

## Список литературы

1 СанПиН 2.2.1/2.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов : постановление гл. сан. врача РФ от 25.09.2007 г. № 74 // Консультант Плюс [Электронный ресурс].

2 Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и Правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания : приказ Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 г. № 46н. Доступ из справ.-правовой системы // Консультант Плюс [Электронный ресурс].

УДК 621.311

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКОГО И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*В. Н. ГАЛУШКО, И. Л. ГРОМЫКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Управление режимами систем электроснабжения (СЭ) нетяговых железнодорожных потребителей преследует достижение следующих целей:

- бесперебойное электроснабжение систем сигнализации, централизации и автоблокировки при соблюдении отраслевых и общеэнергетических норм по качеству электрической энергии (ЭЭ);
- нормативное качество электрической энергии в сетях районов электроснабжения (РЭС) нетяговых потребителей;
- минимально возможный уровень потерь электрической энергии;
- допустимый уровень экологической безопасности в условиях влияния электромагнитных полей, создаваемых тяговыми сетями и технологическими линиями электропередачи.

Достижение указанных целей возможно за счет применения современных информационных и компьютерных технологий, что в свою очередь требует создания эффективных математических моделей и методов. Процесс усложняется из-за того, что СЭ активно взаимодействует с целым рядом не менее сложных систем, таких как питающая электроэнергетическая система и районы электроснабжения нетяговых потребителей, включающих в свой состав нетрадиционные линии электропередачи «два провода – рельс», для описания которых требуются специальные методы моделирования. Поэтому цель работы состоит в создании математических моделей и методов для управления режимами систем нетягового электроснабжения с учетом перечисленных выше факторов.

Методы исследования рассмотренных в статье задач базируются на анализе математических моделей сложных электрических систем с применением аппарата теории линейной алгебры, теории функций многих переменных, многомерного статистического анализа, методов векторной оптимизации сложных систем, теоретических математических моделях аналитического и эмпирического типа.

Научно обоснованное решение получают следующие актуальные практические задачи:

- управление режимами СЭ с учетом графиков потребления и характера потребителей;
- выбор наиболее эффективной СЭ;
- минимизация потерь электроэнергии в СЭ;
- повышение надежности работы СЭ.

Реализация вышеперечисленных задач позволит выбрать вариант наиболее эффективной СЭ. Решение состоит из последовательности нескольких технологических этапов.

1 Определение расположения источников питания в системе электроснабжения с минимальным технологическим расходом электроэнергии на ее транспортировку (ТРЭТ).

2 Расчет параметров надежности.

3 Учет экономических потерь от недоотпуска ЭЭ.

4 Получение результирующего значения в зависимости от весовых коэффициентов важности.

Опишем основные положения, характеризующие каждый из этапов.

*Первый этап.* Определение расположения источников питания (ИП) в системе электроснабжения с минимальным ТРЭТ.

Традиционно основой для решения подобного класса задач служили детерминированные алгоритмы, основными из которых являются метод сканирования (слепой поиск), метод поочередного изменения параметров (метод Гаусса – Зейделя), метод градиента, метод наискорейшего спуска и некоторые другие. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, и применение конкретного метода зависит от особенностей задачи, но общей их характеристикой является то, что последовательность действий алгоритма строго предопределяется сложившейся ситуацией.

Поэтому необходим альтернативный подход – использование эвристических методов и намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. При этом случайность будет служить целям сбора информации о поведении объекта исследования и целям управления. Введение такого случайного поведения дает возможность построить алгоритмы случайного поиска, которые в условиях априорной неопределенности, многопараметричности и большой размерности задачи зачастую превосходят известные регулярные алгоритмы поиска и оптимизации.

Для определенности будем полагать, что задачей алгоритма оптимизации является минимизация функции качества. Основное достоинство метода Монте-Карло – простота, также его алгоритм применяется при теоретическом и численном сравнении алгоритмов и в качестве составной части некоторых алгоритмов глобального случайного поиска.

Целью является оптимальное размещение единичного источника питания на некоторой территории. В содержательном плане данная постановка задачи также опосредованно учитывает ограничения генерального плана на выбор местоположения ИП: указывается избыточное число мест возможного размещения ИП (эти точки ищутся на генплане объекта проектирования с учетом площади, отводимой под установку ИП), число таких мест может быть достаточно большим. Эта задача состоит из следующего ряда подзадач:

- выбор типоразмеров источников питания из предложенного типового ряда;
- выбор местоположения отдельных источников питания;
- рациональное закрепление потребителей электрической мощности за источниками питания.

В наиболее общем случае алгоритмы случайного поиска определяют совокупность точек вокруг наиболее оптимальной точки  $i$ -й итерации, если в одной из рассматриваемых точек целевая функция меньше, чем в текущей, то эта точка становится основной для поиска на  $(i+1)$ -й итерации. Исходными данными для расчета являются: карта-схема расположения потребителей; координаты точек расположения потребителей; сведения об источнике питания.

По критерию минимальной суммарной длины трасс линий электропередачи (ЛЭП) с учетом ограничения места на установку источника питания целевая функция будет иметь вид

$$L = \sum_{i=1}^n l_k,$$

где  $L$  – сумма длины дуг сети;  $l_k$  – длина дуги  $k$ , выходящей из точки  $i$  и приходящей в точку  $j$ ;  $n$  – число дуг.

Необходимо с помощью метода Монте-Карло найти такое положение источника питания при котором суммарная длина трасс линий электропередач от источника питания до потребителей имела бы минимальную длину.

Расстояния могут быть определены прямыми измерениями или на основании координат подстанций по формуле

$$L = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2},$$

где,  $x_i, x_j, y_i, y_j$  – соответственно координаты источника питания и потребителя.

Проводим  $N$ -е количество итераций и вычисляем случайным образом координаты источника питания. Затем вводим ограничения с определенными координатами  $(x_1, x_2$  и  $y_1, y_2)$ . Если координаты источника питания попадают в область ограничения, то их значения приравняем к нулю.

Алгоритм ИМ электроснабжения электросетей продольного электроснабжения (ПЭ) и линий автоматической блокировки (АБ) железнодорожных участков (ИМ ПЭ) основан на поиске варианта организации электроснабжения с наименьшей величиной технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора электрооборудования. Результаты моделирования ИМ ПЭ являются исходными данными, в частности для правильного выбора головных трансформаторов линий ПЭ и АБ. ИМ ПЭ реализовано на объектно-ориентированном языке программирования Delphi.