

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НЕТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А. В. Дробов

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Научный руководитель В. Н. Галушко

На железной дороге большое внимание уделяется повышению энергоэффективности всех без исключения процессов генерации, передачи и потребления тепловой и электрической энергии. Однако рациональные подходы при передаче и распределении электроэнергии в собственных сетях железной дороги до сих пор не сформированы, т. е. не разработаны основные направления по снижению потерь энергии в электросетях.

С учетом сложности проблемы ее решение целесообразно рассматривать как систему задач, поэтапно уточняющих и детализирующих решения по развитию систем электроснабжения. Достижение указанных задач невозможно без применения современных информационных технологий, что, в свою очередь, требует создания эффективных математических моделей и методов.

Разработка таких моделей и методов является сложной научно-технической проблемой, так как при учете электромагнитных процессов система нетягового электроснабжения железной дороги переменного тока представляет собой многомерный нелинейный динамический объект.

Ввиду большой размерности, сложности и недостаточной информационной обеспеченности практическое использование динамических моделей систем нетягового электроснабжения на современном этапе не представляется возможным. Поэтому для определения наиболее эффективных вариантов систем электроснабжения применяют имитационное моделирование.

Целью имитационного моделирования (ИМ) является определение варианта организации электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта с наименьшими приведенными затратами с помощью метода статистических испытаний или метода Монте-Карло на основании матрицы возможных электрических связей между трансформаторными подстанциями. Для N' наиболее эффективных вариантов организации электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта рассчитывается вероятность безотказной работы. Затем на основании весовых коэффициентов определяется вариант с наименьшими приведенными затратами и наивысшей вероятностью безотказной работы. Также в целевую функцию входит определение варианта организации электроснабжения с наименьшей величиной ТРЭТ.

Имитационная модель электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Алгоритм ИМ электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта (ИМ УЗЛОВ) основан на поиске варианта организации электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта с наименьшими приведенными затратами с помощью метода статистических испытаний на основании матрицы возможных электрических связей между трансформаторными подстанциями. Имитационное моделирование УЗЛОВ реализовано в виде web-приложения, которое не требует установки на компьютер заказчика объемного программного обеспечения, обновление происходит автоматически, обеспечивается высокая мобильность везде, где есть доступ в Интернет.

Алгоритм ИМ узлов предписывает выполнить следующие действия:

Внесение исходных данных:

– координаты точек расположения источника питания (ИП), распределительные устройства трансформаторных подстанций (РУ) и трансформаторные подстанции (ТП) ($x_i, y_i, i = \overline{1, n}$);

– сведения о всех ТП: номер или название ТП; P_p – расчетная активная нагрузка потребителя; $\cos \varphi_p$ – расчетный коэффициент мощности; категории потребителей; T_m – число часов использования максимума нагрузки в год; $U_{ном}$ – напряжение первичной обмотки трансформаторов; k_ϕ – коэффициент формы графика нагрузки участка сети. По умолчанию программа продолжает названия ТП, присваивая подстанции $i + 1$ номер, при этом возможно редактирование [1].

Также реализован расчет для существующей сети, не предполагающий капитальные затраты на сооружение сети ($K = 0$).

Выполняется визуализация расположения ИП и ТП с нанесением координатной сетки, масштабирование координатной сетки до размера окна программы и указание соответствующих текстовых подписей, также выполняется масштабирование изображения ИП, РУ и ТП.

Данная процедура позволяет сформировать матрицу всех возможных соединений между ТП и РУ с учетом ограничений для розыгрыша различных вариантов методом статистических испытаний. Главная диагональ не используется, а выбор ТП или РУ разыгрывается с помощью генератора случайных чисел. Данную матрицу легко редактировать, активируя или убирая соответствующие символы связей между ТП или РУ.

На основании равномерного закона распределения генерируется первый вариант организации электроснабжения. Данный этап предполагает построение сети электроснабжения с использованием процедур определения конечных, промежуточных и узловых ТП, визуализацию реализованного варианта сети с цветовой индикацией соединительных линий между объектами.

