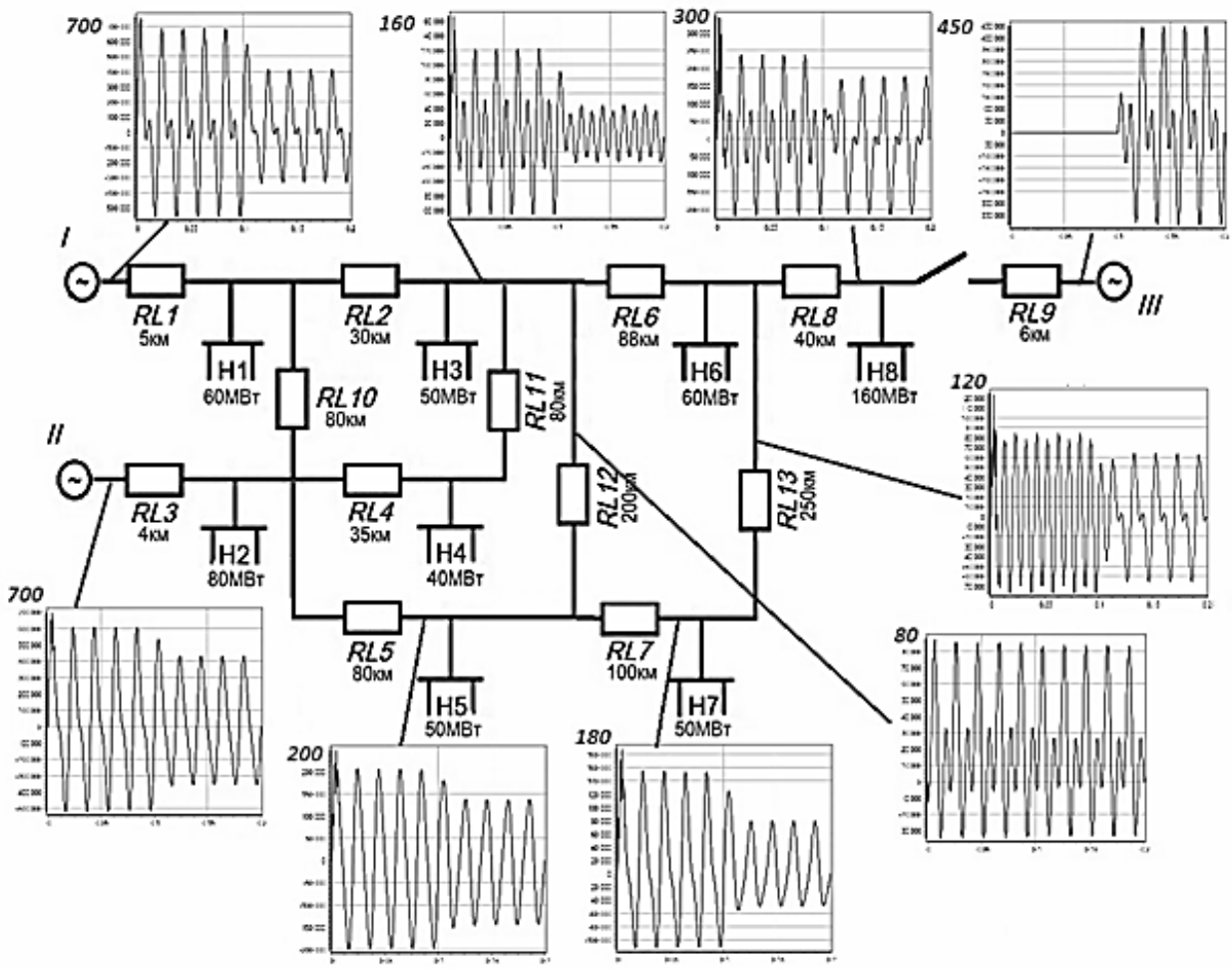

Рисунок 4 – Результат моделирования переходного процесса
в системе электроснабжения при подключении источника энергии

Выводы

Имитационное моделирование динамических систем дает возможность существенно сократить время на получение результата и при этом учитывать многообразие факторов, влияющих на работу рассматриваемых объектов.

Список литературы

1. Андрианов Д.П. Нестационарные режимы систем электроснабжения / Д.П. Андрианов, Н.П. Бадалян, Г.П. Колесник // ICES-2020 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering V Международная научно-техническая конференция «Энергетические системы» 20–21 ноября 2020. – Белгород, 2020. – DOI: 10.1088/1757-899X./1089/1/12016

2. Карташов Б.А. SimInTech. Применение информационных технологий в автоматическом управлении / Б.А. Карташов, Е.А. Шабаев. – М. : ДМК Пресс, 2025.

List of references:

1. Andrianov D.P. Non-stationary modes of electric networks / D.P. Andrianov, N.P. Badalyan, G.P. Kolesnik //. ICES-2020 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering V International Scientific and Technical Conference «Energy Systems» 20–21 November 2020. – Belgorod, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X./1089/1/12016

2. Kartashov B.A. SimInTech. Application of information technologies in automatic control / B.A. Kartashov, E.A. Shabaev. – M.: DMK Press, 2025.