

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ

А. В. Дробов

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

Научный руководитель В. Н. Галушко

Любая система электроснабжения представляет собой совокупность из m источников питания и n потребителей, произвольно соединенных между собой. Чаще всего для схемы соединения потребителей с источниками не характерна наивысшая из возможных вероятность безотказной работы и минимальное время восстановления повреждения. Поэтому при проектировании новых систем электроснабжения актуальна задача выбора такой схемы соединения, параметры которой минимизируют экономические потери от unplanned отказов, отличаются наивысшей вероятностью безотказной работы электроснабжения и обеспечивают требуемое техническими параметрами качество энергии.

Поставленная таким образом задача является типичной задачей математического программирования и может быть решена одним из методов поиска экстремальных значений целевой функции. В качестве такого метода можно предложить метод случайного поиска.

Для определения наиболее эффективных вариантов схем электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта разработаны имитационные модели (ИМ), учитывающие приведенные затраты, надежность и качество электроэнергии.

Целью создания ИМ для электрических сетей железнодорожных узлов дистанций электроснабжения с помощью метода статистических испытаний или метода Монте-Карло на основании матрицы возможных электрических связей между трансформаторными подстанциями является определение рационального варианта электрических связей между трансформаторными подстанциями и распределительными устройствами (источниками питания и потребителями).

Имитационное моделирование электрических сетей железнодорожных узлов реализовано в виде web-приложения, которое не требует установки на компьютер заказчика объемного программного обеспечения. Его обновление происходит автоматически, при этом обеспечивается высокая мобильность приложения везде, где есть доступ в интернет. Алгоритм ИМ предписывает последовательно выполнить ряд действий:

Внесение исходных данных. На этом этапе вносятся три параметра:

– координаты точек расположения источника питания (ИП), распределительных устройств трансформаторных подстанций (РУ) и трансформаторных подстанций (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 номер $i + 1$, при этом возможно редактирование.

На рис. 1 представлена реализация однолинейной упрощенной схемы электросети для фидера № 502 от ПС «Мясокомбинат» витебской дистанции электроснабжения [1].

Внесите исходные данные

Число генерируемых результатов	Число лучших результатов
1000	1

Учитывать капитальные затраты на строительство

Координаты источника питания

X	Y
0	0

Параметры потребителей

№	Название	$T_M, ч$	К-во Т-ов	X
	$P_p, кВт$	$\cos \varphi_p$	$U_{ном}, кВ$	Y
1	Витебск-Заболотинка	6178,956	1	145
	42,29	0,833958	10	214
2	ГКТП-19	5425,727	1	154
	4,658	0,9496	10	203
3	ТП-17(СШ1)	5426,286	1	208
	99,244	0,9496	10	158

Рис. 1. Пример внесения исходных данных и визуализации в программе ИМ УЗЛОВ

Отображение и заполнение матрицы связи между ТП и РУ. Данная процедура позволяет сформировать матрицу всех возможных соединений между ТП и РУ с учетом ограничений для генерирования 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.

Web-приложение дает возможность рассчитать кратчайшие расстояния между всеми объектами по формуле $l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$, а также с помощью (визу-

ального, графического?) редактора изменять расстояния в соответствии с существующими ограничениями. При необходимости определения кратчайшего расстояния между объектами с учетом ограничений на местности используется дополнительная программа *LOGR*.

Следующий шаг – выбор трансформаторов ТП и нагрузки на высокой стороне. В первую очередь осуществляется выбор номинальной мощности трансформаторов на основании следующих условий:

– для однотрансформаторных подстанций: $S_{н.т} \geq S_p, S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$;

– для двухтрансформаторных подстанций: $2S_{н.т} \geq S_p, 1,4S_{н.т} = S_p - S_{откл}$, ($S_{откл}$ – мощность потребителей III категории, которые могут быть отключены при возникновении аварийного режима).

Таблицы стандартных полных мощностей трансформаторов соответствуют номенклатуре выпускаемых и имеющихся в технологическом запасе отделений дистанций электроснабжения. При необходимости можно изменить значение номинальной мощности трансформатора в таблице текущих результатов расчетов (рис. 3) или пополнить/изменить содержание таблиц стандартных полных мощностей выбираемых трансформаторов.

Затем рассчитываются коэффициенты загрузки трансформаторов в нормальном и аварийном режимах, а также определяются нагрузки ($P_p^{в.н}$, $Q_p^{в.н}$, $S_p^{в.н}$) на высокой стороне за счет потерь в трансформаторах ТП.

Мощности трансформаторов

№	ИП	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВ*А	$S_{н.т}$, кВ*А	$k^{норм}_3$	$k^{ав}_3$
0	Витебск-Заболотинка	42.29	27.98	50.71	63.00	0.80	0.00
1	ГКТП-19	4.66	1.54	4.91	25.00	0.20	0.00
2	ТП-17(СШ1)	99.24	32.76	104.51	160.00	0.65	0.00
3	ГКТП-22	2.10	0.69	2.21	25.00	0.09	0.00
4	ТП-16	34.93	11.52	36.78	40.00	0.92	0.00
5	ТП-11	1.23	0.41	1.30	25.00	0.05	0.00
6	ТП-10(Т1)	45.08	14.87	47.47	63.00	0.75	0.00
7	ТП-10(Т2)	63.07	20.80	66.41	100.00	0.66	0.00
8	ТП-6(СШ2)	111.28	36.73	117.18	160.00	0.73	0.00

Рис. 2. Пример выбора номинальной мощности трансформаторов

Технико-экономический расчет первого варианта организации электроснабжения. Технико-экономический расчет и сохранение результатов первого варианта организации электроснабжения осуществляется по критерию приведенных затрат $Z_1 = p_n K_1 + I_1$ с учетом капитальных затрат на сооружение сети и издержек на эксплуатацию.

Программа ИМ УЗЛОВ может быть использована для разработки наиболее эффективных схем электроснабжения как проектируемых предприятий железнодорожной отрасли, так и существующих, не предполагающих капитальные затраты на сооружение сети ($K = 0$).

Л и т е р а т у р а

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.