Выполняется расчет и выбор сечения проводов кабелей по критерию допустимого нагрева с учетом коэффициентов, учитывающих фактическую температуру земли и воздуха, отличие удельной проводимости земли от принятой в таблицах ПУЭ и количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле. Также указывается экономическая плотность тока и экономическая площадь поперечного сечения жил кабеля.

Имитационная модель электросетей продольного электроснабжения и линий автоматической блокировки железнодорожных участков. Алгоритм ИМ сетей продольного электроснабжения и линий автоматической блокировки железнодорожных участков (ПЭ) основан на поиске варианта организации электроснабжения с наименьшим технологическим расходом электроэнергии на ее транспортировку (ТРЭТ) с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора электрооборудования. Результаты ИМ ПЭ являются исходными данными, в частности, для правильного выбора головных трансформаторов на трансформаторных подстанциях линий продольного электроснабжения и автоматической блокировки. Имитационное моделирование ПЭ реализовано на объектно-ориентированном языке программирования Delphi.

Визуализируется расстановка потребителей на линии ПЭ или АБ с помощью координатной оси (рис. 1).

Для ограничения несимметрии токов и напряжений выполняется транспозиция: автоматически по заданному шагу транспозиции или вручную, согласно имеющимся

данным, указанием определенной фазы для потребителя. Указывается тип подключения трансформатора – одно- или трехфазное.

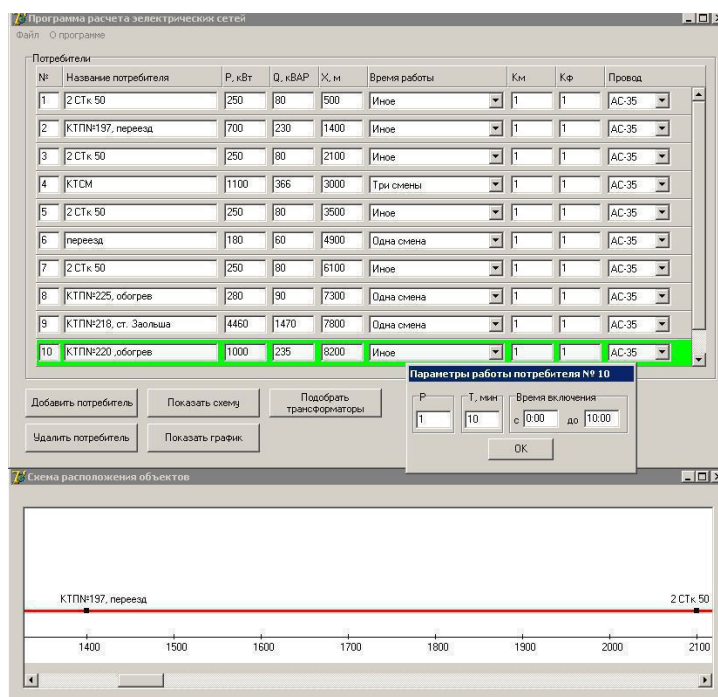


Рис. 1. Пример внесения исходных данных и визуализации расстановки потребителей на линии в программе ИМ ПЭ

Имитационная модель оценки параметров надежности электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта (ИМ НАДЕЖН) позволяет оценивать вероятность безотказной работы всей системы на основании данных об интенсивностях отказов электрооборудования. Данная программа позволяет рассчитать вероятность безотказной работы ИМ ПЭ и N наиболее эффективных вариантов ИМ УЗЛОВ. На основании полученной информации выявляются наиболее «узкие места» в различных вариантах схем электроснабжения, разрабатываются мероприятия по повышению надежности электроснабжения.

С помощью разработанной программы ИМ УЗЛОВ определяется N наиболее эффективных вариантов организации электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта с наименьшими приведенными затратами на основании матрицы возможных электрических связей между трансформаторными подстанциями. Имитационное моделирование ПЭ позволяет найти вариант организации электроснабжения с наименьшей величиной ТРЭТ с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора оборудования.

Литература

1. Дробов, А. В. Результаты программы имитационного моделирования нетяговой системы электроснабжения витебской и барановичской дистанции электроснабжения / А. В. Дробов // Агротехника и энергообеспечение. – 2016. – № 4 (13), т. 1. – С. 76–83.